

NNT : 2017SACLS017

THESE DE DOCTORAT
DE
L'UNIVERSITE PARIS-SACLAY
PREPAREE A
« L'UNIVERSITE PARIS-SUD »

ECOLE DOCTORALE N° 570
Ecole Doctorale de Santé Publique (EDSP)

Spécialité de doctorat
Santé publique - épidémiologie

par

Mme Wen Lun Yuan

**Expositions alimentaires au sucre et au gras :
Déterminants et liens avec l'appréciation de la saveur sucrée et
de la sensation de gras**

Thèse présentée et soutenue à Villejuif, le 30 janvier 2017.

Composition du jury :

Mme Boutron-Ruault, Marie-Christine
M Bresson, Jean-Louis

Mme Darmon, Nicole
Mme Méjean, Caroline
Mme Rolland-Cachera, Marie-Françoise

Mme Nicklaus, Sophie
Mme de Lauzon-Guillain, Blandine
Mme Lange, Christine

Directrice de recherche, INSERM
Professeur des Universités,
Praticien Hospitalier, APHP
Directrice de recherche, INRA
Chargée de recherche, INRA
Chargée de recherche honoraire,
Université Paris 13

Directrice de recherche, INRA
Chargée de recherche, INSERM
Ingénieure de recherche, CNRS

Président
Rapporteur

Rapporteur
Examinatrice
Examinatrice

Directrice de thèse
Encadrante de thèse
Encadrante de thèse

« Chaque difficulté rencontrée doit être l'occasion d'un nouveau progrès »

Pierre de Coubertin

RESUME

Contexte : Les expositions alimentaires durant la première année de vie pourraient jouer un rôle dans le développement des préférences alimentaires chez l'enfant.

Objectif : Caractériser les expositions alimentaires au sucre et au gras durant la première année et étudier leurs liens avec l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants d'âge scolaire.

Méthodes : Durant la première année, l'exposition alimentaire au sucre et au gras a été analysée selon une approche nutritionnelle dans l'étude EDEN et sensorielle dans l'étude OPALINE. Les facteurs précoces associés à ces expositions ont été analysés. Puis, les liens entre l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras et les scores d'appréciation entre neuf et 12 ans de la saveur sucrée et de la sensation de gras ont été étudiés, à l'aide de régressions linéaires ou logistiques multiples.

Résultats : L'exposition sensorielle au sucre et au gras augmentait durant la première année alors que l'apport en lipides était inférieur aux recommandations nutritionnelles.

Les expositions alimentaires au sucre et au gras étaient marginalement associées aux caractéristiques du nourrisson et de la mère mais principalement aux pratiques d'alimentation du nourrisson. Cependant, selon l'approche, des différences dans les facteurs associés aux expositions alimentaires au sucre et au gras ont été constatées. Enfin, l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras du nourrisson n'était pas associée à l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants d'âge scolaire.

Conclusion : L'absence d'association entre l'exposition alimentaire au sucre et au gras du nourrisson et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants nécessite d'être confirmée, notamment en considérant l'exposition sensorielle.

Mots clés : nourrisson, apports nutritionnels, saveur sucrée, sensation de gras, appréciation, enfant.

ABSTRACT

Context: Dietary exposures in the first year of life could play a role in the development of food preferences in children.

Aims: To characterize dietary sweet and fat exposures in infancy and to study their links with sweet taste and fat sensation liking in school-aged children.

Methods: During the first year, dietary sweet and fat exposures were assessed with a nutritional approach in the EDEN study and with a sensory approach in the OPALINE study. Next, early factors related to these dietary sweet and fat exposures were analyzed. Associations between the nutritional sweet and fat exposure and sweet taste and fat sensation liking scores in 9-to-12 y old children in the EDEN study were studied using multiple linear and logistic regressions.

Results: Sweet taste and fat sensation exposure increased during the first year while fat intake was lower than the nutritional recommendations. Whatever the approach, dietary sweet and fat exposures were marginally associated with infant and maternal characteristics but mainly with infant feeding practices. However, some factors were associated differently with dietary sweet and fat exposures depending on the approach. Finally, infant nutritional exposure to sweet and fat were not associated with sweet taste and fat sensation liking in children.

Conclusion: The lack of association between infant dietary exposure to sweet and fat and sweet taste and fat sensation liking in preschool children need to be confirmed with the sensory approach.

Keywords: infant, nutritional intakes, sweet taste, fat sensation, liking, children.

EQUIPES D'ACCUEIL

Cette thèse s'est déroulée au sein de l'équipe « Développement et dynamique des préférences et des comportements alimentaires » dirigée par Sylvie Issanchou, du Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (CSGA), au 17 rue Sully à Dijon et au sein de l'équipe « Origines précoces de la santé et du développement de l'enfant » dirigée par Marie-Aline Charles, du Centre de Recherche en Epidémiologie et Statistique Sorbonne Paris Cité (CRESS), au 16 avenue Paul Vaillant Couturier à Villejuif.

SOURCE DE FINANCEMENT

Cette thèse a été financée pendant trois ans par le Méta-programme Did'it de l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) dans le cadre du projet Sweet-Lip Kid porté par Sophie Nicklaus.

REMERCIEMENTS

Cette thèse a été réalisée avec l'aide et le soutien de nombreuses personnes que je tiens à remercier.

En premier lieu, je remercie les membres de mon jury de thèse qui m'ont fait l'honneur d'accepter d'évaluer mon travail et de l'intérêt qu'ils y portent. Plus particulièrement, je souhaite remercier madame Nicole Darmon et Jean Louis Bresson d'avoir accepté d'évaluer mon travail et d'en être les rapporteurs, mesdames Caroline Méjean, Marie-Françoise Rolland-Cachera et Marie Christine Boutron-Rouault d'avoir accepté d'apporter leur regard critique à mon travail et à nouveau, madame Marie Christine Boutron-Rouault d'avoir accepté de présider mon jury de thèse.

Je remercie très sincèrement ma directrice de thèse Sophie Nicklaus et mes co-encadrantes, Blandine de Lauzon-Guillain et Christine Lange pour leur encadrement, leur rigueur, leur professionnalisme, de m'avoir poussé dans mes retranchements afin que je puisse progresser sans cesse et surtout de leur soutien dans les moments difficiles. Merci à Sophie de m'avoir initié au domaine du sensoriel, de m'avoir aidé dans ma vie au quotidien à Dijon et de m'avoir fait découvrir toute la richesse de la culture bourguignonne. Merci à Blandine pour son soutien pendant quatre ans, pour sa patience et pour avoir su me canaliser pour mener à bien tous mes travaux. Merci à Christine pour ses conseils et pour sa disponibilité pendant tout le long de ma thèse.

Je remercie Marie-Aline Charles et Sylvie Issanchou de m'avoir accueilli dans leurs équipes. Je remercie très sincèrement Anne Forhan, mon exemple de vie, pour son aide en data-management, sa pédagogie, sa patience, son soutien moral, ses conseils dans la vie quotidienne et son amour pour la transmission de savoir. Je remercie Claire Chabanet et Jérémie Botton pour leur soutien en statistique et leur pédagogie. Je remercie Edith Lesieux pour son dynamisme et son efficacité dans l'organisation de la vie de l'équipe ORCHAD. Je remercie Barbara Heude et Sandrine Lioret pour leurs conseils méthodologiques et dans la vie quotidienne.

Je remercie Sandrine Péneau et Hélène Thibault d'avoir accepté de participer à mes comités de suivi de thèse et pour leurs remarques pertinentes et constructives.

Je remercie Audrey Bourgeois de son dévouement et son empathie pour les doctorants ainsi que pour sa disponibilité. Je remercie Jean Bouyer d'avoir permis la réalisation de ma thèse au sein de l'école doctorale de Santé Publique. Je remercie Josiane Warszawski de m'avoir offert l'opportunité d'acquérir une expérience dans l'enseignement.

Je remercie Betty Leman et Emilie Szeleper de leur aide logistique dans la saisie et la vérification de la saisie des questionnaires. Je remercie Michel Visalli pour son aide et le suivi de la mise en ligne des questionnaires d'appréciation. Je remercie Camille Schwartz et Christophe Martin pour m'avoir aiguillé dans le domaine du sensoriel.

Je remercie Bénédicte Stengel de m'avoir encadrée lors de mon stage de master 2 et d'avoir continué à m'accorder sa confiance pendant plus d'un an et demi. Je remercie Lucile Mercadal et Maria De Agostini d'avoir accepté que je participe à leurs projets et de m'ouvrir à d'autres domaines que la nutrition.

Je remercie très sincèrement Gilles Paradis qui a été ma source d'inspiration, n'a cessé de me soutenir dans tous mes projets professionnels, m'a initié et m'a donné envie de continuer dans l'épidémiologie.

Je remercie mes collègues qui au fil du temps sont devenus mes amis les plus chers. Je remercie Pauline Scherdel de ses conseils en statistiques et en mise en page, son soutien et ses encouragements, son humour décomplexé et son dévouement pour les autres qui ont largement contribué à l'aboutissement de ma thèse. Je remercie Manik Kadawathagedara, ma sage-femme à distance pour sa générosité, son soutien moral et sa joie de vivre. Je remercie Eve Reynaud pour son dynamisme et son naturel. Je remercie Marion Taine pour son enthousiasme dans tout ce qu'elle entreprend, son dévouement pour la relecture de mon manuscrit, son empathie et ses conseils de maman. Je remercie Sophie Carles pour son goût de la bonne chère, son écoute et nos discussions métaphysiques. Je remercie Jérôme Madrelle pour son écoute, son aide dans ma vie

quotidienne à Dijon et son sens du partage. Je remercie Camille Divert pour ses partages culinaires, son accueil à Dijon et nos discussions de futures mamans. Je remercie Lauriane Demonteil pour son écoute, son soutien moral dans les moments difficiles et son accueil à Dijon. Je remercie Camille Davige-Paturet pour son soutien pendant l'écriture de ma thèse, pour avoir supporté mes humeurs vacillantes et mes grands moments de détresse, pour avoir relu consciencieusement mon manuscrit, mais aussi pour sa vivacité d'esprit et sa personnalité pétillante. Je remercie Alice Roche pour sa sympathie et son accueil à Dijon. Je remercie aussi Jonathan Bernard, Fabienne El Khoury, Julie de Chefdebien, Marie Metzger, Astrid Coste, Fanny Rancière, Catherine Ines Tcheandjieu Gueliatcha, Jeanna-Eve Franck, Fanny Artaud, Lucile Malard, Jean Kaboré, Sabine Plancoulaine, Patricia Molina-Dargent, Josiane Sahuquillo, Céline Sardano, Nino Calenda, Morgane Leguern, Morgane Ballon pour l'amitié qu'ils m'ont témoignée.

Enfin, je tiens à remercier ma famille qui m'a soutenu durant toutes mes études et qui a toujours cru en mes capacités. Je remercie aussi ma belle-famille pour leur soutien pendant la thèse. Je remercie du fond du cœur Julien, mon compagnon, pour avoir accepté de me suivre dans cette aventure, d'avoir soutenu mes choix, d'avoir contribué à ce que ma thèse se passe dans les meilleures conditions jusque dans les derniers instants cruciaux et qui a contribué largement à l'équilibre de ma vie.

TABLES DES MATIERES

VALORISATION SCIENTIFIQUE	19
ABREVIATIONS.....	21
LISTE DES TABLEAUX	23
LISTE DES FIGURES	27
LISTE DES ANNEXES	31
INTRODUCTION GENERALE.....	35
1. Contexte d'obésité infantile en France	37
2. Rôle de l'alimentation précoce sur le risque d'obésité chez l'enfant et l'adulte	38
2.1. Rôle de l'alimentation lactée	38
2.2. Rôle de l'apport en macronutriments.....	41
3. Importance de l'alimentation précoce sur le développement des habitudes et des préférences alimentaires de l'enfant puis de l'adulte	43
4. Recommandations nutritionnelles pour l'apport en lipides et en glucides avant l'âge de trois ans.....	43
5. Apports en lipides et glucides en France chez le nourrisson et l'enfant	45
5.1. Apports en lipides chez le nourrisson et l'enfant.....	45
5.2. Apports en glucides chez le nourrisson et l'enfant	47
6. Expositions alimentaires au sucre et au gras au cours de la première année de vie	49
7. Définition de l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras	52
8. Rôle de l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras dans les consommations alimentaires et le surpoids de l'enfant et de l'adulte.....	55
9. Conclusion et objectifs de la thèse	57
CHAPITRE 1	61
POPULATION ET METHODES	61
1. Etude des déterminants pré et post natals du développement et de la santé de l'enfant (EDEN) ⁶³	
1.1. Objectifs de l'étude EDEN	63
1.2. Population de l'étude EDEN	63
1.3. Données utilisées et mode de recueil dans l'étude EDEN.....	65
1.4. Mesure des expositions nutritionnelles au sucre et au gras à huit et 12 mois.....	70
1.5. Mesure de l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants entre neuf et 12 ans	71
2. Observatoire des préférences alimentaires du nourrisson et de l'enfant (OPALINE)	72
2.1. Objectifs de l'étude OPALINE	72
2.2. Population de l'étude OPALINE	73
2.3. Données utilisées et mode de recueil dans l'étude OPALINE	74

2.4.	<i>Estimation des expositions sensorielles au sucre et au gras du nourrisson au cours de la première année de vie.....</i>	78
3.	Adaptation et validation d'un questionnaire mesurant l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez l'enfant d'âge scolaire.....	83
3.1.	<i>Choix de la méthode de mesure.....</i>	83
3.2.	<i>Adaptation du questionnaire PrefQuest.....</i>	84
3.3.	<i>Validation de la version « enfant » du questionnaire.....</i>	87
3.4.	<i>Résultats.....</i>	91
3.5.	<i>Conclusion.....</i>	101
CHAPITRE 2		103
DETERMINANTS DES EXPOSITIONS ALIMENTAIRES DU NOURRISSON AU SUCRE ET AU GRAS.....		103
1.	Introduction.....	105
2.	Matériels et méthodes.....	107
2.1.	<i>Variables utilisées</i>	<i>107</i>
2.2.	<i>Sélection de la population d'étude</i>	<i>109</i>
2.3.	<i>Analyses statistiques.....</i>	<i>110</i>
3.	Résultats.....	112
3.1.	<i>Principales caractéristiques des deux échantillons d'étude.....</i>	<i>112</i>
3.2.	<i>Expositions alimentaires au sucre et au gras</i>	<i>116</i>
3.3.	<i>Associations entre l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras et les caractéristiques du nourrisson et de la mère et les pratiques d'alimentation du nourrisson</i>	<i>119</i>
3.4.	<i>Associations entre l'exposition sensorielle au sucre et au gras et les caractéristiques du nourrisson et de la mère et les pratiques d'alimentation du nourrisson</i>	<i>128</i>
4.	Discussion.....	132
4.1.	<i>Synthèse des résultats</i>	<i>132</i>
4.2.	<i>Comparaison de nos résultats avec les résultats de la littérature</i>	<i>134</i>
5.	Conclusion.....	139
CHAPITRE 3		141
LIENS ENTRE L'EXPOSITION NUTRITIONNELLE AU SUCRE ET AU GRAS ET L'APPRECIATION DE LA SAVEUR SUCREE ET DE LA SENSATION DE GRAS CHEZ L'ENFANT D'AGE SCOLAIRE		141
1.	Introduction.....	143
2.	Matériels et méthodes.....	145
2.1.	<i>Echantillon d'étude</i>	<i>145</i>
2.2.	<i>Matériels et Méthodes.....</i>	<i>147</i>
3.	Résultats.....	155
3.1.	<i>Validité des modèles d'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras dans l'étude EDEN</i>	<i>155</i>

3.2.	<i>Description de l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras.....</i>	<i>156</i>
3.3.	<i>Comparaison des populations incluses et exclues.....</i>	<i>157</i>
3.4.	<i>Exposition nutritionnelle au sucre à huit et 12 mois et appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans</i>	<i>158</i>
3.5.	<i>Exposition nutritionnelle au gras et appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans</i>	<i>160</i>
3.6.	<i>Exposition nutritionnelle au sucre et au gras à huit et 12 mois et appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans.....</i>	<i>162</i>
4.	Discussion.....	165
5.	Conclusion et perspectives.....	171
DISCUSSION GENERALE.....		173
1.	Synthèse des résultats.....	175
2.	Forces et limites de ces études	176
3.	Implications en Santé publique	182
4.	Perspectives	183
BIBLIOGRAPHIE.....		185
ANNEXES.....		201

VALORISATION SCIENTIFIQUE

Publications

❖ Articles publiés

Yuan WL, Lange C, Schwartz C, Martin C, Chabanet C, de Lauzon-Guillain B, Nicklaus S. Infant Dietary Exposures to Sweetness and Fattiness Increase during the First Year of Life and Are Associated with Feeding Practices. *Journal of Nutrition*. 2016.

Yuan WL, Nicklaus S, Lioret S, Lange C, Forhan A, Heude B, Charles MA, de Lauzon-Guillain B. Early factors related to carbohydrate and fat intake at 8 and 12 months: results from the EDEN mother-child cohort. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2016.

❖ Article soumis

Lange C*, **Yuan WL***, Schoumacker R, Deglaire A, de Lauzon-Guillain B, Chabanet C, Nicklaus S. Assessing children's liking toward saltiness, sweetness and fattiness sensation: validation of a questionnaire. En intention de soumission à *Food Quality and Preference*. *co-premiers auteurs

❖ Article en préparation

Yuan WL, Nicklaus S, Forhan A, Chabanet C, Heude B, Charles MA, Lange C, de Lauzon-Guillain B. Association between carbohydrate and fat intake at 8 and 12 months and liking toward sweetness and fattiness sensation between 9 and 12 years of age: results from the EDEN mother-child cohort.

Communications en congrès

❖ Communication orale

Yuan WL, Lange C, Schwartz C, Martin C, Chabanet C, de Lauzon-Guillain B, Nicklaus S. Determinants of infant sweetness exposure. Results from the OPALINE mother-child cohort. *39th Annual Meeting of the British Feeding & Drinking Group (BFDG 2015)*. 9-10 avr 2015. Wageningen, Pays-Bas.

❖ Communication affichée

Yuan WL, Nicklaus S, Lange C, de Lauzon-Guillain B. Déterminants de l'apport en glucides au cours la 1ère année de vie dans la cohorte mère-enfant EDEN. *Les Journées Francophones de Nutrition*, 10-12 déc 2014. Bruxelles, Belgique.

ABBREVIATIONS

AE : Apport énergétique

AFC : Analyse Factorielle Confirmatoire

AFE : Analyse Factorielle Exploratoire

AGLC : Acide gras à longue chaîne

ALSPAC : *Avon Longitudinal Study of Parents and Children*

CFI : *Comparative Fit Index*

EDEN : Etude des Déterminants pré-et post natals précoces du développement psychomoteur et de la santé de l'ENfant.

EFSA : Autorité européenne de sécurité des aliments

ELANCE : Etude Longitudinale Alimentation Nutrition Croissance des Enfants

FAO : *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

FIML : *Full Information Maximum Likelihood*

IMC : Indice de Masse Corporelle

IOTF : *International Obesity Task Force*

NNFI : *Non-Normed Fit Index*

OMS : Organisation mondiale de la Santé

OPALINE : Observatoire des Préférences ALImentaires du Nourrisson et de l'Enfant

PNNS : Programme National Nutrition Santé

RMSEA : *Root Mean Square Error of Approximation*

SA : Semaine d'aménorrhée

SFAE : Secteur Français des Aliments de l'Enfance

LISTE DES TABLEAUX

❖ Introduction générale

Tableau 1. Recommandations nutritionnelles françaises et internationales pour l'apport en lipides avant l'âge de trois ans.....	44
--	----

❖ Chapitre 1 : Population et méthodes

Tableau 2. Valeurs d'intensité à additionner ou à soustraire à l'intensité d'un aliment suite à l'ajout d'un ingrédient, selon le type d'aliment auquel il est ajouté.....	82
---	----

Tableau 3. Variables latentes identifiées de l'appréciation de la saveur sucrée lors de la validation sur les données des enfants (n = 313).....	92
---	----

Tableau 4. Variables latentes identifiées de l'appréciation de la sensation de gras-salé chez les enfants (n = 193).....	95
---	----

Tableau 5. Variables latentes identifiées de l'appréciation de la sensation de gras-sucré chez les enfants (n = 311).....	97
--	----

Tableau 6. Variables latentes identifiées de l'appréciation de la sensation de gras chez les enfants (n = 141).....	100
--	-----

❖ Chapitre 2 : Déterminants des expositions alimentaires du nourrisson au sucre et au gras

Tableau 7. Caractéristiques des mères et nourrissons de l'étude EDEN inclus à huit et 12 mois	113
--	-----

Tableau 8. Caractéristiques des mères et nourrissons de l'étude OPALINE inclus	115
---	-----

Tableau 9. Proportions des différents types d'aliments utilisés aux différents âges chez les nourrissons de l'étude OPALINE	116
--	-----

Tableau 10. Associations (β [IC 95 %]) entre les apports en glucides et lipides à huit et 12 mois et les caractéristiques du nourrisson et de la mère dans l'étude EDEN.....	120
--	-----

Tableau 11. Association (OR [IC 95 %]) entre le fait d'être consommateur de sucres et de matières grasses ajoutés à huit et 12 mois et les caractéristiques du nourrisson et de la mère dans l'étude EDEN.	122
Tableau 12. Association (β [IC 95 %]) entre l'apport en glucides et en lipides, à huit et 12 mois, et les pratiques d'alimentation du nourrisson dans l'étude EDEN.....	126
Tableau 13. Association (OR [IC 95 %]) entre le fait d'être un consommateur de sucres et de matières grasses ajoutés, à huit et 12 mois, et les pratiques d'alimentation du nourrisson dans l'étude EDEN.	127
Tableau 14. Associations (β [IC 95 %]) entre l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras entre trois et six mois, entre sept et neuf mois et entre dix et 12 mois et les caractéristiques du nourrisson et de la mère dans l'étude OPALINE.....	129
Tableau 15. Associations (β [IC 95 %]) entre l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras entre trois et six mois, entre sept et neuf mois et entre dix et 12 mois et les pratiques d'alimentation du nourrisson dans l'étude OPALINE.	131
❖ Chapitre 3 : Liens entre l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez l'enfant d'âge scolaire	
Tableau 16. Récapitulatif des associations entre les facteurs associés à l'exposition nutritionnelle et sensorielle au sucre et au gras.	133
Tableau 17. Variables d'ajustement des modèles estimant l'effet total et direct de l'exposition alimentaire au sucre et au gras à huit ou 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras ou de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans.....	154
Tableau 18. Liens (β [IC 95 %]) entre l'apport en glucides, le fait d'être consommateur de sucres ajoutés à huit et 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.	159

Tableau 19. Liens (β [IC 95 %]) entre l'apport en lipides, le fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées à huit et 12 mois et l'appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.....	161
Tableau 20. Liens (β [IC 95 %]) entre l'apport en glucides, la consommation de sucres ajoutés à huit et 12 mois et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.	163
Tableau 21. Liens (β [IC 95 %]) entre l'apport en lipides, le fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées à huit et 12 mois et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.....	163

LISTE DES FIGURES

❖ Introduction générale

- Figure 1.** Courbe d'IMC selon l'apport en protéines à deux ans dans l'étude ELANCE (Rolland-Cachera et al., 2016)..... 42
- Figure 2.** Apport nutritionnel en fonction de l'âge chez le nourrisson d'après les résultats de l'enquête Nutri-Bébé SFAE 2013 (Secteur Français des Aliments de l'Enfance (SFAE), 2014)..... 46
- Figure 3.** Evolution de l'apport en lipides avec l'âge chez le nourrisson, d'après les résultats des différentes enquêtes du SFAE (1981, 1989, 1997, 2005) (Fantino & Gourmet, 2008; Secteur Français des Aliments de l'Enfance (SFAE), 2008). 47
- Figure 4.** Evolution de l'apport en glucides avec l'âge chez le nourrisson, entre 1997 et 2005, d'après les résultats des différentes enquêtes du SFAE (1997, 2005). 48

❖ Chapitre 1 : Population et méthodes

- Figure 5.** Diagramme des flux de l'inclusion des femmes à la naissance de l'enfant dans l'étude EDEN 64
- Figure 6.** Pourcentage et nombre d'enfants suivi de la naissance à cinq ans dans l'étude EDEN. 65
- Figure 7.** Etapes du suivi dans l'étude EDEN..... 66
- Figure 8.** Taux de réponse aux questionnaires de suivi du comportement alimentaire dans l'étude OPALINE jusqu'aux six ans de l'enfant..... 74
- Figure 9.** Etapes du suivi des participants dans l'étude OPALINE..... 75
- Figure 10.** Echelles utilisées par les panélistes pour noter l'intensité de la saveur sucrée et de la sensation de gras pour l'entraînement en laboratoire et lors de la mesure à domicile (Martin et al., 2014). 80
- Figure 11.** Structure factorielle identifiée chez les enfants concernant l'appréciation de la saveur sucrée (n = 500)..... 93

Figure 12. Structure factorielle identifiée chez les enfants concernant l'appréciation de la sensation de gras-salé (n = 500)..... 96

Figure 13. Structure factorielle identifiée chez les enfants concernant l'appréciation de la sensation de gras-sucré (n = 500)..... 98

Figure 14. Structure factorielle identifiée chez les enfants concernant l'appréciation de la sensation de gras (n = 500). 101

❖ **Chapitre 2 : Déterminants des expositions alimentaires du nourrisson au sucre et au gras**

Figure 15. Diagramme des flux de la sélection de l'échantillon d'étude EDEN à huit (Figure 15a) et 12 mois (Figure 15b)..... 109

Figure 16. Distribution de l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras chez les nourrissons de l'étude OPALINE entre trois et six mois (n = 251), entre sept et neuf mois (n = 266) et entre dix et 12 mois (n = 264). 118

❖ **Chapitre 3 : Liens entre l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez l'enfant d'âge scolaire**

Figure 17. Diagramme des flux de la sélection des sujets de l'étude EDEN pour étudier le lien entre les apports nutritionnels à huit et 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras entre neuf et 12 ans..... 146

Figure 18. Exemple de DAG sous DAGitty. *Les chemins causaux sont notés en vert dans la figure de gauche et les chemins qui créent un biais sont notés en rouge dans la figure de droite.*..... 149

Figure 19. DAG des relations entre l'exposition alimentaire au sucre et au gras à huit et 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras ou la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans..... 150

Figure 20. Distribution de l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré pour les enfants de l'étude EDEN ayant répondu entre neuf et 12 ans.

..... 157

LISTE DES ANNEXES

❖ Matériels et méthodes utilisés dans l'étude EDEN

Annexe 1. Questionnaire de fréquence alimentaire de l'alimentation maternelle pendant la grossesse de l'étude EDEN.	205
Annexe 2. Profils d'alimentation maternelle pendant la grossesse (n = 1 599) de l'étude EDEN.	206
Annexe 3. Auto-questionnaire à quatre mois de l'étude EDEN.	207
Annexe 4. Auto-questionnaire à huit mois de l'étude EDEN.....	209
Annexe 5. Auto-questionnaire à 12 mois de l'étude EDEN.	210
Annexe 6. Auto-questionnaire complémentaire à 12 mois de l'étude EDEN.....	211
Annexe 7. Enregistrement alimentaire à huit mois de l'étude EDEN.	213

❖ Matériels et méthodes utilisés dans l'étude OPALINE

Annexe 8. Auto-questionnaire 0-12 mois de l'étude OPALINE.	219
Annexe 9. Carnet alimentaire de l'étude OPALINE.....	220
Annexe 10. Codage des aliments et préparations infantiles des carnets alimentaires dans l'étude OPALINE.	222
Annexe 11. Cahier de diversification alimentaire de l'étude OPALINE.	226
Annexe 12. Construction du modèle de prédiction de la saveur sucrée et de la sensation de gras pour un aliment basé sur sa composition nutritionnelle.	229
Annexe 13. Tableau des intensités de la saveur sucrée et de la sensation de gras des aliments (0 à 10).....	232

❖ Adaptation et validation du questionnaire d'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras

Annexe 14. Tableau synthétisant les items et les modifications apportées au questionnaire PrefQuest pour l'adaptation de la version adulte aux enfants d'âge scolaire	241
Annexe 15. Questionnaire d'appréciation de la saveur sucrée, salée, et de la sensation de gras chez l'enfant	244
Annexe 16. Structure factorielle pour l'appréciation de la saveur sucrée identifiée chez les adultes et appliquée aux données des enfants (n = 251).	266
Annexe 17. Distributions des <i>loadings</i> estimés par <i>bootstrap</i> de l'analyse factorielle confirmatoire pour l'appréciation de la saveur sucrée chez les enfants.....	267
Annexe 18. Structure factorielle identifiée chez les adultes pour l'appréciation de la sensation de gras-salé appliquée aux données des enfants (n = 251).	268
Annexe 19. Distributions des <i>loadings</i> estimés par <i>bootstrap</i> de l'analyse factorielle confirmatoire pour l'appréciation de la sensation de gras-salé.	269
Annexe 20. Structure factorielle identifiée chez les adultes pour l'appréciation de la sensation de gras-sucré appliquée aux données des enfants (n = 251).....	270
Annexe 21. Distributions des <i>loadings</i> estimés par <i>bootstrap</i> de l'analyse factorielle confirmatoire pour l'appréciation de la sensation de gras-sucré chez les enfants.....	271
Annexe 22. Structure factorielle identifiée chez les adultes de l'appréciation de la sensation de gras appliquée aux données des enfants (n = 251).	272
Annexe 23. Distributions des <i>loadings</i> estimés par <i>bootstrap</i> de l'analyse factorielle confirmatoire pour l'appréciation de la sensation de gras.	273
Annexe 24. Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.....	277

Annexe 25. Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.	279
Annexe 26. Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans (modèles incluant l'exposition nutritionnelle au sucre).....	281
Annexe 27. Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN (modèles incluant l'exposition nutritionnelle au gras).....	283
 ❖ Articles issus de la thèse	
Annexe 28. Article 1 : Infant Dietary Exposures to Sweetness and Fattiness Increase during the First Year of Life and Are Associated with Feeding Practices.....	289
Annexe 29. Article 2 : Early factors related to carbohydrate and fat intake at 8 and 12 months: results from the EDEN mother-child cohort.....	301
Annexe 30. Article 3 : Assessment of liking for saltiness, sweetness and fattiness sensations in children: validation of a questionnaire.....	311

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte d'obésité infantile en France

Selon les estimations françaises les plus récentes issues d'études transversales représentatives de la population générale, en 2006-2007, 11,2 à 14,3 % des enfants de trois à 17 ans seraient en surpoids (définition de *l'International Obesity Task Force* (IOTF)) et 2,8 à 3,5 % obèses (Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Usen), 2007; Agence Nationale de sécurité Sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES), 2009). Néanmoins, une stabilisation de la prévalence du surpoids et de l'obésité (IOTF) chez les enfants entre cinq et six ans et entre sept et neuf ans entre 1999-2000 (14,4 % et 3,4 % ; 15,8 % et 2,8 %) et 2005-2006 (12,1 % et 3,1 % ; 18,1 % et 3,8 %) a été constatée (LioRET et al., 2009; Salanave et al., 2009; Guignon et al., 2010). Cette stabilisation a été confirmée au sein de l'étude multicentrique de l'Institut inter Régional pour la Santé (IRS), chez les enfants entre six et dix ans et entre 11 et 15 ans avec une prévalence du surpoids (obésité incluse) de 15,0 % et 14,9 % respectivement en 1999-2000 et de 13,8 % et 15,7 % respectivement en 2005-2006 (Peneau et al., 2009).

Cependant, le surpoids (obésité incluse) chez l'enfant reste un enjeu de santé publique, d'une part car il serait associé à de nombreuses complications métaboliques dès l'enfance (Messiah et al., 2008) et d'autre part parce qu'il se maintiendrait à l'âge adulte (Reilly et al., 2003). L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a défini le surpoids et l'obésité comme « une accumulation anormale ou excessive de graisse qui représente un risque pour la santé » résultante d'un déséquilibre énergétique entre les calories consommées et dépensées. Par ailleurs, selon l'hypothèse des origines développementales de la santé et des maladies (« *Developmental Origins of Health And Disease* », DoHaD), la période de la grossesse jusqu'aux deux ans de l'enfant constituerait une fenêtre sensible dans le développement, où l'exposition à certains facteurs environnementaux, dont l'alimentation, pourrait avoir des conséquences sur la santé de l'enfant voire de l'adulte (Gluckman et al., 2010).

2. Rôle de l'alimentation précoce sur le risque d'obésité chez l'enfant et l'adulte

La qualité de l'alimentation durant les deux premières années de vie pourrait influencer le risque de développer une obésité dans l'enfance (Rolland-Cachera et al., 1995; Deheeger et al., 1996; Rolland-Cachera & Scaglioni, 2015; Rolland-Cachera et al., 2016) mais aussi à l'âge adulte (Rolland-Cachera et al., 2013; Peneau et al., 2014; Rolland-Cachera & Scaglioni, 2015; Rolland-Cachera et al., 2016).

2.1. Rôle de l'alimentation lactée

Une étude longitudinale comparant différentes mesures d'adiposité chez des nourrissons nourris avec des préparations infantiles et des nourrissons allaités a constaté plusieurs différences. Comparés aux nourrissons allaités durant 12 mois et plus, les nourrissons nourris durant neuf à 11 mois avec des préparations infantiles avaient un poids pour taille supérieur entre sept et 24 mois, des plis cutanés plus importants entre neuf et 17 mois et un pourcentage de masse grasse supérieur entre cinq et 24 mois (Dewey et al., 1993). Selon une méta-analyse avec 37 études incluses mais sans sélection sur leur niveau d'ajustement, l'allaitement serait associée à une diminution du risque d'obésité chez le nourrisson et l'enfant entre un an et neuf ans (OR : 0,74 (0,68-0,79))(Horta & Victoria, 2013), chez l'enfant entre dix ans et 19 ans (OR : 0,63 (0,54-0,73))(Horta & Victoria, 2013) et chez l'adulte de 20 ans et plus (OR : 0,88 (0,82-0,94)). Une mise à jour de cette méta-analyse a confirmé ces résultats (Horta et al., 2015).

Néanmoins, toutes ces études sont difficilement comparables du fait d'une hétérogénéité dans la mesure de l'allaitement et du surpoids. En effet, certaines études ont mesuré une durée d'allaitement exclusif, d'autres une durée d'allaitement non exclusif, ou ont comparé des nourrissons allaités versus non allaités. Par ailleurs, concernant la mesure de surpoids et d'obésité, il n'y a pas de consensus dans la définition à utiliser pour définir le surpoids et de l'obésité chez l'enfant. De plus, la majorité des méta-analyses ont poolé les données enfants et les données adultes et il est donc difficile d'apprécier la dynamique temporelle du lien entre

l'allaitement et le risque d'obésité, après ajustement sur les facteurs de confusion (Horta & Victoria, 2013; Horta et al., 2015).

Enfin, les études diffèrent aussi par leur niveau d'ajustement sur les facteurs de confusion (sans ajustement, ajusté sur les données socioéconomiques, ajusté sur les données relatives à la naissance, ajusté sur les données anthropométriques des parents). Ainsi, une méta-analyse a montré que plus le nombre de facteurs de confusion pris en compte (statut pondéral des parents, tabagisme pendant la grossesse, poids de naissance, revenus, niveau d'éducation, nombre d'enfants, activité physique de l'enfant, nombre d'heures devant la télévision...) était important et plus la force de l'association entre l'allaitement et le risque d'obésité était faible (Horta & Victoria, 2013; Horta et al., 2015). Réunissant des travaux publiés et non publiés ($n = 36$) chez l'enfant et l'adulte, une méta-analyse comparant les nourrissons allaités aux nourrissons nourris avec des préparations infantiles a montré un lien entre l'allaitement et l'IMC mais cette association disparaissait après ajustement sur l'âge, les caractéristiques sociodémographiques, le statut tabagique de la mère pendant la grossesse et l'IMC maternel (Owen et al., 2005).

Même après la prise en compte de facteurs de confusion, il semblerait qu'il reste un risque de confusion résiduel des caractéristiques sociodémographiques dans les études ayant montré un lien entre l'allaitement et le risque d'obésité (Horta & Victoria, 2013). En effet, la plupart des études ayant porté sur ce lien étaient conduites dans des pays développés où l'allaitement tend à être plus valorisé chez les mères éduquées et où le surpoids et l'obésité tendent à être plus prévalent parmi les populations les plus défavorisées. Pour essayer de prendre en compte cet effet de confusion résiduel, des chercheurs ont comparé les effets de l'allaitement sur l'IMC de l'enfant au Royaume-Uni d'une part et au Brésil, d'autre part (Brion et al., 2011). Ainsi, au Royaume-Uni, l'allaitement était associé à un effet protecteur sur le surpoids alors qu'au Brésil, où il n'y avait pas de gradient social dans le recours à l'allaitement, aucune association n'a été mise en évidence (Brion et al., 2011). De même, dans une étude portant sur

cinq cohortes dans des pays en développement, aucun lien entre allaitement et l'IMC de l'enfant n'a été trouvé (Fall et al., 2011). Ces résultats sont cohérents avec ceux trouvés dans l'essai randomisé PROBIT (The Promotion of Breastfeeding Intervention Trial). Cet essai a recruté plus de 16 000 mères et enfants biélorusses entre 1996 et 1997, avec un suivi de 11,5 ans et avait pour objectif d'étudier l'effet d'une intervention centrée sur la promotion de l'allaitement sur la durée d'allaitement, certains paramètres de santé précoces (infections gastro-intestinales et respiratoires, eczéma) et la croissance de l'enfant. Dans cet essai, aucun lien entre la durée d'allaitement et la taille, le poids ainsi que l'adiposité (IMC, tour de taille et de hanche, plis cutanés) de l'enfant à six ans et demi (Kramer et al., 2007) et à 11 ans et demi (Martin et al., 2013) n'a été mis en évidence. Par conséquent, le lien causal entre l'allaitement et le risque d'obésité chez l'enfant et l'adulte reste controversé.

Néanmoins, les études sur le lien entre l'allaitement et le risque d'obésité ont suscité un intérêt particulier pour la composition nutritionnelle du lait maternel (Koletzko et al., 2005), notamment sa teneur en protéines. Ainsi, l'essai randomisé et multicentrique CHOP (*The Childhood Obesity Project*) a montré que le z-score de poids-pour-taille à deux ans des nourrissons nourris avec des préparations infantiles à teneur faible en protéines était similaire à celui des nourrissons allaités et plus faible que celui des nourrissons nourris avec des préparations infantiles avec une teneur classique, plus élevée, en protéines (Koletzko et al., 2009). Par ailleurs, une prise de poids rapide chez les nourrissons nourris avec des préparations infantiles a été suggérée comme étant un facteur de risque de développer une obésité ultérieure (Ong & Loos, 2006). Ainsi, dans l'étude CHOP, comparés aux nourrissons ayant reçu des préparations infantiles classiques, les nourrissons ayant reçu une préparation infantile à teneur élevée en protéines, avaient un IMC plus élevé (β : 0,51 (0,13 -0,90)) et un risque d'obésité (définition IOTF) plus élevé à six ans (OR : 2,43 (1,12-5,27)) (Weber et al., 2014). De plus, aucune différence d'IMC ou de risque d'obésité à six ans n'a été constatée entre les nourrissons ayant reçu une préparation infantile à teneur faible en protéines et les nourrissons allaités (Weber et al., 2014).

Une des hypothèses pour expliquer le lien entre une teneur élevée en protéines du lait et le statut pondéral des enfants serait l'augmentation de la sécrétion d'hormone de croissance. Ainsi, des études ont montré que les nourrissons nourris avec des préparations infantiles avaient une concentration postprandiale en insuline plus élevée que les nourrissons allaités à six jours de vie (Lucas et al., 1981), à trois mois et à 12 mois (Ong et al., 2009). Une concentration importante en insuline et en IGF-1 (*insulin-like growth factor-1*) stimulerait la croissance et la prolifération adipocytaire durant les deux premières années de vie (Karlberg et al., 1994; Hoppe et al., 2004).

2.2. Rôle de l'apport en macronutriments

Plusieurs études observationnelles ont mis en évidence un lien entre un apport élevé en protéines (issues des préparations infantiles ou de l'alimentation de complément) du nourrisson et le surpoids ou le risque de surpoids de l'enfant.

Dans les deux premières années de vie, un apport élevé en protéines dans l'alimentation était associé à un rebond d'adiposité précoce (point le plus bas de la courbe d'IMC avant son ascension se situant avant six ans, **Figure 1**), un IMC et une épaisseur plus importante du pli sous-scapulaire à huit ans (Rolland-Cachera et al., 1995; Scaglioni et al., 2000; Rolland-Cachera et al., 2006; Rolland-Cachera et al., 2016). De même, il a été montré que l'apport élevé en protéines à 12 mois et entre 18 et 24 mois, mais pas à six mois, était associé à un z-score d'IMC et un pourcentage de masse grasse plus élevés ainsi qu'un risque plus élevé de développer un surpoids ou une adiposité excessive à sept ans (Gunther et al., 2007a). De plus, l'apport en protéines plus élevé entre neuf et 12 mois serait associé à un IMC plus élevé à six ans mais uniquement chez les garçons (Gunnarsdottir & Thorsdottir, 2003). Enfin, il a été montré qu'un apport plus élevé en protéines entre 17 et 18 mois était associé à un z-score d'IMC plus élevé à quatre ans (Ohlund et al., 2010). Plus particulièrement, l'apport en protéines animales plus élevé notamment des produits laitiers à 12 mois a été identifié comme étant plus critique qu'aux autres âges (à six mois, entre 18 et 24 mois, entre trois et quatre ans) sur le pourcentage de

masse grasse à sept ans (Gunther et al., 2007b). Néanmoins, même si un apport élevé en protéines à 12, 18 et 24 mois était associé à un z-score d'IMC (courbe de référence allemande) plus élevé à l'âge du rebond d'adiposité uniquement chez les filles, il n'était pas associé à l'âge du rebond d'adiposité (Gunther et al., 2006).

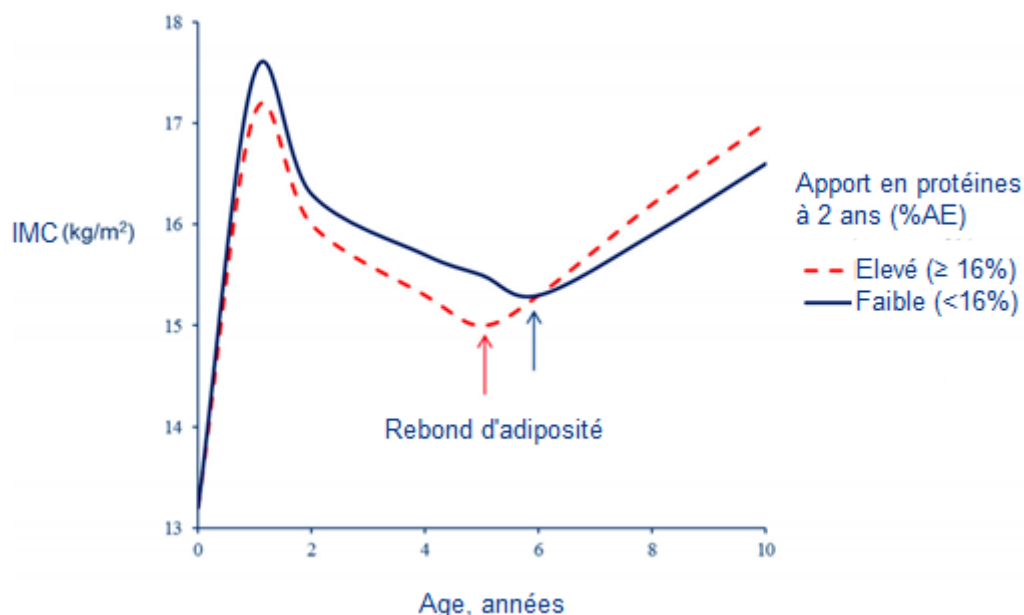


Figure 1. Courbe d'IMC selon l'apport en protéines à deux ans dans l'étude ELANCE (Rolland-Cachera et al., 2016).

Par ailleurs, entre les années 1970 et 2000, une augmentation de la prévalence d'obésité chez les enfants a été observée alors que sur la même période, la part des protéines dans l'apport énergétique (AE) chez les nourrissons de deux ans a augmenté au détriment de celle des lipides (Rolland-Cachera & Scaglioni, 2015).

Pourtant, un apport précoce en lipides insuffisant pourrait favoriser le développement de la masse grasse à l'âge adulte à travers une résistance à la leptine, hormone régulant l'appétit et les réserves de lipides dans l'organisme. Ainsi, un faible apport en lipides à deux ans a été associé à l'âge adulte à une masse grasse plus importante et un taux plasmatique élevé de leptine (Rolland-Cachera et al., 2013; Rolland-Cachera & Scaglioni, 2015).

3. Importance de l'alimentation précoce sur le développement des habitudes et des préférences alimentaires de l'enfant puis de l'adulte

Il a été démontré que l'alimentation précoce joue un rôle dans le développement des habitudes alimentaires (Mikkila et al., 2005; Northstone & Emmett, 2008; Lioret et al., 2013; Lioret et al., 2015) mais aussi dans le développement des préférences alimentaires de l'enfant puis de l'adulte (Haller et al., 1999; Mennella & Beauchamp, 2002; Skinner et al., 2002; Nicklaus et al., 2005). En effet, plusieurs études ont constaté que les profils de consommation alimentaire se maintenaient de la petite enfance à l'enfance (Northstone & Emmett, 2008; Lioret et al., 2013; Lioret et al., 2015), puis de l'enfance à l'âge adulte (Mikkila et al., 2005). De plus, d'autres études ont montré que les préférences alimentaires du jeune enfant perduraient dans une certaine mesure dans l'enfance, l'adolescence ou même au début de la vie adulte (Skinner et al., 2002; Nicklaus et al., 2004; Rollins et al., 2010; Schwartz et al., 2011b; Nicklaus & Remy, 2013). Il a été notamment montré que, selon le type de préparation infantile auquel le nourrisson a été exposé (à base de soja, avec des hydrolysats de protéines ou classique), l'enfant apprécie plus ou moins l'amertume et l'acidité dans un jus de pomme entre quatre et cinq ans (Mennella & Beauchamp, 2002). Par ailleurs, les adultes ayant été nourris avec des préparations infantiles aromatisées à la vanille auraient tendance à préférer les aliments à la vanille par rapport aux adultes ayant été allaités (Haller et al., 1999).

4. Recommandations nutritionnelles pour l'apport en lipides et en glucides avant l'âge de trois ans

En France, l'ANSES a émis des recommandations pour l'apport en lipides en 2001 (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES), 2001) (**Tableau 1**). Des recommandations à l'échelle européenne et internationale existent également (EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA), 2010; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2010). Les recommandations

européennes et internationales sont assez similaires entre six et 36 mois et préconisent une diminution plus progressive de la part d'apport énergétique issue des lipides entre chaque tranche d'âges, alors que les recommandations françaises préconisent des apports stables jusqu'à 36 mois.

Tableau 1. Recommandations nutritionnelles françaises et internationales pour l'apport en lipides avant l'âge de trois ans

	Apport en lipides (% AE)			
Age (mois)	0,0-5,9	6,0-11,9	12,0-23,9	24,0-35,9
ANSES, 2001	45-50	45-50	45-50	45-50
EFSA, 2010	NC	40	35-40	35-40
FAO, 2010	40-60	Diminution progressive jusqu'à 35		25-35

AE : Apport Énergétique, NC : Non Concerné.

Pour diffuser les recommandations nutritionnelles françaises, le Programme National Nutrition Santé (PNNS) a proposé un guide pour accompagner les parents dans l'alimentation du nourrisson de la naissance à l'âge de trois ans (INPES, 2005). Dans ce guide, il est recommandé de ne pas ajouter de matières grasses dans l'alimentation du nourrisson avant l'âge de six mois, et après six mois, de privilégier les matières grasses végétales, de rajouter une cuillère à café d'huile ou une noisette de beurre à chaque repas et d'éviter les fritures (INPES, 2005)

Concernant les apports en glucides, aucune recommandation chez le nourrisson n'a été formulée que cela soit à l'échelle nationale ou internationale. Des recommandations chez l'enfant de trois à 17 ans et chez l'adulte existent (PNNS : ≥ 50 % de l'AE et ANSES : entre 50-55 % de l'AE)(Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES), 2001; Ministère délégué à la santé, 2001). Néanmoins, le guide du PNNS préconise de limiter la consommation des produits sucrés et d'introduire « sans urgence » les produits sucrés (INPES, 2005).

Par ailleurs, l'OMS a publié récemment un rapport recommandant de réduire les apports en sucres libres à moins de 10 % des AE voire à moins de 5% des AE chez l'adulte et l'enfant

mais sans préciser si les nourrissons sont inclus dans cette recommandation (World Health Organization (WHO), 2015). Les sucres libres sont définis comme étant « tous les monosaccharides et disaccharides ajoutés aux aliments et boissons par l'industriel, le cuisinier, ou le consommateur ainsi que les sucres naturellement présents dans le miel, les jus de fruits et les jus de fruits à base de concentré » (World Health Organization (WHO), 2015).

Il est néanmoins important de souligner que le contenu et la composition en glucides des préparations infantiles sont encadrés par la directive européenne 2006/141/EC (European Communities, 2006b). De même, le contenu et la composition nutritionnelle des céréales infantiles et des aliments infantiles sont réglementés par la directive européenne 2006/125/EC (European Communities, 2006a). Cependant, la limite maximale de la teneur en glucides a été fixée à 15 % pour les boissons sucrées à destination des nourrissons, à 20 % pour les préparations à base de fruits seulement, et à 25 % pour les desserts soit l'équivalent des compositions nutritionnelles des aliments adultes.

5. Apports en lipides et glucides en France chez le nourrisson et l'enfant

5.1. Apports en lipides chez le nourrisson et l'enfant

Concernant les lipides, chez les enfants entre trois et 17 ans, les données de l'étude l'ENNS (Etude Nationale Nutrition Santé) conduite en 2006 (Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Usen), 2007) et de l'étude INCA 2 (Etude Individuelle Nationale sur les Consommations Alimentaires) conduite en 2006-2007 (Agence Nationale de sécurité Sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES), 2009) indiquent une part des lipides dans l'apport énergétique de 36,2 et 38,0 %, respectivement. Ces valeurs seraient comparables entre les filles et les garçons (Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Usen), 2007).

En 2013, le Secteur Français des Aliments de l'Enfance (SFAE) a mené une enquête chez les nourrissons et enfants non allaités ($n = 1035$) et a mis en évidence que la part des lipides dans l'AE diminuait de 44,4 % entre 15 jours et trois mois à 30,8 % entre 30 et 35 mois (Secteur Français des Aliments de l'Enfance (SFAE), 2014) (**Figure 2**). Néanmoins, ces résultats ne concernent que les nourrissons non allaités au moment du recrutement.

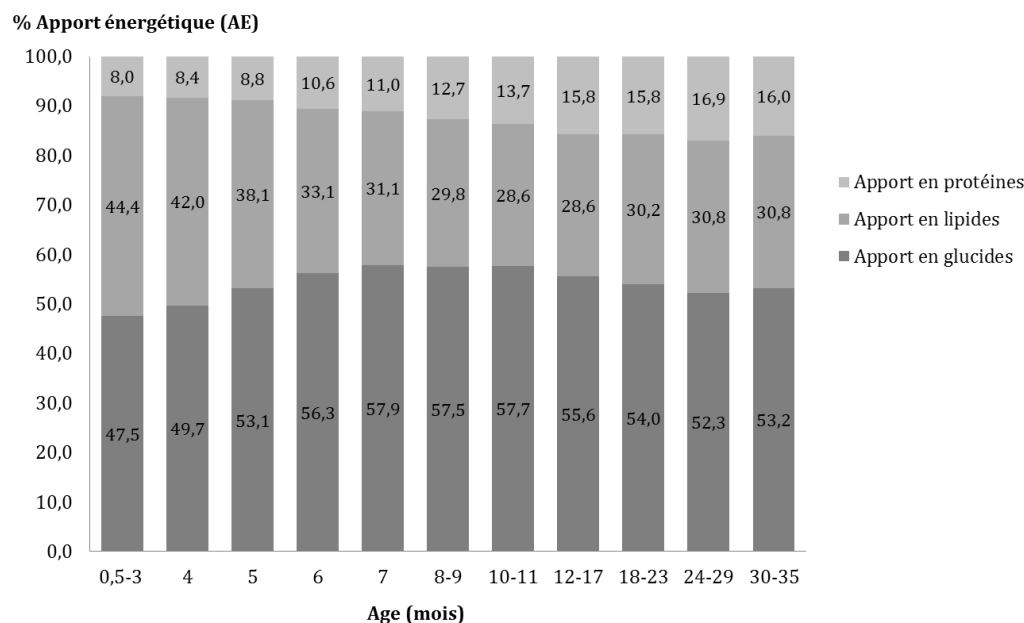


Figure 2. Apport nutritionnel en fonction de l'âge chez le nourrisson d'après les résultats de l'enquête Nutri-Bébé SFAE 2013 (Secteur Français des Aliments de l'Enfance (SFAE), 2014).

Par ailleurs, entre 1997 et 2005, il y a une nette augmentation de la part des lipides dans l'AE à partir de quatre mois jusqu'entre dix et 12 mois alors qu'avant 1997, aucune différence n'était observée entre ces âges (Secteur Français des Aliments de l'Enfance (SFAE), 2008) (**Figure 3**). En effet, en 2005, il a été montré qu'à huit ou neuf mois, les laits et autres produits laitiers infantiles représentaient 54% de l'AE versus 32 % de l'AE en 1997 qui serait expliqué par un recul de l'âge de diversification (Fantino & Gourmet, 2008). Un triplement de l'utilisation des préparations infantiles entre 1997 et 2005 (Fantino & Gourmet, 2008) dans lesquelles des teneurs en lipides minimales sont à respecter a aussi été constaté (European Communities,

2006b). Cependant, entre 2005 et 2013, même si la part des lipides dans l'AE augmente à quatre et cinq mois (39,9 % vs 42,0 % de l'AE), elle diminue aux âges ultérieurs (Secteur Français des Aliments de l'Enfance (SFAE), 2014).

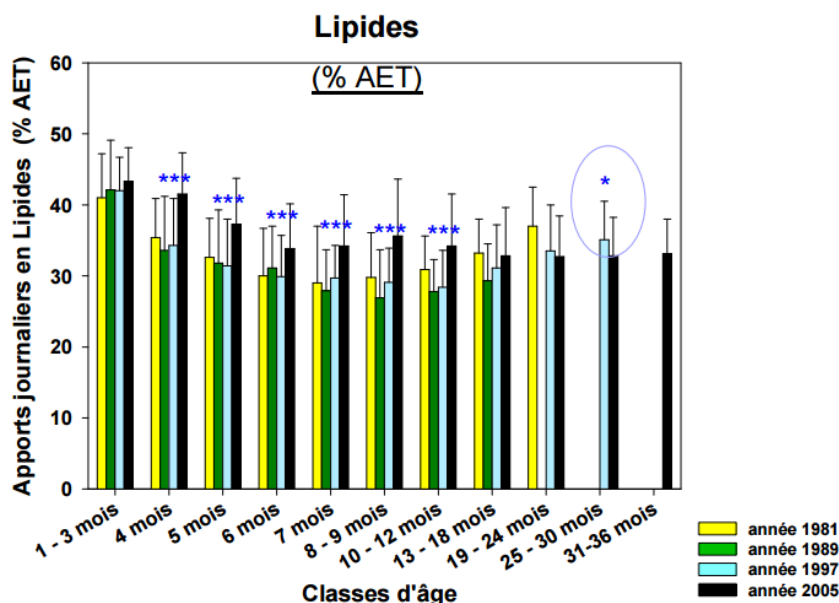


Figure 3. Evolution de l'apport en lipides avec l'âge chez le nourrisson, d'après les résultats des différentes enquêtes du SFAE (1981, 1989, 1997, 2005) (Fantino & Gourmet, 2008; Secteur Français des Aliments de l'Enfance (SFAE), 2008).

AET : Apport Énergétique Total.

5.2. Apports en glucides chez le nourrisson et l'enfant

Concernant la part des glucides dans l'apport énergétique, chez les enfants entre trois et 17 ans, elle était de 48,4 % selon l'ENNS 2006 (Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Usen), 2007) et de 46,6 % de l'AE selon l'INCA 2 (Agence Nationale de sécurité Sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES), 2009). Ces apports seraient comparables entre les filles et les garçons. De plus, la part des glucides dans l'apport énergétique était supérieure ou égale à 50 % des AE (seuil minimal correspondant aux recommandations du PNNS pour les enfants et les adultes) chez 39,3 % des enfants (Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Usen), 2007).

En particulier, l'apport en glucides simples issus des produits sucrés représentait en moyenne 13,6 % de l'AE (Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Usen), 2007). Seulement 44,8 % des enfants de trois à 17 ans avaient une part de glucides simples issus des produits sucrés inférieurs à 12,5 % de l'AE (seuil maximal correspondant aux recommandations du PNNS pour les enfants et les adultes) (Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Usen), 2007).

Selon l'enquête 2005 du SFAE, chez le nourrisson, l'apport en glucides représentait 47,1 % de l'AE entre un et trois mois et 50,1 % de l'AE entre 30-36 mois et semblait relativement stable (Fantino & Gourmet, 2008). En particulier, l'apport en glucides simples représentait en moyenne 31,0 % de l'AE entre un et trois mois et 29,2 % de l'AE à 31-36 mois (Fantino & Gourmet, 2008). Cet apport de 30 % s'expliquait jusqu'à 12 mois par la contribution des laits et dérivés, au-delà, alors que la contribution des laits et dérivés diminuait, celle des sucreries, chocolats, sodas, jus de fruits et surtout gâteaux et biscuits augmentait (Fantino & Gourmet, 2008). Finalement, la part des glucides dans l'AE est restée relativement stable entre 1997 et 2005 (Boggio et al., 1999; Fantino & Gourmet, 2008) (**Figure 4**). D'après ces chiffres, l'apport en glucides augmenterait de la naissance à l'enfance notamment les aliments sucrés occuperaient une place de plus en plus importante dans l'alimentation avec l'âge.

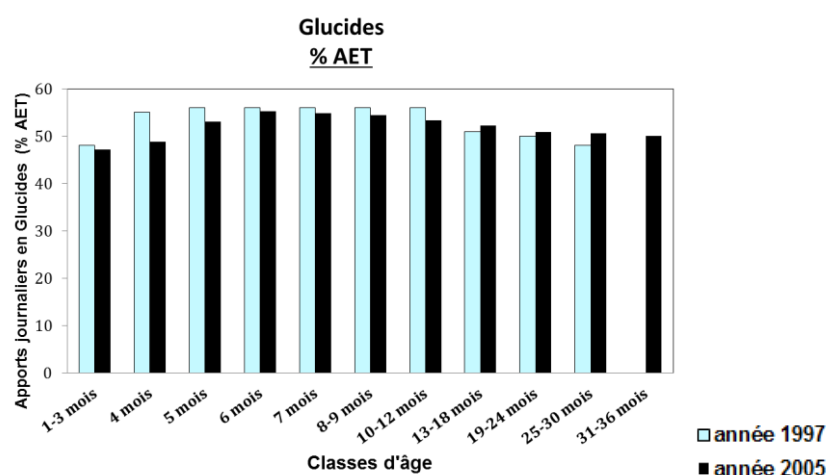


Figure 4. Evolution de l'apport en glucides avec l'âge chez le nourrisson, entre 1997 et 2005, d'après les résultats des différentes enquêtes du SFAE (1997, 2005).

AET : Apport Énergétique Total.

6. Expositions alimentaires au sucre et au gras au cours de la première année de vie

L'exposition alimentaire au sucre et au gras implique une exposition nutritionnelle liée aux apports nutritionnels et une exposition sensorielle liée à la perception des saveurs de ces nutriments.

En effet, les glucides simples (mono- et disaccharides) possèdent une saveur sucrée (Nelson et al., 2001). Néanmoins, la perception de la saveur sucrée peut être modulée par la viscosité (Christensen, 1980), la présence d'arômes (Lethuaut et al., 2004), de matières grasses (Drewnowski et al., 1989; Drewnowski & Schwartz, 1990) et d'autres saveurs (de Graaf & Frijters, 1989; Calviño et al., 1993) et ne dépend pas uniquement de la détection des glucides simples. Par exemple, il a été montré que l'intensité sucrée perçue était augmentée avec la présence d'arôme de fraise et diminuée avec la présence d'arôme de citron (Lethuaut et al., 2004). La saveur sucrée peut être partiellement masquée par l'amertume du café (Calviño et al., 1993). De même, une solution contenant du sucre et du sel à de faibles concentrations était perçue plus sucrée que la même solution contenant uniquement du sucre (de Graaf & Frijters, 1989). Enfin, il a été constaté que plus la composition en lipides d'un milkshake ou d'un glaçage de gâteau était élevée, et plus la perception de la saveur sucrée de celui-ci était amoindrie (Drewnowski et al., 1989; Drewnowski & Schwartz, 1990). Néanmoins, les connaissances actuelles sur la modulation de la saveur sucrée par d'autres facteurs proviennent d'études chez l'adulte et on ne sait pas dans quelle mesure elles s'appliquent au nourrisson car il s'agit essentiellement de mécanismes acquis.

Concernant la perception de la sensation de gras, il a été suggéré que les acides gras à longue chaîne (AGLC, nombre de carbone ≥ 16) sont impliqués dans la perception de cette sensation (Mattes, 2009; Montmayeur & Le Coutre, 2010; Mattes, 2011; Keast & Costanzo, 2015; Besnard et al., 2016). Cependant, à la différence de la saveur sucrée, le terme de « saveur grasse » est encore controversé car sa perception ne dépendrait pas uniquement de la détection au niveau

gustatif et, par conséquent, j'emploierai le terme de « sensation de gras ». En effet, la sensation de gras est aussi perçue à travers des dimensions sensorielles de texture et de composante olfactive (Montmayeur & Le Coutre, 2010; Keast & Costanzo, 2015; Besnard et al., 2016). Par ailleurs, la composition en lipides d'un aliment modifie beaucoup sa texture et donc la perception du gras (Drewnowski & Schwartz, 1990; Mela, 1990). Ainsi, l'exposition alimentaire au sucre et au gras implique non seulement une exposition nutritionnelle (aux glucides et aux lipides) mais aussi une exposition sensorielle (à la saveur sucrée et à la sensation de gras).

L'exposition à une saveur peut se définir suivant trois dimensions, pour chaque aliment vecteur : la fréquence de consommation, l'intensité perçue de la saveur et la quantité d'aliment consommée. Les études chez le nourrisson ont généralement estimé l'exposition à la saveur sucrée simplement par l'évaluation de la consommation ou la fréquence de consommation d'un aliment donné (Beauchamp & Moran, 1982; Beauchamp & Moran, 1984; Pepino & Mennella, 2005a). Cette fréquence oscillait en moyenne entre 0,7 fois par jour à plus d'une fois par jour (Beauchamp & Moran, 1982; Pepino & Mennella, 2005a). Par ailleurs, aucune étude à notre connaissance n'a estimé l'exposition à la sensation de gras chez le nourrisson. Durant cette dernière décennie, des tables d'intensité perçue de différentes saveurs (sucrée, salée, acide, amer, umami, sensation de gras) dans des aliments ont été construites, permettant de tenir compte de l'intensité perçue de ces saveurs dans l'estimation de l'exposition individuelle à celles-ci au travers de tous les aliments consommés (Schwartz et al., 2010; Viskaal-van Dongen et al., 2012; Martin et al., 2014; Lease et al., 2016).

Plus généralement, les études sur l'exposition alimentaire du nourrisson au sucre et au gras, ont défini cette exposition soit par les apports en glucides (Ruottinen et al., 2008) et en lipides (Koletzko et al., 2000; Alexy et al., 2004; Rolland-Cachera et al., 2013), soit par la consommation d'aliments sucrés (notamment les sucres ajoutés) (Kranz & Siega-Riz, 2002; Lande et al., 2004; Brekke et al., 2007; Herbst et al., 2011; Svensson et al., 2014) et gras (Webb et al., 2006).

Chez le nourrisson, la consommation d'aliments sucrés a été approchée par la consommation de chocolat, sucreries ou gâteaux/biscuits à un an (Brekke et al., 2007) ou par la consommation de boissons sucrées à 13 mois (Leermakers et al., 2015). D'autres études ont plutôt porté sur la consommation de sucres ajoutés qu'elles ont définis comme étant les sucres ajoutés aux aliments et aux boissons par le fabricant ou le cuisinier (Lande et al., 2004; Herbst et al., 2011). Chez des nourrissons de six mois à deux ans, trois sous-groupes de sucres ajoutés ont été plus particulièrement étudiés ; ceux issus des boissons sucrées (soda et jus de fruits), ceux issus des bonbons, chocolats, confitures et crèmes glacées et ceux issus des céréales pour petit-déjeuner, pâtisseries, et produits laitiers (Herbst et al., 2011). Dans cette étude, étant donné la faible consommation de sucres ajoutés issus des boissons sucrées et des aliments sucrés durant les deux premières années de vie, ces deux sous-groupes ont été regroupés en « sucres ajoutés des boissons sucrées et des produits sucrés » (Herbst et al., 2011).

Quant à la consommation d'aliment gras, il existe très peu d'aliments exclusivement gras et n'étant ni sucrés ni salés, mis à part les matières grasses ajoutées. Cependant, à notre connaissance, aucune étude n'a porté uniquement sur la consommation de matières grasses ajoutées chez le nourrisson.

Par ailleurs, certaines études ont évalué l'exposition alimentaire aux aliments gras et sucrés en cherchant à révéler des profils de consommation par le biais d'ACP (composantes issues d'analyses en composantes principales) et ont montré une forte contribution d'aliments sucrés et gras à certains profils de consommation, souvent représentés par les premiers axes des ACP : profil « occidental » à 14 mois (Kiefte-de Jong et al., 2013), profil « adulte » à six et 12 mois (Robinson et al., 2007), profil « biscuits, sucreries et chips » à six mois (Smithers et al., 2012), profil « aliments transformés et fast-foods » à 24 mois (Lioret et al., 2015) ou profil « aliments à forte densité énergétique » à 14 et 24 mois (Bell et al., 2013).

Cependant, cette méthode d'estimation des expositions alimentaires aux aliments gras et sucrés ne permet pas de dissocier ces deux types d'exposition. Chez le nourrisson, nous avons

décrit que les recommandations en glucides et en lipides mais aussi en termes d'aliments gras et sucrés différaient. De plus, des variations interindividuelles d'expositions alimentaires au sucre et au gras chez le nourrisson ont été mises en évidence dans la littérature. Des caractéristiques propres au nourrisson, à la mère ou aux pratiques d'alimentation du nourrisson seraient à l'origine de ces variations interindividuelles (Brekke et al., 2007; Robinson et al., 2007; Smithers et al., 2012; Kiefte-de Jong et al., 2013). Cependant, dans l'objectif de mieux comprendre ce qui module l'exposition aux aliments sucrés mais non gras et aux aliments gras mais non sucrés, il est nécessaire de pouvoir les étudier séparément. Enfin, les facteurs spécifiquement associés à l'exposition sensorielle au sucre et au gras sont peu connus (Beauchamp & Moran, 1982; Liem & Mennella, 2002; Pepino & Mennella, 2005a).

7. Définition de l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras

L'appréciation d'un aliment peut se définir comme la valeur hédonique qui lui est attribuée suite à sa consommation. D'un point de vue neurobiologique et comportemental, l'appréciation, composante purement hédonique du plaisir à consommer un aliment, se différencie du souhait de le manger, composante motivationnelle du plaisir alimentaire (Berridge, 1996). Pour étudier, l'appréciation d'une saveur chez le nourrisson qui ne peut s'exprimer verbalement, on mesure généralement une préférence pour cette saveur dans un aliment (ou boisson) contenant uniquement cette saveur par rapport au même un aliment présenté sans saveur (Beauchamp & Moran, 1982; Beauchamp & Moran, 1984; Schwartz et al., 2009; Schwartz et al., 2011a; Schwartz et al., 2016). Chez le nourrisson, l'aliment vecteur est souvent l'eau. Une autre méthode dite pré-ingestive permet de mesurer l'appréciation d'une saveur chez le nourrisson. Elle consiste à déposer quelques gouttes sur la langue d'une solution contenant une saveur et de mesurer la réactivité faciale (mimiques), le pattern de succion ou de pression linguale avec une tétine dotée d'un système d'enregistrement (Schwartz, 2009).

L'appréciation de la saveur sucrée est observée dès la naissance. Ainsi, chez le nouveau-né, la présentation d'une solution sucrée est suivie par des expressions faciales traduisant un affect positif (suction, léchage de lèvres, rétractation des lèvres, expression proche du sourire) qui ne sont pas observées après la présentation de solutions acides ou amères (Steiner, 1979). D'autres études ont permis de montrer que les nouveau-nés préféraient des solutions sucrées plutôt que de l'eau (Desor et al., 1977; Beauchamp & Moran, 1982).

Néanmoins, chez le nourrisson, cette préférence forte à la naissance tend à diminuer vers deux ans (Desor et al., 1977; Schwartz et al., 2009) sauf si le nourrisson continu d'être exposé à la saveur sucrée (Beauchamp & Moran, 1984). Ainsi, le maintien de l'appréciation de la saveur dépendrait des expositions répétées à celle-ci et donc d'un apprentissage. Cet apprentissage consiste à associer la saveur sucrée d'un aliment à l'énergie apportée par celui-ci après ingestion (Remy et al., 2014). Même s'il a été constaté que l'appréciation de la saveur sucrée est élevée en début de vie, qu'elle se stabilise entre six et 12 mois puis se maintient jusqu'à deux ans, elle demeure plus élevée chez les nourrissons consommant des boissons sucrées que chez les nourrissons n'en consommant pas (Beauchamp & Moran, 1984). Au-delà des premières années, de l'enfance à l'adolescence puis à l'âge adulte, une atténuation relative de l'appréciation de la saveur sucrée a été observée (Desor et al., 1975; Zandstra & de Graaf, 1998; De Graaf & Zandstra, 1999; Mennella et al., 2011; Mennella et al., 2012). Ainsi, il a été constaté que les enfants entre six et 12 ans et les adultes de plus de 65 ans appréciaient les boissons plus sucrées par rapport aux enfants et adultes entre 13 et 18 ans, entre 19 et 34 ans, entre 35 et 49 ans et entre 50 et 65 ans (Zandstra & de Graaf, 1998). Une étude similaire a montré que les enfants entre huit et dix ans appréciaient des boissons plus sucrées que des adolescents entre 14 et 16 ans, qui eux-mêmes appréciaient des boissons plus sucrées que des jeunes adultes entre 20 et 25 ans (De Graaf & Zandstra, 1999). Par conséquent, l'appréciation pour des boissons plus sucrées diminuait à partir de l'adolescence (Zandstra, 1998; De Graaf, 1999). Enfin, une préférence accrue pour des solutions plus sucrées a bien été constaté entre les enfants entre cinq et dix ans et les adultes mais aucune différence n'a été constatée entre les enfants entre cinq et dix ans et

les adolescents entre dix et 20 ans (Mennella et al., 2011). En effet, les enfants entre cinq et dix ans préféraient des versions plus sucrées d'un pudding que leurs mères (Mennella et al., 2012). De même, selon une étude longitudinale, des enfants entre neuf et 15 ans préféraient des solutions plus concentrées en saccharose que des adultes (Desor et al., 1975). Cependant, les études mesurant les préférences pour une concentration en saccharose entre différentes versions d'un aliment sont à nuancer avec les études mesurant une appréciation de la saveur sucrée. En effet, ne pas préférer les boissons très sucrées ne signifie pas forcément ne pas apprécier la saveur sucrée. Néanmoins, les études sur les préférences pour des versions d'aliments plus sucrées appuient les résultats trouvés sur l'évolution de l'appréciation de la saveur sucrée avec l'âge.

Concernant l'appréciation de la sensation de gras, à la différence des solutions d'eau sucrée, à trois, six et 12 mois, les nourrissons étaient indifférents aux émulsions lipidiques et les rejetaient même à 20 mois (Schwartz et al., 2016). Ainsi, l'appréciation de la sensation de gras n'est probablement pas innée mais acquise sous l'effet d'un apprentissage. En effet, comme pour l'appréciation de la saveur sucrée, selon plusieurs études expérimentales, l'appréciation des aliments gras serait expliquée par l'apprentissage de l'association entre la sensation de gras et l'énergie apportée par l'aliment ingéré (Birch et al., 1990; Johnson et al., 1991; Birch, 1992; Kern et al., 1993; Nicklaus, 2016). L'ingestion d'aliments peut être suivie de conséquences physiologiques positives (bien-être, satiété) mais aussi négatives (nausée, vomissement). Durant la phase d'apprentissage, ces conséquences sont associées aux propriétés sensorielles de l'aliment ingéré, elles sont mémorisées, puis induisent un changement de l'appréciation de cet aliment. Dans le cas des aliments gras, leur ingestion et leur absorption génère des conséquences positives de satiété. Contrairement à l'appréciation de la saveur sucrée, il n'y a pas d'étude sur l'évolution de l'appréciation de la sensation de gras au-delà de deux ans. Néanmoins, il a été constaté que les enfants entre cinq et dix ans préféraient des versions de pudding moins grasses que leurs mères alors qu'ils avaient la même capacité de discrimination des différentes concentrations de lipides dans le pudding (Mennella et al., 2012).

8. Rôle de l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras dans les consommations alimentaires et le surpoids de l'enfant et de l'adulte

Les préférences alimentaires jouent un rôle central dans les choix et la consommation alimentaire des adultes (Logue & Smith, 1986; Steptoe et al., 1995) et sans doute de manière plus marquée, chez l'enfant (Ross, 1995). En effet, 400 enfants entre dix et 12 ans ont été interrogés sur les raisons pour lesquelles ils choisissaient certains aliments et la principale raison était l'appréciation de cet aliment (Ross, 1995). De même, chez les enfants entre 11 et 17 ans (Agence Nationale de sécurité Sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES), 2009). La palatabilité des aliments, c'est-à-dire leur caractère plaisant, est liée à leurs caractéristiques sensorielles (goût, odeur, apparence, texture...), notamment à leur saveur sucrée (Yamamoto, 2003; Mennella & Bobowski, 2015) et la sensation de gras qu'ils procurent (Mattes, 2011; Keast & Costanzo, 2015; Besnard et al., 2016). Elle serait un facteur déterminant des consommations alimentaires (Yeomans et al., 2004). Par conséquent, l'appréciation et les préférences pour des aliments gras et sucrés pourraient être liées au statut pondéral des individus. Cependant, ce point a été peu étudié chez l'enfant.

Chez des enfants entre sept et neuf ans, une étude longitudinale (n = 366) n'a pas mis en évidence de lien entre l'appréciation des aliments gras ou sucrés, mesurée par un questionnaire en présence d'un enquêteur entraîné et le z-score d'IMC (Hill et al., 2009). Néanmoins, des associations ont été montrées entre les préférences pour des aliments plus gras ou plus sucrés et le statut pondéral de l'enfant (Ricketts, 1997; Lanfer et al., 2012). Chez des enfants entre six et neuf ans (n = 1 696), après avoir goûté deux variantes d'un biscuit apéritif plus ou moins riches en lipides et d'un jus de pomme plus ou moins riches en sucre, la préférence pour la variante plus grasse et plus sucrée était associée positivement au surpoids (obésité incluse selon la définition de l'IOTF) et au z-score d'IMC (définition du *Center for Disease Control and Prevention*) (Lanfer et al., 2012). De même, chez des enfants entre neuf et 12 ans (n = 88), des tests de préférence pour des aliments avec des variantes plus ou moins riches en lipides (brownie,

gâteau au chocolat, biscuit aux pépites de chocolat et beurre de cacahuète), ont montré que la préférence pour les variantes plus grasses était corrélée positivement au pli tricipital et à l'IMC (Ricketts, 1997). Par conséquent, il est encore difficile de conclure à l'existence d'un lien chez l'enfant entre l'appréciation et les préférences alimentaires et le statut pondéral. De même, le sens de ce lien n'est pas encore certain : est-ce que l'appréciation des aliments gras et sucrés entraînerait un surpoids ou est-ce l'inverse. Selon une étude de Bartoshuk et al., un IMC élevé était associé à une intensité sucrée perçue plus faible dans un bonbon chez l'adulte (Bartoshuk et al., 2006). Ainsi, plus d'éléments de preuve ont été mis en évidence chez l'adulte.

Dans plusieurs études transversales chez l'adulte, un lien positif entre l'IMC et l'appréciation des aliments gras a été mis en évidence (Nakamura et al., 2001; Duffy et al., 2007; Duffy et al., 2009; Deglaire et al., 2015). Néanmoins, d'autres études transversales n'ont pas retrouvé ce lien (Cox et al., 1998; Keskitalo et al., 2008). D'après la seule étude longitudinale, l'étude Nutrinet, conduite avec environ 49 000 adultes normo-pondéraux ou en surpoids (obésité exclue), avec un suivi médian de quatre ans, les hommes et les femmes appartenant au quartile le plus élevé d'appréciation de la sensation de gras avaient un risque d'obésité plus élevé que les sujets appartenant au quartile le plus bas (Hazard Ratio (HR) : 1,85 (1,07-3,23) pour les hommes et 1,49 (1,09-2,00) pour les femmes) (Lampure et al., 2016). De même, les études sur le lien entre l'appréciation des aliments sucrés et le statut pondéral ne sont pas univoques. En transversal, une étude menée chez 3 740 adultes a montré que les individus obèses appréciaient plus la saveur sucrée que les sujets maigres (Bartoshuk et al., 2006). Les résultats de l'étude Nutrinet montrent des résultats opposés en transversal (n = 46 909) (Deglaire et al., 2015) et en longitudinal (Lampure et al., 2016) : l'appréciation de la saveur sucrée chez les hommes était plus faible chez les personnes obèses que normo-pondérales (Deglaire et al., 2015) et serait associée à un risque plus faible de développer une obésité dans les cinq ans de suivi après ajustement sur les caractéristiques sociodémographiques, de qualité de vie et de comportement alimentaire (Lampure et al., 2016).

9. Conclusion et objectifs de la thèse

Les expositions alimentaires conduisent à une exposition nutritionnelle et sensorielle. Durant la première année de vie, elles permettent de répondre aux besoins nutritionnels liés à la croissance, au développement visuel et cognitif de l'enfant. Les expositions nutritionnelles s'accompagnent d'expositions sensorielles, qui sont susceptibles de modifier les préférences de l'enfant. En effet, il a été montré que les profils de consommation et les préférences alimentaires pouvaient se maintenir de la petite enfance à l'âge adulte.

Dans cette thèse, les expositions alimentaires au sucre et au gras nous intéressent plus particulièrement. En effet, les aliments sucrés et gras sont non seulement vecteurs d'énergie mais sont aussi hautement palatables. Ainsi, la consommation d'aliments sucrés et gras a souvent été incriminée dans l'épidémie d'obésité. Néanmoins, la contribution des expositions alimentaires au sucre et au gras au cours de la première année de vie à l'appréciation des aliments sucrés et gras chez l'enfant d'âge scolaire reste encore à établir.

Les expositions alimentaires au sucre et au gras peuvent varier d'un individu à l'autre. Ces variations interindividuelles pourraient être expliquées par les pratiques parentales d'alimentation du nourrisson mais aussi par certaines caractéristiques du nourrisson et de la mère dont nous ferons l'état de la littérature dans l'introduction du **chapitre 2**. Les facteurs à l'origine de ces variations interindividuelles peuvent être différents selon que l'on s'intéresse à l'exposition sensorielle ou nutritionnelle. Même si, la perception de la saveur sucrée et de la sensation de gras dépendent avant tout de la détection des glucides et des lipides, respectivement, elles peuvent aussi varier en fonction des caractéristiques texturales et aromatiques des aliments. Autrement dit, l'exposition sensorielle repose sur la composition en macronutriments des aliments donc sur l'exposition nutritionnelle mais aussi sur d'autres caractéristiques sensorielles des aliments. Par conséquent, on s'attend à retrouver des similitudes dans les facteurs éclairant les différences individuelles de ces expositions.

Chez le nourrisson, le PNNS recommande de limiter la consommation de produits sucrés. Une étude a montré que l'appréciation innée de la saveur sucrée pouvait se maintenir sous l'effet d'une exposition répétée aux boissons sucrées. Ainsi, on s'attend à ce qu'une exposition alimentaire élevée en sucre au cours de la première année de vie soit associée à une appréciation accrue de la saveur sucrée chez l'enfant d'âge scolaire. De plus, le PNNS préconise dès six mois l'ajout de matières grasses dans l'alimentation des nourrissons. Cependant, les conséquences de cet enrichissement lipidique de l'alimentation du nourrisson sur les préférences alimentaires aux âges ultérieurs et notamment chez l'enfant d'âge scolaire ne sont pas connues. Par rapport à l'appréciation de la saveur sucrée, l'appréciation de la sensation de gras ne serait pas innée mais acquise. Si les mères respectent effectivement la recommandation du PNNS, on pourrait s'attendre à ce qu'un enrichissement alimentaire en matières grasses de l'alimentation du nourrisson amène à une exposition alimentaire plus élevée au gras chez le nourrisson. Selon certaines études, les profils de consommation et les préférences alimentaires formés dès la petite enfance pourraient se maintenir aux âges ultérieurs. Une exposition alimentaire au gras plus élevée chez le nourrisson pourrait ainsi être associée à une appréciation plus élevée de la sensation de gras chez l'enfant d'âge scolaire.

Ainsi, les objectifs de cette thèse sont, d'une part, d'identifier les déterminants des expositions nutritionnelles et sensorielles au sucre et au gras dans la première année de vie et d'autre part, d'étudier de manière longitudinale les associations entre les expositions nutritionnelles au sucre et au gras et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez l'enfant entre neuf et 12 ans.

Dans le **chapitre 1**, je décrirai les études sur lesquelles reposent mes travaux et les méthodes que j'ai employées pour mener à bien mon projet de recherche. Dans le **chapitre 2**, je décrirai les facteurs associés à l'exposition nutritionnelle et sensorielle au sucre et au gras dans la première année de vie. Dans le **chapitre 3**, je présenterai les liens entre l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras

chez l'enfant entre neuf et 12 ans. Enfin, je synthétiserai, discuterai et mettrai en perspective les résultats de mes différents travaux.

CHAPITRE 1

POPULATION ET METHODES

Article issu de ce chapitre :

Assessing children's liking toward saltiness, sweetness and fattiness sensation: validation of a questionnaire. **Lange C***, **Yuan WL***, Schoumacker R, Deglaire A, de Lauzon-Guillain B, Chabanet C, Nicklaus S. *En intention de soumission à Food Quality and Preference (Article 3)*. *co-premiers auteurs

1. Etude des déterminants pré et post natals du développement et de la santé de l'enfant (EDEN)

1.1. Objectifs de l'étude EDEN

L'étude EDEN – l'Étude des Déterminants pré- et postnatals du développement et la santé de l'Enfant – est une étude de cohorte généraliste française bicentrique (Heude et al., 2015) dont l'objectif était de mieux comprendre les relations entre les expositions prénatales et postnatales précoces, notamment environnementales, et le développement et la santé de l'enfant.

1.2. Population de l'étude EDEN

Des femmes enceintes ont été invitées à participer à l'étude EDEN lors de leur visite prénatale avant la 24^{ème} semaine d'aménorrhée (en SA) dans les départements d'obstétrique et de gynécologie des centres hospitalo-universitaires de Poitiers et de Nancy. Le recrutement s'est déroulé de février 2003 à juin 2005 à Poitiers et de septembre 2003 à janvier 2006 à Nancy. Les critères d'exclusion étaient : grossesse gémellaire, diagnostic de diabète insulino-dépendant, incapacité à parler et lire le français, intention de déménager de la région dans les trois ans suivant l'inclusion. Parmi les femmes invitées ($n = 3\,758$), 53 % ont accepté de participer ($n = 2\,002$). Parmi ces 2 002 femmes, le poids de naissance de l'enfant était disponible pour 1 899 enfants (**Figure 5, page suivante**).

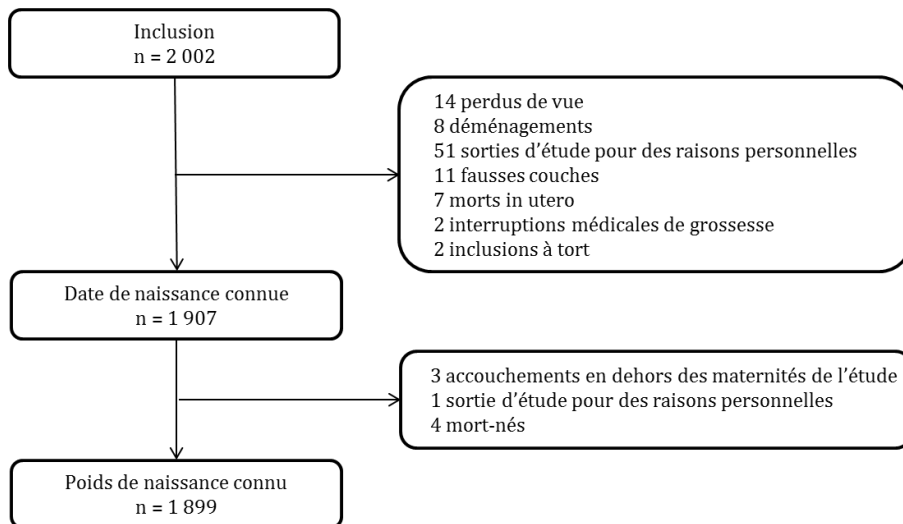


Figure 5. Diagramme des flux de l'inclusion des femmes à la naissance de l'enfant dans l'étude EDEN

Les consentements éclairés des mères ont été recueillis lors de l'inclusion dans l'étude au premier trimestre de grossesse, ceux des enfants ont été signés par les parents après leur naissance. Le protocole de l'étude prévoyait un suivi des enfants jusqu'à cinq ans. Lors de ce suivi, les mères ont été informées d'une possibilité de poursuivre l'étude au-delà de la durée initialement prévue et un nouveau consentement a été recueilli auprès des familles acceptant ce suivi supplémentaire.

L'étude EDEN a été approuvée par le Comité Consultatif de Protection des Personnes dans la Recherche Biomédicale du Kremlin Bicêtre. L'étude a aussi reçu l'autorisation de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés. Dans le cadre de ma thèse, je me suis occupée de recueillir les autorisations administratives nécessaires au suivi supplémentaire entre neuf et 12 ans que je présenterai plus tard. Les consentements écrits pour la participation des enfants ont été obtenus auprès des parents. Cette étude fait partie du suivi à huit ans des enfants EDEN et a donc été approuvée par le Comité Consultatif de Protection des Personnes dans la Recherche Biomédicale du Kremlin Bicêtre. Par conséquent, seul un accord de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés était nécessaire et a été obtenu (n°1856188 ; 28 mai 2015).

La **Figure 6** présente l'attrition des enfants suivis dans EDEN de la naissance à cinq ans.

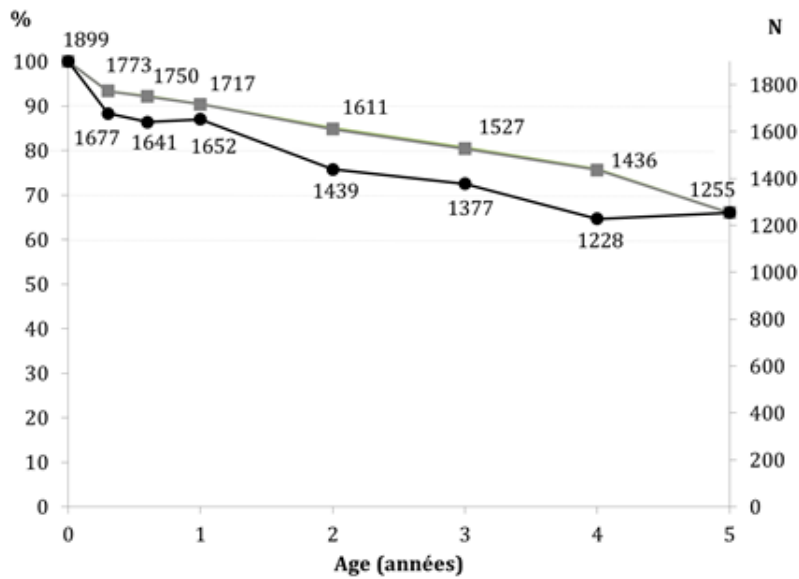


Figure 6. Pourcentage et nombre d'enfants suivi de la naissance à cinq ans dans l'étude EDEN.

Pour chaque âge, le nombre de répondant est en noir et le nombre total d'enfants suivis est en gris.

Comparées aux femmes de l'échantillon national de l'Enquête Nationale Périnatale (ENP) ($n = 15\,378$) conduite en 2003 (Blondel et al., 2006), les femmes incluses dans l'étude EDEN présentaient un niveau d'études plus élevé (EDEN : 53,6 % vs. ENP 2003 : 42,6 % avec au moins le baccalauréat) mais les taux de prématurité (< 37 SA) (5,6 % vs. 6,3 %) et de transfert du nouveau-né dans un service de néonatalogie (7,0 % vs. 7,9 %) étaient similaires.

1.3. Données utilisées et mode de recueil dans l'étude EDEN

Le recueil de données a été effectué grâce à des auto-questionnaires, des questionnaires administrés par les enquêtrices, des examens cliniques et des prélèvements biologiques réalisés dans les centres de recrutement aux différents âges de suivi présentés dans la **Figure 7**. Parmi l'ensemble des données disponibles dans l'étude EDEN, je ne présenterai que celles qui ont été exploitées dans les différents chapitres de cette thèse.

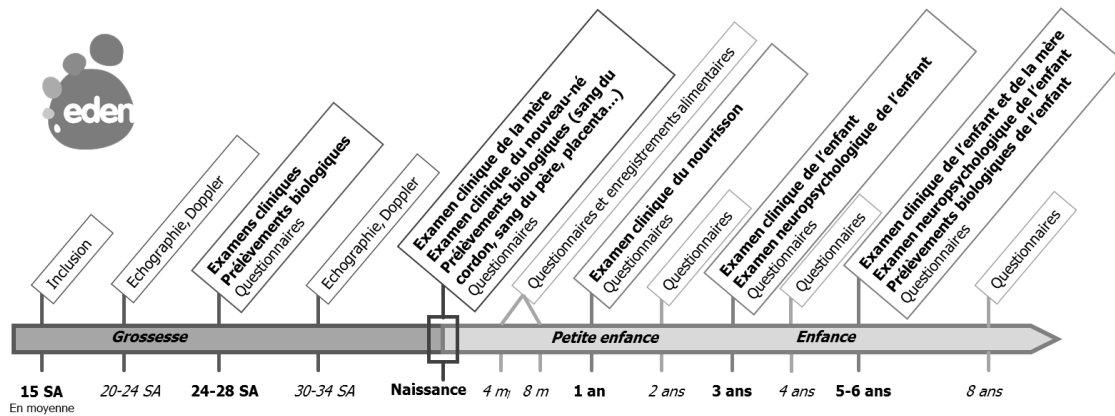


Figure 7. Etapes du suivi dans l'étude EDEN

1.3.1. Caractéristiques maternelles

1.3.1.1. Caractéristiques sociodémographiques

Au cours de la visite de la 24^e-28^e SA, un entretien avec une sage-femme a permis le recueil des données sociodémographiques de la mère notamment sa date de naissance, son niveau d'études, les revenus mensuels du ménage, son statut de mère célibataire et la parité. La date de reprise du travail a été déclarée par les mères à quatre, huit et 12 mois. Une variable reprise du travail a été construite en croisant la date de reprise du travail déclarée aux trois âges (« avant quatre mois », « après quatre mois », « manquant »).

1.3.1.2. Caractéristiques de santé

La présence d'un diabète gestationnel a été déclarée par le médecin et l'information a été recueillie dans les dossiers obstétricaux. Au cours de la visite de la 24^e-28^e SA, le poids avant grossesse (en kilogramme (kg)) a été déclaré par les mères et la taille a été mesurée par la sage-femme lors de l'examen clinique. A partir des données de poids (en kg) et de taille (en mètre (m)), l'indice de masse corporelle (IMC) maternel avant grossesse (en kg/m²) a été obtenu. Le statut pondéral de la mère avant grossesse a été considéré en quatre catégories : maigreur (IMC

< 18,5 kg/m²), corpulence normale (18,5 ≤ IMC < 25,0 kg/m²), surpoids (25,0 ≤ IMC < 30,0 kg/m²) et obésité (IMC ≥ 30 kg/m²).

1.3.1.3. Tabagisme maternel pendant la grossesse

Au cours de la visite de la 24^e-28^e SA, les femmes ont déclaré leur consommation de tabac durant les deux premiers trimestres de la grossesse. La consommation de tabac durant le dernier trimestre de grossesse (0 : « non fumeuse », 1 : « de 1 à 9 cigarettes/jour », 2 : « au moins 10 cigarettes par jour ») a été déclarée lors de la passation du questionnaire en suites de couche. Ces déclarations ont permis de générer une variable binaire de tabagisme maternel pendant la grossesse (fumeuse (regroupe la catégorie 1 et 2 de la variable initiale) / non fumeuse (catégorie 0)).

1.3.1.4. Alimentation maternelle pendant la grossesse

Pendant le séjour en maternité, les femmes ont rempli un questionnaire de fréquence de consommations alimentaires portant sur le dernier trimestre de la grossesse. Ce questionnaire de fréquence de consommations alimentaires dérive de celui développé dans le cadre de l'étude Fleurbaix-Laventie Ville Santé (de Lauzon et al., 2004) validé grâce à des rappels de 24 heures (Deschamps et al., 2009). La consommation de 137 aliments a été évaluée sur une échelle de fréquence comportant sept modalités allant de « jamais » à « plus d'une fois par jour » (**Annexe 1**). Ces 137 aliments ont été regroupés dans un premier temps en 44 groupes d'aliments. Par exemple, le groupe des gâteaux comprend les viennoiseries, les tartes, les gâteaux (quatre-quarts, cake...) et les pâtisseries. Ces données alimentaires ont permis d'établir des profils d'alimentation maternelle (composantes principales ou axes factoriels) à l'aide d'analyse en composante principale (ACP). Chaque mère possède ainsi un score pour chaque profil d'alimentation qui correspond aux coordonnées sur chaque composante ou axe factoriel. Deux

profils d'alimentation maternelle ont ainsi pu être identifiés, un profil « sain » caractérisé par la consommation de légumes fruits, de crucifères, de légumes racines, de légumes feuilles, de petits pois et maïs, d'autres légumes, d'agrumes et de kiwis, de fruits avec flavonoïdes, de fruits avec du β -carotène, d'autres fruits, de légumineuses, de céréales complètes, de pomme de terre, de poissons blancs, de poissons gras, et de produits laitiers avec une teneur élevée en matières grasses, de condiments et un profil « occidental » caractérisé par la consommation de gâteaux, de chocolat, de sodas, de produits de grignotage, de charcuteries, de frites, de plats cuisinés et de sandwiches (**Annexe 2**).

1.3.2. Caractéristiques du nourrisson

Les caractéristiques du nourrisson telles que le sexe, le poids de naissance (en kg), et l'âge gestationnel (en SA), déterminé à partir de la date des dernières règles et de l'échographie de datation, ont été extraites du dossier obstétrical.

1.3.3. Pratiques d'alimentation du nourrisson

1.3.3.1. Allaitement et âge de diversification alimentaire

Le mode d'alimentation pendant le séjour en maternité et à la sortie de la maternité a été extrait du dossier obstétrical. A quatre mois, un auto-questionnaire a été rempli par la mère comportant des questions sur l'alimentation liquide et solide du nourrisson à plusieurs âges : à la naissance, durant la première semaine, entre la deuxième semaine et la fin du premier mois, durant le deuxième, troisième et quatrième mois. Pour les liquides, la mère renseignait la consommation de lait maternel, de préparations infantiles, de lait de vache, de jus de fruits, d'eau minérale, d'eau du robinet, et d'autres liquides. Le cas échéant, la mère indiquait le type et la marque des préparations infantiles consommées, ainsi que leur durée d'utilisation (**Annexe 3**). Ces données ont été complétées par deux autres auto-questionnaires à huit et 12 mois remplis par la mère (**Annexe 4 et Annexe 5**). Dans chaque questionnaire à huit et 12 mois, la mère

déclarait si elle poursuivait l'allaitement au sein, et dans le cas contraire, inscrivait la date d'arrêt définitif de l'allaitement. Enfin, la mère indiquait l'âge d'introduction de liquides autres que les préparations infantiles (lait de vache, jus de fruits), de l'eau (minérale, robinet) et des groupes d'aliments (viandes, poissons, légumes, fruits, pomme de terre, farines, laitages, fromages, entremets, biscuits, œufs entiers, jaune d'œuf) dans l'alimentation du nourrisson (**Annexe 4 et Annexe 5**).

À partir des informations collectées à quatre, huit et 12 mois, la durée totale de l'allaitement maternel et la durée de l'allaitement maternel exclusif (lorsque le seul lait reçu par l'enfant est du lait maternel) ont été calculées. Lorsque les données collectées étaient insuffisantes pour définir une durée d'allaitement, celle-ci a été imputée par la durée médiane d'allaitement des enfants présentant le même profil (exemple 1 : enfant allaité jusqu'au mois X mais recevant des préparations infantiles au mois Y ; exemple 2 : enfant allaité jusqu'à quatre mois, mais avec des données manquantes après quatre mois). L'âge de diversification alimentaire est défini comme étant l'âge du nourrisson lors de l'introduction du premier aliment liquide ou solide excluant l'eau. Lorsque l'âge d'introduction d'un aliment était manquant, la même méthode d'imputation que pour la durée d'allaitement était appliquée pour imputer l'âge d'introduction d'un aliment.

1.3.3.2. Type d'aliments utilisés

Un questionnaire additionnel portant sur le type d'aliments consommés par le nourrisson a été introduit au cours du suivi à 12 mois (**Annexe 6**). Il n'a donc été complété que par un sous-échantillon de la population, soit 1 296 familles. La question posée était la suivante : « Vous-même, actuellement, parmi les aliments suivants avec quelle fréquence utilisez-vous pour votre enfant des aliments spécifiques bébé vendus dans le commerce, des aliments ordinaires du commerce, une préparation maison ? ». Les groupes d'aliments étaient les suivants : laitages (yaourts, petits-suisses, desserts lactés), soupes, purées et légumes, compotes de fruits, jus de fruits, biscuits et gâteaux, céréales, et viandes/poissons. La fréquence d'utilisation était recueillie

sur une échelle de quatre points (1 : « jamais », 2 : « de temps en temps », 3 : « régulièrement », 4 : « toujours »). Pour chaque type d'aliments (bébés du commerce, adultes du commerce, faits maison), la fréquence d'utilisation a été considérée comme la moyenne des fréquences d'utilisation des aliments constituant cette catégorie.

1.4. Mesure des expositions nutritionnelles au sucre et au gras à huit et 12 mois

Des enregistrements alimentaires sur trois jours (non nécessairement consécutifs) ont été remplis à huit et 12 mois par la mère (deux jours de la semaine et un jour du weekend) (**Annexe 7**). La personne qui s'occupait du nourrisson a décrit pour chaque repas : l'heure du repas, sa durée, la liste des aliments consommés (en précisant la marque et le nom lorsqu'il s'agissait d'un aliment du commerce, ou la recette lorsqu'il s'agissait d'un aliment préparé à la maison), la quantité offerte et la quantité non consommée. Il était demandé aux parents de remplir ces enregistrements lorsque le nourrisson n'était pas malade. Les données ont été vérifiées et saisies par une diététicienne.

A partir des enregistrements alimentaires, la consommation moyenne sur trois jours a été calculée pour chaque aliment. Dans le cadre de cette thèse, un intérêt particulier a été porté aux sucres ajoutés (miel, sucre blanc, sucre roux, confiture), bonbons, boissons sucrées (sodas, jus de fruits) et aux matières grasses ajoutées (huiles végétales, matières grasses animales). La consommation de bonbons étant nulle à huit mois et ne concernant qu'un seul nourrisson à 12 mois, elle n'a finalement pas été prise en compte dans les analyses. Par ailleurs, la consommation de boissons sucrées a été regroupée avec celle des sucres ajoutés pour former une variable unique « consommation de boissons sucrées et de sucres ajoutés ». La consommation journalière de boissons sucrées et de sucres ajoutés ne concernait que 30 % et 39 % des nourrissons à huit et 12 mois, respectivement et celle de matières grasses ajoutées ne concernait que 16 % et 27 % des nourrissons à huit et à 12 mois, respectivement, les variables « consommation de boissons sucrées et de sucres ajoutés » et « consommation de matières grasses ajoutées » ont été

dichotomisées en « consommateur de sucres ajoutés » (oui/non) et « consommateur de matières grasses ajoutées » (oui/non) et n'ont pas été traitées en quantitatif.

Par ailleurs, les apports en énergie et en macronutriments ont été calculés en croisant les données de consommations avec deux tables de composition nutritionnelle, l'une spécifique aux aliments infantiles, élaborée par le Secteur Français des Aliments de l'Enfance (SFAE) en 2005, et l'autre pour les aliments usuels, élaborée par le centre d'information sur la qualité des aliments (CIQUAL 2006). Les apports nutritionnels ont été calculés uniquement chez les nourrissons qui n'étaient pas allaités au moment du recueil, la quantité de lait maternel ingérée n'étant pas disponible.

D'après le SFAE, les teneurs en glucides simples de leur table n'étaient pas exploitables, car incomplètement renseignées, aussi l'exposition nutritionnelle au sucre a été approchée par l'apport en glucides totaux et la consommation de boissons sucrées et de sucres ajoutés. De même, l'exposition nutritionnelle au gras a été définie par l'apport en lipides totaux et la consommation de matières grasses ajoutées.

1.5. Mesure de l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants entre neuf et 12 ans

Les familles EDEN ayant accepté d'être suivies à huit ans ont été contactées par email pour celles disposant d'une adresse email valide (n = 945) ou par courrier papier dans le cas contraire (n = 262) pour participer à un suivi additionnel ciblé sur les préférences alimentaires de leur enfant. L'email et le courrier papier contenaient un lien de connexion pour permettre à l'enfant de remplir en ligne un questionnaire développé avec le logiciel TimeSens® (www.timesens.com) et les instructions pour l'accès au questionnaire (le contenu de ce questionnaire est décrit dans la partie 3 de ce chapitre).

Pour les familles contactées par email, en l'absence de réponse après deux relances par email à un mois d'intervalle, une version papier du questionnaire a été envoyée par courrier. Pour les

familles contactées par courrier, en l'absence de connexion après un mois, une relance a été envoyée. En cas de non réponse après un mois, une version papier du questionnaire a été envoyée par courrier.

Dans l'email comme dans le courrier, une durée indicative de remplissage du questionnaire (20 minutes) était précisée et il était explicitement demandé aux parents de ne pas intervenir dans le remplissage du questionnaire par l'enfant. Au total, 469 enfants ont complété le questionnaire en ligne et 365 enfants, la version papier. Cependant, parmi les enfants ayant complété le questionnaire en ligne, les données de 49 enfants ont été partiellement perdues (suite à un bug informatique) de même que les réponses concernant l'item « pain d'épices » pour les enfants ayant répondu au questionnaire en ligne. Au final, nous disposons des données de 785 enfants.

Le questionnaire porte sur l'appréciation de la saveur sucrée, salée et de la sensation de gras (gras-salé et gras-sucré) ; il est adapté d'un questionnaire développé chez l'adulte (Deglaire et al., 2012). Sa validation est décrite dans la partie 3 de ce chapitre. Le questionnaire a été validé avec l'échantillon d'enfant ayant complété le questionnaire en version papier et dont les données étaient disponibles au moment de la validation du questionnaire (n = 335).

2. Observatoire des préférences alimentaires du nourrisson et de l'enfant (OPALINE)

2.1. Objectifs de l'étude OPALINE

L'Observatoire des Préférences ALimentaires du Nourrisson et de l'Enfant (OPALINE) est une étude longitudinale française dont l'objectif initial était de comprendre les relations entre d'une part, les expositions et réactions sensorielles (gustatives et olfactives) précoces (prénatales et post-natales), la variété d'aliments introduits lors de la période de diversification alimentaire et le contexte familial (pratiques éducatives, attitudes et personnalité et

caractéristiques sociodémographiques) et d'autre part, les préférences alimentaires chez le nourrisson jusqu'à deux ans.

2.2. Population de l'étude OPALINE

Des femmes enceintes n'ayant pas encore entamé leur dernier trimestre de grossesse et habitant l'agglomération dijonnaise ont été sollicitées pour participer à l'étude OPALINE (Lange et al., 2013). Des campagnes de recrutement ont été réalisées entre 2005 et 2009, avec l'aide de professionnels de la santé (gynécologues, sages-femmes, pédiatres, pharmaciens) ou de la petite enfance (service de Protection Maternelle et Infantile, responsables de crèche), ainsi que par le biais de la presse locale. Des réunions d'information avaient lieu environ une fois par mois afin de présenter l'étude aux familles intéressées et répondre à leurs interrogations.

Les critères d'exclusion des mères étaient les suivants : être mineure, avoir l'intention de déménager au cours des deux prochaines années et être atteinte d'une pathologie chronique pouvant impacter leur comportement alimentaire. Les grossesses gémellaires n'étaient pas exclues. A la naissance, les nouveau-nés devaient être en bonne santé et dans les deux premières années de vie ne présenter aucun trouble alimentaire grave et aucune allergie susceptible de contraindre leur alimentation. Au total, parmi les 312 mères incluses, sept ont eu une grossesse gémellaire, 31 mères sont sorties de l'étude (raisons professionnelles ($n = 10$), déménagement ($n = 8$), changement d'avis ($n = 5$), perdus de vue ($n = 3$), santé de l'enfant ($n = 2$), santé de la mère ($n = 1$), séparation des parents ($n = 1$), difficultés personnelles ($n = 1$)). Au final, 281 mères et 288 nourrissons ont participé à l'étude. Le protocole initial de l'étude prévoyait un suivi des nourrissons jusqu'à leur deuxième anniversaire. A l'issue de ce suivi, les mères ont été informées d'une possibilité de poursuivre l'étude au-delà de la durée initialement prévue et un nouveau consentement a été recueilli auprès des familles acceptant ce suivi supplémentaire.

L'étude OPALINE a été approuvée par le Comité Consultatif de Protection des Personnes dans la Recherche Biomédicale de Bourgogne. L'étude a aussi reçu l'autorisation de la

Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés. Les consentements éclairés et écrits des mères et de leurs nourrissons ont été obtenus lors de l'inclusion dans l'étude. Dans le cadre de ma thèse, je me suis occupée de recueillir les autorisations administratives nécessaires au suivi supplémentaire à huit ans. Ce suivi a été approuvé par le Comité Consultatif sur le Traitement de l'Information en matière de Recherche dans le domaine de la Santé (CCTIRS) de Paris (n°14 300, 21 mai 2014). L'étude au suivi à huit ans a aussi reçu l'autorisation de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (n°915294, 24 novembre 2015).

La **Figure 8** présente l'attrition des enfants ayant répondu au questionnaire de suivi du comportement alimentaire dans l'étude OPALINE de la naissance à six ans. Le suivi à huit ans est actuellement en cours dans l'étude OPALINE et n'a donc pas été représenté dans la figure.

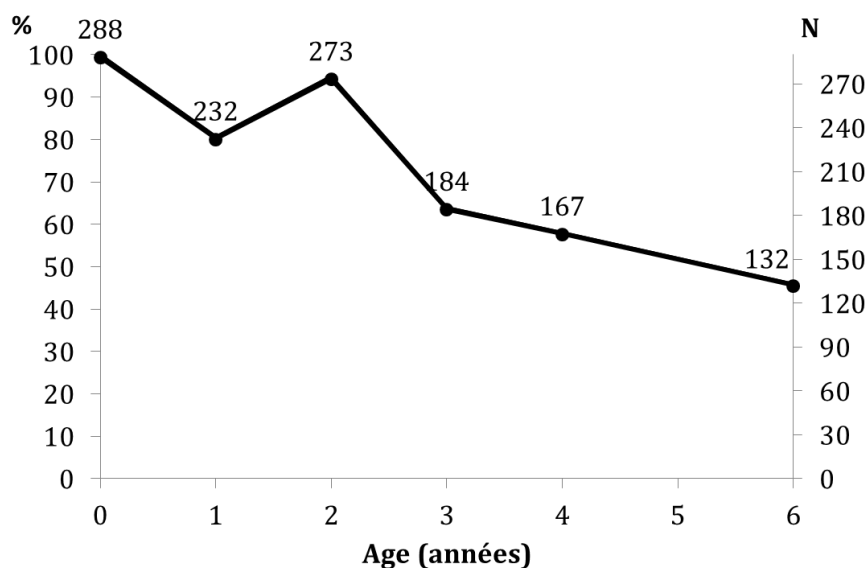


Figure 8. Taux de réponse aux questionnaires de suivi du comportement alimentaire dans l'étude OPALINE jusqu'aux six ans de l'enfant.

2.3. Données utilisées et mode de recueil dans l'étude OPALINE

Le recueil de données a été effectué grâce à des auto-questionnaires, des questionnaires administrés par les enquêteurs, des tests gustatifs et olfactifs réalisés dans les salles

d'observation du Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation à Dijon aux différents âges de suivi présentés dans la **Figure 9**

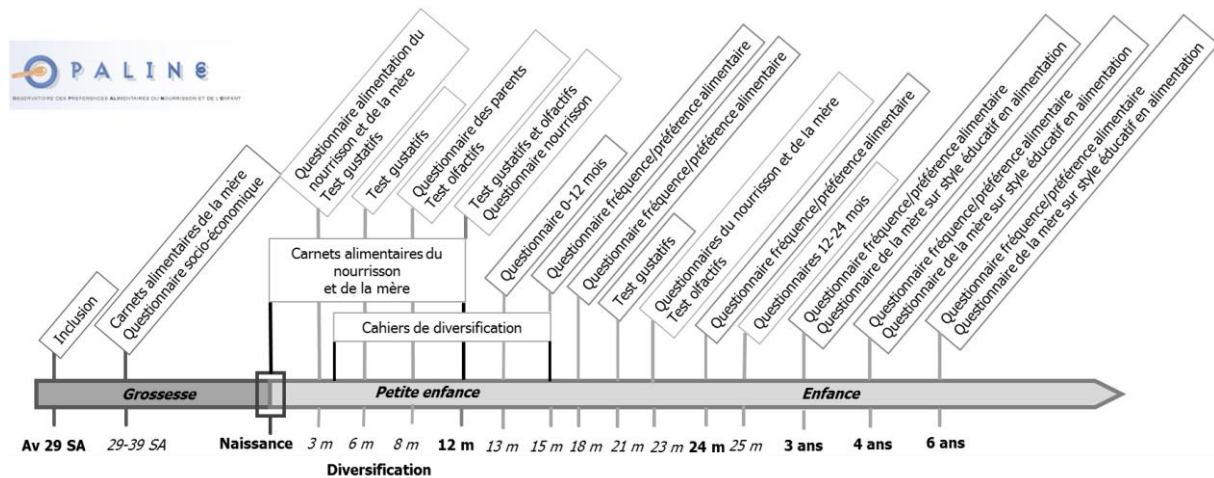


Figure 9. Etapes du suivi des participants dans l'étude OPALINE

Parmi l'ensemble des données disponibles dans l'étude OPALINE, je ne présenterai que celles utilisées dans les différents chapitres de cette thèse.

2.3.1. Caractéristiques maternelles

Durant le dernier trimestre de grossesse, les données relatives aux caractéristiques sociodémographiques de la mère (âge à l'accouchement, niveau d'études, statut de mère célibataire, parité), de santé (poids et taille avant la grossesse, présence d'un diabète gestationnel) et le statut tabagique pendant la grossesse ont été déclarées par les mères lors d'un entretien avec un enquêteur entraîné. Lorsque le nourrisson a eu un an révolu, les mères ont complété un auto-questionnaire sur des données concernant leur nourrisson et elles-mêmes pour la période de la naissance aux 12 mois du nourrisson, dont la date de reprise de leur activité professionnelle (**Annexe 8**).

2.3.2. Caractéristiques du nourrisson

Après la naissance, la mère a pris contact avec les investigateurs par téléphone pour fournir les informations relatives au nouveau-né telles que le poids et la taille de naissance, la date du terme prévu et la date de naissance du nourrisson à partir desquels l'âge gestationnel a été calculé.

2.3.3. Pratiques d'alimentation du nourrisson

2.3.3.1. Mode et durée d'allaitement

La durée d'allaitement totale a été calculée à partir de 13 carnets alimentaires dans lesquels la mère notait les occasions d'allaitement et de l'auto-questionnaire couvrant la période de la naissance aux 12 mois du nourrisson, dans lequel la mère a renseigné la date d'arrêt définitif de l'allaitement maternel (**Annexe 8**).

Les carnets alimentaires ont été remplis par la mère une semaine par mois de la naissance à un an excepté le premier mois (un carnet pour les 15 premiers jours) (**Annexe 9**). La mère avait le choix de la semaine durant laquelle elle remplissait le carnet. Néanmoins, certaines mères avaient des carnets alimentaires incomplets, ce qui correspondait à un ou plusieurs jours non remplis. Si le nourrisson a été malade une semaine ou plus, la mère reportait le remplissage du carnet alimentaire. Si le nourrisson n'était malade qu'un seul jour dans la semaine, la mère pouvait maintenir le remplissage du carnet alimentaire. Le cas échéant, le remplissage du carnet le jour où le nourrisson était malade n'était pas effectué mais pouvait être reporté à un autre jour.

Dans les carnets alimentaires, la mère renseignait : i/le lait, les préparations infantiles et les aliments solides qu'elle donnait à son enfant à chaque repas en précisant l'heure des repas, ii/les changements majeurs dans l'alimentation du nourrisson survenus les semaines durant lesquelles elle ne remplissait pas de carnet (interruption de l'allaitement, introduction des aliments etc.). Pour chaque aliment proposé au nourrisson, l'ajout d'ingrédients (sucre, beurre,

huile, sel, poivre, épices, herbes, jus de citron, etc.), la texture (mixée, moulinée, en morceau, etc.), le type (bébé du commerce, adulte du commerce, fait maison), la marque et la gamme (Blédisoup®, Ptitgouter® etc.) ont aussi été décrits (**Annexe 9**). Afin de conserver un maximum de détails concernant l'alimentation du nourrisson, des règles de codage des aliments dans la base de données ont été établies (**Annexe 10**). Cependant, la quantité d'aliments consommés n'a pas été recueillie dans les carnets alimentaires. Néanmoins, la fréquence de consommation hebdomadaire de chaque aliment a été calculée.

A partir des carnets alimentaires ont été extraits la date de début et de fin d'allaitement. Lorsqu'il y avait des discordances entre la date de fin d'allaitement entre les carnets alimentaires et l'auto-questionnaire couvrant la période de la naissance aux 12 mois du nourrisson, l'information des carnets alimentaires était privilégiée car l'auto-questionnaire était rempli de façon rétrospective. La durée d'allaitement n'était pas estimée pour les nourrissons pour lesquels six carnets ou plus étaient manquants ($n = 3$) ou pour lesquels la date de fin d'allaitement ne pouvait être déterminée à partir des carnets alimentaires ($n = 6$).

2.3.3.2. Age de diversification alimentaire

Dès lors que la mère donnait régulièrement un aliment autre que le lait à son nourrisson, elle remplissait des cahiers de diversification jusqu'aux 15 mois du nourrisson en signalant tout nouvel aliment introduit (**Annexe 11**). En outre, les cahiers de diversification alimentaire permettaient de recueillir la date d'introduction des nouveaux aliments. Les données issues des cahiers de diversification ont été utilisées pour le calcul de l'âge de diversification alimentaire. La diversification alimentaire a été considérée comme un processus que les parents mettaient en place afin d'introduire progressivement et régulièrement des aliments autre que les laits. Par conséquent, l'âge de diversification alimentaire a été défini comme étant la première date d'une série de cinq épisodes d'introduction d'aliments autres que le lait avec trois jours d'intervalle maximum entre chaque introduction (Lange et al., 2013). Si certains aliments étaient introduits

ponctuellement antérieurement au début de ce processus, ils n'étaient pas pris en compte. Par ailleurs, l'introduction de tisane, de jus de pruneau et de boissons aux extraits naturels de plantes (Babysoif®) n'a pas été considérée dans le calcul de l'âge de diversification alimentaire car ces aliments n'apparaissaient que ponctuellement dans l'alimentation du nourrisson. Lorsque le cahier de diversification ne permettait pas de définir un âge de diversification alimentaire car il n'était pas rempli correctement ($n = 7$), l'âge de diversification alimentaire a été approximé à partir des carnets alimentaires au mois de la première apparition d'un aliment.

2.3.3.3. Type d'aliments utilisés

Les informations collectées à partir des carnets alimentaires ont été utilisées pour définir trois types d'aliments : les aliments bébés du commerce, les aliments adultes du commerce, les aliments faits maison et les « laits » (lait maternel, préparation infantile, lait d'animaux, boissons végétales). La proportion d'utilisation de chacun de ces types d'aliments dans l'alimentation du nourrisson a été calculée comme étant le rapport de la fréquence de consommation de chaque type d'aliment sur la fréquence de consommation de tous les types d'aliments.

2.4. Estimation des expositions sensorielles au sucre et au gras du nourrisson au cours de la première année de vie

L'exposition à une saveur à travers toute l'alimentation a été définie comme une fréquence cumulative de tous les aliments consommés et de leurs intensités à cette saveur au sein d'une période d'intérêt. Chez le nourrisson, ce travail a été conduit à partir de l'âge de diversification alimentaire. Ce travail fait suite aux travaux initiés par Camille Schwartz dont l'objectif était de décrire les expositions aux différentes saveurs alimentaires (y compris le sucre) des nourrissons OPALINE lors de leur première année de vie (Schwartz, 2009; Schwartz et al., 2010).

Les expositions sensorielles au sucre et au gras au cours de la première année de vie ont été construites en trois temps.

Dans un premier temps, à partir des carnets alimentaires, les aliments consommés entre l'âge de diversification et 12 mois ont été sélectionnés ($n = 9\,977$ aliments et $n = 1\,854$ laits). Afin d'isoler le nom de l'aliment des autres informations non exploitées, les termes de texture, marque et catégorie ont été retirés, en faisant l'hypothèse que les différences de texture, de marque, de catégorie n'auraient qu'un effet limité sur l'intensité de la saveur sucrée ou de la sensation de gras.

Dans un deuxième temps, l'intensité de la saveur sucrée et de la sensation de gras de chaque aliment consommé par les nourrissons a été déterminée à partir de tables d'évaluation des intensités sensorielles développées pour les aliments infantiles (Schwartz et al., 2010) et pour les aliments pour adultes (Martin et al., 2014). Pour construire ces tables, des panélistes entraînés à l'évaluation sensorielle ont été recrutés au laboratoire du Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation pour estimer l'intensité des saveurs (sucrée, salée, amer, acide, umami) de certains aliments en utilisant des échelles de notation allant de zéro à dix, inspirées des échelles de la méthode Spectrum™ (Muñoz & Civille, 1992). Pour chaque saveur, quatre solutions de référence avec des concentrations croissantes étaient positionnées sur l'échelle de notation pour aider les panélistes à noter l'intensité perçue et standardiser les notes. Par exemple, l'intensité de la saveur sucrée pour une solution de saccharose de 20 g.L^{-1} (R1 dans la **Figure 10**) était proche de celle du pain de mie (Harris®). L'intensité de la saveur sucrée d'une solution de saccharose de 100 g.L^{-1} (R3 dans la **Figure 10**) était proche de la pâte à tartiner chocolat et noisettes (Nutella, Ferrero®) (**Figure 10**).

La table pour les aliments adultes comportait aussi les données d'intensité de la sensation de gras (Martin et al., 2014). Pour l'évaluation de la sensation de gras, les différents niveaux d'intensité de sensation de gras étaient illustrés par des aliments de référence du commerce, comme dans la méthode Spectrum™ (**Figure 10**). De plus, pour la constitution de cette table, une étape de mesure supplémentaire à domicile a été effectuée par les panélistes, durant

laquelle les panélistes utilisaient uniquement des échelles comportant des aliments de référence et non plus des solutions de référence dans le cas de la saveur sucrée (Martin et al., 2014).

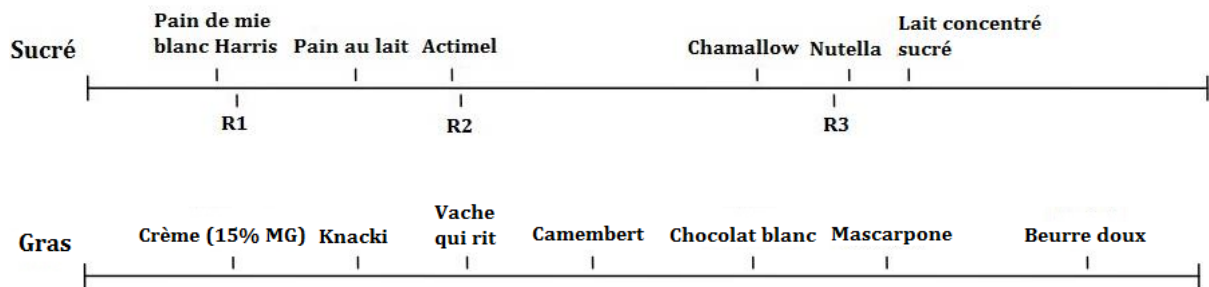


Figure 10. Echelles utilisées par les panélistes pour noter l'intensité de la saveur sucrée et de la sensation de gras pour l'entraînement en laboratoire et lors de la mesure à domicile (Martin et al., 2014).

L'intensité de la saveur sucrée et de la sensation de gras des plats préparés était définie comme la moyenne des intensités sensorielles des ingrédients qui les composent (Schwartz, 2009; Schwartz et al., 2010). Si aucune des tables sensorielles ne contenait d'information pour un aliment donné, l'intensité sensorielle de l'aliment était approximée selon deux méthodes : i/certains aliments étaient regroupés *a priori* selon l'intensité de leur saveur sucrée ou de la sensation de gras, ce qui a permis d'aboutir à une table de 1 544 aliments et 206 laits. Dans ce cas, l'intensité de la saveur sucrée et de la sensation de gras correspondait à l'intensité moyenne des aliments du groupe dans lequel les aliments étaient regroupés. Par exemple, le merlu, la sole, le cabillaud, le thon, la dorade, le saumon, la truite, le maquereau, la sardine ont été groupés dans « poisson » pour l'intensité de la saveur sucrée alors que pour la sensation de gras, une distinction entre les « poissons gras » (saumon, truite, maquereau, sardine) et les « poissons maigres » (merlu, sole, cabillaud, thon, dorade) a été faite. ii/Pour les aliments ne pouvant être regroupés (caractéristiques sensorielles difficiles à rapprocher d'autres aliments, galettes de riz et du ketchup par exemple) ou si l'une des deux tables sensorielles ne contenait pas d'information concernant un aliment, leur intensité pour la saveur sucrée et pour la sensation de

gras a été estimée à partir de leur composition en mono- et disaccharides et en lipides (ANSES, 2013), respectivement, avec l'aide de deux modèles de régression log-logistique à quatre paramètres statistiques, tels que : intensité de la saveur sucrée = $f(\text{mono- et disaccharides})$ et intensité de la sensation de gras = $f(\text{lipides})$ (modèle détaillé en **Annexe 12**).

Par ailleurs, l'intensité de la saveur sucrée des préparations infantiles (1^{er} âge, 2^e âge, de croissance, fermentées, hypoallergéniques, anti-diarrhéiques et épaissies) a été notée par un autre panel à l'aide des mêmes échelles (Schwartz, 2009; Schwartz et al., 2010). Pour des raisons éthiques, la saveur sucrée du lait maternel n'a pas pu être évaluée par cette méthode de panel. Les intensités de la saveur sucrée pour les préparations infantiles du 1^{er} et du 2^{ème} âge (entre six et 12 mois) ont été notées comme équivalentes à une solution de concentration en saccharose de 2,1 % et ont été considérées comme comparable à l'intensité de la saveur sucrée du lait maternel (McDaniel et al., 1989; Schwartz et al., 2010). Par conséquent, la même intensité sucrée a été attribuée au lait maternel et aux préparations infantiles de 1^{er} et 2^{ème} âge (**Annexe 13**).

Pour les mêmes raisons éthiques, l'intensité de la sensation de gras du lait maternel n'a pas pu être évaluée. Enfin, l'intensité de la sensation de gras n'a pas été mesurée pour les préparations infantiles. Par conséquent, l'intensité de la sensation de gras des préparations infantiles a été estimée en utilisant le modèle décrit précédemment en utilisant leurs compositions en lipides, extraites des tables de composition nutritionnelle de la SFAE 2005 (Etude SFAE/TNS SOFRES, 2008) (préparation infantile 1^{er} âge : 4,2 g/100 ml en moyenne, préparation infantile 2^e âge : 3,7 g/100 ml en moyenne, lait de croissance : 2,8 g/100ml en moyenne). L'intensité de la sensation de gras du lait maternel a été estimée à partir de la composition moyenne en lipides du lait maternel mesurée par Grote et al. (Grote et al., 2016) à trois et six mois (trois mois : 2,92 g/100ml et six mois : 2,71 g/100ml).

Dans un troisième temps, dans le cas d'un ajout d'ingrédients (sucre, beurre, etc.), des valeurs d'intensité à additionner ou à soustraire ont été définies (**Tableau 2**). Ces valeurs reflètent une augmentation ou une diminution de l'intensité de la saveur sucrée et de la

sensation de gras dans un aliment après l'ajout d'un ingrédient. Ces valeurs ont été estimées dans le cas de l'intensité sucrée dans le cadre des travaux de Schwartz et al. (Schwartz, 2009; Schwartz et al., 2010). Pour l'ajout de matières grasses, ces valeurs ont été calculées comme étant la moyenne des différences entre l'intensité de la sensation de gras pour un aliment avec ajout de matières grasses et le même aliment sans ajout, à partir des données de Martin et al. (Martin et al., 2014).

Tableau 2. Valeurs d'intensité à additionner ou à soustraire à l'intensité d'un aliment suite à l'ajout d'un ingrédient, selon le type d'aliment auquel il est ajouté.

	Intensité de la saveur sucrée
Ajout dans un aliment sucré	
Lait (vache, chèvre, brebis...) et boissons végétales	- 0,2
Sucre, miel, sirop, chocolat, confiture	+ 2,0
Ajout dans un aliment salé	
Crème, lait, fromage fondu, yaourt	- 0,2
Sucre, miel, carotte, patate douce, potiron, petit pois, maïs, pois cassé	+ 0,5
Féculent (riz, pomme de terre, pâtes...)	+ 0,2
Ajout dans des préparations infantiles	
Farines infantiles, cacao en poudre, chocolat	+ 1,5
Diaise	+ 0,2
	Intensité de la sensation de gras
Ajout dans un aliment sucré	
Crème, chantilly	+ 1,2
Pâte à tartiner au chocolat, coulis de chocolat	+ 3,0
Ajout dans un aliment salé	
Lait	+ 0,5
Huiles végétales, beurre, crème, fromage, fromage fondu, margarine	+ 1,2

Finalement, pour chaque nourrisson et à chaque mois, l'exposition moyenne journalière à la saveur sucrée et à la sensation de gras a été calculée comme étant la somme des fréquences de consommation de chaque aliment multipliées par l'intensité de sa saveur sucrée ou de sa sensation de gras, divisée par le nombre de jour remplis dans le carnet alimentaire. A partir de ces estimations, les expositions à la saveur sucrée et à la sensation de gras ont été moyennées pour chaque période d'intérêt entre trois et six mois (alimentation majoritairement lactée, peu diversifiée), entre sept et neuf mois (alimentation partiellement diversifiée) et entre dix et 12 mois (alimentation diversifiée).

3. Adaptation et validation d'un questionnaire mesurant l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez l'enfant d'âge scolaire

3.1. Choix de la méthode de mesure

Chez l'enfant d'âge scolaire, beaucoup d'études ont mesuré l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras par des tests de préférence qui consistent à présenter plusieurs produits avec des concentrations en saccharose ou en lipides différentes et à demander à l'enfant d'indiquer le produit qu'il préfère (Birch, 1992; Ricketts, 1997; Liem & Mennella, 2002; Lanfer et al., 2012; Mennella et al., 2012; Mennella et al., 2014). Cependant, ne pas préférer les boissons très sucrées ne signifie pas forcément ne pas apprécier la saveur sucrée. D'autres études ont mesuré l'appréciation de différentes boissons dont la teneur en sucre variait (Zandstra & de Graaf, 1998; De Graaf & Zandstra, 1999), mais ces approches reposent toujours sur la mise en œuvre d'observation en laboratoire, ce qui limite leur utilisation.

A l'échelle de populations, chez l'enfant, des méthodes mesurant l'appréciation de certains aliments existent (Gibson et al., 1998; Wardle et al., 2001; Skinner et al., 2002; Nicklaus et al., 2004; Cooke & Wardle, 2005; Russell & Worsley, 2008; Hill et al., 2009; de Lauzon-Guillain et al., 2012; Yuan et al., 2016b). Parmi ces études, cinq ont questionné directement les enfants (Gibson et al., 1998; Nicklaus et al., 2004; Cooke & Wardle, 2005; Hill et al., 2009; Yuan et al., 2016b) et les quatre premières citées portaient sur des enfants âgés de huit à 12 ans. Néanmoins, ces études n'ont pas mesuré l'appréciation d'une saveur mais uniquement l'appréciation de certains aliments ou groupes d'aliments. De plus, ces études ne prennent pas en compte les ajouts de sucre, sel ou de matières grasses de l'enfant qui reflètent un autre aspect de l'appréciation de la saveur sucrée, salée ou de la sensation de gras.

Dans l'objectif de mesurer l'appréciation de la saveur sucrée, salée et de la sensation de gras, un auto-questionnaire en ligne (PrefQuest) a été développé chez l'adulte (Deglaire et al., 2012). Ce questionnaire est composé de 83 items mesurant l'appréciation des saveurs, sucrée (n = 21) et salée (n = 11) et de la sensation gras composé des sensations de gras-salé (n = 31) et de gras-

sucré (n = 20). Il a été développé avec 200 adultes et validé sur une population d'environ 48 000 adultes de la cohorte Nutrinet Santé (Deglaire et al., 2012). Ce questionnaire constitue ainsi un outil adapté pour mesurer l'appréciation de la saveur sucrée, salée et de la sensation de gras dans des grands échantillons. Dans la mesure où aucun équivalent n'existait chez l'enfant, nous avons adapté et validé le questionnaire PrefQuest chez les enfants d'âge scolaire, afin de l'utiliser pour le suivi des populations étudiées dans cette thèse.

Nous avons fait l'hypothèse que le questionnaire développé chez l'adulte serait applicable à l'enfant mais que la structure factorielle (identifiée par des analyses factorielles) de l'appréciation de la saveur sucrée, salée et sensation de gras pourrait être différente. Dans la mesure où aucune étude n'a comparé la structure factorielle de l'appréciation des aliments chez l'adulte et l'enfant, notre hypothèse se base sur les études ayant montré des différences de niveaux d'appréciation entre les différents âges (Zandstra & de Graaf, 1998; De Graaf & Zandstra, 1999; Pepino & Mennella, 2005b).

3.2. Adaptation du questionnaire PrefQuest

L'adaptation du questionnaire adulte aux enfants a été conduite en deux étapes, une étape d'adaptation qualitative et une étape de simplification, basée sur l'analyse des données. L'adaptation avait pour objectifs : i/d'aboutir à un questionnaire ludique compréhensible par les enfants entre sept et 12 ans avec des aliments connus ou identifiables par la majorité d'entre eux, ii/d'obtenir un questionnaire qui discrimine l'appréciation de la saveur sucrée, salée et de la sensation de gras-salé, gras-sucré entre les enfants.

3.2.1. Phase d'adaptation qualitative

Le questionnaire initialement développé chez l'adulte (Deglaire et al., 2012) comportait 83 items répartis en quatre sections : i/l'appréciation des aliments salés, sucrés, gras-salés et gras-

sucrés, notée sur une échelle hédonique en neuf points allant de « je n'aime vraiment pas du tout » à « j'aime vraiment beaucoup » (section 1) ; ii/les préférences pour les niveaux d'assaisonnement en sel, en sucre, en ingrédients gras-salés ou gras-sucrés, notées sur des échelles de cinq ou six points allant de « sans... » à « avec beaucoup de » (section 2) ; iii/les préférences pour les boissons au sein d'une liste de six boissons (trois sucrées et trois non sucrées) au menu d'un restaurant indiquées dans une question à choix multiples (section 3). Les participants devaient choisir les trois boissons qu'ils préféraient ou répondre qu'ils n'aimaient aucune des boissons proposées ; iv/les questions concernant les habitudes alimentaires en termes d'aliments salés, sucrés et gras comportaient soit une échelle en cinq points allant de « jamais » à « toujours », soit une échelle à neuf points allant de « pas du tout » à « beaucoup » (section 4). Pour les items de la section 1, les participants avaient la possibilité d'indiquer qu'ils n'avaient jamais goûté l'aliment et le cas échéant, de ne pas remplir l'échelle hédonique. De même pour les items des sections 2 et 4, les participants avaient la possibilité d'indiquer qu'ils n'aimaient pas l'aliment et, le cas échéant, de ne pas compléter l'assaisonnement préféré pour cet aliment.

A partir de la version adulte, plusieurs modifications ont été apportées pour adapter le questionnaire aux enfants et ont abouti à une première version du questionnaire (récapitulatif des modifications effectuées présenté en **Annexe 14**). Les aliments qui étaient *a priori* peu connus ou peu consommés par les enfants ont été remplacés par des aliments de même nature mais davantage consommés par les enfants. Par exemple, le café a été remplacé par du chocolat chaud. De plus, certaines situations décrites en section 4 ont été adaptées. Par exemple, un repas pris au restaurant a été remplacé par un repas pris à la cantine scolaire. Par rapport à la version adulte du questionnaire, dans les sections 1 et 2, des photographies ont été ajoutées pour illustrer chacun des items afin de permettre une meilleure identification de l'aliment ou des niveaux d'assaisonnement proposés.

Finalement, les échelles et les instructions ont été modifiées : des émoticônes ont été ajoutés aux extrémités et au milieu des échelles de notation, plusieurs exemples et des personnages ludiques ont été ajoutés pour illustrer le questionnaire et en faciliter la compréhension par les enfants. Comme la version adulte, la première version pour enfants du questionnaire comportait 83 items relatifs à l'appréciation de la saveur sucrée (21 items), salée (11 items), pour la sensation de gras-salé (31 items) et gras-sucré (20 items).

3.2.2. Phase de simplification

La première version pour enfants du questionnaire a été remplie par un échantillon d'enfants (n = 123) recrutés en 2013 dans une école primaire dijonnaise. Pour être inclus, les enfants devaient être capables de lire en français, de comprendre les instructions et les questions du questionnaire et de remplir par eux-mêmes le questionnaire, sur internet ou sur papier. Par conséquent, les âges ciblés pour cette étude étaient compris entre sept et 12 ans. Les parents étaient sollicités par le biais de l'instituteur. Les consentements écrits pour la participation des enfants ont été obtenus auprès des parents.

Le questionnaire a été rempli par les enfants à la maison. Il a été demandé aux parents de laisser leur enfant répondre au questionnaire par eux-mêmes. Cette version a été mise en ligne via le logiciel TimeSens® (www.timesens.com). Pour les familles qui ne disposaient pas d'email valide ou de connexion internet, une version papier du questionnaire a été envoyée. Néanmoins, le choix de la version papier ou en ligne était laissé aux parents.

Les items non connus ou peu consommés (« je n'ai jamais goûté... ») et non appréciés (« je n'aime pas... ») par plus de 20 % des enfants ou les aliments non discriminants (i.e. avec plus de 75 % des réponses égales au score minimal ou maximal) ont été retirés (**Annexe 14**). Les réponses « je n'aime pas... » et « je n'ai jamais goûté... » ont été traitées comme des données manquantes. De plus, les items de la section 2 présents à la fin du questionnaire adulte (non

illustrés initialement) ont été replacés à la suite des items de la section 2 du questionnaire enfant et ont été réorganisés suivant le type de plat (entrée, plat, dessert ...).

Douze items avaient plus de 20 % de données manquantes et cinq items avaient plus de 75 % de réponses égales au score maximal. Ces items ont été retirés pour la deuxième version du questionnaire. La deuxième version du questionnaire contenait 66 items relatifs à l'appréciation de la saveur sucrée (18 items), salée (9 items) et la sensation de gras-salé (23 items) et gras-sucré (16 items) (**Annexe 15**).

3.3. Validation de la version « enfant » du questionnaire

Cette validation avait pour objectif d'obtenir un questionnaire qui mesure l'appréciation de la saveur sucrée, salée et de la sensation de gras-salé et de gras-sucré chez les enfants, à partir de la deuxième version du questionnaire, en validant sa structure factorielle par ses critères de convergence et d'adéquation aux données avec un échantillon d'enfants plus important.

Cette version a été remplie par des enfants provenant d'une école primaire dijonnaise recrutés en 2015 différente de celle de 2013 (n = 33), des enfants de l'étude EDEN (n = 335) et des enfants de l'étude OPALINE ayant participé à l'étude entre 2014 et 2015 (n = 55).

Dans cette phase de validation du questionnaire, les données de tous les enfants (n = 546) ont été regroupées et analysées (dont celles de la première école primaire dijonnaise, n = 123).

3.3.1. Préparation des données

Les mêmes critères d'inclusion et le même mode d'administration du questionnaire que pour la phase de simplification du questionnaire ont été pris en compte. Néanmoins, dans l'étude EDEN, seules les données disponibles au moment de la validation du questionnaire et provenant des questionnaires papiers ont été utilisées (disposant des réponses sur l'item « pain d'épices »). Les réponses « je n'ai jamais goûté... » ou « je n'aime pas... » ont été traitées comme des données

manquantes. Les réponses aux items des sections 1, 2 et 4 ont toutes été ramenées à des valeurs entre zéro et dix (Deglaire et al., 2012). Dans la section 3, la note d'appréciation des boissons sucrées a été calculée en divisant le nombre de boissons sucrées choisies par le nombre total de boissons (sucrées et non-sucrées) de la liste. Si un participant n'aimait aucune des boissons, une note de zéro lui a été attribuée.

Les participants avec plus de 25 % de données manquantes pour au moins une saveur ou sensation (sucrée, salée, gras-salé, gras-sucré) ont été retirés des analyses ($n = 46$). Par conséquent, les analyses ont été conduites sur 500 enfants. Par la suite, comme pour la première version du questionnaire, deux items avec plus de 20 % de données manquantes ont été retirés (« ...Est-ce que cela te dérange de manger ce fromage blanc peu sucré? » : 20 %, « Comment aimes-tu le fromage fondu » : 27 %). Aucun item non discriminant supplémentaire n'a été identifié durant cette étape. Ainsi, les réponses aux 64 items liés à l'appréciation de la saveur sucrée (17 items), salée (9 items), la sensation de gras-salé (22 items) et de gras-sucré (16 items) ont été analysées.

3.3.2. Validité de la structure

Les analyses ont été conduites séparément pour chaque saveur ou sensation. La base de données complète ($n = 500$) a été échantillonnée aléatoirement en contrôlant l'origine des données (EDEN, OPALINE, écoles primaires) pour obtenir un échantillon d'apprentissage ($n = 251$) et un échantillon de confirmation ($n = 249$), dans l'objectif de faire une validation croisée.

En premier lieu, pour mieux comprendre la différence entre la structure identifiée chez les adultes (Deglaire et al., 2012) et celle des enfants, la structure factorielle identifiée chez les adultes a d'abord été appliquée à l'échantillon d'apprentissage.

Quand la structure identifiée chez les adultes appliquée aux données des enfants n'aboutissait pas à une solution admissible dans une première analyse factorielle confirmatoire (AFC), c'est-à-dire dans le cas où on observait des variances « négatives », ou de mauvais critères

d'adéquation du modèle, une nouvelle structure a été définie en deux étapes : i/une analyse factorielle exploratoire (AFE), ii/une AFC conduite sur l'échantillon d'apprentissage à partir de la structure suggérée par l'AFE, puis sur l'échantillon de confirmation et enfin sur l'échantillon complet selon la méthode utilisée par Deglaire et al. (2012).

Si la structure factorielle identifiée chez les adultes aboutissait à une solution admissible et qu'elle était cohérente avec les résultats de l'AFE, cette structure était conservée. Finalement, un *bootstrap* a permis de vérifier la stabilité des *loadings* de l'AFC (paramètres estimés par l'AFC). Les résultats obtenus pour la saveur salée ne seront pas discutés dans ce document.

3.3.3. Analyse Factorielle Exploratoire

Une AFE est une méthode d'analyse statistique utilisée pour identifier le nombre de variables latentes et la structure factorielle sous-jacente dans un large éventail de variables sans structure *a priori* (Child, 1990). Pour chaque saveur ou sensation, une AFE a été conduite sur les participants sans données manquantes par saveur ou sensation : sucrée (n = 313), gras-salé (n = 193), gras-sucré (n = 311), gras (n = 141).

Une rotation oblique (PROMAX) a été appliquée sur la base de l'hypothèse de l'inter-corrélation entre les variables latentes identifiées. Le nombre de variables latentes à extraire a été déterminé sur la base du diagramme des valeurs propres (Cattell, 1966), du pourcentage de variance expliquée par la dimension et de leur interprétabilité (nombre de valeurs propres significatifs, signification, amplitude des valeurs propres). Les items qui contribuent à une dimension donnée sont sélectionnés en fonction de la valeur absolue de leurs saturations factorielles (idéalement > 0,30 ; ou > 0,25 si l'item a du sens pour la dimension considérée). Cette étape a permis de définir une nouvelle structure à confirmer par une AFC.

3.3.4. Analyse Factorielle Confirmatoire

Une AFC est une méthode d'analyse statistique utilisée pour tester si les données confirment une structure développée précédemment ou suggérée par une AFE.

Les données manquantes dans l'AFC ont été prises en compte grâce à la méthode d'estimation par le maximum de vraisemblance pour données incomplètes dite « *full-information maximum likelihood* » (FIML) (Enders & Bandalos, 2001).

Les critères de convergence reposaient sur les tests de *Student* pour les *loadings* qui devaient être significatifs. Les critères d'adéquation du modèle ont été estimés sur l'échantillon de validation et sur l'échantillon complet. La révision du modèle s'arrêtait dès que les critères d'adéquation du modèle ne pouvaient plus être améliorés au-delà des limites habituellement retenues pour ces critères : le « *Comparative Fit Index* » (CFI) et le « *Tucker-Lewis index* » ou « *non-normed fit index* » (NNFI) devraient être supérieurs à 0,90 (Bentler & Bonett, 1980) (Bentler, 1989), et le « *Root Mean Square Error of Approximation* » (RMSEA) devrait être égal ou inférieur à 0,05 (Steiger, 1990) pour être considérés comme bons. Néanmoins, nous avons considéré corrects des CFI et des NNFI entre 0,80 et 0,90.

Quand le modèle montrait des critères d'adéquation corrects, les indices de modification suggérant l'addition de nouveaux liens ont été utilisés. Un lien avec un indice de modification égal ou supérieur à 3,84 indique qu'il peut entraîner une amélioration notable dans l'adéquation du modèle aux données. Néanmoins, la signification des liens proposés par les indices de modification doit être prise en compte avant de les intégrer aux modèles. Ainsi, seuls les liens ayant une signification ont été retenus.

Pour chaque saveur/sensation, la stabilité des *loadings* estimés a été vérifiée en estimant ces mêmes *loadings* sur 100 échantillons par *bootstrap* (Efron, 1979). Finalement, pour chaque structure factorielle, la cohérence interne de chaque variable latente a été évaluée en calculant le coefficient alpha de Cronbach (Cronbach, 1951), qui mesure la corrélation entre les items composant une variable latente et elle a été vérifiée pour l'appréciation de chaque saveur et

sensation (cohérence interne entre tous les items composant l'appréciation d'une saveur ou sensation). Le coefficient alpha est considéré comme bon lorsqu'il est $\geq 0,7$. Néanmoins, nous avons considéré un alpha de Cronbach entre 0,5 et 0,7 comme acceptable.

3.4. Résultats

3.4.1. Description de l'échantillon de validation

Au sein de l'échantillon de validation ($n = 500$), les enfants avaient en moyenne $10,4 \pm 1,0$ ans (EDEN : $10,8 \pm 0,8$ ans ; OPALINE : $9,4 \pm 0,4$ ans ; école dijonnaise 2013 : $9,7 \pm 1,0$ ans ; école dijonnaise 2015 : $10,9 \pm 0,4$ ans) et 51 % des enfants étaient des garçons (EDEN : 52 % ; OPALINE : 49 % ; école dijonnaise 2013 : 47 % ; école dijonnaise 2015 : 52 %).

3.4.2. Modèle validé de l'appréciation de la saveur sucrée

Dans l'échantillon d'apprentissage, lorsque la structure factorielle identifiée chez les adultes (modèle à trois niveaux) était appliquée aux données des enfants, la solution du modèle n'était pas admissible (variance « négative ») (**voir Annexe 16**).

Nous avons donc défini une nouvelle structure factorielle chez l'enfant à partir des résultats de l'AFE ($n = 313$). L'AFE a abouti à une solution à trois variables latentes, correspondant aux dimensions « ajout de confiture », « ajout de sucre » et « aliments sucrés » pour les axes 1, 2 et 3 respectivement (**Tableau 3**). L'item « boissons sucrées » de la section 3 n'étant lié à aucune des variables latentes retenues, il a été retiré de la suite des analyses.

Tableau 3. Variables latentes identifiées de l'appréciation de la saveur sucrée lors de la validation sur les données des enfants (n = 313).

Items	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Crème dessert	-0,17	0,25	0,56
Ile flottante	-0,10	0,17	0,49
Pain d'épices	0,08	-0,19	0,43
Miel	0,20	-0,08	0,41
Fruits secs	0,26	-0,15	0,38
Jus de fruits	0,14	-0,03	0,30
Biscuit aux fruits	0,15	0,03	0,29
Crêpe + confiture	0,72	0,04	0,08
Pain + confiture	0,69	0,03	-0,00
Yaourt + confiture	0,61	0,05	0,03
Confiture à la cuillère	0,47	0,00	0,08
Fraise + sucre	0,22	0,55	-0,12
Chocolat chaud + sucre	-0,12	0,54	0,06
Crêpe + sucre	0,24	0,53	0,10
Yaourt + sucre	0,19	0,50	-0,17
Boissons chaudes + sucre	-0,07	0,47	0,04
Boissons sucrées	0,07	0,19	0,11
Pourcentage de variance expliquée	59 %	30 %	18 %
Nom attribué à la variable latente	« Ajout de confiture »	« Ajout de sucre »	« Aliments sucrés »

En gras, les saturations factorielles $\geq |0,30|$. En italique, les saturations factorielles $\geq |0,25|$ et $< |0,30|$.

Dans l'AFC faite sur l'échantillon d'apprentissage, deux covariances ont été ajoutées aux liens suite aux suggestions des indices de modification : l'un entre les items « île flottante » et « crème dessert » ; l'autre entre les items « boissons chaudes + sucre » et « chocolat chaud + sucre ». Ces résultats ont été confirmés dans l'échantillon de confirmation et dans l'échantillon complet. Enfin, les critères d'adéquation obtenus pour le modèle d'AFC à trois variables latentes étaient bons lorsque celui-ci était appliqué à l'échantillon complet (RMSEA = 0,04 ; CFI = 0,94 ; NNFI = 0,93). La structure résultant de cette analyse est présentée **Figure 11**.

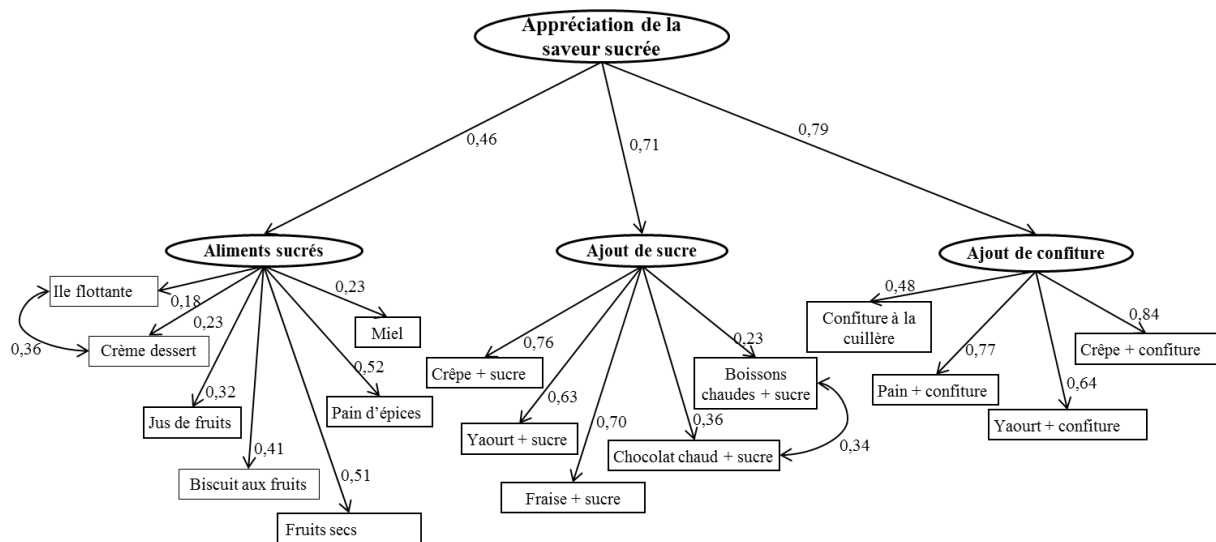


Figure 11. Structure factorielle identifiée chez les enfants concernant l'appréciation de la saveur sucrée (n = 500).

Les valeurs présentées à côté des flèches correspondent aux loadings.

Les résultats du *bootstrap* montraient peu de variations pour les *loadings* estimés (voir **Annexe 17**). On constate en particulier que sur les 100 estimations *par loading*, moins de 5 % des estimations présentaient des valeurs extrêmes excepté pour les jus de fruits (9 %).

La cohérence interne mesurée par les coefficients alpha de Cronbach était de 0,8 pour la variable latente « ajout de confiture », de 0,7 pour la variable latente « ajout de sucre » et de 0,6 pour la variable latente « aliments sucrés ». Au final, la cohérence interne de l'appréciation de la saveur sucrée était de 0,7.

En résumé, les structures factorielles identifiées chez les adultes et les enfants diffèrent à l'exception de la variable latente « ajout de confiture » ; la variable latente « aliments sucrés » pour les enfants correspond au regroupement des variables latentes « aliments sucrés » et « aliments naturellement sucrés » dans la structure factorielle identifiée chez les adultes ; la variable latente « ajout de sucre » de la structure factorielle identifiée chez les enfants correspond au regroupement des variables latentes « ajout de sucre aux aliments » et « ajout de sucre aux boissons chaudes » de la structure factorielle identifiée chez les adultes.

3.4.3. Modèle validé de l'appréciation de la sensation de gras

Le modèle de l'appréciation de la sensation de gras est composé de deux composantes : l'appréciation de la sensation de gras-salé et l'appréciation de la sensation de gras-sucré. Ces deux composantes ont été validées séparément puis intégrées au modèle de l'appréciation de la sensation globale de gras.

3.4.3.1. Modèle validé de l'appréciation de la sensation de gras-salé

Sur l'échantillon d'apprentissage, lorsque la structure factorielle identifiée chez les adultes (modèle à trois niveaux) était appliquée aux données des enfants, la solution n'était pas admissible du fait de la présence de variances « négatives » (**voir Annexe 18**). Nous avons donc défini une nouvelle structure factorielle chez l'enfant à partir des résultats de l'AFE.

A partir de l'AFE, une solution à quatre variables latentes a été trouvée. Les variables pouvaient être identifiées comme : « aliments gras-salés », « ajout de crème/beurre dans le plat principal », « ajout de crème/beurre dans l'accompagnement » et « spécialités fromagères », pour les axes 1 à 4, respectivement (**Tableau 4**).

Tableau 4. Variables latentes identifiées de l'appréciation de la sensation de gras-salé chez les enfants (n = 193).

Items	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4
Nugget	0,64	0,07	0,01	-0,22
Saucisse fumée	0,61	-0,08	0,01	0,13
Salami	0,59	0,10	-0,21	0,03
Chipolata	0,52	-0,04	0,09	0,01
Friand	0,48	0,09	0,17	-0,09
Biscuits apéritifs	0,48	-0,25	0,24	-0,06
Chorizo	0,42	0,14	-0,22	0,03
Cacahuète	0,38	0,00	-0,03	0,26
Saucisson sec	0,36	-0,03	0,07	0,20
Chips	0,31	-0,05	0,15	0,07
Caprice®	-0,06	-0,06	0,04	0,51
Tartiflette	0,09	-0,04	-0,09	0,46
Comté	0,00	0,01	0,04	0,45
Purée + beurre	0,03	-0,04	0,63	-0,12
Pâtes + beurre	0,02	0,14	0,60	0,04
Haricots verts + beurre	-0,01	0,26	0,47	0,21
Pain + beurre	-0,03	0,25	0,39	0,06
Pain-saucisson sec + beurre	0,06	0,56	0,20	-0,05
Pain-fromage + beurre	0,03	0,60	-0,03	-0,03
Sandwich jambon + beurre	-0,16	0,46	0,07	-0,10
Soupe + crème	0,10	0,35	-0,04	0,20
Bifteck + beurre	0,07	0,32	0,28	-0,02
Pourcentage de variance expliquée	54 %	27 %	13 %	9 %
Label attribué à la variable latente	« Aliments gras-salés »	« Ajout de crème/beurre dans le plat principal »	« Ajout de crème/beurre dans l'accompagnement »	« Spécialités fromagères »

En gras, les saturations factorielles $\geq |0,30|$.

Cependant, dans l'objectif d'aboutir à un modèle plus parcimonieux, un modèle d'AFC à trois variables latentes (« aliments gras-salés », « ajout de crème/beurre », « spécialités fromagères ») a été testé sur l'échantillon d'apprentissage, en regroupant les deux variables latentes d'ajout de crème/beurre en une unique variable latente et il montrait de meilleurs critères d'adéquation. Ces résultats ont été validés sur l'échantillon de confirmation et dans l'échantillon complet. La structure résultant de ce modèle est présentée **Figure 12**.

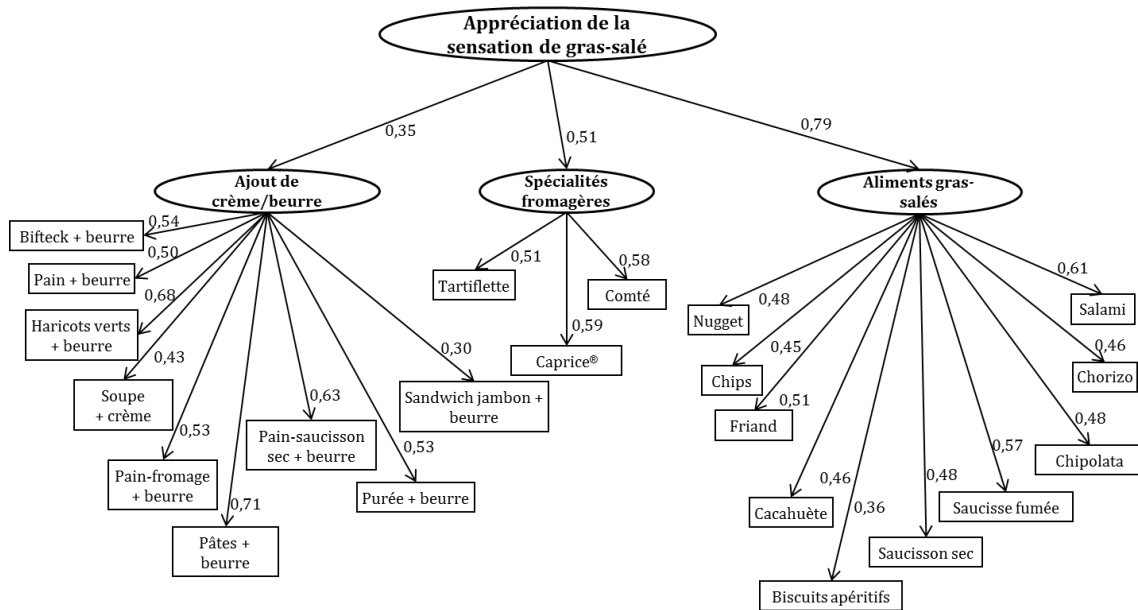


Figure 12. Structure factorielle identifiée chez les enfants concernant l'appréciation de la sensation de gras-salé (n = 500).

Les valeurs présentées près des flèches correspondent aux loadings.

Les critères d'adéquation de ce modèle étaient corrects (RMSEA = 0,05, CFI = 0,86, NNFI = 0,84). Les résultats du *bootstrap* montraient de faibles variations dans les *loadings* estimés (**Annexe 19**). On constate en particulier que sur les 100 estimations par *loading*, moins de 5 % des estimations présentaient des valeurs extrêmes.

Les coefficients alpha de Cronbach étaient de 0,8 pour les variables latentes « aliments gras-salés » et « ajout de crème/beurre » et de 0,6 pour la variable latente « spécialités fromagères ». Au final, la cohérence interne de l'appréciation de la sensation de gras-salé était de 0,8. Dans la structure factorielle identifiée chez les enfants, la variable latente « aliments gras-salés » correspond au regroupement des variables latentes « aliments gras », « biscuits apéritifs », « viandes » de la structure factorielle des adultes. Néanmoins, les variables latentes « spécialités fromagères » et « ajout de crème/beurre » étaient similaires entre la structure factorielle identifiée chez les adultes et les enfants.

3.4.3.2. Modèle validé de l'appréciation de la sensation de gras-sucré

Sur l'échantillon d'apprentissage, lorsque la structure factorielle identifiée chez les adultes (modèle à trois niveaux) était appliquée aux données des enfants, une solution admissible a été trouvée (RMSEA = 0,07, CFI = 0,91, NNFI = 0,89 ; voir **Annexe 20**). Cependant, la structure factorielle identifiée chez l'adulte ne coïncidait pas avec les résultats de l'AFE. Nous avons donc défini une nouvelle structure factorielle chez l'enfant à partir des résultats de l'AFE.

L'AFE montrait une solution à trois variables latentes identifiées comme pouvant être : « ajout de chantilly », « aliments gras-sucrés » et « ajout de pâte à tartiner » (**Tableau 5**). Par conséquent, la structure suggérée par l'AFE a été appliquée aux données des enfants

Tableau 5. Variables latentes identifiées de l'appréciation de la sensation de gras-sucré chez les enfants (n = 311).

Items	Axe1	Axe 2	Axe 3
Croissant	-0,06	0,58	-0,08
Biscuits sablés	-0,02	0,55	0,01
Beignet	0,02	0,53	-0,02
Pain au chocolat	-0,06	0,48	0,21
Chausson aux pommes	-0,03	0,47	-0,14
Gaufrette	0,14	0,40	0,06
Mousse au chocolat	0,09	0,36	0,05
Crème brûlée	0,15	0,33	-0,09
Brownie	-0,02	0,32	0,16
Crêpe + pâte à tartiner au chocolat	-0,01	-0,03	0,78
Pain + pâte à tartiner au chocolat	0,03	0,01	0,78
Glace + chantilly	0,82	0,00	-0,01
Crêpe + chantilly	0,79	0,02	0,04
Fraise + chantilly	0,77	0,00	0,02
Brownie + chantilly	0,73	0,01	0,09
Glace + chantilly (glacier)	0,69	-0,01	-0,11
Pourcentage de variance expliquée	62 %	27 %	17 %
Label attribué à la variable latente	« Ajout de chantilly »	« Aliments gras-sucrés »	« Ajout de pâte à tartiner au chocolat »

En gras, les saturations factorielles $\geq |0,30|$.

Selon les résultats obtenus à partir de l'échantillon d'apprentissage, trois covariances ont été ajoutées au modèle sur la base des indices de modification : un entre les items « mousse au chocolat » et « brownie » ; un entre « ajout de chantilly à de la glace » et « tu es chez un glacier et

tu commandes une coupe glacée ou une glace. Demandes-tu à mettre de la chantilly par-dessus ? » ; un entre les items « ajout de chantilly à de la glace » et « ajout de chantilly à des fraises ». Cette structure a été validée dans l'échantillon de confirmation et dans l'échantillon complet. Dans l'échantillon complet, le modèle de l'AFC présentait de bons critères d'adéquation (RMSEA = 0,05, CFI = 0,95, NNFI = 0,93). La structure résultant de cette analyse est illustrée **Figure 13**.

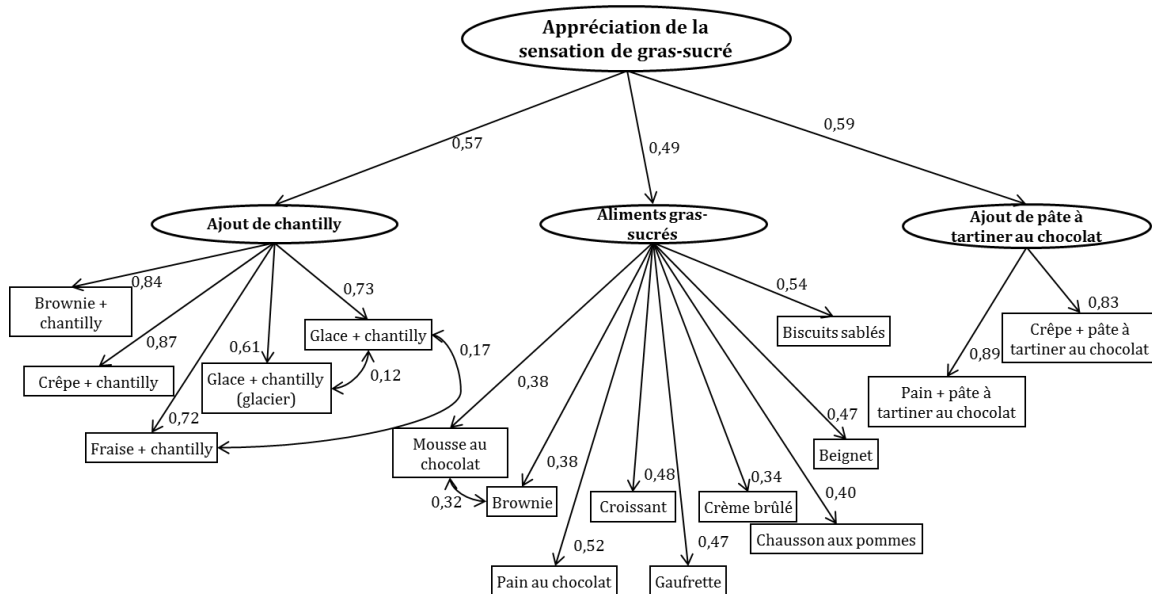


Figure 13. Structure factorielle identifiée chez les enfants concernant l'appréciation de la sensation de gras-sucré (n = 500).

Les valeurs présentées près des flèches correspondent aux loadings.

Les résultats du *bootstrap* montraient de faibles variations dans les *loadings* estimés. On constate en particulier que sur les 100 estimations par *loading*, 5 % et moins des estimations présentaient des valeurs extrêmes (**Annexe 21**).

Les coefficients alpha de Cronbach étaient de 0,9 pour la variable latente « ajout de chantilly », 0,7 pour la variable latente « aliments gras-sucrés » et de 0,9 pour la variable latente « ajout de pâte à tartiner au chocolat ». Au final, la cohérence interne de l'appréciation de la sensation de gras-sucré était de 0,8. La variable latente « aliments gras-sucrés » de la structure factorielle identifiée chez les enfants est composée des variables latentes « desserts et

pâtisseries » et « desserts au chocolat » de la structure factorielle identifiée chez les adultes. Les variables latentes « ajout de chantilly » et « ajout de pâte à tartiner au chocolat » de la structure factorielle identifiée chez les enfants correspondent aux variables latentes « ajout de chantilly » et « pâte à tartiner » de la structure factorielle identifiée chez les adultes, respectivement.

3.4.4. Modèle validé de l'appréciation de la sensation globale de gras

Dans l'échantillon d'apprentissage, lorsque la structure factorielle identifiée chez les adultes (modèle à quatre niveaux) était appliquée aux données des enfants, le modèle convergeait vers une solution admissible (RMSEA = 0,04 ; CFI = 0,87 ; NNFI = 0,86 ; **voir Annexe 22**). Cependant, la structure factorielle identifiée chez l'adulte ne coïncidait pas avec les résultats de l'AFE. Nous avons donc défini une nouvelle structure factorielle chez l'enfant à partir des résultats de l'AFE.

A partir de l'AFE, une solution à sept variables latentes a été trouvée (*scree plot*). Cependant, la signification de la 7^{ème} variable latente n'était pas claire au regard des items y contribuant et le pourcentage de variance expliquée était faible (**Tableau 6**), elle n'a donc pas été considérée dans la suite des analyses.

Tableau 6. Variables latentes identifiées de l'appréciation de la sensation de gras chez les enfants (n = 141)

Items	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6	Axe 7
Croissant	-0,07	-0,04	0,03	0,15	-0,09	0,72	0,04
Pain au chocolat	0,12	-0,03	0,08	-0,12	0,12	0,55	0,13
Biscuits sablés	-0,05	0,29	-0,16	0,18	0,00	0,39	0,17
Nugget	-0,02	0,74	0,01	-0,18	0,00	-0,14	0,00
Friand	0,08	0,57	0,16	-0,06	-0,06	0,04	-0,26
Saucisse fumée	0,01	0,57	-0,05	0,31	0,08	-0,10	0,04
Gaufrette	0,12	0,53	0,08	-0,09	-0,19	0,18	0,01
Salami	0,02	0,52	-0,16	0,17	0,08	-0,02	0,10
Chorizo	0,13	0,47	0,00	0,14	-0,16	-0,06	0,08
Chipolata	-0,07	0,46	-0,01	0,08	0,19	0,23	-0,09
Beignet	0,00	0,44	0,00	0,11	0,02	0,16	0,17
Tartiflette	-0,03	-0,01	-0,01	0,57	-0,01	0,11	-0,13
Cacahuète	0,10	0,14	0,00	0,45	-0,06	-0,10	0,25
Saucisson sec	0,07	0,28	0,09	0,44	0,10	-0,01	-0,13
Caprice®	-0,02	-0,08	0,08	0,41	-0,14	0,02	0,04
Comté	-0,08	-0,14	0,16	0,37	0,05	0,04	0,50
Crème brûlée	0,01	0,11	-0,10	0,34	-0,01	0,10	0,17
Chausson aux pommes	-0,10	0,42	0,02	-0,14	-0,13	0,15	0,39
Chips	-0,08	0,39	0,01	0,03	0,20	-0,09	-0,08
Pain + pâte à tartiner au chocolat	0,05	-0,04	0,03	0,02	0,81	0,06	0,09
Crêpe + pâte à tartiner au chocolat	0,09	0,01	-0,01	-0,13	0,76	-0,03	0,06
Biscuits apéritifs	-0,23	0,36	0,05	-0,05	0,32	-0,04	0,12
Brownie	0,05	0,02	0,07	0,18	0,17	0,21	0,11
Mousse au chocolat	0,05	0,07	-0,11	-0,10	0,20	0,14	0,47
Crêpe + chantilly	0,83	0,04	-0,04	-0,09	0,03	0,08	-0,07
Glace + chantilly	0,80	-0,09	0,02	0,12	0,00	0,00	-0,04
Fraise + chantilly	0,79	-0,02	-0,09	0,04	0,06	-0,09	-0,07
Brownie + chantilly	0,74	0,00	0,14	-0,15	0,13	0,05	0,14
Glace + chantilly (glacier)	0,65	0,02	-0,08	0,03	-0,09	-0,01	0,01
Pâtes + beurre	-0,12	0,03	0,68	0,04	0,05	-0,05	-0,08
Purée + beurre	-0,20	0,02	0,63	-0,10	0,10	0,07	-0,09
Haricots verts + beurre	0,01	-0,02	0,62	0,14	0,02	-0,07	0,17
Bifteck + beurre	0,09	0,09	0,50	-0,04	-0,05	-0,21	0,23
Sandwich jambon+ beurre	0,05	-0,17	0,46	-0,01	-0,09	0,12	0,07
Pain + beurre	0,14	-0,03	0,45	0,13	0,01	0,17	-0,14
Pain-saucisson sec+ beurre	0,26	0,12	0,43	-0,01	0,03	0,01	-0,10
Crème + soupe	0,27	0,09	0,15	0,12	0,00	-0,09	0,12
Pourcentage de variance expliquée	32 %	17 %	11 %	8 %	6 %	5 %	4 %
Label attribué à la variable latente	« Ajout de chantilly »	« Aliments gras »	« Ajout de beurre »	« Aliments gras-salés »	« Ajout de pâte à tartiner »	« Aliments gras-sucrés »	« Autres »

En gras, les saturations factorielles $\geq [0,30]$.

Par conséquent, une structure factorielle à six variables latentes a été retenue en considérant toutes les variables latentes de la sensation de gras-salé et gras-sucré au même niveau (1^{er} niveau). Les critères d'adéquation sur l'échantillon complet étaient corrects (RMSEA = 0,05, CFI = 0,85, NNFI = 0,84) (**Figure 14**). La cohérence interne de l'appréciation de la sensation de gras était de 0,9.

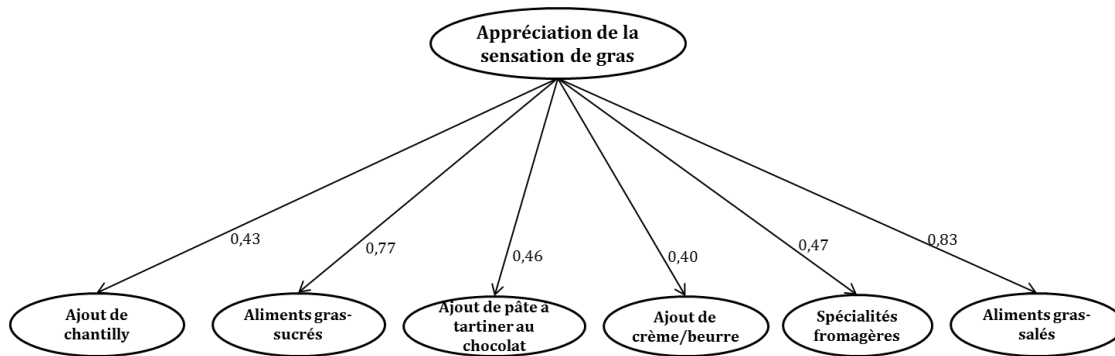


Figure 14. Structure factorielle identifiée chez les enfants concernant l'appréciation de la sensation de gras (n = 500).

Les valeurs présentées près des flèches correspondent aux loadings.

Les résultats du *bootstrap* montraient de faibles variations dans les *loadings* estimés (**Annexe 23**). On constate en particulier que sur les 100 estimations par *loading*, moins de 5 % des estimations présentaient des valeurs extrêmes, excepté pour les aliments gras-sucrés (6 %).

3.5. Conclusion

L'adaptation et la validation du questionnaire PrefQuest a permis d'aboutir à un questionnaire mesurant l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras (gras-salé et gras-sucré) chez l'enfant d'âge scolaire (**Annexe 15**). Les résultats suggèrent que l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras (gras-salé et gras-sucré) chez l'enfant ont chacune une structure singulière, plus simple que celles de l'adulte. La validation interne de ce questionnaire a montré une bonne qualité d'ajustement des modèles aux données observées. Ce questionnaire accessible sur internet est facilement exploitable dans des études en population

générale. Il sera utilisé dans le **chapitre 3** de ma thèse afin de mesurer l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras chez les enfants EDEN et ainsi les mettre en lien avec les expositions alimentaires au sucre et au gras que ces enfants ont reçues lorsqu'ils étaient nourrissons.

A partir de ce questionnaire et des résultats, un score d'appréciation de chaque saveur et sensation a été calculé et analysé en lien avec les expositions alimentaires au sucre et au gras du nourrisson dans le **chapitre 3**. Ce score correspond à la moyenne des scores de toutes les variables latentes composant chaque saveur ou sensation ; le score de chaque variable latente étant lui-même la moyenne des réponses aux items la composant.

CHAPITRE 2

DETERMINANTS DES EXPOSITIONS ALIMENTAIRES DU NOURRISSON AU SUCRE ET AU GRAS

Articles issus de ce chapitre :

Infant Dietary Exposures to Sweetness and Fattiness Increase during the First Year of Life and Are Associated with Feeding Practices. **Yuan WL**, Lange C, Schwartz C, Martin C, Chabanet C, de Lauzon-Guillain B, Nicklaus S. Journal of Nutrition. 2016. *(Article 1)*

Early factors related to carbohydrate and fat intake at 8 and 12 months: results from the EDEN mother-child cohort. **Yuan WL**, Nicklaus S, Lioret S, Lange C, Forhan A, Heude B, Charles MA, de Lauzon-Guillain B. European Journal of Clinical Nutrition. 2016. *(Article 2)*

1. Introduction

Nous avons présenté dans l'introduction générale les principales données disponibles concernant les apports en lipides et en glucides durant la première année de vie chez les nourrissons français, ainsi que les recommandations nutritionnelles relatives à cette période. Nous avons aussi indiqué qu'outre leurs contributions nutritionnelles, les glucides et les lipides sont des vecteurs de la saveur sucrée et de la sensation de gras, respectivement et participent à la palatabilité des aliments (Drewnowski & Greenwood, 1983; Drewnowski, 1997). Autrement dit, les consommations alimentaires conduisent à une exposition à la fois nutritionnelle et sensorielle. Par ailleurs, dans l'introduction générale, nous avons aussi indiqué que les expositions alimentaires au sucre et au gras ont été beaucoup plus étudiées selon une approche nutritionnelle que sensorielle. De plus, chez le nourrisson, les consommations alimentaires de sucre et de gras répondent non seulement à des besoins métaboliques (croissance, développement cognitif et visuel...) (Uauy & Dangour, 2009) mais peuvent aussi avoir des conséquences sur le comportement alimentaire ultérieur de l'enfant en termes de préférences alimentaires (Pepino & Mennella, 2005a; Harris, 2008; Nicklaus, 2016) et de santé future (Peneau et al., 2014; Rolland-Cachera & Scaglioni, 2015; Rolland-Cachera et al., 2016). Avec ces considérations, identifier les facteurs associés à l'exposition au sucre et au gras du nourrisson est nécessaire pour mieux comprendre comment l'environnement pourrait les moduler et éventuellement permettre de mieux cibler les politiques de prévention.

Des travaux antérieurs nous renseignent sur certaines caractéristiques du nourrisson et de la mère qui sont liées aux profils alimentaires du nourrisson. Un niveau d'études maternel plus faible (Robinson et al., 2007; Smithers et al., 2012), des revenus mensuels du ménage inférieurs à 2 000 euros (Kiefte-de Jong et al., 2013), un tabagisme maternel pendant la grossesse (Robinson et al., 2007; Kiefte-de Jong et al., 2013), un IMC avant grossesse plus élevé (Robinson et al., 2007; Kiefte-de Jong et al., 2013), un âge maternel plus faible (Robinson et al., 2007; Smithers et al., 2012; Kiefte-de Jong et al., 2013) et une parité plus élevée (Robinson et al., 2007; Smithers et al., 2012) étaient associés à des profils d'alimentation plus riches en aliments sucrés

et gras chez le nourrisson. De plus, les garçons avaient des scores plus élevés pour un profil d'alimentation occidentale, c'est-à-dire plus riche en aliments gras et sucrés, mais aucun lien n'a été montré avec le poids de naissance (Kiefte-de Jong et al., 2013). Cependant, la majorité de ces études a analysé l'alimentation du nourrisson selon une approche par profils alimentaires (Robinson et al., 2007; Smithers et al., 2012; Bell et al., 2013; Kiefte-de Jong et al., 2013), ce qui ne permet pas de dissocier les facteurs associés à l'exposition alimentaire au gras de ceux associés à l'exposition alimentaire au sucre.

Une minorité d'études a porté sur les facteurs associés à la consommation d'un aliment sucré ou d'un groupe d'aliments sucrés chez le nourrisson ; mais aucune n'a porté sur les facteurs associés à la consommation d'aliments gras (d'un point de vue sensoriel). Ainsi, il a été montré que les mères afro-américaines (par rapport aux mères caucasiennes) (Pepino & Mennella, 2005a) et les mères plus âgées donnaient plus fréquemment de l'eau sucrée aux nourrissons (Liem & Mennella, 2002; Pepino & Mennella, 2005a). Cependant, l'association entre le groupe ethnique et l'utilisation d'eau sucrée chez le nourrisson pourrait être expliquée par les caractéristiques sociodémographiques (Beauchamp & Moran, 1982). Dans une étude suédoise, l'introduction à huit mois (ou plus tôt) de boissons sucrées et l'utilisation fréquente de bonbons et de gâteaux à un an a été observée chez des mères plus jeunes, non-suédoises, d'un niveau d'études plus faible et d'IMC plus élevé (Brekke et al., 2007). Par ailleurs, les pratiques d'alimentation du nourrisson (durée d'allaitement, âge de diversification, type d'aliments utilisés c'est-à-dire bébé du commerce, adulte du commerce, fait maison) pourraient influencer l'exposition alimentaire au sucre et au gras. Un allaitement exclusif long était associé à une plus faible probabilité d'introduire du sucre, des bonbons et des boissons sucrées à huit mois ou plus tôt (Brekke et al., 2007). Aussi, une diversification tardive était associée à une consommation moindre d'aliments sucrés et gras de type adulte du commerce (Robinson et al., 2007; Kiefte-de Jong et al., 2013). De plus, le type d'aliments utilisés était associé à des apports en glucides et en lipides différents (Fox et al., 2006).

Chez le nourrisson, l'exposition à la saveur sucrée a été majoritairement définie par la fréquence de consommation de boissons sucrées (Beauchamp & Moran, 1982; Beauchamp & Moran, 1984; Pepino & Mennella, 2005a). Néanmoins, aucune étude n'a évalué l'exposition globale à la saveur sucrée à travers l'ensemble des aliments consommés. Enfin, peu d'études ont porté sur l'alimentation dans la période allant de la diversification à l'âge d'un an mais ont plutôt concerné l'alimentation des nourrissons au-delà d'un an.

Par conséquent, l'objectif de ce chapitre est : i/de décrire les expositions alimentaires au sucre et au gras des nourrissons de la diversification à un an selon deux approches, nutritionnelle et sensorielle, ii/d'étudier l'influence des caractéristiques du nourrisson et de la mère, de l'alimentation maternelle durant la grossesse et des pratiques d'alimentation du nourrisson durant la première année de vie sur l'exposition alimentaire au sucre et au gras.

2. Matériels et méthodes

2.1. Variables utilisées

2.1.1. Exposition alimentaire au sucre et au gras durant la première année de vie

Dans l'étude EDEN, l'exposition nutritionnelle au sucre a été définie par l'apport en glucides (g/jour) et par la consommation d'aliment de type « sucres ajoutés » (miel, sucre blanc, sucre roux, confiture, sodas, jus de fruits) (oui/non). De même, l'exposition au gras a été définie par l'apport en lipides (g/jour) et par la consommation de matières grasses ajoutées (huiles végétales, matières grasses animales) (oui/non).

Dans l'étude OPALINE, l'exposition sensorielle au sucre et au gras a été définie par l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras. Comme défini en détail dans le **chapitre 1**, l'exposition à la saveur sucrée ou à la sensation de gras journalière a été calculée comme étant la somme des fréquences de consommation de chaque aliment multipliée par l'intensité de leur saveur sucrée ou de leur sensation de gras. Estimées chaque mois, les expositions à la saveur sucrée et à la sensation de gras ont ensuite été moyennées pour chaque période d'intérêt : entre

trois et six mois (alimentation majoritairement lactée, peu diversifiée), entre sept et neuf mois (alimentation partiellement diversifiée) et entre dix et 12 mois (alimentation diversifiée).

2.1.2. Facteurs à étudier

Parmi les caractéristiques maternelles disponibles dans les deux études de cohorte, nous avons initialement souhaité nous intéresser à l'âge, l'IMC avant la grossesse, le statut primipare, le niveau d'études, le statut de mère célibataire, la reprise du travail durant la première année de vie du nourrisson, le diabète gestationnel et le tabagisme pendant la grossesse. De plus, dans l'étude EDEN, les revenus mensuels du ménage étaient disponibles.

Dans l'analyse des données, nous n'avons cependant pas considéré le statut de mère célibataire car les mères célibataires représentaient moins de cinq pourcent de la population aussi bien dans l'étude OPALINE que dans l'étude EDEN. Dans l'étude OPALINE, du fait du nombre de données manquantes pour la variable de tabagisme maternel pendant la grossesse (84 %), cette variable n'a pas pu être étudiée.

Les caractéristiques du nourrisson disponibles dans les deux études étaient le sexe, l'âge gestationnel et le poids de naissance.

Enfin, les pratiques d'alimentation disponibles dans les deux études étaient la durée d'allaitement (toutes définitions confondues), l'âge de diversification alimentaire et le type d'aliments utilisés (bébé du commerce, adulte du commerce, fait maison). Comme présenté dans le **chapitre 1**, le type d'aliments utilisés n'a pas été mesuré de la même manière dans les deux études. Dans l'étude EDEN, la fréquence d'utilisation de plusieurs groupes d'aliments était recueillie à 12 mois sur une échelle de quatre points allant de « jamais » à « toujours ». Pour chaque type d'aliments, la fréquence d'utilisation a été considérée comme la moyenne des fréquences d'utilisation des aliments d'un type donné. Ce questionnaire ayant été ajouté en cours de suivi, seule une partie de la population a été interrogée sur cet aspect. Dans l'étude OPALINE, la proportion d'utilisation de chacun des types d'aliments dans l'alimentation du

nourrisson a été calculée comme étant le rapport de la fréquence de consommation de chaque type d'aliment sur la fréquence de consommation cumulée de tous les types d'aliments.

2.2. Sélection de la population d'étude

2.2.1. Echantillon de l'étude EDEN

Dans l'étude EDEN, les différentes étapes de la sélection de l'échantillon à huit et 12 mois sont présentées dans la **Figure 15**.

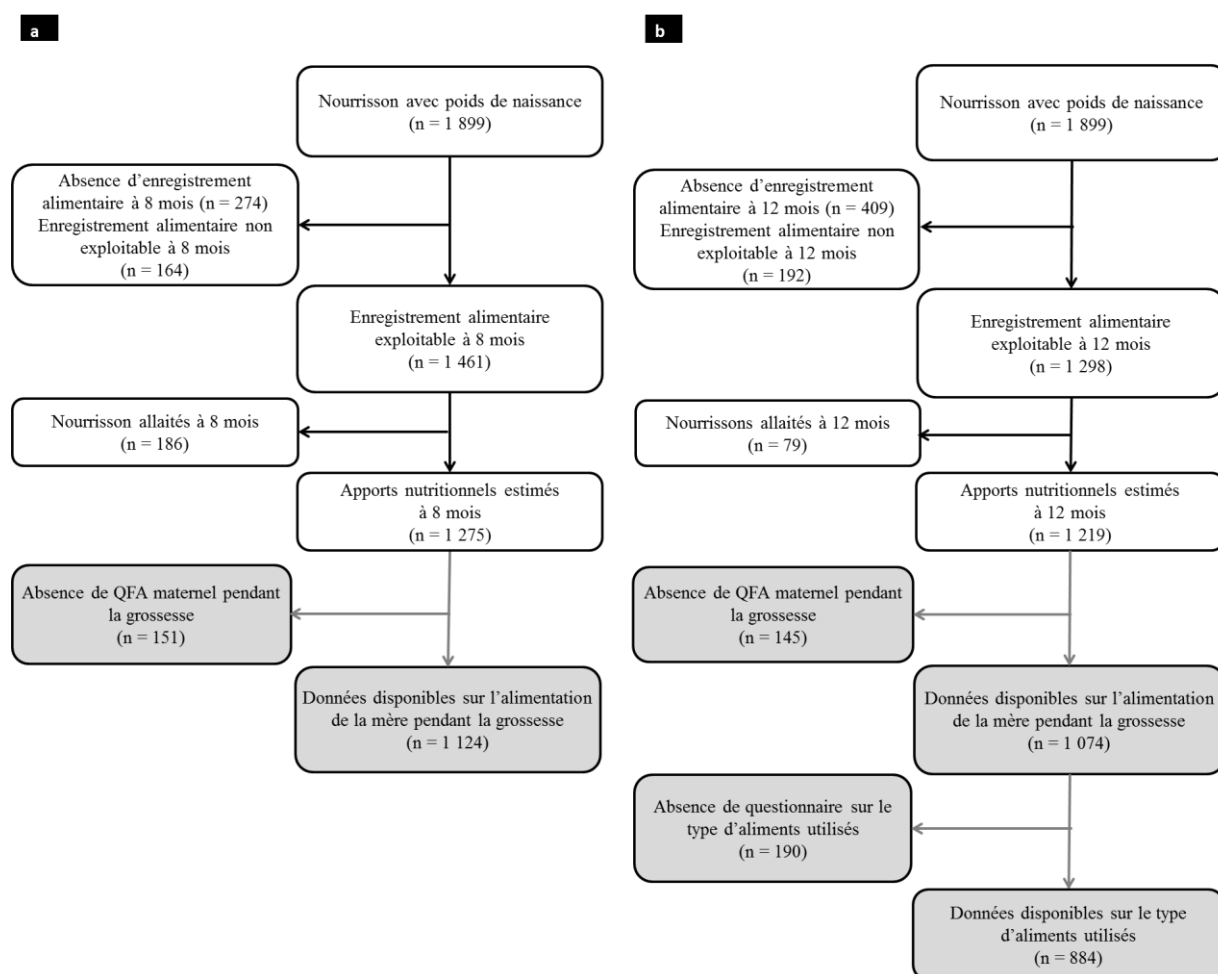


Figure 15. Diagramme des flux de la sélection de l'échantillon d'étude EDEN à huit (Figure 15a) et 12 mois (Figure 15b).

Les rectangles en gris correspondent aux étapes de sélection de l'échantillon propres aux différentes analyses multivariées. QFA : questionnaire de fréquence alimentaire

Parmi les nourrissons pour lesquels un poids de naissance était renseigné, ceux pour lesquels l'enregistrement alimentaire à huit mois n'était pas disponible ou jugé inexploitable par la diététicienne ont été exclus. De plus, les nourrissons encore allaités à huit mois ont été exclus

des analyses dans la mesure où la quantité de lait maternel ne pouvait pas être estimée à partir des enregistrements alimentaires. Ainsi, à huit mois, les analyses ont été menées chez 1 275 nourrissons. Pour les analyses incluant les données sur les profils d'alimentation maternelle durant la grossesse, les nourrissons pour lesquels il y avait des données manquantes sur ces variables ont été exclus des analyses et 1 124 nourrissons ont été considérés.

Les mêmes étapes de sélection de l'échantillon ont été appliquées aux nourrissons pour lesquels les apports nutritionnels étaient calculables à 12 mois. Ainsi, l'échantillon était constitué de 1 219 nourrissons pour les analyses principales et de 1 074 nourrissons pour les analyses portant également sur les profils d'alimentation maternelle durant la grossesse. Dans l'échantillon à 12 mois, des analyses supplémentaires ont également été menées avec le type d'aliments utilisés à 12 mois sur les nourrissons pour lesquels cette donnée était disponible, soit 884 nourrissons.

2.2.2. Echantillon de l'étude OPALINE

Dans l'échantillon de l'étude OPALINE, parmi les 288 nourrissons recrutés, six nourrissons n'avaient pas de cahier de diversification alimentaire, cinq n'avaient pas de données après le début de la diversification alimentaire et neuf avaient moins de trois carnets alimentaires consécutifs remplis. Par conséquent, les données de 268 nourrissons ont été analysées. Parmi eux, 251 ont été diversifiés entre trois et six mois et donc seules leurs données ont été analysées pour cette période.

2.3. Analyses statistiques

Dans les deux études EDEN et OPALINE, les comparaisons entre les familles incluses et exclues ont été effectuées avec des tests de *Student* pour les variables continues ou des χ^2 pour les variables catégorielles.

2.3.1. Analyses statistiques dans l'étude EDEN

Dans l'étude EDEN, des régressions linéaires et logistiques ont permis d'étudier les facteurs associés : i/à l'apport en glucides et en lipides et ii/au fait d'être consommateur de sucres et de

matières grasses ajoutées. L'apport en glucides et en lipides a été ajusté sur l'AE en utilisant la méthode des densités nutritionnelles (Willett & Stampfer, 1986; Thiebaut et al., 2004).

Tous les facteurs associés significativement ($p < 0,05$) à au moins une des variables à expliquer dans les analyses bivariées ont été inclus dans les régressions linéaires multiples. Par conséquent, l'IMC de la mère avant la grossesse et la reprise du travail de la mère ont été exclus des modèles de régression multiple ($p > 0,05$).

Le premier modèle comprenait les variables suivantes : le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge maternel, le statut primipare, le niveau d'études, les revenus mensuels du ménage, le diabète gestationnel et le tabagisme maternel pendant la grossesse. Le second modèle comprenait les variables du premier modèle ainsi que les profils d'alimentation maternelle (« sain » et « occidental »), la durée d'allaitement et l'âge de diversification alimentaire. Le troisième modèle ne concernait qu'un sous échantillon à 12 mois et incluait en plus le type d'aliments utilisés à 12 mois par rapport au second modèle.

Les tendances linéaires des liens entre la durée d'allaitement, le niveau d'études, les revenus mensuels du ménage et l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras ont été testées en considérant les valeurs médianes de la variable en continu (nombre d'années d'études par exemple) pour chaque classe de la variable en catégorie comme étant une variable en continu dans le modèle de régression linéaire.

Les variables avec moins de cinq pourcent de données manquantes (le statut primipare, 0,02 % ; le diabète gestationnel, 0,1 % ; le tabagisme maternel pendant la grossesse, 1,2 % ; le niveau d'études maternel, 1,4 % et les revenus mensuels du ménage, 0,6 %) ont été imputées, soit avec la médiane dans le cas des variables continues, soit par le mode dans les autres cas.

2.3.2. Analyses statistiques dans l'étude OPALINE

Dans l'étude OPALINE, afin de suivre l'évolution temporelle de l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras du nourrisson au cours de la première année de vie, des ANOVA pour mesures répétées ont été effectuées sur l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras

entre trois et six mois, entre sept et neuf mois et entre dix et 12 mois ainsi que des tests de *Student* pour échantillons appariés. Les mêmes tests ont été utilisés pour étudier l'évolution temporelle de l'utilisation des différents types d'aliments proposés au nourrisson au cours de la première année de vie. Aussi, afin de mieux comprendre la différence d'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras entre les nourrissons allaités et non allaités, le nombre de repas par semaine a été comparé entre les nourrissons allaités et les nourrissons nourris avec des préparations infantiles par des tests de *Student*.

Des régressions linéaires multiples ont été utilisées pour étudier les facteurs associés à l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras. Tous les facteurs associés significativement ($p < 0,05$) à au moins une des variables à expliquer dans les analyses bivariées ont été inclus dans les régressions linéaires multiples. Ainsi, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge maternel, l'IMC de la mère avant la grossesse, le statut primipare et la reprise du travail n'ont pas été inclus dans les analyses en régression multiple.

Le premier modèle incluait le sexe, le niveau d'études maternel et la reprise du travail durant la première année de vie. Le second modèle comprenait les variables du premier modèle ainsi que la durée d'allaitement, l'âge de diversification alimentaire et le type d'aliments utilisés. Néanmoins, entre trois et six mois, seulement dix pourcent de l'alimentation du nourrisson étaient constitués d'aliments solides, le type d'aliments utilisés à cet âge n'a donc pas été inclus dans le second modèle. La tendance linéaire du lien entre le niveau d'études et l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras a été testée selon la méthode expliquée précédemment. Enfin, la durée d'allaitement comportait dix pourcent de données manquantes. Cette variable a donc été catégorisée et une catégorie «donnée manquante» a été créée.

3. Résultats

3.1. Principales caractéristiques des deux échantillons d'étude

Les caractéristiques de l'échantillon d'étude EDEN sont présentées dans le **Tableau 7**. Enfin, à huit mois, comparés aux nourrissons inclus ($n = 1\,275$), les nourrissons exclus ($n = 632$)

étaient plus susceptibles d'être nés d'une mère célibataire (7,4 % vs. 4,1 %, $p = 0,002$), ou multipare (57,6 % vs. 36,3 %, $p < 0,0001$) ou ayant des revenus mensuels du ménage inférieurs à 1 501 euros par mois (25,0 % vs. 12,5 %, $p < 0,0001$). Aucune différence concernant le sexe du nourrisson, le centre, le poids de naissance, l'IMC maternel avant grossesse, l'âge maternel et le tabagisme maternel pendant la grossesse n'a été observée entre les nourrissons inclus et exclus (toutes les $p > 0,05$).

Tableau 7. Caractéristiques des mères et nourrissons de l'étude EDEN inclus à huit et 12 mois

	Mères-nourrissons inclus	
	à 8 mois (n = 1 275)	à 12 mois (n = 1 219)
Poitiers (%)	48,8 (622)	47,0 (572)
Caractéristiques du nourrisson		
Garçon (%)	51,8 (661)	52,2 (636)
Prématuré (% <37 SA)	5,4 (69)	5,4 (66)
Age gestationnel, SA	39,3 ± 1,7	39,3 ± 1,7
Poids de naissance, kg	3,3 ± 0,5	3,3 ± 0,5
Caractéristiques maternelles		
Age à l'accouchement, années	29,6 ± 4,7	29,9 ± 4,6
Primipare (%)	47,9 (611)	47,0 (573)
IMC avant grossesse (%)		
<18,5 kg/m ²	8,5 (109)	7,9 (94)
[18,5-24,9] kg/m ²	65,7 (837)	67,2 (822)
[25,0-29,9] kg/m ²	17,6 (224)	16,7 (204)
≥ 30,0 kg/m ²	8,2 (105)	8,2 (99)
Niveau d'études (%)		
< Baccalauréat	23,4 (298)	20,1 (245)
Baccalauréat	18,3 (234)	18,0 (219)
2 années post-baccalauréat	22,8 (291)	23,5 (286)
> 2 années post-baccalauréat	35,4 (452)	38,5 (469)
Revenus mensuels du ménage (%)		
< 1 501 €/mois	12,5 (159)	9,1 (111)
[1 501-2 300] €/mois	28,9 (368)	29,2 (356)
[2 301-3 000] €/mois	28,0 (357)	28,7 (350)
> 3 000 €/mois	30,7 (391)	33,0 (402)
Mère célibataire (%)	4,1 (52)	2,9 (35)
Diabète gestationnel (%)	6,4 (82)	6,5 (79)
Tabagisme maternel pendant la grossesse (%)	23,3 (297)	21,7 (265)

Les valeurs sont des moyennes ± écart type ou des pourcentages (n).

Tableau 7 (suite). Caractéristiques des mères et nourrissons de l'étude EDEN inclus à huit et 12 mois

	Mères-nourrissons inclus	
	à 8 mois (n = 1 275)	à 12 mois (n = 1 219)
Pratiques d'alimentation du nourrisson		
Durée d'allaitement (%)		
Jamais	28,7 (366)	26,5 (323)
< 3,0 mois	31,1 (397)	29,0 (354)
3,0-5,9 mois	23,7 (302)	22,5 (274)
≥ 6,0 mois	16,5 (210)	22,0 (268)
Age de diversification alimentaire (%)		
< 4,0 mois	32,1 (409)	28,8 (351)
4,0-6,0 mois	41,4 (528)	40,5 (494)
> 6,0 mois	26,5 (338)	30,7 (374)
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce à 12 mois (n = 1 003 ; scores 1 à 4) ¹	-	2,4 ± 0,6
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce à 12 mois (n = 1 003 ; scores 1 à 4) ¹	-	1,6 ± 0,4
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison à 12 mois (n = 1 003 ; scores 1 à 4) ¹	-	1,9 ± 0,5
Alimentation du nourrisson		
Apport énergétique, kcal	751 ± 110	817 ± 132
Apport en glucides		
g/j	106 ± 19	114 ± 22
Contribution à l'apport énergétique (%)	56,2 ± 4,8	56,0 ± 5,7
< 50,0 % AE	10,6 (135)	13,0 (159)
≥ 50,0 % AE	89,4 (1 140)	87,0 (1 060)
Consommateurs de sucres ajoutés ² (%)	30,1 (384)	39,3 (479)
Apport en lipides		
g/j	26 ± 5	27 ± 6
Contribution à l'apport énergétique (%)	31,4 ± 4,3	29,7 ± 4,8
< 35,0 % AE	70,8 (903)	87,8 (1 070)
35,0-39,9 % AE	24,2 (308)	10,3 (125)
≥ 40,0 % AE	5,0 (64)	2,0 (24)
Consommateurs de matières grasses ajoutées ³ (%)	15,5 (198)	27,1 (330)

Les valeurs sont des moyennes ± écart type ou des pourcentages (n).

¹ 1 : « jamais », 2 : « de temps en temps », 3 : « régulièrement », 4 : « toujours ».

² Miel, sucre blanc, sucre roux, confiture, sodas, jus de fruits.

³ Huiles végétales, matières grasses animales.

Les caractéristiques de l'échantillon d'étude OPALINE sont présentées dans le **Tableau 8**. Comparés aux nourrissons exclus (n = 51), les nourrissons inclus avaient des mères avec un niveau d'études plus élevé (baccalauréat ou moins : 19,0 % vs. 39,2 %, deux années post-baccalauréat : 30,6 % vs. 9,8 % ; p = 0,0006). La durée d'allaitement était manquante pour plus de 78 % des nourrissons exclus et les effectifs par classe ne nous ont pas permis de comparer les niveaux d'allaitement entre les nourrissons inclus et exclus. Aucune différence avec le sexe du nourrisson, le poids de naissance, l'âge gestationnel, l'IMC maternel avant grossesse, l'âge

maternel, le statut primipare, la reprise du travail au cours de la première année de vie n'a été observée (toutes les $p > 0,05$).

Tableau 8. Caractéristiques des mères et nourrissons de l'étude OPALINE inclus

	Mère- nourrissons inclus (n = 268)
Caractéristiques du nourrisson	
Garçon, %	54 (144)
Age gestationnel (SA)	39,6 ± 1,7
Poids de naissance (kg)	3,2 ± 0,5
Caractéristiques maternelles	
Âge à l'accouchement (années)	30,7 ± 4,4
IMC avant la grossesse, %	
≤ 25,0 kg/m ²	85 (228)
> 25,0 kg/m ²	15 (40)
Niveau d'études, %	
Baccalauréat ou moins	19 (51)
2 années post-baccalauréat	31 (82)
> 2 années post-baccalauréat	50 (135)
Primipare, %	56 (150)
Mère célibataire, %	2 (6)
Diabète gestationnel, %	10 (28)
Reprise du travail, %	
Travaille entre 0 et 5 mois	66 (178)
Travaille entre 6 et 12 mois/Ne travaille pas	34 (90)
Pratiques d'alimentation du nourrisson	
Durée d'allaitement, %	
< 3,0 mois	30 (81)
3,0-5,9 mois	26 (70)
≥ 6,0 mois	34 (90)
Manquant	10 (27)
Age de diversification alimentaire, %	
< 6,0 mois	30 (81)
≥ 6,0 mois	70 (187)

Les valeurs sont des moyennes ± écart type ou des pourcentages (n).

Les différents types d'aliments consommés par le nourrisson évoluaient fortement entre les trois âges (**Tableau 9**). Ainsi, la proportion de lait consommé dans l'alimentation du nourrisson diminuait de 90 % entre trois et six mois à 35 % entre dix et 12 mois (toutes les $p < 0,0001$) au profit des aliments solides, quel que soit leur mode de préparation (aliments bébés ou adultes du commerce, aliments faits maison) (toutes les $p < 0,0001$).

Tableau 9. Proportions des différents types d'aliments utilisés aux différents âges chez les nourrissons de l'étude OPALINE

	3-6 mois ^{1,2}	7-9 mois ^{1,2}	10-12 mois ^{1,2}
	n = 251	n = 266	n = 264
Proportion d'utilisation d'aliments bébés du commerce	7 ± 9	23 ± 16	26 ± 18
Proportion d'utilisation d'aliments adultes du commerce	0 ± 2	7 ± 8	20 ± 14
Proportion d'utilisation d'aliments faits maison	3 ± 5	13 ± 11	15 ± 11
Proportion d'utilisation de laits (lait maternel, préparations infantiles, lait d'animaux) et boissons végétales	90 ± 12	55 ± 15	35 ± 15

¹La somme des pourcentages n'est pas égale à 100 % car le type de certains aliments du carnet alimentaire était manquant.

²Les valeurs sont des moyennes ± écart type.

3.2. Expositions alimentaires au sucre et au gras

3.2.1. Exposition nutritionnelle

Dans l'étude EDEN, 56 % de l'AE provenaient des glucides à huit et 12 mois, alors que 31 % et 30 % de l'AE provenaient des lipides à huit et 12 mois, respectivement (**Tableau 7**). Parmi les nourrissons de huit mois, seulement 5 % avaient des apports en lipides équivalents ou supérieurs à 40 % de l'AE (recommandation de l'EFSA pour cet âge), 24 % avaient des apports en lipides entre 35 et 40 % de l'AE et 71 % avaient des apports en lipides inférieurs à 35 % de l'AE. A 12 mois, ces proportions étaient respectivement de 2 %, 10 % et 88 % de l'AE. En comparaison, 89 % des nourrissons à huit mois et 87 % des nourrissons à 12 mois avaient des apports en glucides équivalents ou supérieurs à 50 % de l'AE (recommandation PNNS pour l'enfant et l'adulte). De plus, à huit et 12 mois, 30 % et 39 % des nourrissons consommaient des sucres ajoutés (consommation médiane de sucres ajoutés : 13,3 [4,1-40,0] g/j à huit mois et 8,3 [3,3-36,7] g/j à 12 mois) et 16 % et 27 % des matières grasses ajoutées (consommation médiane de matières grasses ajoutées : 1,3 [0,7-1,7] g/j à huit mois et 1,5 [0,7-2,1] g/j à 12 mois), respectivement.

3.2.2. Exposition sensorielle

La **Figure 16** présente la distribution de l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras chez les nourrissons de l'étude OPALINE aux âges étudiés. Entre trois et six mois, l'exposition moyenne journalière à la saveur sucrée était de $6,8 \pm 2,8$ et à la sensation de gras de $7,5 \pm 2,3$ correspondant par exemple à la consommation de quatre biberons de préparation infantile dont l'un avec des céréales infantiles dans la journée. Entre sept et neuf mois, l'exposition moyenne à la saveur sucrée était de $11,4 \pm 3,0$ et à la sensation de gras de $9,9 \pm 1,7$ correspondant par exemple à la consommation de trois biberons de préparations infantiles dont l'un avec des céréales infantiles, une purée de légumes avec viande et ajout de matières grasses, une compote de fruit et un yaourt nature avec ajout de sucre dans la journée. Enfin, entre dix et 12 mois, l'exposition moyenne à la saveur sucrée était de $14,7 \pm 4,1$ et à la sensation de gras de $12,2 \pm 2,5$ représentant par exemple la consommation de deux biberons de lait de croissance dont l'un avec des céréales infantiles sucrées, deux purées de légumes avec viande et ajout de matières grasses, deux compotes de fruit et un yaourt bébé du commerce aromatisé dans la journée.

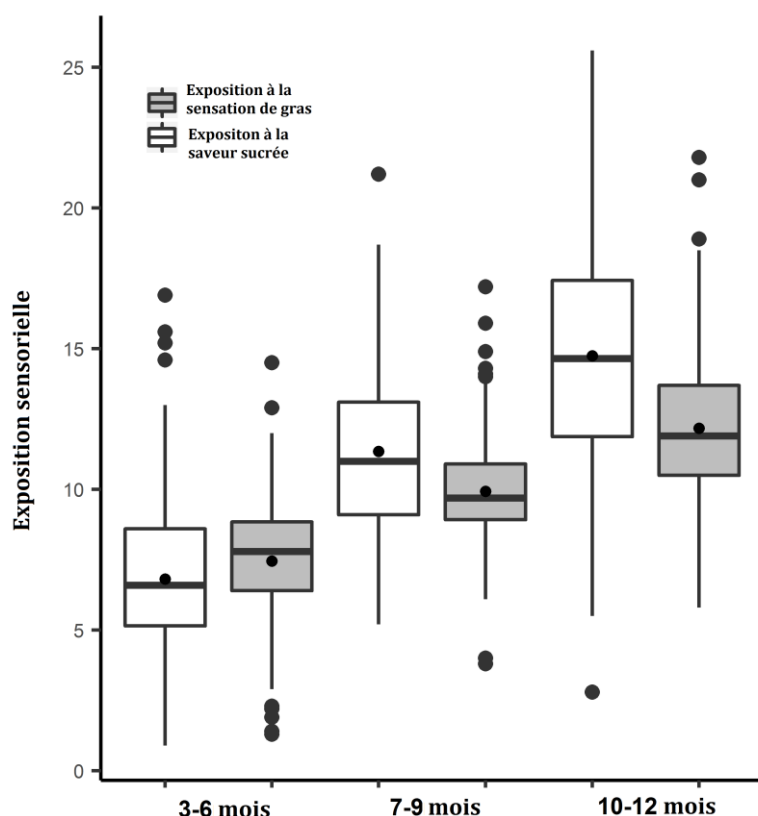


Figure 16. Distribution de l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras chez les nourrissons de l'étude OPALINE entre trois et six mois (n = 251), entre sept et neuf mois (n = 266) et entre dix et 12 mois (n = 264).

Les valeurs sont présentées sous forme de box-plots où les lignes horizontales indiquent le 25^{ème}, 50^{ème} (i.e., médiane), et 75^{ème} percentiles. Les lignes verticales et leurs longueurs représentent les valeurs pivots situées de part et d'autre de la boîte, à une distance valant 1,5 fois l'écart interquartile. Les points au-delà des lignes verticales représentent les valeurs extrêmes. Les valeurs représentent les intensités sensorielles (zéro à 10) sommées pour tous les aliments consommés par jour.

Entre sept et neuf mois, les expositions à la saveur sucrée et à la sensation de gras étaient supérieures à celles entre trois et six mois ($p < 0,0001$). De plus, l'augmentation de l'exposition à la saveur sucrée entre trois et six mois et entre sept et neuf mois était supérieure à celle de l'augmentation de l'exposition à la sensation de gras ($p < 0,0001$). Entre dix et 12 mois, les expositions à la saveur sucrée et à la sensation de gras étaient supérieures à celles entre sept et neuf mois ($p < 0,0001$). L'exposition à la saveur sucrée était corrélée modérément entre les périodes entre trois et six mois et entre sept et neuf mois ($r = 0,40$, $p < 0,0001$) et entre les périodes entre sept et neuf mois et entre dix et 12 mois ($r = 0,63$, $p < 0,0001$). L'exposition à la

sensation de gras était modérément voire faiblement corrélée entre les périodes entre trois et six mois et entre sept et neuf mois ($r = 0,26$, $p < 0,0001$) et entre les périodes entre sept et neuf mois et entre dix et 12 mois ($r = 0,49$, $p < 0,0001$). Enfin, l'exposition à la saveur sucrée était très corrélée à l'exposition à la sensation de gras entre trois et six mois ($r = 0,72$, $p < 0,0001$), entre sept et neuf mois ($r = 0,69$, $p < 0,0001$) et entre dix et 12 mois ($r = 0,68$, $p < 0,0001$).

3.3. Associations entre l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras et les caractéristiques du nourrisson et de la mère et les pratiques d'alimentation du nourrisson

3.3.1. Associations entre l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras et les caractéristiques du nourrisson et de la mère

Dans les analyses multivariées, le poids de naissance, l'âge gestationnel, les revenus mensuels du ménage et le tabagisme maternel pendant la grossesse n'étaient pas associés à l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras (**Tableau 10** et **Tableau 11**). Les nourrissons de Poitiers avaient un apport plus élevé en glucides, plus faible en lipides et une probabilité plus importante d'être consommateur de matières grasses ajoutées à huit et 12 mois. Uniquement à huit mois, les nourrissons de Poitiers avaient une probabilité plus importante d'être consommateurs de sucres ajoutés. Un niveau d'études maternel plus élevé était associé à un apport plus élevé en lipides (p de tendance = 0,0001) à huit mois. Les garçons avaient une probabilité plus élevée d'être consommateur de sucres ajoutés que les filles à huit mois. Les nourrissons ayant une mère multipare avaient une probabilité plus élevée d'être consommateur de sucres ajoutés à 12 mois.

Tableau 10. Associations (β [IC 95 %]) entre les apports en glucides et lipides à huit et 12 mois et les caractéristiques du nourrisson et de la mère dans l'étude EDEN.

Centre	8 mois (n = 1 275)		12 mois (n = 1 219)	
	Apport en glucides (%AE)	Apport en lipides (%AE)	Apport en glucides (%AE)	Apport en lipides (%AE)
Nancy	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Poitiers	0,8 [0,2 ; 1,3]	-1,0 [-1,4 ; -0,5]	1,0 [0,4 ; 1,7]	-1,3 [-1,8 ; -0,7]
Caractéristiques du nourrisson				
Sexe				
Fille	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Garçon	0,3 [-0,3 ; 0,8]	-0,3 [-0,7 ; 0,2]	0,1 [-0,6 ; 0,8]	-0,3 [-0,8 ; 0,3]
Age gestationnel (SA)	0,1 [-0,1 ; 0,3]	-0,1 [-0,3 ; 0,1]	-0,0 [-0,2 ; 0,2]	-0,0 [-0,2 ; 0,2]
Poids de naissance (kg)	-0,3 [-1,0 ; 0,3]	0,2 [-0,4 ; 0,8]	-0,2 [-1,0 ; 0,7]	0,1 [-0,6 ; 0,7]
Caractéristiques maternelles				
Age à l'accouchement (année)	-0,0 [-0,1 ; 0,04]	0,1 [-0,01 ; 0,1]	0,1 [-0,01 ; 0,1]	-0,0 [-0,1 ; 0,03]
Primipare				
Oui	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Non	0,0 [-0,6 ; 0,6]	-0,4 [-1,1 ; 0,2]	-0,6 [-1,3 ; 0,2]	0,1 [-0,5 ; 0,7]
Niveau d'études	$p = 0,14$	$p = 0,001$	$p = 0,74$	$p = 0,35$
< Baccalauréat	0,8 [0,02 ; 1,7]	-1,4 [-2,1 ; -0,7]	0,1 [-1,0 ; 1,1]	-0,4 [-1,2 ; 0,5]
Baccalauréat	0,8 [0,03 ; 1,7]	-0,8 [-1,6 ; -0,1]	0,4 [-0,6 ; 1,4]	-0,5 [-1,3 ; 0,3]
2 années post-baccalauréat	0,5 [-0,2 ; 1,2]	-0,4 [-1,1 ; 0,2]	-0,2 [-1,0 ; 0,7]	0,3 [-0,5 ; 1,0]
> 2 années post-baccalauréat	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Revenus mensuels du ménage	$p = 0,30$	$p = 0,15$	$p = 0,53$	$p = 0,27$
< 1 501 €/mois	0,9 [-0,2 ; 1,9]	-0,8 [-1,7 ; 0,2]	-0,1 [-1,5 ; 1,3]	-0,4 [-1,6 ; 0,7]
[1 501-2 300] €/mois	0,7 [-0,1 ; 1,5]	-0,8 [-1,5 ; -0,1]	0,5 [-0,4 ; 1,5]	-0,8 [-1,6 ; 0,003]
[2 301-3 000] €/mois	0,4 [-0,3 ; 1,1]	-0,3 [-0,9 ; 0,3]	0,4 [-0,4 ; 1,3]	-0,4 [-1,1 ; 0,3]
> 3 000 €/mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
<i>Modèles de régression linéaire multiple également ajustés sur l'apport énergétique.</i>				

Tableau 10 (suite). Associations (β [IC 95 %]) entre les apports en glucides et lipides à huit et 12 mois et les caractéristiques du nourrisson et de la mère dans l'étude EDEN.

	8 mois (n = 1 275)		12 mois (n = 1 219)	
	Apport en glucides (%AE)	Apport en lipides (%AE)	Apport en glucides (%AE)	Apport en lipides (%AE)
Caractéristiques maternelles				
Diabète gestationnel				
Non	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Oui	0,9 [-0,1 ; 2,0]	-0,9 [-1,9 ; 0,04]	0,6 [-0,8 ; 1,9]	-0,2 [-1,3 ; 0,9]
Tabagisme maternel pendant la grossesse				
Non-fumeuse	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Fumeuse	0,1 [-0,5 ; 0,7]	-0,3 [-0,9 ; 0,3]	0,6 [-0,2 ; 1,4]	-0,3 [-1,0 ; 0,4]

Modèles de régression linéaire multiple également ajustés sur l'apport énergétique.

Tableau 11. Association (OR [IC 95 %]) entre le fait d'être consommateur de sucres et de matières grasses ajoutés à huit et 12 mois et les caractéristiques du nourrisson et de la mère dans l'étude EDEN.

Centre	8 mois (n = 1 275)		12 mois (n = 1 219)	
	Consommateur de sucres ajoutés		Consommateur de sucres ajoutés	
	Consommateur de sucres ajoutés	Consommateur de matières grasses ajoutées	Consommateur de sucres ajoutés	Consommateur de matières grasses ajoutées
Nancy	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]
Poitiers	1,3 [1,04 ; 1,7]	2,5 [1,9 ; 3,4]	1,1 [0,9 ; 1,4]	1,4 [1,1 ; 1,9]
Caractéristiques du nourrisson				
Sexe				
Fille	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]
Garçon	1,3 [1,04 ; 1,7]	1,2 [0,8 ; 1,6]	1,3 [0,98 ; 1,6]	1,0 [0,7 ; 1,3]
Age gestationnel (SA)	1,0 [0,9 ; 1,1]	1,1 [0,98 ; 1,3]	1,0 [0,9 ; 1,1]	1,1 [0,98 ; 1,2]
Poids de naissance (kg)	1,3 [0,96 ; 1,8]	0,9 [0,6 ; 1,4]	1,1 [0,8 ; 1,4]	0,8 [0,6 ; 1,1]
Caractéristiques maternelles				
Age à l'accouchement (année)	1,0 [0,98 ; 1,0]	1,0 [0,98 ; 1,1]	1,0 [0,99 ; 1,1]	1,0 [1,01 ; 1,1]
Primipare				
Oui	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]
Non	1,0 [0,8 ; 1,3]	1,1 [0,8 ; 1,6]	1,3 [1,01 ; 1,7]	1,3 [0,98 ; 1,7]
Niveau d'études	$p = 0,07$	$p = 0,08$	$p = 0,81$	$p = 0,57$
< Baccalauréat	1,3 [0,9 ; 1,9]	0,6 [0,4 ; 1,02]	1,1 [0,8 ; 1,6]	0,9 [0,6 ; 1,3]
Baccalauréat	1,1 [0,8 ; 1,6]	0,7 [0,4 ; 1,2]	1,2 [0,8 ; 1,7]	0,8 [0,5 ; 1,2]
2 années post-baccalauréat	0,8 [0,5 ; 1,1]	1,1 [0,8 ; 1,7]	1,1 [0,8 ; 1,5]	1,0 [0,7 ; 1,5]
> 2 années post-baccalauréat	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]
Revenus mensuels du ménage	$p = 0,06$	$p = 0,41$	$p = 0,56$	$p = 0,52$
<1 501 €/mois	1,7 [1,02 ; 2,7]	1,3 [0,7 ; 2,4]	1,4 [0,9 ; 2,3]	1,1 [0,7 ; 2,0]
[1 501-2 300] €/mois	1,3 [0,9 ; 1,8]	1,5 [0,9 ; 2,4]	1,1 [0,8 ; 1,6]	1,3 [0,9 ; 1,9]
[2 301-3 000] €/mois	0,9 [0,7 ; 1,3]	1,2 [0,8 ; 1,8]	1,2 [0,8 ; 1,6]	1,0 [0,7 ; 1,4]
>3 000 €/mois	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]

Modèles de régression logistique multiple.

Tableau 11 (suite). Association (OR [IC 95 %]) entre le fait d’être consommateur de sucres et de matières grasses ajoutés à huit et 12 mois et les caractéristiques du nourrisson et de la mère dans l’étude EDEN.

	8 mois (n = 1 275)		12 mois (n = 1 219)	
	Consommateur de sucres ajoutés	Consommateur de matières grasses ajoutées	Consommateur de sucres ajoutés	Consommateur de matières grasses ajoutées
Diabète gestationnel				
Non	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Oui	1,2 [0,7 ; 1,9]	1,2 [0,6 ; 2,1]	0,9 [0,5 ; 1,4]	0,9 [0,5 ; 1,5]
Tabagisme maternel pendant la grossesse				
Non-fumeuse	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Fumeuse	1,2 [0,9 ; 1,6]	0,8 [0,5 ; 1,2]	1,1 [0,9 ; 1,5]	1,1 [0,8 ; 1,5]
Modèles de régression logistique multiple.				

3.3.2. Association entre l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras et les pratiques d'alimentation du nourrisson

Après ajustement sur les pratiques d'alimentation du nourrisson et les profils d'alimentation maternelle durant la grossesse, les associations entre les caractéristiques du nourrisson et de la mère et les apports en glucides, en lipides, la consommation de sucres ajoutés, la consommation de matières grasses ajoutées aux deux âges restaient inchangées, à part l'association entre le statut primipare et la consommation de sucres ajoutés à 12 mois qui n'était plus significative.

La durée d'allaitement n'était significativement associée ni aux apports en glucides ou en lipides, ni au fait d'être consommateur de sucres ajoutés ou de matières grasses ajoutées (**Tableau 12** et **Tableau 13**). A huit mois, une diversification alimentaire après six mois était associée à un apport en glucides plus faible ($p < 0,0001$) et à un apport plus élevé en lipides ($p < 0,0001$). A 12 mois, un score plus élevé de profil d'alimentation maternelle de type occidental pendant la grossesse et l'utilisation plus fréquente d'aliments bébés du commerce étaient associés à un apport plus élevé en glucides alors que l'utilisation plus fréquente d'aliments adultes du commerce était associée à un apport en glucides plus faible. A 12 mois, l'utilisation plus fréquente d'aliments bébés du commerce et faits maisons était associée à un apport en lipides plus faible.

A huit mois, un score plus élevé de profil d'alimentation maternelle de type occidental pendant la grossesse était associé négativement au fait d'être un consommateur de matières grasses ajoutées. A huit mois, un score plus élevé de profil d'alimentation maternelle de type sain pendant la grossesse était associé positivement au fait d'être un consommateur de sucres ajoutés alors qu'une diversification au-delà de six mois était associée négativement au fait d'être un consommateur de sucres ajoutés (p de tendance = 0,01). A 12 mois, l'utilisation plus fréquente d'utilisation d'aliments faits maison était associée positivement au fait d'être un consommateur de matières grasses ajoutées. A 12 mois, une diversification alimentaire avant quatre mois et une fréquence d'utilisation plus élevée de tous les types d'aliments solides étaient associées positivement au fait d'être un consommateur de sucres ajoutés.

Des ajustements sur l'IMC de l'enfant ou sur les z-scores de poids-pour-âge (définition OMS) à huit mois et 12 mois ne modifiaient pas ces associations. Des ajustements supplémentaires sur l'apport en protéines (exprimé en % de l'AE) ont été effectués mais ne modifiaient pas les associations entre l'apport en lipides et les facteurs précédemment associés alors que l'apport en glucides était associé aux mêmes facteurs que l'apport en lipides mais dans des directions opposées, de manière attendue.

Tableau 12. Association (β [IC 95 %]) entre l'apport en glucides et en lipides, à huit et 12 mois, et les pratiques d'alimentation du nourrisson dans l'étude EDEN.

	8 mois (n = 1 124)		12 mois (n = 1 074)	
	Apport en glucides (% AE)	Apport en lipides (% AE)	Apport en glucides (% AE)	Apport en lipides (% AE)
Profil d'alimentation maternelle pendant la grossesse (scores d'ACP)				
Sain	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	0,1 [-0,2 ; 0,4]	0,2 [-0,2 ; 0,5]	-0,2 [-0,5 ; 0,1]
Occidental	0,3 [-0,02 ; 0,6]	-0,2 [-0,4 ; 0,1]	0,4 [0,003 ; 0,8]	-0,1 [-0,5 ; 0,2]
Pratiques d'alimentation du nourrisson				
Durée d'allaitement	$p = 0,33$	$p = 0,26$	$p = 0,70$	$p = 0,40$
Jamais	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
< 3,0 mois	0,3 [-0,5 ; 1,0]	0,1 [-0,8 ; 0,5]	0,4 [-0,6 ; 1,3]	-0,2 [-1,0 ; 0,6]
[3,0-5,9] mois	0,6 [-0,2 ; 1,4]	-0,3 [-1,0 ; 0,4]	0,6 [-0,5 ; 1,6]	-0,5 [-1,3 ; 0,3]
≥ 6,0 mois	-0,1 [-1,0 ; 0,8]	0,4 [-0,4 ; 1,2]	0,2 [-0,9 ; 1,2]	0,2 [-0,7 ; 1,1]
Age de diversification alimentaire	$p < 0,0001$	$p < 0,0001$	$p = 0,73$	$p = 0,02$
< 4 mois	0,7 [0,1 ; 1,4]	-1,0 [-1,6 ; -0,4]	-0,2 [-1,1 ; 0,6]	-0,7 [-1,4 ; 0,04]
[4-6] mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
> 6 mois	-1,4 [-2,1 ; -0,7]	1,8 [1,2 ; 2,4]	-0,3 [-1,2 ; 0,5]	0,4 [-0,3 ; 1,1]
			n = 884	n = 884
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce (score de 1 à 4)			2,7 [2,0 ; 3,5]	-1,5 [-2,2 ; -0,9]
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce (score de 1 à 4)			-2,0 [-2,9 ; -1,1]	0,5 [-0,3 ; 1,3]
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison (score de 1 à 4)			0,1 [-0,7 ; 0,9]	-0,8 [-1,5 ; -0,1]

Modèles de régression linéaire multiple ajustés également sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge avant accouchement, statut primipare, diabète gestationnel, niveau d'études de la mère, revenus mensuels du ménage, tabagisme maternel pendant la grossesse et l'apport énergétique (AE).

ACP, analyse en composante principale.

Tableau 13. Association (OR [IC 95 %]) entre le fait d'être un consommateur de sucres et de matières grasses ajoutés, à huit et 12 mois, et les pratiques d'alimentation du nourrisson dans l'étude EDEN.

	8 mois (n = 1 124)		12 mois (n = 1 074)	
	Consommateur de sucres ajoutés	Consommateur de matières grasses ajoutées	Consommateur de sucres ajoutés	Consommateur de matières grasses ajoutées
Profil d'alimentation maternelle pendant la grossesse (scores d'ACP)				
Sain	1,2 [1,03 ; 1,4]	1,2 [0,97 ; 1,4]	1,0 [0,9 ; 1,2]	1,1 [0,97 ; 1,3]
Occidental	1,0 [0,9 ; 1,1]	0,8 [0,7 ; 0,97]	1,0 [0,8 ; 1,1]	1,0 [0,9 ; 1,2]
Pratiques d'alimentation du nourrisson				
Durée d'allaitement	$p = 0,90$	$p = 0,15$	$p = 0,75$	$p = 0,52$
Jamais	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]
< 3,0 mois	1,1 [0,8 ; 1,6]	0,9 [0,6 ; 1,5]	1,1 [0,8 ; 1,5]	1,0 [0,7 ; 1,4]
[3,0-5,9] mois	1,0 [0,7 ; 1,4]	1,2 [0,8 ; 2,0]	1,2 [0,8 ; 1,8]	1,2 [0,8 ; 1,9]
≥ 6,0 mois	1,1 [0,7 ; 1,7]	1,6 [0,98 ; 2,8]	1,2 [0,8 ; 1,7]	1,2 [0,8 ; 1,9]
Age de diversification alimentaire	$p = 0,0005$	$p = 0,09$	$p = 0,005$	$p = 0,002$
< 4 mois	1,4 [0,99 ; 1,9]	1,0 [0,6 ; 1,5]	1,6 [1,2 ; 2,2]	1,7 [1,2 ; 2,4]
[4-6] mois	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]	1,0 [Ref]
> 6 mois	0,6 [0,4 ; 0,9]	0,6 [0,4 ; 0,99]	1,0 [0,7 ; 1,3]	1,0 [0,7 ; 1,4]
			n = 884	n = 884
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce (score de 1 à 4)			1,7 [1,2 ; 2,3]	0,9 [0,6 ; 1,2]
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce (score de 1 à 4)			3,9 [2,6 ; 5,8]	1,1 [0,7 ; 1,6]
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison (score de 1 à 4)			2,5 [1,8 ; 3,6]	3,5 [2,4 ; 5,1]

Modèles de régression logistique multiple ajustés sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge avant accouchement, le statut primipare, le diabète gestationnel, le niveau d'études de la mère, les revenus mensuels du ménage, le tabagisme maternel pendant la grossesse et l'apport énergétique (AE).

ACP, analyse en composante principale.

3.4. Associations entre l'exposition sensorielle au sucre et au gras et les caractéristiques du nourrisson et de la mère et les pratiques d'alimentation du nourrisson

3.4.1. Associations entre l'exposition sensorielle au sucre et au gras et les caractéristiques du nourrisson et de la mère

En analyse multivariée, un niveau d'études maternel plus élevé était associé à une exposition à la sensation de gras plus élevée entre sept et neuf mois (p de tendance = 0,04) et entre dix et 12 mois (p de tendance = 0,004) (**Tableau 14**). Les garçons étaient plus exposés que les filles à la sensation de gras entre trois et six mois et entre dix et 12 mois, et à la saveur sucrée entre dix et 12 mois. Enfin, les mères ne travaillant pas à six mois exposaient plus leur nourrisson à la saveur sucrée entre sept et neuf mois et entre dix et 12 mois ainsi qu'à la sensation de gras entre dix et 12 mois.

Tableau 14. Associations (β [IC 95 %]) entre l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras entre trois et six mois, entre sept et neuf mois et entre dix et 12 mois et les caractéristiques du nourrisson et de la mère dans l'étude OPALINE

		3-6 mois (n = 251)		7-9 mois (n = 266)		10-12 mois (n = 264)	
		Exposition à la saveur sucrée	Exposition à la sensation de gras	Exposition à la saveur sucrée	Exposition à la sensation de gras	Exposition à la saveur sucrée	Exposition à la sensation de gras
Caractéristiques du nourrisson							
Sexe du nourrisson							
Fille		0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]
Garçon		0,7 [-0,02 ; 1,4]	0,8 [0,2 ; 1,4]	0,5 [-0,2 ; 1,3]	0,2 [-0,3 ; 0,6]	1,6 [0,6 ; 2,5]	0,6 [0,02 ; 1,2]
Caractéristiques maternelles							
Niveau d'études		$p = 0,78$	$p = 0,69$	$p = 0,68$	$p = 0,13$	$p = 0,31$	$p = 0,005$
Baccalauréat ou moins		0,1 [-0,8 ; 1,0]	-0,1 [-0,8 ; 0,7]	0,3 [-0,7 ; 1,3]	-0,6 [-1,2 ; -0,002]	-0,3 [-1,6 ; 1,0]	-1,3 [-2,1 ; -0,5]
2 années post-baccalauréat		0,3 [-0,5 ; 1,1]	0,2 [-0,4 ; 0,9]	0,3 [-0,5 ; 1,2]	-0,3 [-0,8 ; 0,2]	0,7 [-0,4 ; 1,8]	-0,4 [-1,1 ; 0,2]
> 2 années post- baccalauréat		0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]
Reprise du travail		$p = 0,79$	$p = 0,45$	$p = 0,02$	$p = 0,06$	$p = 0,04$	$p = 0,008$
Travail entre 0 et 5 mois		0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]
Ne travaille pas à 6 mois		0,1 [-0,6 ; 0,9]	-0,2 [-0,9 ; 0,4]	0,9 [0,1 ; 1,7]	0,4 [-0,01 ; 0,9]	1,1 [0,1 ; 2,2]	0,9 [0,2 ; 1,5]
<i>Modèles de régression linéaire multiple.</i>							

3.4.2. Association entre exposition sensorielle au sucre et au gras et les pratiques d'alimentation du nourrisson

Après ajustement sur les pratiques d'alimentation du nourrisson, toutes les associations avec les caractéristiques du nourrisson et de la mère restaient inchangées. Aux trois périodes considérées, une durée d'allaitement d'au moins six mois était associée à une exposition à la saveur sucrée plus élevée mais pas à celle de la sensation de gras (**Tableau 15**). Une diversification alimentaire avant six mois était associée à une exposition à la saveur sucrée plus élevée aux trois périodes considérées, alors qu'elle était associée à une exposition à la sensation de gras plus élevée uniquement entre trois et six mois. Entre sept et neuf mois et entre dix et 12 mois, une utilisation plus importante de tous les types d'aliments solides (bébé du commerce, adulte du commerce, fait maison) était associée à une exposition plus importante à la saveur sucrée et à la sensation de gras.

Des analyses supplémentaires centrées sur la durée d'allaitement ont montré que la fréquence hebdomadaire des repas lactés était plus élevée chez les nourrissons exclusivement allaités que chez les nourrissons exclusivement nourris avec des préparations infantiles : entre trois et six mois, $31,5 \pm 17,6$ vs. $26,0 \pm 7,1$ ($p = 0,006$) ; entre sept et neuf mois, $35,1 \pm 15,9$ vs. $22,1 \pm 5,4$; entre dix et 12 mois, $32,9 \pm 13,1$ vs. $17,0 \pm 6,1$ ($p < 0,0001$).

De plus, après ajustement sur l'âge d'introduction des préparations infantiles, les associations entre la durée d'allaitement et l'exposition à la sensation de gras restaient inchangées et l'association entre la durée d'allaitement et l'exposition à la saveur sucrée entre dix et 12 mois devenait non significative ($p = 0,21$).

Tableau 15. Associations (β [IC 95 %]) entre l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras entre trois et six mois, entre sept et neuf mois et entre dix et 12 mois et les pratiques d'alimentation du nourrisson dans l'étude OPALINE.

	3-6 mois (n = 251)		7-9 mois (n = 266)		10-12 mois (n = 264)	
	Exposition à la saveur sucrée	Exposition à la sensation de gras	Exposition à la saveur sucrée	Exposition à la sensation de gras	Exposition à la saveur sucrée	Exposition à la sensation de gras
Durée d'allaitement						
< 3,0 mois	$p < 0,0001$ 0 [Ref]	$p = 0,54$ 0 [Ref]	$p < 0,0001$ 0 [Ref]	$p = 0,90$ 0 [Ref]	$p = 0,01$ 0 [Ref]	$p = 0,15$ 0 [Ref]
3,0-5,9 mois	0,4 [-0,4 ; 1,2]	-0,5 [-1,2 ; 0,3]	-0,2 [-1,0 ; 0,6]	-0,1 [-0,7 ; 0,4]	-0,4 [-1,6 ; 0,7]	0,1 [-0,6 ; 0,8]
≥ 6,0 mois	2,6 [1,8 ; 3,4]	-0,3 [-1,1 ; 0,4]	1,6 [0,8 ; 2,4]	0,0 [-0,5 ; 0,6]	1,3 [0,1 ; 2,4]	0,7 [0,0 ; 1,4]
Manquant	-0,2 [-1,2 ; 0,9]	0,2 [-0,8 ; 1,2]	-0,3 [-1,4 ; 0,7]	-0,1 [-0,9 ; 0,6]	-0,6 [-2,1 ; 1,0]	0,1 [-0,9 ; 1,4]
Age de diversification alimentaire						
< 6,0 mois	$p < 0,0001$ 2,3 [1,7 ; 3,0]	$p = 0,04$ 0,7 [0,05 ; 1,3]	$p = 0,046$ 0,7 [0,01 ; 1,4]	$p = 0,40$ 0,2 [-0,3 ; 0,7]	$p = 0,004$ 1,4 [0,5 ; 2,4]	$p = 0,33$ 0,3 [-0,3 ; 0,9]
≥ 6,0 mois	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]	0 [Ref]
Proportion d'utilisation d'aliments bébés du commerce (par 10%)			1,6 [1,2 ; 2,0]	0,7 [0,4 ; 1,0]	1,2 [0,9 ; 1,5]	0,9 [0,7 ; 1,1]
Proportion d'utilisation d'aliments adultes du commerce (par 10%)			1,6 [1,2 ; 2,0]	0,2 [0,003 ; 0,3]	1,5 [1,2 ; 1,9]	0,3 [0,06 ; 0,5]
Proportion d'utilisation d'aliments faits maison (par 10%)			0,9 [0,7 ; 1,2]	0,4 [0,1 ; 0,6]	0,9 [0,4 ; 1,4]	0,6 [0,3 ; 0,9]

Les modèles de régression linéaire multiple ont été ajustés sur le sexe, le niveau d'études de la mère et la reprise du travail au cours de la première année de vie du nourrisson.

4. Discussion

4.1. Synthèse des résultats

Dans l'étude EDEN, chez les nourrissons qui n'étaient pas allaités lors du recueil des données alimentaires, moins de cinq pourcent des nourrissons atteignaient les recommandations sur l'apport en lipides de l'EFSA (40 % de l'AE). De plus, moins d'un sixième des nourrissons étaient des consommateurs de matières grasses ajoutées à huit mois, et moins d'un tiers à 12 mois. A l'inverse, plus de quatre cinquième des nourrissons avaient un apport en glucides supérieur à 50 % de l'AE (recommandation PNNS pour l'enfant et l'adulte) à huit et 12 mois. Par ailleurs, plus de 30 % des nourrissons étaient des consommateurs de sucres ajoutés. En comparaison, les expositions à la saveur sucrée et à la sensation de gras augmentaient durant la première année de vie. De plus, l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras étaient très corrélées. Cependant, l'exposition à la sensation de gras augmentait plus lentement que l'exposition à la saveur sucrée.

Enfin, les caractéristiques du nourrisson ou de la mère étaient marginalement associées à l'exposition nutritionnelle et sensorielle au sucre et au gras (**Tableau 16**). En effet, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge à l'accouchement, l'IMC avant la grossesse et le diabète gestationnel n'étaient pas associés à l'exposition alimentaire au sucre et au gras selon les deux approches. Seuls, le sexe et le niveau d'études maternel, étaient associés à l'exposition nutritionnelle et sensorielle au sucre et au gras. Tandis que le statut primipare était uniquement associé à l'exposition nutritionnelle au sucre, la reprise du travail de la mère était uniquement associée à l'exposition sensorielle au sucre.

En comparaison, plus d'associations ont été constatées entre les pratiques d'alimentation du nourrisson et les expositions alimentaires au sucre et au gras selon les deux approches. L'âge de diversification alimentaire et le type d'aliments utilisés étaient associés à l'exposition alimentaire au sucre et au gras selon les deux approches alors que la durée d'allaitement n'était qu'associée à l'exposition sensorielle au sucre.

Tableau 16. Récapitulatif des associations entre les facteurs associés à l'exposition nutritionnelle et sensorielle au sucre et au gras.

	Exposition nutritionnelle au sucre		Exposition sensorielle au sucre		Exposition nutritionnelle au gras		Exposition sensorielle au gras	
	Apport en glucides	Consommateur de sucres ajoutés	Exposition à la saveur sucrée	Apport en lipides	Consommateur de matières grasses ajoutées	Exposition à la sensation de gras		
Caractéristiques du nourrisson								
Garçon	NS	+	+	NS	NS	+		
Age gestationnel	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Poids de naissance	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Caractéristiques maternelles								
Age à l'accouchement	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Multipare	NS	+	NS	NS	NS	NS		
IMC avant grossesse	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Niveau d'études < 2 années post-baccalauréat	NS	NS	NS	-	NS	-		
Diabète gestationnel	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Pratique d'alimentation du nourrisson								
Durée d'allaitement > 3 mois	NS	NS	+	NS	NS	NS		
Age de diversification alimentaire < 6 mois	-	-	-	+	+	-		
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce	+	+	+	-	NS	+		
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce	-	+	+	NS	NS	+		
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison	NS	+	+	-	+	+		

« NS » : association non significative ; « + » : association positive ; « - » : association négative.

4.2. Comparaison de nos résultats avec les résultats de la littérature

4.2.1. Apports en glucides et en lipides

L'apport en glucides dans notre échantillon (56,2 et 56,0 % de l'AE à huit et 12 mois, respectivement) semblait assez comparable à celui des nourrissons français (55,0 et 53,0 % de l'AE entre huit et neuf mois et entre dix et 12 mois, respectivement) (Fantino & Gourmet, 2008) et à celui des nourrissons australiens et allemands non allaités (56,0 % de l'AE dans les deux études) (Koletzko et al., 2000; Conn et al., 2009). Néanmoins, l'apport en lipides des nourrissons n'étant pas allaités lors des recueils alimentaires à huit et 12 mois dans l'échantillon d'étude EDEN (31,4 et 29,7 % de l'AE à huit et 12 mois, respectivement) semblait inférieur à celui des nourrissons français n'étant pas allaités entre huit et neuf mois (36 % de l'AE) et entre dix et 12 mois en 2005 (34 % de l'AE) (Fantino & Gourmet, 2008). Par ailleurs, comparés à des nourrissons australiens non allaités de neuf mois, à des nourrissons allemands non allaités de 12 mois et à des nourrissons américains allaités ou non entre six et 11 mois, les nourrissons de l'étude EDEN avaient un apport en lipides plus faibles (lipides : 35-36 % de l'AE) (Koletzko et al., 2000; Conn et al., 2009; Butte et al., 2010). Notre échantillon de nourrissons présentait donc des apports en glucides assez similaires aux études nationales et internationales mais des apports en lipides qui semblaient inférieurs.

4.2.2. Facteurs associés à l'exposition alimentaire au sucre et au gras

Le contexte socioéconomique, plus particulièrement le niveau d'études de la mère, pourrait conditionner l'alimentation du nourrisson. En effet, dans les études ALSPAC (*Avon Longitudinal Study of Parents and Children*) et IFPS II (*Infant Feeding Practices Study*), le niveau d'études maternel était un déterminant majeur de la qualité de l'alimentation du nourrisson (Fein et al., 2008; Golley et al., 2012; Emmett & Jones, 2014). En accord avec cela, nos résultats dans l'étude EDEN ont montré qu'un apport en lipides plus faible était associé à un niveau d'études maternel plus faible chez les nourrissons à huit mois. De même dans l'étude OPALINE, un niveau d'études

maternel plus faible était associé à une exposition plus faible à la sensation de gras entre dix et 12 mois. Cependant, dans ces deux études, l'amplitude de l'effet du niveau d'études de la mère semble relativement modeste.

Selon l'âge du nourrisson lors de la reprise du travail de la mère, le nourrisson pourrait être alimenté différemment du fait du recours à un système de mode de garde. En effet, il a été montré que la diversification était plus tardive chez les nourrissons gardés par des tiers autres que les parents (Lange et al., 2013). De plus, les mères qui retournent au travail plus tôt ont recours le plus souvent soit à des services de garde collective (20 % des mères françaises) dans lesquels l'offre alimentaire et les portions sont établies par un diététicien et suivent les recommandations du GEMRCN (GEM-RCN, 2013) ou par des assistantes maternelles ou du personnel à domicile formés aux besoins nutritionnels du nourrisson (39% des mères françaises), sachant que ces chiffres sont plus élevés pour les mères de professions intermédiaires ou cadres (Micheaux & Monso, 2007). Cela pourrait être un canal d'information des mères sur les recommandations sur les pratiques d'alimentation du nourrisson. En effet, selon nos résultats dans l'étude OPALINE, avoir une mère qui ne travaillait pas ou reprenait le travail tardivement entre six et 12 mois était associé à une plus exposition plus importante à la saveur sucrée entre sept et neuf mois et entre dix et 12 mois et à une exposition plus importante à la sensation de gras entre dix et 12 mois comparé au fait d'avoir une mère qui travaille entre zéro et cinq mois. Néanmoins, aucune association entre l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras et la reprise du travail n'a été trouvée dans l'étude EDEN.

Des différences entre sexes dans les scores de profils d'alimentation du nourrisson ont été constatées avec des scores plus élevés chez les garçons que chez les filles pour les profils d'alimentation de type « viandes, légumes et desserts » à six mois mais pas à 15 mois (Smithers et al., 2012). De même, nous avons constaté des différences entre sexes dans nos résultats. Dans l'étude EDEN, les garçons étaient plus consommateurs de sucres ajoutés que les filles à huit mois mais pas à 12 mois. De plus, dans l'étude OPALINE, les garçons avaient une exposition plus

élevée à la sensation de gras entre trois et six mois et entre dix et 12 mois et une exposition plus élevée à la saveur sucrée entre dix et 12 mois que les filles. Cela suggérerait que les mères pourraient donner des aliments plus énergétiques aux garçons qu'aux filles dès la diversification. En effet, il a été montré que les mères percevaient les garçons comme ayant plus faim et ayant besoin de plus d'énergie que les filles (Brown & Rowan, 2016).

La famille pourrait jouer un rôle de modèle pour l'alimentation du nourrisson. Ainsi, des similarités dans les apports nutritionnels des parents et des enfants (moyenne d'âge de 14 ans) ont été constatées au sein des familles qui partagent fréquemment leurs repas (Vauthier et al., 1996). Ainsi, les mères qui auraient tendance à sucrer les aliments des enfants plus âgés pourraient le reproduire avec les aliments du nourrisson. Cela pourrait expliquer l'association trouvée dans l'étude EDEN entre le fait d'avoir des frères et sœurs plus âgés et d'être un plus grand consommateur de sucres ajoutés (à 12 mois).

Il a aussi été suggéré que les mères allaitant plus de six mois respectaient plus les recommandations concernant les pratiques d'alimentation du nourrisson (Wright et al., 2004; Betoko et al., 2013). Selon les recommandations françaises sur les pratiques d'alimentation du nourrisson, il faudrait retarder l'introduction des aliments sucrés et ajouter des matières grasses dès six mois (INPES, 2005). Cependant, dans l'étude EDEN, aucune association n'a été trouvée entre la durée d'allaitement et le fait d'être un consommateur de sucre ajoutés ou de matières grasses ajoutées à huit ou 12 mois. Dans l'étude OPALINE néanmoins, une durée d'allaitement inférieure à six mois était associée à une exposition plus élevée à la saveur sucrée durant la première année de vie, sans association avec l'exposition à la sensation de gras, ce qui pourrait être expliqué par le fait que le nombre de repas lactés était plus important chez les nourrissons allaités que les nourrissons nourris avec des préparations infantiles. Des résultats similaires ont été observés chez des nourrissons anglais de six à 12 mois (Brown & Rowan, 2015). Etant donné notre mode de calcul de l'exposition de la saveur sucrée (multiplication du nombre de tétées de lait maternel par l'intensité sucrée du lait maternel), le nombre de tétées influençait directement

l'exposition à la saveur sucrée. Concernant le gras, la plus grande fréquence de tétées de lait maternel par rapport à la fréquence de tétées de préparation infantile a pu être contrebalancée par l'intensité plus faible de la sensation de gras dans le lait maternel que dans les préparations infantiles (mode de calcul de l'intensité du lait maternel et des préparations infantiles dans le **chapitre 1, paragraphe 2.4**).

Par ailleurs, la diversification alimentaire correspond au passage d'une alimentation exclusivement lactée à une alimentation variée. Par conséquent, plus elle serait précoce et plus les expositions alimentaires au sucre et au gras des nourrissons seraient élevées. Dans l'étude EDEN, une diversification après six mois était associée négativement au fait d'être consommateur de sucres ajoutés alors qu'une diversification avant quatre mois était associée positivement au fait d'être consommateur de sucres ajoutés. Les résultats de l'étude OPALINE suggèrent qu'une diversification avant six mois était associée à une exposition à la saveur sucrée plus élevée durant la première année de vie et à une exposition plus élevée à la sensation de gras entre trois et six mois. Dans l'étude OPALINE, entre sept et neuf mois et entre dix et 12 mois, une utilisation proportionnellement plus importante d'aliments solides était associée à une exposition plus élevée à la saveur sucrée et à la sensation de gras.

Enfin, les expositions alimentaires du nourrisson dépendent du type d'aliments introduits. En Europe, la composition nutritionnelle des aliments infantiles (en termes de quantité et de qualité) est définie par la commission européenne (European Communities, 2006a) alors que la composition en lipides et en sucres des aliments adultes n'est pas définie aussi strictement et peut varier fortement dans une gamme de produits. Par conséquent, l'utilisation des aliments adultes pourrait contribuer à un apport plus élevé en sucres et inadéquat en lipides. Néanmoins, la composition en glucides des desserts (et les puddings) et des boissons sucrées infantiles (jus de fruits, nectars, boissons à base de fruits) du commerce pour les nourrissons et enfants de six à 36 mois peuvent aller jusqu'à 25 g/100g et 15 g/100 ml, respectivement (European Communities, 2006a), ce qui est proche de la composition en glucides des aliments adultes.

Malheureusement, dans la directive européenne, aucune distinction n'est faite entre l'apport en glucides complexes et les mono- et disaccharides (European Communities, 2006a), alors que la définition de sucres libres de l'OMS fait cette distinction (World Health Organization (WHO), 2015). Aussi, il a été montré par exemple que les aliments bébés du commerce contribuaient plus à l'apport en sucres ajoutés du nourrisson que les aliments faits maison (Foterek et al., 2016). En accord avec ces résultats, Smithers et al. ont trouvé qu'un score plus élevé dans le profil d'alimentation de type aliment bébé du commerce à six mois était associé à un apport en glucides plus élevé et un apport en lipides plus faible à huit mois (Smithers et al., 2012). De même, dans l'étude EDEN, l'utilisation fréquente d'aliments bébé du commerce était associée à un apport plus élevé en glucides et plus faible en lipides à 12 mois.

4.2.3. Limites de ces études

Comme dans la majorité des études de cohorte, l'échantillon d'étude EDEN et OPALINE avaient un niveau d'études maternel relativement plus élevé que la moyenne nationale. De plus, les familles de notre étude ont été recrutées dans seulement trois villes françaises. Par conséquent, l'extrapolation de nos résultats à l'ensemble de la population française doit être faite avec prudence.

En particulier dans l'étude EDEN, les résultats de notre étude ne concernent que les nourrissons n'étant pas allaités lors des recueils alimentaires à huit et à 12 mois dans la mesure où seules la fréquence et la durée des tétées étaient déclarées et non la quantité ingérée. Néanmoins, nous avons comparé la composition du lait maternel et celui des préparations infantiles consommées dans EDEN. Grote et al. ont estimé la composition en lipides du lait maternel à 3,0 g/100ml et la composition en glucides à 7,8 g/100ml (Grote et al., 2016). La composition moyenne des préparations infantiles 1^{er} et 2^e âge utilisées dans l'étude EDEN était, respectivement, de 3,1 g/100 ml et 3,4 g/100 ml pour les lipides et de 7,8 g/100 ml et 8,3 g/100

ml pour les glucides. Les différences entre la composition des préparations infantiles et le lait maternel sont donc minimes.

De même, les résultats de l'étude OPALINE doivent être interprétés avec précautions. Tout d'abord, étant donné le peu de données disponibles dans les tables sensorielles, l'étude prospective des expositions à la saveur sucrée et à la sensation de gras du nourrisson reste un challenge (Schwartz et al., 2010; Viskaal-van Dongen et al., 2012; Martin et al., 2014; Lease et al., 2016). Ainsi, pour estimer l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras chez le nourrisson, nous avons dû établir des règles de décision pour gérer le manque de données disponibles. De plus, les tables sensorielles utilisées pour estimer l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras étaient basées sur les notes de panélistes adultes qui pourraient différer de la perception des nourrissons de l'intensité sucrée et de la sensation de gras. Cependant, il n'est pas possible de faire évaluer la perception sensorielle à des nourrissons. Parce que les tables sensorielles utilisées dans l'étude sont basées sur la méthode Spectrum® (Muñoz & Civille, 1992) qui permet d'évaluer des intensités sensorielles de manière « universelle », les notes obtenues respectent une hiérarchie similaire entre produits, quelle que soit la sensibilité du panéliste. Par ailleurs, dans cette étude, la quantité d'aliment consommé n'a pas été mesurée ce qui nous limite dans l'estimation de l'exposition sensorielle du nourrisson. Finalement, la moitié des mères de notre échantillon avait un niveau d'études supérieur à deux années post-baccalauréat et environ 34 % des mères allaitaient leurs nourrissons au moins six mois ce qui est supérieur aux récentes estimations en France (Wagner, 2015). Par conséquent, comme dans la plupart des études observationnelles, il serait nécessaire de répliquer nos analyses sur d'autres populations afin de pouvoir généraliser nos résultats.

5. Conclusion

Ces deux études sur l'exposition alimentaire au sucre et au gras du nourrisson conduites avec deux approches sensorielle et nutritionnelle montrent que ces expositions sont plus liées

aux pratiques d'alimentation du nourrisson qu'aux caractéristiques sociodémographiques des familles. Néanmoins, des différences dans les associations ont été montrées ce qui souligne l'intérêt et la spécificité de chacune des approches. Notre étude sur l'exposition nutritionnelle des nourrissons aux aliments sucrés et gras suggère un apport insuffisant en lipides chez les nourrissons n'étant plus allaités à huit mois et 12 mois.

Ce résultat souligne la nécessité de mieux diffuser les recommandations actuelles du PNNS concernant l'ajout de matières grasses. En effet, les matières grasses peuvent être ajoutées à partir de six mois, en préférant l'ajout de beurre et d'huile, en évitant les fritures et pour la quantité, en ajoutant une cuillère à café d'huile ou une noisette de beurre à chaque repas. Cependant, dans les recommandations du PNNS, aucune information n'a été fournie sur le rationnel derrière l'enrichissement de l'alimentation du nourrisson avec des matières grasses ajoutées, par exemple sur la croissance et le développement cognitif de l'enfant. Ainsi, le manque d'investissement et d'observance des mères dans la pratique de ces recommandations pourrait éventuellement s'expliquer par l'absence d'explications présentées pour l'intérêt de l'enrichissement de l'alimentation avec des matières grasses ajoutées à cette période particulière de la vie.

Pour évaluer si les recommandations de l'OMS vis-à-vis des sucres libres sont bien atteintes, le contenu en sucres libres des aliments devrait être mesuré et inclus dans les tables de composition nutritionnelle.

CHAPITRE 3

LIENS ENTRE L'EXPOSITION NUTRITIONNELLE AU SUCRE ET AU GRAS ET L'APPRECIATION DE LA SAVEUR SUCREE ET DE LA SENSATION DE GRAS CHEZ L'ENFANT D'AGE SCOLAIRE

Article issu de ce chapitre :

Association between carbohydrate and fat intake at 8 and 12 months and liking toward sweetness and fattiness sensation between 9 and 12 years of age: results from the EDEN mother-child cohort. **Yuan WL**, Nicklaus S, Forhan A, C Chabanet, Heude B, Charles MA, Lange C, de Lauzon-Guillain B. *Article en préparation. (Article 4)*

1. Introduction

La période de diversification alimentaire est une période d'apprentissage au cours de laquelle l'enfant découvre de nombreux aspects des aliments tels que leurs caractéristiques sensorielles (textures, saveurs, arômes) et leurs caractéristiques nutritionnelles (apport énergétique) (Nicklaus, 2016). Cette période constitue ainsi une période sensible où les expériences alimentaires affectent l'acceptabilité et les préférences ultérieures des enfants (Beauchamp & Mennella, 1998; Issanchou & Nicklaus, 2015; Nicklaus, 2016). Il a été montré que plus les aliments étaient introduits tôt (avant sept mois) et plus l'alimentation du nourrisson et de l'enfant était diversifiée entre un et dix ans (Cashdan, 1994). Chez l'enfant et l'adulte, les préférences alimentaires dépendent en partie des expositions antérieures c'est-à-dire de la familiarité avec les aliments (Birch, 1979; Birch & Marlin, 1982). Par ailleurs, la saveur sucrée des aliments joue aussi un rôle dans le développement des préférences alimentaires (Birch, 1979; Birch & Marlin, 1982; Liem & Mennella, 2002; Liem & de Graaf, 2004). Même si l'appréciation de la saveur sucrée est innée (Steiner, 1979), l'appréciation de la saveur sucrée est renforcée à travers l'apprentissage, du fait de son apport énergétique (de même que l'appréciation de la sensation de gras) (Birch et al., 1990; Johnson et al., 1991; Birch, 1992; Kern et al., 1993). En effet, l'ingestion d'aliments peut être suivie de conséquences physiologiques positives (bien-être, satiété) mais aussi négatives (nausées, vomissements). Durant une phase d'apprentissage, c'est-à-dire lors des premières consommations de l'aliment, ces conséquences sont associées aux propriétés sensorielles de l'aliment, elles sont mémorisées, puis induisent un changement de l'appréciation de cet aliment (Yeomans, 2012; Nicklaus, 2016). Dans le cas des aliments gras et sucrés, leur ingestion et leur absorption génèrent des conséquences positives de satiété (Birch et al., 1990; Johnson et al., 1991; Birch, 1992; Kern et al., 1993).

A notre connaissance, aucune étude n'a porté sur le lien entre la consommation d'aliments gras durant la première année de vie et les préférences pour les aliments gras de l'enfant d'âge scolaire. En revanche, la consommation d'aliments sucrés au cours de la première année de vie

aurait des conséquences sur les préférences pour les aliments sucrés du nourrisson après un an et de l'enfant d'âge scolaire. Ainsi, la consommation régulière d'eau sucrée (par rapport à sa non consommation) chez le nourrisson avant six mois était associée à la préférence pour des solutions d'eau plus sucrées à six mois et à deux ans (Beauchamp & Moran, 1982; Beauchamp & Moran, 1984). Cependant, ces études étaient menées sur des temps de suivi de moins de deux ans chez le nourrisson (Beauchamp & Moran, 1982; Beauchamp & Moran, 1984) et ne nous permettent pas de conclure sur le lien entre les expositions au sucre du nourrisson durant la première année de vie et la préférence pour des solutions sucrées à plus long terme. Une étude a mis en relation la consommation de sucre du nourrisson et la préférence pour des solutions avec des niveaux de saccharose élevés chez l'enfant d'âge scolaire. Ainsi, la consommation fréquente d'eau sucrée chez le nourrisson ($\geq$ dix fois par semaine) (comparé à une consommation occasionnelle d'eau sucrée) était associée à une préférence accrue pour des solutions sucrées avec une concentration en saccharose élevée par rapport à d'autres solutions avec des concentrations en saccharose plus faibles chez 128 enfants américains entre six et dix ans (Pepino & Mennella, 2005a)

Les études précédemment citées portaient sur des mesures de préférences alimentaires (choix entre plusieurs versions d'un même aliment) et non d'appréciation des aliments (notation d'un aliment sur une échelle hédonique). Préférer des aliments avec des niveaux de sucre ou de gras élevés implique également l'appréciation d'aliments sucrés et gras. A l'inverse, ne pas préférer les aliments avec des niveaux de sucre ou de gras élevés n'est pas forcément synonyme d'une faible appréciation d'aliments sucrés et gras. A notre connaissance, aucune étude longitudinale ne s'est intéressée au lien entre la consommation d'aliments sucrés et gras pendant la période de diversification et l'appréciation à long terme de ces aliments. Enfin, l'appréciation d'une saveur est plus difficile à évaluer que l'appréciation d'un aliment présentant cette saveur. En effet, au niveau conceptuel, apprécier la saveur sucrée d'un aliment sucré ne peut se généraliser à l'appréciation de la saveur sucrée pour tous les aliments sucrés. Ainsi,

mesurer l'appréciation de la saveur sucrée suppose de mesurer l'appréciation de plusieurs aliments ou de plusieurs niveaux de sucre dans les aliments et non uniquement l'appréciation d'un aliment spécifique. En pratique, cette mesure implique des difficultés logistiques si l'on souhaite l'étendre à un grand panel d'enfants. De plus, les tests de préférence effectués avec des solutions de saccharose ou des solutions d'acides gras ou des émulsions lipidiques à partir de triglycérides ne reflètent pas complètement la réalité de l'appréciation de ces saveurs dans des matrices alimentaires réelles. Par conséquent, pour étudier le lien entre les expositions alimentaires au sucre et au gras du nourrisson et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras, il y a un manque d'études prospectives permettant d'aborder la question de l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras de manière générique (et non spécifique) sur de grands échantillons.

Ainsi, l'objectif de l'étude présentée dans ce chapitre est d'analyser de manière prospective le lien entre l'exposition au sucre et au gras pendant la période de diversification alimentaire et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez l'enfant d'âge scolaire (entre neuf et 12 ans) dans l'étude EDEN. Nous nous sommes aussi intéressés plus spécifiquement au lien entre l'exposition au sucre et au gras du nourrisson et l'appréciation de la sensation de gras-sucré chez l'enfant d'âge scolaire.

2. Matériels et méthodes

2.1. Echantillon d'étude

Les différentes étapes de la sélection de la population concernée par cette étude sont présentées dans le diagramme des flux (**Figure 17**).

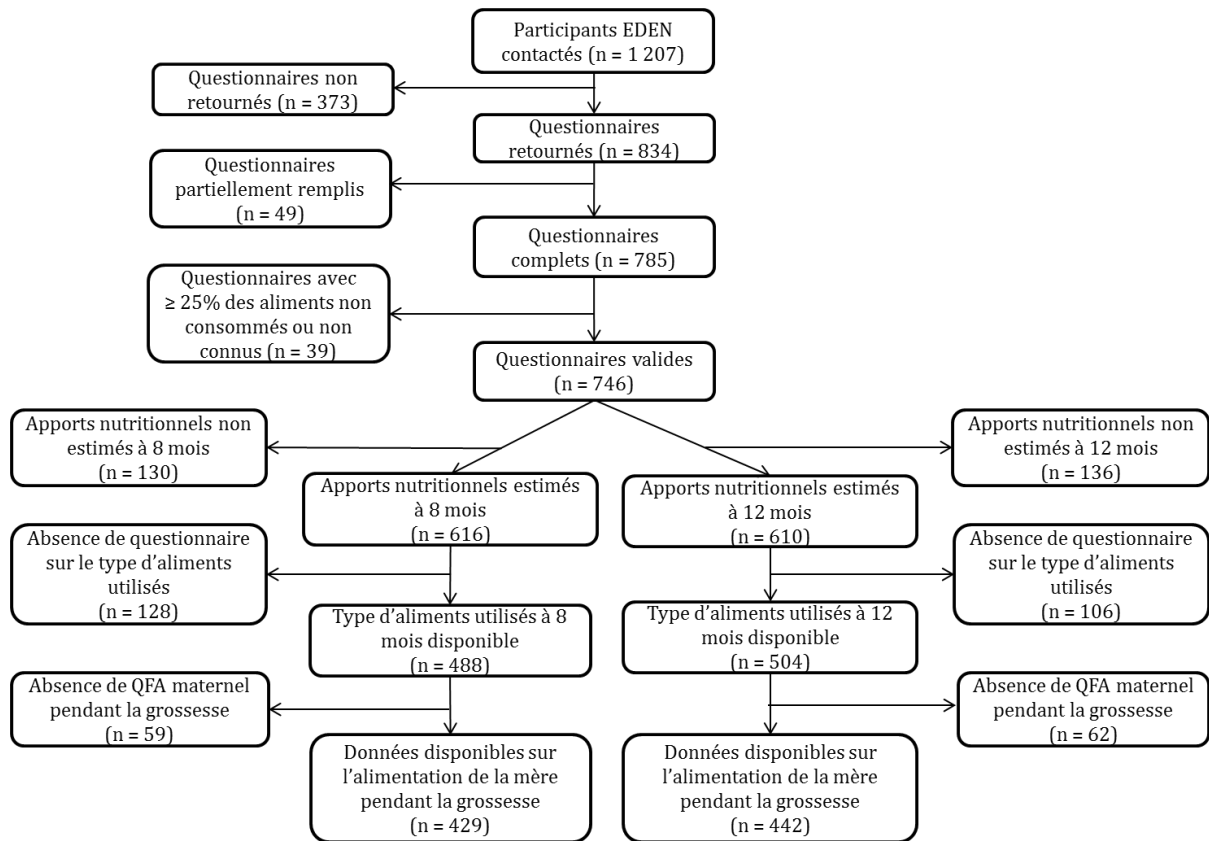


Figure 17. Diagramme des flux de la sélection des sujets de l'étude EDEN pour étudier le lien entre les apports nutritionnels à huit et 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras entre neuf et 12 ans.

QFA : Questionnaire de Fréquence Alimentaire ; type d'aliments utilisés : moyenne des fréquences d'utilisation de chaque type d'aliment consommé (bébé du commerce, adulte du commerce, fait maison) par le nourrisson.

Mes analyses ont porté sur les sujets de l'étude EDEN : i/disposant de scores d'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras valides ainsi que des apports nutritionnels à huit (n = 616) ou 12 mois (n = 610), ii/disposant de scores d'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré valides, des apports nutritionnels à huit ou 12 mois, du type d'aliments utilisés à 12 mois et des profils d'alimentation maternelle pendant la grossesse (n = 429 ou n = 442 selon l'âge de mesure des apports nutritionnels, respectivement à huit ou 12 mois).

2.2. Matériels et Méthodes

2.2.1. Variables utilisées

Variables à expliquer

A partir des réponses au questionnaire d'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras entre neuf et 12 ans et de leur structure factorielle identifiée chez l'enfant, nous avons calculé des scores d'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré. Comme expliqué dans le **chapitre 1**, dans un premier temps, un score pour chaque variable latente composant la structure factorielle de l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré a été calculé comme étant la moyenne des items la composant. Dans un deuxième temps, le score d'appréciation de chaque saveur ou sensation a été calculé comme étant la moyenne des scores de toutes les variables latentes composant la structure factorielle de l'appréciation de chaque saveur ou sensation. De plus, comme précisé dans le **chapitre 1**, l'item « pain d'épices » n'a pas été inclus dans le calcul du score d'appréciation de la saveur sucrée suite à la perte des réponses à cet item. Ce score peut prendre des valeurs de zéro à dix.

Variables explicatives

L'exposition au sucre à huit et 12 mois a été définie par l'apport en glucides (g/jour) et par le fait d'être un consommateur de sucres ajoutés (oui/non). De même, l'exposition au gras à huit et 12 mois a été définie par l'apport en lipides (g/jour) et par le fait d'être un consommateur de matières grasses ajoutées (oui/non).

Facteurs de confusion potentiels

Les facteurs de confusion considérés dans cette étude sont d'une part les facteurs susceptibles d'être liés à l'exposition alimentaire au sucre et au gras à huit et 12 mois (**chapitre 2**) ou à l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras : centre ; pratiques d'alimentation du nourrisson : durée d'allaitement (Yuan et al., 2016b), âge de diversification

alimentaire (Robinson et al., 2007; Kiefte-de Jong et al., 2013; Yuan et al., 2016b), type d'aliments utilisés à 12 mois (Yuan et al., 2016b) ; caractéristiques du nourrisson : sexe (Cooke & Wardle, 2005; Hill et al., 2009; Mennella et al., 2011; Lanfer et al., 2012; Kiefte-de Jong et al., 2013), poids de naissance (Kiefte-de Jong et al., 2013; Migraine et al., 2013), âge gestationnel (Migraine et al., 2013); les caractéristiques de la mère (âge (Liem & Mennella, 2002; Brekke et al., 2007; Robinson et al., 2007; Smithers et al., 2012; Kiefte-de Jong et al., 2013), IMC avant grossesse (Brekke et al., 2007; Lanfer et al., 2012), niveau d'études (Brekke et al., 2007; Mennella et al., 2011; Lanfer et al., 2012), revenus mensuels du ménage (Mennella et al., 2011; Kiefte-de Jong et al., 2013), statut primipare (Smithers et al., 2012), tabagisme pendant la grossesse (Kiefte-de Jong et al., 2013), profils d'alimentation pendant la grossesse (Mennella et al., 2001) ; et l'apport énergétique du nourrisson à huit et 12 mois.

2.2.2. Définition des modèles d'analyses multivariées

Pour la sélection des variables à inclure dans les modèles d'analyses multivariées, j'ai eu recours à des graphes acycliques orientés (« Directed Acyclic Graph », DAG) (Greenland et al., 1999). Il s'agit d'une approche graphique développée pour permettre de représenter synthétiquement des relations causales postulées entre l'exposition d'intérêt X et l'évènement d'intérêt Y et d'identifier les variables à prendre en compte dans les modèles multivariés.

Définition des DAG

Les relations causales sont représentées par des flèches. Le graphe est dit « orienté », ce qui signifie que les flèches ont un sens. Le graphe est aussi « acyclique », ce qui sous-tend qu'aucun chemin orienté ne constitue une boucle, il n'est donc pas possible de revenir à la variable de départ en suivant un chemin. La construction du graphe est fondée sur des hypothèses *a priori* portant sur les relations de causalité présentes et, le sens des flèches représente la causalité supposée. Une relation causale peut être directe lorsqu'une seule flèche relie X à Y ou indirecte lorsque une variable dite « intermédiaire » relie X à Y.

Le DAG est un support qualitatif à l'étude des relations causales, et non une méthode d'analyse statistique (Greenland et al., 1999). Il permet notamment de comprendre les phénomènes de biais de confusion et de sélection et de déterminer un jeu de variables sur lequel il faut ajuster pour étudier la relation entre X et Y de façon non biaisée et parcimonieuse.

En résumé, cette approche pour le choix des facteurs de confusion repose sur la notion de causalité et l'utilisation de critères fondés sur les connaissances *a priori* du sens des relations entre les variables en jeu, plutôt que sur des critères fondés sur des associations statistiques (analyse bivariée en général).

Grâce au logiciel DAGitty accessible en ligne (www.daggitty.net), il est possible de construire ses propres DAG et de sélectionner les ajustements les plus pertinents à introduire dans les analyses multivariées que l'on s'intéresse à l'effet total de X sur Y (effet direct + effet indirect) ou à l'effet direct uniquement.

Un exemple construit sous DAGitty est présenté **Figure 18**.

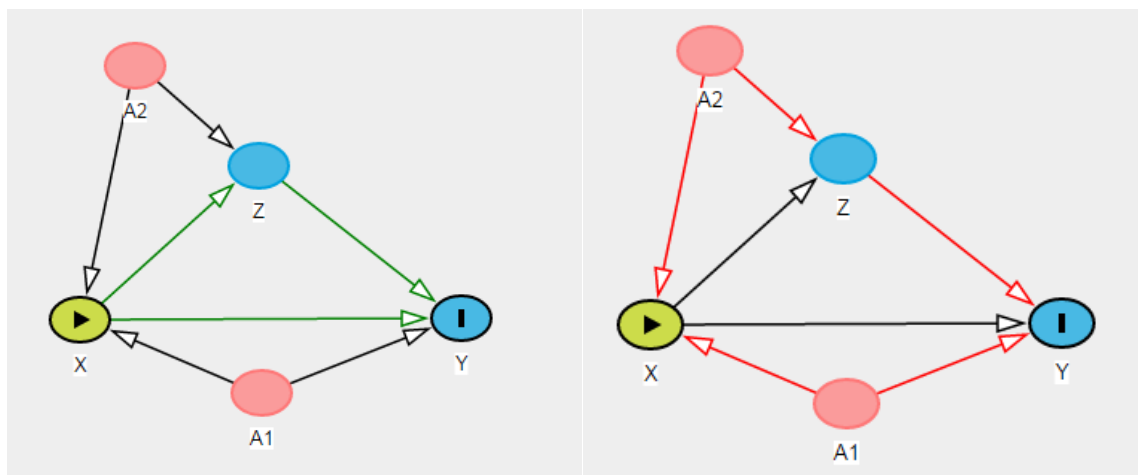


Figure 18. Exemple de DAG sous DAGitty.

Les chemins causaux sont notés en vert dans la figure de gauche et les chemins qui créent un biais sont notés en rouge dans la figure de droite.

Dans cet exemple, on constate deux chemins causaux : un chemin direct et un chemin indirect passant par Z. Avec cette configuration du jeu de variable, DAGitty propose d'ajuster sur

A1 et A2 pour estimer l'effet total de X sur Y (= effet direct de X à Y + effet indirect X-Z-Y) et d'ajuster sur A1 et Z pour estimer l'effet direct de X sur Y. Les variables A1 et A2 sont des facteurs de confusion du lien entre X et Y (A2 crée de la confusion entre X et Y en passant par Z). En ajustant sur Z, on bloque le chemin qui crée un biais entre X et Y passant par Z et donc l'ajustement sur A2 revient à du sur-ajustement.

Résultats des DAG de notre étude

La **Figure 19** présente le DAG des relations entre l'apport en glucides (ou lipides), le fait d'être consommateur de sucres ajoutés (ou de matières grasses ajoutées) à huit mois et 12 mois (le DAG étant le même aux deux âges) et l'appréciation de la saveur sucrée (ou de la sensation de gras ou de gras-sucré) entre neuf et 12 ans. Pour simplifier la représentation de ce DAG, certaines variables ont été représentées dans un même rectangle mais elles ont été traitées séparément.

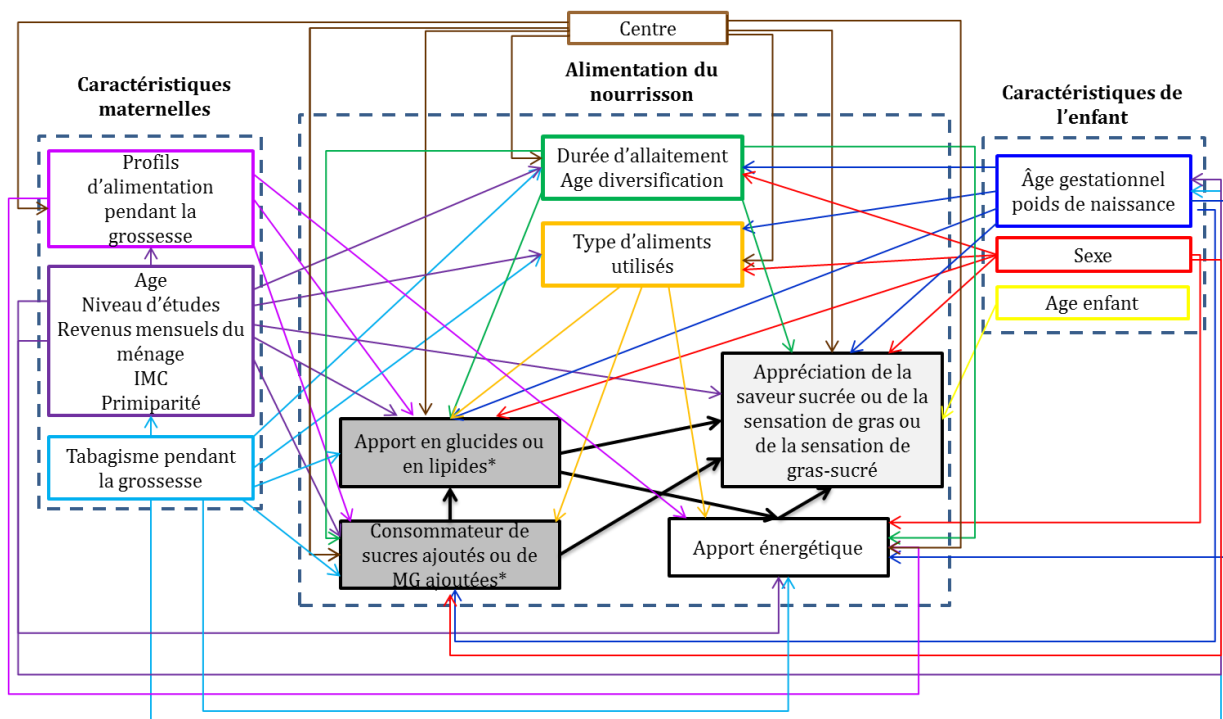


Figure 19. DAG des relations entre l'exposition alimentaire au sucre et au gras à huit et 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras ou la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans.

* L'appréciation de la sensation de gras-sucré a été étudiée en lien avec l'apport en glucides ET en lipides, ainsi qu'avec le fait d'être consommateur de sucres ajoutés ET de matières grasses ajoutées.

Le diabète gestationnel et le statut de mère célibataire n'ont pas pu être étudiés par manque de puissance (5,7 % de diabète gestationnel dans l'échantillon disponible à huit mois et 5,3 % à 12 mois; 1,8 % de mères seules à huit mois et 1,5 % à 12 mois). Le **Tableau 17** présente les modèles estimant l'effet total et l'effet direct de l'exposition alimentaire au sucre et au gras à huit et 12 mois sur l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras ou de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans, proposés par le logiciel DaGitty. L'exposition alimentaire au sucre et au gras à huit mois a été analysée séparément de l'exposition alimentaire au sucre et au gras à 12 mois. Par conséquent, tous nos modèles ont été reproduits de manière similaire à huit et 12 mois.

De plus, l'appréciation de la sensation de gras-sucré a été étudiée en lien d'une part avec l'apport en glucides et le fait d'être consommateur de sucres ajoutés et, d'autre part avec l'apport en lipides et le fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées. En fonction des associations trouvées dans ces analyses, nous avons considéré la possibilité d'inclure les deux expositions alimentaires dans les modèles pour expliquer l'appréciation de la sensation de gras-sucré tout en prenant en compte les problèmes de colinéarité entre les deux expositions dans le modèle. Néanmoins, étant donné les associations trouvées dans ces analyses, nous n'avons finalement pas inclus les expositions alimentaires au sucre et au gras simultanément au sein d'un même modèle.

Le modèle estimant l'effet total du fait d'être consommateur de sucres ajoutés à huit ou 12 mois sur l'appréciation de la saveur sucrée (et de la sensation de gras-sucré) entre neuf et 12 ans a été ajusté sur le **centre, l'alimentation du nourrisson** (durée d'allaitement, âge de diversification alimentaire, type d'aliments utilisés à 12 mois), **les caractéristiques du nourrisson** (sexe, poids de naissance, âge gestationnel) et **les caractéristiques de la mère** (âge, IMC, niveau d'études, revenus mensuels du ménage, statut primipare, tabagisme maternel pendant la grossesse, profils d'alimentation pendant la grossesse). Le même modèle a été

reproduit pour estimer l'effet total du fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées à huit ou 12 mois sur l'appréciation de la sensation de gras (et de la sensation de gras-sucré) entre neuf et 12 ans.

En plus des ajustements considérés dans les modèles estimant l'effet total du fait d'être consommateur de sucres ou de matières grasses ajoutées sur l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras ou de la sensation de gras-sucré, le modèle estimant l'effet total de l'apport en glucides à huit ou 12 mois sur l'appréciation de la saveur sucrée (et de la sensation de gras sucré) entre neuf et 12 ans a aussi été ajusté sur le fait **d'être consommateur de sucres ajoutés**. En effet, le fait d'être consommateur de sucres ajoutés à huit ou 12 mois pourrait avoir un effet de confusion sur le lien entre l'apport en glucides et l'appréciation de la saveur sucrée (et de la sensation de gras-sucré) entre neuf et 12 ans. Le même modèle a été reproduit pour estimer l'effet total de l'apport en lipides à huit ou 12 mois sur l'appréciation de la sensation de gras (et de la sensation de gras-sucré) entre neuf et 12 ans.

En plus des ajustements considérés dans les modèles estimant l'effet total du fait d'être consommateur de sucres ou de matières grasses ajoutées sur l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras ou de la sensation de gras-sucré, le modèle estimant l'effet direct du fait d'être consommateur de sucres ajoutés à huit ou 12 mois sur l'appréciation de la saveur sucrée (et de la sensation de gras-sucré) entre neuf et 12 ans a été ajusté **sur l'apport en glucides et l'apport énergétique**. En effet, l'apport en glucides et l'apport énergétique étaient deux facteurs intermédiaires du lien entre le fait d'être consommateur de sucres ajoutés et l'appréciation de la saveur sucrée (et de la sensation de gras-sucré). Aussi, l'ajustement sur ces deux facteurs permettait de ne pas devoir à ajuster sur le type de préparation, le tabagisme maternel et les profils d'alimentation maternelle pendant la grossesse.

En plus des ajustements considérés dans les modèles estimant l'effet total de l'apport en glucides ou en lipides sur l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras ou de la sensation de gras-sucré, le modèle estimant l'effet direct de l'apport en glucides à huit ou 12

mois sur l'appréciation de la saveur sucrée (et de la sensation de gras-sucré) entre neuf et 12 ans a aussi été ajusté sur **l'apport énergétique**. Ici, seul, l'apport énergétique était un facteur intermédiaire entre l'apport en glucides et l'appréciation de la saveur sucrée (et de la sensation de gras-sucré).

Finalement, le modèle estimant l'effet direct de l'apport en glucides sur l'appréciation de la saveur sucrée (et de la sensation de gras-sucré) était le même que celui estimant l'effet direct du fait d'être consommateur de sucres ajoutés sur l'appréciation de la saveur sucrée (et de la sensation de gras-sucré) :

Appréciation de la saveur sucrée = apport en glucides + consommateur de sucres ajoutés + apport énergétique + Xi.

Par ailleurs, l'apport énergétique n'étant pas un facteur d'ajustement dans les modèles estimant les effets totaux du fait d'être consommateur de sucres ou de matières grasses ajoutées à huit ou 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras à neuf et 12 ans, l'apport en glucides a été traité en gramme par jour. En effet, dans les modèles estimant les effets directs de l'exposition aux aliments sucrés ou gras à huit ou 12 mois, l'apport énergétique étant à la fois un facteur d'ajustement et à la fois très corrélé à l'apport en glucides, pour tenir compte de son effet de confusion, le seul ajustement fait d'ajuster dessus n'est pas suffisant. Par conséquent, en plus d'ajuster sur l'apport énergétique, l'apport en glucides a été traité en pourcentage de l'énergie apportée selon la méthode des densités nutritionnelles (Willett & Stampfer, 1986).

Tableau 17. Variables d'ajustement des modèles estimant l'effet total et direct de l'exposition alimentaire au sucre et au gras à huit ou 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras ou de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans.

Exposition	Modèle effet total		Modèle effet direct		Modèle effet total		Modèle effet direct	
	Apport en glucides ou en lipides* (g/j)		Apport en glucides ou en lipides* (% AE)		Consommateur de sucres ajoutés ou de MG ajoutés* (oui/non)		Consommateur de sucres ajoutés ou de MG ajoutés* (oui/non)	
Facteur d'ajustement								
Centre (Poitiers/Nancy)								
Alimentation du nourrisson								
Durée d'allaitement (mois)		X		X		X		X
Age de diversification (mois)	X		X		X		X	
Type d'aliments utilisés (fréquence d'utilisation : score de 1 à 4)	X		X		X		X	
Apport en glucides ou en lipides (g/j)					X		X	
Consommateur de sucres ajoutés ou de MG ajoutés (oui/non)	X		X					
Apport énergétique (kcal)			X				X	
Caractéristiques du nourrisson								
Sexe	X		X				X	
Poids de naissance (kg)	X		X		X		X	
Age gestationnel (SA)	X		X		X		X	
Caractéristiques de la mère								
Age (années)	X		X		X		X	
IMC (kg/m ²)	X		X		X		X	
Niveau d'études	X		X		X		X	
Revenus mensuels du ménage (€)	X		X		X		X	
Primipare (oui/non)	X		X		X		X	
Tabagisme pendant la grossesse (fumeuse/non fumeuse)	X							
Profil d'alimentation (sain, occidental)	X				X			

* L'appréciation de la sensation de gras-sucré a été étudiée en lien avec l'apport en glucides ET en lipides, ainsi qu'avec le fait d'être consommateur de sucres ajoutés ET de matières grasses ajoutées

2.2.3. Analyses statistiques

Les comparaisons entre les familles incluses et exclues ont été effectuées avec des tests de *Student* pour les variables continues ou des tests du χ^2 pour les variables catégorielles.

Comme dans le **chapitre 1**, la cohérence interne de chaque variable latente composant l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras a été évaluée en calculant le coefficient alpha de Cronbach (Cronbach, 1951) dans l'échantillon d'étude. Pour rappel, un coefficient alpha est considéré comme bon lorsqu'il est $\geq 0,7$. Néanmoins, nous avons considéré un alpha de Cronbach entre 0,5 et 0,7 comme acceptable.

Pour étudier le lien entre l'exposition au sucre et au gras à huit et 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans, nous avons utilisé des modèles de régression linéaire multiple.

La tendance linéaire (p de tendance) du lien entre la durée d'allaitement et l'appréciation de la saveur sucrée a été testée en considérant les valeurs médianes de la variable en continu (nombre de mois où la mère a allaité) pour chaque classe de la variable en catégorie comme étant une variable en continu dans le modèle de régression linéaire.

3. Résultats

3.1. Validité des modèles d'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras dans l'étude EDEN

Concernant l'appréciation de la saveur sucrée, les critères d'adéquation de la structure factorielle (validé dans le chapitre 1) aux données de l'étude EDEN étaient bons (RMSEA = 0,05 ; CFI = 0,92 ; NNFI = 0,90) et la cohérence interne mesurée par le coefficient alpha de Cronbach était de 0,7 (sans l'item « pain d'épices »). Quant à l'appréciation de la sensation de gras, les critères d'adéquation étaient corrects (RMSEA = 0,04 ; CFI = 0,85 ; NNFI = 0,84) et le coefficient alpha de Cronbach était de 0,9. Enfin, pour l'appréciation de la

sensation de gras-sucré, les critères d'adéquation étaient bons (RMSEA = 0,05 ; CFI = 0,94 ; NNFI = 0,92) et le coefficient alpha de Cronbach était de 0,8.

3.2. Description de l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras

Dans l'échantillon d'étude EDEN, la moyenne d'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré était de $4,6 \pm 1,3$, $5,7 \pm 1,2$ et $5,8 \pm 1,7$, respectivement (**Figure 20**). De plus, l'appréciation de la saveur sucrée était plus faible que l'appréciation de la sensation de gras ($p < 0,0001$) et de gras-sucré ($p < 0,0001$) et l'appréciation de la sensation de gras était plus faible que l'appréciation de la sensation de gras-sucré ($p = 0,02$). Les moyennes étaient les mêmes dans l'échantillon d'étude disposant des données nutritionnelles à huit et 12 mois. De plus, l'appréciation de la saveur sucrée ($p = 0,28$), la sensation de gras ($p = 0,07$) et de la sensation de gras-sucré ($p = 0,07$) ne variaient pas avec l'âge.

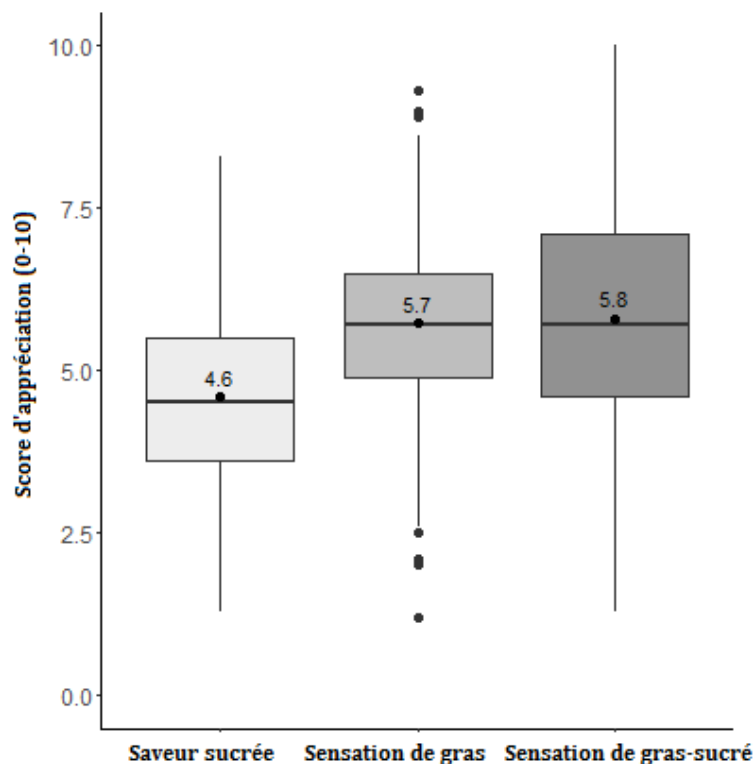


Figure 20. Distribution de l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré pour les enfants de l'étude EDEN ayant répondu entre neuf et 12 ans.

Les valeurs sont présentées sous forme de box-plots où les lignes horizontales indiquent le 25^{ème}, 50^{ème} (i.e., médiane), et 75^{ème} percentiles. Les lignes verticales et leurs longueurs représentent les valeurs pivots situées de part et d'autre de la boîte, à une distance valant 1,5 fois l'écart interquartile. Les points au-delà des lignes verticales représentent les valeurs extrêmes.

3.3. Comparaison des populations incluses et exclues

Par rapport aux familles exclues (n = 1 386) de l'analyse, dans les familles incluses avec un questionnaire d'appréciation valide et des données nutritionnelles à huit mois (n = 616) les mères étaient plus âgées ($30,0 \pm 0,2$ ans vs. $29,2 \pm 0,1$ ans, $p = 0,0006$), avaient un niveau d'études plus élevé (42 % avaient un niveau supérieur à deux ans post-baccalauréat vs. 32 %, $p < 0,0001$) et les revenus mensuels du ménage étaient plus élevés (35 % avaient des revenus supérieurs à 3000 € vs. 28 %, $p < 0,0001$).

3.4. Exposition nutritionnelle au sucre à huit et 12 mois et appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans

Aucune association entre l'apport en glucides ou le fait d'être consommateur de sucres ajoutés à huit ou 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans n'a été trouvée, que ce soit dans les analyses de l'effet total ou celles de l'effet direct (**Tableau 18**). Une association à la limite de la significativité entre la durée d'allaitement et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans a été observée dans l'analyse de l'effet total de l'apport en glucides et du fait d'être consommateur de sucres ajoutés à huit mois sur l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans. De plus, une association significative entre la durée d'allaitement et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans a été constatée dans l'analyse de l'effet direct de l'apport en glucides, le fait d'être consommateur de sucres ajoutés à huit mois et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans. Ainsi, les enfants allaités plus longtemps appréciaient plus la saveur sucrée entre neuf et 12 ans dans la majorité de nos modèles (toutes les p de tendance < 0,05 sauf dans le modèle estimant l'effet total de l'apport en glucides à 12 mois sur l'appréciation de la saveur sucrée et dans le modèle estimant l'effet total du fait d'être consommateur de sucres ajoutés à 12 mois sur l'appréciation de la saveur sucrée (les deux p de tendance = 0,08)). Aucune association entre l'âge de diversification alimentaire et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans n'a été constatée. La consommation plus fréquente d'aliments faits maison était associée à une appréciation accrue de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans. Par ailleurs, dans le modèle estimant l'effet direct de l'apport en glucides ou le fait d'être consommateur de sucres ajoutés à huit et 12 mois sur l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans, les garçons appréciaient plus la saveur sucrée entre neuf et 12 ans que les filles (**Annexe 24**).

Tableau 18. Liens (β [IC 95 %]) entre l'apport en glucides, le fait d'être consommateur de sucres ajoutés à huit et 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.

	Modèle effet total de l'apport en glucides sur l'appréciation de la saveur sucrée ¹	Modèle effet total du fait d'être consommateur de sucres ajoutés sur l'appréciation de la saveur sucrée ¹	Modèle effet direct de l'apport en glucides et du fait d'être consommateur de sucres ajoutés sur l'appréciation de la saveur sucrée ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 8 mois	n = 429	n = 429	n = 616
Durée d'allaitement	<i>p</i> = 0,06	<i>p</i> = 0,06	<i>p</i> = 0,004
Jamais	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
< 3,0 mois	0,3 [-0,04 ; 0,7]	0,3 [-0,04 ; 0,7]	0,3 [-0,01 ; 0,6]
3,0-5,9 mois	0,4 [0,02 ; 0,8]	0,4 [0,02 ; 0,8]	0,4 [0,1 ; 0,7]
≥ 6,0 mois	0,6 [0,2 ; 1,0]	0,6 [0,2 ; 1,0]	0,7 [0,3 ; 1,0]
Age de diversification alimentaire	<i>p</i> = 0,42	<i>p</i> = 0,41	<i>p</i> = 0,54
< 4,0 mois	0,2 [-0,1 ; 0,5]	0,2 [-0,1 ; 0,6]	0,1 [-0,2 ; 0,3]
4,0-6,0 mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
> 6,0 mois	-0,0 [-0,3 ; 0,3]	-0,0 [-0,3 ; 0,3]	-0,2 [-0,4 ; 0,1]
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce (score de 1 à 4)	0,1 [-0,1 ; 0,4]	0,2 [-0,1 ; 0,4]	
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce (score de 1 à 4)	0,1 [-0,3 ; 0,5]	0,1 [-0,3 ; 0,5]	
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison (score de 1 à 4)	0,4 [0,04 ; 0,7]	0,4 [0,1 ; 0,7]	
Consommateur de sucres ajoutés à 8 mois (O/N)	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,0 [-0,3 ; 0,2]
Apport en glucides à 8 mois (g)	0,0 [-0,01 ; 0,01]		
Apport en glucides à 8 mois (% AE)			0,0 [-0,02 ; 0,03]
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	n = 442	n = 442	n = 610
Durée d'allaitement	<i>p</i> = 0,22	<i>p</i> = 0,22	<i>p</i> = 0,01
Jamais	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
< 3,0 mois	0,2 [-0,2 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,6]	0,2 [-0,1 ; 0,5]
3,0-5,9 mois	0,4 [-0,1 ; 0,7]	0,3 [-0,1 ; 0,7]	0,4 [0,1 ; 0,7]
≥ 6,0 mois	0,4 [-0,01 ; 0,8]	0,4 [-0,01 ; 0,8]	0,5 [0,2 ; 0,9]
Age de diversification alimentaire	<i>p</i> = 0,11	<i>p</i> = 0,11	<i>p</i> = 0,18
< 4,0 mois	0,3 [-0,04 ; 0,7]	0,3 [-0,04 ; 0,7]	0,1 [-0,2 ; 0,4]
4,0-6,0 mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
> 6,0 mois	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,2 [-0,4 ; 0,1]
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce (score de 1 à 4)	0,1 [-0,2 ; 0,4]	0,1 [-0,2 ; 0,4]	
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce (score de 1 à 4)	-0,2 [-0,5 ; 0,2]	-0,2 [-0,5 ; 0,2]	
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison (score de 1 à 4)	0,2 [-0,1 ; 0,5]	0,2 [-0,1 ; 0,5]	
Consommateur de sucres ajoutés à 12 mois (O/N)	0,0 [-0,3 ; 0,3]	0,0 [-0,3 ; 0,3]	0,0 [-0,2 ; 0,3]
Apport en glucides à 12 mois (g)	0,0 [-0,01 ; 0,01]		
Apport en glucides à 12 mois (% AE)			0,0 [-0,01 ; 0,03]

¹Régressions linéaires multiples également ajustées sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge de la mère, l'IMC avant la grossesse, le niveau d'études de la mère, le tabagisme maternel de la mère pendant la grossesse et le profil d'alimentation de la mère pendant la grossesse.

²Régressions linéaires multiples également ajustées sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge de la mère, l'IMC avant la grossesse, le niveau d'études de la mère et l'apport énergétique.

3.5. Exposition nutritionnelle au gras et appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans

Aucune association entre l'apport en lipides ou le fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées à huit et 12 mois et l'appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans n'a été observée que ce soit dans les analyses de l'effet total ou celles de l'effet direct (**Tableau 19**). Le fait d'avoir été allaité était associé à une appréciation de la sensation de gras plus élevée entre neuf et 12 ans. Néanmoins, la durée d'allaitement n'était pas associée linéairement à l'appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans dans tous nos modèles (toutes les p de tendance > 0,1 sauf dans le modèle estimant l'effet direct de l'apport en lipides et du fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées à huit mois sur l'appréciation de la sensation de gras (p de tendance = 0,02)).

De plus, aucune association entre l'âge de diversification alimentaire ou la fréquence de consommation des différents types d'aliments à 12 mois et l'appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans n'a été observée. Par ailleurs, aucun lien entre le sexe et l'appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans n'a été constaté (**Annexe 25**).

Tableau 19. Liens (β [IC 95 %]) entre l'apport en lipides, le fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées à huit et 12 mois et l'appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.

	Modèle effet total de l'apport en lipides sur l'appréciation de la sensation de gras ¹	Modèle effet total du fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées sur l'appréciation de la sensation de gras ¹	Modèle effet direct de l'apport en lipides et du fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées sur l'appréciation de la sensation de gras ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 8 mois	(n = 429)	(n = 429)	(n = 616)
Allaitement (O/N)	0,4 [0,1 ; 0,7]	0,4 [0,1 ; 0,7]	0,3 [0,1 ; 0,6]
Age de diversification alimentaire	$p = 0,59$	$p = 0,48$	$p = 0,44$
< 4,0 mois	0,0 [-0,2 ; 0,3]	0,1 [-0,2 ; 0,4]	0,1 [-0,2 ; 0,4]
4,0-6,0 mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
> 6,0 mois	0,1 [-0,1 ; 0,4]	0,2 [-0,1 ; 0,4]	0,2 [-0,1 ; 0,5]
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce (score de 1 à 4)	0,1 [-0,1 ; 0,4]	0,1 [-0,1 ; 0,4]	
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce (score de 1 à 4)	0,2 [-0,1 ; 0,5]	0,2 [-0,1 ; 0,5]	
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison (score de 1 à 4)	-0,1 [-0,3 ; 0,2]	-0,1 [-0,3 ; 0,2]	
Consommateur de matières grasses ajoutées à 8 mois (O/N)	0,2 [-0,2 ; 0,6]	0,2 [-0,1 ; 0,6]	-0,0 [-0,3 ; 0,3]
Apport en lipides à 8 mois (g)	0,0 [-0,01 ; 0,04]		
Apport en lipides à 8 mois (% AE)			0,0 [-0,03 ; 0,02]
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	(n = 442)	(n = 442)	(n = 610)
Allaitement (O/N)	0,3 [0,04 ; 0,6]	0,3 [0,04 ; 0,6]	0,3 [0,1 ; 0,5]
Age de diversification alimentaire	$p = 0,83$	$p = 0,54$	$p = 0,54$
< 4,0 mois	0,1 [-0,2 ; 0,3]	0,2 [-0,2 ; 0,5]	0,2 [-0,2 ; 0,5]
4,0-6,0 mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
> 6,0 mois	0,1 [-0,2 ; 0,3]	0,1 [-0,2 ; 0,4]	0,1 [-0,2 ; 0,4]
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce (score de 1 à 4)	0,1 [-0,1 ; 0,4]	0,1 [-0,1 ; 0,4]	
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce (score de 1 à 4)	0,1 [-0,2 ; 0,4]	0,1 [-0,2 ; 0,4]	
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison (score de 1 à 4)	-0,1 [-0,3 ; 0,2]	-0,1 [-0,3 ; 0,2]	
Consommateur de matières grasses ajoutées à 12 mois (O/N)	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,2 [-0,4 ; 0,1]
Apport en lipides à 12 mois (g)	0,0 [-0,02 ; 0,02]		
Apport en lipides à 12 mois (% AE)			-0,0 [-0,03 ; 0,01]

¹Régressions linéaires multiples également ajustées sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge de la mère, l'IMC avant la grossesse, le niveau d'études de la mère, le tabagisme maternel de la mère pendant la grossesse et le profil d'alimentation de la mère pendant la grossesse.

²Régressions linéaires multiples également ajustées sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge de la mère, l'IMC avant la grossesse, le niveau d'études de la mère et l'apport énergétique.

3.6. Exposition nutritionnelle au sucre et au gras à huit et 12 mois et appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans

Aucune association entre l'apport en glucides, le fait d'être consommateur de sucres ajoutés, l'apport en lipides, le fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées à huit et 12 mois et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans n'a été observée que ce soit dans les analyses de l'effet total ou celles de l'effet direct (**Tableau 20** et **1 Régressions linéaires** multiples également ajustées sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge de la mère, l'IMC avant la grossesse, le niveau d'études de la mère, le tabagisme maternel de la mère pendant la grossesse et le profil d'alimentation de la mère pendant la grossesse.

² Régressions linéaires multiples également ajustées sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge de la mère, l'IMC avant la grossesse, le niveau d'études de la mère et l'apport énergétique.

Tableau 21)

De plus, aucun lien n'a été mis en évidence entre les pratiques d'alimentation du nourrisson (allaitement, âge de diversification alimentaire, types d'aliments utilisés à 12 mois), le sexe du nourrisson et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans. Les analyses avec les caractéristiques du nourrisson et de la mère sont présentées en **Annexe 26** et **Annexe 27**.

Tableau 20. Liens (β [IC 95 %]) entre l'apport en glucides, la consommation de sucres ajoutés à huit et 12 mois et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.

	Modèle effet total de l'apport en glucides sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet total du fait d'être consommateur de sucres ajoutés sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet direct de l'apport en glucides et du fait d'être consommateur de sucres ajoutés sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 8 mois	(n = 429)	(n = 429)	(n = 616)
Durée d'allaitement	$p = 0,11$	$p = 0,11$	$p = 0,14$
Jamais	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
< 3,0 mois	0,5 [0,04 ; 1,0]	0,5 [0,04 ; 1,0]	0,3 [-0,1 ; 0,7]
3,0-5,9 mois	0,4 [-0,1 ; 0,9]	0,4 [-0,1 ; 0,9]	0,1 [-0,3 ; 0,5]
≥ 6,0 mois	0,6 [0,1 ; 1,1]	0,6 [0,1 ; 1,1]	0,5 [0,04 ; 1,0]
Age de diversification alimentaire	$p = 0,46$	$p = 0,29$	$p = 0,30$
< 4,0 mois	0,1 [-0,2 ; 0,5]	0,3 [-0,1 ; 0,7]	0,3 [-0,1 ; 0,7]
4,0-6,0 mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
> 6,0 mois	0,2 [-0,1 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,6]
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce (score de 1 à 4)	0,1 [-0,3 ; 0,4]	0,1 [-0,3 ; 0,5]	
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce (score de 1 à 4)	0,3 [-0,1 ; 0,8]	0,3 [-0,1 ; 0,8]	
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison (score de 1 à 4)	-0,0 [-0,4 ; 0,4]	0,0 [-0,4 ; 0,4]	
Consommateur de sucres ajoutés à 8 mois (O/N)	-0,2 [-0,6 ; 0,2]	-0,2 [-0,6 ; 0,2]	-0,1 [-0,5 ; 0,2]
Apport en glucides à 8 mois (g)	0,0 [-0,01 ; 0,01]		
Apport en glucides à 8 mois (% AE)			0,01 [-0,02 ; 0,04]
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	(n = 442)	(n = 442)	(n = 610)
Durée d'allaitement	$p = 0,39$	$p = 0,40$	$p = 0,45$
Jamais	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
< 3,0 mois	0,4 [-0,1 ; 0,8]	0,4 [-0,1 ; 0,8]	0,2 [-0,2 ; 0,6]
3,0-5,9 mois	0,4 [-0,1 ; 0,9]	0,4 [-0,2 ; 0,8]	0,1 [-0,3 ; 0,5]
≥ 6,0 mois	0,4 [-0,1 ; 0,9]	0,4 [-0,1 ; 0,9]	0,3 [-0,1 ; 0,8]
Age de diversification alimentaire	$p = 0,77$	$p = 0,37$	$p = 0,38$
< 4,0 mois	0,1 [-0,3 ; 0,4]	0,3 [-0,2 ; 0,7]	0,3 [-0,2 ; 0,7]
4,0-6,0 mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
> 6,0 mois	0,1 [-0,2 ; 0,5]	0,2 [-0,2 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,6]
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce (score de 1 à 4)	0,1 [-0,3 ; 0,5]	0,1 [-0,2 ; 0,5]	
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce (score de 1 à 4)	0,3 [-0,2 ; 0,7]	0,3 [-0,2 ; 0,7]	
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison (score de 1 à 4)	-0,1 [-0,5 ; 0,3]	-0,1 [-0,5 ; 0,3]	
Consommateur de sucres ajoutés à 12 mois (O/N)	0,1 [-0,3 ; 0,4]	0,1 [-0,3 ; 0,4]	0,0 [-0,2 ; 0,3]
Apport en glucides à 12 mois (g)	0,0 [-0,01 ; 0,01]		
Apport en glucides à 12 mois (% AE)			0,02 [-0,01 ; 0,04]

¹Régressions linéaires multiples également ajustées sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge de la mère, l'IMC avant la grossesse, le niveau d'études de la mère, le tabagisme maternel de la mère pendant la grossesse et le profil d'alimentation de la mère pendant la grossesse.

²Régressions linéaires multiples également ajustées sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge de la mère, l'IMC avant la grossesse, le niveau d'études de la mère et l'apport énergétique.

Tableau 21. Liens (β [IC 95 %]) entre l'apport en lipides, le fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées à huit et 12 mois et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.

	Modèle effet total de l'apport en lipides sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet total du fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet direct de l'apport en lipides et du fait d'être consommateur de matières grasses ajoutées sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 8 mois	(n = 429)	(n = 429)	(n = 616)
Durée d'allaitement	$p = 0,14$	$p = 0,12$	$p = 0,15$
Jamais	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
< 3,0 mois	0,5 [0,03 ; 1,0]	0,5 [0,04 ; 1,0]	0,3 [-0,1 ; 0,7]
3,0-5,9 mois	0,4 [-0,1 ; 0,9]	0,4 [-0,1 ; 0,9]	0,1 [-0,3 ; 0,5]
≥ 6,0 mois	0,6 [0,02 ; 1,1]	0,6 [0,03 ; 1,1]	0,5 [0,03 ; 1,0]
Age de diversification alimentaire	$p = 0,41$	$p = 0,32$	$p = 0,31$
< 4,0 mois	0,1 [-0,2 ; 0,5]	0,3 [-0,1 ; 0,7]	0,3 [-0,1 ; 0,7]
4,0-6,0 mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
> 6,0 mois	0,2 [-0,1 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,6]
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce (score de 1 à 4)	0,1 [-0,3 ; 0,4]	0,1 [-0,3 ; 0,4]	
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce (score de 1 à 4)	0,3 [-0,2 ; 0,7]	0,3 [-0,2 ; 0,7]	
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison (score de 1 à 4)	-0,0 [-0,4 ; 0,4]	-0,0 [-0,4 ; 0,4]	
Consommateur de matières grasses ajoutées à 8 mois (O/N)	0,2 [-0,3 ; 0,7]	0,2 [-0,3 ; 0,7]	0,1 [-0,3 ; 0,5]
Apport en lipides à 8 mois (g)	0,01 [-0,03 ; 0,05]		
Apport en lipides à 8 mois (% AE)			-0,02 [-0,05 ; 0,02]
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	(n = 442)	(n = 442)	(n = 610)
Durée d'allaitement	$p = 0,42$	$p = 0,40$	$p = 0,44$
Jamais	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
< 3,0 mois	0,4 [-0,1 ; 0,8]	0,4 [-0,1 ; 0,8]	0,2 [-0,2 ; 0,6]
3,0-5,9 mois	0,4 [-0,2 ; 0,8]	0,4 [-0,1 ; 0,9]	0,1 [-0,3 ; 0,5]
≥ 6,0 mois	0,4 [-0,1 ; 0,9]	0,4 [-0,1 ; 0,9]	0,3 [-0,1 ; 0,8]
Age de diversification alimentaire	$p = 0,79$	$p = 0,41$	$p = 0,38$
< 4,0 mois	0,1 [-0,3 ; 0,4]	0,3 [-0,2 ; 0,7]	0,3 [-0,2 ; 0,7]
4,0-6,0 mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
> 6,0 mois	0,1 [-0,2 ; 0,4]	0,2 [-0,2 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,6]
Fréquence d'utilisation d'aliments bébés du commerce (score de 1 à 4)	0,1 [-0,2 ; 0,5]	0,1 [-0,2 ; 0,4]	
Fréquence d'utilisation d'aliments adultes du commerce (score de 1 à 4)	0,3 [-0,2 ; 0,8]	0,3 [-0,2 ; 0,7]	
Fréquence d'utilisation d'aliments faits maison (score de 1 à 4)	-0,1 [-0,4 ; 0,3]	-0,1 [-0,5 ; 0,3]	
Consommateur de matières grasses ajoutées à 12 mois (O/N)	-0,0 [-0,4 ; 0,4]	-0,0 [-0,4 ; 0,4]	-0,0 [-0,4 ; 0,3]
Apport en lipides à 12 mois (g)	-0,01 [-0,03 ; 0,02]		
Apport en lipides à 12 mois (% AE)			-0,02 [-0,05 ; 0,01]

¹Régressions linéaires multiples également ajustées sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge de la mère, l'IMC avant la grossesse, le niveau d'études de la mère, le tabagisme maternel de la mère pendant la grossesse et le profil d'alimentation de la mère pendant la grossesse.

²Régressions linéaires multiples également ajustées sur le centre, le sexe, l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge de la mère, l'IMC avant la grossesse, le niveau d'études de la mère et l'apport énergétique.

4. Discussion

Dans cette étude concernant un sous échantillon des enfants EDEN, aucun lien n'a été observé entre l'exposition au sucre et au gras dans la première année de vie, évaluée à travers les apports en glucides et lipides ou le fait d'être consommateur de sucres/matières grasses ajouté(e)s et l'appréciation de la saveur sucrée, la sensation de gras ou la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans. Néanmoins, le fait d'avoir été allaité et la durée d'allaitement étaient associés positivement respectivement à l'appréciation de la sensation de gras et de la saveur sucrée mais pas de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans. Aucun lien entre l'âge de diversification alimentaire et l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans n'a été constaté. De plus, la consommation plus fréquente d'aliments faits maison était associée à une appréciation accrue de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans.

Selon une précédente étude américaine, une consommation fréquente d'eau sucrée chez le nourrisson (sans précision sur l'âge) était associée à une préférence accrue pour des solutions avec des niveaux élevés en saccharose entre six et dix ans (Pepino & Mennella, 2005a). Cependant, dans notre étude, aucun lien n'a été trouvé entre l'apport en glucides, le fait d'être consommateur de sucres ajoutés dans la première année de vie (à huit et 12 mois) et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans. Cette différence de résultats pourrait s'expliquer par des différences méthodologiques. En effet, l'étude de Pepino et Mennella mesurait une préférence pour des solutions avec des niveaux de saccharose élevés et non une appréciation de la saveur sucrée, l'échantillon était réduit, l'évaluation de la consommation d'eau sucrée était rétrospective et rien n'indiquait à quel âge exact l'exposition antérieure à l'eau sucrée avait été questionnée et enfin la préférence ainsi que l'exposition ont été mesurés pour la même matrice, l'eau sucrée.

Par ailleurs, l'absence de lien observée dans notre étude pourrait également être liée à une exposition nutritionnelle au sucre et au gras peu variable ou trop faible par rapport à la

population française ou américaine notamment. Cependant, comme discuté dans le **chapitre 2**, il semble que les niveaux d'apports en glucides observés dans cette population EDEN soient comparables à ceux retrouvés chez les nourrissons français, allemand, australiens et américains évalués à des époques comparables (Koletzko et al., 2000; Fantino & Gourmet, 2008; Conn et al., 2009; Butte et al., 2010). Par conséquent, il est difficile de conclure que l'absence d'association entre l'apport en glucides chez le nourrisson et l'appréciation de la saveur sucrée s'explique uniquement par le niveau des apports nutritionnels du nourrisson. Néanmoins, concernant l'apport en lipides, nous avons montré dans le **chapitre 2** que notre échantillon avait des apports qui semblaient inférieurs à ceux des nourrissons français, allemand, australiens et américains (Koletzko et al., 2000; Fantino & Gourmet, 2008; Conn et al., 2009; Butte et al., 2010). Cependant, aucune étude n'a montré de lien entre l'exposition au gras du nourrisson et l'appréciation pour la sensation de gras de l'enfant d'âge scolaire.

Le laps de temps qui sépare l'exposition nutritionnelle de la mesure de l'appréciation pourrait aussi être une explication de l'absence de lien entre les expositions nutritionnelles à huit et 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans dans notre étude. Autrement dit, l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras pourrait être une conséquence d'une exposition à des âges plus avancés que ceux évalués ici, au cours de la première année de vie. Selon une étude transversale chez des enfants américains entre quatre et sept ans, il s'avère que ceux dont les mères ajoutaient régulièrement du sucre dans leurs aliments présentaient une préférence accrue pour le jus de pomme le plus sucré et les céréales pour petit-déjeuner les plus sucrées, par rapport aux enfants dont les mères n'ajoutaient pas de sucre (Liem & Mennella, 2002). De même, Ricketts et al, ont montré de manière transversale que la préférence pour des aliments les plus gras était associée à un apport élevé en lipides entre neuf et 12 ans (Ricketts, 1997). Cependant, dans une étude multicentrique transversale portant sur 1 696 enfants entre six et neuf ans, aucune association n'avait été trouvée entre la fréquence de consommation d'aliments gras et

sucrés et la préférence pour des aliments les plus gras et les plus sucrés, respectivement (Lanfer et al., 2012). Finalement, toutes ces études mesuraient une préférence et non une appréciation des aliments sucrés et gras et étaient transversales ce qui ne nous permet pas de conclure sur la relation de causalité. De plus, par rapport aux précédentes études, nos analyses ont porté sur des données longitudinales avec un suivi de neuf à 12 ans et sur des mesures d'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras.

Même si aucun lien n'a été constaté entre les expositions nutritionnelles à huit et 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans, l'allaitement pourrait être associé aux préférences alimentaires de l'enfant d'âge scolaire car il serait associé à une exposition sensorielle différente de celle des préparations infantiles (Mennella, 2009). Cependant, la durée d'allaitement n'était pas associée à une préférence accrue pour une solution sucrée par rapport à l'eau ni à six mois, ni à 12 mois (Schwartz et al., 2013). De même, entre les nourrissons allaités ou nourris avec des préparations infantiles, aucune différence n'a été constatée dans la préférence pour les solutions les plus sucrées à six mois (Beauchamp & Moran, 1982) ni dans l'appréciation pour les céréales infantiles sucrées entre quatre et neuf mois (Mennella et al., 2009). Dans notre étude, nous avons constaté un lien positif entre la durée d'allaitement et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans et un lien positif entre le fait d'allaiter et l'appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans. Cependant, aucun lien entre la durée de l'allaitement et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans n'a été trouvé dans notre étude. L'appréciation de la sensation de gras étant composé de l'appréciation de la sensation de gras-salé et de la sensation de gras-sucré, l'allaitement pourrait être essentiellement lié à l'appréciation de la sensation de gras-salé.

La différence entre les résultats de notre étude et les études précédemment décrites concernant l'association entre l'allaitement et l'appréciation de la saveur sucrée s'explique par des différences méthodologiques. En effet, les précédentes études disposaient d'une durée de

suivi plus courte et avaient pour la majorité, mesuré une préférence pour des solutions avec des niveaux de sucre plus élevés et non une appréciation de la saveur sucrée. De plus, selon les résultats du **chapitre 2**, la durée d'allaitement était associée positivement à l'exposition à la saveur sucrée durant la première année de vie alors qu'il semble que la saveur sucrée du lait maternel soit équivalente à celle des préparations infantiles. Cela pourrait cependant s'expliquer par une fréquence de repas plus élevée chez les nourrissons allaités par rapport aux nourrissons nourris avec des préparations infantiles, comme nous l'avons observé pour les nourrissons de l'étude OPALINE dans le **chapitre 2** (Yuan et al., 2016a). Contrairement à la saveur sucrée, la sensation de gras du lait maternel a été estimée comme étant plus faible que celle des préparations infantiles (**chapitre 2**) et aucun lien entre la durée d'allaitement et l'exposition à la sensation de gras durant la première année de vie n'a été montrée (Yuan et al., 2016a). Ainsi, le fait d'allaiter semble être associé à l'appréciation de la sensation de gras, même en l'absence d'effet sur l'exposition à la sensation de gras dans la première année. D'autres effets de l'allaitement pourraient être envisagés pour expliquer ce résultat. Le lait maternel peut être porteur des arômes des aliments consommés par la mère (Hausner et al., 2010) : ainsi, la présence des arômes dans le lait pourrait être associée à la saveur sucrée et à la sensation de gras, ce qui favoriserait l'apprentissage de l'appréciation des aliments concernés. Ceci pourrait expliquer une appréciation plus élevée de la saveur sucrée et de la sensation de gras ultérieurement. A notre connaissance, aucune étude n'a mis en lien la durée d'allaitement et l'appréciation de la sensation de gras. Par conséquent, aucune comparaison n'est possible avec les résultats de travaux antérieurs.

Il est important de souligner que la mesure de l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras ou de la sensation de gras-sucré est loin d'être une mesure de passage à l'acte effectif. Ainsi, une appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras ou de la sensation de gras-sucré plus faible n'est pas forcément liée à une moindre consommation d'aliments sucrés et gras. Chez l'adulte, il a néanmoins été montré que par rapport aux individus avec une

appréciation faible pour la sensation de gras, les individus avec une appréciation élevée pour la sensation de gras avaient des apports plus élevés en énergie, en lipides, en acides gras saturés, en viandes, en beurre, en crème dessert et en viennoiseries (Mejean et al., 2014). De plus, les individus avec une appréciation élevée pour la sensation de gras-sucré avaient un apport plus élevé en glucides simples et en fruits et légumes par rapport aux individus avec une appréciation élevée pour la sensation de gras-salé (Mejean et al., 2014). Cependant, ce point n'a pas été étudié sur la base des données EDEN et plus généralement, sur d'autres données chez les enfants dans la littérature.

De même que le mode d'alimentation lactée et sa durée, le type d'aliments de diversification offerts au nourrisson et l'âge de diversification alimentaire pourraient jouer un rôle sur l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras. Dans notre étude, aucun lien entre l'âge de diversification et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras n'a été trouvé. Néanmoins, la consommation plus fréquente d'aliments faits maison à 12 mois était associée à une appréciation accrue de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans.

Enfin, l'influence du sexe sur l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras a été très peu étudiée et peu documentée. Dans une étude multicentrique chez des enfants entre six et neuf ans, aucune différence de préférence pour les aliments les plus sucrés ou les plus gras n'a été constatée entre les filles et les garçons (Lanfer et al., 2012). Cependant, dans cette étude, il s'agissait d'une mesure de préférence et non d'appréciation. Par ailleurs, chez l'adulte, des différences d'appréciation entre sexe ont été constatées (Lampure et al., 2014; Lampure et al., 2015). Ainsi, les hommes avaient des scores d'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras-salé plus élevés que les femmes et inversement pour l'appréciation de la sensation de gras-sucré (Lampure et al., 2014; Lampure et al., 2015). Dans notre étude, les garçons appréciaient plus la saveur sucrée entre neuf et 12 ans que les filles mais aucune différence entre sexe n'a été observée pour l'appréciation de la sensation de gras. Ces résultats pourraient s'expliquer par des différences dans les pratiques d'alimentation entre sexe. Dès la première

année de vie, entre dix et 12 mois, nous avons observé dans l'étude OPALINE que les garçons étaient plus exposés à la saveur sucrée que les filles (Yuan et al., 2016a). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les mères jugeraient que les garçons ont besoin de plus d'énergie entre six et 12 mois (Brown & Rowan, 2015).

Dans nos analyses, il n'a pas été possible d'étudier directement l'exposition aux sucres libres, tels que définis par l'OMS ou même aux glucides simples, ces données n'étaient pas disponibles dans la table de composition des aliments infantiles fournies par le SFAE. Néanmoins, pour nous approcher de la définition des sucres libres de l'OMS, nous nous sommes intéressés à la consommation de sucres ajoutés. Par ailleurs, la fréquence d'utilisation des différents types d'aliments utilisés par les mères de l'étude EDEN a été estimée à 12 mois mais pas à huit mois. Nous avons fait l'hypothèse que les estimations auraient été proches car d'une part, il ne s'agissait pas de notre variable d'exposition d'intérêt et d'autre part dans l'étude OPALINE, nous avons montré que la proportion relative des différents types d'aliments utilisés dans l'alimentation du nourrisson était maintenue entre sept et neuf et entre dix et 12 mois. Par ailleurs, toutes les familles suivies dans EDEN n'ont pas répondu au questionnaire d'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras ce qui a induit une réduction de l'effectif attendu pour ces analyses. Par conséquent, il est possible que nous n'ayons pas pu mettre en évidence un lien entre les expositions nutritionnelles au sucre et au gras à huit et 12 mois et l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans, du fait d'un effectif trop faible. De plus, la population de l'étude EDEN et plus encore celle sélectionnée dans nos analyses sont composées majoritairement de mères avec un niveau d'études et de revenus élevés et ces résultats ne sont donc pas généralisables à l'ensemble de la population générale.

La principale force de cette étude réside dans le fait qu'il s'agit d'une première étude avec un suivi prospectif sur une longue durée possédant un grand échantillon, qui a porté sur le lien entre les expositions alimentaires au sucre et au gras du nourrisson et l'appréciation de la

saveur sucrée et la sensation de gras. De plus, les expositions alimentaires des nourrissons sont issues d'enregistrements alimentaires qui ont été vérifiés et validés par une diététicienne. Quant au questionnaire d'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras, il a été validé au préalable. Enfin, il s'agit d'une mesure directe chez l'enfant qui limite les erreurs de déclaration des parents c'est à dire la sur- ou la sous-estimation de l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras des enfants, en se basant majoritairement sur les consommations alimentaires de l'enfant. Cette mesure directe permet aussi de limiter le biais de désirabilité sociale lié à un remplissage par les parents. Contrairement aux tests de préférence pour des aliments ou des solutions plus ou moins sucrées et grasses durant lesquels il faut goûter et ordonner plusieurs produits par ordre de préférence, ce questionnaire mesure une appréciation qui repose plus sur l'image mentale de cet aliment (Cardello & Maller, 1982). D'autres mesures d'appréciation existent mais elles mesurent l'appréciation d'aliments ou des groupes d'aliments plutôt que celles de saveurs spécifiques (Gibson et al., 1998; Wardle et al., 2001; Skinner et al., 2002; Nicklaus et al., 2004; Cooke & Wardle, 2005; Russell & Worsley, 2008; Hill et al., 2009; de Lauzon-Guillain et al., 2012; Yuan et al., 2016b).

5. Conclusion et perspectives

Notre étude n'a pas mis en évidence de lien entre les expositions au sucre et au gras durant la période de diversification alimentaire et l'appréciation de la saveur sucrée, de la sensation de gras et de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans. Cette absence de résultats peut s'expliquer à travers plusieurs raisons. D'une part, il est possible que les expositions durant la première année de vie n'aient pas d'impact entre neuf et 12 ans. D'autre part, il est possible que nous ne disposions pas d'un effectif suffisant pour mettre en évidence un lien, ce qui indiquerait que le lien aurait une amplitude et importance limitée. Dans ce cas, nos résultats pourraient rassurer les parents qui limitent l'apport en glucides et qui ajoutent des matières grasses chez les nourrissons, sur le risque d'appréciation accrue de la saveur sucrée et de la sensation de gras de l'enfant d'âge scolaire. Néanmoins, afin d'appuyer les recommandations futures sur l'ajout de

matières grasses chez les nourrissons, il est nécessaire de répliquer nos analyses sur d'autres populations, notamment avec des niveaux d'exposition supérieurs à ceux de l'échantillon d'étude EDEN et d'étudier le lien entre l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras sur la consommation d'aliments gras et sucrés. Enfin, notre étude a permis de mettre en évidence certaines pratiques d'alimentation du nourrisson (allaitement et utilisation d'aliments faits maison) qui pourraient avoir un effet sur le développement de l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras.

Ces travaux soulèvent d'autres questions à explorer. Ainsi, il est important d'explorer comment les expositions alimentaires au sucre et au gras à des âges plus tardifs que ceux étudiés ici peuvent moduler l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras.

Par ailleurs, la mesure d'appréciation n'est pas équivalente à une mesure de passage à l'acte effectif. De récentes études chez l'adulte ont cependant montré un lien entre l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras et la présence d'un surpoids (Deglaire et al., 2015) ainsi que le risque de développer un surpoids (Lampure et al., 2016). Par conséquent, il serait intéressant de savoir si l'on retrouve cette même association chez l'enfant. Il s'agissait d'un des objectifs initiaux de ma thèse que je n'ai pas eu le temps d'aborder, mais qui constitue une perspective immédiate de ce travail.

DISCUSSION GENERALE

1. Synthèse des résultats

Dans un contexte d'épidémie d'obésité infantile, l'objectif de cette thèse était de comprendre le rôle des expositions alimentaires au sucre et au gras durant la première année de vie sur l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants d'âge scolaire. Nous avons donc tout d'abord cherché à dresser un état des lieux des consommations d'aliments gras et sucrés durant la première année de vie et des facteurs qui pourraient les moduler dans le **chapitre 2**. Sachant que la consommation d'aliments gras et sucrés implique non seulement une exposition nutritionnelle mais aussi sensorielle, nous disposions des données de l'étude EDEN pour l'approche nutritionnelle et des données de l'étude OPALINE pour l'approche sensorielle, comme indiqué dans le **chapitre 1**.

Dans le **chapitre 2**, nous avons mis en évidence que par rapport aux recommandations nutritionnelles internationales et nationales, l'apport en lipides des nourrissons de la cohorte EDEN était insuffisant et que la proportion de consommateurs de matières grasses ajoutées était faible (15,5 % à huit mois et 27,1 % à 12 mois). En comparaison, l'exposition à la sensation de gras augmentait durant la première année de vie mais plus lentement que l'exposition à la saveur sucrée. De plus, l'exposition à la sensation de gras et à la saveur sucrée étaient très corrélées entre elles. Si certaines similitudes ont été observées dans les facteurs associés à l'exposition sensorielle et nutritionnelle au sucre et au gras, quelques différences ont été constatées. Aucune association entre l'âge gestationnel, le poids de naissance, l'âge de la mère à l'accouchement, l'IMC de la mère, le diabète gestationnel, le tabagisme maternel pendant la grossesse et l'exposition au sucre et au gras n'a été observée quelle que soit l'approche utilisée. En comparaison avec les filles, les garçons étaient plus consommateurs de sucres ajoutés mais aussi plus exposés à la saveur sucrée durant la première année de vie. Par rapport à un niveau d'étude maternel supérieur à deux années post-baccalauréat, un niveau d'études maternel plus faible était associé à un apport en lipides ainsi qu'à une exposition à la sensation de gras plus faibles. Plus l'âge de diversification alimentaire était avancé, moins l'apport en glucides, la

probabilité d'être consommateur de sucres ajoutés et l'exposition à la saveur sucrée étaient élevés. Plus l'utilisation d'aliments solides (bébés du commerce, adultes du commerce, faits maison) était fréquente et plus la probabilité d'être consommateur de sucres ajoutés et l'exposition à la saveur sucrée étaient élevées. De plus, plus l'utilisation d'aliments faits maison était fréquente et plus la probabilité d'être consommateur de matières grasses ajoutées et l'exposition à la sensation de gras étaient élevées. Parmi les principales différences entre l'exposition au sucre et au gras selon les deux approches, nous avons constaté que : i/plus la durée d'allaitement était longue et plus l'exposition à la saveur sucrée était importante mais aucune association n'a été trouvée entre la durée d'allaitement et l'apport en glucides ou le fait d'être consommateur de sucres ajoutés, ii/ le statut primipare était associé uniquement au fait d'être consommateur de sucres ajoutés, iii/ plus l'âge de diversification alimentaire était avancé, plus l'apport en lipides et la probabilité d'être consommateur de matières grasses ajoutées étaient élevés mais moins l'exposition à la sensation de gras était élevée.

Dans le **chapitre 3**, nous avons montré que les expositions nutritionnelles au sucre et au gras durant la première année de vie n'étaient pas associées à l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants entre neuf et 12 ans dans l'étude EDEN. Néanmoins, la durée d'allaitement ou le fait d'allaiter était associé à l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras, respectivement, pointant un effet de l'alimentation précoce dans le maintien de l'appréciation de la saveur sucrée et le développement de l'appréciation de la sensation de gras.

2. Forces et limites de ces études

Originalité de l'étude

L'une des principales forces de cette étude repose sur la mesure de l'exposition au sucre et au gras issue de tous les aliments consommés par le nourrisson durant la première année de vie

selon une approche à la fois sensorielle et nutritionnelle. La plupart des études portant sur l'exposition alimentaire au sucre et au gras du nourrisson soit étaient focalisées sur la consommation d'un aliment ou d'un groupe d'aliments isolément des autres aliments (Beauchamp & Moran, 1982; Beauchamp & Moran, 1984; Pepino & Mennella, 2005a; Brekke et al., 2007) soit portaient sur des profils d'alimentation (Robinson et al., 2007; Smithers et al., 2012; Kiefte-de Jong et al., 2013) mais aucune à notre connaissance n'a fait de distinction entre l'exposition sensorielle et l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras. Il est certain que l'exposition nutritionnelle et sensorielle au sucre et au gras partagent une base commune et sont indissociables dans l'exposition alimentaire, c'est-à-dire qu'il n'est pas possible d'être exposé aux aliments uniquement nutritionnellement ou sensoriellement, mis à part le cas des édulcorants intenses et des substituts de matières grasses (ingrédients peu employés dans l'alimentation du nourrisson). En effet, la perception de la saveur sucrée et de la sensation de gras repose sur la détection au niveau gustatif des mono- et disaccharides (Nelson et al., 2001) et des acides gras libres et des triglycérides (Mattes, 2009; Montmayeur & Le Coutre, 2010; Mattes, 2011; Keast & Costanzo, 2015; Besnard et al., 2016), respectivement. Cette base commune nous a d'ailleurs permis d'estimer l'intensité de la saveur sucrée et de la sensation de gras de certains aliments à partir de la composition nutritionnelle en mono- et disaccharides et en lipides de ces aliments à l'aide de modèles statistiques, dont les paramètres ont été calculés à partir de données empiriques. Cependant, la perception de la saveur sucrée et de la sensation de gras des aliments est aussi modulée par la texture et la composante aromatique des aliments (Christensen, 1980; de Graaf & Frijters, 1989; Drewnowski et al., 1989; Drewnowski & Schwartz, 1990; Calviño et al., 1993; Lethuaut et al., 2004; Montmayeur & Le Coutre, 2010; Keast & Costanzo, 2015; Besnard et al., 2016). Ceci pourrait expliquer en partie certains de nos résultats du **chapitre 2**, à savoir que si l'exposition nutritionnelle et sensorielle au sucre et au gras présentaient certains facteurs associés en commun, des différences ont été mises en évidence.

De plus, l'exposition sensorielle présentée dans le **chapitre 1** a été mesurée sur la base de l'alimentation complète du nourrisson, ce qui n'a jamais été évaluée dans les précédentes études, qui se sont plutôt focalisées sur certains aliments (Beauchamp & Moran, 1982; Beauchamp & Moran, 1984; Pepino & Mennella, 2005a). En effet, même si les tables de composition nutritionnelles ne sont pas encore exhaustives (en particulier concernant l'alimentation du nourrisson), elles sont plus largement utilisées à l'heure actuelle que les tables sensorielles qui sont des outils qui n'ont été mis en place que récemment (Schwartz et al., 2010; Martin et al., 2014; Lease et al., 2016). Ainsi, aucune des précédentes études n'a mesuré une exposition à la saveur sucrée mais plutôt une exposition à un aliment en particulier qu'était les boissons sucrées. Cependant, l'exposition à un aliment sucré ne peut se généraliser à l'exposition à la saveur sucrée. Notre étude apparaît donc comme la première à avoir caractérisé l'exposition à la saveur sucrée et à la sensation de gras chez le nourrisson.

De même, l'appréciation d'un aliment sucré (ou gras) ne peut se généraliser à l'appréciation de la saveur sucrée (ou de la sensation de gras) ce qui souligne une autre force de notre étude. Par rapport aux études focalisées sur la mesure de l'appréciation de certains aliments ou groupes d'aliments (Gibson et al., 1998; Zandstra & de Graaf, 1998; De Graaf & Zandstra, 1999; Nicklaus et al., 2004; Cooke & Wardle, 2005; Hill et al., 2009; Yuan et al., 2016b), nous avons utilisé une mesure de l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras présentée dans le **chapitre 1** qui repose non seulement sur l'appréciation de plusieurs aliments mais aussi sur des préférences en termes de niveaux d'assaisonnement (ajout d'ingrédients sucrés ou gras) et sur des habitudes alimentaires.

Enfin, l'étude présentée dans le **chapitre 3** est la première étude comportant un suivi prospectif entre la première année de vie et la période scolaire, menée sur un échantillon de taille conséquente ($n = 616$) ayant porté sur les associations entre les expositions nutritionnelles au sucre et au gras du nourrisson et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras.

Qualité des mesures utilisées

La mesure d'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez l'enfant d'âge scolaire provient d'un questionnaire validé. De plus, ce questionnaire permet de faire mesurer à l'enfant son appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras, sans recours aux réponses des parents. Cette mesure directe limite les erreurs de déclaration des parents c'est à dire la sur- ou la sous-estimation de l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras des enfants en se basant majoritairement sur les consommations alimentaires de l'enfant. Par rapport aux questionnaires remplis par les parents, le questionnaire que nous avons adapté à la compréhension des enfants, prévient du biais de désirabilité sociale possible des parents. Même s'il a été montré que les enfants avaient déjà conscience de la connotation saine des aliments, leurs appréciations des aliments étaient plutôt dirigées par la palatabilité des aliments (Ross, 1995). Ainsi, le fait d'interroger directement l'enfant sur son appréciation permet de faire la distinction entre sa consommation qui est encore potentiellement sous contrôle parental et ce qu'il choisirait de consommer en dehors de ce contrôle parental.

Représentativité des échantillons d'étude et attrition

Comme discuté dans le **chapitre 1**, l'échantillon de l'étude EDEN comporte des mères avec un niveau d'études plus élevé que celles de l'échantillon de l'Enquête Nationale Périnatale 2003 (Blondel et al., 2006), différence accentuée par les sélections successives des échantillons d'étude dans le **chapitre 2** puis dans le **chapitre 3**. Par conséquent, l'étude EDEN n'est pas représentative de la population française et il faut rester prudent sur la généralisation de nos résultats. Il en est de même pour l'étude OPALINE. Ainsi, on ne peut pas écarter l'hypothèse que l'absence d'association entre certains facteurs étudiés et l'exposition au sucre et au gras du nourrisson dans le **chapitre 2** serait partiellement liée au biais de sélection. De plus, l'attrition différentielle de participants est courante dans les études prospectives épidémiologiques. En plus d'un biais de sélection, l'attrition pourrait induire un manque de puissance dans nos analyses du **chapitre 3** ce qui pourrait expliquer en partie l'absence de lien entre l'exposition au

sucré et au gras du nourrisson et l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras de l'enfant d'âge scolaire. En effet, les niveaux d'exposition pourraient être trop faibles ou l'échantillon pourrait être de taille trop limitée pour mettre en évidence une association. Dans la mesure où aucune autre étude à notre connaissance n'a recherché le lien entre les expositions alimentaires au sucre et au gras du nourrisson et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras de l'enfant d'âge scolaire, il était difficile d'envisager un calcul de puissance lors de la conception de l'étude.

Mesures utilisées

L'exposition nutritionnelle au sucre et au gras dans l'étude EDEN n'a été estimée que chez les nourrissons n'étant pas allaités au moment de la mesure de l'exposition (à huit et 12 mois, respectivement). Néanmoins, seules 13 % et 6% des mères EDEN allaitaient encore à huit et 12 mois, respectivement. Cette condition n'a donc pas exclu une proportion importante de nourrisson. Par ailleurs, il n'a pas été possible de mesurer *stricto sensu* les sucres libres tels qu'ils sont définis par l'OMS, c'est-à-dire comme étant « tous les monosaccharides et disaccharides ajoutés aux aliments et boissons par l'industriel, le cuisinier, ou le consommateur ainsi que les sucres naturellement présents dans le miel, les jus de fruits et les jus de fruits à base de concentré » (World Health Organization (WHO), 2015). En effet, la composition en sucres ajoutés des aliments n'est disponible dans aucune base de composition nutritionnelle actuellement. En 2013, la composition nutritionnelle notamment en sucres (mono- et disaccharides) d'une trentaine d'aliments de la petite enfance a été introduite dans les tables CIQUAL mais la distinction entre les sucres intrinsèques et ajoutés n'est toujours pas disponible. Néanmoins, pour s'approcher de la mesure des sucres libres, nous avons estimé la consommation de sucres ajoutés par les mères utilisant ces ingrédients, ainsi que la consommation de boissons sucrées.

Dans l'estimation des expositions sensorielles, pour pallier au manque de données disponibles dans les tables d'intensités sensorielles des aliments, nous avons eu recours à un

modèle de prédiction utilisant d'une part des données d'intensité sucrée et de sensation de gras, d'autre part la composition soit en mono-et disaccharides soit en lipides (ANSES, 2013) et à des règles de décision. Ainsi, l'utilisation de cette approche, nous a permis de compléter nos données et ainsi d'être plus exhaustif dans les intensités sensorielles des aliments. Cependant, visuellement, la qualité d'ajustement du modèle de prédiction de la sensation de gras est moins bonne que celle du modèle de prédiction de l'intensité de la saveur sucrée (**ANNEXE 12**). Ces modèles de prédiction ont été utilisés pour estimer l'intensité de la sensation de gras et l'intensité de la saveur sucrée de 41,6 % et 22,8 % de la liste des aliments ingérés par les nourrissons, respectivement. Il s'agit d'une approche pionnière pour estimer l'intensité de la saveur sucrée et de la sensation de gras des aliments. L'avantage de l'utilisation de la composition en lipides des aliments dans les modèles de prédiction et non pas de la composition en acides gras libres, est de tenir compte de plusieurs dimensions de la sensation de gras c'est à dire de la détection des acides gras libres mais aussi des propriétés texturales, modifiées par la composition en lipides de l'aliment (Drewnowski & Schwartz, 1990; Mela, 1990). Par ailleurs, les règles de décision ont permis d'estimer l'effet de l'ajout de certains ingrédients sur l'intensité de la saveur sucrée ou de la sensation de gras des aliments. Cependant, que ce soit pour les ingrédients ajoutés et pour les aliments, nous ne disposons pas de la quantité consommée. En ce qui concerne l'intensité de la saveur sucrée et de la sensation de gras perçue d'un aliment, de même que la composition nutritionnelle d'un aliment, elles ne sont pas susceptibles de changer *a priori* en fonction de la quantité consommée. *A contrario*, en fonction de la quantité de sucres ou de matières grasses ajoutées dans un aliment, l'intensité de la saveur sucrée et de la sensation de gras perçue pour cet aliment n'est pas la même.

3. Implications en Santé publique

Nos travaux ont permis de mettre en évidence un apport en lipides inférieur aux recommandations nutritionnelles chez le nourrisson dans un échantillon comportant des mères avec un niveau d'études supérieures plus élevé que la population française. Nous avons tout de même mis en évidence un lien entre un niveau d'études maternel plus faible et un apport en lipides plus faible du nourrisson. Nous avons retrouvé la même association entre le niveau d'études maternel et l'exposition à la sensation de gras. Par ailleurs, nos résultats ont montré que l'ajout de matières grasses chez le nourrisson reste marginal et n'était pas influencé par le niveau d'études maternel. Ainsi, un renforcement de la dissémination des recommandations sur l'apport nutritionnel en lipides chez le nourrisson et notamment sur l'importance de l'enrichissement en matières grasses des préparations maison pourrait être nécessaire auprès de toutes les familles françaises. Par ailleurs, notre étude a montré que l'exposition nutritionnelle aux aliments gras n'était pas associée à une appréciation plus élevée de la sensation de gras chez l'enfant d'âge scolaire. Afin d'appuyer les recommandations futures sur l'ajout de matières grasses chez les nourrissons, il est nécessaire de répliquer nos analyses sur d'autres populations avec notamment des niveaux d'exposition supérieurs à ceux de l'échantillon d'étude EDEN et d'étudier le lien entre l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras sur la consommation d'aliments gras et sucrés.

De plus, nos résultats ont montré que la consommation de sucres ajoutés (et de boissons sucrées) ne concernait qu'un tiers des nourrissons et qu'elle n'était pas liée à l'appréciation de la saveur sucrée chez les enfants d'âge scolaire. Ces résultats sur l'exposition nutritionnelle aux aliments sucrés ont également besoin d'être confirmés par d'autres études.

4. Perspectives

Comme nous l'avons constaté pour les facteurs associés à l'exposition au sucre et au gras, les associations ne sont pas toujours les mêmes du point de vue nutritionnel ou sensoriel. Il serait donc intéressant d'étudier le lien entre les expositions sensorielles au sucre et au gras et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants d'âge scolaire. Ce travail est la perspective directe de cette thèse, il a été initié par le recueil des données d'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants de l'étude OPALINE, mais le recueil est toujours en cours et le nombre limité de données recueillies à ce jour n'a pas permis son initiation.

De plus, nous avons étudié le lien entre l'exposition au sucre et au gras généralisée à toute l'alimentation du nourrisson et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras et non pas l'appréciation d'un aliment sucré ou gras spécifique. Les précédentes études sur l'association entre l'exposition au sucre et la préférence ou l'appréciation du sucre, ont quant à elles mesuré un lien pour un aliment spécifique (boissons sucrées généralement) (Beauchamp & Moran, 1982; Beauchamp & Moran, 1984; Pepino & Mennella, 2005a). Cependant, le fait d'être exposé ou non aux boissons sucrées n'était pas associé à la consommation plus importante ou non d'aliments sucrés chez le nourrisson (Beauchamp & Moran, 1982). Il a aussi été montré que l'exposition répétée à un nouvel aliment chez le nourrisson augmentait la consommation de cet aliment mais pas des autres aliments (Birch et al., 1998). Par ailleurs, chez l'enfant, l'exposition répétée à des boissons sucrées n'était pas associée à une préférence pour les yaourts les plus sucrés (Liem & de Graaf, 2004). Ces résultats suggéreraient que l'exposition répétée à un seul aliment sucré ne permettrait pas l'apprentissage de l'appréciation de la saveur sucrée. Cependant, il s'agit d'une hypothèse qui nécessite d'être appuyée par des études longitudinales qui mesureraient comme nous l'avons fait l'exposition à un aliment sucré ou gras du nourrisson sur l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras chez l'enfant d'âge scolaire.

Par ailleurs, la mesure d'appréciation n'est pas une mesure de passage à l'acte d'autant plus que l'alimentation de l'enfant est encore en partie contrôlée par les parents. Ainsi, une appréciation élevée des aliments sucrés et gras ne signifie pas nécessairement une envie plus importante d'en manger même si elles sont indéniablement liées (Berridge, 1996; Nicklaus & Issanchou, 2007), ni une consommation plus importante (Gibson et al., 1998; Lanfer et al., 2012). A l'aide de deux études transversales, il a été montré que l'appréciation des aliments gras et sucrés chez l'enfant (entre six et neuf ans et entre neuf et 11 ans) n'était pas associée à la consommation de ces aliments (Gibson et al., 1998; Lanfer et al., 2012). Néanmoins, de récentes études chez l'adulte ont montré un lien entre l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras et le risque de développer un surpoids (Lampure et al., 2016). Etudier ces mêmes associations chez l'enfant constitue une perspective directe de la thèse et les données ont été collectées dans cet objectif.

De plus, même si nous n'avons pas pu mettre en évidence que l'exposition au sucre et au gras durant la première année de vie pouvait influencer l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez l'enfant d'âge scolaire, d'autres périodes de l'enfance pourraient constituer des périodes charnières pour modifier l'appréciation de la saveur sucrée ou de la sensation de gras des enfants. Par conséquent, des études de l'influence des expositions alimentaires au sucre et au gras à d'autres périodes de l'enfance sur l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras seraient à envisager.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES). (2001). *Apports Nutritionnels Conseillés Pour La Population Française (3e Édition)* (Tec & Doc ed.).
- Agence Nationale de sécurité Sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES). (2009). Étude Individuelle Nationale Des Consommations Alimentaires 2 (Inca 2) 2006-2007 (pp. 225).
- Alexy U, Sichert-Hellert W, Kersting M & Schultze-Pawlitschko V. (2004). Pattern of Long-Term Fat Intake and Bmi During Childhood and Adolescence--Results of the Donald Study. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 28(10), 1203-1209.
- ANSES. (2013). French Food Composition Table [Internet] Retrieved Nov 05, 2015, from <https://pro.anses.fr/tableciqua/index.htm>
- Bartoshuk LM, Duffy VB, Hayes JE, Moskowitz HR & Snyder DJ. (2006). Psychophysics of Sweet and Fat Perception in Obesity: Problems, Solutions and New Perspectives. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 361(1471), 1137-1148.
- Beauchamp GK & Mennella JA. (1998). Périodes Sensibles Du Développement De La Perception Du Goût Et Des Préférences Chez L'homme. *Ann Nestle [Fr]*, 56(1), 20-32.
- Beauchamp GK & Moran M. (1982). Dietary Experience and Sweet Taste Preferences in Human Infants. *Appetite*, 3(2), 139-152.
- Beauchamp GK & Moran M. (1984). Acceptance of Sweet and Salty Tastes in 2-Year-Old Children. *Appetite*, 5(4), 291-305.
- Bell LK, Golley RK, Daniels L & Magarey AM. (2013). Dietary Patterns of Australian Children Aged 14 and 24 Months, and Associations with Socio-Demographic Factors and Adiposity. *Eur J Clin Nutr*, 67(6), 638-645.
- Bentler PM. (1989). Eqs 6 Structural Equations Program Manual. *Los Angeles: BMDP Statistic Software*, 86-102.
- Bentler PM & Bonett DG. (1980). Significance Tests and Goodness of Fit in the Analysis of Covariance Structures. *Psychol Bull*, 88(3), 588.
- Berridge KC. (1996). Food Reward: Brain Substrates of Wanting and Liking. *Neurosci Biobehav Rev*, 20(1), 1-25.
- Besnard P, Passilly-Degrace P & Khan NA. (2016). Taste of Fat: A Sixth Taste Modality? *Physiol Rev*, 96(1), 151-176.
- Betoko A, Charles MA, Hankard R, Forhan A, Bonet M, Saurel-Cubizolles MJ, et al. (2013). Infant Feeding Patterns over the First Year of Life: Influence of Family Characteristics. *Eur J Clin Nutr*, 67(6), 631-637.

- Birch LL. (1979). Dimensions of Preschool Children's Food Preferences. *Journal of Nutrition Education*, 11(2), 77-80.
- Birch LL. (1992). Children's Preferences for High-Fat Foods. *Nutrition Reviews*, 50(9), 249-255.
- Birch LL, Gunder L, Grimm-Thomas K & Laing DG. (1998). Infants' Consumption of a New Food Enhance Acceptance of Similar Foods. *Appetite*, 30.
- Birch LL & Marlin DW. (1982). I Don't Like It; I Never Tried It: Effects of Exposure on Two-Year-Old Children's Food Preferences. *Appetite*, 3.
- Birch LL, McPhee L, Steinberg L & Sullivan S. (1990). Conditioned Flavor Preferences in Young Children. *Physiol Behav*, 47(3), 501-505.
- Blondel B, Supernant K, Du Mazaubrun C, Breart G & pour la Coordination nationale des Enquetes Nationales P. (2006). [Trends in Perinatal Health in Metropolitan France between 1995 and 2003: Results from the National Perinatal Surveys]. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)*, 35(4), 373-387.
- Boggio V, Grossiord A, Guyon S, Fuchs F & Fantino M. (1999). Consommation Alimentaire Des Nourrissons Et Des Enfants En Bas Âge En France En 1997. *Arch Pediatr*, 6(7), 740-747.
- Brekke HK, van Odiijk J & Ludvigsson J. (2007). Predictors and Dietary Consequences of Frequent Intake of High-Sugar, Low-Nutrient Foods in 1-Year-Old Children Participating in the Abis Study. *Br J Nutr*, 97(1), 176-181.
- Brion MJ, Lawlor DA, Matijasevich A, Horta B, Anselmi L, Araujo CL, et al. (2011). What Are the Causal Effects of Breastfeeding on Iq, Obesity and Blood Pressure? Evidence from Comparing High-Income with Middle-Income Cohorts. *Int J Epidemiol*, 40(3), 670-680.
- Brown A & Rowan H. (2015). Maternal and Infant Factors Associated with Reasons for Introducing Solid Foods. *Matern Child Nutr*.
- Brown A & Rowan H. (2016). Maternal and Infant Factors Associated with Reasons for Introducing Solid Foods. *Matern Child Nutr*, 12(3), 500-515.
- Butte NF, Fox MK, Briefel RR, Siega-Riz AM, Dwyer JT, Deming DM, et al. (2010). Nutrient Intakes of Us Infants, Toddlers, and Preschoolers Meet or Exceed Dietary Reference Intakes. *J Am Diet Assoc*, 110(12 Suppl), S27-37.
- Calviño AM, García-Medina MR, Cometto-Muñiz JE & Rodriguez MB. (1993). Perception of Sweetness and Bitterness in Different Vehicles. *Perception & Psychophysics*, 54(6), 751-758.
- Cardello AV & Maller O. (1982). Relationships between Food Preferences and Food Acceptance Ratings. *J Food Sci*, 47, 1553-1557.
- Cashdan E. (1994). A Sensitive Period for Learning About Food. *Hum Nat*, 5.

- Cattell RB. (1966). The Scree Test for the Number of Factors. *Multivariate Behav Res*, 1(2), 245-276.
- Child D. (1990). *The Essentials of Factor Analysis*: Cassell Educational.
- Christensen CM. (1980). Effects of Solution Viscosity on Perceived Saltiness and Sweetness. *Percept Psychophys*, 28(4), 347-353.
- Conn JA, Davies MJ, Walker RB & Moore VM. (2009). Food and Nutrient Intakes of 9-Month-Old Infants in Adelaide, Australia. *Public Health Nutr*, 12(12), 2448-2456.
- Cooke LJ & Wardle J. (2005). Age and Gender Differences in Children's Food Preferences. *Br J Nutr*, 93(5), 741-746.
- Cox DN, van Galen M, Hedderley D, Perry L, Moore PB & Mela DJ. (1998). Sensory and Hedonic Judgments of Common Foods by Lean Consumers and Consumers with Obesity. *Obes Res*, 6(6), 438-447.
- Cronbach LJ. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- de Graaf C & Frijters JER. (1989). Interrelationships among Sweetness, Saltiness and Total Taste Intensity of Sucrose, Nacl and Sucrose/Nacl Mixtures. *Chem Senses*, 14(1), 81-102.
- De Graaf C & Zandstra EH. (1999). Sweetness Intensity and Pleasantness in Children, Adolescents, and Adults. *Physiol Behav*, 67(4), 513-520.
- de Lauzon-Guillain B, Oliveira A, Charles MA, Grammatikaki E, Jones L, Rigal N, et al. (2012). A Review of Methods to Assess Parental Feeding Practices and Preschool Child's Eating Behavior: The Need for Further Development of Tools. *J Am Diet Assoc*, 112(10), 1578-1602.
- de Lauzon B, Romon M, Deschamps V, Lafay L, Borys JM, Karlsson J, et al. (2004). The Three-Factor Eating Questionnaire-R18 Is Able to Distinguish among Different Eating Patterns in a General Population. *J Nutr*, 134(9), 2372-2380.
- Deglaire A, Mejean C, Castetbon K, Kesse-Guyot E, Hercberg S & Schlich P. (2015). Associations between Weight Status and Liking Scores for Sweet, Salt and Fat According to the Gender in Adults (the Nutrinet-Sante Study). *Eur J Clin Nutr*, 69(1), 40-46.
- Deglaire A, Méjean C, Castetbon K, Kesse-Guyot E, Urbano C, Hercberg S, et al. (2012). Development of a Questionnaire to Assay Recalled Liking for Salt, Sweet and Fat. *Food Qual Prefer*, 23(2), 110-124.
- Deheeger M, Akrouit M, Bellisle F, Rossignol C & Rolland-Cachera MF. (1996). Individual Patterns of Food Intake Development in Children: A 10 Months to 8 Years of Age Follow-up Study of Nutrition and Growth. *Physiol Behav*, 59(3), 403-407.

- Deschamps V, de Lauzon-Guillain B, Lafay L, Borys JM, Charles MA & Romon M. (2009). Reproducibility and Relative Validity of a Food-Frequency Questionnaire among French Adults and Adolescents. *Eur J Clin Nutr*, 63(2), 282-291.
- Desor JA, Greene LS & Maller O. (1975). Preference for Sweet and Salty in 9- to 15-Year-Old and Adult Humans. *Science*, 190, 686-687.
- Desor JA, Maller O & Turner RE. (1977). Preference for Sweet in Humans: Infants, Children and Adults. In JM Weiffenbach (Ed.), *Taste and Development: The Genesis of Sweet Preference* (pp. 161-172). Washington, DC: US Government Printing Office.
- Dewey KG, Heinig MJ, Nommsen LA, Peerson JM & Lonnerdal B. (1993). Breast-Fed Infants Are Leaner Than Formula-Fed Infants at 1 Y of Age: The Darling Study. *Am J Clin Nutr*, 57(2), 140-145.
- Drewnowski A. (1997). Taste Preference and Food Intake. *Annu Rev Nutr*, 17, 237-253.
- Drewnowski A & Greenwood MRC. (1983). Cream and Sugar: Human Preferences for High-Fat Foods. *Physiol Behav*, 30, 629-633.
- Drewnowski A & Schwartz M. (1990). Invisible Fats: Sensory Assessment of Sugar/Fat Mixtures. *Appetite*, 14(3), 203-217.
- Drewnowski A, Shrager EE, Lipsky C, Stellar E & Greenwood MR. (1989). Sugar and Fat: Sensory and Hedonic Evaluation of Liquid and Solid Foods. *Physiol Behav*, 45(1), 177-183.
- Duffy VB, Hayes JE, Sullivan BS & Faghri P. (2009). Surveying Food and Beverage Liking: A Tool for Epidemiological Studies to Connect Chemosensation with Health Outcomes. *Ann N Y Acad Sci*, 1170, 558-568.
- Duffy VB, Lanier SA, Hutchins HL, Pescatello LS, Johnson MK & Bartoshuk LM. (2007). Food Preference Questionnaire as a Screening Tool for Assessing Dietary Risk of Cardiovascular Disease within Health Risk Appraisals. *J Am Diet Assoc*, 107(2), 237-245.
- Efron B. (1979). Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife. (1), 1-26.
- EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA). (2010). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for Fats, Including Saturated Fatty Acids, Polyunsaturated Fatty Acids, Monounsaturated Fatty Acids, Trans Fatty Acids, and Cholesterol. *EFSA Journal*, 8(3), 1461.
- Emmett PM & Jones LR. (2014). Diet and Growth in Infancy: Relationship to Socioeconomic Background and to Health and Development in the Avon Longitudinal Study of Parents and Children. *Nutr Rev*, 72(8), 483-506.
- Enders CK & Bandalos DL. (2001). The Relative Performance of Full Information Maximum Likelihood Estimation for Missing Data in Structural Equation Models. *Structural Equation Modeling*, 8(3), 430-457.

- Etude SFAE/TNS SOFRES. (2008). Aliments De L'enfance De La Naissance À Trois Ans 2016, from http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Presentation_lipides_aliments_enfance_SFAE.pdf
- European Communities. (2006a). Commission Directive 2006/125/Ec of 5 December 2006 on Processed Cereal-Based Foods and Baby Foods for Infants and Young Children (Codified Version). Retrieved Feb, 2016, from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=URISERV:l21101a>
- European Communities. (2006b). Commission Directive 2006/141/Ec of 22 December 2006 on Infant Formulae and Follow-on Formulae and Amending Directive 1999/21/Ec Retrieved Nov, 2015, from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006L0141>
- Fall CH, Borja JB, Osmond C, Richter L, Bhargava SK, Martorell R, et al. (2011). Infant-Feeding Patterns and Cardiovascular Risk Factors in Young Adulthood: Data from Five Cohorts in Low- and Middle-Income Countries. *Int J Epidemiol*, 40(1), 47-62.
- Fantino M & Gourmet E. (2008). Apports Nutritionnels En France En 2005 Chez Les Enfants Non Allaites Ages De Moins De 36 Mois. [Nutrient intakes in 2005 by non-breast fed French children of less than 36 months]. *Arch Pediatr*, 15(4), 446-455.
- Fein SB, Labiner-Wolfe J, Scanlon KS & Grummer-Strawn LM. (2008). Selected Complementary Feeding Practices and Their Association with Maternal Education. *Pediatrics*, 122 Suppl 2, S91-97.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2010). Fats and Fatty Acids in Human Nutrition. Report of an Expert Consultation *FAO Food Nutr Pap* (2010/01/01 ed., Vol. 91, pp. 1-166).
- Foterek K, Buyken AE, Bolzenius K, Hilbig A, Nothlings U & Alexy U. (2016). Commercial Complementary Food Consumption Is Prospectively Associated with Added Sugar Intake in Childhood. *Br J Nutr*, 115(11), 2067-2074.
- Fox MK, Reidy K, Novak T & Ziegler P. (2006). Sources of Energy and Nutrients in the Diets of Infants and Toddlers. *J Am Diet Assoc*, 106(1 Suppl 1), S28-42.
- GEM-RCN. (2013). Recommandation Nutrition (Service des Achats de l'Etat, Trans.): Ministère de l'Economie et des Finances.
- Gibson EL, Wardle J & Watts CJ. (1998). Fruit and Vegetable Consumption, Nutritional Knowledge and Beliefs in Mothers and Children. *Appetite*, 31(2), 205-228.
- Gluckman PD, Hanson MA & Buklijas T. (2010). A Conceptual Framework for the Developmental Origins of Health and Disease. *J Dev Orig Health Dis*, 1(1), 6-18.
- Golley RK, Smithers LG, Mittinty MN, Brazionis L, Emmett P, Northstone K, et al. (2012). An Index Measuring Adherence to Complementary Feeding Guidelines Has Convergent Validity as a Measure of Infant Diet Quality. *J Nutr*, 142(5), 901-908.

- Greenland S, Pearl J & Robins JM. (1999). Causal Diagrams for Epidemiologic Research. *Epidemiology*, 10(1), 37-48.
- Grote V, Verduci E, Scaglioni S, Vecchi F, Contarini G, Giovannini M, et al. (2016). Breast Milk Composition and Infant Nutrient Intakes During the First 12 Months of Life. *Eur J Clin Nutr*, 70(2), 250-256.
- Guignon N, Collet M & Gonzalez L. (2010). La Santé Des Enfants En Grande Section De Maternelle En 2005-2006. In DRESS (Ed.), *Etudes et résultats*
- Gunnarsdottir I & Thorsdottir I. (2003). Relationship between Growth and Feeding in Infancy and Body Mass Index at the Age of 6 Years. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 27(12), 1523-1527.
- Gunther AL, Buyken AE & Kroke A. (2006). The Influence of Habitual Protein Intake in Early Childhood on Bmi and Age at Adiposity Rebound: Results from the Donald Study. *Int J Obes (Lond)*, 30(7), 1072-1079.
- Gunther AL, Buyken AE & Kroke A. (2007a). Protein Intake During the Period of Complementary Feeding and Early Childhood and the Association with Body Mass Index and Percentage Body Fat at 7 Y of Age. *Am J Clin Nutr*, 85(6), 1626-1633.
- Gunther AL, Remer T, Kroke A & Buyken AE. (2007b). Early Protein Intake and Later Obesity Risk: Which Protein Sources at Which Time Points Throughout Infancy and Childhood Are Important for Body Mass Index and Body Fat Percentage at 7 Y of Age? *Am J Clin Nutr*, 86(6), 1765-1772.
- Haller R, Rummel C, Henneberg S, Pollmer U & Köster EP. (1999). The Influence of Early Experience with Vanillin on Food Preference Later in Life. *Chem Senses*, 24(4), 465-467.
- Harris G. (2008). Development of Taste and Food Preferences in Children. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 11(3), 315-319.
- Hausner H, Nicklaus S, Issanchou S, Molgaard C & Moller P. (2010). Breastfeeding Facilitates Acceptance of a Novel Dietary Flavour Compound. *Clin Nutr*, 29(1), 141-148.
- Herbst A, Diethelm K, Cheng G, Alexy U, Icks A & Buyken AE. (2011). Direction of Associations between Added Sugar Intake in Early Childhood and Body Mass Index at Age 7 Years May Depend on Intake Levels. *J Nutr*, 141(7), 1348-1354.
- Heude B, Forhan A, Slama R, Douhaud L, Bedel S, Saurel-Cubizolles MJ, et al. (2015). Cohort Profile: The Eden Mother-Child Cohort on the Prenatal and Early Postnatal Determinants of Child Health and Development. *Int J Epidemiol*, 45(2), 353-363.
- Hill C, Wardle J & Cooke L. (2009). Adiposity Is Not Associated with Children's Reported Liking for Selected Foods. *Appetite*, 52(3), 603-608.

- Hoppe C, Udam TR, Lauritzen L, Molgaard C, Juul A & Michaelsen KF. (2004). Animal Protein Intake, Serum Insulin-Like Growth Factor I, and Growth in Healthy 2.5-Y-Old Danish Children. *Am J Clin Nutr*, 80(2), 447-452.
- Horta BL, Loret de Mola C & Victora CG. (2015). Long-Term Consequences of Breastfeeding on Cholesterol, Obesity, Systolic Blood Pressure and Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Acta Paediatr*, 104(467), 30-37.
- Horta BL & Victoria CG. (2013). Long-Term Effects of Breastfeeding: A Systematic Review (pp. 74). Geneva: World Health Organization.
- INPES. (2005). Pnns - La Santé Vient En Mangeant - Le Guide Parents 0-3 Ans (pp. 40). Paris: Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé.
- Issanchou S & Nicklaus S. (2015). Sensitive Periods and Factors in the Early Formation of Food Preferences. *The ECOG'S eBook on Child and Adolescent Obesity.*, from ebook.ecog-obesity.eu/chapter-nutrition-food-choices-eating-behavior/sensitive-periods-factors-early-formation-food-preferences
- Johnson SL, McPhee L & Birch LL. (1991). Conditioned Preferences: Young Children Prefer Flavors Associated with High Dietary Fat. *Physiol Behav*, 50(6), 1245-1251.
- Karlberg J, Jalil F, Lam B, Low L & Yeung CY. (1994). Linear Growth Retardation in Relation to the Three Phases of Growth. *Eur J Clin Nutr*, 48 Suppl 1, S25-43; discussion S43-24.
- Keast RS & Costanzo A. (2015). Is Fat the Sixth Taste Primary? Evidence and Implications. *Flavour*, 4(1), 1-7.
- Kern DL, McPhee L, Fisher J, Johnson S & Birch LL. (1993). The Postingestive Consequences of Fat Condition Preferences for Flavors Associated with High Dietary Fat. *Physiol Behav*, 54, 71-76.
- Keskitalo K, Tuorila H, Spector TD, Cherkas LF, Knaapila A, Kaprio J, et al. (2008). The Three-Factor Eating Questionnaire, Body Mass Index, and Responses to Sweet and Salty Fatty Foods: A Twin Study of Genetic and Environmental Associations. *Am J Clin Nutr*, 88(2), 263-271.
- Kiefte-de Jong JC, de Vries JH, Bleeker SE, Jaddoe VWV, Hofman A, Raat H, et al. (2013). Socio-Demographic and Lifestyle Determinants of 'Western-Like' and 'Health Conscious' Dietary Patterns in Toddlers. *Br J Nutr*, 109(1), 137-147.
- Koletzko B, Broekaert I, Demmelmair H, Franke J, Hannibal I, Oberle D, et al. (2005). Protein Intake in the First Year of Life: A Risk Factor for Later Obesity? The E.U. Childhood Obesity Project. *Adv Exp Med Biol*, 569, 69-79.
- Koletzko B, Dokoupil K, Reitmayr S, Weimert-Harendza B & Keller E. (2000). Dietary Fat Intakes in Infants and Primary School Children in Germany. *Am J Clin Nutr*, 72(5), 1392S-1398S.

- Koletzko B, von Kries R, Closa R, Escribano J, Scaglioni S, Giovannini M, et al. (2009). Lower Protein in Infant Formula Is Associated with Lower Weight up to Age 2 Y: A Randomized Clinical Trial. *Am J Clin Nutr*, 89(6), 1836-1845.
- Kramer MS, Matush L, Vanilovich I, Platt RW, Bogdanovich N, Sevkovskaya Z, et al. (2007). Effects of Prolonged and Exclusive Breastfeeding on Child Height, Weight, Adiposity, and Blood Pressure at Age 6.5 Y: Evidence from a Large Randomized Trial. *Am J Clin Nutr*, 86(6), 1717-1721.
- Kranz S & Siega-Riz AM. (2002). Sociodemographic Determinants of Added Sugar Intake in Preschoolers 2 to 5 Years Old. *J Pediatr*, 140(6), 667-672.
- Lampure A, Castetbon K, Deglaire A, Schlich P, Peneau S, Hercberg S, et al. (2016). Associations between Liking for Fat, Sweet or Salt and Obesity Risk in French Adults: A Prospective Cohort Study. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 13(1), 74.
- Lampure A, Deglaire A, Schlich P, Castetbon K, Peneau S, Hercberg S, et al. (2014). Liking for Fat Is Associated with Sociodemographic, Psychological, Lifestyle and Health Characteristics. *Br J Nutr*, 112(8), 1353-1363.
- Lampure A, Schlich P, Deglaire A, Castetbon K, Peneau S, Hercberg S, et al. (2015). Sociodemographic, Psychological, and Lifestyle Characteristics Are Associated with a Liking for Salty and Sweet Tastes in French Adults. *J Nutr*, 145(3), 587-594.
- Lande B, Andersen LF, Veierod MB, Baerug A, Johansson L, Trygg KU, et al. (2004). Breast-Feeding at 12 Months of Age and Dietary Habits among Breast-Fed and Non-Breast-Fed Infants. *Public Health Nutr*, 7(4), 495-503.
- Lanfer A, Knof K, Barba G, Veidebaum T, Papoutsou S, de Henauw S, et al. (2012). Taste Preferences in Association with Dietary Habits and Weight Status in European Children: Results from the Idefics Study. *Int J Obes (Lond)*, 36(1), 27-34.
- Lange C, Visalli M, Jacob S, Chabanet C, Schlich P & Nicklaus S. (2013). Maternal Feeding Practices During the First Year and Their Impact on Infants' Acceptance of Complementary Food. *Food Qual Prefer*, 29(2), 89-98.
- Lease H, Hendrie GA, Poelman AAM, Delahunty C & Cox DN. (2016). A Sensory-Diet Database: A Tool to Characterise the Sensory Qualities of Diets. *Food Qual Prefer*, 49, 20-32.
- Leermakers ET, Felix JF, Erler NS, Cerimagic A, Wijtzes AI, Hofman A, et al. (2015). Sugar-Containing Beverage Intake in Toddlers and Body Composition up to Age 6 Years: The Generation R Study. *Eur J Clin Nutr*, 69(3), 314-321.
- Lethuaut L, Weel KGC, Boelrijk AEM & Brossard CD. (2004). Flavor Perception and Aroma Release from Model Dairy Desserts. *J Agric and Food Chem*, 52(11), 3478-3485.
- Liem DG & de Graaf C. (2004). Sweet and Sour Preferences in Young Children and Adults: Role of Repeated Exposure. *Physiol Behav*, 83(3), 421-429.

- Liem DG & Mennella JA. (2002). Sweet and Sour Preferences During Childhood: Role of Early Experiences. *Dev Psychobiol*, 41, 388-395.
- Lioret S, Betoko A, Forhan A, Charles MA, Heude B, de Lauzon-Guillain B, et al. (2015). Dietary Patterns Track from Infancy to Preschool Age: Cross-Sectional and Longitudinal Perspectives. *J Nutr*, 145(4), 775-782.
- Lioret S, McNaughton SA, Spence AC, Crawford D & Campbell KJ. (2013). Tracking of Dietary Intakes in Early Childhood: The Melbourne Infant Program. *Eur J Clin Nutr*, 67(3), 275-281.
- Lioret S, Touvier M, Dubuisson C, Dufour A, Calamassi-Tran G, Lafay L, et al. (2009). Trends in Child Overweight Rates and Energy Intake in France from 1999 to 2007: Relationships with Socioeconomic Status. *Obesity (Silver Spring)*, 17(5), 1092-1100.
- Logue AW & Smith ME. (1986). Predictors of Food Preferences in Adult Humans. *Appetite*, 7(2), 109-125.
- Lucas A, Boyes S, Bloom SR & Aynsley-Green A. (1981). Metabolic and Endocrine Responses to a Milk Feed in Six-Day-Old Term Infants: Differences between Breast and Cow's Milk Formula Feeding. *Acta Paediatr Scand*, 70(2), 195-200.
- Martin C, Visalli M, Lange C, Schlich P & Issanchou S. (2014). Creation of a Food Taste Database Using an in-Home "Taste" Profile Method. *Food Qual Prefer*, 36(0), 70-80.
- Martin RM, Patel R, Kramer MS, Guthrie L, Vilchuck K, Bogdanovich N, et al. (2013). Effects of Promoting Longer-Term and Exclusive Breastfeeding on Adiposity and Insulin-Like Growth Factor-I at Age 11.5 Years: A Randomized Trial. *JAMA*, 309(10), 1005-1013.
- Mattes RD. (2009). Is There a Fatty Acid Taste? *Annu Rev Nutr*, 29, 305-327.
- Mattes RD. (2011). Accumulating Evidence Supports a Taste Component for Free Fatty Acids in Humans. *Physiol Behav*, 104(4), 624-631.
- McDaniel MR, Barker E & Lederer CL. (1989). Sensory Characterization of Human Milk. *J Dairy Sci*, 72(5), 1149-1158.
- Mejean C, Deglaire A, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Schlich P & Castetbon K. (2014). Association between Intake of Nutrients and Food Groups and Liking for Fat (the Nutrinet-Sante Study). *Appetite*, 78, 147-155.
- Mela DJ. (1990). Sensory Preferences for Fats: What, Who, Why? *Food Qual Prefer*, 2(2), 95-101.
- Mennella JA. (2009). Flavour Programming During Breast-Feeding. In G Goldberg, A Prentice, A Prentice, S Filteau & K Simondon (Eds.), *Breast-Feeding: Early Influences on Later Health* (pp. 113-120). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Mennella JA & Beauchamp GK. (2002). Flavor Experiences During Formula Feeding Are Related to Preferences During Childhood. *Early Hum Dev*, 68(2), 71-82.

- Mennella JA & Bobowski NK. (2015). The Sweetness and Bitterness of Childhood: Insights from Basic Research on Taste Preferences. *Physiol Behav*, 152(Pt B), 502-507.
- Mennella JA, Finkbeiner S, Lipchock SV, Hwang LD & Reed DR. (2014). Preferences for Salty and Sweet Tastes Are Elevated and Related to Each Other During Childhood. *PLoS One*, 9(3), e92201.
- Mennella JA, Finkbeiner S & Reed DR. (2012). The Proof Is in the Pudding: Children Prefer Lower Fat but Higher Sugar Than Do Mothers. *Int J Obes (Lond)*, 36(10), 1285-1291.
- Mennella JA, Forestell CA, Morgan LK & Beauchamp GK. (2009). Early Milk Feeding Influences Taste Acceptance and Liking During Infancy. *Am J Clin Nutr*, 90(3), 780S-788S.
- Mennella JA, Jagnow CP & Beauchamp GK. (2001). Prenatal and Postnatal Flavor Learning by Human Infants. *Pediatrics*, 107.
- Mennella JA, Lukasewycz LD, Griffith JW & Beauchamp GK. (2011). Evaluation of the Monell Forced-Choice, Paired-Comparison Tracking Procedure for Determining Sweet Taste Preferences across the Lifespan. *Chem Senses*, 36(4), 345-355.
- Messiah SE, Arheart KL, Luke B, Lipshultz SE & Miller TL. (2008). Relationship between Body Mass Index and Metabolic Syndrome Risk Factors among Us 8- to 14-Year-Olds, 1999 to 2002. *J Pediatr*, 153(2), 215-221.
- Micheaux S & Monso O. (2007). Faire Garder Ses Enfants Pendant Son Temps De Travail *INSEE PREMIERE*: INSEE.
- Migraine A, Nicklaus S, Parnet P, Lange C, Monnery-Patris S, Des Robert C, et al. (2013). Effect of Preterm Birth and Birth Weight on Eating Behavior at 2 Y of Age. *Am J Clin Nutr*, 97(6), 1270-1277.
- Mikkila V, Rasanen L, Raitakari OT, Pietinen P & Viikari J. (2005). Consistent Dietary Patterns Identified from Childhood to Adulthood: The Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Br J Nutr*, 93(6), 923-931.
- Ministère délégué à la santé. (2001). Programme National Nutrition Santé (Pnns) 2001-2005 (Ministère de l'emploi et de la solidarité, Trans.).
- Montmayeur J-P & Le Coutre J (Eds.). (2010). *Fat Detection: Taste, Texture and Post Ingestive Effects*. Boca Raton, FL (USA): CRC Press Taylor & Francis Group.
- Muñoz AM & Civille GV. (1992). The Spectrum Descriptive Analysis Method. In RC Hootman (Ed.), *Describing Analysis Testing* (Vol. ASTM MNL 13, pp. 22-34). Philadelphia: ASTM.
- Nakamura K, Shimai S, Kikuchi S & Tanaka M. (2001). Correlation between a Liking for Fat-Rich Foods and Body Fatness in Adult Japanese: A Gender Difference. *Appetite*, 36(1), 1-7.

- Nelson G, Hoon MA, Chandrashekar J, Zhang Y, Ryba NJ & Zuker CS. (2001). Mammalian Sweet Taste Receptors. *Cell*, 106(3), 381-390.
- Nicklaus S. (2016). The Role of Food Experiences During Early Childhood in Food Pleasure Learning. *Appetite*, 104, 3-9.
- Nicklaus S, Boggio V, Chabanet C & Issanchou S. (2004). A Prospective Study of Food Preferences in Childhood. *Food Qual Prefer*, 15(7-8), 805-818.
- Nicklaus S, Chabanet C, Boggio V & Issanchou S. (2005). Food Choices at Lunch During the Third Year of Life: Increase in Energy Intake but Decrease in Variety. *Acta Paediatr*, 94(8), 1023-1029.
- Nicklaus S & Issanchou S. (2007). Children and Food Choice. In L Frewer & H van Trijp (Eds.), *Understanding Consumers of Food Products* (pp. 329-358). Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.
- Nicklaus S & Remy E. (2013). Early Origins of Overeating: Tracking between Early Food Habits and Later Eating Patterns. *Current Obesity Reports*, 2(2), 179-184.
- Northstone K & Emmett PM. (2008). Are Dietary Patterns Stable Throughout Early and Mid-Childhood? A Birth Cohort Study. *Br J Nutr*, 100(5), 1069-1076.
- Ohlund I, Hernell O, Hornell A, Stenlund H & Lind T. (2010). Bmi at 4 Years of Age Is Associated with Previous and Current Protein Intake and with Paternal Bmi. *Eur J Clin Nutr*, 64(2), 138-145.
- Ong KK, Langkamp M, Ranke MB, Whitehead K, Hughes IA, Acerini CL, et al. (2009). Insulin-Like Growth Factor I Concentrations in Infancy Predict Differential Gains in Body Length and Adiposity: The Cambridge Baby Growth Study. *Am J Clin Nutr*, 90(1), 156-161.
- Ong KK & Loos RJ. (2006). Rapid Infancy Weight Gain and Subsequent Obesity: Systematic Reviews and Hopeful Suggestions. *Acta Paediatr*, 95(8), 904-908.
- Owen CG, Martin RM, Whincup PH, Smith GD & Cook DG. (2005). Effect of Infant Feeding on the Risk of Obesity across the Life Course: A Quantitative Review of Published Evidence. *Pediatrics*, 115(5), 1367-1377.
- Peneau S, Hercberg S & Rolland-Cachera MF. (2014). Breastfeeding, Early Nutrition, and Adult Body Fat. *J Pediatr*, 164(6), 1363-1368.
- Peneau S, Salanave B, Maillard-Teyssier L, Rolland-Cachera MF, Vergnaud AC, Mejean C, et al. (2009). Prevalence of Overweight in 6- to 15-Year-Old Children in Central/Western France from 1996 to 2006: Trends toward Stabilization. *Int J Obes (Lond)*, 33(4), 401-407.
- Pepino MY & Mennella JA. (2005a). Factors Contributing to Individual Differences in Sucrose Preference. *Chem Senses*, 30(Suppl. 1), I319-I320.

- Pepino MY & Mennella JA. (2005b). Sucrose-Induced Analgesia Is Related to Sweet Preferences in Children but Not Adults. *Pain*, 119(1-3), 210-218.
- Reilly JJ, Methven E, McDowell ZC, Hacking B, Alexander D, Stewart L, et al. (2003). Health Consequences of Obesity. *Arch Dis Child*, 88(9), 748-752.
- Remy E, Divert C, Rousselot J, Brondel L, Issanchou S & Nicklaus S. (2014). Impact of Energy Density on Liking for Sweet Beverages and Caloric-Adjustment Conditioning in Children. *Am J Clin Nutr*, 100(4), 1052-1058.
- Ricketts CD. (1997). Fat Preferences, Dietary Fat Intake and Body Composition in Children. *Eur J Clin Nutr*, 51(11), 778-781.
- Robinson S, Marriott L, Poole J, Crozier S, Borland S, Lawrence W, et al. (2007). Dietary Patterns in Infancy: The Importance of Maternal and Family Influences on Feeding Practice. *Br J Nutr*, 98(5), 1029-1037.
- Rolland-Cachera MF, Akrou M & Peneau S. (2016). Nutrient Intakes in Early Life and Risk of Obesity. *Int J Environ Res Public Health*, 13(6).
- Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Akrou M & Bellisle F. (1995). Influence of Macronutrients on Adiposity Development: A Follow up Study of Nutrition and Growth from 10 Months to 8 Years of Age. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 19(8), 573-578.
- Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Maillot M & Bellisle F. (2006). Early Adiposity Rebound: Causes and Consequences for Obesity in Children and Adults. *Int J Obes (Lond)*, 30 Suppl 4, S11-17.
- Rolland-Cachera MF, Maillot M, Deheeger M, Souberbielle JC, Peneau S & Hercberg S. (2013). Association of Nutrition in Early Life with Body Fat and Serum Leptin at Adult Age. *Int J Obes*, 37(8), 1116-1122.
- Rolland-Cachera MF & Scaglioni S. (2015). Role of Nutrients in Promoting Adiposity Development In ML Frelut (Ed.), The ECOG's eBook on Child and Adolescent Obesity Retrieved from <http://ebook.ecog-obesity.eu/chapter-nutrition-food-choices-eating-behavior/role-nutrients-promoting-adiposity-development/>.
- Rollins BY, Loken E & Birch LL. (2010). Stability and Change in Snack Food Likes and Dislikes from 5 to 11 Years. *Appetite*, 55(2), 371-373.
- Ross S. (1995). 'Do I Really Have to Eat That?': A Qualitative Study of Schoolchildren's Food Choices and Preferences. *Health Educ J*, 54(3), 312-321.
- Ruottinen S, Niinikoski H, Lagstrom H, Ronnema T, Hakanen M, Viikari J, et al. (2008). High Sucrose Intake Is Associated with Poor Quality of Diet and Growth between 13 Months and 9 Years of Age: The Special Turku Coronary Risk Factor Intervention Project. *Pediatrics*, 121(6), E1676-E1685.
- Russell CG & Worsley A. (2008). A Population-Based Study of Preschoolers' Food Neophobia and Its Associations with Food Preferences. *J Nutr Educ Behav*, 40.

- Salanave B, Peneau S, Rolland-Cachera MF, Hercberg S & Castetbon K. (2009). Stabilization of Overweight Prevalence in French Children between 2000 and 2007. *Int J Pediatr Obes*, 4(2), 66-72.
- Scaglioni S, Agostoni C, Notaris RD, Radaelli G, Radice N, Valenti M, et al. (2000). Early Macronutrient Intake and Overweight at Five Years of Age. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 24(6), 777-781.
- Schwartz C. (2009). *Dynamique Des Préférences Gustatives Chez Le Nourrisson : Effet Des Expériences Alimentaires Et Impact Sur L'appréciation Des Aliments*. [the Dynamic of Taste Preferences: Effects of Dietary Experiences and Impact on Appreciation of Food Products]. University of Burgundy.
- Schwartz C, Chabanet C, Boggio V, Lange C, Issanchou S & Nicklaus S. (2010). À Quelles Saveurs Les Nourrissons Sont-Ils Exposés Dans La Première Année De Vie ? To Which Tastes Are Infants Exposed During the First Year of Life? *Arch Pediatr*, 17, 1026-1034.
- Schwartz C, Chabanet C, Lange C, Issanchou S & Nicklaus S. (2011a). The Role of Taste in Food Acceptance at the Beginning of Complementary Feeding. *Physiol Behav*, 104(4), 646-652.
- Schwartz C, Chabanet C, Laval C, Issanchou S & Nicklaus S. (2013). Breast-Feeding Duration: Influence on Taste Acceptance over the First Year of Life. *Br J Nutr*, 109(6), 1154-1161.
- Schwartz C, Chabanet C, Szleper E, Feyen V, Issanchou S & Nicklaus S. (2016). Infant Acceptance of Primary Tastes and Fat Emulsion: Developmental Changes and Links with Maternal and Infant Characteristics. *Chem Senses*.
- Schwartz C, Issanchou S & Nicklaus S. (2009). Developmental Changes in the Acceptance of the Five Basic Tastes in the First Year of Life. *Br J Nutr*, 102(9), 1375-1385.
- Schwartz C, Scholtens PA, Lalanne A, Weenen H & Nicklaus S. (2011b). Development of Healthy Eating Habits Early in Life. Review of Recent Evidence and Selected Guidelines. *Appetite*, 57(3), 796-807.
- Secteur Français des Aliments de l'Enfance (SFAE). (2008). Aliments De L'enfance De La Naissance À Trois Ans Retrieved 5 Août 2016, from http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Presentation_lipides_aliments_enfance_SFAE.pdf
- Secteur Français des Aliments de l'Enfance (SFAE). (2014). Quels Sont Les Apports Nutritionnels Des 0-3 Ans En 2013? Retrieved September, 2016, from <http://www.secteurfrancaisdesalimentsdelenfance.com/quels-les-apports-nutritionnels-0-3-ans-en-2013/>
- Skinner JD, Carruth BR, Bounds W & Ziegler PJ. (2002). Children's Food Preferences: A Longitudinal Analysis. *J Am Diet Assoc*, 102(11), 1638-1647.

- Smithers LG, Brazionis L, Golley RK, Mittinty MN, Northstone K, Emmett P, et al. (2012). Associations between Dietary Patterns at 6 and 15 Months of Age and Sociodemographic Factors. *Eur J Clin Nutr*, 66(6), 658-666.
- Steiger JH. (1990). Structural Model Evaluation and Modification: An Interval Estimation Approach. *Multivariate Behav Res*, 25(2), 173-180.
- Steiner JE. (1979). Human Facial Expressions in Response to Taste and Smell Stimulation. *Adv Child Dev Behav*, 13, 257-295.
- Stephens A, Pollard TM & Wardle J. (1995). Development of a Measure of the Motives Underlying the Selection of Food: The Food Choice Questionnaire. *Appetite*, 25(3), 267-284.
- Svensson A, Larsson C, Eiben G, Lanfer A, Pala V, Hebestreit A, et al. (2014). European Children's Sugar Intake on Weekdays Versus Weekends: The Idefics Study. *Eur J Clin Nutr*, 68(7), 822-828.
- Thiebaut A, Kesse E, Com-Nougue C, Clavel-Chapelon F & Benichou J. (2004). [Adjustment for Energy Intake in the Assessment of Dietary Risk Factors]. *Rev Epidemiol Sante Publique*, 52(6), 539-557.
- Uauy R & Dangour AD. (2009). Fat and Fatty Acid Requirements and Recommendations for Infants of 0-2 Years and Children of 2-18 Years. *Ann Nutr Metab*, 55(1-3), 76-96.
- Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Usen). (2007). Étude Nationale Nutrition Santé (Enns, 2006). Situation Nutritionnelle En France En 2006 Selon Les Indicateurs D'objectif Et Les Repères Du Programme National Nutrition Santé (Pnns). (pp. 74): Institut de veille sanitaire, Université de Paris 13, Conservatoire national des arts et métiers.
- Vauthier JM, Lluch A, Lecomte E, Artur Y & Herbeth B. (1996). Family Resemblance in Energy and Macronutrient Intakes: The Stanislas Family Study. *Int J Epidemiol*, 25(5), 1030-1037.
- Viskaal-van Dongen M, van den Berg MC, Vink N, Kok FJ & de Graaf C. (2012). Taste–Nutrient Relationships in Commonly Consumed Foods. *Br J Nutr*, 108(1), 140-147.
- Wagner SK, C; Gojard, S; Tichit, C; Nicklaus, S; Geay, B; Humeau, P; Thierry, X; Charles, M-A; Lioret, S; de Lauzon-Guillain, B. . (2015). Durée De L'allaitement En France Selon Les Caractéristiques Des Parents Et De La Naissance. Résultats De L'étude Longitudinale Française Elfe, 2011. *Bull Epidemiol Hebd.* (29), 522-532.
- Wardle J, Sanderson S, Gibson EL & Rapoport L. (2001). Factor-Analytic Structure of Food Preferences in Four-Year-Old Children in the Uk. *Appetite*, 37(3), 217-223.
- Webb KL, Lahti-Koski M, Rutishauser I, Hector DJ, Knezevic N, Gill T, et al. (2006). Consumption of 'Extra' Foods (Energy-Dense, Nutrient-Poor) among Children Aged 16-24 Months from Western Sydney, Australia. *Public Health Nutr*, 9(8), 1035-1044.

- Weber M, Grote V, Closa-Monasterolo R, Escribano J, Langhendries JP, Dain E, et al. (2014). Lower Protein Content in Infant Formula Reduces Bmi and Obesity Risk at School Age: Follow-up of a Randomized Trial. *Am J Clin Nutr*, 99(5), 1041-1051.
- Willett W & Stampfer MJ. (1986). Total Energy Intake: Implications for Epidemiologic Analyses. *Am J Epidemiol*, 124(1), 17-27.
- World Health Organization (WHO). (2015) *Guideline: Sugars Intake for Adults and Children*. Geneva.
- Wright CM, Parkinson KN & Drewett RF. (2004). Why Are Babies Weaned Early? Data from a Prospective Population Based Cohort Study. *Arch Dis Child*, 89(9), 813-816.
- Yamamoto T. (2003). Brain Mechanisms of Sweetness and Palatability of Sugars. *Nutr Rev*, 61(5 Pt 2), S5-9.
- Yeomans MR. (2012). Flavour-Nutrient Learning in Humans: An Elusive Phenomenon? *Physiol Behav*, 106(3), 345-355.
- Yeomans MR, Blundell JE & Leshem M. (2004). Palatability: Response to Nutritional Need or Need-Free Stimulation of Appetite? *Br J Nutr*, 92 Suppl 1, S3-14.
- Yuan WL, Lange C, Schwartz C, Martin C, Chabanet C, de Lauzon-Guillain B, et al. (2016a). Infant Dietary Exposures to Sweetness and Fattiness Increase During the First Year of Life and Are Associated with Feeding Practices. *J Nutr*.
- Yuan WL, Rigal N, Monnery-Patris S, Chabanet C, Forhan A, Charles M-A, et al. (2016b). Early Determinants of Food Liking among 5y-Old Children: A Longitudinal Study from the Eden Mother-Child Cohort. *IJBNPA*, 13(1), 1-10.
- Zandstra EH & de Graaf C. (1998). Sensory Perception and Pleasantness of Orange Beverages from Childhood to Old Age. *Food Qual Prefer*, 9(1/2), 5-12.

ANNEXES

MATERIELS ET METHODES UTILISES

DANS L'ETUDE EDEN

Annexe 1. Questionnaire de fréquence alimentaire de l'alimentation maternelle pendant la grossesse de l'étude EDEN.



Nom : Prénom :

N° d'identification : _____ Date de remplissage : _____

Auto-questionnaire mère après la naissance

Ne rien inscrire dans cette colonne

I. Alimentation

CE QUESTIONNAIRE PORTE SUR VOTRE ALIMENTATION HABITUELLE **AU COURS DES TROIS DERNIERS MOIS DE VOTRE GROSSESSE**

I- Une liste d'aliments vous est proposée. Pouvez-vous indiquer à côté de chacun la fréquence avec laquelle vous avez consommé cet aliment (ou groupe d'aliments) au cours des 3 derniers mois DE VOTRE GROSSESSE, que ce soit au cours des repas (à la maison ou à l'extérieur) ou entre les repas. Pour chaque aliment présenté, cochez la case correspondant à la fréquence de votre consommation. Par exemple, si vous avez consommé 1 fois des abats au cours des 3 derniers mois, cochez la case située à l'intersection entre la ligne « abats » et la colonne « Moins d'une fois par mois » :

	Jamais	Moins d'une fois par mois	Entre 1 et 3 fois par mois	Une fois par semaine	Entre 2 et 5 fois par semaine	Une fois par jour ou presque	Plusieurs fois par jour
1. des abats (foie, langue de bœuf, rognons, ris de veau, tripes, boudin...)		X					

Annexe 2. Profils d'alimentation maternelle pendant la grossesse (n = 1 599) de l'étude EDEN.

Items	Axe 1	Axe 2
Légumes fruits	0,66	-0,13
Autres légumes	0,60	-0,26
Crucifères	0,58	-0,18
Légumes racines	0,58	-0,15
Légumes feuilles	0,55	-0,14
Fruits avec flavonoides	0,52	-0,21
Produits laitiers avec teneur élevée en MG	0,42	0,17
Petits pois et maïs	0,42	-0,01
Poisson blanc	0,42	-0,10
Agrumes et kiwi	0,40	-0,28
Condiment	0,39	0,19
Autres fruits	0,39	-0,14
Légumineuses	0,34	-0,06
Céréales complètes	0,31	-0,22
Poisson gras	0,30	0,09
Volailles	0,29	0,13
Abats	0,27	0,16
Oeufs	0,27	0,11
Céréales raffinées	0,25	0,03
Beurre	0,25	0,12
Fruits de mer	0,19	0,11
Thé	0,16	-0,14
Eau	0,16	-0,15
Gâteaux	0,15	0,60
Produits de grignotage	0,12	0,55
Charcuteries	0,10	0,51
Frites	0,20	0,51
Plats cuisinés	0,18	0,49
Soda	-0,06	0,44
Sandwiches	0,04	0,38
Chocolat	0,10	0,30
Viande rouge	0,23	0,27
Sorbet	0,12	0,22
Bière / cidre	0,02	0,10
Café	-0,03	0,09
Fruits avec β -carotène	0,32	-0,08
Jus de fruits	0,11	0,22
Vin rouge	0,08	0,09
Fruits secs	0,26	-0,03
Alcool forts	0,05	0,07
Vin blanc	-0,03	0,04
Miel	0,15	0,11
Produits laitiers à faible teneur en MG	0,11	-0,12
Pomme de terre	0,38	0,29
Nom attribué à la variable latente	« sain »	« occidental »

En gras, les saturations factorielles $\geq |0,30|$.

Annexe 3. Auto-questionnaire à quatre mois de l'étude EDEN.

L'alimentation de votre enfant

Précisez comment votre bébé a été nourri depuis sa naissance :

Pour chacun des aliments ou boissons considérés, mettez une croix dans la colonne correspondante si votre bébé a été nourri avec cet aliment ou cette boisson pendant la période considérée.

1. Liquides :	1 Lait maternel	2 Lait pour bébé en poudre	3 Lait de vache	4 Jus de fruits	5 Eau minérale	6 Eau du robinet	7 Autres	
1 ^{er} jour	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	1 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
2 ^{ème} – 7 ^{ème} jour	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	2 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
2 ^{ème} – 4 ^{ème} semaine	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	3 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
2 ^{ème} mois	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	4 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
3 ^{ème} mois	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	5 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
4 ^{ème} mois	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	6 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
si autre, précisez :								

2. Farinés et mixés :	1 Farine	2 Viandes	3 Poissons	4 Pommes de terre	5 Légumes	6 Fruits	
1 ^{er} jour	☐	☐	☐	☐	☐	☐	7 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
2 ^{ème} – 7 ^{ème} jour	☐	☐	☐	☐	☐	☐	8 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
2 ^{ème} – 4 ^{ème} semaine	☐	☐	☐	☐	☐	☐	9 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
2 ^{ème} mois	☐	☐	☐	☐	☐	☐	10 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
3 ^{ème} mois	☐	☐	☐	☐	☐	☐	11 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
4 ^{ème} mois	☐	☐	☐	☐	☐	☐	12 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

11

3. Si votre enfant a bu ou boit du lait en poudre pour bébé, indiquer le plus précisément possible le **nom** de chaque lait. Précisez pendant **combien de temps** approximativement ce lait a été utilisé :

Lait 1 :	Durée : ☐ 1. moins d'1 semaine ☐ 2. entre 1 semaine et 1 mois ☐ 3. plus d'1 mois mais moins de 4 mois ☐ 4. depuis sa naissance sans interruption	13 ☐ ☐ ☐ nom 14 ☐ durée
Lait 2 :	Durée : ☐ 1. moins d'1 semaine ☐ 2. entre 1 semaine et 1 mois ☐ 3. plus d'1 mois mais moins de 4 mois ☐ 4. depuis sa naissance sans interruption	15 ☐ ☐ ☐ nom 16 ☐ durée
Lait 3 :	Durée : ☐ 1. moins d'1 semaine ☐ 2. entre 1 semaine et 1 mois ☐ 3. plus d'1 mois mais moins de 4 mois ☐ 4. depuis sa naissance sans interruption	17 ☐ ☐ ☐ nom 18 ☐ durée
Lait 4 :	Durée : ☐ 1. moins d'1 semaine ☐ 2. entre 1 semaine et 1 mois ☐ 3. plus d'1 mois mais moins de 4 mois ☐ 4. depuis sa naissance sans interruption	19 ☐ ☐ ☐ nom 20 ☐ durée
Lait 5 :	Durée : ☐ 1. moins d'1 semaine ☐ 2. entre 1 semaine et 1 mois ☐ 3. plus d'1 mois mais moins de 4 mois ☐ 4. depuis sa naissance sans interruption	21 ☐ ☐ ☐ nom 22 ☐ durée

4. Si vous allaitez ou avez allaité votre bébé au sein

12

Annexe 3 (suite). Auto-questionnaire à quatre mois de l'étude EDEN.

Continuez-vous à allaiter actuellement ?	☐ 0. non ☐ 1. oui	23	☐
si non, à quelle date avez-vous arrêté définitivement (jj/mm/aa) :		24	
pour quelle(s) raison(s) avez-vous arrêté :			
- douleur, infection au niveau du sein	☐ 0. non ☐ 1. oui	25	☐
- problème de santé du bébé	☐ 0. non ☐ 1. oui	26	☐
- reprise du travail ou d'autres activités	☐ 0. non ☐ 1. oui	27	☐
- quantité de lait insuffisante	☐ 0. non ☐ 1. oui	28	☐
- je n'en avais plus envie	☐ 0. non ☐ 1. oui	29	☐
- manque de temps, de disponibilité	☐ 0. non ☐ 1. oui	30	☐
- autre, précisez :		31	☐
5. Actuellement, combien de repas par jour votre bébé prend-il en moyenne ?		32	☐
6. Prend-il toujours régulièrement un ou plusieurs repas la nuit (entre 23h et 6h du matin) ?	☐ 0. non ☐ 1. oui	33	☐
si oui, combien de repas :		34	☐
7. Actuellement, en dehors de la nuit, pour donner à manger à votre bébé :			
☐ 1. vous ne lui donnez à manger que lorsqu'il réclame			
☐ 2. vous le sollicitez à heures régulières mais uniquement s'il est réveillé			
☐ 3. vous le sollicitez à heures régulières même s'il dort			
☐ 4. autre :		35	☐
si autre, précisez :			
8. D'une façon générale, diriez-vous qu'actuellement votre bébé :			
☐ 1. a toujours faim, réclame toujours			
☐ 2. réclame normalement pour un bébé de son âge			
☐ 3. doit être stimulé pour manger		36	☐

Annexe 4. Auto-questionnaire à huit mois de l'étude EDEN.

L'alimentation de votre enfant

1. A quel âge, avez-vous commencé à introduire régulièrement dans l'alimentation de votre bébé : (mettre 0 si votre bébé ne consomme pas encore cet aliment) ?
- . du lait en poudre ou en brique pour bébé mois
- . du lait de vache ordinaire (v compris du lait concentré ou en poudre)

- | | | | |
|---|---|----|--|
| . des jus de fruits | ☐ ☐ ☐ mois | 3 | ☐ ☐ ☐ |
| . de l'eau du robinet | ☐ ☐ ☐ mois | 4 | ☐ ☐ ☐ |
| . des farines | ☐ ☐ ☐ mois | 5 | ☐ ☐ ☐ |
| . de la viande | ☐ ☐ ☐ mois | 6 | ☐ ☐ ☐ |
| . du poisson | ☐ ☐ ☐ mois | 7 | ☐ ☐ ☐ |
| . des jaunes d'œuf | ☐ ☐ ☐ mois | 8 | ☐ ☐ ☐ |
| . des oeufs entiers | ☐ ☐ ☐ mois | 9 | ☐ ☐ ☐ |
| . des pommes de terre | ☐ ☐ ☐ mois | 10 | ☐ ☐ ☐ |
| . un autre type de légume | ☐ ☐ ☐ mois | 11 | ☐ ☐ ☐ |
| . des fruits | ☐ ☐ ☐ mois | 12 | ☐ ☐ ☐ |
| . des laitages (yaourts, petits-suisseurs, ...) | ☐ ☐ ☐ mois | 13 | ☐ ☐ ☐ |
| . du fromage | ☐ ☐ ☐ mois | 14 | ☐ ☐ ☐ |
| . des biscuits | ☐ ☐ ☐ mois | 15 | ☐ ☐ ☐ |
| . des entremets (crème dessert, ...) | ☐ ☐ ☐ mois | 16 | ☐ ☐ ☐ |

2. Si votre bébé boit du lait de vache ordinaire (y compris sous forme de lait concentré ou en poudre), est-ce du lait :

- ☐ 1. entier
☐ 2. 1/2 écrémé
☐ 3. écrémé
☐ 4. ne boit pas de lait ordinaire

3. Si votre enfant boit ou a bu du lait en poudre ou en brique pour bébé, dans les 4 derniers mois (depuis l'âge de 5 mois), indiquer le plus précisément possible le nom de chaque lait. Précisez pendant combien de temps approximativement ce lait a été utilisé dans les 4 derniers mois :

- Lait 1. 18
- Durée : ☐ 1. moins d'1 semaine
☐ 2. entre 1 semaine et 1 mois
☐ 3. plus d'1 mois mais moins de 4 mois
☐ 4. sans interruption
- 19

- 19 | |

5. Avant la naissance, quel mode d'allaitement aviez-vous choisi pour votre enfant ?

- ☐ 1. biberon
☐ 2. sein
☐ 3. je n'ai

je n'avais pas choisi avant la naissance

[illegible]

13

14

Annexe 5. Auto-questionnaire à 12 mois de l'étude EDEN.

L'alimentation de votre enfant	
1. A quel âge, avez-vous commencé à introduire régulièrement dans l'alimentation de votre enfant : (mettre 0 si votre enfant ne consomme pas encore cet aliment ; mettre N si votre enfant en consomme depuis la naissance) ?	
. du lait en poudre ou en brique pour bébé	mois
. du lait de vache ordinaire (y compris du lait concentré ou en poudre)	mois
. de l'eau du robinet	mois
. de la viande	mois
. du poisson	mois
. des jaunes d'oeuf	mois
. des oeufs entiers	mois
2. Si votre enfant boit du lait de vache ordinaire (y compris sous forme de lait concentré ou en poudre), est-ce du lait :	
☐ 1. entier	
☐ 2. 1/2 écrémé	
☐ 3. écrémé	
☐ 4. ne boit pas de lait ordinaire	
3. Si votre enfant boit ou a bu du lait en poudre ou en brique pour bébé, dans les 4 derniers mois (depuis l'âge de 9 mois), indiquer le plus précisément possible le nom de chaque lait. Précisez pendant combien de temps approximativement ce lait a été utilisé dans les 4 derniers mois :	
Lait 1 :	
Durée : ☐ 1. moins d'1 semaine	
☐ 2. entre 1 semaine et 1 mois	
☐ 3. plus d'1 mois mais moins de 4 mois	
☐ 4. sans interruption	
Lait 2 :	
Durée : ☐ 1. moins d'1 semaine	
☐ 2. entre 1 semaine et 1 mois	
☐ 3. plus d'1 mois mais moins de 4 mois	
☐ 4. sans interruption	
Lait 3 :	
Durée : ☐ 1. moins d'1 semaine	
☐ 2. entre 1 semaine et 1 mois	
☐ 3. plus d'1 mois mais moins de 4 mois	
☐ 4. sans interruption	
Lait 4 :	
Durée : ☐ 1. moins d'1 semaine	
☐ 2. entre 1 semaine et 1 mois	
☐ 3. plus d'1 mois mais moins de 4 mois	
☐ 4. sans interruption	
Lait 5 :	
Durée : ☐ 1. moins d'1 semaine	
☐ 2. entre 1 semaine et 1 mois	
☐ 3. plus d'1 mois mais moins de 4 mois	
☐ 4. sans interruption	
4. Si vous allaitez encore votre enfant à 8 mois, continuez-vous à allaiter actuellement ?	☐ 0. non ☐ 1. oui
si non, il y a combien de temps que vous avez arrêté ?	semaines mois
5. Actuellement, votre enfant prend-t-il tous les jours ou presque ?	
un petit-déjeuner (même limité à un biberon ou une tétée)	☐ 0. non ☐ 1. oui
un biberon (ou une tétée) et/ou une collation dans la matinée	☐ 0. non ☐ 1. oui
un repas à midi	☐ 0. non ☐ 1. oui
un biberon (ou une tétée) et/ou un goûter dans l'après-midi	☐ 0. non ☐ 1. oui
un dîner	☐ 0. non ☐ 1. oui
un biberon (ou une tétée) avant de s'endormir	☐ 0. non ☐ 1. oui
un biberon (ou une tétée) au cours de la nuit	☐ 0. non ☐ 1. oui
6. Lorsque vous ne donnez pas vous-même à votre enfant son repas	
☐ 1. vous craignez qu'il mange trop	
☐ 2. vous craignez qu'il ne mange pas suffisamment	
☐ 3. vous savez qu'il mangera la quantité d'aliments dont il a besoin	
7. Vous laissez à portée de votre enfant un biberon sucré lors de la sieste, lors de promenades, la nuit ...	
☐ 0. jamais	
☐ 1. de temps en temps	
☐ 2. souvent	
☐ 3. toujours	
8. Vous veillez à ce que votre enfant ne mange pas trop d'aliments riches en matières grasses	
☐ 1. entièrement vrai	
☐ 2. assez vrai	

Annexe 6. Auto-questionnaire complémentaire à 12 mois de l'étude EDEN.

Nom de la mère :	Prénom de la mère :	N° d'identification : [][]
Nom de jeune fille de la mère :		
Date de remplissage : [][][][][][]		
1. Vous-même, actuellement, parmi les aliments suivants avec quelle fréquence utilisez-vous pour votre enfant des aliments spécifiques bébé vendus dans le commerce, des aliments ordinaires du commerce, une préparation maison ? (<i>cochez la case correspondante</i>)	A. Laitages (yaourts, petit-suisses, desserts lactés)	
	1. aliments « spécifiques bébé » vendus dans le commerce []1. jamais []2. de temps en temps []3. régulièrement []4. toujours	1 []
	2. aliments ordinaires du commerce []1. jamais []2. de temps en temps []3. régulièrement []4. toujours	2 []
	3. préparation « maison » (ex : crèmes maison, flans ...) []1. jamais []2. de temps en temps []3. régulièrement []4. toujours	3 []
B. Soupes		
	1. aliments « spécifiques bébé » vendus dans le commerce []1. jamais []2. de temps en temps []3. régulièrement []4. toujours	4 []
	2. aliments ordinaires du commerce []1. jamais []2. de temps en temps []3. régulièrement []4. toujours	5 []
	3. préparation « maison » (à partir de légumes frais) []1. jamais []2. de temps en temps []3. régulièrement []4. toujours	6 []

C. <u>Purées et légumes</u>	
1. aliments « spécifiques bébé » vendus dans le commerce	
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours
7	☐
2. aliments ordinaires du commerce (surgelés, conserves, purée en flocons, ...)	
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours
8	☐
3. préparation « maison » (légumes frais préparés maison)	
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours
9	☐
D. <u>Comptes de fruits</u>	
1. aliments « spécifiques bébé » vendus dans le commerce (petits pots de fruits)	
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours
10	☐
2. aliments ordinaires du commerce	
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours
11	☐
3. préparation « maison » (à partir de fruits frais)	
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours
12	☐
E. <u>Jus de fruits</u>	
1. aliments « spécifiques bébé » vendus dans le commerce	
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours
13	☐
2. aliments ordinaires du commerce	
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours
14	☐
3. préparation « maison » (à partir de fruits frais)	
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours
15	☐

Annexe 6 (suite). Auto-questionnaire complémentaire à 12 mois de l'étude EDEN.

F. <u>Biscuits, gâteaux</u>		16
1. aliments « spécifiques bébé » vendus dans le commerce		
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps	
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours	
2. aliments ordinaires du commerce		17
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps	
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours	
3. préparation « maison » (à partir de fruits frais)		18
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps	
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours	
G. <u>Céréales</u>		
1. aliments « spécifiques bébé » vendus dans le commerce (type farine, bouillie, ...)		19
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps	
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours	
2. aliments ordinaires du commerce (céréales petit déjeuner)		20
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps	
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours	
2. Pour les repas principaux de votre bébé, avec quelle fréquence utilisez-vous : (cochez la case correspondante)		21
des plats complets à base de viande ou poisson et légumes préparés « spécifiques bébé » vendus dans le commerce		
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps	
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours	
2. de la viande ou du poisson transformés (ex : jambon, poisson pané, saucisse, ...)		22
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps	
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours	
3. de la viande ou du poisson frais		23
☐ 1. jamais	☐ 2. de temps en temps	
☐ 3. régulièrement	☐ 4. toujours	

Annexe 7. Enregistrement alimentaire à huit mois de l'étude EDEN.

N° d'identification : [][][][][]

EDEN 8 MOIS

Enregistrement de l'alimentation de votre enfant pendant 3 jours* :

2 jours de semaine et un jour de week-end

(ces 3 jours peuvent être non consécutifs)

* si votre bébé souffre d'une maladie passagère (rhume, diarrhée...), attendez qu'il aille mieux pour noter son alimentation

**NOTER TOUS LES ALIMENTS LIQUIDES ET SOLIDES QUE VOUS DONNEZ A VOTRE BEBE
PENDANT CHACUN DE CES TROIS JOURS SUR LES TABLEAUX CORRESPONDANTS**

Pour chaque jour, il y a 3 tableaux correspondant chacun à un type d'aliments ou boissons :

- lait pour bébé et céréales
- lait maternel et autres boissons
- nourriture mixée, hachée et soupes

Si votre bébé ne consomme pas l'un de ces types d'aliments, vous n'avez pas à remplir le tableau ou les colonnes correspondants.

Dans ces tableaux, il faut noter l'heure précise de chaque prise d'aliment ou de boisson.

Bien veiller à fournir toutes les informations demandées concernant les marques, les quantités et la durée des repas. Pour donner les quantités, reportez-vous à ce qui est indiqué en haut du tableau : par exemple, il vous est demandé de donner la quantité d'eau du biberon en ml.

Dans certains cas, vous avez le choix entre différentes façons de donner la quantité (elles apparaissent dans le haut du tableau), choisissez celle qui vous convient mais n'oubliez pas de la préciser : par exemple pour les autres boissons que le lait, vous pouvez choisir des ml, des cuillerées à soupe ou à café.

Pour les plats préparés par vous-même ou une autre personne qui s'occupe du bébé, nous vous demandons dans la mesure du possible de bien vouloir préciser la recette en dernière page du questionnaire.

Si vous ne pouvez pas remplir vous-même ces tableaux à certaines heures, demandez à la personne qui s'occupe de votre bébé de le faire.

Nom de l'enfant : Prénom de l'enfant :

1^{er} jour de semaine : Date (jj/mm/aa) : [][][][][][][]

A. LAIT POUR BÉBÉ ET CÉRÉALES										
Heure	Marque et type du lait utilisé	Eau ou quantité de lait en briquette (ml)	Poudre (nombre de mesures)	Céréales		Autre		Quantité totale offerte	Quantité non consommée	Durée du repas
				Marque	Nombre de mesures ou cuillères à soupe	Type, marque	g, ml ou cuillères à soupe ou à café	Nombre de ml du biberon préparé	Nombre de ml restant à la fin de la tétée	(minutes)
<i>Exemple</i>										
7h30	Marque X 2 ^{ème} âge (HA, AR, ...)	210	7	Farine X biscuitée	4 c à soupe			230	0	10

Annexe 7 (suite). Enregistrement alimentaire à huit mois de l'étude EDEN.

Nom de l'enfant : Prénom de l'enfant :

1^{er} jour de semaine : Date (jj/mm/aa) : |_|_|_|_|_|_|

B. LAIT MATERNEL					C. AUTRES BOISSONS		
					(eau, eau sucrée, jus de fruits, lait de vache, lait de soja, ...)		
Heure	Sein ou biberon	Durée (minutes)	Si biberon		Heure	Type de liquide	Quantité consommée (ml, cuillère à café ou à soupe)
			Quantité offerte (ml)	Quantité non consommée (ml)			
<i>Exemple</i>							
7h00	Sein	20			16h10	Jus de pommes Marque X	50 ml

5

Nom de l'enfant : Prénom de l'enfant :

1^{er} jour de semaine : Date (jj/mm/aa) : |_|_|_|_|_|_|

D. NOURRITURE MIXÉE, HACHÉE et SOUPES				
une ligne par repas				
Heure	Type de nourriture (purée de pomme de terre, soupe de légumes, compotes, petit suisse, ...) et marque éventuelle ou n° de recette	Quantité offerte (nombre ou nombre de cuillères à soupe ou autre mesure à préciser : ml, g)	Quantité non consommée (même mesure que pour quantité offerte)	Durée totale du repas (minutes)
<i>Exemple</i>	- plat préparé marque XX carottes et cabillaud - Purée de pomme de terre (recette 1)	- 1 - 1 c à soupe	- 0 - 1/2 c à soupe	
12h10	- Petit suisse à 40% non sucré et sucre en poudre	- 1 petit suisse et 1 c à café de sucre	- la moitié	20

7

Annexe 7 (suite). Enregistrement alimentaire à huit mois de l'étude EDEN.

Pour chacune des préparations que vous avez réalisées vous-même, précisez la recette en indiquant les différents ingrédients et leur quantité (en g, ml, cuillères à café ou à soupe, ...) en dernière page du questionnaire.

Nom de l'enfant : Prénom de l'enfant :

Vos recettes

Exemple :

Recette 1 : Nom de la préparation listée dans le tableau : *purée de pomme de terre*

1 grosse pomme de terre cuite à l'eau avec 2 pincées de sel, 3 cuillères à soupe de lait de vache 1/2 écrémé, une noisette de beurre

Recette 1 : Nom de la préparation listée dans le tableau :

Recette 2 : Nom de la préparation listée dans le tableau :

Recette 3 : Nom de la préparation listée dans le tableau :

Recette 4 : Nom de la préparation listée dans le tableau :

MATERIELS ET METHODES UTILISES

DANS L'ETUDE OPALINE

Annexe 8. Auto-questionnaire 0-12 mois de l'étude OPALINE.



REGISTRE DES PREFERENCES ALIMENTAIRES DU NOURRISSON ET DE L'ENFANT

VOTRE ENFANT AU COURS DE SA PREMIERE ANNEE

Merci de noter au fur et à mesure les informations demandées sur ce questionnaire. Nous le reprendrons lorsque vous viendrez au Centre du Goût pour les jeux des saveurs aux 12 mois de votre enfant.

1 – Code et prénom de l'enfant
Date de naissance/...../.....

2 - Alimentation à la naissance

☐ Allaitement maternel exclusif ☐ Lait pour nourrisson ☐ Mixte (maternel et lait pour nourrisson)
(Allez à la question 7) (Sauter la question 4)

3 - Date du début de l'allaitement maternel/...../.....

4 - Date de l'arrêt de l'allaitement maternel exclusif (=sans autre lait ou aliment, ou de façon exceptionnelle)/...../.....

5 - Date de l'arrêt définitif de l'allaitement maternel/...../.....

6 - Pourquoi avez-vous arrêté l'allaitement ?

☐ abcès, crevasse, lymphangite mammaire ☐ fatigue générale ☐ reprise travail ☐ refus de l'enfant
☐ conseil presse, internet, manuels spécialisés ☐ conseil médical ☐ manque de lait ☐ plus envie d'allaiter ☐ autre

7 – Notez dans le tableau ci-dessous les différents types de lait infantile utilisés depuis la naissance

Type de lait	Dénomination précise	Début	Fin
ex : lait 1 ^{er} âge	Nestlé Nidal Confort (épais) 1	03/02/07	05/06/07
ex : lait épaissi au bifidus	Gallia Digest Premium 1	15/04/07	25/07/07
		/...../.....	/...../.....
		/...../.....	/...../.....
		/...../.....	/...../.....
		/...../.....	/...../.....
		/...../.....	/...../.....

8 - Dates de début de l'introduction régulière d'aliments ou boissons autres que le lait

Boissons (tisane, jus de fruits...)	/...../.....
Céréales pour bébé	/...../.....
Produits laitiers frais	/...../.....
Fromages	/...../.....
Fruits	/...../.....
Légumes	/...../.....
Viande	/...../.....
Poisson	/...../.....
Oeufs	/...../.....

9 - Dates d'apparition des 1^{ères} dents 1 :/...../..... 2 :/...../.....
3 :/...../..... 4 :/...../.....

10 – Poids et taille de l'enfant au cours de sa 1^{ère} année

Age	Date	Poids	Taille
Autour de 3 mois			
Autour de 6 mois			
Autour de 9 mois			
Autour de 12 mois			

11 - Date de votre reprise d'activité professionnelle/...../.....

12 – Mode de garde de l'enfant au cours de sa 1^{ère} année

Période (de... à)	Moyen de garde habituel	Fréquence (jours/semaine)

Annexe 9. Carnet alimentaire de l'étude OPALINE.



Carnet de suivi alimentaire de l'enfant de la diversification à l'âge de 1 an

Nom :

Prénom :

Prénom de l'enfant :

Suivi consommation alimentaire du -----/-----/----- au -----/-----/-----

Le suivi alimentaire de la diversification à 1 an

Le suivi alimentaire au cours de cette période est à effectuer une semaine par mois (comme précédemment)

Comment enregistrer la consommation alimentaire de votre enfant ?

- sur les pages de gauche, notez la consommation de lait de votre enfant au fur et à mesure des biberons ou tétées (notez l'heure approximative), en différenciant s'il s'agit de lait maternel (au sein), d'un biberon de lait maternel ou d'un biberon de lait pour nourrisson. Dans ce dernier cas, nous vous demandons de bien préciser **l'intitulé exact du lait** (par ex : Guigoz confort plus 2).

Vous avez un exemple page 2

- sur les pages de droite, notez la consommation d'aliments et de boissons de votre enfant (autres que le lait) au fur et à mesure des prises alimentaires (notez l'heure approximative). Soyez le plus précis possible dans l'intitulé de l'aliment, pensez à indiquer si vous avez ajouté du sel (à la cuisson, à la consommation) ou du sucre par exemple lorsque c'est vous qui avez préparé l'aliment. Vous avez la possibilité de nous indiquer des recettes ou de coller des étiquettes sur les pages qui suivent chaque jour, dans la mesure bien entendu de votre temps disponible.

Nous vous demandons de préciser s'il s'agit d'un achat (A) en indiquant alors la marque ou d'un plat « fait maison » (FM).

Enfin, s'il s'agit d'un aliment ou d'un boisson que vous donnez à votre enfant « juste pour le lui faire goûter », vous indiquerez une croix dans la colonne « bout de la cuillère ».

Vous avez un exemple page 3

Annexe 9 (suite). Carnet alimentaire de l'étude OPALINE

VOTRE ENFANT		Jour /Date
Jour 1		Vendredi 12/05/06
Heure	LAIT	Intitulé exact du lait
8h00	Lait maternel	
10h30	Biberon de lait maternel	
16h00	Biberon de lait	Guigoz confort plus 2
19h30	Lait maternel	
MEDICAMENTS (intitulé exact)		Marque
Fluor de Sodium		Fluostérol
Colécalciflérol		Zymad

[illegible]

Annexe 10. Codage des aliments et préparations infantiles des carnets alimentaires dans l'étude OPALINE.

Aliments

« Texture_nom-arôme-saveur_marque_catégorie » avec :

- **texture** : « 0 » dans le cas d'une boisson, « 1 » pour les aliments solides, « tnr » lorsque la texture n'est pas renseignée.
- **nom** : dénomination précise, la gamme du produit (monpotager, blédichef, petitfilou, danette...).
 - Pour les petits pots du commerce, si la gamme n'était pas disponible, saisie des termes génériques « purée » ou « compote ».
 - Si l'aliment était accompagné de sauce, le nom de la sauce saisi accolé au nom de l'aliment. Par exemple, « steaksauceau poivre ».
- **arôme** : tous les ingrédients apportant une information sur l'arôme de l'aliment (fraise, vanille, caramel, fleur d'oranger, à la provençale...).
- **saveur** : les ingrédients apportant une information sur la saveur (salée, sucrée, acide, amer, umami) tels que le sucre, le miel, le sel etc..
- **marque** : marque des aliments infantiles et adultes du commerce, «nr» pour non renseignée, « so » pour les aliments sans marques (pain, fruits...), « fm » pour les aliments faits maison y compris les viandes et œufs cuits par la mère.
- **catégorie** : « b » pour les aliments infantiles du commerce, «t» pour les aliments adultes, pour grands enfants ou faits maison.

Annexe 10 (suite). Codage des aliments et préparations infantiles des carnets alimentaires dans l'étude OPALINE.

Mélange de plusieurs aliments

« Texture_nomdumélange/élément1.élément2_marque1.marque2_categoriedumélange » avec :

- **texture** : « tnr » pour la totalité du mélange si aucun terme de texture n'était précisé. Si une ou plusieurs textures étaient précisées, les termes de texture étaient saisis dans l'ordre des éléments du mélange et séparés par des points. Dans le cas où tous les éléments ont une même texture, le terme de texture n'était pas répété.
- **nom** : « melangevpoleg » pour un mélange de viande/ poisson/œuf avec des légumes, « melangedelegume » pour un mélange de légume», « melangedefruit » pour un mélange de fruit, «mélange» pour un mélange avec d'autres catégories d'aliments.
- **éléments** : différents ingrédient du mélange séparés par des points, par ordre alphabétique.
- **marque** : mêmes règles de codage que pour les aliments seuls avec les différentes marques séparés par des points. Si deux éléments du mélange étaient de la même marque, la marque n'était pas répétée.
- **catégorie** : mêmes règles de codage que pour les aliments seuls avec les exceptions suivantes :
 - « bt » s'il s'agit d'un mélange d'aliment infantile du commerce et d'aliment fait maison,
 - « bnr » ou « tnr » si la catégorie d'un des éléments du mélange n'était pas renseignée et selon que l'élément connu du mélange soit un aliment infantile ou adulte du commerce respectivement.

Annexe 10 (suite). Codage des aliments et préparations infantiles des carnets alimentaires dans l'étude OPALINE.

Préparations infantiles et laits

« Texture_nomspecificité-arôme-saveur_marque_catégorie » avec :

- **texture** : « 0 ».
- **nom** : souvent le même que la **marque** de la préparation infantile, dans ce cas il était saisi deux fois. Par exemple « 0_gallia_gallia ».
- **spécificité** : «ha» pour préparation infantile hypoallergénique, « ar » pour préparation infantile anti-reflux lorsque ces particularités n'étaient pas apparente dans le nom de la préparation infantile.
- **catégorie** : âge à laquelle la préparation infantile était destinée :
 - « 1 » pour 1^{er} âge,
 - « 2 » pour 2^e âge,
 - « 3 » pour croissance,
 - « so » pour sans indication sur l'âge notamment la plupart des préparations infantiles hypoallergéniques,
 - « t » pour les laits de vache, chèvre...

Pour le lait maternel, le nom était codé «mat» puis à la place de la marque le mode d'allaitement était précisé : au sein «s» ou au biberon «b» et enfin la catégorie était codée « so ».

Autrement pour le lait de vache, de chèvre ou de brebis et les boissons à base de soja, la marque était codée «so» et la catégorie « t ». Pour les autres boissons à base de plantes et le lait de jument, la marque était précisée et la catégorie codée « b ».

Annexe 10 (suite). Codage des aliments et préparations infantiles des carnets alimentaires dans l'étude OPALINE.

Mélange de préparation infantile avec d'autre aliment

texture_nomA-arômeA-saveurA.nomB-arômeB-saveurB_marqueA.marqueB_catégorieA.catégorieB

avec les mêmes règles de codage que pour les préparations infantiles et les aliments avec les exceptions suivantes :

- s'il s'agissait d'un mélange de préparations infantiles texture = « 0 »,
- s'il s'agissait d'un mélange de préparation infantile avec un aliment solide, la texture= « 1 »,
- si l'aliment solide était un petit pot, le terme « melange/ » était ajouté au nom de l'aliment A.

Annexe 11. Cahier de diversification alimentaire de l'étude OPALINE.

Réaction aux nouveaux aliments à partir de la diversification alimentaire

Code Opaline :

Comment noter la réaction de votre enfant aux nouveaux aliments

Ce cahier concerne les réactions de votre enfant aux nouveaux aliments : nous vous demandons de le remplir dès que vous commencez la diversification alimentaire, c'est-à-dire lorsque vous commencez à introduire régulièrement des aliments ou boissons dans l'alimentation de votre enfant et ce, jusqu'à l'âge de ses **15 mois**.

Nous vous demandons de noter les **réactions de votre enfant** pour les 4 premières consommations d'un même aliment (1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} réaction).

Pour ce faire, référez-vous aux descriptions suivantes :

- : a tourné la tête, a recraché, a fermé la bouche. A définitivement refusé dès la première cuillère.
- : a mangé 2 cuillères, a fait la grimace puis n'en voulait plus
- ++ : en a mangé un peu sans réaction particulière
- +++ : a accepté dès la première cuillère, a souri, a consommé quasiment toute la purée, impression de bien-être

Pour vous aider dans votre notation, nous avons regroupé les aliments en différentes catégories et nous vous avons indiqué des exemples. Ces catégories sont données à titre indicatif afin que vous puissiez vous repérer facilement dans le cahier lorsque vous redonnerez un aliment déjà donné.

Fruits : petit pot de fruits, compotes de fruits, jus de fruit, fruits entiers...

Légumes et féculents : petits pots de légumes et de mélange de légumes, légumes en purée, en soupe, en jus, pâtes, riz, semoule ...

Produits laitiers : tous les fromages, lait, fromages blancs, yaourts et petits suisses naturels ou aux fruits...

Viandes, poissons, œufs (uniquement dans le cas où vous pouvez observer la réaction aux viandes, poissons et œufs « seule »). Si vous observez la réaction aux viandes, poissons, œufs accompagnés de légumes, mettre dans la catégorie « mélanges ».

Produits céréaliers : céréales, farines, pain, pain de mie, biscotte ...

Plats composés : quiche lorraine, petit pot de couscous lasagne, hachis Parmentier, pâte à la bolognaise...

Desserts et sucreries : crèmes dessert, gâteaux, glaces, chocolat, confitures, bonbons ...

Boissons autres que jus de fruits : tisanes, sodas...

Mélanges (y compris ceux avec viandes poissons ou œufs) : mélanges viandes/purée de légumes (en petits pots ou faits maisons), céréales/yaourt, compote de fruits/yaourt, pain/sucrerie...

Autres : tout ce qui ne rentre pas dans une des catégories précédentes (ou que vous n'avez pas su où placer).

Vous avez des exemples en haut des premières pages de chaque catégorie, prenez soin de les lire ils sont là pour vous aiguiller.

Annexe 11 (suite). Cahier de diversification alimentaire de l'étude OPALINE.

• Voici quelques consignes qui vous permettront de remplir au mieux votre cahier de diversification. Nous vous demandons de changer de lignes :

- à chaque changement d'ingrédients ou d'arômes majeurs :

Aliment	Date	Ajouts, particularités	Réaction
compote de pomme			
compote de poire			
compote de pomme poire			
petit suisse fraise			
petit suisse abricot			

- lorsque à chaque changement de « type » d'aliments, on différencie 2 « types » :

- **aliments du commerce « spécifiques aux bébés »** : tous les petits pots de fruits ou coupelles de fruits, petits pots de légumes et plats salés (type bledichef, ptit menu...), biscuits (type bledibiscuit, ptit biscuit...), petit suisse au lait infantile, etc.
- **aliments du commerce « non spécifiques aux bébés » ou les aliments fait maison** : attention les petits suisses ordinaires tels que les petits filous par exemple ne sont pas des aliments spécifiquement destinés aux bébés

Aliment	Date	Ajouts, particularités	Réaction	Date	Ajouts, particularités	Réaction
purée de carotte	12/05/08	FM, lisse	+	18/05/08	FM, moulinée	++
petit pot de carotte	14/05/08	bledina	+	25/05/08	nestle	++
mon premier danone au lait infantile	05/06/08		++	06/06/08		++
fraise						
petit suisse fraise	13/06/08		++	15/06/08		+
compote de pomme	08/05/08	FM, lisse	+	10/05/08	andros	++
petit pot de pomme	09/05/08	bledina	++	10/05/08	carrefour bio	++
jus d'orange	07/07/08	orange pressée par maman	++	08/07/08	jockey	++

Rmp : il n'est pas nécessaire de noter les marques des aliments « **non spécifiques aux bébés** », par contre bien noter si c'est un aliment fait maison.

- à chaque changement radical de texture. Pour cela, on considère 3 grands niveaux de texture :

- la texture **mixée, lisse** (par exemple une banane mixée)
- la texture **écrasée ou très granuleuse** (une banane écrasée à la fourchette)
- la texture en **morceaux** (bananes en morceaux).

Aliment	Date	Ajouts, particularités	Réaction	Date	Ajouts, particularités	Réaction
purée de carotte	14/06/08	FM mixée	++	16/06/08	FM moulinée	-
carotte	18/11/08	écrasée à la fourchette	-	22/11/08	purée épaisse et granuleuse	+
carotte	28/11/08	coupées en petits morceaux	-	30/11/08	en morceaux	-

Rmq : des changements radicaux de texture peuvent intervenir par exemple entre un aliment cru et un aliment cuit, dans ce cas, il ne s'agit pas du même aliment donc vous changez de ligne. Par exemple : une pomme crue et une pomme cuite.

- En revanche, si vous ajoutez des ingrédients dans les aliments que vous donnez à votre enfant, tels que du sel, du sucre, des matières grasses des épices, nous vous demandons de l'indiquer dans la colonne « ajouts, particularités », mais de ne pas considérer que c'est un aliment différent, donc de **ne pas changer de ligne**. Nous vous demandons d'être le plus précis possible sur ses ajouts (par exemple huile d'olive, jus de citron, ciboulette etc...).

Vous pouvez également dans cette colonne « ajouts, particularités » indiquer des précisions sur des niveaux plus fins de texture, des marques, le fait que ce soit fait maison, et tout ce que vous souhaitez nous renseigner sur l'aliment proposé à votre enfant.

Aliment	Date	Ajouts, particularités	Réaction	Date	Ajouts, particularités	Réaction
purée de carotte		FM mixée + beurre			FM moulinée + sel	
yaourt nature		nature			+ sucre vanillé	

Remarques :

Pensez à changer de ligne à chaque fois que vous changerez la composition d'un mélange, y compris ceux avec viande, poisson ou œuf.

Aliment	Date	Ajouts, particularités	Réaction	Date	Ajouts, particularités	Réaction
purée de carotte pomme de terre + jambon	12/05/08	FM, purée lisse, jambon mixé	+	18/05/08	FM, purée moulinée, jambon mixé	++
purée de carotte pomme de terre + poulet	14/05/08	FM, purée lisse, poulet mixé	+	25/05/08	FM, purée lisse, poulet mixé	++
purée de carotte pomme de terre + poulet						
Purée de carotte épinard + poulet	05/06/08	FM, purée lisse, poulet mixé	++			
yaourt nature + confiture de fraise	10/02/08		++	10/03/08		+
yaourt nature + confiture d'abricot	08/03/08		+	10/03/08		++
soupe poireau pomme de terre	15/05/08	FM	-			
soupe poireau pomme de terre carotte	17/05/08	FM	+	19/05/08	FM	+

• Ne notez pas dans ce cahier la réaction de votre enfant aux aliments que vous donnez sur le bout de la cuillère ou le bout du doigt dans le cas où la réaction de votre enfant est positive (impliquant que vous redonnerez cet aliment à votre enfant). **En revanche**, Si vous faites goûter un aliment sur le bout de la cuillère ou le bout du doigt entraînant un refus de votre enfant et impliquant que vous ne lui redonnerez pas cet aliment, **nous vous demandons de le noter !**

Annexe 11 (suite). Cahier de diversification alimentaire de l'étude OPALINE.

[illegible]

1

[illegible]

15

Annexe 12. Construction du modèle de prédiction de la saveur sucrée et de la sensation de gras pour un aliment basé sur sa composition nutritionnelle.

Dans un premier temps, une base de données a été construite en listant les aliments dont l'intensité pour les différentes saveurs (sucrée, salée, acide, amer, umami) et la sensation de gras et la composition nutritionnelle étaient disponibles. Cette base de données croisait la table sensorielle établie par Martin et al. (Martin et al., 2014) (n = 590 aliments) et la table de composition nutritionnelle CIQUAL 2013 (ANSES/Ciqual, 2013) (n = 1496 aliments). Elle était composée de 365 aliments. Pour prédire l'intensité de la saveur sucrée, la composition en mono- et disaccharides (g/100g) été utilisée comme variable explicative. Pour prédire la sensation de gras, la composition en lipides (g/100g) a été considérée comme variable explicative. Pour les 365 aliments, la composition en mono- et disaccharides était disponible alors que la composition en lipides n'était disponible que pour 321 aliments. De plus, certains aliments pouvaient ne pas contenir de mono- et disaccharides (n = 43) ou de lipides (n = 29) et ont donc été exclus du modèle de prédiction. Par conséquent, les modèles de prédiction ont été construits sur 278 aliments pour la saveur sucrée et 344 aliments pour la sensation de gras. Pour tous les items, la composition nutritionnelle était le résultat d'un ou plusieurs dosages. De même, l'intensité des saveurs est le résultat d'une ou plusieurs notes de panélistes. Etant donné que plus le nombre de mesure (dosage ou notes) est élevé et plus la précision de la mesure l'est, chaque aliment a été pondérée dans le modèle de prédiction par un coefficient tenant compte du nombre de mesure utilisé pour l'estimation de la composition nutritionnelle et de l'intensité des saveurs. Ce coefficient de pondération a été calculé en deux étapes. Dans un premier temps, pour les mesures de composition nutritionnelle et d'intensité des saveurs, un poids de 2, 4, 6, et 8 a été affecté si le nombre de mesure était inférieur au 1^{er} quartile (Q1), entre le Q1 et la médiane, entre la médiane et le 3^e quartile (Q3) et supérieur au Q3, respectivement. Enfin, le coefficient final était la somme des poids pour les mesures de composition nutritionnelle et d'intensité des saveurs.

Annexe 12 (suite). Construction du modèle de prédiction de la saveur sucrée et de la sensation de gras pour un aliment basé sur sa composition nutritionnelle.

Une régression log-logistique à 4 paramètres (modèle dose-réponse) a été utilisée pour représenter la relation entre la composition nutritionnelle (X) et l'intensité sensorielle (Y) :

$$Y = c + \frac{(d - c)}{1 + \exp(b(\log x - \log e))} + \epsilon$$

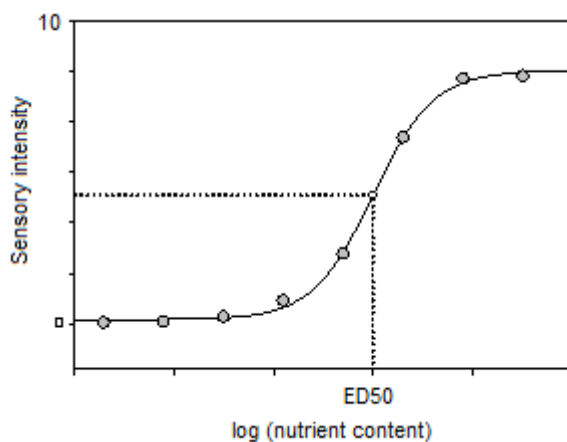
avec c = limite minimale / minimum de l'asymptote horizontale

d = limite maximale / maximum de l'asymptote horizontale

b = coefficient inversement corrélé avec la pente du point d'inflexion de la courbe

e = ED50 = dose efficace médiane (la dose requise pour obtenir 50% de l'intensité maximale ou l'abscisse du point d'inflexion)

Exemple d'un modèle dose (composition nutritionnelle)-réponse (intensité sensorielle) :

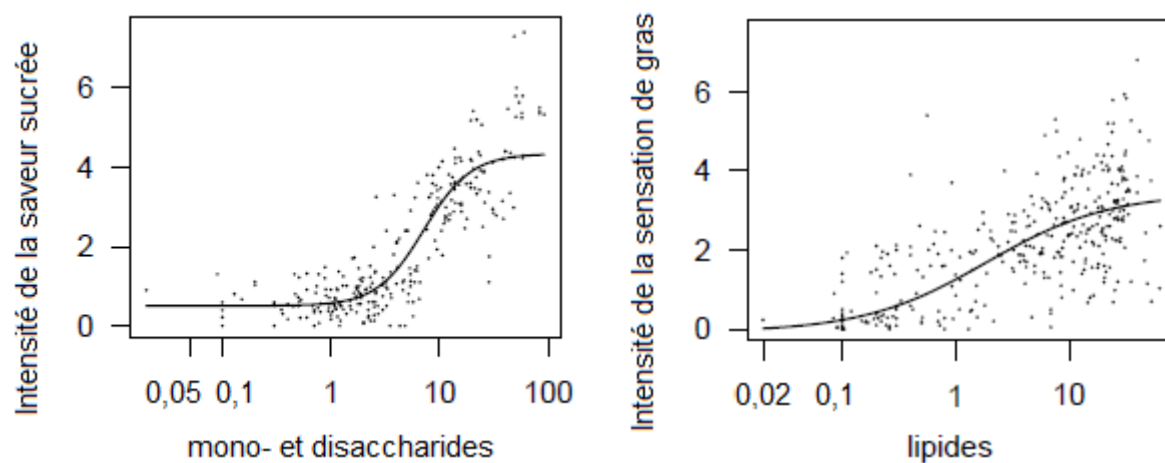


Les quatre paramètres estimés pour les modèles de prédiction de l'intensité de la saveur sucrée et de la sensation de gras sont :

Paramètre	Intensité de la saveur sucrée	Intensité de la sensation de gras
Pente	-2,02	-0,74
Limite minimale	0,50	-0,15
Limite maximale	4,34	3,53
ED50	7,17	1,88
Ecart résiduel standardisé	0,77	1,06

Annexe 12 (suite). Construction du modèle de prédiction de la saveur sucrée et de la sensation de gras pour un aliment basé sur sa composition nutritionnelle.

Représentation graphique de l'adéquation des modèles de prédiction de l'intensité de la saveur sucrée et de la sensation de gras aux données observées :



Annexe 13. Tableau des intensités de la saveur sucrée et de la sensation de gras des aliments (0 à 10).

Aliment	Saveur sucrée	Sensation de gras
<i>Légumes</i>		
Butternut	1,1	0,0
Fenouil	0,4	0,0
Pâtisson	1,2	0,0
Potiron	1,1	0,0
Radis	0,0	0,0
Tomate	1,0	0,3
Haricots verts	0,6	0,5
Maïs	2,0	0,5
Pois gourmand	1,0	0,5
Chou-fleur	1,1	0,6
Blette	0,4	0,8
Betterave	1,6	0,9
Cardon	0,8	0,9
Céleri	1,0	0,9
Chou	1,3	0,9
Salade	1,0	0,9
Légumes verts	0,7	0,9
Mélange de légumes	1,1	0,9
Concombre	0,6	1,0
Epinards	0,6	1,0
Patate douce	2,0	1,0
Salsifi	0,9	1,0
Artichaut	0,6	1,1
Navet	0,4	1,1
Poireau	1,2	1,1
Rutabaga	1,5	1,1
Asperge	1,0	1,2
Cresson	0,3	1,2
Endive	0,4	1,2
Mâche	0,0	1,2
Parnais	0,4	1,2
Poivron	1,7	1,2
Brocoli	0,8	1,3
Carotte	1,7	1,4
Courgette	1,0	1,4
Topinambour	2,4	1,4
Pois	1,5	1,5
Champignon	0,0	1,6
Choux de Bruxelles	1,0	1,9
Aubergines	0,7	2,1
Avocat	0,6	2,3

Annexe 13 (suite). Tableau des intensités de la saveur sucrée et de la sensation de gras des aliments (0 à 10).

Aliment	Saveur sucrée	Sensation de gras
<i>Fruits</i>		
Goyave	1,9	0,0
Kaki	3,0	0,0
Pamplemousse	1,4	0,0
Framboise	2,2	0,1
Fruits rouges	1,9	0,1
Kiwi	2,2	0,1
Orange	2,8	0,1
Poire et mandarine	2,1	0,1
Pomme et fraise	2,2	0,1
Pomme et mandarine	2,1	0,1
Pomme et myrtille	3,3	0,1
Poire	3,2	0,2
Pomme	2,5	0,2
Pomme et ananas	2,3	0,2
Pomme et framboise	2,6	0,2
Pomme et kiwi	2,3	0,2
Pomme et poire	2,1	0,2
Pomme et poire et miel	3,0	0,2
Pêche et fraise	2,5	0,2
Abricot	1,9	0,3
Cerise	2,8	0,3
Clémentine	2,1	0,3
Pastèque	2,8	0,3
Pêche	2,9	0,3
Pomme et pêche	2,8	0,3
Pomme et pruneau	2,7	0,3
Ananas	1,9	0,4
Mélange de fruits	2,6	0,5
Pruneau	2,7	0,5
Pomme et raisin	2,9	0,5
Pomme et abricot	2,6	0,6
Pomme et abricot et pêche	2,6	0,6
Pomme et coing	2,2	0,6
Pomme et banane et fraise	2,5	0,7
Pomme et banane et kiwi	3,0	0,8
Raisin	3,1	1,0
Pomme et banane et myrtille	2,1	1,0
Fraise	2,1	1,1
Mûre	1,9	1,1
Myrtille	2,3	1,1
Pomme et banane	3,2	1,1
Ananas séché	3,8	1,1
Coing	1,5	1,2
Grenade	2,8	1,3
Groseille	1,9	1,3
Litchi	2,8	1,3
Abricot sec	3,6	1,4
Mangue	3,8	1,5

Annexe 13 (suite). Tableau des intensités de la saveur sucrée et de la sensation de gras des aliments (0 à 10).

Aliment	Saveur sucrée	Sensation de gras
<i>Fruits</i>		
Pomme et mangue	3,8	1,5
Melon	3,2	1,6
Datte	4,2	1,9
Banane	2,9	2,0
Figue	2,7	2,0
Noix de coco	2,2	2,5
<i>Produits laitiers</i>		
Yaourt infantile nature	0,0	1,9
Yaourt infantile aux fruits	3,4	1,9
Fromage blanc nature	0,0	2,0
Fromage blanc aux fruits	4,0	2,0
Fromage blanc bébé nature	0,0	2,0
Fromage blanc bébé aux fruits	4,0	2,0
Yaourt aux fruits	3,4	1,8
Yaourt nature	0,0	1,8
<i>Féculents</i>		
Pain	0,8	0,3
Polenta	0,2	1,1
Riz	1,3	1,1
Pomme de terre	1,2	1,3
Semoule	0,7	1,4
Tapioca	0,2	1,4
Avoine	0,4	1,5
Galette de riz	0,4	1,6
Maïzena	0,2	1,7
Pâte	0,8	1,7
Weetabix®	1,0	1,7
Lentille	0,8	1,8
Cracotte	0,2	1,9
Flageolet	0,6	2,1
Biscotte	0,2	2,1
Pain aux noix	0,9	2,1
Pois cassé	1,0	2,1
Haricots	0,6	2,1
Fougasse	0,2	2,2
Gnocchi	0,7	2,3
Blinis	0,2	2,3
Farine	0,9	2,5
Boulgour	1,0	2,6
Frites	0,7	3,0

Annexe 13 (suite). Tableau des intensités de la saveur sucrée et de la sensation de gras des aliments (0 à 10).

Aliment	Saveur sucrée	Sensation de gras
<i>Boissons (autres que le lait)</i>		
Tisanes	1,5	0,0
Boissons sucrées diluées	1,4	0,0
Eau avec du citron	0,0	0,0
Thé	0,0	0,0
Café	0,0	0,0
Eau avec du sirop	4,0	0,4
Soda	4,8	0,4
Boissons aux fruits	3,1	0,5
Cappucino	1,2	1,4
<i>Lait maternel, préparation infantile et autres laits</i>		
Lait maternel	1,4	1,3
Lait maternel + farines infantiles	2,9	1,3
Boissons à base de plantes	0,5	1,6
Boissons à base de plantes + farines infantiles	2,0	1,6
Lait de jument	1,4	1,7
Préparation infantile de croissance	2,1	1,8
Préparation infantile de croissance + farines infantiles	3,6	1,8
Préparation infantile 1er âge et 2e âge	1,4	1,9
Préparation infantile 1er âge et 2e âge + farines infantiles	2,9	1,9
Lait de chèvre	0,3	1,9
Lait de chèvre + farines infantiles	1,8	1,9
Lait de vache	0,5	1,9
Lait de vache + farines infantiles	2,0	1,9
Préparation infantile anti-diarrhéique	0,2	1,9
Préparation infantile anti-diarrhéique + farines infantiles	1,7	1,9
Préparation infantile anti-reflux	0,9	1,9
Préparation infantile anti-reflux + farines infantiles	2,4	1,9
Préparation infantile fermenté	1,0	1,9
Préparation infantile fermentée + farines infantiles	2,5	1,9
Préparation infantile hypoallergénique	0,5	1,9
Préparation infantile hypoallergénique + farines infantiles	2,0	1,9
<i>Produits sucrés</i>		
Marshmallow	3,9	0,0
Meringue	3,9	1,5
Pâte de fruit	3,8	1,7
Bonbon	5,5	2,1
Caramel	3,9	2,1
Ourson en guimauve	3,8	2,2
Pâte d'amande	3,7	2,3

Annexe 13 (suite). Tableau des intensités de la saveur sucrée et de la sensation de gras des aliments (0 à 10).

Aliment	Saveur sucrée	Sensation de gras
<i>Produits sucrés</i>		
Chocolat noir à l'orange	3,7	2,5
Chocolat noir	2,8	3,2
Ganache au chocolat	2,8	3,2
Chocolat au lait	5,8	3,5
Chocolat (sans précision)	5,8	3,5
Barre chocolatée	5,3	3,5
Chocolat blanc	5,4	5,8
<i>Gâteaux, desserts et pâtisseries</i>		
Sorbet	3,1	0,3
Cookie	4,0	1,5
Brioche	2,3	1,5
Céréales petit déjeuner	3,5	1,7
Crème dessert bébé	2,5	1,8
Crème dessert	3,9	1,9
<i>Gâteaux, desserts et pâtisseries</i>		
Mousse châtaigne	3,5	2,1
Mousse chocolat	4,2	2,1
Mousse aux fruits	2,8	2,1
Pain d'épices	4,4	2,1
Crêpe	2,0	2,1
Tarte aux fruits	3,6	2,1
Craquinettes chocolat ou fraise	3,3	2,1
Crème glacée	4,2	2,4
Gâteaux	4,0	2,5
Boudoir	3,0	2,6
Gaufre	3,0	3,0
Gâteau à la crème	5,0	3,9
Croissant	2,1	2,9
<i>Produits grignotage</i>		
Biscuits apéritifs	2,2	0,7
Gruyère puff pastry (Gougère)	0,4	2,1
Tuc®	0,4	2,2
Châtaigne	1,8	2,5
Amande	0,7	2,6
Noix	1,1	2,6
Chips	0,7	3,2
Noisette	0,9	4,0
<i>Viandes, Poissons et Œufs</i>		
Œufs	0,4	1,2
Crevettes	0,6	1,5
Gambas	0,6	1,5
Calamar	0,0	1,6
Moules	0,2	1,6
Surimi	0,0	1,7
Poisson maigre	0,0	1,9

Annexe 13 (suite). Tableau des intensités de la saveur sucrée et de la sensation de gras des aliments (0 à 10).

Aliment	Saveur sucrée	Sensation de gras
<i>Viandes, Poissons et Œufs</i>		
Poisson pané	0,0	2,2
Nugget	0,6	2,2
Viande	0,6	2,3
Poisson gras	0,0	2,7
Omelette	0,6	2,8
Quenelle	0,8	3,0
Cordon bleu	0,2	3,1
Charcuterie	0,6	3,3
Boudin noir	1,1	3,3
Andouillette	1,0	3,3
<i>Plats cuisinés</i>		
Ratatouille	1,2	1,4
Cake salé	0,5	2,4
Risotto	1,0	2,6
Gratin Dauphinois	0,8	2,7
Hachis parmentier	0,6	2,7
Pizza	0,9	2,7
Ravioli	1,4	2,7
Tomates farcies	0,9	2,7
Quiche	1,0	2,8
Lasagne	1,2	3,1
Spaghetti bolognaise	1,3	3,1
Couscous	0,9	3,1
Paella	0,8	3,4
Choucroute	0,4	3,5
Pain et foie gras	1,2	4,0
<i>Ingrédients ajoutés</i>		
Fromage fondu	0,3	3,1
Fromage	0,5	3,7
Crème de marrons	7,3	1,3
Confiture	5,5	1,7
Œuf de lompe	0,0	2,1
Tzatziki	1,7	2,2
Lait concentré sucré	3,7	2,2
Tarama	0,8	2,6
Crème	1,1	3,4
Nutella®	3,7	3,5
Farines infantiles	2,0	NA*

**Les farines infantiles n'ont jamais été consommées non diluées dans du lait*

**ADAPTATION ET VALIDATION DU QUESTIONNAIRE
D'APPRECIATION
DE LA SAVEUR SUCREE ET DE LA SENSATION DE GRAS**

Annexe 14. Tableau synthétisant les items et les modifications apportées au questionnaire PrefQuest pour l'adaptation de la version adulte aux enfants d'âge scolaire

Saveur sucrée	S1 : Miel	X	S1 : Miel
S1 : Pain d'épices	X		S1 : Pain d'épices
S1 : Fruits secs	X		S1 : Fruits secs
S1 : Crème de marron	X	X	
S2 : Crêpe + confiture		X	S2 : Crêpe + confiture
S2 : Pain + confiture		X	S2 : Pain + confiture
S2 : Yaourt + confiture		X	S2 : Yaourt + confiture
S4 : Manger de la confiture à la cuillère			S4 : Manger de la confiture à la cuillère
S4 : Etre dérangé de boire une boisson chaude sans sucre (café, thé, tisane)			S4 : Etre dérangé de boire une boisson chaude sans sucre (chocolat chaud, thé, tisane)
S2 : Thé + sucre		X	X
S2 : Café + sucre		X	
S2 : Yaourt + sucre		X	Chocolat chaud + sucre
S2 : Crêpe + sucre		X	S2 : Yaourt + sucre
S2 : Fraise + sucre			S2 : Crêpe + sucre
S4 : Etre dérangé de manger un fromage blanc peu sucré au restaurant			S2 : Fraise + sucre
S4 : Etre dérangé de manger un fromage blanc peu sucré au restaurant cantine			X
S1 : Biscuits aux fruits	X		S1 : Biscuits aux fruits
S1 : Bonbons	X	X	
S1 : Crème dessert	X		S1 : Crème dessert
S1 : Nectar de fruit	X		S1 : Jus de fruits
S1 : Ile flottante	X		S1 : Ile flottante
S3 : Boissons sucrées			X
			Diabolo remplacé par sirop dans de l'eau

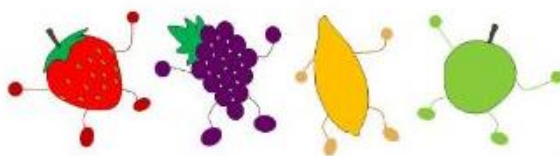
Annexe 14 (suite). Tableau synthétisant les items et les modifications apportées au questionnaire PrefQuest pour l'adaptation de la version adulte aux enfants d'âge scolaire

Sensation de gras-salé	S1 : Saucisson	X	S1 : Saucisson
	S1 : Chipolata	X	S1 : Chipolata
	S1 : Pâté	X	X
	S1 : Saucisse fumée	X	S1 : Saucisse fumée
	S1 : Rillettes	X	X
	S1 : Chorizo	X	S1 : Chorizo
	S1 : Salami	X	S1 : Salami
	S1 : Confit de canard	X	X
	S1 : Nugget	X	S1 : Nugget
	S1 : Burger	X	X
	S1 : Friand	X	S1 : Friand
	S1 : Kebab	X	X
	S1 : Tartiflette	X	S1 : Tartiflette
	S1 : Fondue de fromage	X	X
	S1 : Sauce au Roquefort	X	X
	S1 : Caprice®	X	S1 : Caprice®
	S1 : Cantal	X	S1 : Comté
	S1 : Chips	X	S1 : Comté
	S1 : Biscuits apéritifs	X	S1 : Chips
	S1 : Cacahuètes	X	S1 : Biscuits apéritifs
	S2 : Pâte + beurre	X	S1 : Cacahuètes
	S2 : Haricots verts + beurre	X	S2 : Pâte + beurre
	S2 : Purée + beurre	X	S2 : Haricots verts + beurre
	S2 : Pain-saucisson sec + beurre	X	S2 : Purée + beurre
	S2 : Radis + beurre	X	S2 : Pain-saucisson sec + beurre
	S2 : Pain + beurre	X	S2 : Pain + beurre
	S2 : Bifteck + beurre	X	S2 : Bifteck + beurre
	S4 : Etre dérangé d'avoir un sandwich jambon-beurre sans beurre	X	S4 : Etre dérangé d'avoir un sandwich jambon-beurre sans beurre
	S2 : Soupe + crème	X	S2 : Soupe + crème
	S2 : Saumon + crème	X	S2 : Saumon + crème
	S2 : Pain-fromage + beurre	X	S2 : Pain-fromage + beurre

Annexe 14 (suite). Tableau synthétisant les items et les modifications apportées au questionnaire PrefQuest pour l'adaptation de la version adulte aux enfants d'âge scolaire

Sensation de	S1 : Pain au chocolat	X	S1 : Pain au chocolat
gras-sucré	S1 : Croissant	X	S1 : Croissant
	S1 : Chausson aux pommes	X	S1 : Chausson aux pommes
	S1 : Beignet	X	S1 : Beignet
	S1 : Sablés	X	S1 : Sablés
	S1 : Gaufrette	X	S1 : Gaufrette
	S1 : Paris-Brest	X	X
	S1 : Crème brûlée	X	S1 : Crème brûlée
	S2 : Crêpe + pâte à tartiner au chocolat	X	S2 : Crêpe + pâte à tartiner au chocolat
	S1 : Pâte à tartiner au chocolat	X	X
	S2 : Pain + pâte à tartiner au chocolat		S2 : Pain + pâte à tartiner au chocolat
	S4 : Manger de la pâte à tartiner au chocolat à la cuillère	X	X
	S1 : Gâteau au chocolat	X	X
	S1 : Brownie	X	S1 : Brownie
	S1 : Mousse au chocolat	X	S1 : Mousse au chocolat
	S2 : Glace + chantilly		S2 : Glace + chantilly
	S2 : Fraise + chantilly	X	S2 : Fraise + chantilly
	S4 : Demander de la chantilly sur sa glace chez le glacier		S4 : Demander de la chantilly sur sa glace chez le glacier
	S2 : Crêpe + chantilly		S2 : Crêpe + chantilly
	S2 : Brownie + chantilly		S2 : Brownie + chantilly

Annexe 15. Questionnaire d'appréciation de la saveur sucrée, salée, et de la sensation de gras chez l'enfant



Bienvenue



Prénom

Nom

Date de naissance

Etude en collaboration avec :



Questionnaire de préférences alimentaires



Bonjour, nous sommes des chercheurs en alimentation et nous allons aujourd'hui étudier tes **goûts** et tes **préférences alimentaires**. Pour nous aider tu devras remplir un questionnaire composé de 4 parties :



Partie 1 :
Quelle est ton attirance
pour différents
aliments ?

Partie 2 :
Comment préfères-tu
consommer les
aliments ?

Partie 3 :
Quelles sont tes
boissons
préférées ?

Partie 4 :
Quel est ton
comportement
alimentaire ?

Partie 1 : dans cette partie nous allons mesurer l'attirance que tu as pour différents aliments.

Consigne : Pour chaque aliment, indique comment tu l'aimes sur l'échelle de mesure. L'échelle est composée de 9 points différents qui démarre à « je n'aime vraiment pas du tout » jusqu'à « j'aime vraiment beaucoup ».

Regarde bien sur le schéma à quoi correspondent les différents points. Sur l'exemple tu n'as rien à cocher, tu dois juste observer pour comprendre.

Comment aimes-tu le chocolat ?

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté ☐

je n'aime pas du tout je n'aime pas trop j'aime un peu j'aime beaucoup

Si tu n'as jamais goûté le chocolat coche la case « je n'ai jamais goûté ».

Voici quelques exemples pour t'aider à comprendre le fonctionnement de l'échelle de mesure :

Consigne : Pour chaque aliment, indique comment tu l'aimes en cochant la case.

Comment aimes-tu le chocolat ?

Si tu aimes vraiment beaucoup le chocolat :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Comment aimes-tu les biscuits ?

Si tu aimes beaucoup les biscuits :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Comment aimes-tu les fraises ?

Si tu aimes bien les fraises :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Comment aimes-tu les pommes ?

Si tu aimes un peu les pommes :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 3 sur 41

Comment aimes-tu la choucroute ?

Si tu ne sais pas si tu aimes ou pas la choucroute :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☒ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Comment aimes-tu les carottes ?

Si tu n'aimes pas trop les carottes :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☒ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Comment aimes-tu les brocolis ?

Si tu n'aimes pas les brocolis :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☒ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Comment aimes-tu le chou ?

Si tu n'aimes pas du tout le chou :

je n'aime vraiment pas du tout ☒ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Comment aimes-tu les épinards ?

Si tu n'aimes vraiment pas du tout les épinards :

je n'aime vraiment pas du tout ☒ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



ATTENTION : Si tu n'as jamais goûté le chocolat colorie le rond « je n'ai jamais goûté »

Page 4 sur 41



Page 5 sur 41

A ton tour : comment aimes-tu ?



1. les biscuits apéritifs :

jé n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



2. les chips :

jé n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



3. les cacahuètes :

jé n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 6 sur 41



4. la saucisse fumé, type Montbéliard:

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



5. la chipolata ou saucisse de Toulouse :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



6. le saucisson sec :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 7 sur 41



7. le chorizo :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



8. le salami :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



9. le comté :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 8 sur 41



10. le fromage à pâte molle comme le Caprice des Dieux :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



11. la tartiflette :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



12. la fondue savoyarde :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 9 sur 41



13. les nuggets de volaille :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



14. les friands au fromage, à la viande ou à la saucisse :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



15. les jus de fruits :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 10 sur 41



16. les fruits secs sucrés:

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



17. le miel :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



18. les biscuits nappés ou fourrés aux fruits:

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 11 sur 41



19. le pain d'épices :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



20. l'île flottante :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



21. les crèmes desserts :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 12 sur 41



22. la pâte à tartiner chocolat/noisettes comme le Nutella :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



23. la crème brûlée :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



24. la mousse au chocolat :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 13 sur 41



25. le brownie, fondant au chocolat :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



26. les gaufrettes à la vanille, noisette, praliné, ... :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



27. les biscuits sablés (palet breton, sprits, ...) :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 14 sur 41



28. les croissants :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



29. les pains au chocolat :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



30. les chaussons aux pommes :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 15 sur 41



31. les beignets :

je n'aime vraiment pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ j'aime vraiment beaucoup ☐ je n'ai jamais goûté



Page 16 sur 41



Page 17 sur 41

Partie 2 : Dans cette deuxième partie nous allons étudier la façon dont tu préfères les aliments.

Consigne : Avant de commencer, voici un exemple : Tu n'as rien à répondre, il faut juste bien lire la consigne : Quelle quantité de crème préfères-tu avec ta soupe ?

sans crème ☐ 0 ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de crème ☐ je n'aime pas la soupe

Chaque chiffre correspond à une soupe avec une quantité de crème qui change. Le chiffre 0 est une soupe sans crème, le chiffre 2 est une soupe avec un peu de crème. Comme le chiffre 1 se trouve entre l'image 0 et l'image 2, le chiffre 1 correspond à une soupe avec un tout petit peu de crème (plus que 0 mais moins que 2). Le chiffre 4 présente une soupe avec beaucoup de crème donc le chiffre 3 correspond à une soupe avec plus de crème que l'image 2 mais moins de crème que l'image 4. Le chiffre 5 correspond à une soupe avec plus de crème que l'image 4. Si pour toi il n'y a pas assez de crème sur l'image 4 tu devras cocher le chiffre 5. ATTENTION : si tu n'aimes pas l'aliment présenté (ici la soupe) coche la case je n'aime pas la soupe. Pour répondre, il faut choisir le chiffre qui représente le mieux la soupe que tu préfères.

Page 18 sur 41

Consigne : Voici un autre exemple. Tu n'as rien à répondre il faut juste bien lire l'exemple.

Quelle quantité de crème préfères tu avec ta soupe

Par exemple : Si tu trouves qu'il n'y a pas assez de crème sur l'image 2 mais il y en a trop sur l'image 4 coche le chiffre 3.



sans crème ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de crème ☐ je n'aime pas la soupe



Un autre exemple: si tu n'aimes pas la soupe coche la case "je n'aime pas la soupe".



A ton tour :

1. Quelle quantité de sel préfères-tu avec un œuf à la coque ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères l'œuf à la coque, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les œufs à la coque ».

☒ sans sel ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ avec beaucoup de sel ☐ Je n'aime pas les œufs à la coque

2. Quelle quantité de sel préfères-tu avec la soupe ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères la soupe, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas la soupe ».

☒ sans sel ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ avec beaucoup de sel ☐ Je n'aime pas la soupe

Page 21 sur 41

3. Quelle quantité de crème préfères-tu avec la soupe ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères la soupe, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas la soupe ».

☒ sans crème ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ avec beaucoup de crème ☐ Je n'aime pas la soupe

4. Quelle quantité de beurre préfères-tu avec le pain et le saucisson ?

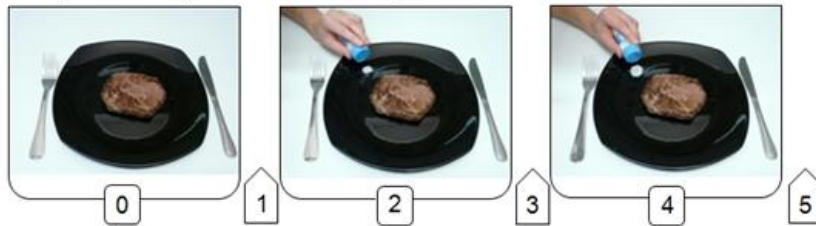


Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères le pain et le saucisson, si tu n'aime pas cet aliment coche la case « je n'aime pas le pain et le saucisson ».

☒ sans beurre ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ Avec beaucoup de beurre ☐ Je n'aime pas le pain et le saucisson

Page 22 sur 41

5. Quelle quantité de sel préfères-tu avec le steak, bifteck?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ton steak, bifteck, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas le steak, bifteck ».

☐ sans sel ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de sel

☐ Je n'aime pas le steak, bifteck

6. Quelle quantité de beurre préfères-tu avec le steak, bifteck ?



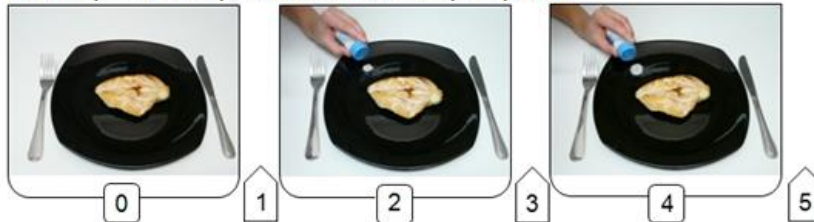
Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ton steak, bifteck, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas le steak, bifteck ».

☐ sans beurre ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de beurre

☐ Je n'aime pas le steak, bifteck

Page 23 sur 41

7. Quelle quantité de sel préfères-tu avec une escalope de poulet ?

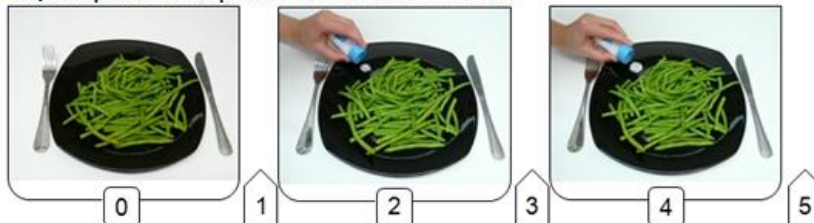


Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ton escalope de poulet, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les escalopes de poulet ».

☐ sans sel ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de sel

☐ Je n'aime pas les escalopes de poulet

8. Quelle quantité de sel préfères-tu avec les haricots verts ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères tes haricots verts, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les haricots verts ».

☐ sans sel ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de sel

☐ Je n'aime pas les haricots verts

Page 24 sur 41

9. Quelle quantité de beurre préfères-tu avec les haricots verts ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères tes haricots verts, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les haricots verts ».

sans beurre ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de beurre ☐ Je n'aime pas les haricots verts

10. Quelle quantité de sel préfères-tu avec les pâtes ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères tes pâtes, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les pâtes ».

sans sel ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de sel ☐ je n'aime pas les pâtes

Page 25 sur 41

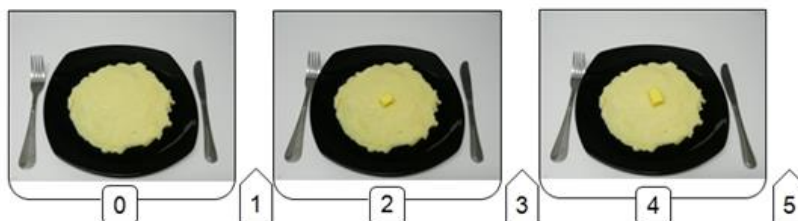
11. Quelle quantité de beurre préfères-tu avec les pâtes ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères tes pâtes, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les pâtes ».

sans beurre ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de beurre ☐ je n'aime pas les pâtes

12. Quelle quantité de beurre préfères-tu avec la purée ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ta purée, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas la purée ».

sans beurre ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de beurre ☐ Je n'aime pas la purée

Page 26 sur 41

13. Quelle quantité de sel préfères-tu avec la purée ?



Coche ici la case qui correspond à la façon dont tu préfères ta purée, si tu n'aimes pas cet aliment coche le cercle « je n'aime pas la purée ».

sans sel ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de sel

☐ Je n'aime pas la purée

14. Quelle quantité de sel préfères-tu avec les frites?



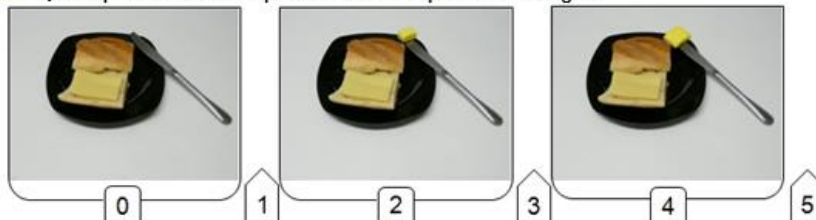
Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères tes frites, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les frites ».

sans sel ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de sel

☐ Je n'aime pas les frites

Page 27 sur 41

15. Quelle quantité de beurre préfères-tu avec le pain et le fromage ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères le pain et le fromage, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas le pain ou le fromage ».

sans beurre ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de beurre

☐ Je n'aime pas le pain ou le fromage

16. Quelle quantité de sucre préfères-tu avec un yaourt ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ton yaourt, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas le yaourt ».

sans sucre ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de sucre

☐ Je n'aime pas les yaourts

Page 28 sur 41

17. Quelle quantité de confiture préfères-tu avec un yaourt ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ton yaourt, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les yaourts ».

~~sans~~ confiture ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ~~avec~~ beaucoup de confiture ☐ Je n'aime pas les yaourts

18. Quelle quantité de sucre préfères-tu avec les fraises ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères tes fraises, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les fraises ».

~~sans~~ sucre ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ~~avec~~ beaucoup de sucre ☐ Je n'aime pas les fraises

Page 29 sur 41

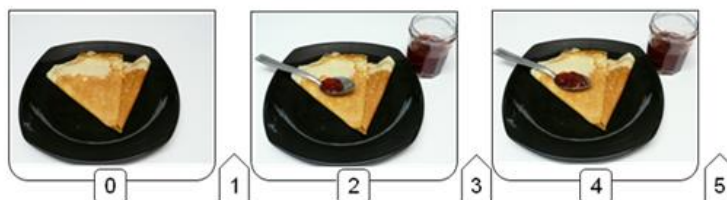
19. Quelle quantité de chantilly préfères-tu avec les fraises ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères tes fraises, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les fraises ».

~~sans~~ chantilly ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ~~avec~~ beaucoup de chantilly ☐ Je n'aime pas les fraises

20. Quelle quantité de confiture préfères-tu avec la crêpe ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ta crêpe, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les crêpes ».

~~sans~~ confiture ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ~~avec~~ beaucoup de confiture ☐ Je n'aime pas les crêpes

Page 30 sur 41

21. Quelle quantité de sucre préfères-tu avec une crêpe ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ta crêpe, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les crêpes ».

☒ sans sucre ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ avec beaucoup de sucre

☐ Je n'aime pas les crêpes

22. Quelle quantité de chantilly préfères-tu avec ta crêpe ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ta crêpe, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les crêpes ».

☒ sans chantilly ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ avec beaucoup de chantilly

☐ Je n'aime pas les crêpes

Page 31 sur 41

23. Quelle quantité de Nutella préfères-tu avec une crêpe ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ta crêpe, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les crêpes ».

☒ sans Nutella ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ avec beaucoup de Nutella

☐ Je n'aime pas les crêpes

24. Quelle quantité de chantilly préfères-tu avec un fondant au chocolat ou brownie ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ton brownie ou fondant au chocolat, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas les brownies, fondant au chocolat ».

☒ sans chantilly ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ avec beaucoup de chantilly

☐ Je n'aime pas les brownies, fondant au chocolat

Page 32 sur 41

25. Quelle quantité de chantilly préfères-tu avec une coupe glacée, une glace ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ta coupe glacée, ta glace, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas la glace ».

~~sans~~ chantilly ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ~~avec~~ beaucoup de chantilly

☐ Je n'aime pas la glace

26. Quelle quantité de beurre préfères-tu avec le pain au petit-déjeuner ou au goûter ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ton pain, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas le pain ».

~~sans~~ beurre ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ~~avec~~ beaucoup de beurre

☐ Je n'aime pas le pain

Page 33 sur 41

27. Quelle quantité de confiture préfères-tu avec le pain ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ton pain, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas le pain ».

~~sans~~ confiture ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ~~avec~~ beaucoup de confiture

☐ Je n'aime pas le pain

28. Quelle quantité de Nutella préfères-tu avec le pain ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères ton pain, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas le pain ».

~~sans~~ Nutella ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ~~avec~~ beaucoup de Nutella

☐ Je n'aime pas le pain

Page 34 sur 41

29. Combien de sucre préfères-tu avec le chocolat chaud ?



Coche la case qui correspond à la façon dont tu préfères le chocolat chaud, si tu n'aimes pas cet aliment coche la case « je n'aime pas le chocolat chaud ».

sans sucre ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 avec beaucoup de sucre

☐ Je n'aime pas le chocolat chaud

Page 35 sur 41

Partie 3 : tes boissons préférées

1. Consigne : Un nouveau restaurant va bientôt s'ouvrir près de chez toi. Le restaurateur aimerait y présenter une carte contenant les boissons préférées des enfants. Pour cela, coche dans la liste suivante tes boissons préférées.

Attention tu peux cocher une, deux ou trois boissons maximum et si tu n'aimes aucune des boissons proposées, coche le cercle « aucune ».

- ☐ Jus de fruits (orange, pomme, raisin, ananas ...)
- ☐ Jus de tomate
- ☐ Soda (limonade, coca-cola, fanta, orangina ...)
- ☐ Sirop avec de l'eau (fraise, menthe, pêche, grenadine ...)
- ☐ Eau gazeuse et sa rondelle de citron
- ☐ Eau minérale
- ☐ Aucune



Page 36 sur 41



Page 37 sur 41

Partie 4 : le comportement alimentaire

Consigne : Dans cette dernière partie, nous allons te poser quelques questions complémentaires.

1. Ta maman te donne un sandwich jambon-beurre. Quand tu arrives à l'école, tu t'aperçois que c'est un sandwich au jambon mais il n'y a pas de beurre. Est-ce que cela te dérange de manger ce sandwich sans beurre ?

vraiment pas du tout ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ vraiment beaucoup ○ Je n'aime pas le sandwich jambon-beurre

2. Tu es à la cantine ou chez toi et tu choisis en dessert du fromage blanc aux fruits rouges. En le goûtant, tu t'aperçois qu'il n'y a pas assez de sucre. Est-ce que cela te dérange de manger ce fromage blanc peu sucré ?

vraiment pas du tout ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ vraiment beaucoup ○ Je n'aime pas le fromage blanc aux fruits rouges

3. Tu es chez toi et tes parents t'apportent ta boisson chaude préférée (chocolat chaud, thé, tisane) mais il n'y a pas de sucre sur la table. Est-ce que cela te dérange de boire ta boisson chaude sans sucre ?

vraiment pas du tout ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ vraiment beaucoup ○ Je n'aime pas les boissons chaudes

4. Est-ce que tu mets parfois du sel dans ton plat avant de l'avoir goûté ?

○ jamais ○ rarement ○ parfois ○ souvent ○ toujours

5. Tu es chez un glacier et tu commandes une coupe glacée ou une glace. Demandes-tu à mettre de la chantilly par-dessus ?

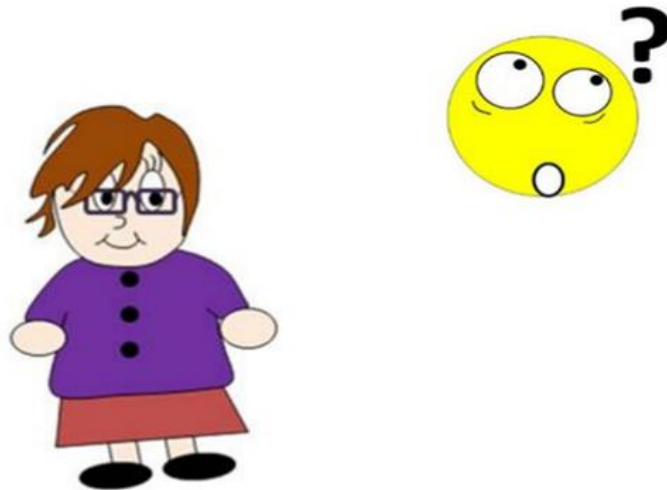
○ jamais ○ rarement ○ parfois ○ souvent ○ toujours

6. T'arrive-t-il de manger de la confiture à la petite cuillère ?

○ jamais ○ rarement ○ parfois ○ souvent ○ toujours

Page 38 sur 41

Merci beaucoup!
A présent, tu peux demander à tes parents de t'aider pour répondre aux dernières questions.



Page 39 sur 41

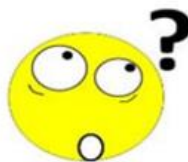
Nous avons besoin de quelques informations complémentaires :

Quel est ton poids (en kg)?

Quelle est la date de ta dernière pesée (JJ/MM/AAAA)?

Quelle est ta taille (en cm)?

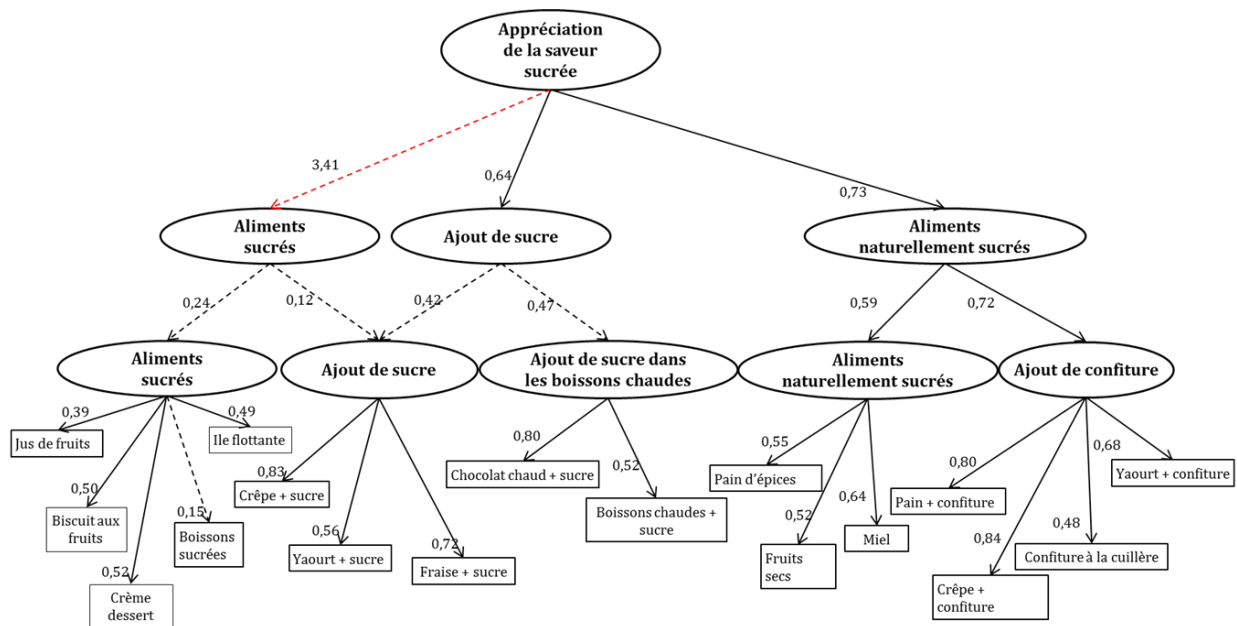
Quelle est la date de ta dernière mesure (JJ/MM/AAAA)?



Page 40 sur 41

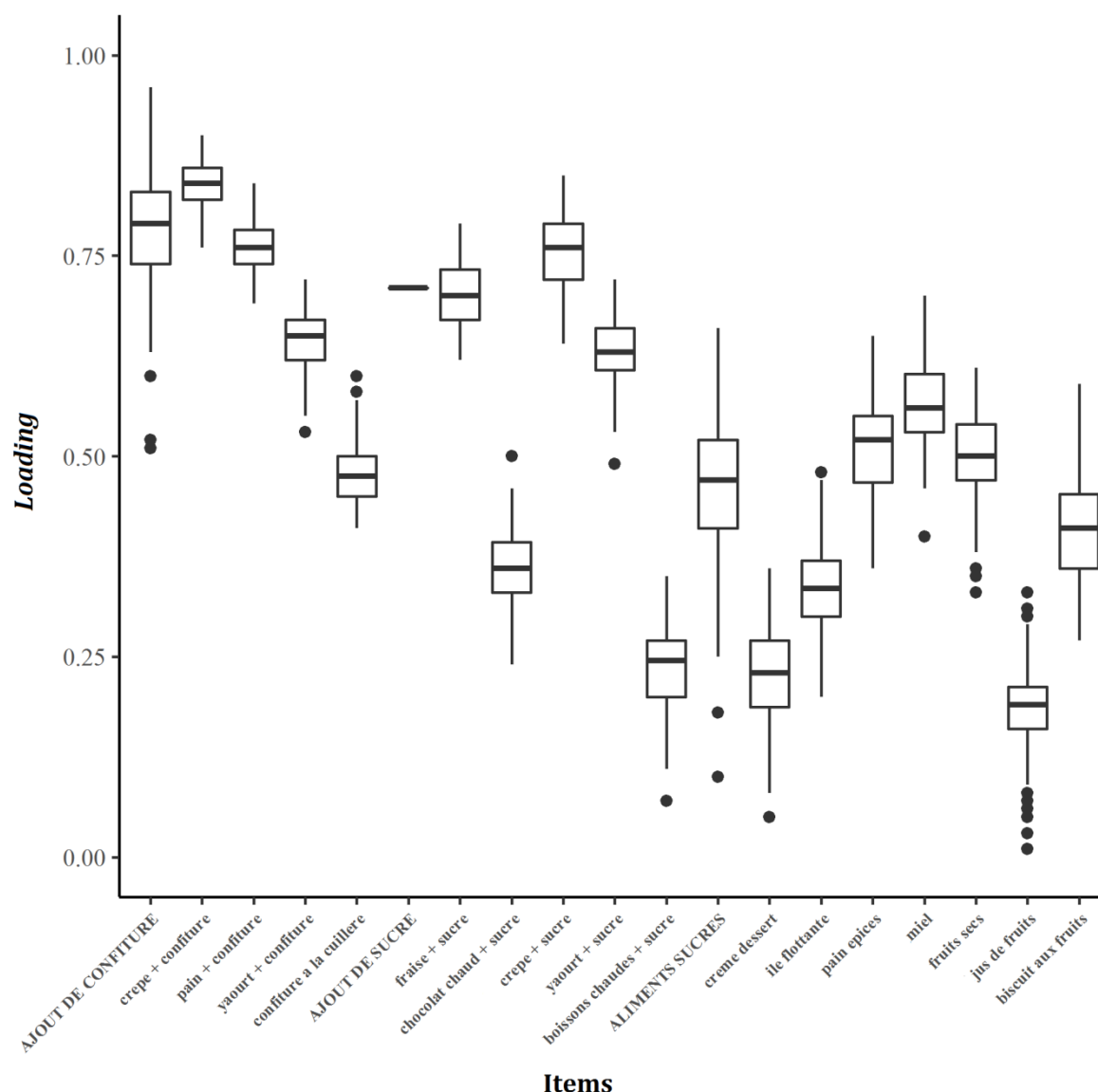


Annexe 16. Structure factorielle pour l'appréciation de la saveur sucrée identifiée chez les adultes et appliquée aux données des enfants (n = 251).



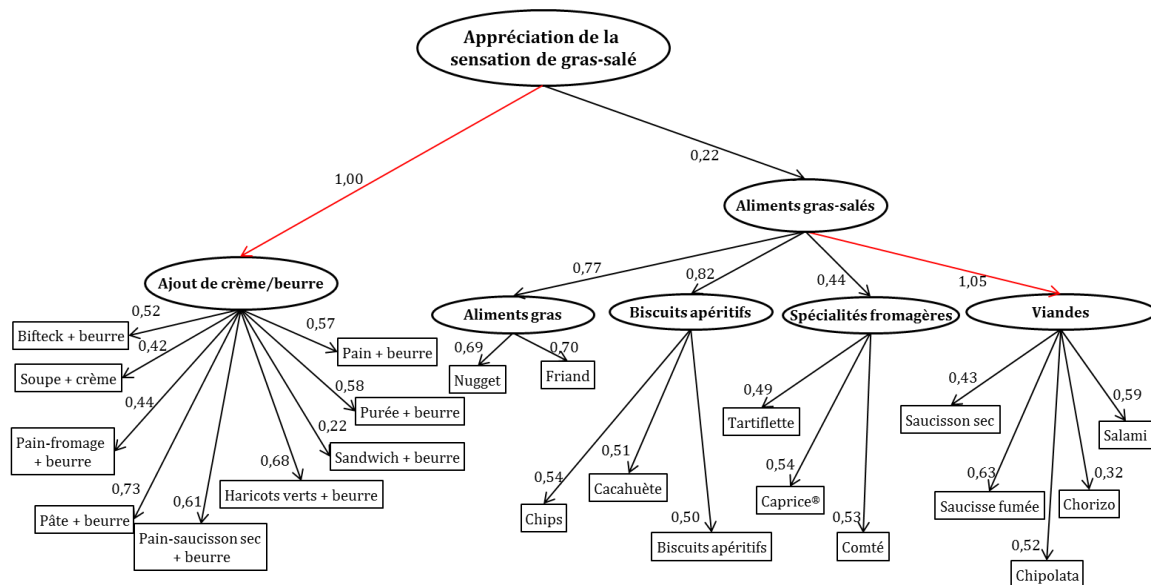
Les valeurs présentées à côté des flèches correspondent aux loadings. Les loadings avec une variance négative sont indiqués en rouge et les loadings non significatifs ($p < 0,05$) sont indiqués en pointillé.

Annexe 17. Distributions des *loadings* estimés par *bootstrap* de l'analyse factorielle confirmatoire pour l'appréciation de la saveur sucrée chez les enfants.



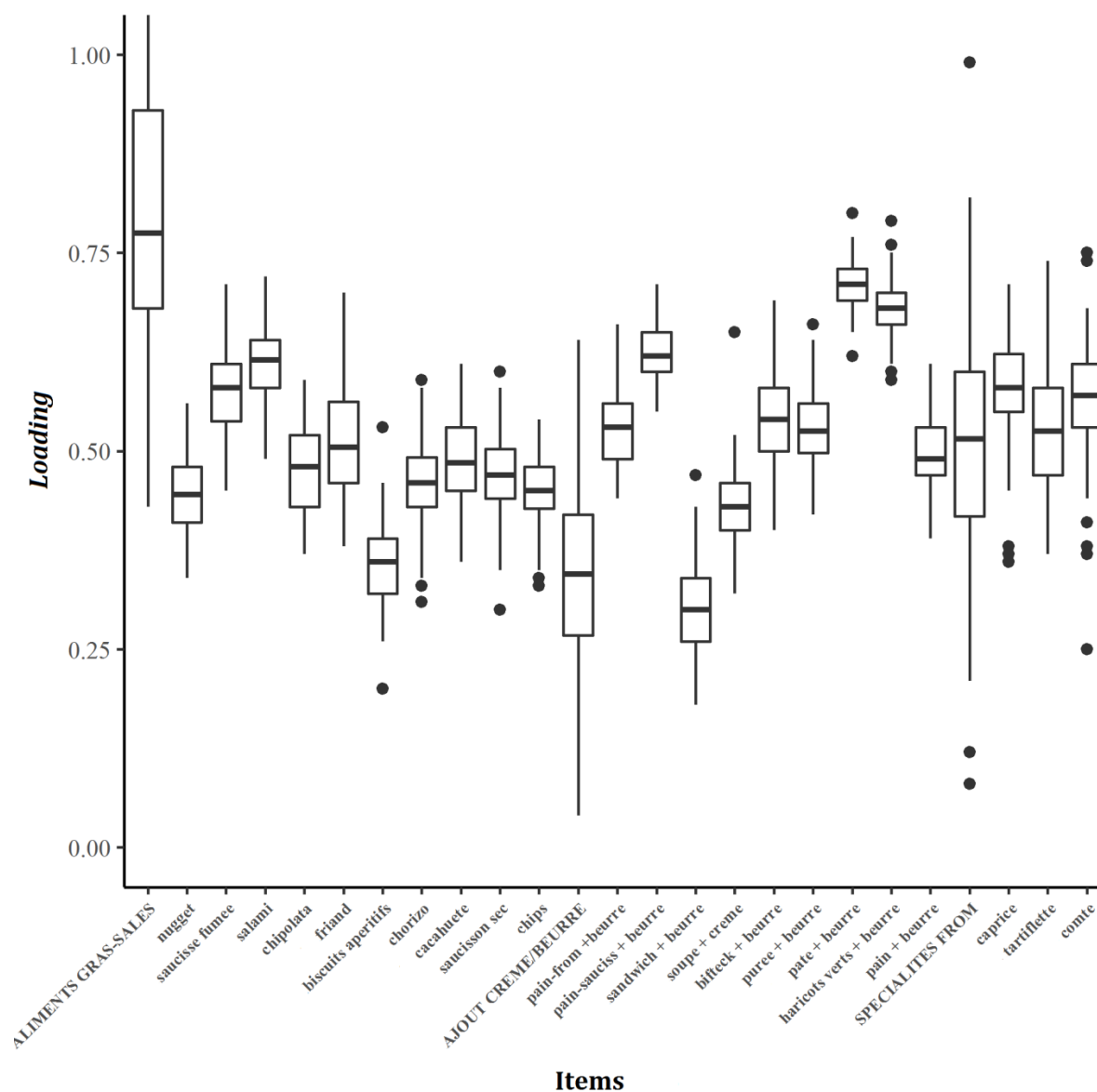
Les valeurs sont présentées sous forme de box-plots où les lignes horizontales indiquent le 25^{ème}, 50^{ème} (i.e., médiane), et 75^{ème} percentiles. Les lignes verticales et leurs longueurs représentent les valeurs pivots situées de part et d'autre de la boîte, à une distance valant 1,5 fois l'écart interquartile. Les points au-delà des lignes verticales représentent les valeurs extrêmes.

Annexe 18. Structure factorielle identifiée chez les adultes pour l'appréciation de la sensation de gras-salé appliquée aux données des enfants (n = 251).



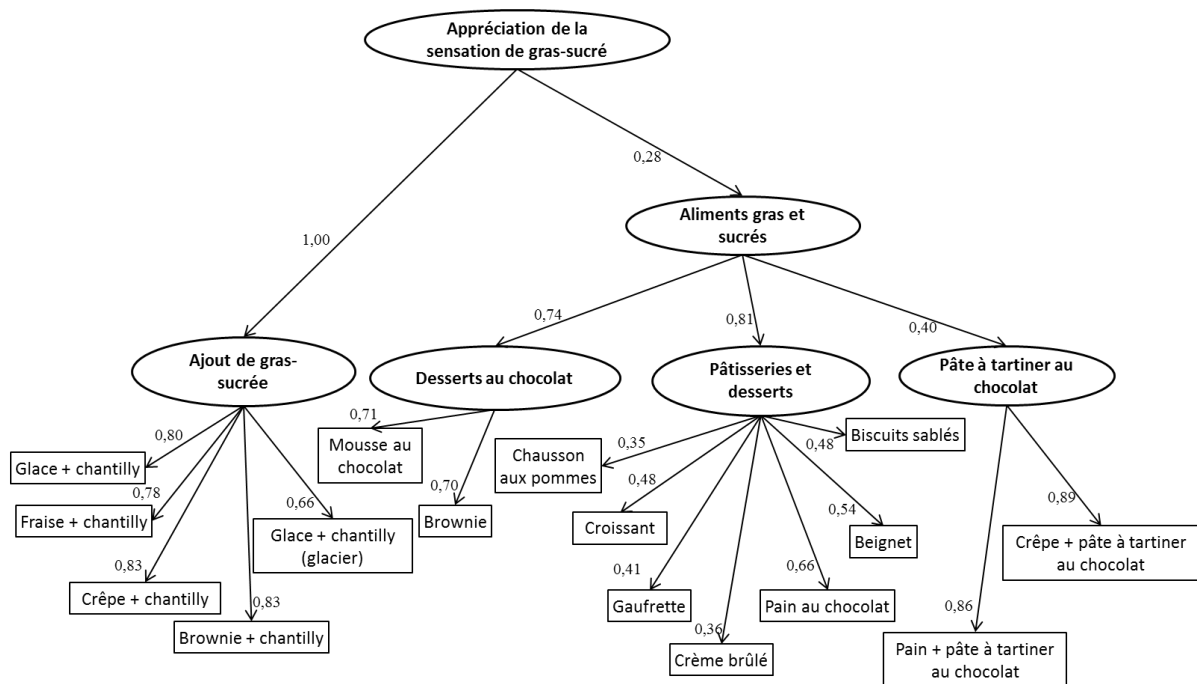
Les valeurs présentées à côté des flèches correspondent aux loadings. En rouge, les loadings avec une variance négative.

Annexe 19. Distributions des *loadings* estimés par *bootstrap* de l'analyse factorielle confirmatoire pour l'appréciation de la sensation de gras-salé.



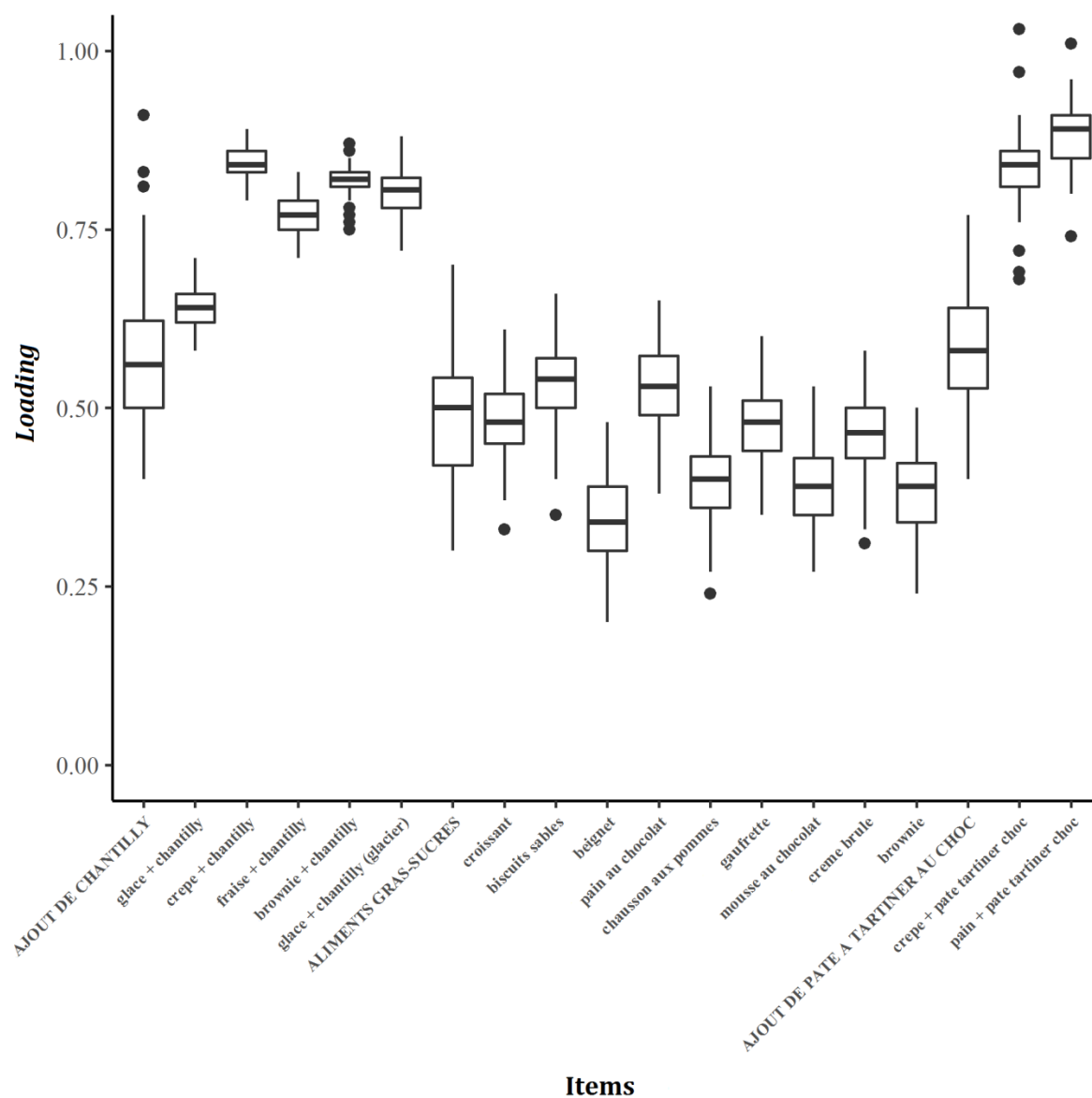
Les valeurs sont présentées sous forme de box-plots où les lignes horizontales indiquent le 25^{ème}, 50^{ème} (i.e., médiane), et 75^{ème} percentiles. Les lignes verticales et leurs longueurs représentent les valeurs pivots situées de part et d'autre de la boîte, à une distance valant 1,5 fois l'écart interquartile. Les points au-delà des lignes verticales représentent les valeurs extrêmes.

Annexe 20. Structure factorielle identifiée chez les adultes pour l'appréciation de la sensation de gras-sucré appliquée aux données des enfants (n = 251).



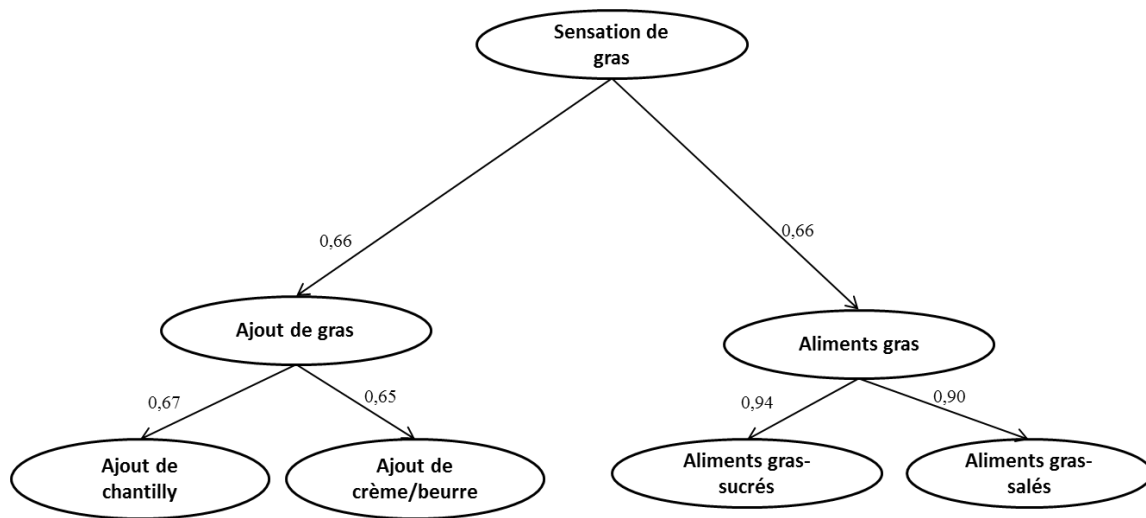
Les valeurs présentées à côté des flèches correspondent aux loadings.

Annexe 21. Distributions des *loadings* estimés par *bootstrap* de l'analyse factorielle confirmatoire pour l'appréciation de la sensation de gras-sucré chez les enfants.



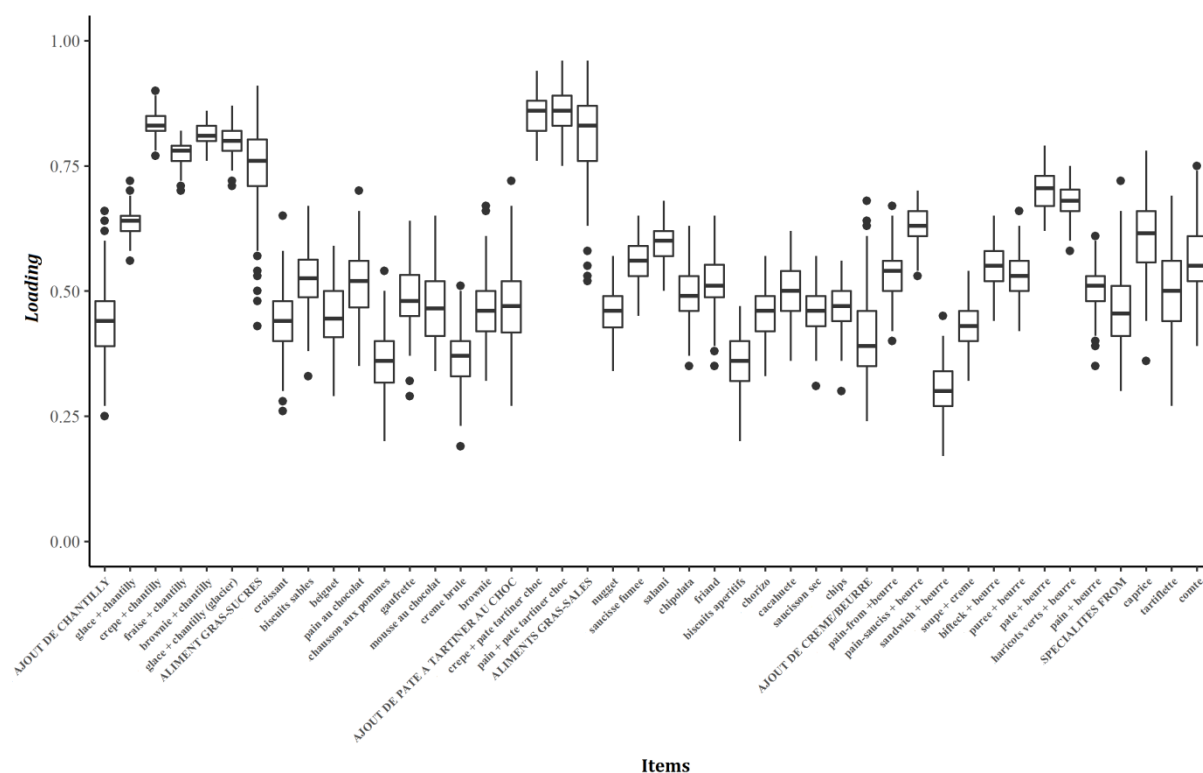
Les valeurs sont présentées sous forme de box-plots où les lignes horizontales indiquent le 25^{ème}, 50^{ème} (i.e., médiane), et 75^{ème} percentiles. Les lignes verticales et leurs longueurs représentent les valeurs pivots situées de part et d'autre de la boîte, à une distance valant 1,5 fois l'écart interquartile. Les points au-delà des lignes verticales représentent les valeurs extrêmes.

Annexe 22. Structure factorielle identifiée chez les adultes de l'appréciation de la sensation de gras appliquée aux données des enfants (n = 251).



Les valeurs présentées à côté des flèches correspondent aux loadings.

Annexe 23. Distributions des *loadings* estimés par *bootstrap* de l'analyse factorielle confirmatoire pour l'appréciation de la sensation de gras.



Les valeurs sont présentées sous forme de box-plots où les lignes horizontales indiquent le 25^{ème}, 50^{ème} (i.e., médiane), et 75^{ème} percentiles. Les lignes verticales et leurs longueurs représentent les valeurs pivots situées de part et d'autre de la boîte, à une distance valant 1,5 fois l'écart interquartile. Les points au-delà des lignes verticales représentent les valeurs extrêmes.

RESULTATS COMPLEMENTAIRES DU CHAPITRE 3

Annexe 24. Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.

	Modèle effet total de l'apport en glucides sur l'appréciation de la saveur sucrée ¹	Modèle effet total de la consommation de sucres ajoutés sur l'appréciation de la saveur sucrée ¹	Modèle effet direct de l'apport en glucides et de la consommation de sucres ajoutés sur l'appréciation de la saveur sucrée ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 8 mois	n = 429	n = 429	n = 616
Poitiers	-0,0 [-0,3 ; 0,3]	0,0 [-0,3 ; 0,3]	0,0 [-0,2 ; 0,2]
Caractéristiques de l'enfant			
Garçon	0,2 [-0,1 ; 0,5]	0,2 [-0,1 ; 0,5]	0,3 [0,1 ; 0,5]
Age gestationnel (SA)	-0,1 [-0,2 ; 0,01]	-0,1 [-0,2 ; 0,04]	-0,0 [-0,1 ; 0,1]
Poids de naissance (kg)	0,3 [-0,03 ; 0,7]	0,3 [-0,02 ; 0,7]	0,2 [-0,1 ; 0,5]
Caractéristiques de la mère			
Age à l'accouchement (années)	0,0 [-0,04 ; 0,03]	0,0 [-0,04 ; 0,03]	-0,0 [-0,04 ; 0,02]
IMC mère avant la grossesse	<i>p = 0,69</i>	<i>p = 0,68</i>	<i>p = 0,50</i>
<18,5 kg/m ²	0,1 [-0,4 ; 0,6]	0,1 [-0,4 ; 0,6]	0,3 [-0,1 ; 0,7]
[18,5-24,9] kg/m ²	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
[25,0-29,9] kg/m ²	-0,0 [-0,4 ; 0,4]	-0,0 [-0,4 ; 0,4]	0,0 [-0,3 ; 0,3]
≥ 30,0 kg/m ²	-0,3 [-0,8 ; 0,2]	-0,3 [-0,8 ; 0,2]	-0,2 [-0,6 ; 0,3]
Niveau d'études	<i>p = 0,28</i>	<i>p = 0,28</i>	<i>p = 0,48</i>
< Baccalauréat	0,2 [-0,2 ; 0,7]	0,2 [-0,2 ; 0,7]	0,2 [-0,2 ; 0,5]
Baccalauréat	-0,0 [-0,5 ; 0,4]	-0,0 [-0,5 ; 0,4]	-0,1 [-0,5 ; 0,2]
2 années post-baccalauréat	-0,2 [-0,5 ; 0,1]	-0,2 [-0,5 ; 0,1]	-0,1 [-0,4 ; 0,2]
> 2 années post-baccalauréat	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Revenus mensuels du ménage	<i>p = 0,08</i>	<i>p = 0,08</i>	<i>p = 0,31</i>
< 1 501 €/mois	-0,4 [-1,0 ; 0,2]	-0,4 [-1,0 ; 0,2]	-0,1 [-0,5 ; 0,4]
[1 501-2 300] €/mois	-0,4 [-0,8 ; -0,01]	-0,4 [-0,8 ; -0,01]	-0,1 [-0,5 ; 0,2]
[2 301-3 000] €/mois	-0,4 [-0,8 ; -0,1]	-0,4 [-0,8 ; -0,1]	-0,3 [-0,5 ; 0,02]
> 3 000 €/mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Primipare			
Oui	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Non	-0,4 [-0,7 ; -0,1]	-0,4 [-0,7 ; -0,1]	-0,2 [-0,5 ; 0,02]
Tabagisme maternel pendant la grossesse			
Non-fumeuse	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	
Fumeuse	-0,0 [-0,4 ; 0,3]	-0,0 [-0,4 ; 0,3]	
Profil d'alimentation maternelle pendant la grossesse (scores d'ACP)			
Sain	-0,0 [-0,2 ; 0,1]	-0,0 [-0,2 ; 0,1]	
Occidental	0,1 [-0,1 ; 0,2]	0,1 [-0,1 ; 0,2]	
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	n = 442	n = 442	n = 610
Poitiers	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,0 [-0,2 ; 0,2]
Caractéristiques de l'enfant			
Garçon	0,2 [-0,1 ; 0,5]	0,2 [-0,04 ; 0,5]	0,3 [0,1 ; 0,5]
Age gestationnel (SA)	-0,1 [-0,2 ; 0,04]	-0,1 [-0,2 ; 0,04]	-0,0 [-0,1 ; 0,04]
Poids de naissance (kg)	0,3 [-0,04 ; 0,7]	0,3 [-0,04 ; 0,7]	0,2 [-0,04 ; 0,5]
Caractéristiques de la mère			
Age à l'accouchement (années)	-0,0 [-0,1 ; 0,02]	-0,0 [-0,1 ; 0,02]	-0,0 [-0,1 ; 0,01]
IMC mère avant la grossesse	<i>p = 0,35</i>	<i>p = 0,34</i>	<i>p = 0,58</i>
<18,5 kg/m ²	0,1 [-0,4 ; 0,6]	0,1 [-0,4 ; 0,6]	0,2 [-0,3 ; 0,6]
[18,5-24,9] kg/m ²	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
[25,0-29,9] kg/m ²	-0,2 [-0,5 ; 0,2]	-0,2 [-0,5 ; 0,2]	-0,1 [-0,4 ; 0,2]
≥ 30,0 kg/m ²	-0,4 [-0,9 ; 0,1]	-0,4 [-0,9 ; 0,1]	-0,2 [-0,7 ; 0,2]

Annexe 24 (suite). Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la saveur sucrée entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.

	Modèle effet total de l'apport en glucides sur l'appréciation de la saveur sucrée ¹	Modèle effet total de la consommation de sucres ajoutés sur l'appréciation de la saveur sucrée ¹	Modèle effet direct de l'apport en glucides et de la consommation de sucres ajoutés sur l'appréciation de la saveur sucrée ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	n = 442	n = 442	n = 610
Caractéristiques de la mère			
Niveau d'études	<i>p</i> = 0,11	<i>p</i> = 0,10	<i>p</i> = 0,19
< Baccalauréat	0,1 [-0,4 ; 0,6]	0,1 [-0,4 ; 0,6]	0,1 [-0,3 ; 0,4]
Baccalauréat	-0,1 [-0,5 ; 0,3]	-0,1 [-0,5 ; 0,3]	-0,1 [-0,5 ; 0,2]
2 années post-baccalauréat	-0,3 [-0,7 ; -0,02]	-0,4 [-0,7 ; -0,03]	-0,3 [-0,5 ; 0,01]
> 2 années post-baccalauréat	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Revenus mensuels du ménage	<i>p</i> = 0,25	<i>p</i> = 0,26	<i>p</i> = 0,17
< 1 501 €/mois	-0,2 [-0,7 ; 0,4]	-0,2 [-0,7 ; 0,4]	-0,0 [-0,5 ; 0,5]
[1 501-2 300] €/mois	-0,3 [-0,6 ; 0,1]	-0,3 [-0,6 ; 0,1]	-0,1 [-0,5 ; 0,2]
[2 301-3 000] €/mois	-0,3 [-0,7 ; 0,01]	-0,3 [-0,6 ; 0,01]	-0,3 [-0,6 ; -0,02]
> 3 000 €/mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Primipare			
Oui	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Non	-0,3 [-0,5 ; 0,04]	-0,3 [-0,5 ; 0,04]	-0,2 [-0,4 ; 0,1]
Tabagisme maternel pendant la grossesse			
Non-fumeuse	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	
Fumeuse	-0,1 [-0,4 ; 0,3]	-0,1 [-0,4 ; 0,3]	
Profil d'alimentation maternelle pendant la grossesse (scores d'ACP)			
Sain	0,0 [-0,1 ; 0,2]	0,0 [-0,1 ; 0,2]	
Occidentale	-0,0 [-0,2 ; 0,1]	-0,0 [-0,2 ; 0,1]	

Annexe 25. Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.

	Modèle effet total de l'apport en lipides sur l'appréciation de la sensation de gras ¹	Modèle effet total du fait d'être consommateur de MG ajoutées sur l'appréciation de la sensation de gras ¹	Modèle effet direct de l'apport en lipides et du fait d'être consommateur de MG ajoutées sur l'appréciation de la sensation de gras ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 8 mois	(n = 429)	(n = 429)	(n = 616)
Poitiers	-0,0 [-0,3 ; 0,2]	-0,0 [-0,3 ; 0,2]	-0,0 [-0,3 ; 0,1]
Caractéristiques de l'enfant			
Garçon	-0,0 [-0,3 ; 0,2]	0,0 [-0,2 ; 0,2]	0,2 [-0,02 ; 0,4]
Age gestationnel (SA)	-0,0 [-0,1 ; 0,1]	-0,0 [-0,1 ; 0,1]	0,0 [-0,1 ; 0,1]
Poids de naissance (kg)	0,1 [-0,3 ; 0,4]	0,1 [-0,3 ; 0,4]	0,0 [-0,2 ; 0,3]
Caractéristiques de la mère			
Age à l'accouchement (années)	-0,0 [-0,1 ; -0,01]	-0,0 [-0,1 ; -0,01]	-0,0 [-0,1 ; -0,01]
IMC avant la grossesse	<i>p</i> = 0,88	<i>p</i> = 0,88	<i>p</i> = 0,37
<18,5 kg/m ²	-0,1 [-0,5 ; 0,4]	-0,1 [-0,5 ; 0,4]	0,0 [-0,4 ; 0,4]
[18,5-24,9] kg/m ²	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
[25,0-29,9] kg/m ²	0,1 [-0,2 ; 0,4]	0,1 [-0,2 ; 0,4]	0,2 [-0,04 ; 0,5]
≥ 30,0 kg/m ²	0,1 [-0,4 ; 0,5]	0,1 [-0,4 ; 0,5]	0,2 [-0,2 ; 0,6]
Niveau d'études	<i>p</i> = 0,13	<i>p</i> = 0,14	<i>p</i> = 0,13
< Baccalauréat	0,3 [-0,1 ; 0,7]	0,3 [-0,1 ; 0,7]	0,3 [-0,01 ; 0,7]
Baccalauréat	-0,2 [-0,6 ; 0,2]	-0,2 [-0,6 ; 0,2]	0,0 [-0,3 ; 0,3]
2 années post-baccalauréat	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,1 [-0,3 ; 0,2]
> 2 années post-baccalauréat	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Revenus mensuels du ménage	<i>p</i> = 0,13	<i>p</i> = 0,12	<i>p</i> = 0,45
< 1 501 €/mois	-0,2 [-0,7 ; 0,3]	-0,2 [-0,8 ; 0,2]	0,1 [-0,4 ; 0,5]
[1 501-2 300] €/mois	-0,4 [-0,8 ; -0,1]	-0,4 [-0,8 ; -0,1]	-0,2 [-0,5 ; 0,1]
[2 301-3 000] €/mois	-0,2 [-0,5 ; 0,1]	-0,2 [-0,5 ; 0,1]	-0,0 [-0,3 ; 0,2]
> 3 000 €/mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Primipare			
Oui	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Non	-0,1 [-0,3 ; 0,2]	-0,1 [-0,3 ; 0,2]	0,0 [-0,2 ; 0,2]
Tabagisme maternel pendant la grossesse			
Non-fumeuse	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	
Fumeuse	-0,1 [-0,5 ; 0,2]	-0,1 [-0,5 ; 0,2]	
Profil d'alimentation maternelle pendant la grossesse (scores d'ACP)			
Sain	-0,1 [-0,2 ; 0,1]	-0,1 [-0,2 ; 0,1]	
Occidentale	0,1 [-0,1 ; 0,2]	0,1 [-0,1 ; 0,2]	
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	(n = 442)	(n = 442)	(n = 610)
Poitiers	-0,0 [-0,3 ; 0,2]	-0,0 [-0,3 ; 0,2]	-0,1 [-0,3 ; 0,2]
Caractéristiques de l'enfant			
Garçon	0,03 [-0,2 ; 0,3]	0,0 [-0,2 ; 0,3]	0,1 [-0,1 ; 0,3]
Age gestationnel (SA)	0,0 [-0,1 ; 0,1]	0,0 [-0,1 ; 0,1]	0,0 [-0,1 ; 0,1]
Poids de naissance (kg)	0,0 [-0,3 ; 0,3]	0,0 [-0,3 ; 0,3]	-0,0 [-0,3 ; 0,2]
Caractéristiques de la mère			
Age à l'accouchement (années)	-0,0 [-0,1 ; 0,01]	-0,0 [-0,1 ; 0,01]	-0,0 [-0,1 ; -0,01]
IMC avant la grossesse	<i>p</i> = 0,99	<i>p</i> = 0,99	<i>p</i> = 0,57
<18,5 kg/m ²	0,0 [-0,4 ; 0,5]	0,04 [-0,4 ; 0,5]	-0,0 [-0,4 ; 0,4]
[18,5-24,9] kg/m ²	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
[25,0-29,9] kg/m ²	0,0 [-0,3 ; 0,3]	0,0 [-0,3 ; 0,3]	0,2 [-0,1 ; 0,5]
≥ 30,0 kg/m ²	0,1 [-0,4 ; 0,5]	0,1 [-0,4 ; 0,5]	0,1 [-0,3 ; 0,5]

Annexe 25 (suite). Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la sensation de gras entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN.

	Modèle effet total de l'apport en lipides sur l'appréciation de la sensation de gras ¹	Modèle effet total du fait d'être consommateur de MG ajoutées sur l'appréciation de la sensation de gras ¹	Modèle effet direct de l'apport en lipides et du fait d'être consommateur de MG ajoutées sur l'appréciation de la sensation de gras ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	(n = 429)	(n = 429)	(n = 616)
Caractéristiques de la mère			
Niveau d'études	<i>p</i> = 0,11	<i>p</i> = 0,11	<i>p</i> = 0,02
< Baccalauréat	0,2 [-0,3 ; 0,5]	0,2 [-0,3 ; 0,6]	0,3 [-0,1 ; 0,6]
Baccalauréat	-0,2 [-0,6 ; 0,2]	-0,2 [-0,6 ; 0,2]	-0,0 [-0,3 ; 0,3]
2 années post-baccalauréat	-0,3 [-0,6 ; 0,01]	-0,3 [-0,6 ; 0,01]	-0,3 [-0,5 ; -0,02]
> 2 années post-baccalauréat	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Revenus mensuels du ménage	<i>p</i> = 0,23	<i>p</i> = 0,22	<i>p</i> = 0,61
< 1 501 €/mois	-0,2 [-0,8 ; 0,3]	-0,2 [-0,8 ; 0,3]	-0,0 [-0,5 ; 0,4]
[1 501-2 300] €/mois	-0,4 [-0,7 ; -0,02]	-0,4 [-0,7 ; -0,02]	-0,2 [-0,5 ; 0,1]
[2 301-3 000] €/mois	-0,2 [-0,5 ; 0,1]	-0,2 [-0,5 ; 0,1]	-0,0 [-0,3 ; 0,2]
> 3 000 €/mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Primipare			
Oui	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Non	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,1 [-0,4 ; 0,2]	-0,1 [-0,3 ; 0,2]
Tabagisme maternel pendant la grossesse			
Non-fumeuse	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	
Fumeuse	-0,2 [-0,5 ; 0,2]	-0,2 [-0,5 ; 0,2]	
Profil d'alimentation maternelle pendant la grossesse (scores d'ACP)			
Sain	-0,1 [-0,2 ; 0,1]	-0,1 [-0,2 ; 0,1]	
Occidental	0,1 [-0,03 ; 0,2]	0,1 [-0,03 ; 0,2]	

Annexe 26. Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans (modèles incluant l'exposition nutritionnelle au sucre).

	Modèle effet total de l'apport en glucides sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet total du fait d'être consommateur de sucres ajoutés sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet direct de l'apport en glucides et du fait d'être consommateur sucres ajoutés sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 8 mois	(n = 429)	(n = 429)	(n = 616)
Poitiers	-0,1 [-0,5 ; 0,3]	-0,1 [-0,4 ; 0,3]	-0,1 [-0,4 ; 0,2]
Caractéristiques de l'enfant			
Garçon	-0,1 [-0,4 ; 0,3]	-0,1 [-0,4 ; 0,3]	0,2 [-0,1 ; 0,5]
Age gestationnel (SA)	-0,1 [-0,2 ; 0,1]	-0,1 [-0,2 ; 0,1]	-0,0 [-0,1 ; 0,1]
Poids de naissance (kg)	0,2 [-0,3 ; 0,6]	0,2 [-0,3 ; 0,6]	0,1 [-0,3 ; 0,5]
Caractéristiques de la mère			
Age à l'accouchement (années)	-0,1 [-0,1 ; -0,02]	-0,1 [-0,1 ; -0,02]	-0,1 [-0,1 ; -0,02]
IMC avant la grossesse	<i>p</i> = 0,74	<i>p</i> = 0,72	<i>p</i> = 0,23
<18,5 kg/m ²	-0,3 [-1,0 ; 0,3]	-0,3 [-1,0 ; 0,3]	-0,3 [-0,8 ; 0,3]
[18,5-24,9] kg/m ²	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
[25,0-29,9] kg/m ²	0,1 [-0,4 ; 0,5]	0,1 [-0,4 ; 0,5]	0,3 [-0,1 ; 0,7]
≥ 30,0 kg/m ²	0,0 [-0,7 ; 0,7]	0 [-0,7 ; 0,7]	0,2 [-0,3 ; 0,8]
Niveau d'études	<i>p</i> = 0,04	<i>p</i> = 0,04	<i>p</i> = 0,02
< Baccalauréat	0,6 [0,0 ; 1,2]	0,6 [0 ; 1,2]	0,6 [0,1 ; 1,1]
Baccalauréat	0,1 [-0,5 ; 0,6]	0,0 [-0,5 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,7]
2 années post-baccalauréat	-0,3 [-0,7 ; 0,1]	-0,3 [-0,7 ; 0,1]	-0,2 [-0,5 ; 0,2]
> 2 années post-baccalauréat	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Revenus mensuels du ménage	<i>p</i> = 0,15	<i>p</i> = 0,16	<i>p</i> = 0,80
< 1 501 €/mois	-0,7 [-1,4 ; 0,04]	-0,7 [-1,4 ; 0,03]	-0,2 [-0,8 ; 0,5]
[1 501-2 300] €/mois	-0,5 [-1,0 ; -0,02]	-0,5 [-1,0 ; -0,01]	-0,2 [-0,6 ; 0,2]
[2 301-3 000] €/mois	-0,3 [-0,7 ; 0,2]	-0,3 [-0,7 ; 0,2]	-0,1 [-0,4 ; 0,3]
> 3 000 €/mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Primipare			
Oui	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Non	-0,1 [-0,3 ; 0,2]	-0,1 [-0,3 ; 0,2]	0,0 [-0,2 ; 0,2]
Tabagisme maternel pendant la grossesse			
Non-fumeuse	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Fumeuse	-0,1 [-0,5 ; 0,2]	-0,1 [-0,5 ; 0,2]	
Profil d'alimentation maternelle pendant la grossesse (scores d'ACP)			
Sain	-0,1 [-0,2 ; 0,1]	-0,1 [-0,2 ; 0,1]	
Occidental	0,1 [-0,1 ; 0,2]	0,1 [-0,1 ; 0,2]	
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	(n = 442)	(n = 442)	(n = 610)
Poitiers	-0,1 [-0,5 ; 0,2]	-0,1 [-0,5 ; 0,2]	-0,2 [-0,5 ; 0,1]
Caractéristiques de l'enfant			
Garçon	-0,0 [-0,3 ; 0,3]	0,0 [-0,3 ; 0,3]	0,2 [-0,1 ; 0,5]
Age gestationnel (SA)	-0,0 [-0,2 ; 0,1]	-0,0 [-0,2 ; 0,1]	-0,0 [-0,1 ; 0,1]
Poids de naissance (kg)	0,0 [-0,4 ; 0,5]	0,0 [-0,4 ; 0,5]	0,1 [-0,3 ; 0,5]
Caractéristiques de la mère			
Age à l'accouchement (années)	-0,1 [-0,1 ; 0,0]	-0,1 [-0,1 ; 0,0]	-0,1 [-0,1 ; -0,02]
IMC mère avant la grossesse	<i>p</i> = 0,94	<i>p</i> = 0,94	<i>p</i> = 0,43
<18,5 kg/m ²	-0,2 [-0,8 ; 0,4]	-0,2 [-0,8 ; 0,4]	-0,2 [-0,8 ; 0,3]
[18,5-24,9] kg/m ²	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
[25,0-29,9] kg/m ²	-0,0 [-0,5 ; 0,4]	-0,1 [-0,5 ; 0,4]	0,2 [-0,1 ; 0,6]
≥ 30,0 kg/m ²	-0,1 [-0,7 ; 0,6]	-0,1 [-0,7 ; 0,6]	0,1 [-0,5 ; 0,7]

Annexe 26 (suite). Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN (modèles incluant l'exposition nutritionnelle au sucre).

	Modèle effet total de l'apport en glucides sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet total du fait d'être consommateur de sucres ajoutés sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet direct de l'apport en glucides et du fait d'être consommateur sucres ajoutés sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	(n = 442)	(n = 442)	(n = 610)
Niveau d'études	<i>p</i> = 0,04	<i>p</i> = 0,03	<i>p</i> = 0,002
< Baccalauréat	0,4 [-0,2 ; 1,0]	0,4 [-0,2 ; 1,0]	0,5 [0,02 ; 1,0]
Baccalauréat	0,1 [-0,5 ; 0,6]	0,1 [-0,5 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,7]
2 années post-baccalauréat	-0,4 [-0,8 ; -0,02]	-0,4 [-0,8 ; -0,03]	-0,4 [-0,7 ; -0,04]
> 2 années post-baccalauréat	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Revenus mensuels du ménage	<i>p</i> = 0,34	<i>p</i> = 0,35	<i>p</i> = 0,85
< 1 501 €/mois	-0,6 [-1,3 ; 0,2]	-0,6 [-1,3 ; 0,2]	-0,2 [-0,9 ; 0,4]
[1 501-2 300] €/mois	-0,4 [-0,9 ; 0,1]	-0,4 [-0,9 ; 0,1]	-0,2 [-0,6 ; 0,2]
[2 301-3 000] €/mois	-0,3 [-0,7 ; 0,2]	-0,2 [-0,7 ; 0,2]	-0,1 [-0,4 ; 0,3]
> 3 000 €/mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Primipare			
Oui	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Non	0,1 [-0,3 ; 0,4]	0,1 [-0,3 ; 0,4]	0,1 [-0,2 ; 0,4]
Tabagisme maternel pendant la grossesse			
Non-fumeuse	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	
Fumeuse	-0,2 [-0,6 ; 0,3]	-0,2 [-0,6 ; 0,3]	
Profil d'alimentation maternelle pendant la grossesse (scores d'ACP)			
Sain	-0,1 [-0,3 ; 0,1]	-0,1 [-0,3 ; 0,1]	
Occidental	0,1 [-0,1 ; 0,3]	0,1 [-0,1 ; 0,3]	

Annexe 27. Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans, dans l'étude EDEN (modèles incluant l'exposition nutritionnelle au gras).

	Modèle effet total de l'apport en lipides sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet total du fait d'être consommateur de MG ajoutées sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet direct de l'apport en lipides et du fait d'être consommateur MG ajoutés sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 8 mois	(n = 429)	(n = 429)	(n = 616)
Poitiers	-0,1 [-0,5 ; 0,3]	-0,1 [-0,4 ; 0,3]	-0,1 [-0,4 ; 0,2]
Caractéristiques de l'enfant			
Garçon	-0,1 [-0,4 ; 0,3]	-0,1 [-0,4 ; 0,3]	0,2 [-0,1 ; 0,5]
Age gestationnel (SA)	-0,0 [-0,2 ; 0,1]	-0,1 [-0,2 ; 0,1]	-0,0 [-0,1 ; 0,1]
Poids de naissance (kg)	0,2 [-0,3 ; 0,6]	0,2 [-0,3 ; 0,6]	0,1 [-0,3 ; 0,5]
Caractéristiques de la mère			
Age à l'accouchement (années)	-0,1 [-0,1 ; -0,0]	-0,1 [-0,1 ; -0,02]	-0,1 [-0,1 ; -0,02]
IMC avant la grossesse	<i>p</i> = 0,74	<i>p</i> = 0,72	<i>p</i> = 0,23
<18,5 kg/m ²	-0,3 [-1,0 ; 0,3]	-0,3 [-1,0 ; 0,3]	-0,3 [-0,8 ; 0,3]
[18,5-24,9] kg/m ²	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
[25,0-29,9] kg/m ²	0,1 [-0,4 ; 0,5]	0,1 [-0,4 ; 0,5]	0,3 [-0,1 ; 0,7]
≥ 30,0 kg/m ²	0,0 [-0,7 ; 0,7]	0,0 [-0,7 ; 0,7]	0,2 [-0,3 ; 0,8]
Niveau d'études	<i>p</i> = 0,04	<i>p</i> = 0,04	<i>p</i> = 0,02
< Baccalauréat	0,6 [0,0 ; 1,2]	0,6 [0 ; 1,2]	0,6 [0,1 ; 1,1]
Baccalauréat	0,1 [-0,5 ; 0,6]	0,0 [-0,5 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,7]
2 années post-baccalauréat	-0,3 [-0,7 ; 0,1]	-0,3 [-0,7 ; 0,1]	-0,2 [-0,5 ; 0,2]
> 2 années post-baccalauréat	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Revenus mensuels du ménage	<i>p</i> = 0,15	<i>p</i> = 0,16	<i>p</i> = 0,80
< 1 501 €/mois	-0,7 [-1,4 ; 0,04]	-0,7 [-1,4 ; 0,03]	-0,2 [-0,8 ; 0,5]
[1 501-2 300] €/mois	-0,5 [-1,0 ; -0,02]	-0,5 [-1,0 ; -0,01]	-0,2 [-0,6 ; 0,2]
[2 301-3 000] €/mois	-0,3 [-0,7 ; 0,2]	-0,3 [-0,7 ; 0,2]	-0,1 [-0,4 ; 0,3]
> 3 000 €/mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Primipare			
Oui	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Non	0,1 [-0,2 ; 0,5]	0,2 [-0,2 ; 0,5]	0,2 [-0,1 ; 0,5]
Tabagisme maternel pendant la grossesse			
Non-fumeuse	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	
Fumeuse	-0,1 [-0,5 ; 0,4]	-0,1 [-0,5 ; 0,4]	
Profil d'alimentation maternelle pendant la grossesse (scores d'ACP)			
Sain	-0,1 [-0,3 ; 0,1]	-0,1 [-0,3 ; 0,1]	
Occidental	0,1 [-0,1 ; 0,3]	0,1 [-0,2 ; 0,2]	
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	(n = 442)	(n = 442)	(n = 610)
Poitiers	-0,1 [-0,5 ; 0,2]	-0,1 [-0,5 ; 0,2]	-0,2 [-0,5 ; 0,1]
Caractéristiques de l'enfant			
Garçon	-0,0 [-0,3 ; 0,3]	0,0 [-0,3 ; 0,3]	0,2 [-0,1 ; 0,5]
Age gestationnel (SA)	-0,0 [-0,2 ; 0,1]	-0,0 [-0,2 ; 0,1]	-0,0 [-0,1 ; 0,1]
Poids de naissance (kg)	0,0 [-0,4 ; 0,5]	0,0 [-0,4 ; 0,5]	0,1 [-0,3 ; 0,5]
Caractéristiques de la mère			
Age à l'accouchement (années)	-0,1 [-0,1 ; 0,0]	-0,1 [-0,1 ; 0,0]	-0,1 [-0,1 ; -0,02]
IMC mère avant la grossesse	<i>p</i> = 0,94	<i>p</i> = 0,94	<i>p</i> = 0,43
<18,5 kg/m ²	-0,2 [-0,8 ; 0,4]	-0,2 [-0,8 ; 0,4]	-0,2 [-0,8 ; 0,3]
[18,5-24,9] kg/m ²	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
[25,0-29,9] kg/m ²	-0,0 [-0,5 ; 0,4]	-0,1 [-0,5 ; 0,4]	0,2 [-0,1 ; 0,6]
≥ 30,0 kg/m ²	-0,1 [-0,7 ; 0,6]	-0,1 [-0,7 ; 0,6]	0,1 [-0,5 ; 0,7]

Annexe 27 (suite). Liens (β [IC 95%]) entre les caractéristiques de l'enfant et de la mère et l'appréciation de la sensation de gras-sucré entre neuf et 12 ans (modèles incluant l'exposition nutritionnelle au gras).

	Modèle effet total de l'apport en lipides sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet total du fait d'être consommateur de MG ajoutées sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ¹	Modèle effet direct de l'apport en lipides et du fait d'être consommateur de MG ajoutées sur l'appréciation de la sensation de gras-sucré ²
Modèle avec l'exposition alimentaire mesurée à 12 mois	(n = 442)	(n = 442)	(n = 610)
Caractéristiques de la mère			
Niveau d'études	<i>p</i> = 0,04	<i>p</i> = 0,05	<i>p</i> = 0,02
< Baccalauréat	0,6 [0,01 ; 1,2]	0,6 [0,01 ; 1,2]	0,6 [0,1 ; 1,1]
Baccalauréat	0,1 [-0,5 ; 0,6]	0,1 [-0,5 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,7]
2 années post-baccalauréat	-0,3 [-0,7 ; 0,2]	-0,3 [-0,7 ; 0,2]	-0,2 [-0,5 ; 0,2]
> 2 années post-baccalauréat	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Revenus mensuels du ménage	<i>p</i> = 0,19	<i>p</i> = 0,17	<i>p</i> = 0,75
< 1 501 €/mois	-0,7 [-1,4 ; 0,1]	-0,7 [-1,4 ; 0,1]	-0,2 [-0,8 ; 0,4]
[1 501-2 300] €/mois	-0,51 [-1,0 ; 0,0]	-0,5 [-1,0 ; -0,01]	-0,2 [-0,6 ; 0,2]
[2 301-3 000] €/mois	-0,3 [-0,7 ; 0,2]	-0,3 [-0,7 ; 0,2]	-0,0 [-0,4 ; 0,3]
> 3 000 €/mois	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Primipare			
Oui	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]
Non	0,2 [-0,2 ; 0,6]	0,2 [-0,2 ; 0,6]	0,2 [-0,1 ; 0,5]
Tabagisme maternel pendant la grossesse			
Non-fumeuse	0,0 [Ref]	0,0 [Ref]	
Fumeuse	-0,1 [-0,5 ; 0,4]	-0,1 [-0,5 ; 0,4]	
Profil d'alimentation maternelle pendant la grossesse (scores d'ACP)			
Sain	-0,1 [-0,3 ; 0,1]	-0,1 [-0,3 ; 0,1]	
Occidental	0,1 [-0,1 ; 0,3]	0,1 [-0,2 ; 0,2]	

MG : Matières grasses

ARTICLES ISSUS DE LA THESE

Annexe 28. Article 1 issu du Chapitre 2

**Infant Dietary Exposures to Sweetness and Fattiness Increase during the First Year of Life
and Are Associated with Feeding Practices.**

Yuan WL, Lange C, Schwartz C, Martin C, Chabanet C, de Lauzon-Guillain B, Nicklaus S.

Journal of Nutrition. 2016;146(11):2334-42.

Infant Dietary Exposures to Sweetness and Fattiness Increase during the First Year of Life and Are Associated with Feeding Practices^{1–3}

Wen Lun Yuan,⁴ Christine Lange,⁴ Camille Schwartz,⁴ Christophe Martin,⁴ Claire Chabanet,⁴ Blandine de Lauzon-Guillain,^{5,6} and Sophie Nicklaus^{4*}

⁴Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (Center on Taste and Feeding Behavior), CNRS, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté (National Center for Scientific Research, National Institute for Agricultural Research, Bourgogne-Franche-Comté University), Dijon, France; ⁵Inserm (National Institute of Health and Medical Research), UMR1153 (Mixed Research Unit 1153), Epidemiology and Biostatistics Sorbonne Paris Cité Center, Early ORigin of the Child's Health and Development Team (ORCHAD), Villejuif, France; and ⁶Paris-Descartes University, Paris, France

Abstract

Background: Taste is a strong determinant of food intake. Previous research has suggested that early taste exposures could influence preferences and later eating behavior, but little is known about the factors related to this.

Objectives: The aims of this study were to describe infants' exposure to sweetness and fattiness and to examine whether maternal and infant characteristics and feeding practices are related to these exposures in participants from the OPALINE (Observatoire des Préférences Alimentaires du Nourrisson et de l'Enfant (Observatory of Infant and Child Food Preferences)) cohort study.

Methods: Food consumption frequency was assessed with a 7-d food record completed monthly over the first year. Dietary taste exposure was defined by the consumption frequency of each food multiplied by the intensity of its taste, summed over all foods. The daily sweetness exposure (SweetExp) and fattiness exposure (FatExp) were calculated at 3–6, 7–9, and 10–12 mo of age for 268 infants from complementary feeding initiation (CFI) to 12 mo. Associations between taste exposure and potential factors were tested by multiple linear regressions.

Results: Both FatExp and SweetExp increased from 3–6 mo to 10–12 mo (mean $\pm$ SD: 7.5 ± 2.3 to 12.2 ± 2.5 and 6.8 ± 2.8 to 14.7 ± 4.1 , respectively). Breastfeeding duration ≥ 6 mo was associated with higher SweetExp at all ages, with a decreasing β [β (95% CI): 2.6 (1.8; 3.4) at 3–6 mo and 1.3 (0.1; 2.4) at 10–12 mo]. CFI at <6 mo was associated with higher SweetExp at all ages but with higher FatExp only at 3–6 mo. Higher SweetExp and FatExp were associated with a higher use of all complementary food types. Boys were more likely to be exposed to SweetExp at 10–12 mo and to FatExp at 3–6 mo and 10–12 mo than were girls. Maternal higher education attainment and return to work after 6 mo were linked with higher FatExp and higher FatExp and SweetExp, respectively.

Conclusion: SweetExp and FatExp increased from CFI until 12 mo and were associated with feeding practices in OPALINE infants. Studying early taste exposure longitudinally should provide new insights regarding the development of food preferences. *J Nutr* doi: 10.3945/jn.116.234005.

Keywords: sweetness, fattiness, sociodemographic characteristics, feeding practices, complementary feeding, longitudinal

Introduction

Both sweetness and fattiness contribute to the palatability of foods (1, 2). Here, fattiness refers to the multidimensional perception of fat in foods, including chemosensory properties

and texture (3–5). It is well described that, in humans, a sweet taste is liked at birth (6). In addition, some evidence suggests that school-aged children have higher optimal preferred sucrose concentrations than young adults (7). However, much less is known about the ontogeny of fattiness liking and preference (8).

¹ This project, including PhD fellowships for WLY, was supported by a grant from the "Diet impacts and determinants: interactions and transition" (Ditid) metaprogramme of INRA (National Institute of Agricultural Research) ("SweetLip-kid" project), the Regional Council of Burgundy France (PARI Agral 1 Integrated Project for Research and Innovation), and the European Funding for Regional Economic Development. The Observatory of Infant and Child Food Preferences study was supported by the Regional Council of Burgundy, Research Federative Institute no. 92, the French National Research Agency under the National Research Programme on Food and Nutrition (project ANR-06-PNRA-028, labelled by Vitagora), Blédina, Nestlé, Symrise, Cedus, and Valrhona.

² Author disclosures: WL Yuan, C Lange, C Schwartz, C Martin, C Chabanet, B de Lauzon-Guillain, and S Nicklaus, no conflicts of interest.

³ Supplemental Text 1 and Supplemental Methods 1 are available from the "Online Supporting Material" link in the online posting of the article and from the same link in the online table of contents at <http://jn.nutrition.org>.

*To whom correspondence should be addressed. E-mail: sophie.nicklaus@dijon.inra.fr.

Taste exposure during infancy might shape food preferences in childhood (9–11). Food preferences are one of the main drivers of food choices in children (12), and may track into adulthood (13). Previous research suggests that school-age children exhibit a clear preference for fatty foods (14, 15), but this preference may be lower than that of their mothers (16).

Variations in sweetness liking were shown to be related to early repeated exposures to sweetened foods (11, 17–19), and children's liking of fatty foods was shown to develop with exposure to these foods (16–18). However, whether variations in fattiness liking originate from exposure beginning in infancy has not been studied. Exposure to a taste in a food can be conceptualized in the 3 following dimensions: the frequency of consumption of the food, its perceived taste intensity, and the amount eaten. In previous studies, taste exposure essentially was defined according to the frequency dimension (11, 17–19). In the case of sweetness, previous studies have demonstrated that routine exposure to sweetness (through the consumption of sugar water) during infancy was associated with a higher intake of sucrose solutions at ages 6 mo (17) and 2 y (18) and, in the longer term, to a heightened liking for higher amounts of sucrose between 4 and 7 y of age (11) compared with individuals who did not receive routine exposure to sweetness. These findings suggest that exposure to sweetness may maintain or increase the innate liking for this taste. In contrast, experimental studies have shown that a preference for high-fat foods in children was mostly explained by the association between the fat taste and the energy brought by fat, i.e., by learning the consequences of fat ingestion (14, 19–21). Indeed, food ingestion leads to positive (well-being, satiety) or negative (nausea, vomiting) physiologic consequences. During the learning process, these consequences are unconsciously associated with the sensory properties of the ingested food, and this produces positive or negative changes in food liking (22). High-fat foods generate a positive feeling of satiety. Moreover, it has been suggested that fat exposure may lead to infants' learned appetite for high-fat foods, which is related to their high energy density (23). This hypothesis may underlie the observation that higher fat intake at 2 y of age was associated with lower adiposity measurements and leptin in adulthood (24). Thus, the consequences of exposure to fattiness need to be clarified.

The first necessary step toward a better understanding of the effect of early taste exposures on children's eating behavior at later ages is to identify the factors related to early taste exposure. A study conducted in the United States in 111 mothers and their infants showed that mothers who added sugar to their infant's water were more frequently African-American than white (11); another US study showed that the addition of sugar to infants' water was practiced more frequently by African-American and older mothers (25). However, the ethnic difference may be confounded by socioeconomic status (17). In a Swedish sample, mothers who introduced sweets or sweetened beverages at ≤ 8 mo of age or provided sweets and pastries frequently at 1 y of age were more likely to be younger, multiparous, and non-Swedish and to have a lower educational level and a higher BMI (26). Similar associations with age, parity, education, and BMI were found with a dietary pattern rich in savory snacks, confectioneries, and sweetened beverages, and with a less healthy transition diet (27–30). Mothers' feeding practices may also play a determining role in infant sweetness exposure (SweetExp)⁷ and fattiness exposure (FatExp). A longer exclusive breastfeeding duration was linked with a lower likelihood of the introduction

of sweets, sugar, and sweetened drinks at ≤ 8 mo of age (26). A later introduction to complementary feeding also was associated with a lower consumption of sweetened and fatty adult foods (28, 29). Different types of complementary foods (CFs) (ready-prepared adult or baby foods) may also contribute differently to fat and sugar intake (31). Furthermore, the infant's sex and birth weight were considered to be potential determining factors in the consumption of a Western-type dietary pattern: being a boy was related to a higher score, but no association was found with birth weight (29).

Most previous studies have focused on factors related to infant dietary pattern that were interpreted in terms of macro- or micronutrient intake, and the factors related to taste exposure have not been thoroughly investigated. Nevertheless, factors related to SweetExp during the first year of life have rarely been studied, and, to the best of our knowledge, factors related to FatExp have not been explored at all. Furthermore, to our knowledge, no longitudinal design study has ever assessed either dietary SweetExp or FatExp. Consequently, the objective of the present study was to describe for the first time infants' exposure to sweetness and fattiness from the initiation of complementary feeding to 12 mo. This study also aimed to investigate the extent to which maternal and infant characteristics, as well as feeding practices, were associated with these exposures. The period of interest was divided into 3 parts: around the beginning of the complementary feeding period (3–6 mo), after its initiation (7–9 mo), and at the start of the transition to the family table (10–12 mo) (27, 32–34). On the basis of previous evidence, several hypotheses were explored. First, as a result of the introduction of CFs, it was expected that the infant's exposure to sweetness and fattiness would increase across these periods. Second, factors previously associated with infant dietary patterns, such as maternal characteristics (age, education, parity, marital status, and BMI), feeding practices (breastfeeding duration, age at complementary feeding initiation, and type of CF provided) and infant characteristics (sex and birth weight), were hypothesized to be associated with varying levels of exposure to sweetness and fattiness (26–30).

Methods

Subjects. The subjects of this study were participants in the Observatoire des Préférences Alimentaires du Nourrisson et de l'Enfant (Observatory of Infant and Child Food Preferences) birth cohort. This cohort was recruited to understand the development of food preferences in the early years. Before their last trimester of pregnancy, 312 women were recruited between 2005 and 2009 with the use of leaflets and posters in health professionals' practices and in daycare centers in Dijon and surrounding cities. Parents under the legal majority age were excluded. Written consent was obtained from both parents of all infants at enrollment. The study was conducted according to the Declaration of Helsinki and was approved by the local ethical committee [Comité Consultatif de Protection des Personnes dans la Recherche Biomédicale de Bourgogne (Burgundy Advisory Committee for the Protection of Persons Participating in Biomedical Research)].

Infant and maternal characteristics. During their last trimester of pregnancy, the mothers were questioned on sociodemographic characteristics (age at delivery, education attainment, parity, and marital status) and health characteristics (prepregnancy height and weight and gestational diabetes) during face-to-face interviews with a trained investigator. After delivery, the mothers were asked to contact the investigators by telephone to provide information such as date of delivery, infant sex, gestational age, and birth weight and length. When the infants reached 12 mo of age, the mothers returned self-reported questionnaires that included information on their employment status in the first year.

⁷ Abbreviations used: CF, complementary foods; FatExp, fattiness exposure; SweetExp, sweetness exposure.

Feeding practices. During the first year of their child's life, the mothers were asked to complete a monthly 7-d food record, which included the following information: 1) the number and timing of each feeding with either breast milk or formula milk or CFs, and 2) major events in their infant's feeding habits (e.g., cessation of breastfeeding or initiation of complementary feeding) occurring in between the 2 monthly food diaries. They had to specify whether any ingredient was added to the foods (e.g., salt, sugar, spices, lemon juice, butter, or oil) and to describe the texture (e.g., drained, lumpy, or thick) and type (homemade food, ready-prepared baby food, ready-prepared adult food, and, if relevant, the brand). The amount eaten was not recorded. When the infant was sick for ≥ 1 wk, the mother delayed the food recording, whereas if the infant was only sick for 1 d, she maintained the food recording. The detailed method of recording was published previously (35). Information about a given food was first recorded with brand (e.g., Nestlé or Danone) and variety (e.g., red or green apples) and described as above [texture, type (e.g., table food, baby food, or infant formula), and added ingredients] (Supplemental Text 1). Foods were classified into 4 types: milk (including breast milk), homemade foods, ready-prepared adult foods, and ready-prepared baby foods. The proportion of each of these types was defined as the ratio of the frequency of consumed foods of a given type divided by the frequency of all consumed foods. To simplify further analyses, the information regarding brand, texture, variety, type, and added ingredients that had no sweet or fat taste (spices, herbs, salt, or others) was removed. Altogether, the infants received a total of 5398 different foods and 1219 milk-based beverages.

Moreover, when mothers decided to introduce foods other than milk regularly, they were asked to start completing a complementary feeding diary that described the types of new foods they fed their infants. They had to record each new food until the age of 15 mo. This information was used to calculate the age at the initiation of complementary feeding, which was defined as a series of 5 consecutive complementary feeding occasions with a delay of <3 d between feeding occasions (35). If the complementary feeding diary was incomplete ($n = 7$ cases), the age at the initiation of complementary feeding was defined as the age at the month before the first occurrence of CFs in the food diary. Information from food diaries and the complementary feeding diary was used to calculate (nonexclusive) breastfeeding duration, defined as the number of days between the date of cessation of any breastfeeding and the date of birth.

SweetExp and FatExp. We defined taste exposure through the entire diet as the cumulative frequency of all consumed foods and their taste intensity (36–38) within a period of interest (Supplemental Text 1).

First, we assigned to each food its intensity of sweetness and fattiness with the use of existing databases, one describing the taste intensity of baby foods (37) and the other describing the taste intensity of adult foods (36). Briefly, the 2 databases contained data for each food item that was collected by panelists who were trained in the laboratory to evaluate the intensity of the 5 basic tastes with the use of continuous scales ranging from 0 to 10, which were inspired by scales used in the Spectrum method (39). For each basic taste, 4 reference solutions with increasing concentrations were positioned on the rating scale, according to the guidelines of the Spectrum method. These reference solutions were aimed at helping the panelists rate intensity on the scales and to standardize the ratings. The adult food database included fattiness intensity data (36). For their evaluation, reference solutions that used emulsions (oil or water) were unsuitable in representing the different levels of fattiness for solid products. In these cases, the different levels of intensity of fattiness were illustrated by commercial food references, as described by the Spectrum method. For the adult food taste database, an in-home measurement phase was performed by the panelists, during which the reference solutions were replaced by reference foods, as previously described (36). For instance, the sweetness intensity of a sucrose solution of $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ was close to that of plain white sandwich bread (Harris), whereas a sucrose solution of $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ sweetness intensity was close to that of a hazelnut-chocolate spread (Nutella or Ferrero). The taste of mixed dishes was defined as the mean of the taste of its ingredients (37, 38).

If any database contained information about a given food, we approximated the taste intensity in 2 ways. First, some foods were grouped on the basis of a priori similar sweetness or fattiness intensity, leading to a table

with 1544 foods and 206 milk-based beverages. Then, for either sweetness or fattiness, we used the mean of the available foods' taste intensity for this category (Supplemental Text 1, step 1). Second, for foods that could not be grouped, we predicted their sweetness intensity (22.8%) or fattiness intensity (41.6%) from their sugar and fat content, respectively, with the use of the Centre d'Information sur la Qualité des Aliments (Information Centre on Food Quality) food composition database 2013 (40), while using 2 nonlinear regression models: sweetness intensity = $f(\text{sugar content})$ and fattiness intensity = $f(\text{lipid content})$, which were based on Martin et al. (36) (Supplemental Methods 1).

Breast milk sweetness and fattiness intensity could not be profiled by panelists for ethical reasons. Infant formulas were rated by trained panelists. Both infant formulas (up to 6 mo) and follow-on formulas (from 6 to 12 mo) were rated as equivalent to a sucrose concentration of 2.1% and were considered to be comparable to breast milk sweetness (37, 41). Consequently, the same sweetness intensity was attributed to breast milk and infant and follow-on formulas (37) (Supplemental Text 1, step 1). For specific formulas such as fermented, hypoallergenic, antidiarrheal, and thickened formulas, sweetness intensity was available from actual tasting (37). For breast milk, the mean fat content at 3 and 6 mo was retrieved from Grote et al. (42) and the intensity of breast milk fattiness was predicted with the use of the model described above. For standard and specific formulas, fat content was drawn from the Secteur Français des Aliments de l'Enfance (French Agency for Infant Foods) baby food composition database 2006 (40), and fattiness was predicted with the use of the same model (Supplemental Text 1, steps 1 and 2).

For added ingredients (e.g., sugar and butter), we defined additional values to reflect the increase in the sweetness or fattiness intensity of a given food. Additional values for added fat were calculated as the mean difference between the fattiness intensity of a food with added fat and the same food without any added ingredient with the use of measured data from Martin et al. (36). Then, the addition of a fat such as vegetable oil, butter, cream, or cheese to foods resulted in the addition of 1.2 points to the fattiness intensity of the food to which fat was added. The addition of a chocolate spread or chocolate topping resulted in the addition of 3 points to the fattiness of the food to which chocolate spread or topping was added. The addition of sweet ingredients such as sugar, honey, syrup, chocolate (as a spread or topping), or jam to foods resulted in the addition of 2 points to the sweetness intensity of the food to which sweet ingredients were added, as detailed previously (38) (Supplemental Text 1, step 2).

Finally, for each infant and each month, we calculated the SweetExp and FatExp from all given foods as the sum of all food items, including the frequency of consumption of each food item, multiplied by its sweetness or fattiness intensity, divided by the number of days completed in the food diary (Supplemental Text 1, step 2). On the basis of these monthly assessments, we averaged the daily mean of SweetExp and FatExp for each period of interest, 3–6 mo, 7–9 mo, and 10–12 mo, as follows:

$$\text{SweetExp} = \frac{1}{\text{No. of completed days}} \sum_{i=\text{No. of ingested foods}} (\text{sweetness intensity} \times \text{frequency of consumption}) \quad (1)$$

$$\text{FatExp} = \frac{1}{\text{No. of completed days}} \sum_{i=\text{No. of ingested foods}} (\text{fat intensity} \times \text{frequency of consumption}) \quad (2)$$

Sample selection. At baseline, 312 pregnant women were recruited. Because 7 mothers had twins, 319 infants initially were included. Of those, 31 were either lost to follow-up at 1 y of age or excluded because they were diagnosed with a food allergy or a chronic disease. Of the remaining 288 infants, 6 had no complementary feeding diary, 5 had no data after the age of CF introduction, and 9 had <3 completed consecutive months of food diaries. As such, data from 268 infants were analyzed. Only 251 of those infants had been introduced to CFs between 3 and 6 mo, and they were considered for taste exposure assessment during the 3–6 mo period.

Statistical analysis. Characteristics of the included and nonincluded subjects were compared with the use of a Student's *t* test for continuous variables and a chi-square test for categorical variables.

A repeated-measures ANOVA was performed to compare the proportion of different types of foods used at 3–6, 7–9, and 10–12 mo of age, and paired comparisons (*t* tests) were performed to compare values at the different ages. A similar analysis was carried out to compare SweetExp and FatExp at the different ages. Pearson correlations were calculated to analyze the stability of exposure across ages. Comparisons between the difference in SweetExp or FatExp from 3–6 to 7–9 mo of age and from 7–9 to 10–12 mo of age were performed using the use of paired *t* tests. Pearson correlations were calculated between SweetExp and FatExp at the same age.

Linear regressions models were used to identify the factors related to SweetExp or FatExp, specifically pertaining to maternal characteristics (age, prepregnancy BMI, parity, education attainment, and employment status in the first year), infant characteristics (sex, gestational age, and birth weight) and feeding practices (breastfeeding duration, infant age at the initiation of complementary feeding, and proportion of ready-prepared adult foods, ready-prepared baby foods, and homemade foods). To handle missing data for breastfeeding duration (10.0%), we categorized this variable and added a missing data modality.

All factors significantly (*P* value < 0.05) related to ≥ 1 of the outcomes in the bivariate analysis at 3–6, 7–9, or 10–12 mo were included in the following multiple linear regression models. The first model focused on maternal and infant characteristics and was evaluated with the following factors: infant sex, maternal education attainment, and employment status in the first year. A second model included variables from the first model, as well as breastfeeding duration, age at the initiation of complementary feeding, and proportion of different types of CF. At 3–6 mo, because only 10% of each infant's diet was composed of any type of CF, the second model was not adjusted for the proportion of different types of CF. For maternal education attainment, linear trend (*P*-trend) was tested by considering the median value of the number of years of education completed within each class as a continuous variable in the multiple linear regression models. With the use of a Student's *t* test, we compared the number of milk feeding occasions per week between breastfed and formula-fed infants at each period of interest. Further analyses were performed with the use of the second model, with an additional adjustment for the age at introduction of formula. All analyses were executed with SAS software, version 9.3.

Results

The characteristics of the included and not included participants are presented in Table 1. One-half of the mothers had attained an education of >2 y of a university degree, and 56% of them were primiparous. Moreover, 66% of infants had mothers who returned to work before 6 mo.

Feeding practices. Of the included infants, 34% were breastfed for ≥ 6 mo (Table 2). The proportion of infants who received mixed feeding (breast milk and formula) among breastfed infants at a given age was 85% before 3 mo, 54% between 3 and 5.9 mo, and 34% after 6 mo. Thirty percent of infants were introduced to CFs before 6 mo. The sweetness and fattiness intensities of CF types are presented in Table 3. The different categories of foods consumed evolved strongly between 3–6 mo, 7–9 mo, and 10–12 mo of age (Table 4). Specifically, the proportion of milk decreased from a mean $\pm$ SD of $90\% \pm 12\%$ to $55\% \pm 15\%$ to $35\% \pm 15\%$, respectively (all *P* < 0.0001), and the proportions of ready-prepared baby foods, ready-prepared adult foods and homemade foods all increased between 3–6 mo and 7–9 mo, and between 7–9 mo and 10–12 mo (paired *t* tests, all *P* < 0.0001; Table 4).

Effect of age on SweetExp and FatExp. Both SweetExp and FatExp were higher at 7–9 mo than at 3–6 mo (both paired *t* tests, *P* < 0.0001), Figure 1. The increase in SweetExp between 3–6 mo and 7–9 mo was higher than the increase in FatExp (*P* < 0.0001). Both SweetExp and FatExp were higher at 10–12 mo than at 7–9 mo (both paired *t* tests, *P* < 0.0001). The increase in SweetExp between 7–9 mo and 10–12 mo was higher than the increase in FatExp (*P* < 0.0001).

The mean $\pm$ SD values of 6.8 ± 2.8 for SweetExp and 7.5 ± 2.3 for FatExp at 3–6 mo corresponded, for instance, to 4 bottles of infant formula, including 1 with infant dry sweetened cereals. The mean $\pm$ SD values of 11.4 ± 3.0 for SweetExp and 9.9 ± 1.7 for FatExp at 7–9 mo correspond, for instance, to a daily intake

TABLE 1 Characteristics of included and not included mother-infant pairs from OPALINE study¹

	Included mother-infant pairs (<i>n</i> = 268)	Not included mother-infant pairs (<i>n</i> = 51)	<i>P</i>
Infant characteristics			
Male	54 (144)	55 (28)	0.88
Gestational age, wk	39.6 $\pm$ 1.7	39.8 $\pm$ 1.2	0.26
Birth weight, kg	3.2 $\pm$ 0.5	3.3 $\pm$ 0.5	0.54
Maternal characteristics			
Age at delivery, y	30.7 $\pm$ 4.4	31.2 $\pm$ 5.4	0.49
Prepregnancy BMI, kg/m ²			0.89
≤ 25	85 (228)	84 (43)	
>25	15 (40)	16 (8)	
Education attainment			0.0006
High school diploma or less	19 (51)	39 (20)	
2-y university degree	31 (82)	10 (5)	
>2-y university degree	50 (135)	51 (26)	
Primiparous	56 (150)	63 (32)	0.37
Single motherhood	2 (6)	6 (3)	0.15
Gestational diabetes	10 (28)	8 (4)	0.57
Employment status			0.43
Returned to work at 0–5 mo	66 (178)	72 (34)	
Returned to work at 6–12 mo or a nonworker	34 (90)	28 (13)	

¹ Values are means $\pm$ SDs or % (*n*). OPALINE, Observatoire des Préférences Alimentaires du Nourrisson et de l'Enfant (Observatory of Infant and Child Food Preferences).

TABLE 2 Diet characteristics of infants from OPALINE study¹

Characteristics	Value
Breastfeeding duration, mo	
<3	30 (81)
3–5.9	26 (70)
≥6	34 (90)
Missing	10 (27)
Age at the introduction of formula, mo	
<3	52 (140)
3–5.9	29 (79)
≥6	15 (39)
Never introduced to formula	4 (10)
Age at the initiation of complementary feeding, mo	
<6	30 (81)
≥6	70 (187)

¹ Values are % (n), n = 268. OPALINE, Observatoire des Préférences Alimentaires du Nourrisson et de l'Enfant (Observatory of Infant and Child Food Preferences).

of 3 bottles of formula, including 1 with dry sweetened cereals, a vegetable, meat, and starch puree with added fat, a fruit puree, and a plain yogurt with added sugar. The mean $\pm$ SD values of 14.7 ± 4.1 for SweetExp and 12.2 ± 2.5 for FatExp at 10–12 mo correspond, for instance, to a daily intake of 2 bottles of growing-up milk, including 1 with dry sweetened cereals, 2 vegetable, meat, and starch purees with added fat, 2 fruit purees, and an infant yogurt flavored with fruit.

SweetExp values were moderately correlated between 3–6 and 7–9 mo ($r = 0.40$, $P < 0.0001$) and between 7–9 and 10–12 mo ($r = 0.63$, $P < 0.0001$). For FatExp, the correlations were lower between 3–6 and 7–9 mo ($r = 0.26$, $P < 0.0001$) and between 7–9 and 10–12 mo ($r = 0.49$, $P < 0.0001$).

Finally, SweetExp was highly correlated with FatExp at 3–6 mo ($r = 0.72$, $P < 0.0001$), 7–9 mo ($r = 0.69$, $P < 0.0001$), and 10–12 mo ($r = 0.68$, $P < 0.0001$).

Associations between SweetExp and FatExp and infant and maternal characteristics. From bivariate analysis, no association was observed between either SweetExp or FatExp at each period of interest and gestational age, birth weight, maternal age, maternal prepregnancy BMI, and parity (data not shown).

Compared with girls, at 3–6 mo and 10–12 mo, boys were exposed to higher FatExp and at 10–12 mo to higher SweetExp (Table 5). Maternal education attainment lower than a high school diploma was associated with lower FatExp at 10–12 mo ($P = 0.005$) than was education higher than a 2-y university degree; higher maternal education attainment was associated with higher FatExp at 7–9 mo (P -trend = 0.04) and 10–12 mo (P -trend = 0.004) but not at 3–6 mo. Maternal education

attainment was not related to SweetExp at any periods. Mothers who returned to work after 6 mo or who were nonworkers exposed their infants to a higher SweetExp at 7–9 mo and 10–12 mo and to a higher FatExp at 10–12 mo than did mothers who returned to work before 6 mo.

Associations between SweetExp and FatExp and feeding practices. When adjusting for infant feeding practices, all associations with infant and maternal characteristics observed previously remained significant (data not shown). At all 3 ages, breastfeeding duration of ≥ 6 mo was related to a higher SweetExp (Table 6), but not to FatExp. At all 3 ages, the initiation of complementary feeding at < 6 mo was associated with a higher SweetExp. However, this was only associated with a higher FatExp at 3–6 mo. At both 7–9 mo and 10–12 mo, a higher proportion of each type of CF (ready-prepared baby and adult foods and homemade foods) was associated with higher SweetExp and higher FatExp. Higher SweetExp was associated, by decreasing β values, with the consumption of ready-prepared adult foods, ready-prepared baby foods, and homemade foods (Table 6). In contrast, higher FatExp was associated, by decreasing β values, with the consumption of ready-prepared adult foods, ready-prepared baby foods, and homemade foods.

The subanalysis focusing on breastfeeding duration showed that the frequency of milk feeding was higher in exclusively breastfed infants than in exclusively formula-fed infants: at 3–6 mo, there were a mean $\pm$ SD of 31.5 ± 17.6 breast-milk feeding occasions/wk compared with 26.0 ± 7.1 formula-feeding occasions/wk ($P = 0.006$); at 7–9 mo, there were 35.1 ± 15.9 breast-milk feeding occasions/wk compared with 22.1 ± 5.4 formula-feeding occasions/wk ($P < 0.0001$); and at 10–12 mo, there were 32.9 ± 13.1 breast-milk feeding occasions/wk compared with 17.0 ± 6.1 formula-feeding occasions/wk ($P < 0.0001$).

Moreover, after further adjustment for age at the introduction of formula (data not shown), the associations between breastfeeding duration and FatExp remained unchanged. However, the association between breastfeeding duration and SweetExp at 10–12 mo was no longer significant ($P = 0.21$).

Discussion

To our knowledge, this study is the first to describe SweetExp and FatExp over the first year of life. To date, most studies on infant dietary exposure have focused on the nutritional content of the infant's diet, rather than on its sensory properties. Our results show that SweetExp and FatExp increased over the first year and that both SweetExp and FatExp were associated with feeding practices and with infant sex. Maternal education attainment was only associated with FatExp at 10–12 mo and

TABLE 3 Intensity of sweetness and fattiness for each type of food¹

	Sweetness intensity	Fattiness intensity
Breast milk	1.4 ²	1.3 ³
Infant formula; follow-on formula (from 6 to 12 mo)	1.4 ²	1.9 ³
Growing-up milk (from 12 mo)	2.1 ²	1.8 ³
Ready-prepared baby foods	0.4 $\pm$ 0.4	0.2 $\pm$ 0.3
Ready-prepared adult foods	0.5 $\pm$ 0.5	0.4 $\pm$ 0.4
Homemade foods	0.3 $\pm$ 0.3	0.3 $\pm$ 0.3

¹ Values are means $\pm$ SDs.

² Data from Schwartz et al., 2010 (37), resulting from evaluations of a sensory panel.

³ Data calculated according to the method explained in Supplemental Method 1.

TABLE 4 Percentages of different types of food consumed by age group in OPALINE participants¹

	3–6 mo, % (n = 251)	7–9 mo, % (n = 266)	10–12 mo, % (n = 264)
Ready-prepared baby foods	7 ± 9	23 ± 16	26 ± 18
Ready-prepared adult foods	0 ± 2	7 ± 8	20 ± 14
Homemade foods	3 ± 5	13 ± 11	15 ± 11
Milk (breast milk, formula milk, and animal milk)	90 ± 12	55 ± 15	35 ± 15

¹ Values are means ± SDs. Sum of percentages not equal to 100%, because some foods did not have descriptions that were adequate enough to be classified. OPALINE, Observatoire des Préférences Alimentaires du Nourrisson et de l'Enfant (Observatory of Infant and Child Food Preferences).

to lesser extent at 7–9 mo, whereas maternal employment status was associated with SweetExp at 7–9 mo and 10–12 mo and FatExp at 10–12 mo.

Effect of age on SweetExp and FatExp. We found that between 3–6 mo, 7–9 mo, and 10–12 mo, the increase in SweetExp was higher than the increase in FatExp. This is the opposite of what should be expected, given the current recommendations from the French National Program on Nutrition and Health that “fat can be added from 6 mo,” “add butter or vegetable oils and avoid fried foods,” “you can add an equivalent of a teaspoon of fat” (43). However, in the recommendations, no information is provided on the rationale behind the importance of adding fat during infancy, for instance, regarding growth and cognitive development (44). This could have limited the involvement or compliance of mothers in following this recommendation.

Feeding practice associations with SweetExp and FatExp.

Surprisingly, a breastfeeding duration of ≥ 6 mo was associated with a higher SweetExp during the first year of life. We expected that a longer breastfeeding duration would be associated with a lower SweetExp, given that it has been suggested that mothers who breastfed for ≥ 6 mo were more likely to comply with complementary feeding recommendations (45, 46). Notably, one of the French recommendations on complementary feeding is to delay or limit the introduction of sweet foods (43), and, as such, lower SweetExp should be expected in infants with compliant mothers. However, our subanalysis showed that the number of milk feeding occasions was higher in breastfed than in formula-fed infants, which may partly explain this finding. A similar finding was also observed in United Kingdom infants aged 6–12 mo (47). Given the mode of calculation of SweetExp (multiplication of breast-milk feeding occasions by breast-milk sweetness intensity), the more frequent milk-feeding occasions in breastfed infants directly affected their SweetExp. On the contrary, we found no association between breastfeeding duration and FatExp, and, in the FatExp calculation, the higher frequency of breast-milk feeding occasions compared with formula feeding occasions may have been counterbalanced by the lower fattiness intensity of breast milk than formula.

Our results suggest that an initiation of complementary feeding before 6 mo was associated with higher SweetExp during the first year of life and higher FatExp at 3–6 mo. More specifically, at 7–9 and 10–12 mo, a higher proportion of any type of CF was associated with higher SweetExp and higher FatExp. In Europe, the composition of fat content of ready-prepared baby food (in terms of quantity and quality) is defined by the European authorities to achieve infant needs (48), and it is more precise than the Codex (49). It has been shown that ready-prepared baby foods were the main contributors to fat intake in infants in France in 2005 (50). In contrast, the fat and sugar composition of ready-prepared adult foods is not regulated, and the use of ready-prepared adult foods may have contributed to a high amount of sugars (26, 51) and inadequate fat intake. Nevertheless, baby desserts and baby sweet drinks for infants aged 6–36 mo may be composed of up to 25% and 15% carbohydrates, respectively, which may be close to the carbohydrate composition of ready-prepared adult food. Unfortunately, in the current European Directive, no distinction is made between carbohydrates from starch or other complex carbohydrates and those from monosaccharides or disaccharides (48). Finally, a higher proportion of homemade foods was associated with both higher SweetExp and higher FatExp at 7–9 mo and 10–12 mo. In the current French recommendations, mothers are encouraged to add fat and to limit added sugars in homemade foods (43). However, it was previously shown that mothers add

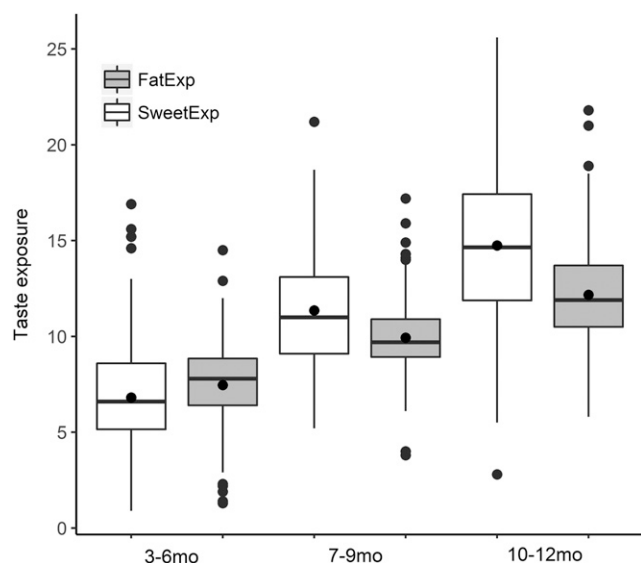


FIGURE 1 Distribution of SweetExp and FatExp in OPALINE participants at 3–6 mo ($n = 251$), 7–9 mo ($n = 266$), and 10–12 mo ($n = 264$). Values are shown as box-plots in which the horizontal lines indicate the 25th, 50th (i.e., median), and 75th percentiles. The upper whisker extends from the hinge to the highest value that is within 1.5 multiplied by the IQR of the hinge. The lower whisker extends from the hinge to the lowest value within 1.5 multiplied by the IQR of the hinge. Values represent taste intensity (range: 0–10/food) summed over consumed foods per day. FatExp, fattiness exposure; OPALINE, Observatoire des Préférences Alimentaires du Nourrisson et de l'Enfant (Observatory of Infant and Child Food Preferences); SweetExp, sweetness exposure.

TABLE 5 Associations between SweetExp, FatExp, and infant and maternal characteristics at 3–6 mo, 7–9 mo, and 10–12 mo among OPALINE participants from multiple linear regression models¹

	SweetExp			FatExp		
	3–6 mo	7–9 mo	10–12 mo	3–6 mo	7–9 mo	10–12 mo
Infant sex						
F	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)
M	0.7 (–0.02, 1.4)	0.5 (–0.2, 1.3)	1.6 (0.6, 2.5)	0.8 (0.2, 1.4)	0.2 (–0.3, 0.6)	0.61 (0.02, 1.2)
P	0.06	0.16	0.002	0.01	0.48	0.04
Maternal characteristics						
Education attainment						
High school diploma or less	0.1 (–0.8, 1.0)	0.3 (–0.7, 1.3)	–0.3 (–1.6, 1.0)	–0.1 (–0.8, 0.7)	–0.6 (–1.2, –0.002)	–1.3 (–2.1, –0.5)
2-y university degree	0.3 (–0.5, 1.1)	0.3 (–0.5, 1.2)	0.7 (–0.4, 1.8)	0.2 (–0.4, 0.9)	–0.3 (–0.8, 0.2)	–0.4 (–1.1, 0.2)
>2-y university degree	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)
P	0.78	0.68	0.31	0.68	0.13	0.005
Employment status						
Returned to work before 6 mo	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)
Not working at 6 mo	0.1 (–0.6, 0.9)	0.9 (0.1, 1.7)	1.1 (0.1, 2.2)	–0.2 (–0.9, 0.4)	0.4 (–0.01, 0.9)	0.9 (0.2, 1.5)
P	0.79	0.02	0.04	0.45	0.06	0.008

¹ Values are β (95% CI), $n = 251$ (3–6 mo), $n = 266$ (7–9 mo), and $n = 264$ (10–12 mo). FatExp, fattiness exposure; OPALINE, Observatoire des Préférences Alimentaires du Nourrisson et de l'Enfant (Observatory of Infant and Child Food Preferences); Ref, reference; SweetExp, sweetness exposure.

sugars in the same proportions for infants as for other family members (52). This may suggest that mothers may have only partly integrated the current recommendations regarding infant feeding practices. To confirm this result, further research on mothers' awareness about infant feeding practice recommendations is needed, because this was not explored in the present study.

Associations between SweetExp and FatExp and infant and maternal characteristics. We found that boys were more exposed to fattiness at both 3–6 mo and 10–12 mo and more exposed to sweetness at 10–12 mo than girls. One may argue that feeding practices may differ between boys and girls. This

hypothesis may be supported by previous results. A recent study showed that boys aged 6–12 mo were perceived by their mothers as hungrier and needing more energy than girls (53). A previous study also showed that a higher score of Western diet pattern was observed in boys than girls (29), meaning that mothers may provide more energy-dense foods to boys than girls, as early as the initiation of complementary feeding. To better understand this difference in SweetExp and FatExp between sex, future research should consider mothers' sensitivity to and awareness of their infants' needs and satiation (54).

Having a nonworking mother or a mother who worked from 6–12 mo was related to a higher SweetExp at 7–9 mo and 10–12 mo, and to a higher FatExp at 10–12 mo than was having a mother

TABLE 6 Associations between SweetExp, FatExp, and feeding practices at 3–6 mo, 7–9 mo, and 10–12 mo among OPALINE participants from multiple linear regression models¹

	SweetExp			FatExp		
	3–6 mo	7–9 mo	10–12 mo	3–6 mo	7–9 mo	10–12 mo
Breastfeeding duration, mo						
<3.0	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)
3.0–5.9	0.4 (–0.4, 1.2)	–0.2 (–1.0, 0.6)	–0.4 (–1.6, 0.7)	–0.5 (–1.2, 0.3)	–0.1 (–0.7, 0.4)	0.1 (–0.6, 0.8)
≥6.0	2.6 (1.8, 3.4)	1.6 (0.8, 2.4)	1.3 (0.1, 2.4)	–0.3 (–1.1, 0.4)	0.0 (–0.5, 0.6)	0.7 (0.04, 1.4)
Missing	–0.2 (–1.2, 0.9)	–0.3 (–1.4, 0.7)	–0.6 (–2.1, 1.0)	0.2 (–0.8, 1.2)	–0.1 (–0.9, 0.6)	0.1 (–0.9, 1.4)
P	<0.0001	<0.0001	0.01	0.54	0.90	0.15
Age at the initiation of complementary feeding, mo						
<6	2.3 (1.7, 3.0)	0.7 (0.01, 1.4)	1.4 (0.5, 2.4)	0.7 (0.05, 1.3)	0.2 (–0.3, 0.7)	0.3 (–0.3, 0.9)
≥6	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)	0 (Ref)
P	<0.0001	0.046	0.004	0.04	0.40	0.33
Proportion of different types of CF used (per 10%)						
Ready-prepared baby foods		0.9 (0.7, 1.2)	1.2 (0.9, 1.5)		0.2 (0.003, 0.3)	0.3 (0.06, 0.5)
P		<0.0001	<0.0001		<0.0001	<0.0001
Ready-prepared adult foods		1.6 (1.2, 2.0)	1.5 (1.2, 1.9)		0.7 (0.4, 1.0)	0.9 (0.7, 1.1)
P		<0.0001	<0.0001		0.045	0.01
Homemade foods		0.7 (0.4, 1.0)	0.9 (0.4, 1.4)		0.4 (0.1, 0.6)	0.6 (0.3, 0.9)
P		<0.0001	0.0002		0.003	0.0003

¹ Values are β (95% CI), $n = 251$ (3–6 mo), $n = 266$ (7–9 mo), and $n = 264$ (10–12 mo). Models were adjusted for infant sex and maternal education attainment and employment status in the first year of the infant's life. CF, complementary food; FatExp, fattiness exposure; OPALINE, Observatoire des Préférences Alimentaires du Nourrisson et de l'Enfant (Observatory of Infant and Child Food Preferences); Ref, reference; SweetExp, sweetness exposure.

who worked from 0–5 mo. This result may reflect a different feeding pattern in mothers who do not work or who choose to have a longer maternal leave than the usual 10-wk-long leave in France. It previously was observed that CFs were introduced later if the infant received care from an external caregiver, rather than from the parents alone (35). Alternatively, mothers who went back to work early may have used the service of daycare facilities in which choices regarding food provision, menus, and portion size are established by a dietician and follow the recommendations provided by the French Authorities (55). This may have brought nutritional recommendations to the mother's awareness, which may be reflected in their feeding practices.

In the present study, a lower maternal education attainment was associated with lower FatExp, but only at 10–12 mo and, to a lesser extent, 7–9 mo. Consistently, we observed in another study that having a mother with a lower education attainment was related to a lower dietary fat intake at 8 mo (56). This observation may suggest a lack of dissemination of the recommendations regarding fat intake in infants' diets in mothers with a lower education attainment. In previous studies, maternal education was shown to be a strong determinant of the adherence to complementary feeding practice guidelines (57–59). For instance, lower maternal education attainment was related to the use of nonwhole cow milk with, among other differences in composition, a reduced fat content, whereas an infant's diet should not be restricted in fat (59).

Several study limitations need consideration. Our study provides a pioneering approach for describing the sensory quality of early diets, especially regarding sweetness and fattiness. This approach may need to be improved in future research. Indeed, prospectively assessing SweetExp and FatExp from infant diets remains a challenge, given the limited sensory databases available (36, 37, 60, 61). Thus, for estimating the SweetExp and FatExp during infancy, we had to establish decision rules to address unavailable data, which may only partly represent actual exposure. In the present study, infant food intake was not quantified in the food diaries, which prevented us from taking this aspect of the exposure into account and therefore to fully account for the infant's taste experience. Moreover, the sensory databases used to estimate FatExp and SweetExp were based on adult panelist perception ratings, which may be different from infants' perceptions of sweetness and fattiness intensity (62). However, it is not possible to directly rate the sensory perception of infants. Because the sensory databases used in the current study were based on the Spectrum method, which takes into account the taste sensitivity of panelists in both the reference and the rated food, our results are unlikely to change. Finally, one-half of the mothers in our study sample had a university degree ≥ 2 y, and 34% of mothers breastfed their infants for ≥ 6 mo, which is higher than the recent estimation in France (63). Consequently, as in most observational studies, replication studies in other populations may be needed for the generalization of the present findings.

Conclusion. To conclude, to our knowledge, this study is the first to describe SweetExp and FatExp during the first year of life and to examine their related factors in a large sample. In this sample of infants who primarily had highly educated mothers, we observed that exposure to both sweetness and fattiness mainly was related to feeding practices. This original approach, consisting of describing the sensory qualities of the diet beyond nutritional composition, may inform an overlooked aspect of dietary exposure. As shown in the equations defined to predict the intensity of sweetness and fattiness, nutritional composition (monosaccharides and disaccharides and fat, respectively) does

contribute to these sensations. However, the relation between nutritional composition and taste intensity is not linear and may depend on food matrix structure. Future work should study the relation between dietary exposure in terms of taste intensity and food preferences. This may provide a more comprehensive understanding of how early dietary experiences shape food choices at later stages, bearing in mind that taste preference is a strong determinant of food choices throughout childhood (12, 64).

Acknowledgments

We thank the Secteur Français des Aliments de l'Enfance (French Agency for Infant Foods) for providing access to the 2006 version of the baby food composition database, which is now public in its 2013 version (40). We thank S Issanchou, P Schlich, and V Boggio for their input while we designed the study; C Laval for the recruitment; S Crevoisier, B Hoffarth, and L Nicolas for data coding; and C Pedron for the tool elaboration. WLY, CL, and SN designed and conducted the research and wrote the paper; WLY, CL, BdL-G, and SN designed the analysis; CS, CM, and CC provided the essential materials; WLY analyzed the data; and WLY and SN had primary responsibility for the final content. All authors read and approved the manuscript.

References

1. Drewnowski A, Greenwood MRC. Cream and sugar: human preferences for high-fat foods. *Physiol Behav* 1983;30:629–33.
2. Drewnowski A. Taste preference and food intake. *Annu Rev Nutr* 1997;17:237–53.
3. Reed DR, Mela DJ, Friedman MI. Sensory and metabolic influences on fat intake. In: Mela DJ, editor. *Dietary fats*. Galliard editor. London: Elsevier Science; 1992. p. 117–37.
4. Montmayeur J-P, Le Coutre J, editors. *Fat detection: taste, texture and post ingestive effects*. Boca Raton (FL): CRC Press Taylor & Francis Group; 2010.
5. Running CA, Craig BA, Mattes RD. Oleogustus: the unique taste of fat. *Chem Senses* 2015;40:507–16.
6. Steiner JE. Human facial expressions in response to taste and smell stimulation. *Adv Child Dev Behav* 1979;13:257–95.
7. Zandstra EH, de Graaf C. Sensory perception and pleasantness of orange beverages from childhood to old age. *Food Qual Prefer* 1998;9:5–12.
8. Nicklaus S, Bouhassal S, Rémy E, Schwartz C, Issanchou S. Développement des préférences pour les lipides chez l'enfant. [Development of liking for lipids in children.] *Innovations Agronomiques [Agricultural Innovations]*. 2010;10:115–24 (in French).
9. Harris G. Development of taste and food preferences in children. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2008;11:315–9.
10. Nicklaus S. The role of food experiences during early childhood in food pleasure learning. *Appetite* 2016;104:3–9.
11. Pepino MY, Mennella JA. Factors contributing to individual differences in sucrose preference. *Chem Senses* 2005;30 Suppl. 1:i319–20.
12. Nicklaus S, Issanchou S. Children and food choice. In: Frewer L, van Trijp H, editors. *Understanding consumers of food products*. Cambridge (United Kingdom): Woodhead Publishing Limited; 2007. p. 329–58.
13. Nicklaus S, Boggio V, Chabanet C, Issanchou S. A prospective study of food preferences in childhood. *Food Qual Prefer* 2004;15:805–18.
14. Birch LL. Children's preferences for high-fat foods. *Nutr Rev* 1992;50:249–55.
15. Cooke LJ, Wardle J. Age and gender differences in children's food preferences. *Br J Nutr* 2005;93:741–6.
16. Mennella JA, Finkbeiner S, Reed DR. The proof is in the pudding: children prefer lower fat but higher sugar than do mothers. *Int J Obes (Lond)* 2012;36:1285–91.
17. Beauchamp GK, Moran M. Dietary experience and sweet taste preferences in human infants. *Appetite* 1982;3:139–52.
18. Beauchamp GK, Moran M. Acceptance of sweet and salty tastes in 2-year-old children. *Appetite* 1984;5:291–305.
19. Birch LL, McPhee L, Steinberg L, Sullivan S. Conditioned flavor preferences in young children. *Physiol Behav* 1990;47:501–5.

20. Kern DL, McPhee L, Fisher J, Johnson S, Birch LL. The postingestive consequences of fat condition preferences for flavors associated with high dietary fat. *Physiol Behav* 1993;54:71–6.
21. Johnson SL, McPhee L, Birch LL. Conditioned preferences: young children prefer flavors associated with high dietary fat. *Physiol Behav* 1991;50:1245–51.
22. Yeomans MR. Flavour-nutrient learning in humans: an elusive phenomenon? *Physiol Behav* 2012;106:345–55.
23. Remy E, Issanchou S, Chabanet C, Nicklaus S. Repeated exposure of infants at complementary feeding to a vegetable puree increases acceptance as effectively as flavor-flavor learning and more effectively than flavor-nutrient learning. *J Nutr* 2013;143:1194–200.
24. Rolland-Cachera MF, Maillot M, Deheeger M, Souberbielle JC, Peneau S, Hercberg S. Association of nutrition in early life with body fat and serum leptin at adult age. *Int J Obes (Lond)* 2013;37:1116–22.
25. Liem DG, Mennella JA. Sweet and sour preferences during childhood: role of early experiences. *Dev Psychobiol* 2002;41:388–95.
26. Brekke HK, van Odijk J, Ludvigsson J. Predictors and dietary consequences of frequent intake of high-sugar, low-nutrient foods in 1-year-old children participating in the ABIS study. *Br J Nutr* 2007;97:176–81.
27. Brazionis L, Golley RK, Mittinty MN, Smithers LG, Emmett P, Northstone K, Lynch JW. Characterization of transition diets spanning infancy and toddlerhood: a novel, multiple-time-point application of principal components analysis. *Am J Clin Nutr* 2012;95:1200–8.
28. Robinson S, Marriott L, Poole J, Crozier S, Borland S, Lawrence W, Law C, Godfrey K, Cooper C, Inskip H, et al. Dietary patterns in infancy: the importance of maternal and family influences on feeding practice. *Br J Nutr* 2007;98:1029–37.
29. Kieffe-de Jong JC, de Vries JH, Bleeker SE, Jaddoe VWV, Hofman A, Raat H, Moll HA. Socio-demographic and lifestyle determinants of 'Western-like' and 'Health conscious' dietary patterns in toddlers. *Br J Nutr* 2013;109:137–47.
30. Smithers LG, Brazionis L, Golley RK, Mittinty MN, Northstone K, Emmett P, McNaughton SA, Campbell KJ, Lynch JW. Associations between dietary patterns at 6 and 15 months of age and sociodemographic factors. *Eur J Clin Nutr* 2012;66:658–66.
31. Fox MK, Reidy K, Novak T, Ziegler P. Sources of energy and nutrients in the diets of infants and toddlers. *J Am Diet Assoc* 2006;106(1, Suppl 1):S28–42.
32. Skinner JD, Carruth BR, Houck KS, Coletta F, Cotter R, Ott D, McLeod M. Longitudinal study of nutrient and food intakes of infants aged 2 to 24 months. *J Am Diet Assoc* 1997;97:496–504.
33. Lioret S, McNaughton SA, Spence AC, Crawford D, Campbell KJ. Tracking of dietary intakes in early childhood: the Melbourne INFANT Program. *Eur J Clin Nutr* 2013;67:275–81.
34. Grummer-Strawn LM, Scanlon KS, Fein SB. Infant feeding and feeding transitions during the first year of life. *Pediatrics* 2008;122 Suppl 2:S36–42.
35. Lange C, Visalli M, Jacob S, Chabanet C, Schlich P, Nicklaus S. Maternal feeding practices during the first year and their impact on infants' acceptance of complementary food. *Food Qual Prefer* 2013;29:89–98.
36. Martin C, Visalli M, Lange C, Schlich P, Issanchou S. Creation of a food taste database using an in-home "taste" profile method. *Food Qual Prefer* 2014;36:70–80.
37. Schwartz C, Chabanet C, Boggio V, Lange C, Issanchou S, Nicklaus S. À quelles saveurs les nourrissons sont-ils exposés dans la première année de vie? [To which tastes are infants exposed during the first year of life?] *Arch Pediatr* 2010;17:1026–34.
38. Schwartz C. Dynamique des préférences gustatives chez le nourrisson: effet des expériences alimentaires et impact sur l'appréciation des aliments. [The dynamic of taste preferences: effects of dietary experiences and impact on appreciation of food products.] Dijon (France): University of Burgundy; 2009 (in French).
39. Muñoz AM, Civile GV. The Spectrum descriptive analysis method. In: Hootman RC, editor. Descriptive analysis testing. ASTM MNL 13. Philadelphia (PA): ASTM; 1992. p. 22–34.
40. ANSES. French food composition table [Internet] France: French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES); 2013 [cited 2015 Nov 5]. Available from: <https://pro.anses.fr/tableciquel/index.htm>.
41. McDaniel MR, Barker E, Lederer CL. Sensory characterization of human milk. *J Dairy Sci* 1989;72:1149–58.
42. Grote V, Verdici E, Scaglioni S, Vecchi F, Contarini G, Giovannini M, Koletzko B, Agostoni C. Breast milk composition and infant nutrient intakes during the first 12 months of life. *Eur J Clin Nutr* 2016;70:250–6.
43. INPES. PNNS - La santé vient en mangeant - Le guide parents 0–3 ans. Paris: Institut National de Prévention et d'Éducation pour la Santé, 2005 Décembre 2005.
44. Uauy R, Dangour AD. Fat and fatty acid requirements and recommendations for infants of 0–2 years and children of 2–18 years. *Ann Nutr Metab* 2009;55:76–96.
45. Betoko A, Charles MA, Hankard R, Forhan A, Bonet M, Saurel-Cubizolles MJ, Heude B, de Lauzon-Guillain B. Eden mother-child cohort study group. Infant feeding patterns over the first year of life: influence of family characteristics. *Eur J Clin Nutr* 2013;67:631–7.
46. Wright CM, Parkinson KN, Drewett RF. Why are babies weaned early? Data from a prospective population based cohort study. *Arch Dis Child* 2004;89:813–6.
47. Brown A, Harries V. Infant sleep and night feeding patterns during later infancy: association with breastfeeding frequency, daytime complementary food intake, and infant weight. *Breastfeed Med* 2015;10:246–52.
48. European Communities. COMMISSION DIRECTIVE 2006/125/EC of 5 December 2006 on processed cereal-based foods and baby foods for infants and young children (codified version) [Internet]. 2006 [cited 2016 Feb 11]. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=URISERV:l21101a>.
49. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Codex standard for canned baby foods (CODEX STAN 73–1981). [Internet] 1981 [cited 2016 Jul 26]. Available from: http://www.fao.org/input/download/standards/289/CXS_073e_u.pdf.
50. Fantino M, Gourmet E. Apports nutritionnels en France en 2005 chez les enfants non allaités âgés de moins de 36 mois. [Nutrient intakes in 2005 by non-breast fed French children of less than 36 months.] *Arch Pediatr* 2008;15:446–55 (in French).
51. Briefel RR, Reidy K, Karwe V, Devaney B. Feeding infants and toddlers study: improvements needed in meeting infant feeding recommendations. *J Am Diet Assoc* 2004;104(1, Suppl 1):s31–7.
52. Vauthier JM, Lluch A, Lecomte E, Artur Y, Herbeth B. Family resemblance in energy and macronutrient intakes: the Stanislas Family Study. *Int J Epidemiol* 1996;25:1030–7.
53. Brown A, Rowan H. Maternal and infant factors associated with reasons for introducing solid foods. *Matern Child Nutr* 2016;12(3):500–15.
54. McNally J, Hugh-Jones S, Caton S, Vereijken C, Weenen H, Hetherington M. Communicating hunger and satiation in the first 2 years of life: a systematic review. *Matern Child Nutr* 2016;12:205–28.
55. GEM-RCN. Recommandation nutrition. Ministère de l'Economie et des Finances, Service des Achats de l'Etat; 2013 [cited 2016 Jul 26]. Available from: <http://www.economie.gouv.fr/daj/recommandation-nutrition>.
56. Yuan WL, Nicklaus S, Lioret S, Lange C, Forhan A, Heude B, Charles M-A, de Lauzon-Guillain B. Early factors related to carbohydrate and fat intake at 8 and 12 months: results from the EDEN mother-child cohort. *Eur J Clin Nutr*. In press.
57. Golley RK, Smithers LG, Mittinty MN, Brazionis L, Emmett P, Northstone K, Campbell K, McNaughton SA, Lynch JW. An index measuring adherence to complementary feeding guidelines has convergent validity as a measure of infant diet quality. *J Nutr* 2012;142:901–8.
58. Emmett PM, Jones LR. Diet and growth in infancy: relationship to socioeconomic background and to health and development in the Avon Longitudinal Study of Parents and Children. *Nutr Rev* 2014;72:483–506.
59. Fein SB, Labiner-Wolfe J, Scanlon KS, Grummer-Strawn LM. Selected complementary feeding practices and their association with maternal education. *Pediatrics* 2008;122 Suppl 2:S91–7.
60. van Dongen MV, van den Berg MC, Vink N, Kok FJ, de Graaf C. Taste-nutrient relationships in commonly consumed foods. *Br J Nutr* 2012;108:140–7.
61. Lease H, Hendrie GA, Poelman AAM, Delahunty C, Cox DN. A sensory-diet database: a tool to characterise the sensory qualities of diets. *Food Qual Prefer* 2016;49:20–32.
62. De Graaf C, Zandstra EH. Sweetness intensity and pleasantness in children, adolescents, and adults. *Physiol Behav* 1999;67:513–20.
63. Wagner S, Kersuzan C, Gogard S, Tichit C, Nicklaus S, Geay B, Humeau P, Thierry X, Charles M-A, Lioret S, et al. Durée de l'allaitement en France selon les caractéristiques des parents et de la naissance. Résultats de l'étude longitudinale française Elfe, 2011. *Bull Epidemiol Hebdomadaire* (Paris) 2015; (29):522–32.
64. Blanchette L, Brug J. Determinants of fruit and vegetable consumption among 6–12-year-old children and effective interventions to increase consumption. *J Hum Nutr Diet* 2005;18:431–43.

Annexe 29. Article 2 issu du Chapitre 2

**Early factors related to carbohydrate and fat intake at 8 and 12 months: results from the
EDEN mother-child cohort.**

Yuan WL, Nicklaus S, Lioret S, Lange C, Forhan A, Heude B, Charles MA, de Lauzon-Guillain B.

European Journal of Clinical Nutrition. 2016

ORIGINAL ARTICLE

Early factors related to carbohydrate and fat intake at 8 and 12 months: results from the EDEN mother–child cohort

WL Yuan^{1,2,4}, S Nicklaus^{1,4}, S Lioret^{2,3,4}, C Lange^{1,4}, A Forhan^{2,3,4}, B Heude^{2,3,4}, M-A Charles^{2,3,4} and B de Lauzon-Guillain^{2,3,4} on behalf of the EDEN mother-child cohort study group

BACKGROUND/OBJECTIVES: Few studies have examined the factors explaining the variability in fat and carbohydrate intake during infancy. We aimed to describe infants' fat and carbohydrate intake and analyse the associations with infant and maternal characteristics and feeding practices.

SUBJECTS/METHODS: This study included 1275 infants aged 8 months from the French EDEN mother–child cohort. Carbohydrate intake, fat intake, added fat (vegetable oils and animal fats) and added sugar (honey, white sugar, brown sugar, jam and sweetened beverages) consumption were calculated at 8 and 12 months. Associations between these variables and infant and maternal characteristics as well as maternal dietary patterns during pregnancy, breast-feeding duration and age at complementary feeding introduction were analysed using multivariable linear and logistic regressions.

RESULTS: Less than 5% of non-breast-fed infants reached the recommendation of consuming at least 40% of total energy from fat, whereas more than 95% of them reached 45% of energy from carbohydrates. Overall, infant and maternal characteristics and maternal diet during pregnancy were marginally associated with both carbohydrate/added sugar and fat/added fat intake. Nevertheless, age at complementary feeding introduction was associated with all outcomes.

CONCLUSIONS: Our results suggest that only a small proportion of non-breast-fed infants at 8 and 12 months reached the recommendations for fat intake, whereas a majority of them reached the recommendations for carbohydrate intake. As subgroups of infants with a higher risk of inadequate diet were not identified, the present results call for an improved dissemination of information regarding infant-specific dietary fat needs in the entire population.

European Journal of Clinical Nutrition advance online publication, 30 November 2016; doi:10.1038/ejcn.2016.216

INTRODUCTION

The quality of an infant's diet is crucial considering the nutritional needs for growth and development during infancy. From birth to 3 years, dietary fat intake contributes to children's neural and visual development, growth and weight status.^{1,2} From birth to 6 months, the contribution of fat to energy intake (EI) should be between 40 and 60%, and then it should gradually decrease to 35% from 6 to 24 mo and to between 25 and 35% after 2 years, as recommended by the Food and Agriculture Organization (FAO).¹ Similar recommendations were provided by the European Food and Safety Authority (EFSA) (40% EI between 6 and 12 months; 35–40% EI between 12 and 24 months; and 20–35% EI after 2 years).³ Beyond the fulfilment of infant nutritional needs, early nutrition has been related to later obesity risk. Higher fat intake at 2 years was associated with lower adiposity measurements and lower serum leptin concentrations at 20 years,⁴ whereas excessive protein intake during the first 2 years of life was linked with an earlier adiposity rebound and a higher body mass index in later childhood.^{5,6} Regarding carbohydrate intake, the results are scarce, and no recommendations for the first year of life have been established. Nevertheless, Stephen *et al.*⁷ suggested that from birth to 6 months, carbohydrate intake should be close to that provided by breast milk, that is, 40% EI, and it should gradually increase from 6 months to 2 years to reach the adult

recommendations of 50–75% EI as suggested by the FAO/World Health Organization (WHO) Expert Consultation^{8–10} or 45–60% EI as suggested by the EFSA.¹¹ Furthermore, the WHO strongly recommends reducing the intake of free sugars ('all monosaccharides and disaccharides added to foods and beverages by the manufacturer, cook or consumer, and sugars naturally present in honey, syrups, fruit juices and fruit juice concentrate') throughout the life course.¹²

Infant dietary intake has a key role in achieving infant needs, establishing healthier eating habits, as infant dietary patterns may track into later ages,^{13–20} and improving the infant's future health outcomes. On the basis of these considerations, identifying the factors related to infant dietary intake is essential to better understand how the environment may modulate infant dietary intake and to target prevention policies. From previous studies, infant (gestational age, birth weight and gender) and maternal characteristics (sociodemographic background, dietary intake and feeding practices) were associated with infant diet.^{13,15–18,21–23} However, most of these studies investigated infant diet through dietary pattern approaches, making it impossible to examine either fat or carbohydrate intake separately or adherence to macronutrient recommendations. Moreover, only a few studies have investigated the transition in diet between the age of complementary feeding and 12 months,^{16–18,22} but they focussed

¹Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, CNRS, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France; ²INSERM, UMR1153, Epidemiology and Biostatistics Sorbonne Paris Cité Centre (CRESS), Early ORIGIN of the Child's Health and Development Team, Villejuif, France and ³Paris Descartes University, Paris, France. Correspondence: B de Lauzon-Guillain, INSERM CRESS – Eq 6 ORCHAD, 16 Avenue Paul Vaillant Couturier, Villejuif F-94807, France.
E-mail: blandine.delauzon@inserm.fr

⁴PubMed indexing: Yuan, Nicklaus, Lioret, Lange, Forhan, Heude, Charles, de Lauzon-Guillain

Received 17 November 2015; revised 4 August 2016; accepted 18 September 2016

2 on either the initiation of complementary feeding or on the diet after 12 months.^{13–15,24–28}

The aims of the present study were to describe infant fat and carbohydrate intake and to examine the associations between carbohydrate intake, fat intake, added fat (vegetable oils, animal fats) and added sugar (honey, white sugar, brown sugar, jam and sweetened beverages) on the one hand and infant and maternal characteristics, maternal dietary patterns during pregnancy, breast-feeding duration and age at complementary feeding introduction on the other.

POPULATION AND METHODS

Subjects

The subjects were participants of the EDEN ('Etude des Déterminants pré-et post-natals de la santé de l'Enfant') mother–child cohort. Pregnant women ($n=2002$) were recruited between 2003 and 2006 during their hospital visit before 24 weeks of amenorrhoea in two middle-sized cities in France, Nancy and Poitiers. The exclusion criteria included twin pregnancy, history of maternal diabetes, French illiteracy and intention to move outside the study area within the next 3 years. The detailed study protocol has been published previously.²⁹ Written consent was obtained from the parents at enrolment for themselves and after delivery for the newborn. The study was approved by the ethics committee of Kremlin Bicêtre and by the Data Protection Authority 'Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés'.

Infant dietary intake

Infant diet was assessed at 8 and 12 months by food records on three non-consecutive days (two weekdays and one weekend day) when the infant was not sick. Mothers described the following for each meal: the time when the meal was taken, each food provided to the child, along with the brand name (when available) or the recipe for homemade foods, the quantity provided (grams or millilitres) as well as the uneaten quantity. The data were checked and computerised a posteriori by a dietician. The information on infant diet extracted from these records included daily intake of each food (grams or millilitres), in particular natural sweeteners (honey, white sugar, brown sugar and jam), sweetened beverages (sodas, fruit juices) and added fats (vegetable oils, animal fats). Nutrient intake was then calculated based on two food composition databases: one specific to ready-prepared baby foods from the French baby foods industry group (SFAE 2005) and one for common foods from the French Observatory of Food Nutritional Quality (CIQUAL 2006).³⁰ Total nutrient intake was calculated only among non-breast-fed infants, as breast milk intake was not assessed in breast-fed infants. We considered carbohydrate intake as a whole, as no information was available about free sugars in the food composition databases. Moreover, sweetened beverages and natural sweeteners were grouped together in an added sugars group. Infants were characterised as either consumers or non-consumers of added sugar or added fat.

Infant and maternal characteristics

Maternal characteristics (age at delivery, educational attainment, household income, smoking during pregnancy and parity) were collected during a face-to-face interview conducted between 24 and 28 weeks of

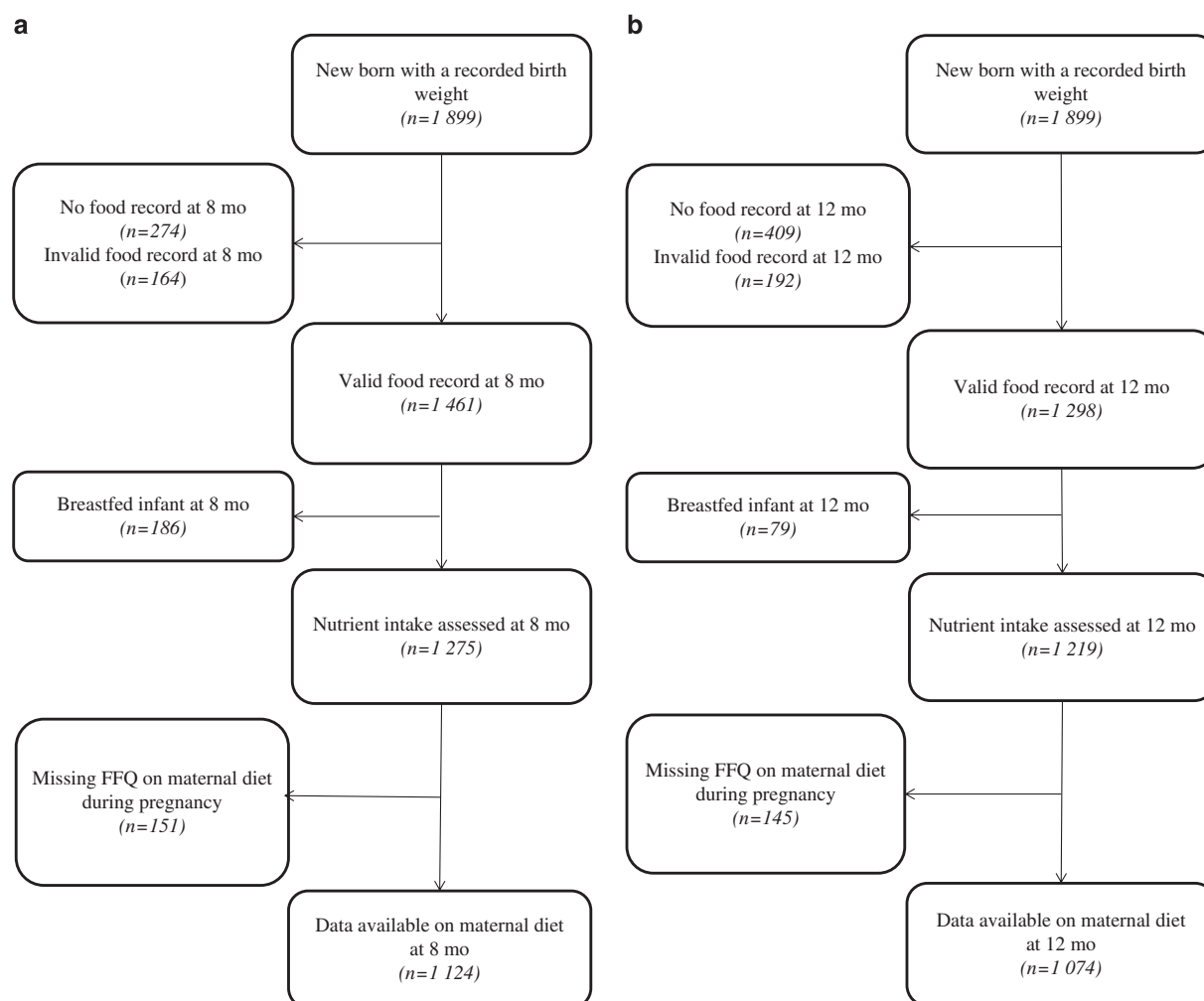


Figure 1. Sample selection flow chart at 8 months (a) and at 12 months (b).

amenorrhoea. Information about maternal gestational diabetes, birth weight, gestational age and infant sex was collected from the obstetric and paediatric records.

Maternal diet during pregnancy

Maternal diet in the last trimester of pregnancy was assessed retrospectively using a validated³¹ food frequency questionnaire that was completed at infant's birth. It included 137 items with seven categories of frequencies, ranging from never to more than once a day. These items were grouped into 44 food groups, and maternal dietary patterns during pregnancy were identified by principal component analysis. Two dietary patterns were identified: a 'Healthy' and 'Western' pattern (Supplementary Table), corresponding to the first and second component of the principal component analysis, which explained 10.8% and 6.8%, respectively, of the total variance. Finally, for each participant, a score was calculated for each identified pattern.

Feeding practices

At 4, 8 and 12 months, self-reported questionnaires were sent to mothers who reported (1) the type of milk feeding and the date of breast-feeding cessation (if applicable), from which we estimated the duration of any breast-feeding (months) and (2) age of the infant at complementary food (CF) introduction. The type of foods provided to the child at 12 months (that is, ready-prepared baby foods, homemade foods and ready-prepared adult foods) was reported in the 12-month questionnaire along with the frequency of use (1: never, 2: occasionally, 3: regularly and 4: always) for various food groups (dairy products, soups, vegetable and fruit purees, fruit juices, biscuits, cereals and meat). For each category of foods, the average frequency of use was calculated, with higher scores indicating more frequent use.

Sample selection

The different sample selection steps at 8 and at 12 mo are described in Figures 1a and b, respectively. Of the infants with a recorded birth weight, those without food records or with food records considered invalid by the dietician (insufficient data reported) at 8 months were excluded. Infants who were still breast-fed at 8 months were excluded from the analyses, as breast milk intake could not be assessed from the dietary records, leading to a sample of 1275 infants. Similar sample selection steps were applied for the analyses at 12 months, leading to a sample of 1219 infants. For the sub-analysis, accounting for infant-feeding practices and maternal diet during pregnancy, infants with missing or invalid data related to maternal dietary patterns were excluded, leading to a subsample of 1124 infants at 8 months and 1074 infants at 12 months.

At 8 months, compared with non-breast-fed infants ($n = 1275$), breast-fed infants ($n = 186$) had older mothers, with a higher education level (> 2 years of university degree: 46.0 vs 35.4%; $P = 0.02$) and a lower likelihood of smoking during pregnancy (12.0 vs 23.3%; $P < 0.001$).

Finally, at 8 months, compared with the included infants ($n = 1275$), the excluded infants ($n = 632$) were more likely to be born to a single mother (7.4 vs 4.1%, $P = 0.002$) who was multiparous (57.6 vs 36.3%, $P < 0.0001$), had a lower educational level ($< \text{high school}$: 38.3 vs 23.4%, $P < 0.0001$) or had a lower household income (< 1501 € per month: 25.0 vs 12.5%, $P < 0.0001$). No differences were found regarding infant sex, recruitment centre, birth weight, maternal body mass index, maternal age and maternal smoking between included and excluded infants (all $P > 0.05$).

Statistical methods

Linear and logistic regressions were performed to identify the factors related to (1) infant carbohydrate or fat intake and (2) consumption (yes vs no) of added sugar or added fat. Carbohydrate and fat intakes were adjusted for EI using the nutrient density method.^{32,33}

All factors significantly ($P < 0.05$) related to at least one of the outcomes in the bivariate analysis at 8 months or at 12 months were included in the multivariable analysis. The first model included the following variables: recruitment centre, infant sex, gestational age, birth weight, maternal age, parity, educational attainment, household income, gestational diabetes and smoking status during pregnancy. The second model included all variables from the first model as well as maternal dietary patterns scores ('Healthy' and 'Western'), breast-feeding duration and age at CF introduction. The third model was performed at 12 months on a subsample of

Table 1. Characteristics of the sample at 8 and 12 months in the EDEN cohort study, after exclusion of children still breast-fed at 8 and 12 months, respectively^a

	At 8 Months ($n = 1\ 275$)	At 12 Months ($n = 1\ 219$)
Poitiers centre (%)	48.8 (622)	47.0 (572)
<i>Infant characteristics</i>		
Boys (%)	51.8 (661)	52.2 (636)
Preterm birth (% < 37 week)	5.4 (69)	5.4 (66)
Gestational age, week	39.3 ± 1.7	39.3 ± 1.7
Birth weight, kg	3.3 ± 0.5	3.3 ± 0.5
<i>Maternal characteristics</i>		
Maternal age at delivery, year	29.6 ± 4.7	29.9 ± 4.6
Primiparous (%)	47.9 (611)	47.0 (573)
Maternal BMI before pregnancy, kg/m^2 (%)		
< 18.5	8.5 (109)	7.9 (94)
(18.5–24.9)	65.7 (837)	67.2 (822)
(25–29.9)	17.6 (224)	16.7 (204)
≥ 30	8.2 (105)	8.2 (99)
Maternal educational attainment (%)		
$< \text{High school diploma}$	23.4 (298)	20.1 (245)
High school diploma	18.3 (234)	18.0 (219)
2-Year university degree	22.8 (291)	23.5 (286)
$> 2\text{-Year university degree}$	35.4 (452)	38.5 (469)
Monthly household income, € (%)		
< 1501	12.5 (159)	9.1 (111)
(1501–2300)	28.9 (368)	29.2 (356)
(2301–3000)	28.0 (357)	28.7 (350)
> 3000	30.7 (391)	33.0 (402)
Single mother (%)	4.1 (52)	2.9 (35)
Gestational diabetes (%)	6.4 (82)	6.5 (79)
Maternal smoking during pregnancy (%)	23.3 (297)	21.7 (265)
<i>Feeding practices</i>		
Any breast-feeding duration, month (%)		
Never	28.7 (366)	26.5 (323)
< 3	31.1 (397)	29.0 (354)
(3–5.9)	23.7 (302)	22.5 (274)
≥ 6	16.5 (210)	22.0 (268)
Age at complementary feeding, month (%)		
< 4	32.1 (409)	28.8 (351)
(4–6)	41.4 (528)	40.5 (494)
> 6	26.5 (338)	30.7 (374)
Use of different type of foods at 12 months ($n = 1003$; scores 1–4)		
Ready-prepared baby foods	—	2.4 ± 0.6
Ready-prepared adult foods	—	1.6 ± 0.4
Homemade foods	—	1.9 ± 0.5
<i>Infant diet</i>		
Energy intake, kcal	751 ± 110	817 ± 132
Carbohydrate intake		
g/d	106 ± 19	114 ± 22
Contribution to EI (%EI)	56.2 ± 4.8	56.0 ± 5.7
$< 45\%$ energy intake (%)	2.1 (27)	4.3 (53)
$\geq 45\%$ energy intake (%)	97.9 (1248)	95.7 (1166)
Consumer of added sugar (%)	30.1 (384)	39.3 (479)
Fat intake		
g/d	26 ± 5	27 ± 6
Contribution to EI (%EI)	31.4 ± 4.3	29.7 ± 4.8
$< 35\%$ energy intake (%)	70.8 (903)	87.8 (1070)
(35–39%) energy intake (%)	24.2 (308)	10.3 (125)
$\geq 40\%$ energy intake (%)	5.0 (64)	2.0 (24)
Consumer of added fat (%)	15.5 (198)	27.1 (330)

Abbreviations: BMI, body mass index; EI, energy intake. ^aValues are the mean $\pm$ s.d. or % (n).

participants ($n = 884$), with further adjustment for the use of different types of foods.

Variables with $< 5\%$ missing data (parity, 0.2%; gestational diabetes, 0.1%; maternal smoking, 1.2%; education attainment, 1.4%; and income,

0.6%) were imputed using either median values when the variables were continuous or the modal value otherwise.

All analyses were conducted with the SAS software (version 9.3; SAS Institute, Cary, NC, USA). The level of significance was set at $P < 0.05$.

RESULTS

Characteristics of the main sample are presented in Table 1. Approximately 56% of the EI was provided by carbohydrates at both ages, whereas 31.4% and 29.7% of the EI was provided by fat at 8 and 12 months, respectively. Among the 8-month-old infants, only 5.0% had a contribution of fat to energy intake that was equal to or higher than 40.0%, 24.2% had a contribution of fat between 35.0 and 40.0%, and 70.8% had a contribution of fat lower than 35.0%. At 12 months, these corresponding proportions were, respectively, 2.0, 10.3 and 87.8%. In contrast, more than 95% of infants at both 8 and 12 months had a contribution of carbohydrate to energy of at least 45%. At 8 and 12 months, 30.1 and 39.3% of the infants, respectively, were consuming added sugar, and 15.5 and 27.1% were consuming added fat.

Influence of infant and maternal characteristics

Neither carbohydrate/fat intake nor consumption of added sugar/added fat was significantly associated with birth weight, gestational age, household income or maternal smoking status during pregnancy in the multi-adjusted models (Tables 2 and 3).

At 8 and 12 months, infants living in Poitiers were more likely to have a higher carbohydrate intake, a lower fat intake and to be consumers of added fat. Infants living in Poitiers were also more likely to be consumers of added sugars at 8 months, but not at 12 months.

At 8 mo, lower fat intake was associated with lower maternal educational attainment (p -trend = 0.0001) (Table 2), and consuming added sugar was positively associated with being a boy (Table 3). At 12 months, consuming added sugar was associated with having a multiparous mother (Table 3).

Influence of feeding practices and maternal dietary patterns

After further adjustment for feeding practices and maternal dietary patterns during pregnancy, the associations of carbohydrate intake and consumption of added sugar at both ages with infant and maternal characteristics remained unchanged (data not shown). Nevertheless, the association with parity was no longer significant.

Breast-feeding duration was not significantly associated with either carbohydrate/fat intake or consumption of added sugar/added fat (Tables 4 and 5).

At 8 months, a later age of CF introduction was negatively associated with carbohydrate intake (p -trend < 0.0001) and positively associated with fat intake (p -trend < 0.0001) (Table 4). At 12 months, higher carbohydrate intake was associated with maternal 'Western' dietary pattern scores during pregnancy, with

Table 2. Associations between infant/maternal characteristics and infant carbohydrate or fat intake, at 8 and 12 months

	8 Months (n = 1 275)		12 Months (n = 1 219)	
	Carbohydrate intake (%EI)	Fat intake (%EI)	Carbohydrate intake (%EI)	Fat intake (%EI)
	β (95% CI)	β (95% CI)	β (95% CI)	β (95% CI)
Recruitment centre				
Nancy	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)
Poitiers	0.8 (0.2; 1.3)	-1.0 (-1.4; -0.5)	1.0 (0.4; 1.7)	-1.3 (-1.8; -0.7)
Infant characteristics				
Infant's gender				
Girl	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)
Boy	0.3 (-0.3; 0.8)	-0.3 (-0.7; 0.2)	0.1 (-0.6; 0.8)	-0.3 (-0.8; 0.3)
Gestational age (week)	0.1 (-0.1; 0.3)	-0.1 (-0.3; 0.1)	-0.0 (-0.2; 0.2)	-0.0 (-0.2; 0.2)
Birth weight (kg)	-0.3 (-1.0; 0.3)	0.2 (-0.4; 0.8)	-0.2 (-1.0; 0.7)	0.1 (-0.6; 0.7)
Maternal characteristics				
Maternal age at delivery (year)	-0.0 (-0.1; 0.04)	0.1 (-0.01; 0.1)	0.1 (-0.01; 0.1)	-0.0 (-0.1; 0.03)
Primiparous				
Yes	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)
No	0.0 (-0.6; 0.6)	-0.4 (-1.1; 0.2)	-0.6 (-1.3; 0.2)	0.1 (-0.5; 0.7)
Maternal educational attainment	$P = 0.14$	$P = 0.001$	$P = 0.74$	$P = 0.35$
< High school diploma	0.8 (0.02; 1.7)	-1.4 (-2.1; -0.7)	0.1 (-1.0; 1.1)	-0.4 (-1.2; 0.5)
High school diploma	0.8 (0.03; 1.7)	-0.8 (-1.6; -0.1)	0.4 (-0.6; 1.4)	-0.5 (-1.3; 0.3)
2-Year university degree	0.5 (-0.2; 1.2)	-0.4 (-1.1; 0.2)	-0.2 (-1.0; 0.7)	0.3 (0.5; 1.0)
> 2-Year university degree	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)
Monthly household income	$P = 0.30$	$P = 0.15$	$P = 0.53$	$P = 0.27$
< 1501 €	0.9 (-0.2; 1.9)	-0.8 (-1.7; 0.2)	-0.1 (-1.5; 1.3)	-0.4 (-1.6; 0.7)
(1501–2300 €)	0.7 (-0.1; 1.5)	-0.8 (-1.5; -0.1)	0.5 (-0.4; 1.5)	-0.8 (-1.6; 0.003)
(2301–3000 €)	0.4 (-0.3; 1.1)	-0.3 (-0.9; 0.3)	0.4 (-0.4; 1.3)	-0.4 (-1.1; 0.3)
> 3000 €	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)
Gestational diabetes				
No	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)
Yes	0.9 (-0.1; 2.0)	-0.9 (-1.9; 0.04)	0.6 (-0.8; 1.9)	-0.2 (-1.3; 0.9)
Smoking status				
Non-smoker	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)
Smoking during pregnancy	0.1 (-0.5; 0.7)	-0.3 (-0.9; 0.3)	0.6 (-0.2; 1.4)	-0.3 (-1.0; 0.4)

Abbreviations: CI, confidence interval; EI, energy intake. Multivariable linear regressions, also adjusted for total EI.

Table 3. Associations between infant/maternal characteristics and consumption of added sugar or added fat at 8 and 12 months.

	8 Months (n = 1 275)		12 Months (n = 1 219)	
	Consumer of added sugar	Consumer of added fat	Consumer of added sugar	Consumer of added fat
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
<i>Recruitment centre</i>				
Nancy	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)
Poitiers	1.3 (1.04; 1.7)	2.5 (1.9; 3.4)	1.1 (0.9; 1.4)	1.4 (1.1; 1.9)
<i>Infant characteristics</i>				
Infant's gender				
Girl	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)
Boy	1.3 (1.04; 1.7)	1.2 (0.8; 1.6)	1.3 (0.98; 1.6)	1.0 (0.7; 1.3)
Gestational age (week)	1.0 (0.9; 1.1)	1.1 (0.98; 1.3)	1.0 (0.9; 1.1)	1.1 (0.98; 1.2)
Birth weight (kg)	1.3 (0.96; 1.8)	0.9 (0.6; 1.4)	1.1 (0.8; 1.4)	0.8 (0.6; 1.1)
<i>Maternal characteristics</i>				
Maternal age at delivery (y)	1.0 (0.98; 1.0)	1.0 (0.98; 1.1)	1.0 (0.99; 1.1)	1.0 (1.01; 1.1)
Primiparous				
Yes	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)
No	1.0 (0.8; 1.3)	1.1 (0.8; 1.6)	1.3 (1.01; 1.7)	1.3 (0.98; 1.7)
Maternal education attainment	<i>P</i> = 0.07	<i>P</i> = 0.08	<i>P</i> = 0.81	<i>P</i> = 0.57
< High school diploma	1.3 (0.9; 1.9)	0.6 (0.4; 1.02)	1.1 (0.8; 1.6)	0.9 (0.6; 1.3)
High school diploma	1.1 (0.8; 1.6)	0.7 (0.4; 1.2)	1.2 (0.8; 1.7)	0.8 (0.5; 1.2)
2-Year university degree	0.8 (0.5; 1.1)	1.1 (0.8; 1.7)	1.1 (0.8; 1.5)	1.0 (0.7; 1.5)
> 2-Year university degree	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)
Monthly household income	<i>P</i> = 0.06	<i>P</i> = 0.41	<i>P</i> = 0.56	<i>P</i> = 0.52
< 1501 €	1.7 (1.02; 2.7)	1.3 (0.7; 2.4)	1.4 (0.9; 2.3)	1.1 (0.7; 2.0)
(1501–2300 €)	1.3 (0.9; 1.8)	1.5 (0.9; 2.4)	1.1 (0.8; 1.6)	1.3 (0.9; 1.9)
(2301–3000 €)	0.9 (0.7; 1.3)	1.2 (0.8; 1.8)	1.2 (0.8; 1.6)	1.0 (0.7; 1.4)
> 3000 €	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)
Gestational diabetes				
No	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)
Yes	1.2 (0.7; 1.9)	1.2 (0.6; 2.1)	0.9 (0.5; 1.4)	0.9 (0.5; 1.5)
Smoking status				
Non-smoker	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)
Smoking during pregnancy	1.2 (0.9; 1.6)	0.8 (0.5; 1.2)	1.1 (0.9; 1.5)	1.1 (0.8; 1.5)

Abbreviations: CI, confidence interval; OR, odds ratio. Multivariable logistic regressions.

the use of ready-prepared baby foods, whereas lower carbohydrate intake was associated with the use of ready-prepared adult food. At 12 months, lower fat intake was associated with the use of ready-prepared baby foods and the use of homemade foods.

At 8 months, consuming added fat was negatively associated with maternal 'Western' dietary pattern scores during pregnancy (Table 5). At 8 months, being a consumer of added sugar was positively associated with maternal 'Healthy' dietary pattern scores and negatively associated with a later age of CF introduction (*p-trend* = 0.01). At 12 months, consuming added fat was positively associated with an early age of CF introduction (*p-trend* = 0.0007) and positively associated with the use of homemade foods. At 12 months, being a consumer of added sugar was positively associated with an early age of CF introduction and the use of CFs regardless of the type of food provided; however, the association was stronger for ready-prepared adult foods.

Additional adjustments for the WHO's body mass index or weight-for-age z-scores did not modify the associations (data not shown). Additional adjustment for protein intake (expressed as a percentage of energy intake) did not modify the associations for fat intake, and the factors associated with carbohydrate intake were the same as those associated with fat intake but in opposite directions.

DISCUSSION

The present study showed that < 5% of non-breast-fed infants in the EDEN study reached the recommendation of consuming > 40% of their EI from fat. Moreover, consumers of added fats

represented less than a sixth of the infants at 8 mo and less than a third at 12 mo. In contrast, almost all infants had a carbohydrate intake higher than 45% of their EI at 8 and 12 mo. Moreover, more than 30% of infants consumed added sugar (including sweetened beverages). Finally, infant and maternal characteristics and maternal dietary patterns were marginally associated with both carbohydrate/added sugar and fat/added fat intake.

The fat intake of non-breast-fed infants in the EDEN mother-child study (31.4 and 29.7% of EI at 8 and 12 months, respectively) was below the 36% fat intake among the non-breast-fed infants aged 8–9 mo and the 34% intake among infants aged 10–12 mo observed in 2005 in another French sample³⁴ and was also lower than the 35.7% estimation in a German sample of 12-month olds.³⁵ The estimation of fat intake would probably have been higher if breast-fed children had been included in the sample, as previous studies have reported a higher fat intake after 6 months of age among breast-fed vs non-breast-fed infants.^{36,37} One could wonder whether the limited fat intake in this sample was related to the fact that the study was only based on currently non-breast-fed infants at 8 and 12 months.

A comparison of breast milk and formula compositions may partly inform on the potential differences in breast-feeding practices. Grote *et al.*³⁸ estimated that the fat content of breast milk was 3.0 g/100 ml and that the carbohydrate content was 7.8 g per 100 ml. The average composition of the formula consumed by infants in our sample was 3.1–3.4 g per 100 ml of fat and 7.8–8.3 g per 100 ml of carbohydrate in the infant formula and follow-on formula, respectively. These differences in composition

Table 4. Associations between maternal dietary patterns, feeding practices and infant's carbohydrate or fat intake, at 8 and 12 months

	8 Months (n = 1 124)		12 Months (n = 1 074)	
	Carbohydrate intake (%EI)	Fat intake (%EI)	Carbohydrate intake (%EI)	Fat intake (%EI)
	β (95% CI)	β (95% CI)	β (95% CI)	β (95% CI)
<i>Maternal dietary patterns during pregnancy (PCA scores)</i>				
1. Healthy	-0.1 (-0.4; 0.2)	0.1 (-0.2; 0.4)	0.2 (-0.2; 0.5)	-0.2 (-0.5; 0.1)
2. Western	0.3 (-0.02; 0.6)	-0.2 (-0.4; 0.1)	0.4 (0.003; 0.8)	-0.1 (-0.5; 0.2)
<i>Feeding practices</i>				
Any breast-feeding duration (month)	<i>P</i> = 0.33	<i>P</i> = 0.26	<i>P</i> = 0.70	<i>P</i> = 0.40
Never	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)
< 3 months	0.3 (-0.5; 1.0)	0.1 (-0.8; 0.5)	0.4 (-0.6; 1.3)	-0.2 (-1.0; 0.6)
(3–5.9) months	0.6 (-0.2; 1.4)	-0.3 (-1.0; 0.4)	0.6 (-0.5; 1.6)	-0.5 (-1.3; 0.3)
≥ 6 months	-0.1 (-1.0; 0.8)	0.4 (-0.4; 1.2)	0.2 (-0.9; 1.2)	0.2 (-0.7; 1.1)
Age at complementary feeding (month)	<i>P</i> < 0.0001	<i>P</i> < 0.0001	<i>P</i> = 0.73	<i>P</i> = 0.02
< 4 months	0.7 (0.1; 1.4)	-1.0 (-1.6; -0.4)	-0.2 (-1.1; 0.6)	-0.7 (-1.4; 0.04)
(4–6) months	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)	0.0 (Ref)
> 6 months	-1.4 (-2.1; -0.7)	1.8 (1.2; 2.4)	-0.3 (-1.2; 0.5)	0.4 (-0.3; 1.1)
			<i>n</i> = 884	<i>n</i> = 884
<i>Use of different type of foods at 12 mo (scores 1–4)</i>				
Ready-prepared baby foods			2.7 (2.0; 3.5)	-1.5 (-2.2; -0.9)
Ready-prepared adult foods			-2.0 (-2.9; -1.1)	0.5 (-0.3; 1.3)
Homemade foods			0.1 (-0.7; 0.9)	-0.8 (-1.5; -0.1)

Abbreviations: CI, confidence interval; EI, energy intake; PCA, principal component analysis. Multivariable linear regressions, also adjusted for recruitment centre, infant's gender, gestational age, birth weight, maternal age at delivery, being primiparous, gestational diabetes, maternal educational attainment, household income, smoking status during pregnancy and EI.

Table 5. Association between maternal dietary patterns, feeding practices and consumption of added sugar or added fat, at 8 and 12 months.

	8 Months (n = 1124)		12 Months (n = 1074)	
	Consumer of added sugar	Consumer of added fat	Consumer of added sugar	Consumer of added fat
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
<i>Maternal dietary patterns during pregnancy (PCA scores)</i>				
1. Healthy	1.2 (1.03; 1.4)	1.2 (0.97; 1.4)	1.0 (0.9; 1.2)	1.1 (0.97; 1.3)
2. Western	1.0 (0.9; 1.1)	0.8 (0.7; 0.97)	1.0 (0.8; 1.1)	1.0 (0.9; 1.2)
<i>Feeding practices</i>				
Any breast-feeding duration (month)	<i>P</i> = 0.90	<i>P</i> = 0.15	<i>P</i> = 0.75	<i>P</i> = 0.52
Never	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)
< 3	1.1 (0.8; 1.6)	0.9 (0.6; 1.5)	1.1 (0.8; 1.5)	1.0 (0.7; 1.4)
(3–5.9)	1.0 (0.7; 1.4)	1.2 (0.8; 2.0)	1.2 (0.8; 1.8)	1.2 (0.8; 1.9)
≥ 6	1.1 (0.7; 1.7)	1.6 (0.98; 2.8)	1.2 (0.8; 1.7)	1.2 (0.8; 1.9)
Age at complementary feeding (month)	<i>P</i> = 0.0005	<i>P</i> = 0.09	<i>P</i> = 0.005	<i>P</i> = 0.002
< 4	1.4 (0.99; 1.9)	1.0 (0.6; 1.5)	1.6 (1.2; 2.2)	1.7 (1.2; 2.4)
(4–6)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)	1.0 (Ref)
> 6	0.6 (0.4; 0.9)	0.6 (0.4; 0.99)	1.0 (0.7; 1.3)	1.0 (0.7; 1.4)
			<i>n</i> = 884	<i>n</i> = 884
<i>Use of different types of foods at 12 months (scores 1–4)</i>				
Ready-prepared baby foods			1.7 (1.2; 2.3)	0.9 (0.6; 1.2)
Ready-prepared adult foods			3.9 (2.6; 5.8)	1.1 (0.7; 1.6)
Homemade foods			2.5 (1.8; 3.6)	3.5 (2.4; 5.1)

Abbreviations: CI, confidence interval; OR, odds ratio; PCA, principal component analysis. Multivariable logistic regressions, also adjusted for recruitment centre, infant's gender, gestational age, birth weight, maternal age at delivery, being primiparous, gestational diabetes, maternal educational attainment, household income and smoking status during pregnancy.

between formula and breast milk appear therefore limited. Thus, the use of formula cannot explain alone that fat intake levels were lower than that recommended in this sample of non-breast-fed infants. The global consumption pattern has to be considered to

understand the low fat intake in this sample, and this pattern could differ between breast-fed and non-breast-fed infants. Here, however, intake could not be estimated in currently breast-fed infants, who had to be excluded from the analyses.

Among non-breast-fed children, our findings revealed that fat intake was negatively associated with lower maternal educational attainment at 8 mo. This result is consistent with findings from the ALSPAC cohort, which showed that maternal education was a strong determinant of infant diet and especially of a better adherence to complementary feeding guidelines.³⁹

In the present study, boys were more likely than girls to consume added sugar at 8 months but not at 12 months. To our knowledge, no previous study has investigated sex differences in added sugar consumption during infancy. Nevertheless, sex differences in infant dietary pattern scores were observed.¹⁷ A previous study showed that boys had higher scores for the 'Meats, vegetables and desserts' patterns at 6 months but not at 15 months.¹⁷ This could suggest differences in food liking between boys and girls as observed in later childhood,⁴⁰ but the available evidence during infancy is scarce.

We found that infants with older siblings were more likely to be consumers of added sugar (at 12 months). This result is in agreement with previous studies, highlighting the similar macronutrient intakes of families frequently sharing the same meals,^{41,42} as well as the parental and sibling modelling role.¹⁶

Finally, in a subsample, we observed that using ready-prepared baby foods was associated with higher carbohydrate intake and lower fat intake at 12 months. Consistent with our results, Smithers *et al.* found that a higher score in the ready-prepared baby foods dietary pattern at 6 months was related to a lower fat intake and higher carbohydrate intake at 8 mo.⁴³ As a potential explanation, it has been suggested that ready-prepared baby foods are composed of higher proportions of carbohydrates than homemade food.^{44,45}

We should acknowledge some limitations of this study. First, as in most cohort studies, our study population was relatively highly educated and had higher household incomes than the national average. Moreover, families in our study were only recruited from two French cities. Consequently, we should use caution regarding the generalisability of our results. Second, the data only pertained to non-breast-fed infants because only the frequency of breast milk feeding was available, not the ingested amount. Third, as the food content in free sugar as defined by the WHO was not available in the food composition databases or on food packaging, distinguishing free sugar intake from intrinsic sugars (« sugars incorporated within the structure of intact fruit and vegetables ») or from sugars from milk intake (« lactose and galactose ») was not possible in the present study.¹² In the future, to evaluate whether recommendations regarding free sugars are reached, improvements are needed to better inform consumers of the free sugar content by including this information in food nutritional labels as well as in food composition databases.

To conclude, this study suggests an insufficient fat intake among non-breast-fed infants at both 8 and 12 months. However, more recent data on the achievement of fat recommendations during infancy are needed in a nationally representative sample to monitor fat intake during infancy. Furthermore, as we did not identify subgroups of the population with a higher risk of inadequate infant diet, our findings call for an improved diffusion of recommendations for infant-feeding practices throughout the entire population. To increase infant fat intake, mothers should be encouraged to add fat to the foods they offer to their infant. In contrast, mother should be discouraged from adding sugar because early repeated exposure to sweet taste has been shown to heighten sweet liking and intake in later childhood.^{46,47} Considering the fact that early nutritional context affects growth and later development of obesity, it would be of great interest to investigate the impact of early carbohydrate and fat intake both on children's later behaviour⁴⁸ and their weight status.^{4,5}

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are indebted to the participating families, the midwife research assistants (Lorraine Douhaud, Sophie Bedel, Brigitte Lortholary, Sophie Gabriel, Muriel Rogeon and Monique Malinbaum) for data collection, and Patricia Lavoine, Josiane Sahuquillo and Ginette Debotte for checking, coding and data entry. The EDEN mother-child cohort study group includes I Annesi-Maesano, JY Bernard, J Botton, MA Charles, P Dargent-Molina, B de Lauzon-Guillain, P Ducimetière, M de Agostini, B Foliguet, A Forhan, X Fritel, A Germa, V Goua, R Hankard, B Heude, M Kaminski, B Larroque, N Lelong, J Lepeule, G Magnin, L Marchand, C Nabet, F Pierre, R Slama, MJ Saurel-Cubizolles, M Schweitzer and O Thiebaugeorges. We thank the Information Centre on Food Quality (CIQUAL), unit of ANSES (French agency for food and environmental and occupational health safety) and the French baby foods industry group (SFAE) for providing, respectively, the 2006 French food composition database and the 2005 French baby foods composition database. Supported by grant from the Dicit métaprogramme of INRA ('SweetLip-kid' project to SN; doctoral fellowship to WLY). The EDEN cohort study is supported by Foundation for Medical Research (FRM), National Agency for Research (ANR), National Institute for Research in Public Health (IRES: TGIS cohorte santé 2008 programme), French Ministry of Health (DGS), French Ministry of Research, Inserm Bone and Joint Diseases National Research (PRO-A) and Human Nutrition National Research Programmes, Paris-Sud University, Nestlé, French National Institute for Population Health Surveillance (InVS), French National Institute for Health Education (INPES), the European Union FP7 programmes (FP7/2007-2013, HELIX, ESCAPE, ENRIECO, Medall projects), Diabetes National Research Programme (through a collaboration with the French Association of Diabetic Patients (AFD)), French Agency for Environmental Health Safety (now ANSES), Mutuelle Générale de l'Éducation Nationale (MGEN), French National Agency for Food Security and the French-speaking association for the study of diabetes and metabolism (ALFEDIAM). Funders had no influence of any kind on analyses or result interpretation.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors' responsibilities were as follows—The EDEN mother-child cohort study group, coordinated by BH, was responsible for study design and data collection. BLG and SN were involved in all aspects from study conception to manuscript writing. WLY and AF participated in data management for the present analysis. WLY analysed and interpreted the data and wrote the initial draft of the manuscript. SN, SL, CL, BH, MAC and BLG critically reviewed all sections of the text for important intellectual content. All authors had full access to all of the data in the study and can take responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis. All authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

- 1 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. *Guideline* 2010; **91**: 1–166.
- 2 Uauy R, Dangour AD. Fat and fatty acid requirements and recommendations for infants of 0–2 years and children of 2–18 years. *Ann Nutr Metab* 2009; **55**: 76–96.
- 3 EFSA Panel on Dietetic Products N, and Allergies (NDA). Scientific opinion on dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA J* **8**: 1461.
- 4 Rolland-Cachera MF, Maillot M, Deheeger M, Souberbielle JC, Peneau S, Hercberg S. Association of nutrition in early life with body fat and serum leptin at adult age. *Int J Obes* 2013; **37**: 1116–1122.
- 5 Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Akrouf M, Bellisle F. Influence of macronutrients on adiposity development: a follow up study of nutrition and growth from 10 months to 8 years of age. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995; **19**: 573–578.
- 6 Scaglioni S, Agostoni C, De Notaris R, Radaelli G, Radice N, Valenti M *et al.* Early macronutrient intake and overweight at five years of age. *Int J Obes* 2000; **24**: 777–781.
- 7 Stephen A, Alles M, de Graaf C, Fleith M, Hadjilucas E, Isaacs E *et al.* The role and requirements of digestible dietary carbohydrates in infants and toddlers. *Eur J Clin Nutr* 2012; **66**: 765–779.
- 8 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Carbohydrates in human nutrition. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Congresses.

- FAO Food and Nutrition Paper No. 66 Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, 1998.
- 9 World Health Organization (WHO). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation. Geneva: WHO technical report series; 916, 2003.
- 10 Mann J, Cummings JH, Englyst HN, Key T, Liu S, Riccardi G et al. FAO/WHO scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. *Eur J Clin Nutr* 2007; **61**: S132–S137.
- 11 EFSA Panel on Dietetic Products NaA. Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA J* 2010; **8**: 14–62.
- 12 World Health Organization (WHO). Guideline: sugars intake for adults and children. Geneva: World Health Organization, 2015.
- 13 Kieft-de Jong JC, de Vries JH, Bleeker SE, VWW Jaddoe, Hofman A, Raat H et al. Socio-demographic and lifestyle determinants of 'Western-like' and 'Health conscious' dietary patterns in toddlers. *Br J Nutr* 2013; **109**: 137–147.
- 14 Bell LK, Golley RK, Daniels L, Magarey AM. Dietary patterns of Australian children aged 14 and 24 months, and associations with socio-demographic factors and adiposity. *Eur J Clin Nutr* 2013; **67**: 638–645.
- 15 Okubo H, Miyake Y, Sasaki S, Tanaka K, Murakami K, Hirota Y et al. Dietary patterns in infancy and their associations with maternal socio-economic and lifestyle factors among 758 Japanese mother-child pairs: the Osaka Maternal and Child Health Study. *Matern Child Nutr* 2014; **10**: 213–225.
- 16 Robinson S, Marriott L, Poole J, Crozier S, Borland S, Lawrence W et al. Dietary patterns in infancy: the importance of maternal and family influences on feeding practice. *Br J Nutr* 2007; **98**: 1029–1037.
- 17 Smithers LG, Brazionis L, Golley RK, Mittinty MN, Northstone K, Emmett P et al. Associations between dietary patterns at 6 and 15 months of age and socio-demographic factors. *Eur J Clin Nutr* 2012; **66**: 658–666.
- 18 Brazionis L, Golley RK, Mittinty MN, Smithers LG, Emmett P, Northstone K et al. Characterization of transition diets spanning infancy and toddlerhood: a novel, multiple-time-point application of principal components analysis. *Am J Clin Nutr* 2012; **95**: 1200–1208.
- 19 Lioret S, Betoko A, Forhan A, Charles MA, Heude B, de Lauzon-Guillain B et al. Dietary patterns track from infancy to preschool age: cross-sectional and longitudinal perspectives. *J Nutr* 2015; **145**: 775–782.
- 20 Lioret S, McNaughton SA, Spence AC, Crawford D, Campbell KJ. Tracking of dietary intakes in early childhood: the Melbourne INFANT Program. *Eur J Clin Nutr* 2013; **67**: 275–281.
- 21 dos Santos Barroso G, Sichieri R, Salles-Costa R. Relationship of socio-economic factors and parental eating habits with children's food intake in a population-based study in a metropolitan area of Brazil. *Public Health Nutr* 2014; **17**: 156–161.
- 22 Briefel R, Ziegler P, Novak T, Ponza M. Feeding infants and toddlers study: characteristics and usual nutrient intake of hispanic and non-hispanic infants and toddlers. *J Am Diet Assoc* 2006; **106**: S84–S95.
- 23 Gatica G, Barros AJ, Madruga S, Matijasevich A, Santos IS. Food intake profiles of children aged 12, 24 and 48 months from the 2004 Pelotas (Brazil) birth cohort: an exploratory analysis using principal components. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2012; **9**: 43.
- 24 Aranceta J, Perez-Rodrigo C, Ribas L, Serra-Majem L. Sociodemographic and lifestyle determinants of food patterns in Spanish children and adolescents: the enKid study. *Eur J Clin Nutr* 2003; **57**: S40–S44.
- 25 Dubois L, Farmer A, Girard M, Burnier D, Porcherie M. Demographic and socio-economic factors related to food intake and adherence to nutritional recommendations in a cohort of pre-school children. *Public Health Nutr* 2011; **14**: 1096–1104.
- 26 Kranz S, Siega-Riz AM. Sociodemographic determinants of added sugar intake in preschoolers 2 to 5 years old. *J Pediatr* 2002; **140**: 667–672.
- 27 North K, Emmett P. Multivariate analysis of diet among three-year-old children and associations with socio-demographic characteristics. The Avon Longitudinal Study of Pregnancy and Childhood (ALSPAC) Study Team. *Eur J Clin Nutr* 2000; **54**: 73–80.
- 28 Northstone K, Emmett P. Multivariate analysis of diet in children at four and seven years of age and associations with socio-demographic characteristics. *Eur J Clin Nutr* 2005; **59**: 751–760.
- 29 Heude B, Forhan A, Slama R, Douhaud L, Bedel S, Saurel-Cubizolles MJ et al. Cohort Profile: The EDEN mother-child cohort on the prenatal and early postnatal determinants of child health and development. *Int J Epidemiol* 2015; **45**: 353–363.
- 30 ANSES. French food composition table [internet] France: French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES); 2015; Available at: <https://pro.anses.fr/tableciquil/index.htm> (accessed 05 November 2015).
- 31 Deschamps V, de Lauzon-Guillain B, Lafay L, Borys JM, Charles MA, Romon M. Reproducibility and relative validity of a food-frequency questionnaire among French adults and adolescents. *Eur J Clin Nutr* 2009; **63**: 282–291.
- 32 Thiebaut A, Kesse E, Com-Nougue C, Clavel-Chapelon F, Benichou J. Ajustement sur l'apport énergétique dans l'évaluation des facteurs de risque alimentaires (Adjustment for energy intake in the assessment of dietary risk factors). *Rev Epidemiol Sante Publique* 2004; **52**: 539–557.
- 33 Willett W, Stampfer MJ. Total energy intake: implications for epidemiologic analyses. *Am J Epidemiol* 1986; **124**: 17–27.
- 34 Fantino M, Gourmet E. Apports nutritionnels en France en 2005 chez les enfants non allaités âgés de moins de 36 mois (Nutrient intakes in 2005 by non-breast fed French children of less than 36 months). *Arch Pediatr* 2008; **15**: 446–455.
- 35 Koletzko B, Dokoupil K, Reitmayr S, Weimert-Harendza B, Keller E. Dietary fat intakes in infants and primary school children in Germany. *Am J Clin Nutr* 2000; **72**: 1392S–1398S.
- 36 Michaelsen KF. Nutrition and growth during infancy. The Copenhagen Cohort Study. *Acta Paediatr Suppl* 1997; **420**: 1–36.
- 37 Conn JA, Davies MJ, Walker RB, Moore VM. Food and nutrient intakes of 9-month-old infants in Adelaide, Australia. *Public Health Nutr* 2009; **12**: 2448–2456.
- 38 Grote V, Verduci E, Scaglioni S, Vecchi F, Contarini G, Giovannini M et al. Breast milk composition and infant nutrient intakes during the first 12 months of life. *Eur J Clin Nutr* 2016; **70**: 250–256.
- 39 Emmett PM, Jones LR. Diet and growth in infancy: relationship to socioeconomic background and to health and development in the Avon Longitudinal Study of Parents and Children. *Nutr Rev* 2014; **72**: 483–506.
- 40 Cooke LJ, Wardle J. Age and gender differences in children's food preferences. *Br J Nutr* 2005; **93**: 741–746.
- 41 Vauthier JM, Lluh A, Lecomte E, Artur Y, Herbeth B. Family resemblance in energy and macronutrient intakes: the Stanislas Family Study. *Int J Epidemiol* 1996; **25**: 1030–1037.
- 42 Lioret S, Cameron AJ, McNaughton SA, Crawford D, Spence AC, Hesketh K et al. Association between maternal education and diet of children at 9 months is partially explained by mothers' diet. *Matern Child Nutr* 2013; **11**: 936–947.
- 43 Smithers LG, Golley RK, Brazionis L, Emmett P, Northstone K, Lynch JW. Dietary patterns of infants and toddlers are associated with nutrient intakes. *Nutrients* 2012; **4**: 935–948.
- 44 Elliott CD. Sweet and salty: nutritional content and analysis of baby and toddler foods. *J Public Health* 2011; **33**: 63–70.
- 45 van den Boom S, Kimber AC, Morgan JB. Nutritional composition of home-prepared baby meals in Madrid. Comparison with commercial products in Spain and home-made meals in England. *Acta Paediatr* 1997; **86**: 57–62.
- 46 Beauchamp GK, Moran M. Dietary experience and sweet taste preferences in human infants. *Appetite* 1982; **3**: 139–152.
- 47 Beauchamp GK, Moran M. Acceptance of sweet and salty tastes in 2-year-old children. *Appetite* 1984; **5**: 291–305.
- 48 Schwartz C, Scholtens P, Lalanne A, Weenen H, Nicklaus S. Development of healthy eating habits early in life. Review of recent evidence and selected guidelines. *Appetite* 2011; **57**: 796–807.

Supplementary Information accompanies this paper on European Journal of Clinical Nutrition website (<http://www.nature.com/ejcn>)

Annexe 30. Article 3 issu du Chapitre 1

**Assessing children's liking toward saltiness, sweetness and fattiness sensation:
validation of a questionnaire.**

Lange C*, Yuan WL*, Schoumacker R, Deglaire A, de Lauzon-Guillain B, Chabanet C, Nicklaus S.

*co-premiers auteurs.

Article en intention de soumission à Food Quality and Preference.

International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity

Assessment of liking for saltiness, sweetness and fattiness sensations in children: validation of a questionnaire

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	Assessment of liking for saltiness, sweetness and fattiness sensations in children: validation of a questionnaire
Article Type:	Research
Funding Information:	
Abstract:	Background/objective: Food liking is a driver of food choices. The assessment of children's liking for saltiness, sweetness and fattiness is necessary because these sensations are the main contributors to food palatability. Currently, no validated tool directly assessing children's liking for saltiness, sweetness and fattiness in foods is available; the objective of this study is to validate such a questionnaire for future use in studies that involve children aged 7-12 y. Methods: An 83-item questionnaire validated in adults was adapted for children via vocabulary adaptation, picture addition and removal of little known or consumed items. The adapted questionnaire included 66 items (saltiness, 9; sweetness, 18; fattiness-and-saltiness, 23; and fattiness-and-sweetness, 16) distributed as follows: liking for foods, preferred level of seasoning, preferred drinks in a menu and behaviour-related questions. This questionnaire was launched online, and a paper version was also available. The construct validity was evaluated in 500 French children aged 7-12 y. The adult liking factor structure was initially tested on the children's data to compare the factor structures between adults and children. An exploratory factor analysis (EFA) was subsequently performed to identify the factor structure within each sensation. A confirmatory factor analysis (CFA) facilitated validation of the factor structure. Finally, a bootstrap analysis was performed to ensure the stability of the structure. Results: Liking for saltiness, sweetness, fattiness-and-saltiness and fattiness-and-sweetness sensations showed theoretically meaningful factor structures. After the deletion of 3 items, a one-factor structure was identified for the liking for saltiness (9 items), and multiple-factor structures were identified for the liking for sweetness (16 items), fattiness-and-saltiness (22 items), and fattiness-and-sweetness (16 items). A fattiness model was also estimated based on the liking for fattiness-and-saltiness and fattiness-and-sweetness. Compared with the adult factor structure, the factor structure for children was composed of a smaller number of factors. Conclusion: This self-administered questionnaire, available on line or on paper, enables the creation of a singular factor structure for saltiness, sweetness, fattiness-and-saltiness, fattiness-and-sweetness, and fattiness liking in children. This questionnaire represents the first self-administered tool designed to assess children's liking for sweetness, saltiness and fattiness sensations in large cohorts. Keywords: children, liking, saltiness, sweetness, fattiness, questionnaire
Corresponding Author:	Christine Lange, PhD Centre des Sciences du Gout et de l'Alimentation Dijon, Province FRANCE
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Centre des Sciences du Gout et de l'Alimentation
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Christine Lange, PhD
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Christine Lange, PhD
	Wen Lun Yuan, PhD Student

	Rachel Schumacker, PhD Student
	Amélie Deglaire, PhD
	Blandine de Lauzon-Guillain, PhD
	Sophie Nicklaus, PhD
Order of Authors Secondary Information:	

**Assessment of liking for saltiness, sweetness and fattiness sensations in children:
validation of a questionnaire**

Christine Lange*, Wen Lun Yuan*, Rachel Schoumacker, Amélie Deglaire, Blandine de
Lauzon-Guillain, Claire Chabanet, Sophie Nicklaus

Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, CNRS, INRA, Univ. Bourgogne Franche-
Comté, 21000 Dijon, France (CL, WLY, RS, CC, SN); Inserm, UMR1153, Epidemiology and
Biostatistics Sorbonne Paris Cité Centre (CRESS), Early ORigin of the Child's Health and
Development Team (ORCHAD), Paris, F-75014 France (BLG); Paris Descartes University,
Paris, F-75005 France (BLG); Unité UMR1253 INRA Sciences et technologie de l'œuf (AD)

* CL and WLY contributed equally to this work.

Address correspondence to

Christine Lange
CSGA
Bâtiment Centre des Sciences du Goût
9E Boulevard Jeanne d'Arc
21000 Dijon
E-mail: christine.lange@dijon.inra.fr

Abstract

Background/objective: Food liking is a driver of food choices. The assessment of children's liking for saltiness, sweetness and fattiness is necessary because these sensations are the main contributors to food palatability. Currently, no validated tool directly assessing children's liking for saltiness, sweetness and fattiness in foods is available; the objective of this study is to validate such a questionnaire for future use in studies that involve children aged 7-12 y.

Methods: An 83-item questionnaire validated in adults was adapted for children via vocabulary adaptation, picture addition and removal of little known or consumed items. The adapted questionnaire included 66 items (saltiness, 9; sweetness, 18; fattiness-and-saltiness, 23; and fattiness-and-sweetness, 16) distributed as follows: liking for foods, preferred level of seasoning, preferred drinks in a menu and behaviour-related questions. This questionnaire was launched online, and a paper version was also available. The construct validity was evaluated in 500 French children aged 7-12 y. The adult liking factor structure was initially tested on the children's data to compare the factor structures between adults and children. An exploratory factor analysis (EFA) was subsequently performed to identify the factor structure within each sensation. A confirmatory factor analysis (CFA) facilitated validation of the factor structure. Finally, a bootstrap analysis was performed to ensure the stability of the structure.

Results: Liking for saltiness, sweetness, fattiness-and-saltiness and fattiness-and-sweetness sensations showed theoretically meaningful factor structures. After the deletion of 3 items, a one-factor structure was identified for the liking for saltiness (9 items), and multiple-factor structures were identified for the liking for sweetness (16 items), fattiness-and-saltiness (22 items), and fattiness-and-sweetness (16 items). A fattiness model was also estimated based on the liking for fattiness-and-saltiness and fattiness-and-sweetness. Compared with the adult factor structure, the factor structure for children was composed of a smaller number of factors.

Conclusion: This self-administered questionnaire, available on line or on paper, enables the

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

26 creation of a singular factor structure for saltiness, sweetness, fattiness-and-saltiness,
27 fattiness-and-sweetness, and fattiness liking in children. This questionnaire represents the
28 first self-administered tool designed to assess children's liking for sweetness, saltiness and
29 fattiness sensations in large cohorts.
30 **Keywords:** children, liking, saltiness, sweetness, fattiness, questionnaire
31

Introduction

In 2012, approximately 15% of the French adult population was obese, and 32.3% was overweight [1]. Childhood obesity, despite a recent stabilization [2], concerned 3% of 3- to 14-year-old children, and 14.5% of children were overweight in 2007 in France [3]. Obesity results from a chronic imbalance between food intake and energy expenditure, which may result, in part, from a too strong liking for palatable foods, such as sweet, salty and/or fatty foods [4]. The WHO recommends limiting the consumption of foods that contain high amounts of sodium, sugars, and lipids because an excess of these nutrients may be responsible, in part, for the development of chronic diseases, such as obesity, cancers or cardiovascular diseases [5]. Thus, understanding how liking for saltiness, sweetness and fattiness sensations contributes to children's eating behaviour is important. However, its measurement at a population level is an epidemiological challenge.

Previous research has demonstrated the impact of early taste preference in the orientation of eating patterns [6, 7] and the role of food sensory properties on food intake regulation [8]. A literature review by de Lauzon-Guillain et al. [9] reported methods adapted to measure eating behaviour in children, including a food preference questionnaire. However, this review focused on children between 0 and 5 years old. Other authors have reviewed methods applied to evaluate liking among older children [10,11]. From this review, taste preferences were measured in the laboratory using validated choice or ranking methods with relatively small groups of children [12-14], which is not applicable at the population level. This review also highlighted that when several foods of the saltiness, sweetness and fattiness dimensions were taken into account, the measure could be considered an indirect measure because the questionnaires were completed by parents in most cases. The limited questionnaires developed for children only addressed sweetness [15] or sweetness and fattiness [16]. Moreover, most of these studies allowed the measurement of liking for one specific food or

food groups that contain different levels of salt, sugar or fat, which is different from liking for saltiness, sweetness and fattiness sensations regarding several foods. Thus, it appeared essential to not only measure liking for one food but also pursue more in-depth questions regarding liking for a variety of salty, sweet and fatty foods, as well as to determine how much salt, sugar or fat was typically added to foods. In this objective, Deglaire et al. [17] developed a web-based questionnaire that aimed to evaluate liking for saltiness, sweetness and fattiness in adults; “PrefQuest” contained 83 items that were divided into a liking for saltiness (11 items), sweetness (21 items) and fattiness with two subscales, fattiness-and-saltiness (31 items) and fattiness-and-sweetness (20 items) sensations. This questionnaire was developed with a sample of approximately two hundred adults; it was subsequently validated with approximately 48,000 subjects enrolled among French adults participating in the NutriNet-Santé study, a large web-based observational cohort that investigates the relationships between nutrition and health [18]. To the best of our knowledge, this type of measurement is not available to evaluate liking for these sensations in children.

The aim of the current study was to adapt the PrefQuest questionnaire to 7- to 12-year-old children to assess liking primarily derived from saltiness, sweetness and fattiness independent of the food products, with the aim to implement it in existing cohorts for epidemiological purposes [17]. As a hypothesis, the questionnaire administered to adults could be applied to evaluate liking from saltiness, sweetness and fattiness in children; however, a different factor structure could be identified in children compared with adults. No study has addressed the comparison between liking factor structures in children and adults; thus, this hypothesis was based on many studies that demonstrated differences between the level of liking for these sensations according to age [19-21].

Materials and methods

Participants

Children were recruited among four French study samples. To be included, children were required to be able to read in French, understand the questionnaire instructions and questions, and be able to complete the questionnaire online or on paper by themselves. The target ages for inclusion were between 7 and 12 years old. The exclusion criteria included being allergic or having a chronic disease.

Five hundred fifty-six children were enrolled in this study. From two primary school classes in Dijon, 156 children were recruited in 2013 (n=123) or 2015 (n=33). From the EDEN mother-child cohort (“Etude des Déterminants pre- et post-natals de la santé de l’ENfant”), 335 children participated in this validation study from 2014 to 2015. A detailed study protocol has previously been published [22]. From the OPALINE study (“Observatoire des Préférences Alimentaires du Nourrisson et de l’Enfant”), 55 children participated in this validation study from 2014 to 2015. The OPALINE study is a birth cohort study with a recruitment period from 2005 to 2009 in Dijon and surrounding cities. The study protocol has been previously described [23]. Parents were solicited through paper mail or the teacher (for children from the 2 schools) to request permission to let their child complete a questionnaire on their liking for saltiness, sweetness and fattiness sensations. Both parents signed a consent form to allow their child to participate.

Questionnaire

The children were asked to complete themselves a questionnaire which permitted to assess their liking for saltiness, sweetness and fattiness sensations. Several phases conducted to a final version of this questionnaire.

Version 1: phase of qualitative adaptation of the adult questionnaire to children

The questionnaire developed in adults [17] contained 83 items divided in 4 sections: (i) liking for salty, sweet, fatty-salty and fatty-sweet foods, which is rated on a 9-point hedonic scale from “I really don’t like at all” to “I really like very much”; (ii) preferences for levels of salt, sweet, fat-and-salt or fat-and-sweet seasoning, which is answered on a 5- or 6-point scale from “without” to “with a lot of”; iii) preferred drinks (sweet or not) on a restaurant menu as a multiple choice question; and iv) questions regarding dietary behaviour in terms of salty, sweet and fatty foods, which is measured on a 5-point frequency scale from “never” to “always” or a 9-point scale from “not at all” to “a lot”. For all items, subjects could select a “non-applicable” answer: in section 1, they could choose “I have never tasted this food”; in sections 2 and 4, they could answer “I do not like this food”; and in section 4, they could answer “I don’t know this food”. In section 3, a list of 6 soft drinks was proposed in the form of a menu typically proposed in a restaurant, based on an equal number of drinks that were or were not sweet. The subjects had to choose the drinks they most preferred, with a maximum of 3. They could answer that they liked none of the drinks.

Starting from this adult version, several modifications were conducted to ensure that the questionnaire could be applied to children. These modifications are presented in the column “qualitative adaptation to children phase” of **Table 1** and led to version 1 of the children’s questionnaire. In the column “food replacement or situation adaptation” of Table 1, foods that were likely to be little known or consumed by children were replaced. For example, coffee was replaced by hot chocolate. In addition, several situations described in section 4 were adapted. For example, a meal taken at the restaurant was replaced by a meal taken at the school canteen. Moreover, in section 1, pictures of all foods were added to illustrate the food names to enable a better identification by children (Table 1 column “S1: added pictures”). In contrast to the adult version, in the children’s version 1, all items that related to preferences

for levels of salt, sweet, fat-and-salt or fat-and-sweet seasoning were presented with pictures at the scale levels 0, 2 and 4 of these items. Pictures of the same food with grading levels of salt, sugar, jam, butter, cream, whipped cream, or chocolate spread were presented (Table 1 column “S2: added pictures with grading level of seasoning”). An explanation of the quantities that corresponded to the different levels of seasoning has been detailed in Deglaire et al. [17].

Finally, the scales and instructions were considerably modified: smileys were added at the end and middle points of the liking scales, and several examples and fun characters were added to illustrate the questionnaire to suit children’s ages.

Version 1 of the child questionnaire contained 83 items related to liking for saltiness (11 items), sweetness (21 items), fattiness-and-sweetness (20 items) and fattiness-and-saltiness (31 items) and was completed by a first group of 123 children.

Version 2: simplification phase

From a preliminary exploration of the first group of data, the answers “I have never tasted” or “I do not like this food” were considered missing data to identify the remaining little known, little-consumed or little liked items that corresponded to items with more than 20% missing data. Furthermore, items that did not indicate inter-individual liking differences (i.e., with more than 75% of answers equal to the minimal or maximal score) were also removed. Twelve items had more than 20% missing data and 5 items had more than 75% of answers equal to the maximal score (**Table 1, column “Version 2: simplification phase”**). These items were removed for the version 2 questionnaire. Moreover, several items of section 2 were initially located after the questions in section 4 because they did not include pictures. In the children’s version, all questions in section 2 were illustrated by pictures; thus, they were collected one after the other and subsequently reorganized according to the type of course (starter, main course, dessert...).

Version 2 of the questionnaire thus contained 66 items related to liking for saltiness (9 items), sweetness (18 items), fattiness-and-saltiness (23 items) and fattiness-and-sweetness (16 items). It was completed by the remaining 423 children.

Validation phase

Data from the complete sample of children (n=546) were analysed to remove unknown, non-consumed or not liked items or items that did not indicate inter-individual liking differences, similar to the simplification phase. Moreover, items non related to any latent variables were removed (Table 1, column “Validation phase”).

Questionnaire administration

The children were instructed to complete the questionnaire at home. The parents were instructed to let their child complete the questionnaire by themselves. The online version of the questionnaire was developed through TimeSens® software (www.timesens.com). For families who did not have a valid email or internet connection, a paper version of the questionnaire was sent with a stamped envelope for return. The remaining families had the choice to complete it online or on paper.

Statistical analysis

All analyses were performed with SAS (version 9.3, 2011, SAS Institute, Inc.).

Data preparation and screening

Data from all samples were pooled (n=546). The answers “I have never tasted” or “I do not like this food” were considered missing data. Participants were removed from further analyses if they had more than 25% missing data (n=46) for at least one of the sensory dimensions. Consequently, all analyses were performed on 500 children. Moreover, the items with more than 20% missing data were subsequently considered little known or little consumed by children (“To be upset to get some white cheese not sweet enough at school canteen”: 20%,

“cheese fondue”: 27%) and removed (**Table 1, column “validation phase”**). Checks were performed to ensure no item was non-discriminant (i.e., with more than 75% of the answers equal to the minimal or maximal score).

The item answers from sections 1, 2 and 4 were linearly transformed into values that ranged from 0 to 10 [17]. In section 3, the rating was calculated by dividing the number of sweet drinks by the total number of drinks (sweet and non-sweet) selected from the list. If a subject replied that he/she preferred none of the drinks, a score of 0 was assigned.

Finally, 64 items related to liking for saltiness (9 items), sweetness (17 items), fattiness-and-saltiness (22 items) and fattiness-and-sweetness (16 items) were considered in the following analyses.

Construct validity

The analyses were conducted for each sensation separately, namely, for saltiness, sweetness, fattiness-and-saltiness, fattiness-and-sweetness and fattiness. Whether the adult construct could be applied to the child data was evaluated. If not, new constructs were defined in two steps: first via an Exploratory Factor Analysis (EFA) and subsequently via a Confirmatory Factor Analysis (CFA), as performed by Deglaire et al. (2012). Finally, a bootstrap analysis was performed to ensure the stability of the loadings.

Exploratory factor analysis

An EFA is a statistical method used to identify the number of latent constructs (factors) among a large set of variables without an a priori structure [24]. Within each sensation, an EFA was performed on complete cases (saltiness n=379, sweetness n=313, fattiness-and-saltiness n=193, fattiness-and-sweetness n=311, and fattiness n=141).

An oblique rotation (PROMAX) was applied based on the inter-correlation between the factor hypothesis. The number of factors extracted was determined based on the scree test (the position of the elbow in the eigenvalues plot) [25], the proportion of variance explained by a

factor (at least 5%) and the interpretability criterion (the number of significant loadings, conceptual meaning, and amplitude of the loadings). The items that substantially contributed to a given factor were selected based on their loading (ideally >0.30 or >0.25 if relevant), and the other items were discarded. Latent constructs from the EFA were considered to establish a factor structure in the subsequent CFA. For the EFA, the PROC FACTOR procedure was used.

Confirmatory factor analysis

A CFA is a statistical method used to test whether the data support a factor structure based on EFA results.

The complete dataset was randomly sampled with the origin of the data controlled (EDEN, OPALINE, school samples) to obtain a training dataset ($n=251$) and a validation dataset ($n=249$) to enable cross-validation. A CFA was initially performed on the training dataset with the model suggested by the EFA approach, followed by the validation dataset and finally on the complete dataset. To handle missing data in the CFA models, an incomplete-data maximum likelihood estimation, referred to as the “full-information maximum likelihood” (FIML), was applied [26].

To better understand the differences between adult and child factor structures, the adult factor structure was initially applied to the children’s training dataset. When the adult factor structure did not adequately fit the children’s data (negative variances, poor fit indices) and was different from the EFA results, only the EFA results were considered to define the children’s factor structure. Otherwise, the adult factor structure was kept if it was consistent with the EFA results. In the CFA model, items that exhibited a negative variance or a non-significant loading ($p>0.05$) were removed. The convergent validity was assessed by reviewing the t-tests for the factor loadings that should all be significant. A model goodness-of-fit was subsequently evaluated on the training dataset, the validation dataset and the

complete dataset to ensure that the factor structure correctly fit the data. Model revision was terminated when reasonably good fit indices were achieved: the Comparative Fit Index (CFI) and the Tucker–Lewis index, also referred to the non-normed fit index (NNFI), should be greater than 0.90 [27] [28] and the Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) should be equal to or less than 0.05 [29]. When the goodness-of-fit indices were not sufficient, the modification indices were used to suggest the addition of new links. The addition of a new link was considered if the link improved the factor structure and made sense. The CFA results are only presented for the complete dataset.

For the CFA, the PROC CALIS procedure and LINEQS modelling language were used. Finally, for each sensation, the stability of the estimated loadings was checked by estimating the model on one hundred bootstrap samples using the PROC SURVEYSELECT procedure.

For each final model, the internal consistency was evaluated for each factor by calculating its Cronbach’s alpha coefficient [30].

Results

Study population characteristics

The ages of the children ranged from 7 to 12 years old (mean age $\pm$ SD: 10.4 $\pm$ 1.0 years). Boys and girls were equally represented (50.8% boys). The proportion of overweight children was 11.8% according to the IOTF [31]. Both the online version (32%) and the paper version (68%) of the questionnaire were completed.

Saltiness liking

Regarding the CFA analysis performed on the training dataset, the factor structure identified among adults (first-order model) led to an admissible solution with the children data because no negative variance was identified and all loading were between -1 and 1. The EFA confirmed a one factor solution. The modification indices suggested the addition of two

covariances: one covariance between “salt + chicken” and “salt + steak” and one covariance between “salt + soup” and “salt + mashed potatoes”. The CFA on the validation dataset confirmed the results from the training dataset. In the complete dataset, the goodness-of-fit indices demonstrated an acceptable fit of the final model (RMSEA= 0.07, CFI= 0.95, and NNFI= 0.93) (**Figure 1**). The bootstrap results exhibited very small variations in the estimated loadings (**Additional file 1**). The factor internal consistency measured with Cronbach’s alpha was 0.85. In summary, a similar unifactor structure was identified to measure saltiness liking in children and adults; however, two covariances were added within the children’s factor structure.

Sweetness liking

On the training dataset, when applying the adult factor structure (three-order model) composed of 5 first-order factors (“sweetened foods”, “added sugar to foods”, “added sugar to hot drinks”, “naturally sweet foods”, and “added jam”) and 3 second-order factors (“sweet foods”, “added sugar”, and “natural sweetness”) to the children’s data, the solution was not admissible because many negative variances were identified. From the EFA, a 3-factor solution was identified. These factors were identified as “sweet foods”, “added sugar” and “added jam”. However, the item “soft drinks” from section 3 was not related to any factor. Therefore, this item was removed from further analyses (63 items were then retained in the final version). In the CFA performed on the training dataset, two covariances were added based on the links suggested by the modification indices: one covariance between “floating island” and “cream pudding” and one covariance between “hot drinks” and “sugar + hot chocolate”. These results were confirmed on the validation dataset. The goodness-of-fit indices obtained with the 3 factor CFA performed on the complete dataset subsequently indicated an adequate fit (RMSEA=0.04, CFI=0.94, and NNFI=0.93) (**Figure 2**). The bootstrap results exhibited small variations in the estimated loadings (**Additional file 2**). The

internal consistency measured with Cronbach's alpha was 0.60 for "sweet foods", 0.68 for "added sugar" and 0.77 for "added jam".

In summary, the factor structures of children and adults differed; the "sweet foods" factor of the children's factor structure corresponds to the grouping of the "sweetened foods" and "naturally sweet foods" factors of the adult's structure; the "added sugar" factor of the children's factor structure corresponds to the grouping of the "added sugar to foods" and "added sugar to hot drinks" factors of the adult's factor structure, whereas the "added jam" factor was similar in both the children's and adult's factor structures.

Fattiness-and-saltiness liking

On the training dataset, when applying the adult's factor structure (third-order factor) composed of 4 first-order factors ("fatty foods", "savoury snacks", "cheesy foods", and "meats") and 2 second-order factors ("added dairy fat" and "fatty-salty foods") to the children's data, the solution was not admissible because many negative variances were identified.

From the EFA, a 4-factor solution was identified. These factors were identified as "fatty-salty foods", "added fat and salt in main dish", "added fat and salt in side dish" and "cheesy foods". However, for the training dataset, a 3-factor model ("fatty-salty foods", "added fat and salt" and "cheesy foods") tested with the CFA by gathering the two "added fat and salt" factors into a single factor exhibited better fit indexes. These results were confirmed on the validation dataset. The goodness-of-fit indices indicated an acceptable fit to the complete dataset (RMSEA=0.05, CFI=0.86, and NNFI=0.84) (**Figure 3**). The bootstrap results exhibited little variation in the estimated loadings (**Additional file 3**). The internal consistency measured with Cronbach's alpha was 0.78 for the "fatty-salty foods" factor, 0.58 for the "added fat and salt" factor and 0.75 for the "cheesy foods" factor. In the children's factor construct, the "fatty-salty foods" factor correspond to the grouping of the "fatty foods"

factor, “savoury snacks” factor and “meats” factor in the adult’s factor structure, the “cheesy foods” factor matched with the “cheesy foods” factor of the adult’s factor structure and the “added fat and salt” matched with the “added dairy fat” factor of the adult’s factor structure.

Fattiness-and-sweetness liking

For the training dataset, when the adult’s factor structure (third-order model) composed of 3 first-order factors (“chocolate desserts”, “pastries and desserts”, and “chocolate spread”) and 2 second-order factors (“added whipped cream” and “fatty-sweet foods”) was applied to the children’s data, an admissible solution was identified because no negative variance was indicated (RMSEA=0.07, CFI=0.91, and NNFI=0.89). However, the EFA indicated a 3-factor solution. These factors were identified as “added whipped cream”, “fatty-sweet foods” and “added chocolate spread”. This model structure was subsequently considered. Regarding the training dataset analysis, three covariances were added to the model based on the links suggested by the modification indices: one covariance between “chocolate mousse” and “brownie”; one covariance between “whipped cream + ice cream” and “to ask for whipped cream when buying an ice cream”; and one covariance between “whipped cream + ice cream” and “whipped cream + strawberry”. This structure was confirmed with the validation dataset. In the complete dataset, the CFA model adjusted to the 3-factor solution presented adequate goodness-of-fit indices (RMSEA=0.05, CFI=0.95, and NNFI=0.93) (**Figure 4**). The bootstrap results exhibited little variation in the estimated loadings (**Additional file 4**). The internal consistency measured with Cronbach’s alpha was 0.71 for the “fatty-sweet foods” factor, 0.85 for the “added chocolate spread” factor and 0.88 for the “added whipped cream” factor. The “fatty-sweet foods” factor within the children’s factor structure is composed of the “pastries and desserts” and “chocolate desserts” factors from the adult’s factor structure. The “added chocolate spread” factor and the “added whipped cream” factor from the children’s factor structure matched the “chocolate spread” factor and the “added whipped cream” from the

adult's factor structure, respectively.

Fattiness liking

When the adult's factor structure (fourth-order model) composed of 9 first-order factors ("meats", "fatty foods", "cheesy foods", "savoury snacks", "pastries and desserts", "chocolate spread", "chocolate dessert", "added dairy fat", and "added whipped cream"), 2 second-order factors ("fatty-sweet foods" and "fatty-salty foods") and 2 third-order factors ("added fat" and "fatty foods") was applied to the children's data, the model converged to an admissible solution because no negative variance was identified.

However, from the EFA, a 3-factor solution was identified. These factors were identified as "added whipped cream", "fatty foods", and "added fat and salt". At first, based on the EFA, 3 second-order factors ("added whipped cream", "fatty foods", and "added fat and salt") and 4 first-order factors ("added chocolate spread", "fatty-sweet foods", "cheesy foods", and "fatty-salty foods") were considered in the CFA. However, the model structure based on the EFA exhibited negative variances in the bootstrap results (data not shown). Consequently, a 6 first-order factor structure was retained by gathering first-order factors from liking for fattiness-and-saltiness and fattiness-and-sweetness at the same level and considering "added whipped cream" and "added fat and salt" as first-order factors. The final analysis performed on the complete dataset indicated acceptable goodness-of-fit indices (RMSEA=0.05, CFI=0.85, and NNFI=0.84) (**Figure 5**). The bootstrap results exhibited little variation in the estimated loadings (**Additional file 5**).

As a result of this development, the 63-item final version of the questionnaire used to evaluate children's liking for saltiness, sweetness and fattiness sensations was defined. Its paper versions, in French and English (translated for this article), are available in **Additional files 6 and 7**.

Discussion

This study aimed to develop a questionnaire to assess liking for saltiness, sweetness and fattiness sensations in school-aged children that would be applicable to large-scale studies. This questionnaire was based on a previously validated questionnaire in adults, which has been well-exploited in cross-sectional epidemiological studies to evaluate the link between liking for saltiness, sweetness and fattiness and individual characteristics, such as weight status [32], sociodemographic and psychological characteristics, lifestyle [33, 34] and dietary intake [35]. More recently, it has been used in cohort studies to determine how liking may predict obesity risk in the general population [36]. According to the present results, the children-adapted version presents a satisfactory internal validity for the measurement of liking for saltiness, sweetness and fattiness (considered as a unique construct or separately as fattiness-and-saltiness or fattiness-and-sweetness). It provides information about liking for saltiness, sweetness, fattiness-and-saltiness, fattiness-and-sweetness and fattiness mainly based on questions regarding foods and the preferred level of seasoning in foods. All factor structures that measured liking towards the three sensations in children were composed of one or two orders factors, whereas in adults, all factor structures, with the exception of liking for saltiness, were composed of multiple order factors. This finding may be related, in part, to the fact that several questions were removed in the children's version of the questionnaire. The simpler factorial structures for children than for adults may also truly reflect a simpler structure of their liking for saltiness, sweetness or fattiness. To our knowledge, this concept has not been previously investigated.

Concerning liking for saltiness, a unique dimension was identified in children, as among adults, based on the preferred level of salt added to various foods (8 items), and only one item related to dietary behaviour. The items related to food preparation ("to bring the salt for a picnic" and "salt in cooking water for pasta") were removed because children mainly

answered that they did not know. Moreover, these items are more related to parental culinary habits. This suggests that children are not aware of the salt added by their parents in their foods. The remaining items focused on the addition of salt to foods by children exhibited an acceptable good internal consistency. This finding indicates that when a child liked to add a high salt level in one food, they liked to add a high salt level in other foods. This finding implies that the addition of salt in children may not be food-specific; rather, it may reflect an eating habit, as suggested by the question “adding salt before tasting”. According to Heino et al, children likely consume less table salt compared with adults, particularly because in many households, table salt is not used for children [37].

Compared with the adult factor structure that measured liking for sweetness, the children’s structure was composed of only three dimensions mainly based on liking for foods (section 1) and the preferred level of seasoning (section 2), and it included several items related to dietary behaviour (section 4); however, no sub-dimension was identified. The item “soft drinks” was not related to any factor; thus, it was removed. This item concerned a specific context of choice, and the question was asked differently compared with the other items (children had to choose the drinks they preferred among a list of 6 drinks), which may explain the lack of association with the other items. Other items were removed, such as candies, because they were highly liked by at least 75% of the children, which indicates a lack of variability in contrast to the adult data. In children, it is noticeable that “sweetened foods” and “naturally sweetened foods” constituted a unique dimension “sweet foods”, whereas they were distinct in adults. In contrast to adults, the children’s response patterns did not result in the distinction between natural sweetened foods and foods sweetened by the manufacturer. This finding may indicate that children’s liking for sweetness is less complex compared with adults.

Regarding liking for fattiness-and-saltiness, the factor structure indicated three first-order factors (“added fat and salt”, “cheesy foods”, and “fatty-salty foods”). Moreover, in the

children's factor structure, no distinction within liking for fattiness-and-saltiness for meats,
 savoury snacks and other fatty-foods was identified. Similar to adults, a "cheesy foods" factor
 was identified; however, this factor comprised a first-order factor compared with a second-
 order factor in adults. This finding may be explained by the place of dairy products in the
 diets of children because they are the main source of calcium and play a crucial role in child
 growth [38]. Alternatively, this finding may be related to a specific dislike for cheese, which
 has been previously demonstrated in younger French children [39].
 For fattiness-and-sweetness liking, three factors were identified: "added whipped cream",
 "added chocolate spread" and "fatty-sweet foods". These factors were based on liking for
 foods and the preferred levels of seasoning, with only one item related to dietary behaviour. In
 children, the "chocolate spread" factor identified in adults was replaced by the "added
 chocolate spread" factor. All items related to liking for chocolate spread were given high
 scores by the majority of the children, with little variability, and were thus removed from the
 questionnaire. Nevertheless, the level of added chocolate spread was high among children,
 which may explain why the "added chocolate spread" was identified as a first-order factor
 rather than a second-order factor that composed the "fatty-sweet foods" factor, as was
 observed among adults. Several studies have emphasized the poor ability of humans to
 identify the fat content of foods [40-42], as fat elicits various sensations: taste, flavour and
 textural sensations [43]. It may explain the difference in the fattiness factorial structure
 between adults and children because all sensations may not develop as quickly and,
 particularly, the preferred level of fat may substantially vary according to age [44].
 The questionnaire validated in the present study makes it possible to define liking scores for
 saltiness, sweetness and fattiness (with two sub-dimensions, fattiness-and-sweetness and
 fattiness-and-saltiness) in children. These scores may be measured in large-scale populations
 in future studies to understand the associations between liking for these sensations related to

food palatability and children's nutritional intake, as well as to identify their determinants, as has been undertaken for adults [33-35]. Furthermore, application in large-scale populations may enable the investigation of the association of liking for these sensations with health outcomes, particularly weight status and hypertension.

Several limitations must be taken into consideration. This questionnaire has been developed in French children; thus, some items may be specific to the French food culture. Adaptations may be necessary to use this questionnaire in other countries.

Nevertheless, this questionnaire has several strengths. In the literature, the liking for saltiness, sweetness or fattiness is predominately assessed using actual laboratory measurements of liking for foods [44-48]. However, laboratory conditions are not applicable to large population studies because they are time consuming and expensive; moreover, similar laboratory conditions may not be applied at a population level in different centres. The present study does not aim to develop a method to replace the sensory evaluations of taste liking; rather, it aims to propose an alternative to obtain an overview of children's liking for saltiness, sweetness and fattiness when an actual measurement is not possible. As indicated by Cardello et al, sensory evaluation tests and questionnaires measure complementary aspects of liking [49]. Sensory tests measure direct liking based on the actual tasting of a food sample, whereas questionnaires assess recalled liking based on the mental image of a food [49]. Questionnaires that assess food liking have been implemented in observational studies [16, 50, 51]. However, these questionnaires were focused on a limited number of foods or food groups that reflect nutritional content rather than sensations, such as saltiness, sweetness and fattiness. Several of these questionnaires have been validated; however, they were completed parents or assessed liking for a narrow range of foods and mainly concerned younger children (< 5 years old) [9].

Conclusion

This study aimed to validate a questionnaire to assess liking for saltiness, sweetness and fattiness in children. The findings suggest that children's liking for saltiness has a similar factor structure as that for adults, whereas children's liking for sweetness, fattiness-and-saltiness, fattiness-and-sweetness and fattiness have structures which are simpler than those for adults. The internal validation of the questionnaire indicated good adjustments of the models with the observed data. The validated questionnaire will be made available online in French for future use. For further studies, this questionnaire provides liking scores for saltiness, sweetness and fattiness sensations that may facilitate their evaluation in school-aged children in large-scale studies, for example, to better understand the associations between liking for these palatable sensations and health outcomes, particularly overweight and obesity.

Declarations

We have nothing to declare.

List of abbreviations

CFA: Confirmatory factor analysis

EFA: Exploratory Factor Analysis

FIML: Full Information Maximum Likelihood

RMSEA: Root Mean Square Error of Approximation

CFI: Comparative Fit Index

NNFI: Non Normed Fit Index

WHO: World Health organization

EDEN: Etude des déterminants pré et post natals précoces de la santé et de développement de l'enfant

OPALINE: Observatoire des Préférences Alimentaires du Nourrisson et de l'Enfant

Ethics approval and consent to participate

Written consent was obtained from the parents of the children. For the two primary school participants, the study was approved by the ethics committee of Est I Bourgogne (2012-A01532-41). For the EDEN participants, the study was approved by the ethics committee of Kremlin Bicêtre, whereas for the Opaline participants, this study was approved by the ethics committee of Paris. All studies were approved by the Data Protection Authority « Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés ».

Consent for publication

Not applicable.

Availability of data and materials

Competing interests

We have no conflict of interest to declare.

Funding

Supported by a grant from the Didit métaprogramme of INRA ("SweetLip-kid" project to SN; doctoral fellowship to WLY). The EDEN cohort study is supported by the Fondation pour la Recherche Médicale (FRM), French Ministry of Research: Federative Research Institutes and Cohort Program, INSERM Human Nutrition National Research Program, and Diabetes National Research Program (through a collaboration with the French Association of Diabetic Patients (AFD)), French Ministry of Health, French Agency for Environment Security (AFSSET), French National Institute for Population Health Surveillance (InVS), Paris-Sud University, French National Institute for Health Education (INPES), Nestlé, Mutuelle Générale de l'Education Nationale (MGEN), French speaking association for the study of diabetes and metabolism (Alfediam), National Agency for Research (ANR non thematic program) and National Institute for Research in Public health (IRESF: TGIR cohorte santé 2008 program).

The OPALINE study was supported by the Regional Council of Burgundy, IFR92, PRNH-

INRA-INSERM, the French National Research Agency under the ‘Programme National de Recherche en Alimentation et Nutrition Humaine’ (project ANR-06-PNRA-028, OPALINE, labelled by Vitagora®), Blédina, Nestlé, Symrise, Cedus and Valrhona.

Authors' contributions

The authors’ responsibilities were as follows: CL, WLY, RS and BLG were responsible for data collection. SN was involved in all aspects from study conception to manuscript writing. WLY participated in data management for the present analyses. WLY, CC and SN planned the analyses; WLY and CC analysed and WLY, CL, CC and SN interpreted the data. CL and WLY wrote the initial draft of the manuscript. SN, BLG, AD, and CC critically reviewed all sections of the text for important intellectual content. All authors had full access to all study data and take responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis. All authors have read and approved the final manuscript.

Acknowledgements

The authors wish to thank the director and teachers of the schools in Dijon, as well as the children and their parents who participated in this study, L. Brondel for support and advice, and M. Visalli, M. Jacobée, C. Pedron, B. Leman, E. Szleper, C. Desbois, C. Divert, A. L. Loiseau, V. Feyen, A. Thomas and C. Biguzzi for their assistance with data collection.

References

1. ObEpi-Roche: **Enquête épidémiologique nationale sur le surpoids et l'obésité. Une enquête INSERM / KANTAR HEALTH / ROCHE.** pp. 1-60; 2012:1-60.
2. Olds T, Maher C, Zumin S, Peneau S, Lioret S, Castetbon K, Bellisle, de Wilde J, Hohepa M, Maddison R, et al: **Evidence that the prevalence of childhood overweight is plateauing: data from nine countries.** *International Journal of Pediatric Obesity* 2011, **6**:342-360.
3. AFSSA: **Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 2 (INCA2) 2006-2007.** pp. 225. Paris: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA); 2009:225.
4. Mela DJ: **Determinants of food choice: Relationships with obesity and weight control.** *Obesity Research* 2001, **9**:249S-255S.
5. American Institute for Cancer Research/World Cancer Research Fund. **Food, Nutrition, Physical Activity and the Prevention of Cancer: a global perspective.** Washington, DC: American Institute for Cancer Research 2007.
6. Schwartz C, Issanchou S, Nicklaus S: **Developmental changes in the acceptance of the five basic tastes in the first year of life.** *British Journal of Nutrition* 2009, **102**:1375-1385.
7. Schwartz C, Chabanet C, Lange C, Issanchou S, Nicklaus S: **The role of taste in food acceptance at the beginning of complementary feeding.** *Physiology & Behavior* 2011, **104**:646-652.
8. Bouhlal S, Issanchou S, Nicklaus S: **The impact of salt, fat and sugar levels on toddler food intake.** *British Journal of Nutrition* 2011, **105**:645-653.
9. de Lauzon-Guillain B, Oliveira A, Charles MA, Grammatikaki E, Jones L, Rigal N, Lopes C, Manios Y, Moreira P, Emmett P, Monnery-Patris S: **A review of methods to assess parental feeding practices and preschool child's eating behavior: the need for further development of tools.** *Journal of the American Dietetic Association* 2012, **112**:1578-1602.
10. Cooke LJ, Wardle J: **Age and gender differences in children's food preferences.** *British Journal of Nutrition* 2005, **93**:741-746.
11. Cox DN, Hendrie GA, Carty D: **Sensitivity, hedonics and preferences for basic tastes and fat amongst adults and children of differing weight status: A comprehensive review.** *Food Quality and Preference* 2016, **48**:359-367.
12. Alexy UTE, Schaefer A, Sailer O, Busch-Stockfisch M, Huthmacher S, Kunert J, Kersting M: **Sensory preferences and discrimination ability of children in relation to their body weight status.** *Journal of Sensory Studies* 2011, **26**:409-412.
13. Fisher JO, Birch JL: **Fat preferences and fat consumption of 3 to 5 year old children are related to parent adiposity.** *Journal of the American Dietetic Association* 1995, **95**:759-764.
14. Ricketts CD: **Fat preferences, dietary fat intake and body composition in children.** *European Journal of Clinical Nutrition* 1997, **51**:778-781.
15. Mennella JA, Lukasewycz LD, Griffith JW, Beauchamp GK: **Evaluation of the Monell Forced-Choice, Paired-Comparison Tracking Procedure for Determining Sweet Taste Preferences across the Lifespan.** *Chemical Senses* 2011, **36**:345-355.

16. Hill C, Wardle J, Cooke L: **Adiposity is not associated with children's reported liking for selected foods.** *Appetite* 2009, **52**:603-608.
17. Deglaire A, Méjean C, Castetbon K, Kesse-Guyot E, Urbano C, Hercberg S, Schlich P: **Development of a questionnaire to assay recalled liking for salt, sweet and fat.** *Food Quality and Preference* 2012, **23**:110-124.
18. Hercberg S, Castelbon K, Czernichow S, Malon A, Meajeau C, Kesse E, Touvier M, Galan P: **The Nutrinet-Santé Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status.** *BMC Public Health* 2010, **10**.
19. Zandstra EH, de Graaf C: **Sensory perception and pleasantness of orange beverages from childhood to old age.** *Food Quality and Preference* 1998, **9**:5-12.
20. de Graaf C, Zandstra EH: **Sweetness intensity and pleasantness in children, adolescents, and adults.** *Physiology & Behavior* 1999, **67**:513-520.
21. Pepino MY, Mennella JA: **Sucrose-induced analgesia is related to sweet preferences in children but not adults.** *Pain* 2005, **119**:210-218.
22. Heude B, Forhan A, Slama R, Douhaud L, Bedel S, Saurel-Cubizolles MJ, Hankard R, Thiebaugeorges O, De Agostini M, Annesi-Maesano I, et al: **Cohort Profile: The EDEN mother-child cohort on the prenatal and early postnatal determinants of child health and development.** *Int J Epidemiol* 2015.
23. Lange C, Visalli M, Jacob S, Chabanet C, Schlich P, Nicklaus S: **Maternal feeding practices during the first year and their impact on infants' acceptance of complementary food.** *Food Quality and Preference* 2013, **29**:89-98.
24. Child D: *The essentials of factor analysis.* Cassell Educational; 1990.
25. Cattell RB: **The Scree Test For The Number Of Factors.** *Multivariate Behavioral Research* 1966, **1**:245-276.
26. Enders CK, Bandalos DL: **The relative performance of full information maximum likelihood estimation for missing data in structural equation models.** *Structural Equation Modeling* 2001, **8**:430-457.
27. Bentler PM, Bonett DG: **Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures.** *Psychological Bulletin* 1980, **88**:588.
28. Bentler PM: **EQS 6 structural equations program manual.** Los Angeles: *BMDP Statistic Software* 1989:86-102.
29. Steiger JH: **Structural model evaluation and modification: An interval estimation approach.** *Multivariate Behavioral Research* 1990, **25**:173-180.
30. Cronbach LJ: **Coefficient alpha and the internal structure of tests.** *psychometrika* 1951, **16**:297-334.
31. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH: **Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey.** *BMJ* 2000, **320**:1240-1243.
32. Deglaire A, Mejean C, Castetbon K, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Schlich P: **Associations between weight status and liking scores for sweet, salt and fat according to the gender in adults (The Nutrinet-Sante study).** *Eur J Clin Nutr* 2015, **69**:40-46.
33. Lampure A, Deglaire A, Schlich P, Castetbon K, Peneau S, Hercberg S, Mejean C: **Liking for fat is associated with sociodemographic, psychological, lifestyle and health characteristics.** *Br J Nutr* 2014, **112**:1353-1363.

34. Lampure A, Schlich P, Deglaire A, Castetbon K, Peneau S, Hercberg S, Mejean C: **Sociodemographic, psychological, and lifestyle characteristics are associated with a liking for salty and sweet tastes in French adults.** *J Nutr* 2015, **145**:587-594.
35. Mejean C, Deglaire A, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Schlich P, Castetbon K: **Association between intake of nutrients and food groups and liking for fat (The Nutrinet-Sante Study).** *Appetite* 2014, **78**:147-155.
36. Lampuré A, Castetbon K, Deglaire A, Schlich P, Péneau S, Hercberg S, Méjean C: **Associations between liking for fat, sweet or salt and obesity risk in French adults: a prospective cohort study.** *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2016, **13**:1-15.
37. Heino T, Kallio K, Jokinen E, Lagstrom H, Seppanen R, Valimaki I, Viikari J, Ronnema T, Simell O: **Sodium intake of 1 to 5-year-old children: the STRIP project. The Special Turku Coronary Risk Factor Intervention Project.** *Acta Paediatr* 2000, **89**:406-410.
38. Baker SS, Cochran WJ, Flores CA, Georgieff MK, Jacobson MS, Jaksic T, Krebs NF: **American Academy of Pediatrics. Committee on Nutrition. Calcium requirements of infants, children, and adolescents.** *Pediatrics* 1999, **104**:1152-1157.
39. Nicklaus S, Chabanet C, Boggio V, Issanchou S: **Food choices at lunch during the third year of life: increase in energy intake but decrease in variety.** *Acta Paediatr* 2005, **94**:1023-1029.
40. Bouhlal S: **Consequence of salt, sugar and fat content modifications in foods on children's preference and intake.** *Thèse de doctorat.* Université de Bourgogne, 2011.
41. Drewnowski A, Shrager EE, Lipsky C, Stellar E, Greenwood MRC: **Sugar and fat: sensory and hedonic evaluation of liquid and solid foods.** *Physiology & Behavior* 1989, **45**:177-183.
42. Mela DJ: **Sensory assessment of fat content in fluid dairy products.** *Appetite* 1988, **10**:37-44.
43. Mattes RD: **Is there a fatty acid taste?** *Annual Review of Nutrition* 2009, **29**:305-327.
44. Mennella JA, Finkbeiner S, Reed DR: **The proof is in the pudding: children prefer lower fat but higher sugar than do mothers.** *Int J Obes (Lond)* 2012, **36**:1285-1291.
45. Beauchamp GK, Moran M: **Dietary experience and sweet taste preferences in human infants.** *Appetite* 1982, **3**:139-152.
46. Birch LL: **Children's preferences for high-fat foods.** *Nutrition Reviews* 1992, **50**:249-255.
47. Mennella JA, Finkbeiner S, Lipchok SV, Hwang LD, Reed DR: **Preferences for salty and sweet tastes are elevated and related to each other during childhood.** *PLoS One* 2014, **9**:e92201.
48. Liem DG, Mennella JA: **Sweet and sour preferences during childhood: role of early experiences.** *Developmental Psychobiology* 2002, **41**:388-395.
49. Cardello AV, Maller O: **Relationships between food preferences and food acceptance ratings.** *Journal of Food Science* 1982, **47**:1553-1557.
50. Skinner JD, Carruth BR, Bounds W, Ziegler PJ: **Children's food preferences: A longitudinal analysis.** *Journal of the American Dietetic Association* 2002, **102**:1638-1647.
51. Howard AJ, Mallan KM, Byrne R, Magarey A, Daniels LA: **Toddlers' food**

675
1 676
2 677
3 678
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

preferences. The impact of novel food exposure, maternal preferences and food neophobia. *Appetite* 2012, **59**:818-825.

Expositions alimentaires au sucre et au gras : déterminants et liens avec l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras

Mots clés : nourrisson, apports nutritionnels, saveur sucrée, sensation de gras, appréciation, enfant.

Résumé

Contexte : Les expositions alimentaires durant la première année de vie pourraient jouer un rôle dans le développement des préférences alimentaires chez l'enfant.

Objectif : Caractériser les expositions alimentaires au sucre et au gras durant la première année et étudier leurs liens avec l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants d'âge scolaire.

Méthodes : Durant la première année, l'exposition alimentaire au sucre et au gras a été analysée selon une approche nutritionnelle dans l'étude EDEN et sensorielle dans l'étude OPALINE. Les facteurs précoces associés à ces expositions ont été analysés. Puis, les liens entre l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras et les scores d'appréciation entre neuf et 12 ans de la saveur sucrée et de la sensation de gras ont été étudiés, à l'aide de régressions linéaires ou logistiques multiples.

Résultats : L'exposition sensorielle au sucre et au gras augmentait durant la première année alors que l'apport en lipides était inférieur aux recommandations nutritionnelles.

Les expositions alimentaires au sucre et au gras étaient marginalement associées aux caractéristiques du nourrisson et de la mère mais principalement aux pratiques d'alimentation du nourrisson. Cependant, selon l'approche, des différences dans les facteurs associés aux expositions alimentaires au sucre et au gras ont été constatées. Enfin, l'exposition nutritionnelle au sucre et au gras du nourrisson n'était pas associée à l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants d'âge scolaire.

Conclusion : L'absence d'association entre l'exposition alimentaire au sucre et au gras du nourrisson et l'appréciation de la saveur sucrée et de la sensation de gras chez les enfants nécessite d'être confirmée, notamment en considérant l'exposition sensorielle.

Dietary sweet and fat exposure: determinants and links with sweet taste and fat sensation liking

Keywords: infant, nutritional intakes, sweet taste, fat sensation, liking, children.

Abstract

Context: Dietary exposures in the first year of life could play a role in the development of food preferences in children.

Aims: To characterize dietary sweet and fat exposures in infancy and to study their links with sweet taste and fat sensation liking in school-aged children.

Methods: During the first year, dietary sweet and fat exposures were assessed with a nutritional approach in the EDEN study and with a sensory approach in the OPALINE study. Next, early factors related to these dietary sweet and fat exposures were analyzed. Associations between the nutritional sweet and fat exposure and sweet taste and fat sensation liking scores in 9-to-12 y old children in the EDEN study were studied using multiple linear and logistic regressions.

Results: Sweet taste and fat sensation exposure increased during the first year while fat intake was lower than the nutritional recommendations. Whatever the approach, dietary sweet and fat exposures were marginally associated with infant and maternal characteristics but mainly with infant feeding practices. However, some factors were associated differently with dietary sweet and fat exposures depending on the approach. Finally, infant nutritional exposure to sweet and fat were not associated with sweet taste and fat sensation liking in children.

Conclusion: The lack of association between infant dietary exposure to sweet and fat and sweet taste and fat sensation liking in preschool children need to be confirmed with the sensory approach.