



**HAL**  
open science

# Activité physique, exposition à la télévision et alimentation du jeune enfant (2-5 ans) : Impact sur l'adiposité

Cécilia Saldanha Gomes

## ► To cite this version:

Cécilia Saldanha Gomes. Activité physique, exposition à la télévision et alimentation du jeune enfant (2-5 ans) : Impact sur l'adiposité. Santé publique et épidémiologie. Université Paris Saclay (COMUE), 2019. Français. NNT : 2019SACLS559 . tel-02465002

**HAL Id: tel-02465002**

**<https://theses.hal.science/tel-02465002>**

Submitted on 3 Feb 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Activité physique, Exposition à la télévision et Alimentation du jeune enfant (2-5 ans) : Impact sur l'adiposité

Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay  
préparée à l'Université Paris-Sud

École doctorale n°570 : santé publique (EDSP)

Spécialité de doctorat : épidémiologie

Thèse présentée et soutenue à Villejuif, le 19 décembre 2019, par

**Cécilia SALDANHA GOMES**

Composition du Jury :

**Jean-Michel OPPERT**

PU-PH, Université Pierre et Marie Curie

Président

**Sandrine PENEAU**

MCU, INSERM (UMR U1135)

Rapporteuse

**Marie-Josèphe SAUREL-CUBIZOLLES**

CR, INSERM (UMR 1153, CRESS)

Rapporteuse

**Isabelle AUBIN-AUGER**

PU, Université Paris 7 Diderot

Examinatrice

**Denis DEVICTOR**

PU-PH, Université Paris-Saclay

Examineur

**Vincent GAJDOS**

PU-PH, Université Paris-Saclay

Examineur

**Patricia DARGENT-MOLINA**

CR, INSERM (UMR 1153, CRESS)

Directrice de thèse

**Sandrine LIORET**

CR, INSERM (UMR 1153, CRESS)

Co-Directrice de thèse



‘A cœur vaillant, rien d’impossible.’ & ‘A l’impossible, nul n’est tenu.’

La sagesse populaire comme guide.



## Remerciements

---

Au Professeur Jean-Michel Oppert,

Vous me faites l'honneur de présider mon jury de cette thèse.

Je vous remercie pour votre disponibilité et pour toute l'attention portée à mon travail.

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère gratitude et de tout mon respect.

Aux Docteurs Sandrine Péneau et Marie-Josèphe Saurel-Cubizolles,

Vous me faites l'honneur de rapporter mon travail et de faire partie de mon jury.

Je vous remercie pour votre disponibilité et pour toute l'attention portée à mon travail.

Veillez trouver ici l'expression de ma gratitude et de mon profond respect.

Aux Professeurs Isabelle Aubin-Auger, Denis Devictor et Vincent Gajdos,

Vous me faites l'honneur de participer à mon jury et d'apporter votre très précieuse expertise de cliniciens.

Je vous remercie pour votre disponibilité et pour toute l'attention portée à mon travail.

Veillez trouver ici, chers confrères, l'expression de ma gratitude et de mon profond respect.

La thèse de science est tout, sauf un travail solitaire. Son aboutissement repose sur une subtile alchimie entre un environnement professionnel fécond et stimulant et un environnement personnel favorable et soutenant que je tiens ici à remercier.

Je tiens tout d'abord à remercier le Docteur Marie-Aline Charles de m'avoir accueillie au sein de son équipe et d'avoir suivi avec intérêt la progression de mes travaux.

Je remercie très sincèrement le Docteur Patricia Dargent-Molina, pour avoir dirigé cette thèse et bien plus. Patricia, je te remercie pour notre rencontre qui m'a permis de découvrir les différentes perceptives qu'offrait la recherche en santé publique et les possibilités qui s'offraient à moi. Je te remercie également pour nos échanges et ton accompagnement permanent, boostant et toujours bienveillant tout au long de mon master 2 et de ce long travail de thèse. Nos échanges m'ont permis de m'améliorer, de progresser et surtout de m'aguerrir dans mon travail de chercheuse. Si jamais je deviens une enseignante-chercheuse en médecine générale, tu en seras la pierre fondatrice pour la valence recherche. Mille mercis pour ces 6 ans de discussion qui me manqueront tant professionnellement que personnellement !

Je remercie très sincèrement le Docteur Sandrine Lioret, pour avoir co-dirigé cette thèse. Sandrine, ton expertise en épidémiologie de l'alimentation et en épidémiologie sociale a enrichi mes travaux. Merci pour la justesse de tes relectures et ton attention toujours pointue tant au fond qu'à la forme de mes productions écrites. Ta rigueur a permis de donner le rythme nécessaire pour mener à bien ce long travail de thèse. Muita Obrigada por tudo !

Un grand merci à toutes les chercheuses de l'équipe, pour leur disponibilité et leur gentillesse, à Blandine de Lauzon-Guillain pour la richesse de nos échanges scientifiques, toujours justes et rigoureux et pour tes relectures et tes nombreuses contributions à mes travaux ; à Barbara Heude pour ta disponibilité pour mes nombreuses questions méthodologiques, pour ta mise à disposition de l'âge au rebond et pour nos nombreux échanges qui m'ont permis de produire

ce travail ; à Sabine Plancoulaine pour ton expertise sur le sommeil, pour nos échanges confraternels parfois bien loin de la vie de chercheur mais si près de la vie de clinicien qui ont rythmé mon travail et embelli mon quotidien.

Je tiens également à remercier plus particulièrement deux piliers de l'équipe : Anne Forhan pour sa disponibilité et son aide précieuse dans l'apprentissage de SAS. Si aujourd'hui, je suis capable de faire des 'analyses statistiques' c'est grâce à toi, merci également pour ta prévenance et ta bienveillance à mon égard, ainsi que ta rapidité à répondre à mes nombreuses questions toujours urgentes sur EDEN et Lorelei. Ainsi qu'Edith Lesieux pour sa gentillesse et son efficacité sans égales pour résoudre tous les problèmes techniques, administratifs ou paperassiers qui ont été nombreux en 6 ans de thèse avec des changements de statut, de voiture ou de carte de cantine, bref, tu es formidable au quotidien et c'est très précieux.

De plus, je tiens à remercier tous les doctorants et stagiaires qui m'ont accompagnée pendant ces 6 ans et ils ont été nombreux, je ne m'hasarderai pas à les citer tous. Vos conseils et nos échanges ont été très précieux et féconds, vous avez tous contribué à l'aboutissement de ce travail de thèse grâce à votre soutien au jour le jour. Je tiens néanmoins à remercier Morgane et Camille pour leurs échanges de thésardes en fin de course qui m'ont portée en ce dernier semestre 2019, merci d'avoir partagé avec moi le dernier wagon de ce train de fin de thèse.

J'en profite également pour remercier particulièrement mes colocataires de bureau qui ont toujours accepté avec beaucoup de gentillesse, mais non sans gêne pour eux, les appels intempestifs de mes internes, mes secrétaires, mes remplaçants, bref ma vie de clinicienne qui ne s'arrête pas vraiment au cabinet. Merci à Manik, notre partage de la bibliothèque fut un grand bonheur lors de notre master 2 et à l'origine d'une amitié précieuse et d'une magnifique découverte de la sage-femmerie. Merci à Eve, tes 3 ans de thèse au cordeau sont passés trop vite, tu es un rayon de soleil au quotidien et un gisement inépuisable d'informations et de rigolades. Merci à Marion, nos échanges du quotidien et ta bienheureuse jeunesse ont égaillé

ma fin de thèse. Merci à Sacha pour ta patience et ta gentillesse au quotidien devant mes coups de téléphone trop nombreux.

Ensuite, une thèse sans collaboration scientifique ne serait pas une thèse. Je tiens ici à remercier Matthieu Marbac et Mohammed Sedki, votre apport à ma thèse a été majeur, vous m'avez initiée, accompagnée et portée dans l'apprentissage et dans la mise en œuvre du clustering, avec une disponibilité qui n'a d'égale que votre gentillesse, soyez-en remerciés. Je remercie également Madalina Jacota, qui par son invitation à travailler avec elle, m'a permis de partager le fruit de mon travail sur le pourcentage de masse grasse.

De plus, je remercie l'équipe de l'école doctorale de santé publique qui m'a accompagnée durant ces trop nombreuses années de thèse, avec une pensée toute particulière pour Raphaëlle Varraso qui a été une tutrice hors pair, une alliance parfaite de bienveillance et de fermeté et Fabienne Renoir qui est une source de savoir et d'aide pour la complexe finalisation de la thèse et surtout de son jury.

Enfin, je tiens à remercier le Pr Laurent Rigal et l'équipe du département de médecine générale qui m'ont permis de mener à bien ce travail de thèse, en trouvant un équilibre entre mes fonctions d'enseignante et de thésarde. Je tiens aussi à remercier le Pr Rissane Ourabah pour la confiance qu'il m'a accordée en me nommant cheffe de clinique et en me permettant de me lancer dans cette thèse. Vous m'avez de plus fait l'honneur de votre relecture très attentive et orthographiquement acérée que je tiens ici à remercier. Pour finir, je tiens à remercier Sophie Bucher, tu es un modèle pour moi, ton soutien au quotidien, ton souci de mon bien-être et tes encouragements sans faille m'ont permis de mener ce dur travail de thèse et de constituer ce précieux jury, tout en m'épanouissant dans l'enseignement et en prenant toujours beaucoup de plaisir à travailler à tes côtés. J'espère que nous pourrons continuer.

Merci à toi, Maman, tu as été et es pour moi un soutien permanent et constant. Sans ton investissement, tes encouragements et tes sacrifices, je n'aurais jamais pu réaliser mes études et m'apprêter aujourd'hui à être 2 fois docteur. L'être que je suis aujourd'hui a été façonné et forgé par ton amour et ta confiance sans faille en moi, j'espère te rendre toujours fière de moi. Je te remercie pour tout, mais surtout pour notre relation qui m'est et me sera toujours essentielle et indispensable. Avec tout mon amour.

Merci à toi, Papa, ta force, ton perfectionnisme et ton courage m'ont toujours servi d'exemple pour ma vie professionnelle. Je te remercie pour ton soutien pendant toutes mes longues études et pour cette dernière étape, en espérant toujours te rendre fière de moi. Avec tout mon amour.

Merci à toi, Catia, ma grande sœur, tu as toujours été pour moi un modèle à suivre. Ton soin et ton application dans les études m'ont donné très jeune les bases fondamentales pour mener à bien mes études. Je te remercie pour ton soutien et ton enthousiasme et j'espère que tu es aujourd'hui aussi fière de moi que je le suis de toi. Avec tout mon amour.

Merci à toi, Laetitia, notre amitié n'a de cesse de me faire grandir et est une source permanente de joie. Je te remercie pour ton soutien sans faille pendant toutes mes études. C'est un honneur pour moi de t'avoir comme amie. Avec toute mon amitié.

Merci à vous, Cris et Chris, votre bonne humeur permanente est pour moi un rayon de soleil quotidien. Merci pour tout le soutien que vous me témoignez et l'amour que vous portez à mes enfants, surtout ne changez rien. Avec toute mon amitié.

Merci à vous, ma belle-famille, et plus particulièrement à mes beaux-parents Isabelle et Joaquim, pour le soutien que vous m'apportez tous au quotidien, notamment avec mes enfants. Votre présence a été essentielle et indispensable à la réalisation de ce travail de thèse. Avec toute ma gratitude.

Merci à vous, Adeline, Julien, Alban, Rebecca, Frank, Sonia et tous les autres d'être mes amis. Votre amitié constante m'apporte tous les jours un grand bonheur. Merci d'être toujours présents et fidèles à mes côtés. Je suis riche de vous connaître et de vous avoir comme amis. Avec toute mon amitié.

Merci à toi, Philippe, mon amour, ta patience sans limite, ton soutien inconditionnel et tes encouragements quotidiens durant ces longues et franchement pénibles années de thèse m'ont permis de m'épanouir sereinement et pleinement sur le plan professionnel. Notre amour est ma force de vie. Merci pour nous, pour nos deux merveilleux enfants et pour tout ce qui n'appartient qu'à nous. Ton éternelle étudiante qui t'aime infiniment.

Merci à vous, mes enfants Victoria et Valentin, vous êtes mon bonheur et toute ma joie. Vos encouragements, votre abnégation et votre compréhension de mon travail m'ont permis de mener à bien cette thèse, en espérant ne pas être trop passée à côté de vos jeunes années. J'espère vous rendre fière de moi. Votre maman qui vous aime gros comme un univers en expansion....

# Table des matières

---

<i>Table des matières</i> .....	11
<i>Liste des figures</i> .....	15
<i>Liste des tableaux</i> .....	17
<i>Liste des abréviations</i> .....	19
<i>Valorisation scientifique</i> .....	21
<b>Chapitre 1 : Etat de la question</b> .....	23
<b>1. Le surpoids et l'obésité pédiatrique</b> .....	25
1. Données épidémiologiques.....	25
2. Conséquences du surpoids-obésité pédiatrique sur la santé.....	26
3. L'adiposité et ses mesures.....	29
4. L'âge au rebond d'adiposité.....	30
<b>2. Etiologies du surpoids et de l'obésité pédiatriques : Modèle conceptuel</b> .....	34
<b>3. Les comportements impliqués dans la balance énergétique</b> .....	38
1. Associations avec le surpoids et l'obésité chez l'enfant de plus de 5 ans, l'adolescent et l'adulte.....	38
2. Associations avec le surpoids et l'obésité chez l'enfant de moins de 5 ans.....	39
3. Associations entre l'activité physique, la sédentarité et l'alimentation.....	45
4. Associations entre le sommeil et les comportements impliqués dans la balance énergétique.....	48
5. Recommandations concernant l'activité physique, la sédentarité, l'alimentation et le sommeil.....	50
<b>4. Rationnel de l'approche multi-comportementale</b> .....	53
1. Approche traditionnelle et approche par profils.....	53
2. Les clusters multi-comportementaux chez l'enfant et l'adolescent.....	55
<b>5. Objectifs de la thèse</b> .....	57
<b>Chapitre 2 : La cohorte EDEN</b> .....	59
<b>1. Présentation générale</b> .....	61
<b>2. Inclusion et suivi dans la cohorte</b> .....	61
<b>3. Données utilisées dans le cadre de ma thèse</b> .....	63
1. Les données comportementales.....	64
2. Les données anthropométriques.....	69
3. Position socio-économique.....	74
4. Autres données utilisées.....	74
5. Effectifs disponibles pour les données utilisées dans cette thèse.....	75
<b>Chapitre 3 : Association longitudinale entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'adiposité entre 2 et 5 ans</b> .....	78
<b>1. Introduction</b> .....	81
<b>2. Matériel et méthodes</b> .....	83
1. Population d'étude.....	83
2. Variables étudiées.....	84
3. Analyse statistique.....	85
<b>3. Résultats</b> .....	87

1. Comparaison entre la population sélectionnée et celle d'EDEN non sélectionnée .....	87
2. Caractéristiques de la population étudiée en fonction du sexe .....	88
3. Associations entre les comportements impliqués dans la balance énergétique entre eux à 2 ans .....	89
4. Associations transversales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'IMC prédit à 2 ans.....	90
5. Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité de l'enfant à 5 ans .....	91
<b>4. Discussion .....</b>	<b>95</b>
<b>Chapitre 4 : Clusters multi comportementaux à 2 et 5 ans : associations avec l'adiposité 103</b>	
<b>1. Introduction .....</b>	<b>105</b>
<b>2. Matériel et méthode .....</b>	<b>108</b>
1. Population d'étude.....	108
2. Variables étudiées.....	108
3. Méthode de constitution des clusters.....	110
4. Analyse statistique.....	112
<b>3. Résultats .....</b>	<b>114</b>
1. Caractéristiques de la population en fonction du sexe .....	114
2. Identification des clusters .....	117
3. Clusters et niveau d'études de la mère .....	120
4. Evolution des clusters entre 2 et 5 ans.....	121
5. Associations entre l'appartenance aux clusters/chemins de clusters à 2 et 5 ans et la masse grasse à 5 ans.....	122
<b>4. Discussion .....</b>	<b>125</b>
<b>Chapitre 5 : Age au rebond d'adiposité : associations avec les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans..... 133</b>	
<b>1. Introduction .....</b>	<b>135</b>
<b>2. Matériel et méthode .....</b>	<b>139</b>
1. Population d'étude.....	139
2. Variables étudiées.....	140
3. Analyse statistique.....	140
<b>3. Résultats .....</b>	<b>142</b>
1. Comparaison entre la population sélectionnée et celle non sélectionnée d'EDEN.....	142
2. Caractéristiques de la population étudiée en fonction du sexe de l'enfant.....	143
3. Associations entre la position socio-économique et les comportements impliqués dans la balance énergétique en fonction du sexe de l'enfant.....	144
4. Associations entre les variables d'ajustement et l'âge au rebond .....	146
5. Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'âge au rebond .....	146
<b>4. Discussion .....</b>	<b>150</b>
<b>Discussion générale .....</b>	
<b>155</b>	
<b>1. Synthèse des résultats principaux.....</b>	<b>156</b>
<b>2. Forces et limites .....</b>	<b>163</b>
1. Originalités des travaux .....	163
2. La problématique attrition .....	165
3. Limites de la mesure des comportements.....	167

4. Limites des mesures de l'adiposité.....	168
<b>3. Perspectives de recherches .....</b>	<b>169</b>
<b>4. Implications pour la pratique clinique quotidienne et la prévention .....</b>	<b>172</b>
<i><b>Bibliographie.....</b></i>	<i><b>177</b></i>
<i><b>Annexes .....</b></i>	<i><b>199</b></i>
<b>1. Annexe A relative au chapitre 2.....</b>	<b>201</b>
1. Extraits des questionnaires présentant le libellé des questions et leurs modalités de réponses exploitées dans cette thèse.....	201
2. Règles d'imputation relatives aux variables JeuExt et Marche.....	208
3. Règles d'imputations relatives à la variable TV.....	209
<b>2. Annexe B relative au chapitre 3.....</b>	<b>211</b>
<b>3. Annexe C relative au chapitre 4.....</b>	<b>214</b>



## Liste des figures

Figure 1 : Complications de l'obésité pédiatrique, d'après Ebbeling et al, 2002 .....	28
Figure 2 : Courbes d'IMC issues des carnets de santé des enfants français, positionnement du rebond d'adiposité .....	31
Figure 3 : Représentation graphique de 4 différents types d'évolution de la corpulence de la naissance à l'âge adulte, d'après Rolland-Cachera et al. 1987 .....	32
Figure 4 : Vitesse de changement de la masse grasse (à gauche) et de la masse maigre (à droite), en kg/année, chez les filles et les garçons en fonction de l'âge au rebond d'adiposité : précoce (trait foncé) et tardif (trait clair), d'après Taylor et al. 2011 .....	33
Figure 5 : Modèle écologique des déterminants du surpoids chez l'enfant d'après Davison and Birch, 2001. Les facteurs de risque pour l'enfant (en majuscules) font référence aux comportements de l'enfant associés au développement du Spds-Ob. Les caractéristiques de l'enfant (en italique) interagissent avec les facteurs de risque et les facteurs contextuels qui influent le développement du Spds-Ob (c.-à-d. des variables modératrices). .....	34
Figure 6 : Mécanismes potentiels via lesquels le manque de sommeil prédispose à l'obésité d'après Magee et Hale, Sleep Med Rev, 2013 .....	37
Figure 7 : Frise chronologique du suivi des couples mère-enfant jusqu'à 5-6 ans .....	62
Figure 8 : Attrition dans la cohorte EDEN, d'après Heude et al. (2016) .....	63
Figure 9 : Compos de Holtain .....	71
Figure 10 : BIA 101 avec schéma de positionnement des électrodes .....	71
Figure 11 : Diagramme de flux de l'analyse de l'association longitudinale entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'adiposité, *la non-réponses à 1 ou 2 durées ont été imputées (cf méthodes); † temps passé en jeux extérieurs ; ‡ temps passé devant la télévision ; § données manquantes pour un ou plusieurs comportements impliqués dans la balance énergétique.....	83
Figure 12 : Diagramme de flux de l'analyse de l'association entre les clusters multi comportementaux à 2 et 5 ans et l'adiposité à 5 ans, ♂ pour garçons et ♀ pour filles .....	112
Figure 13 : Pourcentage de pouvoir discriminant des variables discriminantes pour la construction des clusters par sexe à l'âge de 2 et 5 ans. ....	118
Figure 14 : Répartition des enfants des clusters à 5 ans en fonction de leur cluster d'appartenance à 2 ans, par sexe .....	122
Figure 15 : Diagramme de flux de l'analyse de l'association longitudinale entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'âge au rebond d'adiposité, ♂ pour garçons et ♀ pour filles * qualité de prédiction de l'âge au rebond dépend de l'âge de la dernière mesure : très bonne= au moins 1 mesure après 8 ans, bonne = au moins 1 mesure après 5 ans mais aucune après 8 ans et moyenne aucune mesure après 5 ans. ....	139



## Liste des tableaux

Tableau I : Effectifs disponibles pour les données utilisées dans cette thèse après imputations. ....	75
Tableau II : Comparaison selon les caractéristiques sociodémographiques entre la population sélectionnée pour l'étude et la population d'EDEN non sélectionnée ; les valeurs sont des pourcentages sauf autre indication. ...	87
Tableau III : Caractéristiques de la population d'étude en fonction du sexe ; les valeurs sont des pourcentages sauf autre indication. ....	88
Tableau IV : Associations entre les scores des profils alimentaires et le temps passé en jeux extérieurs / le temps passé devant la télévision ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%).....	89
Tableau V : Associations transversales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'IMC prédit à 2 ans ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%).....	90
Tableau VI : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité à 5 ans chez les garçons ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%) .....	92
Tableau VII : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité à 5 ans chez les filles ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%).....	93
Tableau VIII : Variables considérées pour l'analyse en clusters à 2 et 5 ans dans chaque domaine comportemental.....	109
Tableau IX: Caractéristiques de la population selon le sexe ; les valeurs sont des pourcentages, sauf indication contraire.....	114
Tableau X : Valeur du Bayesian Information Criterion (BIC) et nombre de variables discriminantes en fonction du nombre de clusters modélisé à 2 et 5 ans par sexe .....	117
Tableau XI : Association entre le niveau d'études de la mère et l'appartenance aux clusters à 2 et 5 ans en fonction du sexe.....	121
Tableau XII : Association entre le pourcentage de masse grasse et l'appartenance à un cluster à 2 et 5 ans en fonction du sexe.....	123
Tableau XIII : Association entre le pourcentage de masse grasse et l'appartenance à un chemin de cluster entre 2 et 5 ans en fonction du sexe.....	124
Tableau XIV : Comparaison des caractéristiques sociodémographiques familiales et de l'enfant entre la population sélectionnée et celle d'EDEN non sélectionnée pour l'analyse longitudinale entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'âge au rebond ; les valeurs sont des pourcentages sauf autre indication.....	142
Tableau XV : Comparaison des caractéristiques sociodémographiques et comportementales, et de l'âge au rebond d'adiposité entre les garçons et les filles (N=1125) ; les valeurs sont des pourcentages sauf indication contraire.....	143
Tableau XVI : Association entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et la position socio-économique chez les garçons, les valeurs sont des pourcentages. ....	144
Tableau XVII : Association entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et la position socio-économique chez les filles, les valeurs sont des pourcentages. ....	145
Tableau XVIII : Associations entre l'âge au rebond en continu et les variables d'ajustement chez les garçons et les filles ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%).....	146
Tableau XIX : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'âge au rebond en continu chez les garçons ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%).....	147
Tableau XX : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'âge au rebond en continu chez les filles (les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%)).....	148
Tableau XXI : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'âge au rebond précoce (< 10 <sup>ème</sup> percentile) (les valeurs sont des Odds Ratios (IC à 95%)) .....	149
Tableau XXII : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité à 5 ans chez les garçons ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%) .....	211
Tableau XXIII : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité à 5 ans chez les filles ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%)... ..	212

<i>Tableau XXIV : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité à 5 ans chez les garçons et les filles sans imputations sur les comportements (les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%)).....</i>	<i>213</i>
<i>Tableau XXV : Probabilités des distributions multinomiales des variables discriminantes des clusters chez les garçons de 2 ans prédites pour le modèle à 2 clusters. ....</i>	<i>214</i>
<i>Tableau XXVI : Probabilités des distributions multinomiales et paramètres des distributions gaussiennes des variables discriminantes des clusters chez les filles de 2 ans prédits pour le modèle à 2 clusters. ....</i>	<i>217</i>
<i>Tableau XXVII : Probabilités des distributions multinomiales et paramètres des distributions gaussiennes des variables discriminantes des clusters chez les garçons à 5 ans prédits pour le modèle à 2 clusters. ....</i>	<i>219</i>
<i>Tableau XXVIII : Probabilités des distributions multinomiales et paramètres des distributions gaussiennes des variables discriminantes des clusters chez les filles à 5 ans prédits pour le modèle à 4 clusters. ....</i>	<i>221</i>

## Liste des abréviations

---

Spds-Ob : surpoids, obésité incluse

INCA : études Individuelles Nationales des Consommations Alimentaires

IMC : Indice de Masse Corporelle

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

IOTF : International Obesity Task Force

DOHaD : Developmental Origins of Health and Disease

PNNS : Programme National Nutrition Santé

ACP : Analyse en Composantes Principales

EDEN : Etude portant sur les Déterminants pré et post natals précoces du développement psychomoteur et de la santé de l'Enfant

CHU : Centre Hospitalo-Universitaire

SA : Semaines d'Aménorrhée

Ex Cl : Examen Clinique

MG : Masse Grasse

MM : Masse Maigre

BAC : Baccalauréat

BIC : Bayesian Information Criterion

AP : Activité Physique

TV : Télévision

ELFE : Etude Longitudinale Française depuis l'Enfance



## Valorisation scientifique

---

### Articles publiés

Saldanha-Gomes, C., B. Heude, M.-A. Charles, B. de Lauzon-Guillain, J. Botton, S. Carles, A. Forhan, P. Dargent-Molina, et S. Lioret. 2017. '**Prospective associations between energy balance-related behaviors at 2 years of age and subsequent adiposity: the EDEN mother-child cohort**'. *International Journal of Obesity* (2005) 41 (1): 38-45.

Jacota, M., A. Forhan, C. Saldanha-Gomes, M. A. Charles, B. Heude, et EDEN Mother-Child Cohort Study Group. 2017. '**Maternal weight prior and during pregnancy and offspring's BMI and adiposity at 5-6 Years in the EDEN mother-child cohort**'. *Pediatric Obesity* 12 (4): 320-29.

### Article en revue

C. Saldanha Gomes, M. Marbac, M. Sedki, M. Cornet, S. Plancoulaine, M.-A. Charles, S. Lioret, P. Dargent-Molina '**Clusters of diet, physical activity, television exposure and sleep habits and their association with adiposity in preschool children: the EDEN mother-child cohort**'. en cours de revue à *l'International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*

### Article en préparation

C. Saldanha Gomes, A. Cissé, B. Heude, M.-A. Charles, S. Lioret, P. Dargent-Molina. '**Prospective associations between energy balance-related behaviors at 2 years of age and adiposity rebound: The EDEN mother-child cohort**'.

### Communications orales en congrès

Congrès de l'ISBNPA (International Society of Behaviour Nutrition and Physical Activity) le 6 juin 2015 à Edimbourg : '**Energy balance-related behaviours at age 2 are associated with adiposity at age 5: results from the EDEN mother-child cohort**'. C. Saldanha-Gomes, B. Heude, M.-A. Charles, B. de Lauzon-Guillain, J. Botton, S. Carles, A. Forhan, P. Dargent-Molina, et S. Lioret.

Congrès du CMGF (Collège de la Médecine Générale de France) le 30 mars 2017 à Paris intitulé : '**Associations longitudinales entre les comportements liés à la balance énergétique et l'obésité entre 2 et 5 ans chez les enfants de la cohorte**'.

**EDEN.** C. Saldanha-Gomes, B. Heude, M.-A. Charles, B. de Lauzon-Guillain, J. Botton, S. Carles, A. Forhan, P. Dargent-Molina, et S. Lioret

## Chapitre 1 : Etat de la question

---



## 1. Le surpoids et l'obésité pédiatrique

### 1. Données épidémiologiques

Au niveau mondial, la prévalence d'enfants en surpoids ou obèses n'a cessé de croître ces dernières décennies. La prévalence du surpoids, obésité incluse (Spds-Ob) chez les enfants âgés de 0 à 5 ans est passée de 4,2% en 1990 à 6,7% en 2010, soit une augmentation relative de 60% (de Onis, Blössner, et Borghi 2010). On estime ainsi qu'en 2010, environ 43 millions d'enfants d'âge préscolaire sont affectés à travers le monde. Cette tendance devrait se poursuivre et atteindre une prévalence de 9,1% en 2020, soit une augmentation relative de 36% sur 10 ans. D'importantes variations dans la prévalence du Spds-Ob ont pu être constatées entre pays et régions du globe. Ainsi, en 2010, la prévalence du Spds-Ob infantile était estimée à 11,7% dans les pays à hauts revenus contre 6,1% dans les pays à bas revenus. Cependant, la grande majorité des enfants en Spds-Ob (environ 35 millions) vit dans les pays à bas revenus. De plus, l'augmentation relative de la prévalence du Spds-Ob au cours des 20 dernières années a été plus marquée dans les pays à bas revenus (+ 65%) que dans les pays à haut revenus (+ 48%).

En Europe, une très récente méta-analyse estime que 17,9 % des enfants européens âgés de 2 à 7 ans sont en surpoids et 5,3 % sont obèses (Garrido-Miguel, Oliveira, et al. 2019). La prévalence du Spds-Ob est répartie de façon hétérogène en Europe, avec d'importantes différences observées entre les pays européens. Ainsi, les pays du sud de l'Europe présentent les prévalences les plus élevées de Spds-Ob, comme par exemple en Italie (32,4%), en Grèce (29,6%) et au Portugal (26,4%) ; contrairement à d'autres pays comme l'Estonie (8,3 %), la France (11,0 %) et les Pays-Bas (13,4 %) au sein desquels les prévalences les plus basses sont observées. Malgré une stabilisation récente de la prévalence du Spds-Ob chez les enfants dans

la plupart des pays européens, celle-ci reste encore très élevée (Garrido-Miguel, Caverero-Redondo, et al. 2019; Garrido-Miguel, Oliveira, et al. 2019; Olds et al. 2011).

En France, les enquêtes transversales répétées de la DRESS confirme la stabilisation de la prévalence du Spds-Ob chez le jeune enfant amorcée depuis les années 2000, avec des estimations de prévalence autour de 11,9% et 3,5% pour le surpoids et l'obésité respectivement en 2013 (Chardon et al. 2015). Cependant, malgré cette stabilisation, on constate l'existence d'inégalités sociales notables dès 5 ans avec des taux de Spds-Ob constamment supérieurs chez les enfants en éducation prioritaire ou ayant des parents ouvriers. Les données des études Individuelles Nationales des Consommations Alimentaires (INCA) 1 et 2 confirment ces importantes inégalités sociales face au Spds-Ob dès l'âge de la maternelle (Lioret et al. 2009). Plus récemment, Ballon et al. ont montré que ces inégalités sociales étaient encore plus précoces, avec un gradient socioéconomique inverse de l'Indice de Masse Corporelle (IMC) constaté dès le premier mois de vie chez les enfants de la cohorte EDEN (Ballon et al. 2018). Dans leur revue, Chung et al, montrent que des différences de tendances du Spds-Ob ont été observées selon le niveau socio-économique dans la majorité des études (Chung et al. 2016). Plus de la moitié des études incluses indiquaient une prévalence croissante du Spds-Ob chez les enfants et les adolescents présentant un niveau socio-économique plus bas, alors que la tendance inverse était observée dans les niveaux socio-économiques plus élevés. Environ, la moitié des études ont ainsi révélé une aggravation des inégalités sociales en matière de Spds-Ob.

## 2. Conséquences du surpoids-obésité pédiatrique sur la santé

Au vu de l'augmentation alarmante de la prévalence du Spds-Ob observée dans un nombre croissant de pays, notamment chez l'enfant, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) considère le Spds-Ob comme une épidémie mondiale (World Health Organization 2000).

Indicateur d'une transition nutritionnelle (Maire et al. 2002), il est maintenant si courant qu'il remplace des problèmes plus traditionnels tels que la sous-nutrition et les maladies infectieuses en tant que causes les plus prépondérantes de problèmes de santé publique. Cette épidémie est d'autant plus dramatique qu'elle induit des conséquences à court, moyen et long terme sur la santé des enfants. Le Spds-Ob est associé à un risque cardiovasculaire accru chez les enfants, à des atteintes viscérales comme la stéatose hépatite ou la glomérulonéphrite, ainsi qu'à des altérations du système musculo-squelettique et pulmonaire. De plus, l'impact psycho-social du Spds-Ob chez les adolescents et les jeunes adultes est considérable avec une baisse de l'estime de soi et un risque de syndrome dépressif accru (J J Reilly 2003). En 2010, Biro et Wien rapportent également des conséquences sur la puberté comme une puberté précoce et un hypogonadisme avec un impact différentiel du Spds-Ob en fonction du sexe au moment de la puberté. Physiologiquement, la puberté est associée à une augmentation de la masse maigre et de la masse grasse, avec une augmentation relative plus importante de la masse grasse chez les filles. Au moment de la puberté, les filles ayant un IMC plus élevé ont une plus grande augmentation de masse grasse que les filles ayant un IMC normal (Biro et Wien 2010). Un enfant en situation de Spds-Ob a une probabilité plus importante d'être un adulte obèse et les conséquences métaboliques et psychologiques du Spds-Ob persistent à l'âge adulte (Biro et Wien 2010; Ebbeling, Pawlak, et Ludwig 2002; Park et al. 2012; Singh et al. 2008). La Figure 1, ci-après, résume les conséquences sur la santé de l'obésité pédiatrique (Ebbeling, Pawlak, et Ludwig 2002).

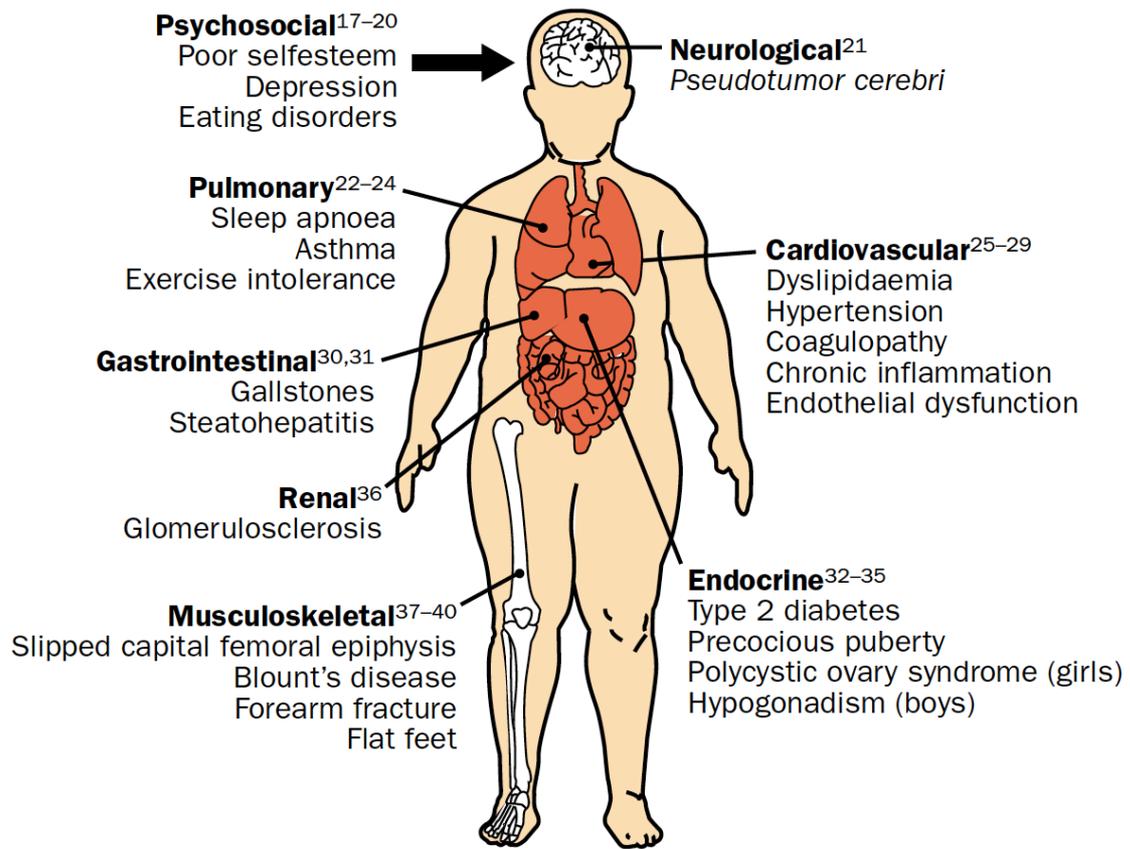


Figure 1 : Complications de l'obésité pédiatrique, d'après Ebbeling et al, 2002

### 3. L'adiposité et ses mesures

L'IMC, défini comme le poids (en kg) divisé par la taille au carré (en m<sup>2</sup>), est largement utilisé dans les études épidémiologiques pour identifier les personnes ayant un excès d'adiposité. En 2000, le surpoids et l'obésité pédiatriques ont été définis en fonction du sexe et de l'âge selon les seuils de l'International Obesity Task Force (IOTF) (Cole et al. 2000), en utilisant des courbes d'IMC établies à partir de données recueillies dans 6 pays disposant de larges échantillons représentatifs. Disponibles de l'âge de 2 ans à 18 ans, ces seuils ont été estimés à partir des courbes de centiles d'IMC atteignant respectivement les valeurs 25 et 30 kg/m<sup>2</sup> à 18 ans, valeurs seuils pour le surpoids et l'obésité chez les adultes.

Si l'IMC est facile à mesurer, il est toutefois limité par son incapacité à faire la distinction entre la masse grasse et la masse maigre ou la contribution différentielle du poids ou de la taille (Javed et al. 2015). L'utilisation de l'IMC comme 'proxy' de l'adiposité est plus problématique dans la population pédiatrique, parce que les contributions relatives de la masse grasse et de la masse maigre au poids varient selon l'âge, le sexe, le stade pubertaire et l'ethnie. En effet, la composition corporelle des filles et des garçons diffère dès la vie utérine et les filles connaissent une relative plus grande augmentation de leur masse grasse tout au long de l'enfance. Les différences de percentiles d'IMC indiquent des différences dans la masse grasse seulement pour les percentiles élevés de l'IMC, ce qui peut conduire à une classification erronée des enfants par rapport au niveau réel d'adiposité (Weber et al. 2013).

En 2015, une revue de la littérature sur les différentes méthodes d'évaluation de l'adiposité chez les enfants recense sur 10 méthodes rapportées, 4 méthodes rapides, pratiques, peu coûteuses et très utiles : l'IMC, la mesure des plis cutanés, la mesure des différents périmètres en particulier abdominal et la mesure de la résistance des tissus par impédancemétrie. La mesure des plis cutanés a l'avantage de pouvoir être confrontée à des courbes de référence. En revanche, elle nécessite un matériel spécifique, un compas de Holtain et surtout un opérateur

expérimenté. Pour le périmètre abdominal, la mesure est très aisée mais il n'existe pas de référence ou de norme. Il varie en fonction du sexe, de l'âge, de l'ethnie et de la taille, d'où l'utilisation fréquente de ratio (périmètre abdominal/taille). Pour l'impédancemétrie, les mesures nécessitent souvent que les enfants restent couchés, le placement des électrodes doit être standardisé pour éviter les erreurs de mesure et la valeur de la masse grasse s'appuie sur des équations de prédiction (Horan et al. 2015). Toutes ces méthodes de mesure sont plus sensibles que l'IMC pour l'adiposité et peuvent être combinées. En effet, plusieurs équations de mesure de la masse grasse ou de la masse maigre ont été développées en intégrant à la fois les données de taille et de poids de l'enfant, ainsi que la mesure des plis cutanés et/ou les valeurs d'impédancemétrie, en tenant compte du sexe et de l'âge (Goran et al. 1996; 1993; Slaughter et al. 1988; Houtkooper et al. 1989).

#### 4. L'âge au rebond d'adiposité

##### a. Définition du rebond d'adiposité

L'IMC augmente la première année de vie puis décroît jusque vers l'âge de 6 ans, où il atteint son niveau le plus bas, puis il augmente de nouveau jusqu'à l'âge adulte où il se stabilise. Cette remontée vers l'âge de 6 ans est appelée rebond d'adiposité (M. F. Rolland-Cachera et al. 1984). La Figure 2 présente les courbes d'IMC des carnets de santé des enfants français où le rebond d'adiposité a été positionné à l'aide d'une flèche.

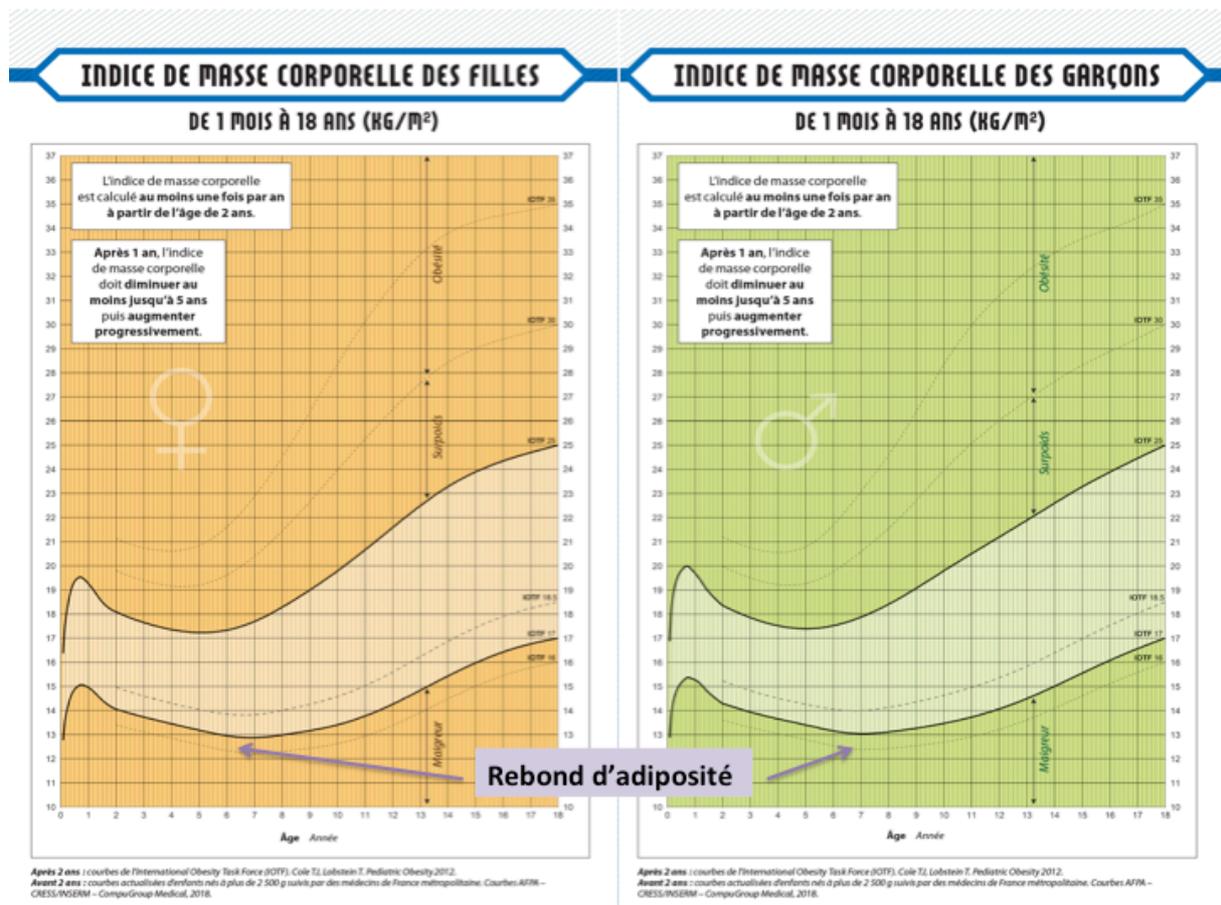


Figure 2 : Courbes d'IMC issues des carnets de santé des enfants français, positionnement du rebond d'adiposité

b. Association entre l'âge au rebond d'adiposité et le surpoids et l'obésité

Rolland-Cachera et al. ont été les premiers à mettre en évidence une association positive entre un âge précoce au rebond d'adiposité (avant 5 ans) et l'obésité en fin d'adolescence (à 16 ans) (M. F. Rolland-Cachera et al. 1984). Whitaker et al. ont également mis en évidence une telle association avec l'obésité à l'âge adulte entre 21 et 29 ans (Whitaker et al. 1998). En outre, un âge au rebond d'adiposité précoce est associé à un risque accru pour certaines pathologies métaboliques comme le diabète de type 2 ou le syndrome métabolique (Eriksson et al. 2003 ; Péneau et al. 2016). La période de la petite enfance, avant 6 ans semble donc être une période critique pour la santé future et en particulier le développement de l'adiposité des enfants mais

également des adultes (Dietz 1994 ; Taylor et al. 2005). La Figure 3 illustre différentes évolutions de la corpulence de la naissance à l'âge adulte : en particulier les cas 1 et 3 correspondent à des enfants avec un âge précoce au rebond qui deviennent des adultes en surpoids ou obèses (M. F. Rolland-Cachera et al. 1987).

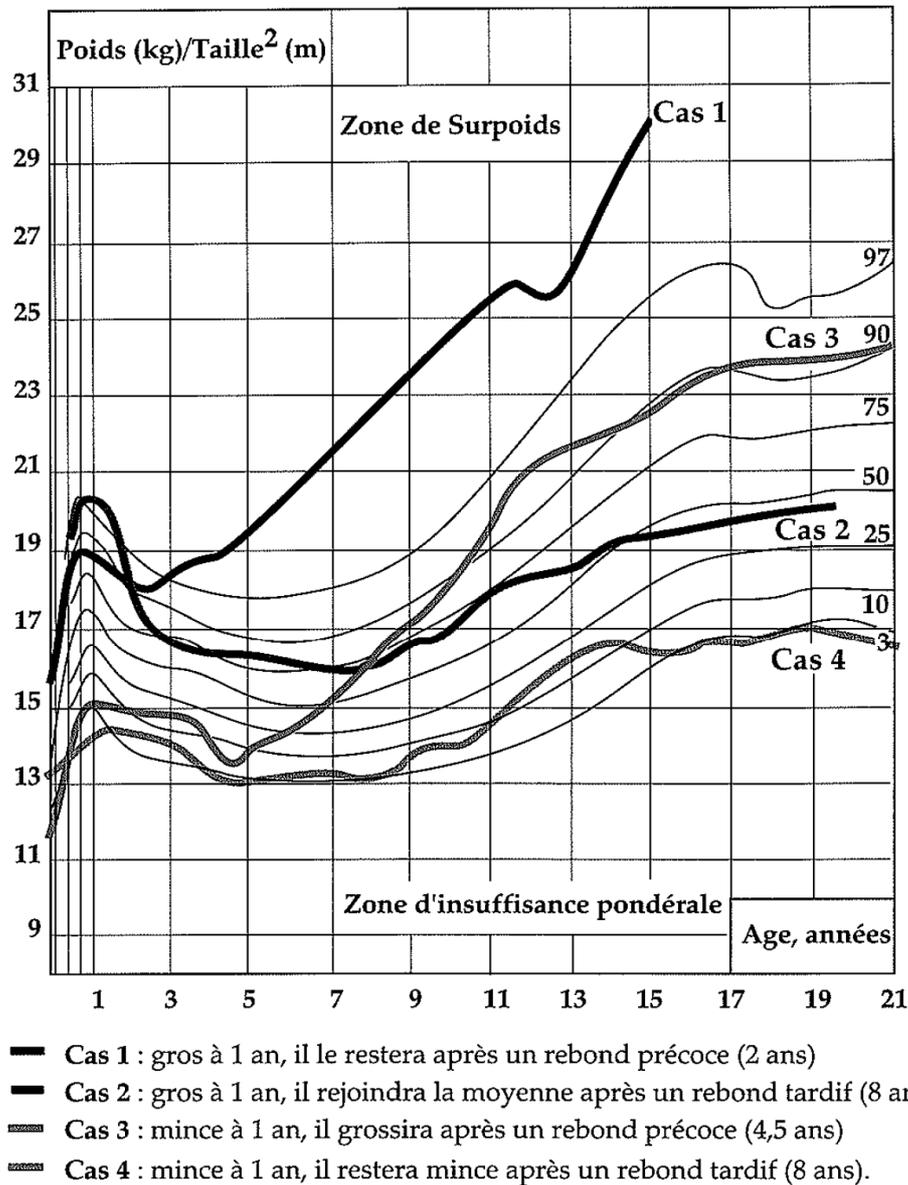


Figure 3 : Représentation graphique de 4 différents types d'évolution de la corpulence de la naissance à l'âge adulte, d'après Rolland-Cachera et al. 1987

Plusieurs études ont montré qu'un âge précoce au rebond d'adiposité est le résultat d'une vitesse de gain de poids plus élevée entre 3 ans et l'âge au rebond d'adiposité, plutôt que celui

d'une vitesse de croissance staturale plus lente que la moyenne (S. M. Williams 2005 ; Taylor et al. 2004). De plus, Taylor et al. ont mis en évidence que le gain de poids chez les enfants ayant un âge précoce au rebond d'adiposité était principalement dû à une augmentation de la masse grasse, avec des contributions relatives différentes en fonction du sexe (Taylor et al. 2011). En effet, chez les garçons, il y a une contribution plus importante de la masse maigre par rapport à la masse grasse, alors que chez les filles, il s'agit principalement d'une augmentation de la masse grasse. La Figure 4 présente les vitesses de changement de la masse grasse et de la masse maigre entre 3 et 7 ans, séparément chez les filles et les garçons, en comparant les enfants ayant un rebond d'adiposité précoce versus tardif (dichotomisé à la médiane) dans l'étude de Taylor et al.

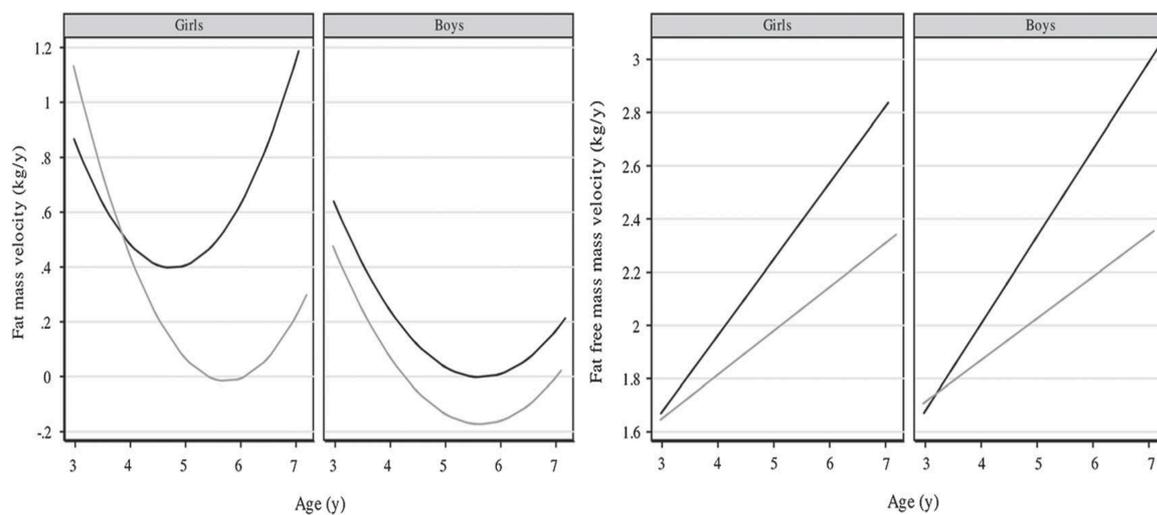


Figure 4 : Vitesses de changement de la masse grasse (à gauche) et de la masse maigre (à droite), en kg/année, chez les filles et les garçons en fonction de l'âge au rebond d'adiposité : précoce (trait foncé) et tardif (trait clair), d'après Taylor et al. 2011.

## 2. Etiologies du surpoids et de l'obésité pédiatriques :

### Modèle conceptuel

Le Spds-Ob est dû à un excès d'adiposité, résultant d'une balance énergétique positive. Cet excédent émane des déséquilibres entre l'apport énergétique, issu de l'alimentation, et la dépense énergétique, provenant du ratio entre l'activité physique et les activités sédentaires. Dans leur revue de la littérature, Davison et Birch conceptualisent l'étiologie multifactorielle du Spds-Ob pédiatrique par un modèle écologique (Davison et Birch 2001). Cette approche permet de prendre en compte les contextes imbriqués (ou niches écologiques) dans lesquels l'enfant évolue dans le but de comprendre et hiérarchiser les facteurs de risque du Spds-Ob (Figure 5).

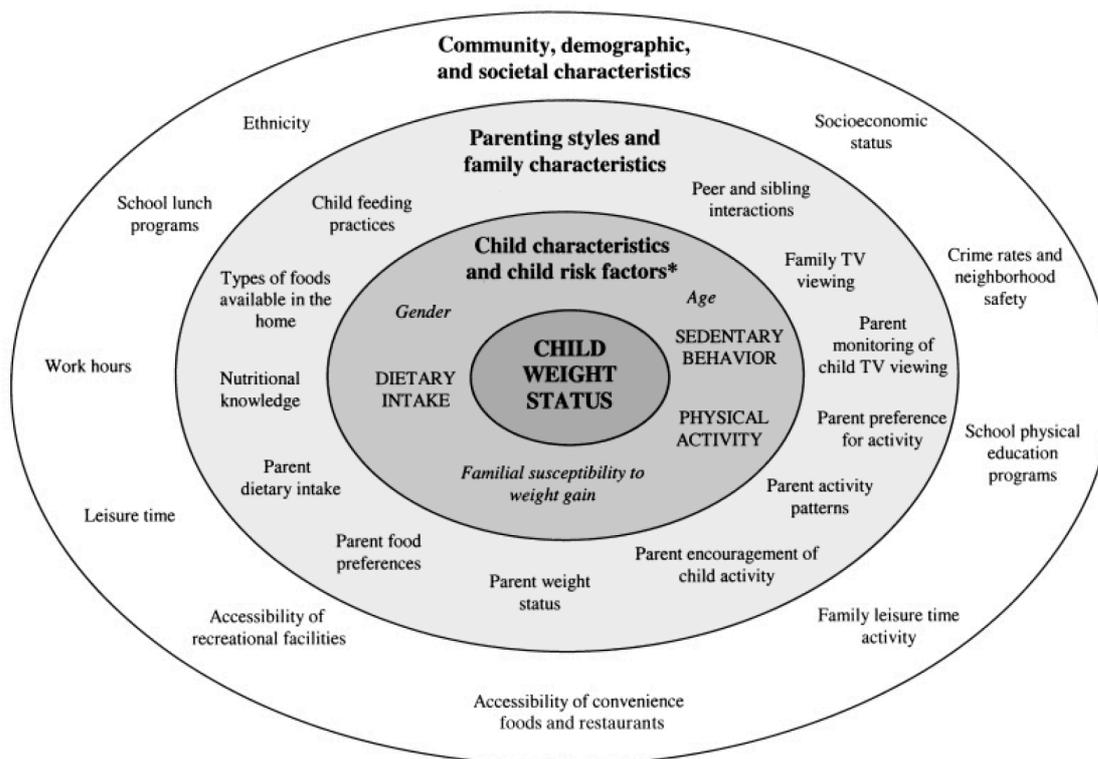


Figure 5 : Modèle écologique des déterminants du surpoids chez l'enfant d'après Davison and Birch, 2001. Les facteurs de risque pour l'enfant (en majuscules) font référence aux comportements de l'enfant associés au développement du Spds-Ob. Les caractéristiques de l'enfant (en italique) interagissent avec les facteurs de risque et les facteurs contextuels qui influent le développement du Spds-Ob (c.-à-d. des variables modératrices).

Dans le premier cercle caractérisant l'enfant, on retrouve le sexe, l'âge et la susceptibilité familiale à la prise de poids, par essence non modifiables. En revanche, l'activité physique,

les comportements sédentaires et l'alimentation représentent des facteurs comportementaux modifiables. Ce 1<sup>er</sup> cercle est imbriqué dans 2 autres cercles. Dans le 2<sup>ème</sup> cercle caractérisant la famille et le type d'éducation parentale, se situent les caractéristiques physiques et comportementales des parents (IMC parental, préférences alimentaires, pratiques sportives...), les interactions de l'enfant avec ses parents et sa famille, ainsi que les règles éducatives des parents. Parmi ces dernières, nous pouvons citer le contrôle parental vis-à-vis du temps d'exposition aux écrans ou les encouragements des parents vis-à-vis des activités physiques de l'enfant. Les caractéristiques communautaires, démographiques et sociétales enveloppent ces 2 premiers cercles, centrés sur l'enfant et sa famille. Ce 3<sup>ème</sup> cercle regroupe les différentes opportunités (ou non) de l'environnement pour pratiquer une activité sportive, pour s'alimenter sainement, les différents loisirs disponibles pour l'enfant et/ou sa famille, ainsi que le niveau socio-économique du quartier ou son taux de criminalité. Ce modèle écologique permet d'appréhender la complexité et l'interdépendance des comportements impliqués dans la balance énergétique de l'enfant avec, en premier lieu, sa famille et le modèle éducatif parental et, en deuxième lieu, l'environnement physique et sociétal, tous deux plus ou moins propices au développement de comportements favorables à la santé chez l'enfant.

Depuis les années 2000, de plus en plus d'études ont rapporté une association entre une durée de sommeil courte et la prise de poids chez les enfants et les adultes (L. Magee et Hale 2012 ; Patel et Hu 2008 ; Cappuccio et al. 2008 ; Chen, Beydoun, et Wang 2008). Le sommeil est un état physiologique par essence sédentaire. Les besoins énergétiques durant le sommeil sont plus faibles que pour toute autre activité. A première vue, on pourrait s'attendre à ce qu'une durée de sommeil plus courte soit associée à des dépenses énergétiques totales quotidiennes plus élevées. Mais en fait, on constate qu'une durée de sommeil courte est associée à un risque plus élevé de Spds-Ob, via des changements métaboliques favorisant la prise de poids

(Spiegel, Leproult, et Van Cauter 1999; J. P. Chaput et al. 2007; Taheri et al. 2004). Par exemple, une étude menée chez plus de 1000 volontaires sains a révélé que le manque de sommeil était associé à une augmentation des taux de ghréline et à une diminution des taux de leptine, deux hormones clés aux effets opposés dans la régulation de l'appétit. Ces modifications entraînent une augmentation de l'appétit, ainsi qu'un report préférentiel vers des aliments riches en gras et en glucides (Taheri et al. 2004). En parallèle, dans un environnement où les aliments sont facilement accessibles, la réduction du temps de sommeil peut représenter une occasion supplémentaire de manger, surtout si les temps d'éveil sont consacrés à des activités sédentaires comme regarder la télévision au cours desquelles le grignotage est fréquent (Avery, Anderson, et McCullough 2017). Les autres mécanismes évoqués sont liés à la diminution de la dépense énergétique. En effet, le manque de sommeil entraîne une fatigue plus importante pendant la journée, avec une diminution de l'activité physique sur la journée et un report du temps vers des activités sédentaires (Must et Parisi 2009). La Figure 6 résume les mécanismes potentiels via lesquels le manque de sommeil peut prédisposer au Spds-Ob en prenant en compte l'impact de l'exposition aux écrans (Patel et Hu 2008 ; L. Magee et Hale 2012).

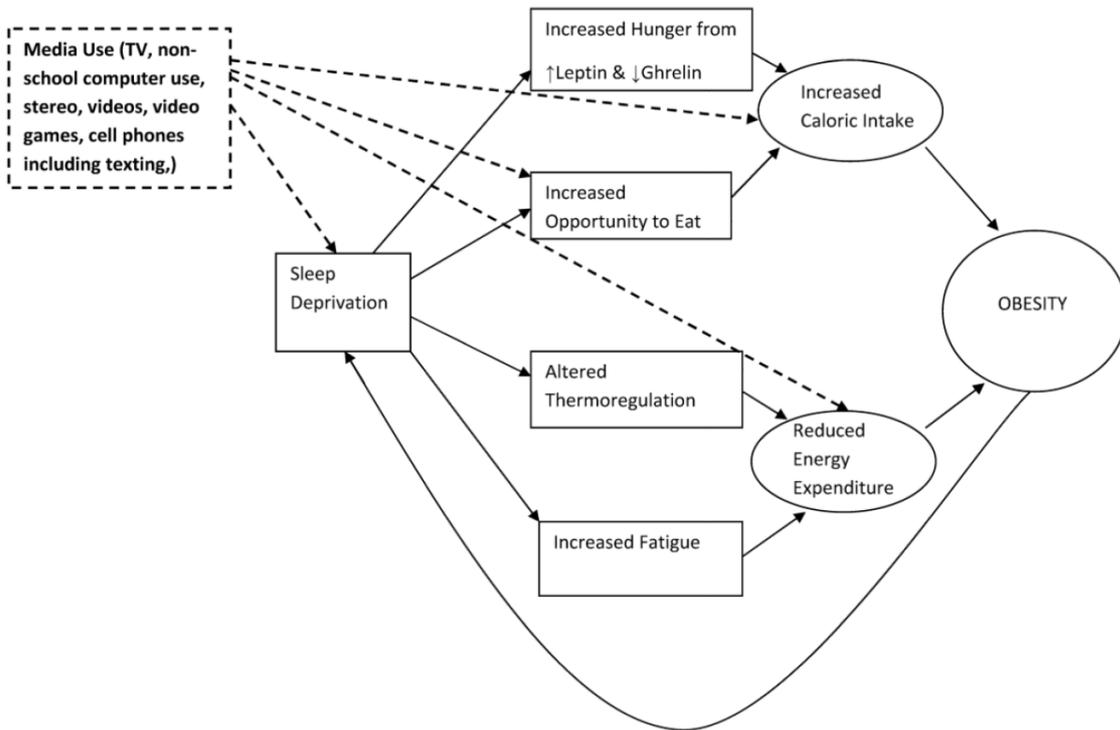


Figure 6 : Mécanismes potentiels via lesquels le manque de sommeil prédispose à l'obésité d'après Magee et Hale, 2013.

### 3. Les comportements impliqués dans la balance énergétique

#### 1. Associations avec le surpoids et l'obésité chez l'enfant de plus de 5 ans, l'adolescent et l'adulte

L'association entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et le Spds-Ob a été largement étudiée chez l'adulte, l'adolescent et, dans une moindre mesure, chez l'enfant d'âge scolaire. Dans leur analyse des revues de la littérature Ross et al. concluent que les facteurs de risque les plus communément associés à l'obésité chez l'adulte sont le manque d'activité physique, en particulier modérée à vigoureuse, et des apports énergétiques trop importants. Chez l'enfant et l'adolescent, le rôle de ces comportements est moins fermement établi, la majorité des revues ayant des résultats peu concluants même si l'activité physique et l'alimentation semblent importantes (Ross, Flynn, et Pate 2016). Une revue menée par Pate et al. chez les enfants de 5 à 18 ans conclut, à partir d'études longitudinales, qu'il y a des éléments de preuve étayant l'association prospective entre le faible niveau d'activité physique (mesurée par accélérométrie) et le Spds-Ob chez les enfants et les adolescents. Concernant la sédentarité totale (mesurée par accélérométrie) et l'alimentation, les résultats ne permettent pas de conclure. Les auteurs déplorent un manque de données longitudinales et une qualité faible des études rapportant l'alimentation des enfants et des adolescents (R. R. Pate et al. 2013). D'autres revues de la littérature chez les enfants et les adolescents ont des conclusions similaires concernant l'association négative entre l'activité physique (mesures objectives et subjectives) et l'adiposité (Jiménez-Pavón, Kelly, et Reilly 2010 ; Must, Barish, et Bandini 2009 ; Prentice-Dunn et Prentice-Dunn 2012). Concernant la sédentarité liée aux écrans (télévision et jeux vidéo sur ordinateur), une association faible a été montrée avec l'adiposité dans une méta-analyse chez les 3-18 ans (Marshall et al. 2004). Une récente revue systématique de revues de la littérature concernant les enfants âgés de 2 à 19 ans conclut qu'il n'y a pas suffisamment d'éléments de preuve soutenant des relations causales entre la

sédentarité totale et l'adiposité ; néanmoins une association positive faible est observée entre le temps passé devant les écrans et l'adiposité principalement en transversal (S. J. H. Biddle, García Bengoechea, et Wiesner 2017). Chez les enfants (moins de 18 ans), la méta-analyse de van Ekris et al. retrouve une association longitudinale significative entre le temps passé devant la télévision et l'IMC, mais pas d'association avec le temps passé devant l'ordinateur ; en revanche, la méta-analyse poolée de 9 cohortes étudiant l'association entre le temps passé devant la télévision à l'inclusion et l'IMC ultérieur est non significative après ajustement sur l'IMC à l'inclusion (van Ekris et al. 2016). Concernant l'alimentation, les résultats sont complexes à interpréter en raison d'une hétérogénéité des méthodes d'évaluation de l'alimentation. Les résultats les plus robustes concernent la consommation de boissons sucrées. Une analyse de revues de la littérature chez les moins de 19 ans conclut qu'il y a une association positive entre la consommation de boissons sucrées et le risque de Spds-Ob chez les enfants et les adolescents dans la majorité des revues incluses (Keller et Bucher Della Torre 2015).

Le rôle des comportements impliqués dans la balance énergétique sur le risque ultérieur de Spds-Ob n'est pas clairement établi aux différents âges, ni au travers des différentes mesures et contextes rapportés, il apparaît important d'étudier ce rôle afin de mieux comprendre ces associations.

## 2. Associations avec le surpoids et l'obésité chez l'enfant de moins de 5 ans

Concernant le jeune enfant, avant 5 ans, les études sont relativement moins nombreuses. Te Velde et al., ont mené une revue systématique de la littérature s'appuyant sur des études analysant de manière prospective les comportements impliqués dans la balance énergétique chez les enfants entre 4 et 6 ans par rapport au Spds-Ob plus tard dans l'enfance (S J te Velde et al. 2012). Vingt-trois articles ont été sélectionnés, portant sur 15 études différentes. Les

auteurs ont conclu qu'il existait des preuves solides d'une association inverse entre l'activité physique totale et le Spds-Ob, et des preuves modérées d'une association positive entre le temps passé devant la télévision et le Spds-Ob. En raison notamment de l'hétérogénéité des comportements alimentaires évalués, ils n'ont pas trouvé suffisamment de preuves pour établir un lien entre l'alimentation et le Spds-Ob (S J te Velde et al. 2012).

Depuis les années 2010, un nombre croissant d'études ont été menées chez les enfants de moins de 5 ans, majoritairement chez les 3-5 ans. Cela fait écho aux connaissances de l'impact de la petite enfance, et même de la vie utérine sur le développement des maladies à l'âge à adulte, en particulier les pathologies cardio-vasculaires, voire la mortalité, appelée théorie des origines développementales de la santé et des maladies ou DOHaD (Developmental Origins of Health and Disease) (Charles, Delpierre, et Bréant 2016 ; D. J. Barker et Osmond 1986 ; Berenson et al. 1998 ; D. J. P. Barker 2004).

Suite à l'essor de ces thématiques de recherche, l'équipe canadienne du Dr Mark Tremblay a mené très récemment des revues systématiques de la littérature concernant l'association entre l'activité physique, la sédentarité et le sommeil d'une part et les indicateurs de santé, dont l'adiposité, d'autre part chez les enfants de moins de 5 ans. Leurs conclusions sont présentées ci-après. Les données relatives au lien entre l'alimentation des enfants avant 5 ans et le risque de Spds-Ob sont plus anciennes.

#### a. L'activité physique et le surpoids et l'obésité

Dans leur revue récente de la littérature chez l'enfant de moins de 5 ans, Carson et al (Carson et al. 2017) ont montré que l'activité physique (mesures objectives et subjectives) est fondamentale pour l'acquisition d'aptitudes motrices en particulier dans la petite enfance. Il apparaît donc important de déterminer la dose d'activité physique nécessaire à une croissance et à un développement en bonne santé : fréquence, intensité, durée et type d'activité. Dans

leur revue, Carson et al ne retrouvent pas d'association constante entre l'activité physique et l'adiposité (mesurée principalement par l'IMC), quel que soit le type d'étude (expérimentale, longitudinale ou transversale). Ils effectuent également une méta-analyse sur l'effet des interventions en matière d'activité physique sur l'IMC dont le résultat est nul. Les auteurs argumentent cette absence d'association par plusieurs éléments distincts, qui entraînent un risque important de biais pouvant expliquer ces résultats nuls :

- Les mesures de l'adiposité rapportées sont généralement indirectes ; il s'agit majoritairement de l'IMC ; seules 5 études sur 57 rapportent des mesures directes de la masse grasse.
- Les mesures de l'activité physique sont majoritairement subjectives et à partir de questionnaires dont les propriétés psychométriques sont indéterminées.
- L'absence fréquente d'ajustement sur les autres comportements impliqués dans la balance énergétique, en particulier l'alimentation.

En outre, les études s'intéressant au lien entre le sexe et l'activité physique du jeune enfant sont divergentes. Selon Hinkley et al. les garçons d'âge préscolaire (2 à 5 ans) sont plus actifs que les filles (Hinkley et al. 2008), en revanche d'autres auteurs ne retrouvent pas cette association (M. De Craemer et al. 2012 ; Li et al. 2015). Selon Hesketh et al., il est impossible de tirer des conclusions claires sur l'influence du sexe dans l'évolution de l'activité physique des jeunes enfants avec l'âge, bien que les garçons semblent plus actifs que les filles (K. R. Hesketh et al. 2017 ; Bingham et al. 2016). Ce qui invite à étudier le rôle de l'activité physique sur le risque ultérieur de Spds-Ob en prenant en compte le sexe de l'enfant.

## b. Le comportement sédentaire et le surpoids et l'obésité

Le comportement sédentaire est formellement défini comme tout comportement correspondant à une dépense énergétique  $\leq 1.5$  équivalents métaboliques (MET)<sup>1</sup> en position assise ou couchée, lors d'un temps d'éveil (Sedentary Behaviour Research Network 2012). Chez l'enfant, le principal comportement sédentaire étudié est le temps passé devant les écrans qui ne représente qu'une partie des comportements sédentaires. On pense en général que les jeunes enfants sont très actifs mais les études avec des mesures objectives de l'activité constatent qu'ils passent la majorité de leur temps sédentaire (J. A. Hnatiuk et al. 2014).

Poitras et al ont mené une très récente revue de la littérature sur l'association entre la sédentarité (sédentarité totale et temps passé devant les écrans) de l'enfant de moins de 5 ans et les indicateurs de santé (Poitras et al. 2017). Ils constatent qu'il n'y a pas d'association entre la sédentarité totale et l'adiposité, mais qu'il existe une association positive ou nulle entre le temps passé devant les écrans et l'adiposité. Les auteurs concluent que le temps total passé sédentaire a un impact négligeable sur la santé, mais que le type d'activité est important. Le temps passé devant les écrans ou la position assise contrainte (poussettes/chaises hautes) pourraient avoir des effets délétères sur la santé, alors que certaines activités sédentaires indépendantes des écrans et en interaction avec un adulte, comme la lecture, auraient des effets favorables sur d'autres aspects de la santé, comme le développement cognitif. Les auteurs discutent de l'absence d'association entre la sédentarité totale et l'adiposité en évoquant le manque d'étude longitudinale. En effet, les études sont exclusivement transversales et rapportent un résultat nul, or si on compare avec l'association entre le temps passé devant les écrans et l'adiposité, 90% des études longitudinales ont une association positive, contre 50% pour les études transversales. De plus, il n'y a pas de

---

<sup>1</sup> Equivalent métabolique (Metabolic Equivalent Task) : unité indexant la dépense énergétique lors de la tâche considérée sur la dépense énergétique de repos

recommandation claire sur les seuils à mobiliser pour interpréter les données d'accélérométrie, et des variations importantes existent d'une étude à l'autre. Les spécificités de l'activité physique du jeune enfant caractérisée par des temps actifs courts et saccadés nécessitent de poursuivre la recherche sur la définition de tels seuils chez les enfants de moins de 5 ans.

Concernant l'association positive entre le temps passé devant les écrans et l'adiposité, les auteurs constatent qu'il s'agit principalement de l'association avec la télévision, les autres écrans étant moins étudiés.

### c. L'alimentation et le surpoids et l'obésité

La petite enfance est également une période importante d'un point de vue alimentaire, car elle inclut la transition d'une alimentation exclusivement lactée à une alimentation diversifiée. Différentes associations sont bien établies entre l'alimentation du jeune enfant et la santé future, comme par exemple la relation entre l'allaitement maternel et l'amélioration du développement cognitif de l'enfant ou le risque ultérieur de Spds-Ob (Horta, Loret de Mola, et Victora 2015). En outre, il est plausible que les choix alimentaires pendant cette période de transition influencent l'alimentation future et le goût préférentiel pour certains aliments (Birch 1998). Dans cette partie, nous mettrons l'accent sur les choix alimentaires (profils alimentaires ou groupes d'aliments), plus que sur les apports nutritionnels (macronutriments, micronutriments) afin de faciliter la transposition en termes de recommandations en pratique clinique. Dans leur revue menée chez les enfants de 1 à 5 ans, Smithers et al. ont conclu que des profils alimentaires plus proches des recommandations étaient associés à une masse maigre plus optimale ; en revanche, aucune conclusion n'a été établie avec la masse osseuse ou l'IMC à un âge plus avancé, du fait de résultats contradictoires (Smithers et al. 2011). Les auteurs constataient, en 2011, que peu d'études avaient caractérisé le lien entre l'alimentation

des enfants de moins de 5 ans et le risque ultérieur de Spds-Ob, ou établi de lien entre l'alimentation et la santé, comparativement à la littérature chez l'adulte et les enfants plus âgés. D'autres auteurs insistent également sur l'importance d'identifier des profils alimentaires plutôt que d'identifier des nutriments ou des aliments de façon isolée pour étudier l'association entre l'alimentation et le Spds-Ob (Ambrosini 2014). Ambrosini et al. identifient un profil alimentaire commun aux 7 études longitudinales incluses dans leur revue, caractérisé par des aliments à forte densité énergétique, riches en matières grasses et faiblement concentrés en fibres. Ce profil est associé au Spds-Ob chez les enfants et les adolescents. Cependant, cette revue inclut principalement des études menées chez les adolescents (Ambrosini 2014). Dans une autre revue, Perez-Escamilla et al. mettent en évidence une association modérée entre une alimentation à forte densité énergétique et l'adiposité des enfants, par rapport à la force de l'association chez les adultes (Pérez-Escamilla et al. 2012). Enfin une récente méta-analyse, incluant des études menées chez des enfants européens âgés de 2 à 7 ans, observe une association positive entre la consommation d'aliments riches en protéines animales et en glucides simples avec le Spds-Ob et une association négative entre la consommation de lait et de produits laitiers avec le Spds-Ob. Étonnamment, la consommation de légumes est associée au Spds-Ob, alors qu'aucune association n'est identifiée avec la consommation de fruits et la consommation de céréales (Garrido-Miguel, Oliveira, et al. 2019). On notera que toutes ces associations sont transversales.

Concernant la consommation de boissons sucrées, une revue de la littérature de 2013 observe une tendance positive entre la consommation élevée de boissons sucrées avant l'âge de 6 ans et le risque ultérieur de Spds-Ob, néanmoins les résultats ne sont pas tous concordants, ce qui ne permet pas de conclure de façon formelle, même si les deux études avec le plus grand

nombre d'enfants ont montré une association positive (Pérez-Morales, Bacardí-Gascón, et Jiménez-Cruz 2013).

En plus de la caractérisation globale de l'alimentation qui est à privilégier, un autre aspect important à prendre en compte est l'environnement du repas. En effet, la présence d'un adulte ou d'autre enfant lors des repas, la présence de boissons sucrées à table, l'utilisation par les adultes de l'alimentation comme une récompense ou encore l'influence de la publicité peuvent favoriser une alimentation entraînant un excédent énergétique (Mazarello Paes et al. 2015 ; Mazarello Paes, Ong, et Lakshman 2015 ; Zarnowiecki, Dollman, et Parletta 2014 ; Dalton et al. 2017 ; J.-P. Chaput et al. 2011 ; Hunsberger 2014 ; Birch 1999).

### 3. Associations entre l'activité physique, la sédentarité et l'alimentation

Afin d'expliquer le déséquilibre de la balance énergétique, la compréhension des interrelations entre les comportements liés à celle-ci est nécessaire. L'une des principales hypothèses expliquant l'association entre le Spds-Ob et les activités sédentaires, en particulier le temps passé devant les écrans, est que ces activités favorisent une surconsommation alimentaire dans l'environnement actuel où l'accès aux aliments est très aisé. Chaput et al. insistent sur le fait que dans les deux dernières décennies, les tendances sociétales ont radicalement modifié la façon dont les enfants jouent et interagissent avec leur environnement. Ces tendances comprennent une diminution importante des loisirs de plein air et de la durée du sommeil, ainsi qu'une dépendance accrue à l'égard des médias électroniques (J.-P. Chaput et al. 2011). Chez les enfants entre 2 et 5 ans, De Craemer et al. observent que le temps passé devant la télévision est associé positivement avec la consommation de boissons sucrées et le grignotage, tandis qu'il est inversement associé à la consommation de fruits et légumes (M. De Craemer et al. 2012). Plus récemment, Avery et al. observent que, chez les enfants, et ceux dès l'âge préscolaire, le fait de manger en regardant la télévision réduit la

qualité de leur alimentation, avec une consommation plus importante de boissons sucrées et d'aliments riches en matières grasses et en glucides simples ; ainsi qu'une consommation moindre de fruits et légumes par rapport aux enfants non exposés à la télévision pendant les repas. Bien que ces différences de consommation aient tendance à être faibles, l'effet cumulatif dans le temps peut contribuer à expliquer le lien positif entre les consommations alimentaires prises devant les écrans et plus particulièrement la télévision et la prévalence du Spds-Ob (Avery, Anderson, et McCullough 2017 ; Gebremariam et al. 2015). Les activités sédentaires modernes liées aux écrans favorisent également la surconsommation alimentaire, via par exemple l'influence, immédiate ou différée, de la publicité lors des programmes télévisuels sur le choix d'aliments plus gras et plus sucrés (Dalton et al. 2017). Les enfants de moins de 5 ans de par leur immaturité intellectuelle sont plus sensibles aux messages publicitaires pour les aliments obésogènes, les enfants influençant ensuite les choix alimentaires que leurs parents font pour eux (Mazarello Paes, Ong, et Lakshman 2015 ; Dalton et al. 2017). En outre, les pratiques parentales axées sur la récompense et le plaisir favorisent l'apport alimentaire en l'absence de faim, ce qui perturbe les mécanismes de régulation homéostatiques impliqués dans le comportement alimentaire, qui sont également déréglés par l'importante distractibilité liée à l'exposition aux écrans et en particulier à la télévision (J.-P. Chaput et al. 2011 ; M. De Craemer et al. 2012 ; Avery, Anderson, et McCullough 2017 ; Miguel-Berges, M L et al. 2017).

L'autre hypothèse expliquant l'association entre le comportement sédentaire et le Spds-Ob est le fait que le temps passé sédentaire, et en particulier devant les écrans, empièterait sur le temps dédié à l'activité physique. Dans leur méta-analyse, Marshall et al. observent globalement une association négative entre le temps passé devant la télévision et l'activité physique chez les enfants entre 3 et 18 ans (Marshall et al. 2004). Une analyse complémentaire par sous-groupe d'âge suggère que cette association est nulle chez les enfants

de 0 à 6 ans et faible chez les enfants de 7 à 18 ans. Cette association ne varie pas selon le sexe, mais diffère selon l'intensité de l'activité physique : seule l'activité physique vigoureuse était associée de façon significative et inverse au temps passé devant la télévision. Une explication possible est que le temps passé devant la télévision ne déplace que l'activité physique vigoureuse. Cependant, comme l'activité physique vigoureuse semble plus facile à remémorer que l'activité physique modérée, cela peut également provenir d'un biais de mémoire différentiel. Par ailleurs, il est important de noter que lorsqu'une variable composite 'écrans' était utilisée (intégrant par exemple la télévision, les vidéos et les jeux vidéo), l'association entre le temps passé devant les écrans et l'activité physique disparaissait, ce qui suggère que les mécanismes sous-jacents sont spécifiques au temps passé devant la télévision. D'autres auteurs observent des résultats contradictoires entre l'activité physique et le temps passé devant les écrans chez les enfants de moins de 5 ans (Hinkley et al. 2008). Chez les enfants entre 2 et 5 ans, Hinkley et al observent globalement des associations contradictoires entre le temps passé devant la télévision ou en activités sédentaires et l'activité physique, car près de la moitié des études incluses ont révélé une association négative alors que les autres n'ont révélé aucune association. Enfin, en 2016, Bingham et al. concluent également que l'association entre l'activité physique et le temps passé devant la télévision est indéterminée en raison de résultats contradictoires durant les premières années de la vie (de 0 à 6 ans) (Bingham et al. 2016). Ces résultats chez l'enfant contrastent avec les résultats des études menées chez les adolescents qui rapportent de façon constante que les comportements sédentaires après l'école et pendant le week-end sont inversement associés avec l'activité physique (Sallis, Prochaska, et Taylor 2000 ; Marshall et al. 2004).

Enfin les associations entre l'activité physique et l'alimentation chez le jeune enfant ont été moins étudiées. Les études portant sur les profils multi-comportementaux rapportent fréquemment des profils associant une alimentation proche des recommandations

nutritionnelles et des niveaux élevés d'activité physique (Gubbels, van Assema, et Kremers 2013 ; Lioret et al. 2008 ; Cameron et al. 2011 ; Sabbe et al. 2007).

#### 4. Associations entre le sommeil et les comportements impliqués dans la balance énergétique

L'association inverse entre le temps passé devant les écrans, en particulier la télévision, et la durée de sommeil est l'un des résultats les plus consistants aux différents âges et dans les deux sexes (Must et Parisi 2009 ; J.-P. Chaput et al. 2017 ; Parsons et al. 2018 ; Carson, Tremblay, et Chastin 2017). Le modèle conceptuel de la Figure 6 est basé sur la revue de la littérature menée par Patel et Hu qui est principalement construite sur des études menées chez l'adulte ou l'enfant de plus de 5 ans (seulement 2 études longitudinales incluent des enfants à partir de 3 ans) (Patel et Hu 2008). Ce modèle conceptuel est-il extrapolable au jeune enfant pour ce qui est des autres mécanismes avancés ? D'après Chaput et al., beaucoup de mécanismes évoqués par Patel et Hu restent à démontrer chez les enfants de moins de 5 ans. En effet, Chaput et al. ne mettent pas en évidence d'association claire entre la durée de sommeil et l'activité physique : les résultats sont contradictoires et basés sur uniquement 4 études de faible qualité méthodologique. Comme chez les enfants plus âgés, l'association entre une durée de sommeil courte et un temps d'écran élevé est confirmée par Chaput et al., néanmoins seules 5 études de faible qualité méthodologique sont incluses. L'effet sur les hormones de régulation de l'appétit n'a jamais été exploré chez les jeunes enfants. Des études sur de très faibles échantillons (<30) rapportent un effet du manque de sommeil sur la régulation des émotions : les enfants ayant une dette de sommeil ont plus d'émotions négatives ou d'instabilité émotionnelle (J.-P. Chaput et al. 2017).

La méta-analyse menée par Chen et al. rapporte en plus d'une augmentation du risque de 58% d'être en surpoids ou obèse chez les enfants ayant une durée de sommeil plus courte, une

association dose-réponse linéaire ainsi qu'une force d'association différente en fonction du sexe (Chen, Beydoun, et Wang 2008). En effet, les garçons ont une association inverse plus forte entre la durée de sommeil et l'IMC que les filles (OR=2,50 vs 1,24). Dans leur étude chez les enfants de 3 ans de la cohorte EDEN, Plancoulaine et al identifient des facteurs de risque d'une durée de sommeil plus courte à la fois comportementaux et liés à l'environnement différents en fonction du sexe (Plancoulaine et al. 2015). Les garçons ayant des durées de sommeil plus courtes ont un temps passé devant les écrans plus long et un IMC plus élevé. Les filles ayant des durées de sommeil plus courtes ont une fréquence de consommation de fruits et de légumes plus faible et sont plus souvent gardées à la maison. Le seul facteur de risque commun aux deux sexes est la présence des parents lors de l'endormissement de l'enfant.

De plus, un autre déterminant essentiel est le rôle éducatif des parents et de façon plus globale le contexte familial. En effet, en plus des associations inverses entre la durée de sommeil et l'activité physique ou le temps passé devant les écrans, le contexte de ces activités et les règles fixées par les parents sont des déterminants de la durée de sommeil. De Jong et al observent que les enfants dont les parents ont des règles de vie plus strictes concernant la consommation de sucreries, la télévision allumée pendant les repas ou le grignotage, ont des durées de sommeil plus longues (de Jong et al. 2012). Il en est de même pour les enfants qui sont actifs avec leurs parents, ils ont des durées de sommeil plus longues que ceux qui le sont moins.

Enfin, la plupart des études épidémiologiques se sont restreintes à la durée de sommeil pour qualifier le sommeil, sans prendre en compte la qualité de sommeil. LeBourgeois et Harsh ont proposé un modèle d'évaluation de la qualité du sommeil chez l'enfant qui repose sur 5 dimensions différentes : Aller au lit, S'endormir, Maintenir le sommeil, Réinitier le sommeil et Revenir à l'éveil (LeBourgeois et Harsh 2016).

Fatima et al dans leur méta-analyse concluent que la qualité du sommeil joue un rôle potentiel dans l'association observée entre l'obésité et le sommeil chez les enfants, les adolescents et les jeunes adultes, avec quelques éléments de preuves que cette association serait indépendante de la durée du sommeil (Fatima, Doi, et Mamun 2016). Les auteurs suggèrent d'explorer simultanément l'effet cumulatif de la mauvaise qualité du sommeil et de la courte durée dans les recherches futures sur le sommeil et la Spds-Ob . De plus, chez des enfants âgés de 33 mois, Miller et al. observent une association inverse significative entre la qualité de sommeil et la nourriture émotionnelle (tendance de l'enfant à trop manger quand il est contrarié) ainsi que la tendance de l'enfant à manger en réponse à des stimulations externes plutôt qu'à la faim (Miller et al. 2019).

## 5. Recommandations concernant l'activité physique, la sédentarité, l'alimentation et le sommeil

Le développement de la recherche sur les comportements mis en place pendant l'enfance a permis d'établir des recommandations en particulier en matière d'activité physique, d'exposition aux écrans ou encore de temps de sommeil dans différents pays (Department of Health 2009 ; Russell R. Pate et O'Neill 2012 ; Tremblay et al. 2016). Les récentes revues systématiques de la littérature de l'équipe canadienne du Dr Mark Tremblay, présentées ci-dessus, ont servi de référence à l'OMS pour l'établissement des recommandations en termes d'activité physique, de sédentarité et de sommeil chez les enfants de moins de 5 ans (World Health Organization 2019). Ces recommandations sont déclinées pour les 3 comportements sur 3 tranches d'âge : 0-11 mois, 1-2 ans puis 3-4 ans. Nous présenterons ici les recommandations pour les 2 tranches d'âge supérieur :

- Activité physique : il est recommandé au moins 180 minutes par jour à partir de 1 an avec au moins 60 minutes d'activité physique moyenne à vigoureuse à partir de 3 ans.

- Sédentarité : il est recommandé de ne pas maintenir un enfant sédentaire (assis dans une poussette / chaise haute) plus d'1 heure par jour dès la naissance. Regarder les écrans n'est pas recommandé chez les enfants de moins de 2 ans. A partir de 2 ans, il est recommandé de ne pas dépasser 1 heure par jour en sachant qu'un temps inférieur est meilleur pour l'enfant.
- Sommeil : il est recommandé de dormir entre 11 et 14 heures par jour entre l'âge de 1 et 2 ans, puis 10 à 13 heures par jour à partir de 3 ans.

Concernant l'alimentation, les recommandations pour les adultes sont émises dans le cadre du Programme National Nutrition Santé (PNNS) (Delamaire, Escalon, et Noirot 2019). Celles pour les enfants se basent sur le principe selon lequel l'alimentation d'un enfant est la même que celle de ses parents mais en quantité adaptée à son besoin énergétique (ANSES 2019b). Ainsi, les recommandations sont en général qualitativement identiques quelle que soit la tranche d'âge considérée mais quantitativement différentes, le nombre et la taille des portions étant considérés au prorata du besoin énergétique.

Les recommandations du PNNS pour les adultes et donc par extrapolation pour les enfants, ont été mises à jour en 2019. Les repères nutritionnels ont été actualisés avec des objectifs plus qualitatifs que quantitatifs :

- Augmenter :
  - Au moins 5 fruits et légumes par jour
  - Au moins 2 fois par semaine des légumes secs
- Aller vers :
  - Au moins un féculent complet par jour
  - Deux fois par semaine du poisson, dont un poisson gras

- Les matières grasses ajoutées – huile, beurre et margarine – peuvent être consommées tous les jours en petites quantités. Privilégiez l’huile de colza, de noix et d’olive
  - 2 produits laitiers par jour
- Réduire
- Limiter la consommation de boissons sucrées, d’aliments gras, sucrés, salés et ultra-transformés
  - Réduire la consommation de sel
  - Limiter la charcuterie à 150g par semaine
  - Privilégier la volaille, et limiter les autres viandes (porc, bœuf, veau, mouton, agneau, abats) à 500 g par semaine.

Par rapport à l’adulte, l’ANSES attire l’attention sur les besoins spécifiques des enfants en tant qu’organisme en croissance (ANSES 2019b). En particulier, les besoins en calcium nécessitent un apport suffisant en produits laitiers. De plus, la consommation excessive de sucres totaux hors lactose et galactose observée chez les enfants et particulièrement les garçons invite à réduire la consommation de boissons sucrées et de pâtisseries/biscuits/gâteaux, aliments fréquemment consommés au goûter, et à privilégier les aliments ‘faits maison’, les produits laitiers nature, les fruits frais ou les fruits à coque.

Pour les enfants de moins de 4 ans, l’équilibre qualitatif de l’alimentation est le même à l’exception des matières grasses dont les besoins nutritionnels chez le jeune enfant sont supérieurs à l’enfant de 4 ans et plus. Il est recommandé d’ajouter des matières grasses (en les faisant varier) dans les préparations maisons et dans les ‘petits pots’ sans matière grasse ajoutée. De même, concernant les protéines animales, leur apport doit être limité à 10 g/j de 6 à 12 mois, 20 g/j de 1 à 2 ans, 30 g/j de 2 à 3 ans (ANSES 2019a).

## 4. Rationnel de l'approche multi-comportementale

### 1. Approche traditionnelle et approche par profils

Traditionnellement, des modèles de régression ont été utilisés pour examiner l'effet propre de chacun des comportements impliqués dans la balance énergétique sur le risque de Spds-Ob, en les ajustant les uns sur les autres. Dans leur revue systématique des études prospectives ayant évalué l'association entre les 3 principaux comportements impliqués dans la balance énergétique (activité physique, sédentarité et alimentation) et le risque de Spds-Ob chez des enfants âgés de 4 à 6 ans à l'inclusion, te Velde et al. ont constaté que la plupart des études avaient pris en compte seulement un ou deux de ces comportements (S J te Velde et al. 2012). En effet, sur les 23 articles sélectionnés et inclus dans la revue, seuls deux d'entre eux avaient considéré les 3 comportements ensemble ; deux articles prenaient en compte l'activité physique et l'alimentation, deux autres l'activité physique et la sédentarité, et les 17 restants n'ont considéré qu'un seul des trois comportements. Compte tenu des interrelations qui existent entre ces 3 comportements, il apparaît important de les prendre tous en compte dans les modèles pour limiter la confusion résiduelle et ainsi mieux estimer l'effet de chacun d'eux sur le risque de Spds-Ob des enfants. Par exemple, la force du lien entre le temps passé devant la télévision (sédentarité) et le risque de Spds-Ob a probablement été surestimée dans les études qui n'ont pas pris en compte l'alimentation, en particulier la consommation d'aliments à forte densité énergétique. (S. J. H. Biddle, García Bengoechea, et Wiesner 2017 ; M. De Craemer et al. 2012).

Plus récemment, compte tenu du fait que certains comportements ont tendance à coexister chez certains enfants (Kuzik et al. 2017), différentes approches ont été développées pour mieux évaluer l'effet combiné de ces comportements sur le risque de Spds-Ob des enfants. En particulier, un nombre croissant d'études ont utilisé des méthodes de classification a

posteriori, dites ‘guidées par les données’, pour identifier des profils multi-comportementaux à partir de données relatives à l’activité physique, à la sédentarité, à l’alimentation ou à d’autres comportements liés à la santé. Ces approches par profil permettent notamment de tenir compte des corrélations, de la coexistence ou de la synergie potentielle de ces différents comportements entre eux (Prochaska 2008 ; J.-P. Chaput, Saunders, et Carson 2017). L’idée est que l’effet combiné de plusieurs comportements sur le risque de Spds-Ob ne peut pas être directement déduit de leurs effets individuels, évalués à partir de modèles de régression classiques.

Il existe 2 grandes catégories de méthodes de classification a posteriori, dites ‘guidées par les données’, qui permettent d’établir des profils multi-comportementaux :

- Approche centrée sur les corrélations entre les variables comme par exemple l’analyse en composantes principales (ACP) : celle-ci permet d’obtenir des axes multi-comportementaux, indépendants, combinaisons linéaires des variables initiales. Chaque sujet de l’étude a un score sur chaque axe obtenu, un score plus élevé indiquant une plus forte ‘adhésion’ au profil (et inversement).
- Approche centrée sur les groupes d’individus comme par exemple l’analyse en clusters : celle-ci permet de séparer les individus en sous- groupes (ou ‘clusters’) homogènes (les individus ont des comportements similaires au sein de chaque cluster), et mutuellement exclusifs. Les clusters sont définis à partir de la structure même des données selon différentes méthodes de classification, soit à base géométrique (comme les ‘k-means’), soit probabiliste (comme les modèles de mélange).

Du point de vue de la prévention, cette dernière approche est particulièrement attractive dans la mesure où elle pourrait aider à identifier des sous-groupes d’enfants ayant des niveaux de risque différents. Le fait de savoir quelles sont les combinaisons de comportements

obésogènes qui caractérisent chacun de ces sous-groupes, permettrait d'adapter au mieux les messages et conseils de prévention à leurs profils de risque spécifiques. Cela pourrait aussi aider à développer des interventions ciblées sur les enfants les plus à risque et plus pertinentes du point de vue de leur contenu, ce qui devrait améliorer leur efficacité (Prochaska 2008 ; J.-P. Chaput, Saunders, et Carson 2017). Cette approche apparaît d'autant plus intéressante que les stratégies actuelles de prévention de l'obésité chez les enfants n'ont eu, dans leur ensemble, qu'une efficacité limitée (Brown et al. 2019 ; J. A. Hnatiuk et al. 2019).

## 2. Les clusters multi-comportementaux chez l'enfant et l'adolescent

En 2013, Leech et al. ont conduit une revue systématique des études basées sur des analyses en clusters incluant des données relatives à l'activité physique, la sédentarité et l'alimentation, et conduites chez les enfants entre 5 et 18 ans (Leech, McNaughton, et Timperio 2014). Cette revue, qui a inclus 18 études au total, a montré que les caractéristiques des clusters multi-comportementaux identifiés étaient complexes. Beaucoup d'entre eux étaient de nature 'mixte', c'est à dire combinaient des comportements favorables et défavorables à la santé. Le type de cluster le plus fréquemment observé était défini par un profil d'activité mixte correspondant à des enfants à la fois très sportifs et très sédentaires, ou vice versa. Des profils combinant uniquement des comportements favorables ou, au contraire défavorables pour la santé, ont également été décrits. Les études qui ont conduit des analyses stratifiées sur le sexe ont le plus souvent rapporté des clusters différents pour les filles et les garçons. D'autres études ont montré que les proportions de filles et de garçons au sein des clusters variaient. Les clusters sont également différenciés en fonction de l'âge et du statut socio-économique des enfants. En particulier, les filles et les enfants plus âgés étaient plus largement représentés dans les clusters caractérisés par un faible niveau d'activité physique ; tandis que les enfants des familles les plus modestes avaient plus de chance d'appartenir à des clusters caractérisés par un niveau de sédentarité élevé.

L'intérêt de l'approche en clusters pour distinguer des sous-groupes d'enfants ayant des niveaux de risque différents de Spds-Ob n'est pas clairement établi : certaines études ont trouvé que certains clusters caractérisés par des combinaisons de comportements obésogènes étaient associés à un IMC plus élevé ou à une prévalence plus élevée de Spds-Ob ; mais d'autres études n'ont rapporté aucune association. Le cluster le plus fréquemment associé à un sur risque de Spds-Ob était caractérisé par un niveau faible d'activité physique ou un niveau élevé de sédentarité (sédentarité totale ou exposition aux écrans). La complexité de ces résultats implique que nous ne pouvons pas supposer que des niveaux élevés d'un comportement favorable à la santé sont indicatifs d'un mode de vie entièrement favorable à la santé ; différentes combinaisons de comportements favorables et défavorables existent.

De plus, les auteurs de cette revue invitent à mener des recherches longitudinales et plus particulièrement chez les jeunes enfants ; les études incluses étant majoritairement transversales et menées chez des enfants de plus de 9 ans.

A notre connaissance, il n'y a que 4 études, dont 3 transversales, qui ont identifié des clusters multi-comportementaux d'enfants de 5 ans ou moins (en moyenne plus de 4 ans) et étudié leurs liens avec le Spds-Ob (Leech, McNaughton, et Timperio 2015 ; Santaliestra-Pasías et al. 2015 ; Miguel-Berges et al. 2017 ; Watanabe et al. 2016). Les 4 articles ont été publiés entre 2015 et 2017 et utilisent différentes méthodes de constitution des clusters, à base géométrique. Les clusters sont établis à partir de 4 à 6 variables quantitatives relatives aux comportements impliqués dans la balance énergétique. Deux études incluent la durée de sommeil (Miguel-Berges et al. 2017 ; Watanabe et al. 2016). Le nombre de clusters varie de 3 à 6, avec des clusters mixtes. Une association positive avec le Spds-Ob est observée dans 3 des 4 études avec les clusters mixtes ayant le temps passé devant les écrans le plus élevé (Leech, McNaughton, et Timperio 2015 ; Santaliestra-Pasías et al. 2015 ; Watanabe et al. 2016).

## 5. Objectifs de la thèse

Les objectifs de cette thèse sont l'étude de l'association entre les comportements impliqués dans la balance énergétique d'une part et le risque ultérieur de Spds-Ob d'autre part, chez les filles et les garçons de la cohorte de naissance EDEN.

Nous décrirons, tout d'abord, la cohorte de naissance EDEN et plus précisément les données comportementales et anthropométriques exploitées dans cette thèse.

La première analyse portera sur l'étude de l'association longitudinale entre les comportements impliqués dans la balance énergétique mesurés à 2 ans, ajustés les uns sur les autres, et le pourcentage de masse grasse mesuré à 5 ans. Cette analyse sera conduite séparément chez les filles et les garçons.

La deuxième analyse s'intéressera à l'identification de clusters multi-comportementaux de filles et de garçons à 2 et à 5 ans, puis à l'étude de l'association longitudinale et transversale de ces clusters avec le pourcentage de masse grasse à 5 ans.

La troisième analyse étudiera l'association entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'âge au rebond d'adiposité des filles et des garçons.

L'ensemble des résultats obtenus sera considéré et confronté à la littérature existante. Les forces et faiblesses de ces travaux seront analysées. Enfin, les implications de ces résultats sur le plan de la santé publique et de la pratique clinique seront discutées en particulier concernant la prévention du Spds-Ob.



## Chapitre 2 : La cohorte EDEN

---



## 1. Présentation générale

Ces travaux sont réalisés à partir des données de la cohorte EDEN, Etude portant sur les Déterminants pré et post natal prénataux précoces du développement psychomoteur et de la santé de l'ENfant (Heude et al. 2016). L'objectif principal d'EDEN est d'examiner les relations et les interactions potentielles entre les expositions maternelles et l'état de santé pendant la grossesse, le développement du fœtus, l'état de santé du nourrisson à la naissance et au début de la vie et la santé et le développement de l'enfant. Elle s'inscrit dans le contexte de la recherche sur les origines développementales de la santé et des maladies ou DOHaD (Developmental Origins of Health and Disease) (D. J. Barker et Osmond 1986 ; D. J. P. Barker 2004 ; McMillen et Robinson 2005 ; Ong et al. 2000). Cette étude a inclus des couples mère-enfant dès la fin du 2<sup>ème</sup> trimestre de la grossesse, le suivi initial était prévu jusqu'aux 5 ans de l'enfant. Grâce à la participation active des enfants et de leurs familles, le suivi a été poursuivi jusqu'à 10 ans pour les familles volontaires.

## 2. Inclusion et suivi dans la cohorte

Le recrutement dans la cohorte a été mené en population générale dans les 2 maternités des centres hospitalo-universitaire (CHU) de Poitiers et Nancy, respectivement de septembre 2003 à janvier 2006 et de février 2003 à juin 2005. Lors de leur visite prénatale à la maternité, l'inclusion dans l'étude était proposée aux femmes enceintes avant la 24<sup>ème</sup> semaine d'aménorrhée (SA). Pour être incluses, elles devaient être majeures, parler et écrire le français, ne pas avoir un diagnostic de diabète pré-gestationnel, ne pas prévoir de déménagement prochain et bénéficier d'un régime de sécurité sociale. Les grossesses gémellaires étaient exclues. Parmi les 3758 femmes répondant à ces critères d'inclusion, 2002 (53%) ont accepté de participer à l'étude. En moyenne, les femmes incluses avaient 29 ans

(entre 18 et 44 ans) et il s'agissait d'une 1<sup>ère</sup> grossesse pour 30% d'entre elles. Par rapport à l'enquête nationale périnatale de 2003, qui a inclus un échantillon de naissance recruté dans l'ensemble du pays, les femmes incluses dans EDEN et toujours suivies à l'accouchement, avaient un niveau d'étude supérieur. Toutefois, la prévalence des situations à risque était aussi fréquente, puisqu'il y avait des pourcentages similaires de naissances prématurées ou d'admissions de nouveau-nés dans une unité néonatale ou de soins intensifs. La participation de ces 2002 femmes a permis l'inclusion de 1907 enfants à la naissance (Heude et al. 2016). Le recueil des données et le suivi des couples mères-enfants ont été réalisés au sein de chaque centre par une équipe d'enquêteurs travaillant exclusivement pour l'étude. L'ensemble des données provient d'auto-questionnaires complétés par les parents, de questionnaires administrés aux mères par les enquêteurs, d'exams cliniques et de prélèvements biologiques réalisés dans les centres de recrutement.

La Figure 7 présente la frise de suivi chronologique des familles EDEN. Les données concernant la position socio-économique, le mode de vie et la santé de la mère, du père et de l'enfant ont été recueillies par des auto-questionnaires. Les examens cliniques lors des visites dans les centres recruteurs ont permis le recueil de données anthropométriques générales (poids/taille) et plus spécifiques, plis cutanés et résistance des tissus par impédancemétrie à certains âges.

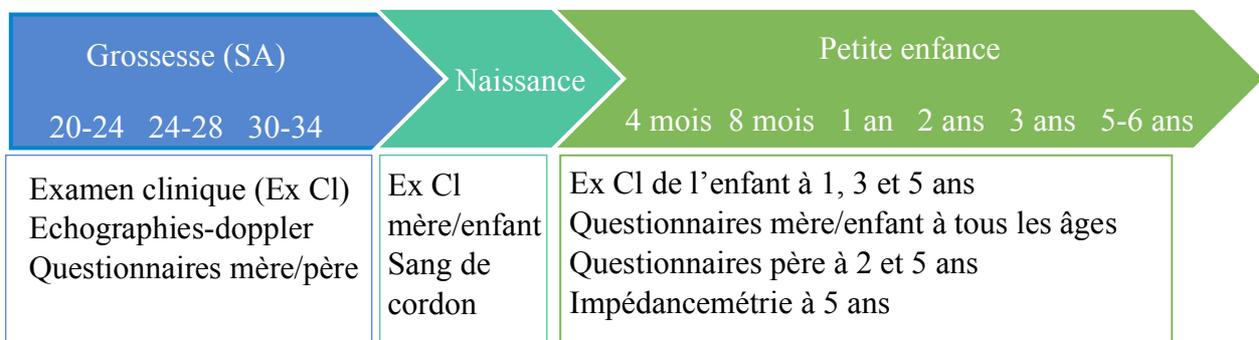


Figure 7 : Frise chronologique du suivi des couples mère-enfant jusqu'à 5-6 ans

Des familles ont été perdues de vue au fur et à mesure du suivi. L'attrition de la cohorte jusqu'à 5-6 ans est présentée en Figure 8.

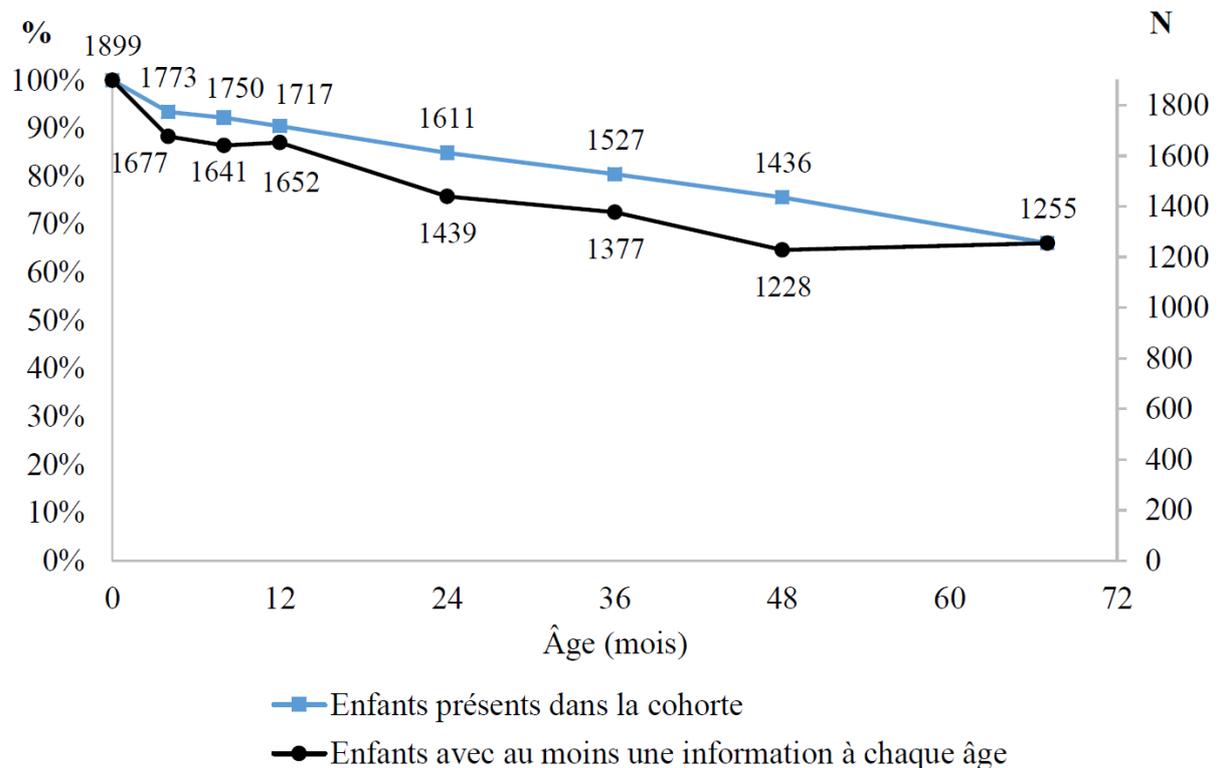


Figure 8 : Attrition dans la cohorte EDEN, d'après Heude et al. (2016)

Les mères des enfants perdus de vue étaient plus jeunes à l'accouchement et avaient un niveau d'étude moindre. Cependant, aucune différence n'a été observée pour l'IMC maternel, le poids à la naissance de l'enfant ou la prématurité (Heude et al. 2016).

### 3. Données utilisées dans le cadre de ma thèse

Des questionnaires postaux ont été envoyés aux parents et complétés principalement par les mères, lorsque les enfants étaient âgés de 2 ans (moyenne 2,0 ans, écart-type 0,1 ans) et de 5 ans (moyenne 5,6 ans, écart-type 0,2 ans). Ils ont permis le recueil de données concernant les comportements impliqués dans la balance énergétique et le sommeil, avec 1436 et 1195 questionnaires retournés respectivement à 2 et 5 ans. Les extraits des questionnaires

présentant le libellé des questions et les modalités de réponses exploitées dans cette thèse sont présentés en annexe A.

## 1. Les données comportementales

### a. Activité physique

A 2 ans et 5 ans, nous avons respectivement 7 et 4 variables relatives à l'activité physique de l'enfant dont 2 variables en commun.

#### Variables disponibles à 2 et 5 ans

La 1<sup>ère</sup> variable en commun était le temps quotidien moyen passé en jeux extérieurs (en promenade ou à jouer dehors (dans un jardin, un parc, une cour de récréation...)) par l'enfant.

Les parents répondaient en nombre d'heures et de minutes moyennes pour :

- un jour de la semaine hors mercredi
- le mercredi
- un jour de week-end

À partir de ces trois durées, une variable combinée (JeuExt) a été créée à 2 et 5 ans selon la formule suivante :

$$\text{JeuExt} = ( 4 \times \text{Semaine} + 1 \times \text{Mercredi} + 2 \times \text{Week-end} ) / 7$$

A 2 ans, nous disposions 1349 enfants ayant au moins une des 3 durées renseignées dont 1224 avaient les 3 durées. A 5 ans, nous disposions 1128 enfants ayant au moins une des 3 durées renseignées dont 1049 avaient les 3 durées.

Des imputations ont été réalisées pour les enfants ayant 1 ou 2 durées manquantes sur 3, soit avec la médiane de la durée calculée parmi les enfants ayant des données complètes pour un jour donné, soit avec la valeur de l'enfant pour un autre jour (par exemple on a imputé la durée 'Semaine' de l'enfant lorsque le mercredi était manquant). Le détail des imputations est présenté en annexe A.

Compte tenu de la saisonnalité des jeux extérieurs, la saison de remplissage du questionnaire a été prise en compte dans la quantification relative du temps passé en jeux extérieurs d'une saison à l'autre. Si la date de remplissage du questionnaire n'était pas complétée, nous avons imputé la date de réception du questionnaire au centre évaluateur pour déterminer la saison de remplissage.

La 2<sup>ème</sup> variable en commun concernait la fréquentation de la piscine :

- à 2 ans, il s'agissait d'une réponse binaire sur la fréquentation régulière: oui / non
- à 5 ans, il s'agissait d'une réponse sur la fréquence annuelle : jamais, <1 fois/mois, 1 fois/mois, 2-3 fois/mois et  $\geq 1$  fois/semaine.

#### Variables uniquement disponibles à 2 ans

Nous disposions pour la mère et le père de la fréquence de 2 activités, emmener promener son enfant et jouer à des jeux physiques (ballon...) avec lui avec l'échelle suivante : chaque jour ou presque, 3 à 5 fois/semaine, 1 à 2 fois/semaine, moins d'une fois/semaine et jamais ou presque jamais.

La dernière variable disponible à 2 ans concernait le moyen de locomotion le plus fréquent de l'enfant lorsqu'il partait en promenade : à pied, en poussette ou les 2.

#### Variables uniquement disponibles à 5 ans

Nous disposions du temps passé à marcher en promenade ou en trajet (pour se rendre à l'école, chez la nourrice, vous accompagner aux courses...) dans une semaine habituelle. Les parents répondaient en nombre d'heures et de minutes selon le jour de la semaine de la même façon que pour le temps passé en jeux extérieurs. Nous avons procédé de la même façon que pour le temps passé en jeux extérieurs, en créant une variable combinée (Marche) à partir des 3 durées de marche. Nous disposions de données pour 1069 enfants ayant au moins une des 3 durées renseignées dont 948 avaient les 3 durées. Puis nous avons procédé à des imputations selon les mêmes règles que pour le temps de jeux extérieurs.

A 5 ans, la 2<sup>ème</sup> variable disponible concernait la pratique d'une activité sportive organisée, en dehors de celles proposées à l'école ou au centre de loisir : variable binaire : oui ou non.

### b. Exposition aux écrans

A 2 ans et 5 ans, nous avons 2 variables relatives au temps passé devant les écrans de l'enfant.

La 1<sup>ère</sup> variable était relative au temps quotidien moyen passé devant les écrans (la télévision, jouer à des jeux vidéo ou d'ordinateur) par l'enfant. Les modalités de réponses étaient les mêmes que pour les variables JeuExt et Marche. A partir de ces 3 durées, nous avons procédé comme précédemment en créant une variable combinée TV à 2 et 5 ans. Nous avons respectivement 1333 et 1153 enfants à 2 et à 5 ans ayant au moins une des 3 durées renseignées dont 1163 et 1153 enfants ayant les 3 durées à 2 et 5 ans.

Des imputations ont été réalisées pour les enfants ayant 1 ou 2 durées manquantes, soit à 0 minutes, soit avec la valeur de l'enfant pour un autre jour (par exemple on a imputé la durée 'Semaine' de l'enfant lorsque le mercredi était manquant). Le détail des imputations est présenté en annexe A.

Puis nous avons la fréquence à laquelle la télévision était allumée pendant les repas de l'enfant pris à la maison (petit-déjeuner, déjeuner ou dîner) en 4 catégories : jamais, parfois, souvent et toujours.

### c. Alimentation

#### Variables alimentaires disponibles

L'alimentation des enfants était recueillie principalement à partir de questionnaires de fréquence alimentaire inclus dans les questionnaires postaux à 2 et 5 ans. Les parents devaient indiquer à quelle fréquence leur enfant consommait actuellement chaque aliment /boisson au

cours d'une semaine habituelle au moment de l'enquête. Les questionnaires de fréquence alimentaire étaient des versions abrégées des questionnaires utilisés pour les mères pendant leur grossesse, qui ont été validés chez l'adulte et l'adolescente (Deschamps et al. 2009). Dans ces versions abrégées, la classification des aliments a été établie sur la base de similitudes entre le type d'aliment et le contexte de consommation et permettait de décrire les caractéristiques du régime alimentaire de l'enfant. Le questionnaire de fréquence alimentaire comprenait 26 et 27 groupes d'aliments respectivement à 2 et 5 ans avec pour chaque aliment 7 items de réponses possibles : jamais, <1 fois par mois, 1 à 3 fois par mois, 1 à 3 fois par semaine, 4 à 6 fois par semaine, 1 fois par jour, plusieurs fois par jour. La fréquence de consommation de lait était incluse dans le questionnaire de fréquence alimentaire à 5 ans ; en revanche à 2 ans, c'était le nombre de grands bols ou de biberons par jour qui a été recueilli avec 5 modalités de réponse allant de jamais à plus de 3 biberons ou grands bols par jour. Puis nous avons 4 autres variables alimentaires relatives au contexte de la prise alimentaire ou à la spécificité de certains aliments.

A 2 ans, la consommation de divers types d'aliments pour bébés a été assemblée en une seule variable dichotomique : non consommateurs versus consommateurs d'aliments bébé en raison de l'effectif important de non-consommateurs (38% de non-consommateurs).

Trois autres variables relatives au contexte de prise alimentaire ont été considérées. A 2 et 5 ans, nous disposions de la question suivante : *'Quelle est/sont la ou les boissons habituelles de votre enfant lors des repas du midi et du soir ?'*. Il y avait 7 items de réponse : eau du robinet non filtrée, eau du robinet filtrée, eau minérale, lait, soda, jus de fruit et autre avec une possibilité de préciser. Cette variable a été recodée en une variable dichotomique, consommation de boissons sucrées : oui/non. Les boissons dites sucrées étaient le lait, le soda, le jus de fruit et l'eau avec du sirop (principale précision de la modalité de réponse 'autre').

Puis, la prise quotidienne d'un petit-déjeuner, à 2 ans en oui/non et à 5 ans en fréquence (jamais, parfois, souvent et toujours) a également été prise en compte.

A 5 ans, nous disposions en plus d'une question relative au grignotage libellée ainsi : '*en dehors des repas ou du goûter, votre enfant mange-t-il des bonbons ou des gâteaux, ou boit-il autre chose que de l'eau (ex : sodas, jus d'orange, etc...)*', avec 5 modalités de réponse : 2 fois par jour ou plus, 1 fois par jour, tous les 2-3 jours, moins souvent, jamais.

### Profils alimentaires

Une analyse précédente des données du questionnaire de fréquence alimentaire à 2 ans, à l'aide d'une ACP, avait permis d'identifier deux profils alimentaires représentant 19,8% de la variance expliquée (Lioret et al. 2015). Le premier profil, intitulé «Aliments transformés ou type fast-food», était caractérisé par la consommation de frites, de charcuterie, de sodas, de chips/biscuits apéritif, de viennoiseries/biscuits/gâteaux, de quiches/pizzas/tourtes, de jus de fruits, de desserts lactés, de légumes secs et de pain (par ordre décroissant) et inversement corrélé à la consommation de légumes cuits. Le second profil, intitulé «Proche des recommandations», était principalement caractérisé par la consommation de légumes cuits, de pâtes/riz/semoule, de fruits, de crudités, de poisson maigre, de pommes de terre (cuites/purée), de volaille/jambon, de compotes, de viande rouge et de pain. La contribution des variables alimentaires à la définition des profils alimentaires est présentée en annexe A. Le score des enfants sur chacun des profils a été calculé en faisant la somme des fréquences de consommation normalisées observées par groupe d'aliments, pondérées en fonction des corrélations entre la valeur de la variable alimentaire normalisée et la composante principale.

#### d. Sommeil

Aux 2 âges, nous disposons de la durée de sommeil totale calculée à partir des heures de coucher et de lever rapportées, avec en plus à 2 ans, l'ajout de la durée de la sieste.

Nous disposons également de la fréquence des difficultés d'endormissements en 5 catégories : 'chaque soir', 'souvent', 'un soir sur 2', 'parfois', 'jamais'.

A 2 ans, nous avons 3 autres variables binaires (oui/non) relatives à la régularité des heures de coucher et à celle des heures de lever, ainsi qu'à la consommation d'un biberon de lait au coucher.

## 2. Les données anthropométriques

### a. Modélisation de l'IMC de l'enfant dans EDEN

Dans les différents auto-questionnaires postaux, il a été demandé aux parents de reporter le poids et la taille des enfants à partir des mesures extraites du carnet de santé. De plus, ils ont été pesés et mesurés de façon standardisée lors de tous les examens cliniques. L'ensemble de ces données a permis les modélisations du poids et de la taille de chaque enfant à l'aide du modèle non-linéaire de Jemss-Bayley réalisées lors d'un précédent travail (Carles et al. 2016). Ces équations permettent de prédire à la fois le poids et la taille et donc l'IMC des enfants à une date précise.

#### IMC prédit à 2 ans

L'IMC de l'enfant à 2 ans a été calculé à partir du poids et de la taille prédits pour chaque sujet à la date de remplissage de son auto-questionnaire des 2 ans.

#### Age au rebond d'adiposité

L'âge au rebond d'adiposité a été estimé pour chaque enfant grâce à la modélisation des courbes individuelles de l'IMC. Un modèle linéaire mixte, modélisant un polynôme de degré 3, a été appliqué à l'ensemble des valeurs log-transformées de l'IMC, à partir de l'âge de 18

mois. L'âge au rebond d'adiposité correspondait à l'âge auquel la dérivée de la fonction individuelle s'annulait, et auquel la vitesse d'évolution de l'IMC passait du signe négatif au signe positif (Sovio et al. 2011). La qualité de la prédiction de l'âge au rebond d'adiposité était variable d'un enfant à l'autre, et dépendait du nombre de mesures d'IMC disponibles après 8 ans.

En plus de l'âge au rebond, un indice de confiance de la prédiction a donc été élaboré en fonction de l'âge de la dernière mesure :

- Qualité de prédiction très bonne : au moins 1 mesure après 8 ans
- Qualité de prédiction bonne : au moins 1 mesure après 5 ans mais aucune après 8 ans
- Qualité de prédiction moyenne : aucune mesure après 5 ans.

Sur 1425 enfants ayant des courbes d'IMC modélisées, l'âge au rebond a pu être estimé pour 1415 enfants. Les 10 autres avaient, soit une courbe d'évolution d'IMC qui ne remonte pas, soit plusieurs rebonds.

Ce travail a été effectué par Aminata Cisse sous la direction de Barbara Heude.

## **b. Mesures anthropométriques et d'impédancemétrie à 5 ans**

Des données anthropométriques et d'impédancemétrie ont été recueillies chez 1145 enfants lors de l'examen clinique qui a eu lieu aux CHU de Nancy et de Poitiers lorsque l'enfant avait 5,7 ans en moyenne (écart-type 0,2 ans). Les mesures ont été effectuées par des enquêteurs formés à l'aide de procédures standardisées.

### *1. L'indice de masse corporelle*

Les enfants ont été mesurés, deux fois, debout pieds nus contre le mur à 0,1 cm près, avec une toise murale de modèle 208, SECA, Hambourg, Allemagne. Ils ont été pesés, également 2 fois, en sous-vêtements à 0,2 kg près avec une balance électronique de modèle 888, SECA,

Hambourg, Allemagne. L'IMC a été calculé à partir de la moyenne des deux mesures du poids et de la taille.

## 2. La mesure des plis cutanés



Figure 9 : Compas de Holtain

La mesure des plis cutanés a été réalisée du côté gauche de l'enfant, 3 fois pour chaque pli, au moyen du compas de Holtain de la marque Chasmors Ltd, Londres, Royaume-Uni (Figure 9). Le pli tricipital se mesure au niveau de la face postérieure du bras à mi-distance entre l'acromion et l'olécrâne, le pli étant pincé verticalement. Le pli sous-scapulaire se mesure 1

cm en dessous de la pointe inférieure de l'omoplate, en suivant la pliure naturelle de la peau avec un angle de 45° par rapport à l'horizontale.

## 3. L'impédancemétrie

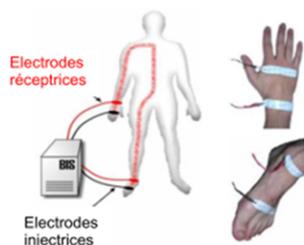


Figure 10 : BIA 101 avec schéma de positionnement des électrodes

L'impédancemétrie est une technique d'évaluation de la composition corporelle, par l'intermédiaire de la mesure de la résistance des tissus, grâce à un léger courant électrique imperceptible. Pour l'étude, il a été utilisé le même appareil dans les 2 centres, un Body Impedance Analyzer 101 (BIA 101) de marque Akern-RJL, Italie. Les mesures s'effectuent sur un sujet allongé depuis au moins 5 minutes et ayant la vessie vide selon le schéma de la Figure 10. Puis on place 2 électrodes sur le pied droit et 2 sur la main droite et on attend que les mesures de la résistance ( $R_z$ ) et de la réactance ( $X_c$ ) se

stabilisent, et ceci deux fois, en ayant débranché 2 électrodes entre les mesures.

### c. Calcul de la masse grasse

Nous avons sélectionné 3 équations permettant de calculer le pourcentage de masse grasse à 5 ans à partir de données anthropométriques et/ou d'impédancemétrie.

#### 1. Masse grasse à partir des plis cutanés

Slaughter et al. ont proposé une équation de calcul du pourcentage de masse grasse (MG) à partir de la somme de deux plis cutanés d'après une population de 66 enfants américains prépubères, âgés en moyenne de 9.8 ans pour les 50 garçons et de 10.0 ans pour les 16 filles (Slaughter et al. 1988). Plusieurs équations ont été établies chez les garçons en fonction de l'ethnie (caucasien versus afro-américain) et en fonction de la somme des plis cutanés dans les deux sexes. Pour notre étude, nous n'avons retenu que les équations chez les garçons caucasiens.

Les équations utilisées sont les suivantes :

$$\sum \text{plis} = \text{pli tricipital (en mm)} + \text{pli sous-scapulaire (en mm)}$$

Si  $\sum \text{plis} \leq 35\text{mm}$  :

- Chez les garçons  $\text{MG (en \%)} = 1,21 \times \sum \text{plis} - 0,008 \times (\sum \text{plis})^2 - 1,7$
- Chez les filles  $\text{MG (en \%)} = 1,33 \times \sum \text{plis} - 0,013 \times (\sum \text{plis})^2 + 2,5$

Si  $\sum \text{plis} > 35\text{mm}$  :

- Chez les garçons  $\text{MG (en \%)} = 0,783 \times \sum \text{plis} - 1,6$
- Chez les filles  $\text{MG (en \%)} = 0,546 \times \sum \text{plis} + 9,7$

#### 2. Masse grasse à partir des données d'impédancemétrie

Dans la littérature, plusieurs équations ont été développées à partir des données d'impédancemétrie, d'abord chez les adultes, puis chez les adolescents (Houtkooper et al. 1989 ; Deurenberg, Kusters, et Smit 1990). Il y en a très peu d'évaluées chez les enfants de 5 ans (Kushner et al. 1992 ; Goran et al. 1996), de plus leur validité et leur fiabilité ne sont pas toujours bien établies (Goran et al. 1993).

Or, la composition corporelle varie en fonction de plusieurs paramètres :

- la taille et le poids
- l'âge (Deurenberg, Kusters, et Smit 1990)
- le sexe, la composition corporelle étant différente chez les garçons et les filles (Mast et al. 1998)
- l'origine ethnique est un autre paramètre qui influence potentiellement la composition corporelle avec des résultats divergents selon les populations comparées (Kaplan, Zemel, et Stallings 1996 ; Rush et al. 2003)

La population d'EDEN étant majoritairement caucasienne, âgée d'en moyenne 5,7 ans, nous avons décidé de prendre d'une part l'équation développée par Goran et al., à partir des données d'enfants caucasiens âgés de 4 à 9 ans (moyenne 6.6 ans +/-1.4) et d'autre part celle de Houtkooper et al, qui est la première équation développée sur une population pédiatrique âgée de 10 à 14 ans (moyenne 12.3 ans +/-1.4). De ce fait, elle est toujours très utilisée dans la littérature et était recommandée par le fabricant du BIA 101(Goran et al. 1996 ; Houtkooper et al. 1989).

L'équation de Goran et al. prédit la masse grasse (MG) selon la formule suivante :

$$MG \text{ (en kg)} = 0,16 \times SC + 0,33 \times \text{poids} + 0,11 \times TRI - 0,61 \times [(taille)^2 / Rz] - 0,43 \times SEX - 2,4$$

*avec en mm SC=pli sous-scapulaire et TRI=pli tricipital ; Rz = résistance des tissus, SEX : 1 = garçons et 0 = filles*

L'équation de Houtkooper et al. prédit la masse maigre (MM) selon la formule suivante :

$$MM \text{ (en kg)} = 0,61 \times [(taille)^2 / Rz] + 0,25 \times \text{poids} + 1,3$$

*avec Rz = résistance des tissus*

A partir de l'évaluation de la masse grasse selon Goran et de celle de la masse maigre par Houtkooper, nous avons calculé le pourcentage de masse grasse à l'aide du poids, afin de permettre une meilleure comparaison de nos 3 indicateurs d'adiposité. Le poids de l'enfant a été considéré comme la somme de la masse maigre et la masse grasse.

L'équation de Goran et al. a été jugée la plus appropriée pour notre population d'étude, et priorisée dans l'analyse. En effet, sa population de validation est la plus proche de celle d'EDEN, de plus cette équation est la plus complète car elle prend en compte les mesures d'impédancemétrie et des plis cutanés.

### 3. Position socio-économique

Nous avons choisi 2 variables comme proxy de la position socio-économique :

- Le niveau d'études de la mère à l'inclusion déterminé à partir du plus haut niveau de diplôme obtenu en 4 catégories à savoir : niveau inférieur au baccalauréat, niveau baccalauréat, 2 ans d'étude post-baccalauréat et 3 ans d'étude post-baccalauréat.
- Le revenu mensuel du ménage (en euros) à l'inclusion et au suivi à 2 ans en 5 catégories : < 1500€, [1501–2300€], ]2301–3000€], ]3001–3800€], > 3800€.

Lorsque le niveau d'études de la mère n'était pas renseigné à l'inclusion, nous avons imputé la valeur renseignée sur l'auto-questionnaire des 2 ans. Lorsque le niveau de revenus du ménage n'était pas renseigné à 2 ans, nous avons imputé la valeur renseignée dans le questionnaire administré à l'inclusion et vice-versa.

### 4. Autres données utilisées

Deux autres variables ont été utilisées, compte tenu du plan de l'étude, le centre d'inclusion (Nancy ou Poitiers), et l'âge exact lors de l'examen clinique des 5 ans. En effet, même si les procédures de mesures anthropométriques et d'impédancemétrie étaient standardisées, nous avons constaté un important effet centre sur les mesures anthropométriques. De plus, l'âge des enfants lors de l'examen clinique des 5 ans allant de 5,0 à 6,9 ans, nous avons préféré le prendre en compte du fait de cette variabilité.

Pour comparer, nos populations d'étude avec la population non sélectionnée d'EDEN, nous avons également exploité les données suivantes :

- IMC maternel rapporté avant grossesse
- Age de la mère à l'accouchement
- Primiparité
- Poids de naissance de l'enfant

### 5. Effectifs disponibles pour les données utilisées dans cette thèse

Le Tableau I présente les effectifs disponibles pour les données utilisées dans cette thèse à l'inclusion, à la naissance, à 2 et 5 ans.

Tableau I : Effectifs disponibles pour les données utilisées dans cette thèse après imputations.

<b>VARIABLES COMPORTEMENTALES</b>	Questionnaire 2 ans, N=1436	Questionnaire 5 ans, N= 1195
<b>Activité physique</b>		
Temps passé en jeux extérieurs	1328	1117
Fréquentation de la piscine	1410	1180
Fréquence de promenade avec maman	1422	
Fréquence de jeux physiques avec maman	1414	
Fréquence de promenade avec papa	1339	
Fréquence de jeux physiques avec papa	1344	
Moyen de locomotion lors des promenades	1415	
Temps de marche		1049
Activité sportive organisée		1186
<b>Exposition à la télévision</b>		
Temps passé devant la télévision	1333	1153
Télévision allumée pendant les repas	1423	1194
<b>Alimentation</b>		
Questionnaire de fréquence alimentaire		
Laitages (yaourts, petit-suisse..)	1422	1194
Desserts lactés (crème, glaces)	1418	1188
Fromage	1419	1194
Pâtes/riz/semoule	1422	1193
Pommes de terre (à l'eau ou en purée)	1417	1194
Frites/pommes de terre sautées	1419	1193
Quiches/pizzas/tourtes	1422	1194
Légumes secs (lentilles, haricots blancs)	1418	1195
Légumes cuits (y compris soupes)	1421	1191
Crudités/salade	1421	1194
Volaille/jambon	1420	1179
Viande type bœuf mouton porc	1416	1178

Charcuterie	1419	1179
Poisson gras	1420	1179
Poisson blanc	1421	1181
Œufs	1422	1180
Fruit frais	1420	1177
Compotes	1421	1178
Jus de fruits	1421	1178
Sodas ordinaires/sirop	1422	1181
Sodas 'light'	1421	1182
Céréales petit déjeuner	1416	1179
Pain	1416	1179
Viennoiseries/biscuits/ gâteaux	1416	1178
Chocolat/bonbons	1411	1179
Chips/biscuits apéritifs	1417	1179
Consommation de lait	1419	1191
Boissons sucrées pendant les repas	1422	1181
Prise journalière d'un petit-déjeuner	1421	1184
Consommateurs d'aliments bébé	1385	
Grignotage en dehors des repas		1176
Profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food»	1422	
Profil alimentaire «Proche des recommandations»	1422	
<b>Sommeil</b>		
Durée de sommeil	1280	1170
Difficultés d'endormissement	1431	1181
Heures de coucher régulières	1436	
Heures de lever régulières	1436	
Prise d'un biberon de lait au coucher	1395	
<b>VARIABLES ANTHROPOMETRIQUES</b>	Questionnaire 2 ans, N=1436	Examen clinique, N= 1145
IMC prédit à 2 ans	1433	
Age au rebond modélisé		1415
IMC mesuré à 5 ans		1141
Pourcentage de masse grasse selon Goran		1101
Pourcentage de masse grasse selon Slaughter		1138
Pourcentage de masse grasse selon Houtkooper		1106
<b>AUTRES VARIABLES</b>	A l'inclusion N= 2002	A la naissance N= 1903
Niveau d'études de la mère	2002	
Revenus mensuels du ménage (N= 1436 à 2 ans)	1922	
Centre	2002	
IMC maternel avant grossesse	1897	
Age de la mère à l'accouchement		1903
Primiparité		1903
Poids de naissance de l'enfant		1899

Les cases grisées indiquent les variables non disponibles à cet âge-là.

## 4. Analyses statistiques

Pour étudier l'association entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et le risque ultérieur de Spds-Ob, nous avons procédé à trois analyses distinctes, stratifiées sur le sexe. Dans la première et la troisième analyse, les variables d'exposition étaient trois variables permettant de quantifier les comportements impliqués dans la balance énergétique : le temps passé en jeux extérieurs, le temps passé devant la télévision et les deux profils alimentaires précédemment décrits. Dans la deuxième analyse, la variable d'exposition a été construite grâce à une analyse de clusters à partir de variables comportementales (activité physique, comportement sédentaire, alimentation) à la fois quantitatives et contextuelles, ainsi que de variables relatives au sommeil de l'enfant. Dans les deux premières analyses, la variable à expliquer était le pourcentage de masse grasse mesuré à 5 ans et dans la troisième, il s'agissait de l'âge au rebond d'adiposité. Toutes ces variables à expliquer ont été traitées en continu : les analyses multivariées ont été réalisées à l'aide de modèles de régression linéaire sous le logiciel SAS. Le package VarSelICM du logiciel R a été utilisé pour la construction des clusters multi-comportementaux.

## Chapitre 3 : Association longitudinale entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'adiposité entre 2 et 5 ans

---





## 1. Introduction

La mise en place précoce d'habitudes comportementales obésogènes, qui ont tendance à se maintenir au cours du temps, est supposée conduire au cumul de l'excédent énergétique au cours de la vie, favorisant le développement de l'adiposité (Northstone et Emmett 2008; Jones et al. 2013; S. J. H. Biddle et al. 2010; Craigie et al. 2011). Par conséquent, identifier précocement les comportements impliqués dans la balance énergétique qui sont les plus prédictifs du développement ultérieur de l'adiposité, particulièrement ceux qui peuvent être modifiés, est une étape nécessaire pour développer des interventions et des politiques plus efficaces pour juguler l'épidémie pédiatrique de Spds-Ob (Monasta et al. 2011 ; J. A. Hnatiuk et al. 2019).

L'accumulation de données issues d'études longitudinales chez les enfants âgés d'environ 4 à 6 ans à l'inclusion, indique que le comportement sédentaire, principalement le temps passé devant la télévision, favorise le Spds-Ob et que l'activité physique protège contre celui-ci ; en revanche des résultats contradictoires caractérisent l'association possible entre l'alimentation et le Spds-ob (S J te Velde et al. 2012). Cependant, il y a peu de recherches qui examinent ces associations longitudinales chez les enfants de moins de 4 ans, malgré les preuves de plus en plus nombreuses que les tout-petits passent déjà beaucoup de temps devant les écrans et que des habitudes alimentaires sous-optimales sont déjà établies à 2 ans (John J Reilly 2008 ; Poitras et al. 2017 ; Smithers et al. 2011). A notre connaissance, aucune étude longitudinale chez des enfants de 2 ans n'a pris en compte simultanément les trois comportements impliqués dans la balance énergétique, ni n'a été menée séparément chez les garçons et les filles, même si la composition corporelle (Mast et al. 1998) et l'activité physique (Timmons, Naylor, et Pfeiffer 2007 ; Hinkley et al. 2008) diffèrent selon le sexe dès la petite enfance.

Notre objectif est d'étudier les associations indépendantes entre le temps passé en jeux extérieurs, le temps passé devant la télévision et l'alimentation à 2 ans et l'adiposité des enfants à 5 ans, indépendamment de la position socio-économique et de l'IMC de l'enfant à 2 ans. L'adiposité a été estimée à partir de mesures complètes et spécifiques, incluant l'impédancemétrie et les plis cutanés. Nous avons émis l'hypothèse que le temps passé en jeux extérieurs et une alimentation proche des recommandations seraient inversement associés au développement de l'adiposité, contrairement au temps passé devant la télévision et à une alimentation de forte densité énergétique et de faible densité nutritionnelle. Nous avons supposé que les effets pourraient être différents selon le sexe et nous avons donc effectué l'analyse séparément chez les garçons et les filles.

## 2. Matériel et méthodes

### 1. Population d'étude

Parmi les 1903 enfants nés vivants, 1436 avaient un questionnaire rempli à 2 ans. Nous avons sélectionné ceux qui avaient des données complètes ou imputées à 2 ans pour le temps passé en jeux extérieurs, le temps passé devant la télévision et les 2 profils alimentaires et qui avaient des données complètes disponibles issus de l'examen clinique des 5 ans permettant le calcul de l'IMC et du pourcentage de masse grasse. La Figure 11 présente le diagramme de flux de la population sélectionnée pour cette analyse.

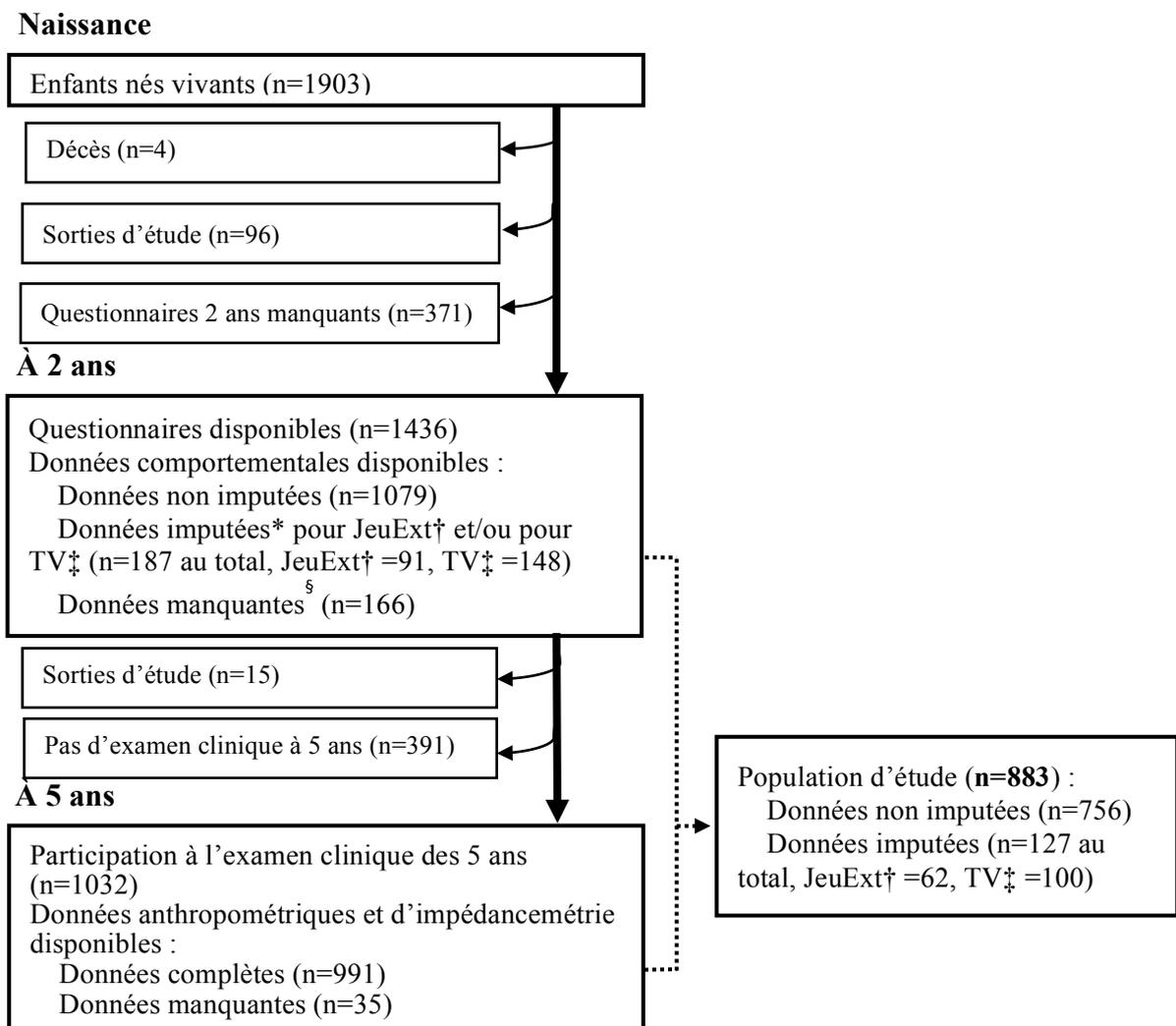


Figure 11 : Diagramme de flux de l'analyse de l'association longitudinale entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'adiposité, \*la non-réponse à 1 ou 2 durées ont été imputées (cf méthodes); † temps passé en jeux extérieurs ; ‡ temps passé devant la télévision ; § données manquantes pour un ou plusieurs comportements impliqués dans la balance énergétique

## 2. Variables étudiées

### Les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans

Compte tenu de la variation saisonnière du temps passé en jeux extérieurs par les enfants, la variable JeuExt a été divisée en tertiles par saison, labellisés : activité physique faible, intermédiaire et élevée, mais avec des seuils de temps de jeux extérieurs spécifiques pour chaque saison.

La variable Télé a été également divisée en tertiles avec les seuils suivants : 0 à 15 minutes par jour inclus, plus de 15 minutes par jour à 1 heure par jour et 1 heure ou plus par jour.

Les scores d'adhésion à chacun des deux profils alimentaires «Aliments transformés ou type fast-food» et «Proche des recommandations» (Lioret et al. 2015) ont également été pris en compte à 2 ans.

### Marqueurs d'adiposité à 5 ans

Pour cette analyse, nous avons sélectionnés 2 marqueurs d'adiposité : le pourcentage de masse grasse selon Goran et al. et l'IMC mesuré lors de l'examen clinique des 5 ans. Deux autres marqueurs secondaires ont également été pris en compte dans le cadre d'analyses de sensibilité : le pourcentage de masse grasse selon Houtkooper et al. et selon Slaughter et al. Ces 4 marqueurs seront analysés en continu (Goran et al. 1996 ; Houtkooper et al. 1989 ; Slaughter et al. 1988).

### Variables d'ajustement

Le centre, l'âge exact lors de l'examen clinique des 5 ans, la position socio-économique (niveau d'études de la mère et revenus mensuels du ménage à 2 ans) et l'IMC prédit à 2 ans ont été pris en compte en tant que variables d'ajustement.

### 3. Analyse statistique

Nous avons tout d'abord comparé la population de notre étude (N=883 enfants) à la population non incluse d'EDEN (N= 1119 femmes) selon les caractéristiques sociodémographiques. Puis nous avons comparé les garçons et les filles de notre étude par rapport aux caractéristiques sociodémographiques, aux comportements impliqués dans la balance énergétique, aux variables d'ajustement et aux marqueurs d'adiposité. Le test du Chi<sup>2</sup> a été utilisé pour la comparaison des variables catégorielles et le t-test de Student pour la comparaison d'une variable continue avec une variable binaire. Nous avons également étudié les associations entre chacun des comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans, en ajustant sur la position socio-économique et le centre, à l'aide de modèles de régression linéaire multiple et de modèles de régression logistique ordinaire.

L'analyse multivariée par régression linéaire a d'abord été utilisée pour évaluer l'association transversale entre les 3 comportements impliqués dans la balance énergétique et l'IMC prédit à l'âge de 2 ans. Une deuxième série de régressions linéaires a été effectuée pour évaluer l'association entre les 3 comportements à l'âge de 2 ans et l'adiposité à l'âge de 5 ans ajustée sur le centre, l'IMC à 2 ans et l'âge exact lors de l'examen clinique à 5 ans. Pour chacun des quatre marqueurs d'adiposité (c'est-à-dire, l'IMC et les pourcentages de masse grasse avec chacune des trois équations citées ci-dessus), l'analyse a été réalisée en deux étapes. Premièrement, le temps passé en jeux extérieurs, le temps passé devant la télévision et les profils alimentaires ont été inclus dans 3 modèles distincts. Ensuite, les trois comportements impliqués dans la balance énergétique ont été inclus simultanément dans un seul modèle ajusté sur la position socio-économique. Tous les modèles ont été analysés séparément pour les garçons et les filles. Enfin, des analyses de sensibilité ont été effectuées sur l'échantillon excluant les enfants avec des données imputées (échantillon de cas complet, N = 756). Le

logiciel SAS (version 9.3, SAS Institute Inc, Cary, Caroline du Nord, États-Unis) a été utilisé pour les analyses statistiques et le niveau de significativité a été fixé à 0,05.

### 3. Résultats

#### 1. Comparaison entre la population sélectionnée et celle d'EDEN non sélectionnée

Relativement aux enfants non sélectionnés, les enfants sélectionnés pour la présente étude avaient des mères plus âgées, plus fréquemment primipares, avec un niveau d'étude plus élevé, appartenaient à un ménage aux revenus plus élevés à l'inclusion. Cependant, il n'y avait pas de différence de poids à la naissance ni d'IMC maternel avant grossesse (Tableau II).

Tableau II : Comparaison selon les caractéristiques sociodémographiques entre la population sélectionnée pour l'étude et la population d'EDEN non sélectionnée ; les valeurs sont des pourcentages sauf autre indication.

	Population sélectionnée (N= 883)	Population non-sélectionnée (N= 1119) <sup>a</sup>	p-valeur
<b>Variables à l'inclusion</b>			
Niveau d'études de la mère			
Niveau < BAC	19.4	42.0	<b>&lt;0.0001</b>
Niveau BAC	17.4	16.6	
BAC + 2 ans	25.7	16.7	
BAC + 3 ans	37.5	24.7	
Revenus moyens du ménage			
≤ 1500€ par mois	10.8	22.4	<b>&lt;0.0001</b>
1501 – 2300€ par mois	28.0	31.1	
2301 – 3000€ par mois	31.7	21.6	
3001 – 3800€ par mois	17.3	13.7	
> 3800 € par mois	12.2	11.2	
IMC maternel avant grossesse, en kg/m <sup>2</sup> <sup>b</sup>	23.3 (4.5)	23.2 (4.8)	0.70
Centre, %Poitiers	53.1	44.6	<b>0.0002</b>
<b>Variables à la naissance</b>			
Age de la mère à l'accouchement, en année <sup>b</sup>	30.2 (4.8)	28.9 (4.9)	<b>&lt;0.0001</b>
Primiparité, %primipare	47.4	42.1	<b>0.0209</b>
Poids à la naissance, en grammes <sup>b</sup>	3293 (511)	3267 (514)	0.27

<sup>a</sup> effectifs variables en fonction des données manquantes : Revenus N=1922, IMC N=1020, âge à l'accouchement N=1024, primiparité N=1021 et poids de naissance N=1016. <sup>b</sup> moyenne (écart-type)

## 2. Caractéristiques de la population étudiée en fonction du sexe

Le Tableau III compare les caractéristiques des garçons et des filles de l'échantillon de l'étude.

Tableau III : Caractéristiques de la population d'étude en fonction du sexe ; les valeurs sont des pourcentages sauf autre indication.

	Garçons (N= 473)	Filles (N= 410)	p-valeur
<b>Variabiles relatives à la famille et à la naissance</b>			
Niveau d'études de la mère			
Niveau < BAC	20.1	18.5	0.84
Niveau BAC	17.8	17.1	
BAC + 2 ans	26.0	25.4	
BAC + 3 ans	36.1	39.0	
Revenus moyens du ménage à 2 ans			
≤ 1500€ par mois	8.7	8.3	0.91
1501 – 2300€ par mois	21.5	23.9	
2301 – 3000€ par mois	30.9	28.5	
3001 – 3800€ par mois	22.2	22.7	
> 3800 € par mois	16.7	16.6	
Age de la mère à l'accouchement en année <sup>a</sup>	30.2 (4.7)	30.1 (4.8)	0.77
Centre, % Poitiers	56.0	49.8	0.06
Poids à la naissance, en grammes <sup>a</sup>	3357 (526)	3218 (482)	<0.001
<b>Caractéristiques de l'enfant à 2 ans</b>			
Temps passés en jeux extérieurs <sup>b</sup>			
Faible (Tertile 1)	28.5	38.3	0.003
Moyen (Tertile 2)	34.1	33.2	
Élevé (Tertile 3)	37.4	28.5	
Temps passé devant la télévision			
≤ 15 min par jour	33.8	34.6	0.43
] 15 ; 60 [	31.3	34.4	
≥ 60 min par jour	34.9	31.0	
Profils alimentaires, score <sup>a</sup>			
«Aliments transformés ou type fast-food»	-0.03 (0.96)	-0.04 (0.96)	0.80
«Proche des recommandations»	-0.02 (0.93)	0.10 (0.97)	0.08
IMC prédit à 2 ans, en kg/m <sup>2</sup> <sup>a,c</sup>	16.2 (1.1)	16,0 (1.1)	0.001
<b>Caractéristiques de l'enfant à 5 ans</b>			
Age lors de l'examen clinique des 5 ans, en années <sup>a</sup>	5.6 (0.1)	5.7 (0.2)	0.54
IMC, en kg/m <sup>2</sup> <sup>a</sup>	15.4 (1.3)	15.4 (1.4)	0.74
Prévalence du Spds-Ob selon IOTF <sup>d</sup>	5.7	9.8	0.024
Pourcentage de masse grasse (Goran et al. 1996) <sup>a</sup>	12.6 (2.9)	16.7 (3.2)	<0.001
Pourcentage de masse grasse(Houtkooper et al.1989) <sup>a</sup>	10.0 (4.5)	12.3 (4.8)	<0.001
Pourcentage de masse grasse (Slaughter et al. 1988) <sup>a</sup>	12.5 (3.1)	14.4 (3.4)	<0.001

<sup>a</sup> moyenne (écart-type) <sup>b</sup> Intervalles pour les tertiles de temps de jeux extérieurs par saison : Faible (Tertile 1) : printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4min à 1 h 12min) et hiver (0min à 50min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15min), été (1 h 59min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min) et hiver (51 min à 1 h 18 min). Élevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h) et hiver (1 h 19 min à 4 h 09min). <sup>c</sup> IMC prédit à partir du modèle non linéaire de Jenss (Carles et al. 2016)(voir Sujets et méthodes). <sup>d</sup> selon les normes IOTF (Cole et al. 2000)

A 2 ans, le temps passé en jeux extérieur était plus élevé chez les garçons, dont l'IMC moyen était également légèrement supérieur à celui des filles. Il n'y avait pas de différence significative entre les sexes en ce qui concerne le temps passé devant la télévision ou les scores des profils alimentaires. Dans l'ensemble, 12,2 % des enfants de 2 ans ne regardait pas la télévision, 54,7 % moins d'une heure par jour et 33,1 % une heure par jour ou plus. A 5 ans, le pourcentage de masse grasse et la prévalence du Spds-Ob étaient tous deux significativement plus faibles chez les garçons que chez les filles.

### 3. Associations entre les comportements impliqués dans la balance énergétique entre eux à 2 ans

A 2 ans, les associations entre les scores des profils alimentaires et le temps passé en jeux extérieurs d'une part et le temps passé devant la télévision d'autre part sont présentées selon le sexe dans le Tableau IV.

Tableau IV : Associations entre les scores des profils alimentaires et le temps passé en jeux extérieurs / le temps passé devant la télévision ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%)

	Garçons (N=473)		Filles (N=410)	
	«Aliments transformés ou type fast-food» <sup>a</sup>	«Proche des recommandations» <sup>a</sup>	«Aliments transformés ou type fast-food» <sup>a</sup>	«Proche des recommandations» <sup>a</sup>
<b>Temps passés en jeux extérieurs<sup>b</sup></b>				
Faible (Tertile 1)	ref	ref	ref	ref
Moyen (Tertile 2)	0.10 (-0.11, 0.31)	0.08 (-0.13, 0.29)	-0.05 (-0.26, 0.17)	-0.06 (-0.28, 0.16)
Elevé (Tertile 3)	0.23 (0.02, 0.44)	-0.04 (-0.25, 0.17)	0.24 (0.01, 0.46)	0.42 (0.19, 0.65)
p-valeur	0.10	0.47	<b>0.04</b>	<b>0.0001</b>
<b>Temps passé devant la télévision</b>				
≤ 15 min par jour	ref	ref	ref	ref
] 15 ; 60 [	0.03 (-0.17, 0.24)	0.06 (-0.15, 0.27)	0.24 (0.02, 0.45)	0.08 (-0.15, 0.30)
≥ 60 min par jour	0.39 (0.18, 0.59)	0.06 (-0.14, 0.26)	0.17 (-0.06, 0.40)	-0.04 (-0.28, 0.20)
p-valeur	<b>0.0002</b>	0.80	0.09	0.61

<sup>a</sup> Les analyses par régression linéaire ont toutes été ajustées sur le centre (Poitiers ou Nancy) et la position socio-économique (éducation maternelle et revenu du ménage à l'âge de 2 ans). <sup>b</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1) : printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min).

Chez les garçons, le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» était associé positivement au temps passé devant la télévision. Chez les filles, les scores du profil alimentaire «Proche des recommandations» et, dans une moindre mesure, les scores du profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» étaient positivement associés au temps passé en jeux extérieurs. Il n'y avait pas d'association significative entre le temps passé en jeux extérieurs et le temps passé devant la télévision dans aucun des deux sexes (p-value = 0,10 pour les garçons et p-value = 0,16 pour les filles pour les régressions logistiques ordinales).

#### 4. Associations transversales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'IMC prédit à 2 ans.

A 2 ans, aucun des comportements liés à la balance énergétique n'est associé à l'IMC prédit (Tableau V).

Tableau V : Associations transversales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'IMC prédit à 2 ans ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%)

Comportements à 2 ans	IMC prédit à 2 ans	
	Garçons (n=473) <sup>a</sup>	Filles (n=410) <sup>a</sup>
<b>Temps passés en jeux extérieurs<sup>b</sup></b>		
Faible (Tertile 1)	ref	ref
Moyen (Tertile 2)	0.12 (-0.14 à 0.38)	-0.04 (-0.30 à 0.23)
Elevé (Tertile 3)	0.24 (-0.02 à 0.49)	-0.06 (-0.35 à 0.23)
p-valeur	0.20	0.92
<b>Temps passé devant la télévision</b>		
≤ 15 min par jour	ref	ref
] 15 ; 60 [	0.021 (-0.23 à 0.27)	0.08 (-0.19 à 0.35)
≥ 60 min par jour	-0.05 (-0.30 à 0.21)	0.06 (-0.23 à 0.35)
p-valeur	0.87	0.82
<b>Profils alimentaires, score</b>		
«Aliments transformés ou type fast-food»	0.005 (-0.11 à 0.12)	0.05 (-0.07 à 0.17)
p-valeur	0.93	0.41
«Proche des recommandations»	-0.03 (-0.15 à 0.08)	0.02 (-0.10 à 0.14)
p-valeur	0.54	0.79

<sup>a</sup> Les analyses par régression linéaire ont toutes été ajustées sur le centre (Poitiers ou Nancy) et la position socio-économique (éducation maternelle et revenu du ménage à l'âge de 2 ans).<sup>b</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1): printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min).

## 5. Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité de l'enfant à 5 ans.

Le Tableau VI et le Tableau VII présentent les associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétiques à 2 ans et le pourcentage de masse grasse selon Goran et al. (Goran et al. 1996) et l'IMC mesuré à 5 ans respectivement chez les garçons et les filles. Pour chaque marqueur d'adiposité, 2 modèles ajustés sur le centre, l'IMC prédit à 2 ans, l'âge exact lors de l'examen clinique des 5 ans sont présentés. Le premier, nommé 'modèle distinct', étudie l'association longitudinale entre chaque comportement séparément et les marqueurs d'adiposité. Le deuxième, nommé 'modèle complet', étudie l'association longitudinale entre les 3 comportements inclus simultanément et les marqueurs d'adiposité ; de plus, celui-ci est ajusté sur la position socio-économique (niveau d'études de la mère et revenus mensuels du ménage à 2 ans).

Tableau VI : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité à 5 ans chez les garçons ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%)

Comportements à 2 ans	Garçons (N=473)			
	Pourcentage de masse grasse <sup>a</sup>		IMC en kg/m <sup>2</sup>	
	Modèles distincts <sup>b</sup>	Modèle complet <sup>c</sup>	Modèles distincts <sup>b</sup>	Modèle complet <sup>c</sup>
<b>Temps passé en jeux extérieurs<sup>d</sup></b>				
Faible (Tertile 1)	ref	ref	ref	ref
Moyen (Tertile 2)	-0.18 (-0.75 à 0.40)	-0.34 (-0.91 à 0.24)	0.08 (-0.13 à 0.29)	0.03 (-0.18 à 0.24)
Elevé (Tertile 3)	0.10 (-0.46 à 0.67)	-0.05 (-0.61 à 0.52)	0.23 (0.02 à 0.43)	0.18 (-0.03 à 0.38)
p-valeur	0.59	0.44	0.08	0.17
<b>Temps passé devant la télévision</b>				
≤ 15 min par jour	ref	ref	ref	ref
] 15 ; 60 [	0.23 (-0.33 à 0.78)	0.20 (-0.35 à 0.76)	0.06 (-0.14 - 0.27)	0.05 (-0.16 à 0.25)
≥ 60 min par jour	0.86 (0.32 à 1.40)	0.68 (0.12 à 1.24)	0.22 (0.03 à 0.42)	0.15 (-0.05 à 0.35)
p-valeur	<b>0.001</b>	<b>0.014</b>	<b>0.02</b>	0.14
<b>Profils alimentaires, score</b>				
«Aliments transformés ou type fast-food»	0.24 (0.003 à 0.48)	0.12 (-0.12 à 0.37)	0.08 (-0.01 à 0.16)	0.02 (-0.07 à 0.11)
p-valeur	<b>0.05</b>	0.33	0.09	0.69
«Proche des recommandations»	-0.02 (-0.26 à 0.23)	0.05 (-0.19 à 0.30)	-0.004 (-0.09 à 0.08)	0.03 (-0.06 à 0.12)
p-valeur	0.88	0.68	0.92	0.52
<b>IMC à 2 ans (kg/m<sup>2</sup>)</b>		1.27 (1.07 à 1.47)		0.81 (0.74 à 0.88)
p-valeur		<b>&lt;0.0001</b>		<b>&lt;0.0001</b>

<sup>a</sup> Pourcentage de masse grasse selon (Goran et al. 1996). <sup>b</sup> Les 3 comportements sont inclus dans 3 modèles séparés ajustés sur le centre, l'âge exact lors de l'examen clinique et l'IMC à 2 ans. <sup>c</sup> Les 3 comportements sont inclus simultanément dans un seul modèle ajusté en plus sur le niveau d'études de la mère et le niveau de revenus du ménage à 2 ans. <sup>d</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1): printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min).

Chez les garçons, le temps passé devant la télévision à l'âge de 2 ans était le seul comportement associé de façon significative et positive au pourcentage de masse grasse à 5 ans dans les modèles distincts et complet. Les estimations des coefficients ont très légèrement diminué après ajustement sur les 2 autres comportements et sur la position socio-économique. Les estimations du coefficient de régression suggèrent une relation dose-réponse (tendance linéaire ajustée  $\beta$  0,57,  $P = 0,014$ ). Par ailleurs, le temps passé devant la télévision était aussi

associé positivement à l'IMC à 5 ans dans le modèle distinct, cependant la significativité disparaissait après ajustement sur les autres comportements et la position socio-économique. Le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» à 2 ans était positivement associé au pourcentage de masse grasse dans le modèle distinct, cependant cette association n'était pas retrouvée dans le modèle complet.

Tableau VII : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité à 5 ans chez les filles ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%)

Comportements à 2 ans	Filles (N=410)			
	Pourcentage de masse grasse <sup>a</sup>		IMC en kg/m <sup>2</sup>	
	Modèles distincts <sup>b</sup>	Modèle complet <sup>c</sup>	Modèles distincts <sup>b</sup>	Modèle complet <sup>c</sup>
<b>Temps passé en jeux extérieurs<sup>d</sup></b>				
Faible (Tertile 1)	ref	ref	ref	ref
Moyen (Tertile 2)	-0.11 (-0.75 à 0.53)	-0.15 (-0.79 à 0.48)	-0.16 (-0.39 à 0.06)	-0.17 (-0.40 à 0.06)
Elevé (Tertile 3)	-0.64 (-1.31 à 0.03)	-0.85 (-1.54 à -0.15)	0.04 (-0.19 à 0.28)	-0.03 (-0.28 à 0.22)
p-valeur	<b>0.054<sup>e</sup></b>	<b>0.014<sup>e</sup></b>	0.20	0.31
<b>Temps passé devant la télévision</b>				
≤ 15 min par jour	ref	ref	ref	ref
] 15 ; 60 [	0.42 (-0.22 à 1.07)	0.31 (-0.34 à 0.96)	0.15 (-0.08 à 0.38)	0.12 (-0.11 à 0.34)
≥ 60 min par jour	0.39 (-0.27 à 1.06)	0.18 (-0.51 à 0.87)	0.21 (-0.03 à 0.44)	0.13 (-0.11 à 0.37)
p-valeur	0.36	0.65	0.20	0.50
<b>Profils alimentaires, score</b>				
«Aliments transformés ou type fast-food»	0.23 (-0.05 à 0.51)	0.15 (-0.14 à 0.45)	0.11 (0.01 à 0.21)	0.06 (-.044 à 0.16)
p-valeur	0.11	0.30	<b>0.031</b>	0.26
«Proche des recommandations»	-0.26 (-0.54 à 0.02)	-0.13 (-0.42 à 0.15)	-0.05 (-0.15 à 0.05)	-0.04 (-0.14 à 0.06)
p-valeur	0.06	0.36	0.30	0.41
<b>IMC à 2 ans (kg/m<sup>2</sup>)</b>		1.34 (1.10 à 1.58)		0.83 (0.75 à 0.92)
p-valeur		<b>&lt;0.0001</b>		<b>&lt;0.0001</b>

<sup>a</sup> Pourcentage de masse grasse selon (Goran et al. 1996). <sup>b</sup> Les 3 comportements sont inclus dans 3 modèles séparés ajustés sur le centre, l'âge exact lors de l'examen clinique et l'IMC à 2 ans. <sup>c</sup> Les 3 comportements sont inclus simultanément dans un seul modèle ajusté en plus sur le niveau d'études de la mère et le niveau de revenus du ménage à 2 ans. <sup>d</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1): printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min). <sup>e</sup> p-valeur de tendance calculée à l'aide de la valeur médiane de chaque catégorie de la variable JeuExt

Chez les filles, le temps passé en jeux extérieurs à 2 ans était associé négativement au pourcentage de masse grasse à 5 ans dans les modèles distincts et complet. Aucun autre comportement n'était associé de façon significative et indépendante au pourcentage de masse grasse à 5 ans. Le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» à 2 ans était positivement associé à l'IMC à 5 ans dans le modèle distinct mais cette association n'a pas été retrouvée dans le modèle complet.

Des résultats semblables ont été obtenus avec les deux autres estimations du pourcentage de masse grasse (Slaughter et al. 1988 ; Houtkooper et al. 1989) pour les garçons avec une association à la limite de la significativité pour les modèles complets. Chez les filles, une association entre le temps passé en jeux extérieurs et le pourcentage de masse grasse a été retrouvée avec l'équation de Houtkooper mais pas avec celle de Slaughter. Les résultats sont présentés en annexe B, Tableau XXII et Tableau XXIII, respectivement pour les garçons et les filles.

Les analyses de sensibilité pour l'échantillon excluant les enfants avec données imputées (échantillon de cas complet N = 756 enfants) sont présentées en annexe B Tableau XXIV. Ces analyses de sensibilité ont donné des résultats sensiblement équivalents.

## 4. Discussion

Notre étude, qui met en évidence l'apparition précoce des facteurs comportementaux à risque d'obésité, est à notre connaissance la première à constater que le temps passé devant la télévision et en jeux extérieurs à 2 ans est associé de façon prospective et indépendante à une adiposité ultérieure, indépendamment de l'alimentation, de la position socio-économique et de l'IMC initial.

Nos résultats confirment des résultats antérieurs chez les enfants d'âge préscolaire qui suggéraient que l'exposition précoce aux écrans, mesurée principalement par l'exposition à la télévision, était un facteur de risque d'obésité (S J te Velde et al. 2012 ; LeBlanc et al. 2012). Ils montrent en outre que cet effet se manifeste dès l'âge de 2 ans chez les garçons. La littérature suggère plusieurs mécanismes sous-jacents qui pourraient expliquer cette association, comme la réduction du métabolisme de base (Klesges, Shelton, et Klesges 1993 ; Poitras et al. 2017), la diminution de l'activité physique (Hinkley et al. 2008 ; Marshall et al. 2004), l'exposition à la publicité en faveur des aliments gras, sucrés ou salés et la restauration rapide qui entraîne une augmentation des demandes des enfants pour ce type de produits et enfin l'augmentation du grignotage en regardant la télévision ou les films (Zimmerman et Bell 2010 ; Avery, Anderson, et McCullough 2017). L'absence d'association observée chez les filles est peut être due au fait que le temps passé devant la télévision est un moins bon proxy du temps passé sédentaire, relativement aux garçons (Padmapriya et al. 2019). En effet, lorsqu'elles ne regardent pas les écrans, les filles ont peut-être plus tendance à choisir d'autres activités sédentaires (loisirs créatifs, jeux calmes...) que des jeux actifs, comme cela a été montré chez des enfants plus âgés (Taverno Ross et al. 2013). D'autres recherches sont toutefois nécessaires sur les divers contextes des activités sédentaires pour confirmer ces différences entre les sexes.

Conformément aux études chez des enfants plus âgés (Lioret et al. 2008 ; Gubbels, van Assema, et Kremers 2013), nous avons observé une association positive entre le temps passé devant la télévision et le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» à 2 ans, chez les garçons uniquement. Cela pourrait expliquer en partie pourquoi l'association positive entre le temps passé devant la télévision et le pourcentage de masse grasse ultérieure n'était significative que chez les garçons. D'ailleurs, dans le modèle complet, la taille de l'effet de cette association diminue un peu et l'association positive entre le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» et le pourcentage de masse grasse disparaît avec les différents ajustements dont le temps passé devant les écrans. Par ailleurs, le temps passé devant la télévision a été inversement associé au temps de sommeil (Carson, Tremblay, et Chastin 2017), et une durée de sommeil courte a été associée longitudinalement au gain de poids excessif dans la petite enfance (J.-P. Chaput et al. 2017). Le temps passé devant la télévision n'a pas été associé au temps de sommeil déclaré par les parents à 2 ans dans notre population ( $p$ -valeur = 0.51), en revanche, une analyse transversale antérieure des données EDEN à 3 ans a cependant montré que, chez les garçons uniquement, une plus courte durée de sommeil était positivement associée au temps passé devant la télévision et à l'IMC (Plancoulaine et al. 2015). Les recommandations actuelles en termes de santé publique préconisent d'éviter l'exposition aux écrans avant 2 ans et de limiter la durée quotidienne des écrans à moins de 1 h ou 2 h entre 2 et 5 ans (Tremblay et al. 2016 ; Department of Health 2009 ; World Health Organization 2019). Dans notre échantillon d'enfants de 2 ans, seulement 12,2% des enfants ne regardaient pas la télévision, alors que le tiers environ passait une heure ou plus par jour devant la télévision. L'effet dose-réponse de l'association entre le temps passé devant la télévision et l'adiposité observé ici, ajouté aux preuves croissantes que l'augmentation du temps passé devant les écrans au cours des premières années de vie est associée à des effets délétères en termes de santé psychologique et de développement cognitif (J.-P. Chaput et al.

2017 ; Carson et al. 2015) sont entre autres des raisons pour lesquelles les parents devraient être informés des effets néfastes sur la santé d'une exposition précoce aux écrans.

Nos résultats ont également démontré le rôle protecteur du temps passé en jeux extérieurs sur le développement de l'adiposité ultérieure. Cela est conforme à la revue de te Velde et al., qui conclut à une association longitudinale inverse entre l'activité physique entre 4 et 6 ans et le Spds-Ob ultérieur (S J te Velde et al. 2012). Toutefois, ces auteurs soulignent le fait que ces résultats ne leur ont pas permis d'identifier les composantes spécifiques de l'activité physique à l'origine de l'association. Le temps passé en jeux extérieurs a été positivement lié à l'activité physique totale chez les enfants entre 2 et 5 ans (Hinkley et al. 2008), et nous pouvons raisonnablement supposer que c'est également le cas dès 2 ans, puisque l'activité physique des enfants de moins de 5 ans est essentiellement non structurée et pourrait être décrite plus adéquatement comme des 'jeux libres actifs'. En outre, les enfants entre 3 et 12 ans sont généralement plus actifs à l'extérieur qu'à l'intérieur (Gray et al. 2015). Par conséquent, il a été suggéré que les jeux extérieurs sont une composante importante de l'activité physique chez les jeunes enfants (Cleland et al. 2010). Les enfants de moins de 3 ans qui s'adonnent davantage aux jeux extérieurs sont donc susceptibles de dépenser plus d'énergie, ce qui entraîne à la fois un meilleur équilibre énergétique et une stimulation des habiletés motrices (Timmons, Naylor, et Pfeiffer 2007 ; Malina, Bouchard, et Bar-Or 2004). Dans notre étude, l'association négative entre le temps passé en jeux extérieurs à 2 ans et l'adiposité à 5 ans était présente seulement chez les filles. Le temps passé en jeux extérieurs est peut-être un meilleur indicateur de l'activité physique totale chez les filles que chez les garçons, puisque les filles sont généralement moins actives que les garçons et peuvent passer une plus grande partie de leur temps de jeu à l'intérieur en jouant tranquillement (comme dessiner, bricoler, regarder des livres, qui sont considérés comme des comportements sédentaires productifs) (Marieke

De Craemer et al. 2015). Il convient de noter que le temps passé en jeux extérieurs chez les jeunes enfants est sous le contrôle des parents, et certaines données suggèrent que l'activité physique des enfants est fortement associée à l'activité et aux encouragements des parents, en particulier chez les filles (Cleland et al. 2010 ; Schoeppe et Trost 2015). De plus, le 3<sup>ème</sup> tertile du temps passé en jeux extérieurs est le plus négativement associé à une adiposité ultérieure, et ce d'autant plus après ajustement sur les autres comportements et la position socio-économique. Les filles dans ce 3<sup>ème</sup> tertile avaient également des scores supérieurs sur le profil alimentaire «Proche des recommandations», indépendamment de la position socio-économique. Par conséquent, le fait de mener les enfants jouer à l'extérieur pour stimuler leurs habiletés motrices et leur donner l'occasion de jouer activement peut aussi refléter un mode de vie et des habitudes familiales plus proches des recommandations sanitaires, surtout chez les filles (Bingham et al. 2016). Cette hypothèse n'est toutefois pas entièrement appuyée par nos données et mérite des recherches supplémentaires : des modes de vie plus sains sont plus souvent observés dans les sous-groupes de population ayant une position socio-économique élevée, alors que dans notre échantillon, chez les filles, on a observé une association inverse entre le temps de jeux extérieurs et le niveau d'études de la mère (p-valeur = 0.017).

Les recommandations actuelles en matière d'activité physique invitent les enfants âgés de 1 à 5 ans à être physiquement actifs tous les jours pendant au moins 3 heures, quelle que soit l'intensité de l'activité et de façon répartie sur toute la journée (World Health Organization 2019). Dans notre échantillon d'enfants de 2 ans, le 3<sup>ème</sup> tertile de temps passé en jeux extérieurs correspond à un temps de jeu médian d'environ 2 à 4 h, selon la saison. Bien que les parents aient toujours supposé que les jeunes enfants étaient spontanément et suffisamment physiquement actifs, de plus en plus d'études prouvent que ce n'est pas nécessairement le cas et qu'il existe une grande variabilité interindividuelle (Timmons et al. 2012 ; K. D. Hesketh, Hinkley, et Campbell 2012). Nos résultats suggèrent qu'encourager les jeux extérieurs peut

être un moyen particulièrement efficace de promouvoir l'activité physique en particulier chez les petites filles.

Nous n'avons trouvé aucune preuve solide indiquant que les profils alimentaires chez les enfants de 2 étaient des prédicteurs indépendants de la masse grasse ultérieure à 5 ans, ce qui est cohérent avec les études antérieures menées chez les enfants de 0 à 5 ans (S J te Velde et al. 2012 ; Jago et al. 2005 ; Smithers et al. 2011 ; J. J Reilly 2005), même si certaines mettaient en évidence une association (Okubo et al. 2015). L'absence de consensus concernant l'association entre l'alimentation et le Spds-Ob est probablement due en partie à des enjeux méthodologiques. Diverses mesures ont été utilisées pour définir l'alimentation. Certaines études se sont concentrées sur des nutriments ou des aliments spécifiques, tandis que d'autres ont abordé l'alimentation dans son ensemble. La confusion résiduelle peut également être importante lorsque les analyses n'ont pas tenu compte des principales covariables telles que l'activité physique et le comportement sédentaire. Enfin, la plupart des études existantes établissant un lien entre l'alimentation et le Spds-Ob chez les enfants sont limitées par leurs conceptions transversales. Néanmoins, étant donné que les habitudes alimentaires émergent tôt dans la vie, ont tendance à persister pendant l'enfance et au-delà (Northstone et Emmett 2008 ; Lioret et al. 2015 ; Okubo et al. 2015) et que nous avons observé qu'elles sont associées avec d'autres comportements impliqués dans la balance énergétique, il est possible que l'effet cumulatif des habitudes alimentaires sur l'adiposité deviendra plus visible à un âge plus avancé. Par exemple, lorsque la plupart des enfants entreront à l'école primaire et que le niveau d'activité physique aura tendance à diminuer (Van Hecke et al. 2016), comme le suggèrent les résultats de l'étude longitudinale Avon sur les parents et les enfants (J. J Reilly 2005 ; Johnson et al. 2008) et de l'étude de Southampton (Okubo et al. 2015).

L'un des aspects nouveaux et le principal atout de notre étude est l'évaluation de ces associations depuis l'enfance, de manière prospective, en considérant les deux côtés de la balance énergétique (les apports et les dépenses), ainsi que le sexe. Les mesures complètes et objectives de l'adiposité, ainsi que la robustesse des résultats obtenus avec différentes mesures de la masse grasse et différents échantillons (échantillon de l'étude avec données imputées par rapport à un échantillon de cas complets), constituent des points forts supplémentaires de ce travail. Dans l'ensemble, nos résultats montrent également la pertinence d'utiliser des mesures spécifiques de l'adiposité, car aucune association n'a été observée avec l'IMC, qui ne permet pas de faire la distinction entre la masse grasse et la masse maigre.

Nous reconnaissons qu'il aurait été préférable d'ajuster sur le pourcentage de masse grasse (plutôt que l'IMC) à l'âge de 2 ans dans les modèles multivariés complets, mais les mesures de la masse grasse n'étaient pas disponibles à 2 ans. Compte tenu de la forte association entre l'IMC à l'âge de 2 ans et le pourcentage de masse grasse à 5 ans, ainsi que de l'absence d'une association transversale significative entre l'IMC et les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans, nous pouvons toutefois supposer qu'une partie de la confusion résiduelle due à des facteurs environnementaux et parentaux précoces non totalement pris en compte par la position socio-économique (par exemple, styles parentaux, disponibilité du temps parental) a été prise en compte dans le modèle par l'ajustement pour l'IMC à 2 ans.

Le recueil des comportements via un questionnaire rempli par les parents est également une limite. Ces mesures sont sujettes à un biais de désirabilité sociale et sont relativement imprécises par rapport à des mesures objectives (comme l'accélérométrie), ces biais ont pu atténuer les associations étudiées. Nous reconnaissons que l'estimation de la consommation alimentaire aurait été plus précise avec un questionnaire quantitatif de fréquence alimentaire. Néanmoins, les recherches montrent que la fréquence de consommation est en réalité le facteur déterminant de la consommation, alors que l'inclusion d'une portion dans les

questionnaires de fréquence alimentaire ajoute des informations limitées sur la variance de l'alimentation (Noethlings et al. 2003). Par conséquent, les fréquences de consommation ont été couramment utilisées pour identifier les profils alimentaires (Newby et Tucker 2004) et sont des modalités de recueil de l'alimentation reconnues comme pertinentes non seulement pour évaluer l'association entre l'alimentation et le Spds-Ob, mais aussi parce qu'elles peuvent être traduites en recommandations auprès des parents (Ambrosini 2014). De plus, une erreur de mesure ne peut pas être exclue pour les déjeuners et les collations pris à l'extérieur de la maison, la majorité des enfants de 2 ans étant inscrits 1 à 5 jours par semaine dans des crèches ou chez des nourrices au moment de l'enquête. Étant donné que les menus sont systématiquement affichés dans les crèches ou faciles à discuter avec les nourrices, cela ne devrait toutefois pas avoir d'incidence importante sur la capacité des parents à déclarer les apports alimentaires exprimés en fréquences.

Enfin, bien que la position socio-économique ait été prise en compte dans cette étude, l'échantillon est généralement bien éduqué (comme c'est fréquemment le cas dans les cohortes), 81% des mères ayant déclaré avoir le baccalauréat. La prévalence du Spds-Ob à 5 ans était également inférieure à celle de la population générale, soit 7,6% contre 11,9–13,5% (Lioret et al. 2009 ; Chardon et al. 2015). La présence d'un biais de sélection est donc possible et peut avoir des implications pour la généralisation des résultats. Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'une meilleure représentation des familles les plus défavorisées, aurait fourni plus de contraste et une meilleure puissance aux analyses. Cela peut être particulièrement vrai pour l'alimentation, dont on sait qu'elle est socialement différenciée dès la petite enfance (Smithers et al. 2011 ; Camara, S. et al. 2015). Toutefois, force est de constater que nos résultats suggèrent des effets à la fois négatifs et protecteurs des comportements sur l'adiposité, même dans cet échantillon à faible risque, ce qui renforcent nos conclusions.

Ainsi, cette étude montre des associations longitudinales et différenciées entre les sexes entre le temps passé devant la télévision et en jeux extérieurs chez les enfants de 2 ans et l'adiposité ultérieure, alors que des résultats moins concluants ont été trouvés concernant l'association entre l'alimentation et l'adiposité. Ces résultats constituent une preuve supplémentaire que les premières années de vie (avant 6 ans) devraient être considérées comme une période critique mais également comme une période d'opportunités pour la promotion de comportements favorables à la santé.

## Chapitre 4 : Clusters multi comportementaux à 2 et 5 ans : associations avec l'adiposité

---



## 1. Introduction

Les comportements qui influent directement ou indirectement sur la balance énergétique, comme la consommation d'aliments à forte densité énergétique ou de boissons sucrées, la surexposition à la télévision, le faible niveau d'activité physique ou une durée de sommeil courte sont considérés comme les principaux facteurs qui contribuent à l'épidémie de Spds-Ob (World Health Organization 2019). Ces comportements obésogènes, potentiellement modifiables, ont tendance à coexister et peuvent interagir de multiples façons, avec des effets potentiellement synergiques sur la prise de poids (J.-P. Chaput, Saunders, et Carson 2017 ; S. J. H. Biddle, Pearson, et Salmon 2018). Un nombre croissant d'études ont examiné l'activité physique, la sédentarité et l'alimentation des enfants et des adolescents au moyen de méthodes descriptives multivariées exploratoires, guidées par les données (Leech, McNaughton, et Timperio 2014 ; Gubbels, van Assema, et Kremers 2013 ; Parker et al. 2019). Cela inclut les analyses en clusters basées sur des méthodes géométriques (comme les 'k-means') ou des méthodes probabilistes (comme les modèles de mélanges), visant à constituer des groupes d'individus homogènes du point de vue de leurs comportements liés à la santé (McLachlan et Peel 2000). Cette approche par clusters est a priori intéressante car elle pourrait permettre d'identifier des sous-groupes d'enfants à plus haut risque, et pourrait fournir des informations utiles pour mieux adapter le contenu des interventions au profil de risque spécifique de ces différents sous-groupes, (Leech, McNaughton, et Timperio 2014 ; Prochaska 2008). Cette approche ciblée et adaptée pourrait ainsi contribuer à augmenter la portée et l'efficacité des stratégies de prévention du Spds-Ob chez les enfants, ce qui apparaît d'autant plus important que la plupart des interventions évaluées jusqu'à présent ont montré une efficacité relativement limitée (J. A. Hnatiuk et al. 2019 ; Brown et al. 2019).

Plusieurs revues systématiques de la littérature ont analysé les résultats des études ayant utilisé une approche en clusters pour identifier des groupes d'enfants ou d'adolescents ayant des modes de vie similaires, en particulier en ce qui concerne l'activité physique, la sédentarité et l'alimentation (Leech, McNaughton, et Timperio 2014 ; Parker et al. 2019 ; Ferrar et al. 2013). Les conclusions de ces revues indiquent que les comportements impliqués dans la balance énergétique se combinent de façon complexe. Des clusters mixtes caractérisés par un mélange de comportements favorables et défavorables pour la santé ont été fréquemment rapportés, par exemple, des enfants qui pratiquent beaucoup de sport et qui passent aussi beaucoup de temps devant les écrans. Certaines études ont trouvé que certains clusters caractérisés par des combinaisons de comportements obésogènes étaient associés à un IMC plus élevé ou à une prévalence plus élevée du Spds-Ob. D'autres études, cependant, n'ont pas observé de telles associations (Leech, McNaughton, et Timperio 2014). Néanmoins, la plupart des études antérieures avaient des approches transversales, et seules quelques-unes utilisaient des indicateurs spécifiques de l'adiposité ; enfin peu d'études ont considéré le sommeil (Watanabe et al. 2016 ; C. A. Magee, Caputi, et Iverson 2013 ; Dumuid et al. 2018), qui est pourtant maintenant reconnu comme un déterminant important du risque de Spds-Ob chez l'enfant (Dietz 1994) et qui a aussi été montré associé aux autres comportements impliqués dans la balance énergétique (J.-P. Chaput, Saunders, et Carson 2017 ; Miller et al. 2019). De plus, peu d'études de clusters ont inclus des variables relatives aux contextes des comportements, en particulier le contexte de la prise des repas (où, quand, comment et avec qui l'enfant prend ses repas) ou les habitudes familiales concernant le coucher des enfants (Watanabe et al. 2016 ; Saskia J. te Velde et al. 2007). Ces données pourraient pourtant fournir des informations supplémentaires, utiles pour développer des interventions plus contextualisées et adaptées au mode de vie des familles. La plupart des études ont été menées chez des enfants âgés de plus de 9 ans et des adolescents, et les études chez les jeunes enfants

(de 5 ans ou moins) sont rares (Watanabe et al. 2016 ; Santaliestra-Pasías et al. 2015 ; Miguel-Berges et al. 2017 ; Leech, McNaughton, et Timperio 2015). Les habitudes concernant l'alimentation et les comportements d'activité ou de sédentarité se forment au cours des premières années de vie et ont tendance à persister tout au long de la vie (Craigie et al. 2011), d'où l'importance de mieux comprendre comment les comportements liés à l'activité physique, à l'exposition aux écrans et à l'alimentation se mettent en place et se combinent durant la petite enfance, et comment ces 'combinaisons' de comportements évoluent durant cette période de développement rapide de l'enfant où les parents ont un rôle clé à jouer pour faciliter l'adoption par leur enfant d'habitudes de vie favorables à la santé.

L'objectif principal de cette étude était d'identifier des sous-groupes d'enfants à 2 et à 5 ans ayant des caractéristiques communes concernant les types de comportements et leurs contextes dans le domaine de l'activité physique, de l'exposition à la télévision, de l'alimentation et du sommeil, grâce à une analyse en clusters conduite chez les filles et les garçons séparément. Puis nous avons étudié si les groupes identifiés se différenciaient selon le niveau d'étude de la mère, considéré ici comme un indicateur global du statut socio-économique de la famille. Un autre objectif important était de déterminer si l'appartenance à un cluster à 2 ou à 5 ans était associée à la masse grasse à l'âge de 5 ans. Enfin, nous avons examiné l'évolution des clusters entre 2 et 5 ans, c'est-à-dire le chemin pris par les enfants du cluster d'appartenance à 2 ans à celui à 5 ans. Puis, nous avons étudié si ces chemins étaient associés à la masse grasse à 5 ans. Nous avons émis l'hypothèse que les enfants appartenant à des clusters ou des chemins combinant des comportements obésogènes auraient un pourcentage de masse grasse plus élevé que ceux appartenant à des clusters combinant des comportements leptogènes.

## 2. Matériel et méthode

### 1. Population d'étude

Au total, 1903 enfants de la cohorte EDEN sont nés vivants et ont été suivis périodiquement par des questionnaires postaux et des examens cliniques. A l'âge de 2 et 5 ans, respectivement 1436 et 1195 parents ont rempli un questionnaire postal, dont les données ont été utilisées pour identifier des clusters multi comportementaux à partir des comportements impliqués dans la balance énergétique et du sommeil. A 5 ans, 1101 enfants ont participé à l'examen clinique standardisé comprenant des mesures anthropométriques et une mesure de la résistance des tissus par impédancemétrie.

### 2. Variables étudiées

#### Variables sélectionnées pour la constitution des clusters

Nous avons inclus 44 variables dans l'analyse en clusters (dont 2 variables continues) relatives à l'alimentation de l'enfant, à son activité physique, à son exposition à la télévision et à son sommeil à 2 ans et 40 variables (dont 4 variables continues) à 5 ans. Ces variables sont présentées ci-après dans le Tableau VIII.

Le temps passé en jeux extérieurs a été normalisé en fonction de la saison de remplissage du questionnaire (printemps, été, automne, hiver) selon les dates calendaires françaises.

A 2 ans, 12% des enfants ne regardaient pas du tout la télévision. L'hypothèse de normalité de la distribution ne pouvant être validée, nous avons discrétisé la variable en 4 catégories : 0 min/jour, 0 min à  $\leq 30$  min/jour,  $>30$  min à  $\leq 1$  heure/jour et  $>1$  heure/jour.

Tableau VIII : Variables considérées pour l'analyse en clusters à 2 et 5 ans dans chaque domaine comportemental

VARIABLES INCLUSES	CATÉGORIES/UNITÉS
<b>ALIMENTATION</b>	
<b>27 groupes d'aliments issus du questionnaire de fréquence alimentaire</b> : Laitages (yaourts, petit-suisse..), desserts lactés (crème, glaces), fromage, pâtes/riz/semoule, pommes de terre (à l'eau ou en purée), frites/pommes de terre sautées, quiches/pizzas/tourtes, légumes secs (lentilles, haricots blancs), légumes cuits (y compris soupes), crudités/salade, volaille/jambon, viande type bœuf mouton porc, charcuterie, poisson gras, poisson blanc, œufs, fruit frais, compotes, jus de fruits, sodas ordinaires/sirop, sodas 'light', céréales petit déjeuner dans le bol ou le biberon, pain, viennoiseries/biscuits/gâteaux, chocolat/bonbons, chips/biscuits apéritifs, lait (seulement à 5 ans)	Jamais, <1 fois/mois, 1-3 fois/mois, 1-3 fois/semaine, 4-6 fois/semaine, 1 fois/jour, plusieurs fois/jour
<b>Quantité journalière de lait</b> (à 2 ans)	Jamais, 1 biberon/jour, 1-2 biberons/jour, 2-3 biberons/jour, >3 biberons/jour
<b>Consommation habituelle de boissons sucrées pendant les repas</b>	Oui/non
<b>Prise journalière d'un petit-déjeuner</b>	Oui/non (à 2 ans) or jamais, parfois, souvent, toujours (à 5 ans)
<b>Consommateurs d'aliments bébé</b> (à 2 ans)	Oui/non
<b>Grignotage en dehors des repas</b> (à 5 ans)	≥ 2 fois/jour, 1 fois/jour, 2-3 jours/semaine, moins souvent, jamais
<b>EXPOSITION A LA TÉLÉVISION</b>	
<b>Temps passé devant la télévision ou les DVD</b>	0 min/jour, > 0 min/jour-≤30 min/jour, >30 min/jour-≤1 heure/jour, >1 heure/jour (à 2 ans) ou variable continue en min/jour (à 5 ans)
<b>Télévision allumée pendant les repas</b>	jamais, parfois, souvent, toujours
<b>ACTIVITÉ PHYSIQUE</b>	
<b>Temps passé en jeux extérieurs</b> (standardisé par saison)	variable continue en min/jour
<b>Moyens de transport pendant les promenades</b> (à 2 ans)	'à pied', 'en poussette', 'autant à pied qu'en poussette'
<b>Fréquentation de la piscine</b>	Oui/non (à 2 ans) ou jamais, <1 fois/mois, 1 fois/mois, 2-3 fois/mois, ≥1 temps/mois (à 5 ans)
<b>Fréquence des activités avec votre enfant</b> (à 2 ans): l'emmener se promener avec mère/père, jeux physiques (ballon...) avec mère/père	Jamais, <1 fois/semaine, 1-2 fois/semaine, 3-5 fois/semaine, quotidiennement
<b>Temps passé à marcher</b> (à 5 ans)	variable continue en min/jour
<b>Activité sportive organisée</b> (à 5 ans)	Oui/non
<b>SOMMEIL</b>	
<b>Durée de sommeil</b>	variable continue en heure/jour
<b>Difficultés d'endormissement</b>	'tous les soirs', 'souvent', 'une nuit sur deux', 'parfois', 'jamais'.
<b>Heures de coucher régulières</b> (à 2 ans)	Oui/non
<b>Heures de lever régulières</b> (à 2 ans)	Oui/non
<b>Prise d'un biberon de lait au coucher</b> (à 2 ans)	Oui/non

### Marqueurs d'adiposité

En cohérence avec le chapitre précédent, nous avons considéré le pourcentage de masse grasse selon Goran et al. calculé à partir des données anthropométriques et d'impédancemétrie recueillies lors de l'examen clinique des 5 ans (Goran et al. 1996).

### Variables d'ajustement

Nous avons ajusté les analyses de ce chapitre sur le centre, l'âge exact lors de l'examen clinique des 5 ans, le niveau d'études de la mère et l'IMC prédit à 2 ans pour les analyses longitudinales.

## 3. Méthode de constitution des clusters

Nous avons utilisé une méthode probabiliste de constitution des clusters par classes latentes pour affecter les enfants dans des sous-groupes homogènes (les clusters), séparément chez les garçons et les filles en fonction de leurs caractéristiques comportementales. Le modèle de mélange choisi permet de prendre en compte différentes natures de données incluant des variables quantitatives et qualitatives, discrètes et catégorielles, sans modification préalable des données grâce à la modélisation de la distribution des variables observées avec un mélange de distributions paramétriques (multinormales et multinomiales) en ayant fait préalablement l'hypothèse de leur indépendance au sein des clusters. Les clusters sont alors définis comme un sous-groupe d'individus ayant les mêmes lois de probabilités pour les données comportementales. Ce modèle de mélange permet de partitionner les enfants mais aussi d'obtenir les probabilités d'appartenance a posteriori à un cluster pour chaque enfant, en fonction des paramètres du modèle et des valeurs observées chez l'individu. Simultanément, il sélectionne les variables pour la constitution des clusters (Marbac et Sedki 2018 ; Marbac, Sedki, et Patin 2019), en supposant que seul un sous-ensemble de variables explique la partition. La sélection des variables facilite l'interprétation des résultats et augmente la

précision des estimateurs. Une variable est dite non pertinente pour la constitution des clusters si ses paramètres de distribution sont les mêmes dans les différents clusters. La pertinence d'une variable donnée pour la constitution des clusters est mesurée par son pouvoir discriminant (voir Marbac et Sedki 2018, équation 3). Ainsi, les variables peuvent être triées en fonction de leur pouvoir discriminant sur la constitution des clusters. En utilisant l'approche de Marbac et Sedki (Marbac, Sedki, et Patin 2019), implémentée dans le package R VarSellCM (Marbac et Sedki 2018), nous pouvons effectuer une sélection complète du modèle, c'est-à-dire détecter les variables pertinentes pour la constitution des clusters et sélectionner le nombre de clusters, selon le Bayesian Information Criterion (BIC) (Schwarz 1978). Les modèles sont définis par un nombre de clusters et un sous-ensemble de variables pertinentes. Nous avons testé des modèles allant de 1 à 7 clusters au maximum en supposant que chaque variable pourrait ou non être pertinente pour les clusters. Pour un nombre défini de clusters (1 à 7), la sélection des variables en fonction du BIC et l'inférence du maximum de vraisemblance sont effectuées simultanément par un algorithme spécifique, Expectation-Maximization, qui traite les valeurs manquantes en supposant qu'elles le sont complètement au hasard. L'analyse en clusters a donc inclus l'échantillon complet d'enfants à chaque âge, soit 1 436 enfants de 2 ans (dont 489 avec une ou plusieurs données comportementales manquantes) et 1 195 enfants de 5 ans (dont 330 avec une ou plusieurs données comportementales manquantes) Le diagramme des flux des populations d'étude est présenté ci-après, en Figure 12.

Le meilleur modèle est celui qui maximise le BIC, c'est-à-dire offre le meilleur compromis entre l'ajustement du modèle et sa complexité. Chaque enfant a été assigné au cluster pour lequel il ou elle avait la plus forte probabilité estimée d'appartenance (selon la règle Maximum A Posteriori).

Les clusters ont été labellisés en fonction des caractéristiques comportementales qui les distinguaient le mieux les uns des autres (choisies parmi celles dont le pourcentage de pouvoir discriminant était au moins égal à 5%).

### CONSTRUCTION DES CLUSTERS

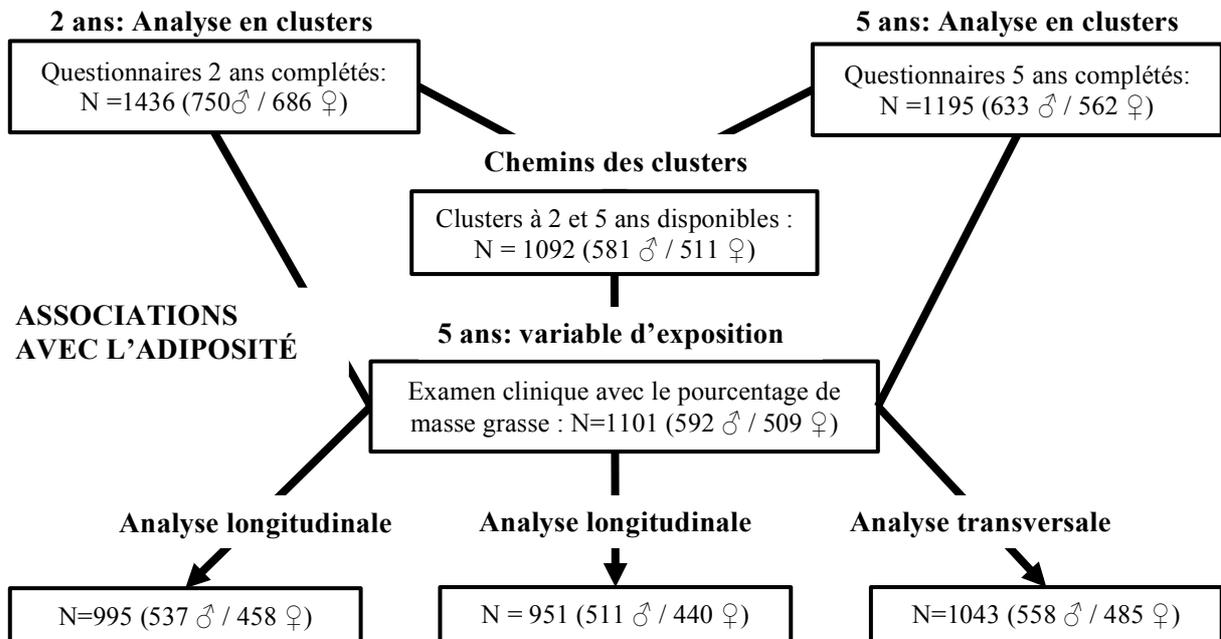


Figure 12 : Diagramme de flux de l'analyse de l'association entre les clusters multi-comportementaux à 2 et 5 ans et l'adiposité à 5 ans, ♂ pour garçons et ♀ pour filles

#### 4. Analyse statistique

Nous avons d'abord comparé les garçons et les filles de notre étude par rapport aux caractéristiques socio-démographiques, aux comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 et 5 ans et aux marqueurs d'adiposité à 5 ans. Le test du Chi<sup>2</sup> a été utilisé pour la comparaison des variables catégorielles et le t-test de Student pour la comparaison d'une variable continue avec une variable binaire. En croisant les clusters entre 2 et 5 ans, chaque enfant a été assigné à un chemin donné d'évolution des clusters entre ces deux âges.

Ensuite, nous avons étudié l'association entre l'appartenance aux clusters d'une part et aux chemins d'autre part, et le niveau d'études de la mère (tests du Chi<sup>2</sup>) en stratifiant sur le sexe.

Puis des régressions linéaires multivariées et stratifiées sur le sexe ont été utilisées pour évaluer l'association entre l'appartenance à un cluster à l'âge de 2 et 5 ans, ainsi que l'appartenance à un chemin donné, et le pourcentage de masse grasse à 5 ans. La référence dans chaque régression était le cluster/chemin a priori le plus favorable par rapport à la balance énergétique. Ces analyses ont été effectuées en deux étapes. Le modèle 1 a été ajusté sur le centre d'étude, l'âge exact à l'examen clinique des 5 ans et l'IMC modélisé à l'âge de 2 ans (uniquement pour les analyses longitudinales). Le modèle 2 a été ajusté en plus sur le niveau d'études de la mère. La Figure 12 présente le nombre d'enfants inclus dans chacune de ces analyses de régression. SAS 9.3 a été utilisé pour les analyses de régression multivariées. Le niveau de significativité a été fixé à 0,05.

### 3. Résultats

#### 1. Caractéristiques de la population en fonction du sexe

Le Tableau IX présente les caractéristiques des mères à l'inclusion et à la naissance ainsi que les caractéristiques comportementales et anthropométriques des enfants à 2 et 5 ans en fonction du sexe. Aucune différence n'a été observée entre filles et garçons pour les caractéristiques de la mère. Les garçons passaient en revanche plus de temps en jeux extérieurs que les filles à 2 et 5 ans ; à l'inverse les filles pratiquaient plus fréquemment une activité sportive organisée que les garçons à 5 ans. A 2 ans, les garçons consommaient plus fréquemment des boissons sucrées pendant les repas et à 5 ans, ils passaient un peu plus de temps devant la télévision que les filles. A 5 ans, la prévalence du Spds-OB était plus élevée chez les filles qui avaient également un pourcentage de masse grasse plus élevée.

Tableau IX: Caractéristiques de la population selon le sexe ; les valeurs sont des pourcentages, sauf indication contraire.

	<b>Garçons</b> N=750	<b>Filles</b> N=686	<b>p-valeur</b>
<b>Caractéristiques des mères à l'inclusion et à la naissance</b>			
Niveau d'études de la mère			
Niveau < BAC	24.1	23.6	0.86
Niveau BAC	16.9	18.7	
BAC + 2 ans	23.1	22.3	
BAC + 3 ans	35.9	35.4	
Age de la mère à l'accouchement, en année, moyenne (ET)	29.8 (4.7)	29.8 (4.8)	0.92
Primiparité (Oui)	46.6	48.3	0.51

Abréviations : ET =écart-type.

Tableau IX (suite) : Caractéristiques de la population selon le sexe ; les valeurs sont des pourcentages, sauf indication contraire.

	<b>Garçons</b>	<b>Filles</b>	<b>p-valeur</b>
<b>Caractéristiques comportementales de l'enfant à 2 ans</b>	N=750*	N=686*	
Temps passé en jeux extérieurs, en h/jour, moyenne (ET)			
Printemps	<b>2h11 (1h07)</b>	<b>1h55 (1h08)</b>	<b>0.026</b>
Eté	2h37 (1h19)	2h31 (1h09)	0.40
Automne	<b>1h50 (1h05)</b>	<b>1h37 (0h57)</b>	<b>0.053</b>
Hiver	1h17 (0h46)	1h09 (0h42)	0.16
Temps passé devant la télévision, en min par jour			
0	12.3	11.8	0.24
] 0 à 30 ]	40.5	43.8	
] 30 à 60 ]	25.9	21.4	
> 60	21.3	23.0	
Télé allumée pendant les repas			
Jamais	39.3	41.2	0.37
Parfois	26.5	28.6	
Souvent	21.1	19.4	
Toujours	13.2	10.8	
Frites/pommes de terre sautées			
Jamais	8.7	8.7	0.78
<1 fois par mois	18.8	19.4	
1-3 fois par mois	47.4	44.3	
1-3 fois par semaine	23.4	26.0	
4-6 fois par semaine	1.5	1.3	
1 fois par jour	0.1	0.3	
Plusieurs fois par jour	0.1	0.0	
Boissons sucrées consommées lors des repas (oui)	<b>20.5</b>	<b>12.4</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Légumes cuits			
Jamais	1.2	0.7	0.75
<1 fois par mois	1.5	1.0	
1-3 fois par mois	7.3	6.6	
1-3 fois par semaine	22.8	22.8	
4-6 fois par semaine	26.8	26.1	
1 fois par jour	29.0	29.0	
Plusieurs fois par jour	11.4	13.8	
Durée totale de sommeil, h/jour, moyenne (ET)	13h09(0h58)	13h13(0h59)	0.34
<b>Caractéristiques anthropométriques de l'enfant à 2 ans</b>	N=747	N=686	
Prévalence du surpoids (obésité incluse), selon l'IOTF	4.8	4.1	0.50

Abréviations : ET =écart-type. min=minute. h=heure. IOTF=International Obesity Task force (Cole et al. 2000)

Tableau IX (suite) : Caractéristiques de la population selon le sexe ; les valeurs sont des pourcentages, sauf indication contraire.

	<b>Garçons</b>	<b>Filles</b>	<b>p-valeur</b>
<b>Caractéristiques comportementales de l'enfant à 5 ans</b>	N=633*	N=562*	
Temps passé en jeux extérieurs h/d, moyenne (ET)			
Printemps	1h53 (0h56)	1h44 (0h50)	0.17
Eté	1h59 (1h07)	1h50 (0h56)	0.30
Automne	1h24 (0h44)	1h16 (0h46)	0.092
Hiver	<b>1h24 (1h00)</b>	<b>1h04 (0h46)</b>	<b>0.001</b>
Activité sportive organisée (oui)	<b>52.0</b>	<b>62.0</b>	<b>0.0005</b>
Temps passé devant la télévision, h/jour, moyenne (ET)	<b>1h24 (0h49)</b>	<b>1h17 (0h54)</b>	<b>0.029</b>
Télé allumée pendant les repas			
Jamais	35.8	36.5	0.65
Parfois	32.4	34.9	
Souvent	21.2	19.6	
Toujours	10.6	9.1	
Frites/pommes de terre sautées			
Jamais	0.5	0.5	0.60
<1 fois par mois	12.0	11.4	
1–3 fois par mois	51.4	56.2	
1–3 fois par semaine	34.6	30.6	
4–6 fois par semaine	1.1	0.7	
1 fois par jour	0.5	0.4	
Plusieurs fois par jour	0.0	0.2	
Boissons sucrées consommées lors des repas (oui)	19.8	16.6	0.17
Légumes cuits			
Jamais	0.8	0.5	0.24
<1 fois par mois	2.5	1.1	
1–3 fois par mois	7.6	7.5	
1–3 fois par semaine	32.2	33.9	
4–6 fois par semaine	29.5	28.4	
1 fois par jour	20.8	18.9	
Plusieurs fois par jour	6.7	9.6	
Durée de sommeil nocturne, h/jour, moyenne (ET)	10h51(0h29)	10h54(0h27)	0.072
<b>Caractéristiques anthropométriques de l'enfant à 5 ans</b>	N=592	N=509	
Prévalence du surpoids (obésité incluse), selon l'IOTF	<b>5.7</b>	<b>9.4</b>	<b>0.020</b>
Pourcentage de masse grasse, moyenne (ET)	<b>12.5 (2.8)</b>	<b>16.6 (3.2)</b>	<b>&lt;0.0001</b>

Abréviations : ET =écart-type. min=minute. h=heure. IOTF=International Obesity Task force (Cole et al. 2000)

## 2. Identification des clusters

Le Tableau X présente les valeurs de BIC et le nombre de variables discriminantes en fonction du nombre de clusters modélisés par sexe et par âge. A 2 ans, le modèle sélectionné était composé de deux clusters, et respectivement de 15 variables discriminantes pour les garçons et 17 pour les filles. A 5 ans, le modèle sélectionné était composé de 2 clusters et 14 variables discriminantes pour les garçons, et de 4 clusters et 5 variables discriminantes pour les filles.

Tableau X : Valeur du Bayesian Information Criterion (BIC) et nombre de variables discriminantes en fonction du nombre de clusters modélisé à 2 et 5 ans par sexe

Nombres de clusters	Garçons		Filles	
	Valeur du BIC	Variables discriminantes	Valeur du BIC	Variables discriminantes
<b>A 2 ans</b>				
1	-40275	44/44	-36885	44/44
2	<b>-39323</b>	<b>15/44</b>	<b>-36240</b>	<b>17/44</b>
3	-39355	14/44	-36301	9/44
4	-39516	3/44	-36349	3/44
5	-39539	3/44	-36384	2/44
6	-39566	3/44	-36420	1/44
7	-39585	3/44	-36430	1/44
<b>A 5 ans</b>				
1	-32507	40/40	-28234	40/40
2	<b>-32042</b>	<b>14/40</b>	-27800	15/40
3	-32054	9/40	-27801	6/40
4	-32077	6/40	<b>-27791</b>	<b>5/40</b>
5	-32088	6/40	-27808	4/40
6	-32117	5/40	-27824	4/40
7	-32141	3/40	-27839	4/40

Les nombres en gras correspondent à la valeur la plus basse du BIC, indicative du meilleur modèle.

La Figure 13 ci-après représente le pourcentage de pouvoir discriminant des variables discriminantes des modèles choisis par sexe et par âge. L'interprétation des clusters a été basée sur les probabilités de réponses pour les variables catégorielles (loi multinomiale) et les moyennes et l'écart-types pour les variables continues (loi multinormale) discriminantes au sein de chaque cluster. Les paramètres estimés de ces lois de probabilités sont présentés dans les Tableau XXV, Tableau XXVI, Tableau XXVII et Tableau XXVIII présentés en annexe C.

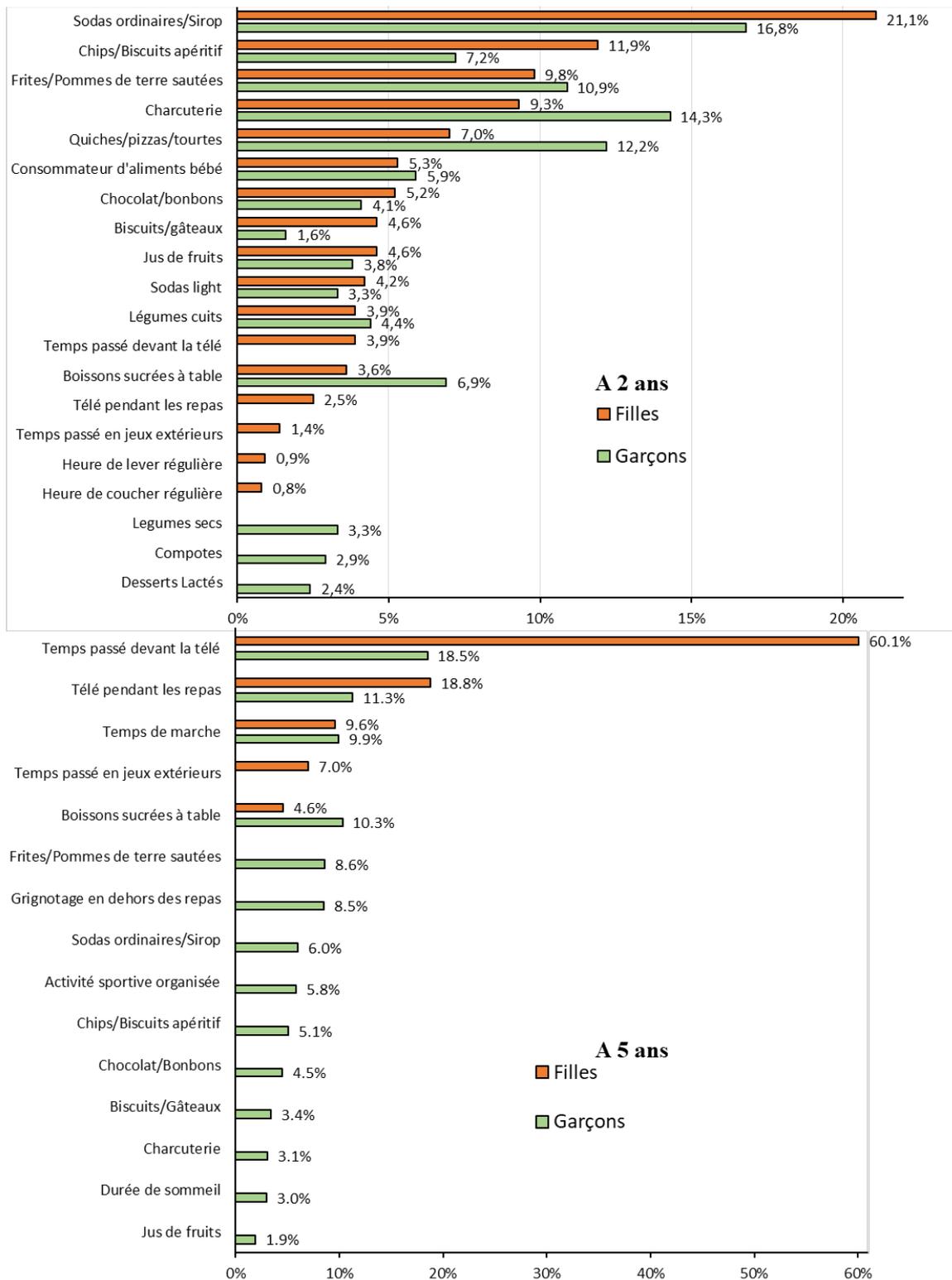


Figure 13 : Pourcentage de pouvoir discriminant des variables discriminantes pour la construction des clusters par sexe à l'âge de 2 et 5 ans.

### Les clusters à 2 ans

A l'âge de 2 ans, dans les deux sexes, les variables les plus discriminantes correspondaient à la consommation d'aliments de forte densité énergétique et de faible densité nutritionnelle comme les sodas et les aliments transformés ou prêts-à-manger, comme la charcuterie, les quiches/pizzas, les frites et les chips/biscuits apéritif. Du fait que les 2 clusters étaient essentiellement caractérisés par des consommations alimentaires opposées, le cluster 1 a été labellisé 'Habitudes alimentaires défavorables' et le cluster 2 «Habitudes alimentaires favorables'. Chez les filles, les deux clusters étaient également caractérisés par une exposition contrastée à la télévision (le temps passé devant la télévision et la télévision allumée pendant les repas), un temps passé en jeux extérieurs différent et des habitudes de sommeil distinctes (régularité des heures de coucher et de lever). Une faible exposition à la télévision, un temps faible passé en jeux extérieurs et des habitudes de sommeil régulières étaient associés positivement à la qualité des habitudes alimentaires. La probabilité d'appartenance aux clusters dépassait 80% pour 88% des garçons et 80% des filles.

### Les clusters à 5 ans

A 5 ans, dans les deux sexes, les variables liées à l'exposition à la télévision étaient les plus discriminantes. Chez les garçons, les deux clusters différaient principalement pour l'exposition à la télévision et les habitudes alimentaires (consommation d'aliments de forte densité énergétique et de faible densité nutritionnelle, grignotage en dehors des repas, consommation de boissons sucrées lors des repas). Une surexposition à la télévision était inversement associée à la qualité des habitudes alimentaires. Le cluster 1 a été labellisé «Exposition TV élevée–Habitudes alimentaires défavorables» et le cluster 2 «Exposition TV moyenne–Habitudes alimentaires favorables». Les deux clusters différaient également relativement au type d'activité physique : les garçons du cluster 1 passaient plus de temps à marcher (à l'extérieur de la maison), tandis que les garçons du cluster 2 participaient plus

fréquemment à des activités sportives organisées. Les probabilités d'appartenance aux clusters dépassaient 80 % pour 85 % des garçons.

Chez les filles, les 4 clusters identifiés étaient principalement caractérisés par des profils d'activité différents (Télé / Activité physique). Le temps passé devant la télévision était de loin la variable la plus discriminante, variant en moyenne de 35 à 174 minutes par jour au travers des 4 clusters. La coexistence au sein des clusters des variables d'exposition à la télévision et d'activité physique en extérieur (jeu extérieurs / marche) était complexe, avec toutes les combinaisons possibles de comportements favorables et délétères vis-à-vis du risque de Spds-Ob. Le cluster 1 a été labellisé «Exposition TV faible– Activité Physique (AP) extérieure faible», le cluster 2 «Exposition TV moyenne–AP extérieure plutôt élevée», le cluster 3 «Exposition TV élevée–AP extérieure faible» et le cluster 4 «Exposition TV très élevée–AP extérieure élevée». La télévision allumée et la consommation de boissons sucrées pendant les repas coexistaient et étaient associées positivement au temps total passé devant la télévision. Les probabilités d'appartenance aux clusters dépassaient 80 % pour plus de 60 % des filles assignées aux clusters 1 à 3 et pour plus de 80 % de des filles assignées au cluster 4.

### 3. Clusters et niveau d'études de la mère

La distribution du niveau d'études de la mère variait selon les clusters d'appartenance, quels que soient le sexe et l'âge (Tableau XI). Les enfants de mères les moins éduquées appartenaient plus fréquemment aux clusters caractérisés par de moins bonnes habitudes alimentaires et/ou une surexposition à la télévision.

Tableau XI : Association entre le niveau d'études de la mère et l'appartenance aux clusters à 2 et 5 ans en fonction du sexe

LABELS DES CLUSTERS	NIVEAU D'ÉTUDES DE LA MÈRE			
	< BAC	Niveau BAC	BAC + 2 ans	BAC + 3 ans
<b>A 2 ANS</b>				
<b>Garçons (N=750)</b>				
'Habitudes alimentaires défavorables'	30.3	20.9	20.0	28.8
'Habitudes alimentaires favorables'	19.0	13.7	25.6	41.7
	p-valeur du test de Chi <sup>2</sup> <math><0.0001</math>			
<b>Filles (N=686)</b>				
'Habitudes alimentaires défavorables'	35.2	22.5	19.5	22.8
'Habitudes alimentaires favorables'	14.7	15.7	24.5	45.1
	p-valeur du test de Chi <sup>2</sup> <math><0.0001</math>			
<b>A 5 ANS</b>				
<b>Garçons (N=633)</b>				
'Exposition TV élevée–Habitudes alimentaires défavorables'	32.2	21.5	20.9	25.5
'Exposition TV moyenne–Habitudes alimentaires favorables'	13.7	11.4	26.4	48.5
	p-valeur du test de Chi <sup>2</sup> <math><0.0001</math>			
<b>Filles (N= 562)</b>				
'Exposition TV très élevée–AP extérieure élevée'	50.0	28.9	15.8	5.3
'Exposition TV élevée–AP extérieure faible'	24.4	20.6	24.4	30.6
'Exposition TV moyenne–AP extérieure plutôt élevée'	27.1	18.9	26.1	27.9
'Exposition TV faible–AP extérieure faible'	8.2	10.5	22.8	58.5
	p-valeur du test de Chi <sup>2</sup> <math><0.0001</math>			

Abréviations: BAC : Baccalauréat. TV : Télévision. AP: Activité Physique.

#### 4. Evolution des clusters entre 2 et 5 ans

La Figure 14 représente la proportion d'enfants présente dans chaque cluster à 5 ans en fonction de leur cluster d'appartenance à 2 ans. Dans les deux sexes, une proportion plus élevée de mères d'enfants appartenant au cluster «Habitudes alimentaires défavorables» par rapport au «Habitudes alimentaires favorables» à 2 ans n'avaient pas rempli le questionnaire 5 ans (29 % vs 20 % ; test Chi<sup>2</sup> p-valeur  $\leq 10^{-4}$ ). Les mères qui n'ont pas répondu au questionnaire '5 ans' avaient un niveau d'étude significativement moindre que celles ayant répondu (31 % de niveau d'études inférieur au BAC versus 22 %, p-valeur du test global Chi<sup>2</sup> = 0,0005). Bien que les clusters différaient entre 2 et 5 ans, les enfants qui appartenaient au cluster «Habitudes alimentaires défavorables» à 2 ans allaient plus fréquemment vers des clusters caractérisés par de moins bonnes habitudes alimentaires et/ou une surexposition à la

télévision à 5 ans. Néanmoins, il y a eu un croisement relativement important entre les clusters caractérisés par des comportements à prédominance favorable et délétère. Par exemple, parmi les filles du cluster «Habitudes alimentaires favorables» à 2 ans, des proportions équivalentes de filles se sont orientées vers les clusters avec une exposition élevée (voire très élevée) ou faible à la télévision à 5 ans.

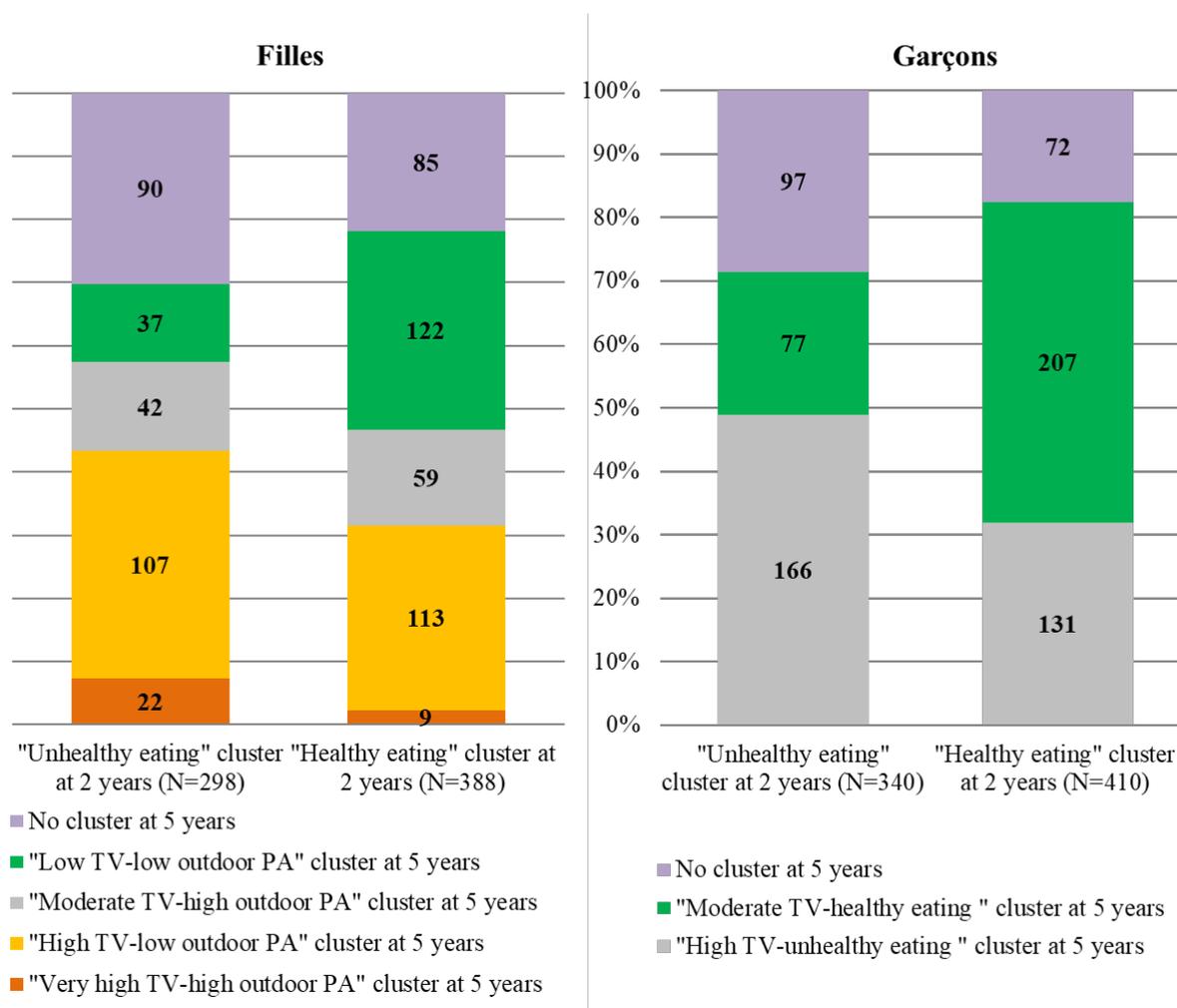


Figure 14 : Répartition des enfants des clusters à 5 ans en fonction de leur cluster d'appartenance à 2 ans, par sexe

### 5. Associations entre l'appartenance aux clusters/chemins de clusters à 2 et 5 ans et la masse grasse à 5 ans

Les associations entre l'appartenance à un cluster à 2 et 5 ans et le pourcentage de masse grasse à 5 ans sont présentées au Tableau XII. Les clusters à 2 ans n'étaient pas

significativement associés au pourcentage de masse grasse à 5 ans pour les deux sexes. En transversal à 5 ans, une association significative entre l'appartenance à un cluster et le pourcentage de masse grasse a été montrée uniquement chez les filles. Plus spécifiquement, les filles appartenant au cluster «Exposition TV très élevée–AP extérieure élevée» avaient un pourcentage de masse grasse significativement plus élevé que celles appartenant au cluster «Exposition TV moyenne–AP extérieure plutôt élevée» (cluster de référence). Les deux clusters mixtes opposés sont ceux qui sont le plus différenciés en termes de pourcentage de masse grasse et nous observons une augmentation du pourcentage de masse grasse en parallèle de l'augmentation de l'exposition à la télévision dans les clusters chez les filles à 5 ans.

Tableau XII : Association entre le pourcentage de masse grasse et l'appartenance à un cluster à 2 et 5 ans en fonction du sexe

	N	POURCENTAGE DE MASSE GRASSE	
		Coefficients de régression linéaire (IC à 95%)	
		Modèle 1 <sup>a</sup>	Modèle 2 <sup>b</sup>
<b>CLUSTERS à 2 ans</b>			
<b>GARÇONS</b>			
'Habitudes alimentaires défavorables'	226	-0.05 (-0.48 to 0.38)	-0.13 (-0.56 to 0.30)
'Habitudes alimentaires favorables'	311	ref	ref
<b>FILLES</b>			
'Habitudes alimentaires défavorables'	192	0.40 (-0.12 to 0.92)	0.19 (-0.35 to 0.74)
'Habitudes alimentaires favorables'	266	ref	ref
<b>CLUSTERS à 5 ans</b>			
<b>GARÇONS</b>			
'Exposition TV élevée– Habitudes alimentaires défavorables'	297	0.23 (-0.24 to 0.70)	0.13 (-0.36 to 0.62)
'Exposition TV moyenne– Habitudes alimentaires favorables'	261	ref	ref
<b>FILLES</b>			
'Exposition TV très élevée– AP extérieure élevée'	33	<b>1.70</b> <b>(0.46 to 2.93)</b>	<b>1.53</b> <b>(0.28 to 2.78)</b>
'Exposition TV élevée– AP extérieure faible'	210	0.23 (-0.53 to 0.99)	0.27 (-0.49 to 1.04)
'Exposition TV moyenne– AP extérieure plutôt élevée'	96	ref	ref
'Exposition TV faible– AP extérieure faible'	146	-0.41 (-1.22 to 0.40)	-0.20 (-1.03 to 0.64)

Abréviations: IC: Intervalle de Confiance. TV : Télévision. AP: Activité Physique.

<sup>a</sup> Le modèle 1 est un modèle de régression linéaire ajustée sur le centre (Poitiers ou Nancy), l'âge exact lors de l'examen clinique des 5 ans et sur l'IMC prédit à 2 ans pour l'analyse longitudinale avec les clusters à 2 ans. <sup>b</sup> Le modèle 2 est un modèle de régression linéaire ajustée en plus des variables du modèle 1 sur le niveau d'études de la mère. Les nombres en gras indiquent les coefficients dont l'IC n'inclut pas 0.

L'examen des chemins de clusters entre 2 et 5 ans a montré que, par rapport aux filles qui étaient passées du cluster 'Habitudes alimentaires favorables' à 2 ans au cluster 'Exposition TV moyenne–AP extérieure plutôt élevée' à 5 ans (chemin de référence), celles ayant évolué du cluster 'Habitudes alimentaires défavorables' à 2 ans au cluster 'Exposition TV très élevée–AP extérieure élevée' à 5 ans présentaient un pourcentage de masse grasse plus élevé. Il n'y avait pas d'association significative entre les chemins de clusters et le pourcentage de masse grasse chez les garçons (Tableau XIII).

Tableau XIII : Association entre le pourcentage de masse grasse et l'appartenance à un chemin de cluster entre 2 et 5 ans en fonction du sexe

CHEMINS DE CLUSTERS entre 2 et 5 ans	N	POURCENTAGE DE MASSE GRASSE	
		Coefficients de régression linéaire (IC à 95%)	
		Modèle 1 <sup>a</sup>	Modèle 2 <sup>b</sup>
<b>GARÇONS</b>			
'Habitudes alimentaires défavorables' à 2 ans vers 'Exposition TV élevée' à 5ans	148	0.36 (-0.19 to 0.91)	0.18 (-0.39 to 0.75)
'Habitudes alimentaires défavorables' à 2 ans vers 'Exposition TV moyenne' à 5ans	64	0.03 (-0.69 to 0.75)	-0.04 (-0.76 to 0.68)
'Habitudes alimentaires favorables' à 2 ans vers 'Exposition TV élevée' à 5ans	122	<b>0.61</b> <b>(0.03 to 1.19)</b>	0.46 (-0.14 to 1.05)
'Habitudes alimentaires favorables' à 2 ans vers 'Exposition TV moyenne' à 5ans	177	ref	ref
<b>FILLES</b>			
'Habitudes alimentaires défavorables' à 2 ans vers 'Exposition TV très élevée' à 5ans	20	<b>2.03</b> <b>(0.60 to 3.46)</b>	<b>1.82</b> <b>(0.37 to 3.28)</b>
'Habitudes alimentaires défavorables' à 2 ans vers 'Exposition TV élevée' à 5ans	92	0.42 (-0.53 to 1.37)	0.37 (-0.59 to 1.32)
'Habitudes alimentaires défavorables' à 2 ans vers 'Exposition TV moyenne' à 5ans	37	-0.22 (-1.40 to 0.95)	-0.35 (-1.53 to 0.84)
'Habitudes alimentaires défavorables' à 2 ans vers 'Exposition TV faible' à 5ans	33	-0.30 (-1.51 to 0.91)	-0.23 (-1.44 to 0.98)
'Habitudes alimentaires favorables' à 2 ans vers 'Exposition TV très élevée' à 5ans	8	1.17 (-0.88 to 3.22)	1.13 (-0.92 to 3.18)
'Habitudes alimentaires favorables' à 2 ans vers 'Exposition TV élevée' à 5ans	98	0.17 (-0.77 to 1.11)	0.23 (-0.71 to 1.17)
'Habitudes alimentaires favorables' à 2 ans vers 'Exposition TV moyenne' à 5ans	50	Ref	Ref
'Habitudes alimentaires favorables' à 2 ans vers 'Exposition TV faible' à 5ans	102	-0.38 (-1.31 to 0.55)	-0.19 (-1.13 to 0.76)

Abréviations: IC: Intervalle de Confiance. TV télévision

<sup>a</sup> Le modèle 1 est un modèle de régression linéaire ajustée sur le centre (Poitiers ou Nancy), l'âge exact lors de l'examen clinique des 5 ans et sur l'IMC prédit à 2 ans. <sup>b</sup> Le modèle 2 est un modèle de régression linéaire ajustée en plus des variables du modèle 1 sur le niveau d'études de la mère. Les nombres en gras indiquent les coefficients dont l'IC n'inclut pas 0.

## 4. Discussion

À partir d'une analyse en classes latentes, nous avons identifié des clusters d'enfants se différenciant selon le sexe et les habitudes comportementales liées à l'activité physique, à l'exposition à la télévision, à l'alimentation et au sommeil à l'âge de 2 et 5 ans. Les clusters caractérisés par une alimentation s'éloignant des recommandations et/ou une surexposition à la télévision étaient constamment caractérisés par des habitudes de repas plus délétères et inversement associés au niveau d'étude de la mère. Nous avons observé une association entre les clusters multi-comportementaux et le pourcentage de masse grasse uniquement chez les filles de 5 ans : celles qui appartenaient au cluster 'Exposition TV très élevée-AP extérieure élevée' avaient un pourcentage de masse grasse plus élevé que celles qui appartenaient au cluster 'Exposition TV moyenne-AP extérieure plutôt élevée' (cluster de référence). De plus, les filles qui étaient sur un chemin de clusters entre 2 et 5 ans caractérisé par les niveaux d'exposition les plus élevés à la télévision et les habitudes de repas les plus délétères étaient celles qui avaient le pourcentage de masse grasse le plus élevé à 5 ans.

Peu d'études ont cherché à identifier des clusters de jeunes enfants (< 6 ans) en fonction de leur habitudes comportementales dans les domaines de l'activité physique, l'exposition à la télévision, l'alimentation et le sommeil (Watanabe et al. 2016 ; Santaliestra-Pasías et al. 2015 ; Miguel-Berges et al. 2017 ; Leech, McNaughton, et Timperio 2015). Aucune d'entre elles n'a examiné simultanément les comportements des quatre domaines, ni pris en compte un nombre important d'informations contextuelles. Trois revues de la littérature ont analysé les résultats d'études ayant identifié des clusters multi-comportementaux, en particulier liés à l'alimentation ou à l'activité, chez les enfants d'âge scolaire et les adolescents (Leech, McNaughton, et Timperio 2014 ; Parker et al. 2019 ; Ferrar et al. 2013). Malgré le fait que les populations, les types de comportements, les outils de mesures, et les méthodes de constitution des clusters soient différents, certains résultats ont été constamment trouvés dans

les différentes études analysées par les revues, et se retrouvent également dans notre étude. En particulier, nous avons constaté qu'une proportion relativement importante de jeunes enfants sont assignés dans des clusters d'activités (sédentarité / activité physique) mixtes, caractérisés ici par une exposition à la télévision élevée et une activité physique (jeux et/ou marche) en extérieur élevée, ou vice versa. Chez les filles, ces profils d'activités mixtes sont apparus dès l'âge de 2 ans et ont persisté jusqu'à 5 ans chez un certain nombre d'enfants. De plus, conformément aux études antérieures (Leech, McNaughton, et Timperio 2014), nous avons constaté que les clusters caractérisés par une alimentation éloignée des recommandations étaient plus fréquemment observés chez les garçons. Chez les garçons de 5 ans de notre étude, une consommation plus fréquente d'aliments de forte densité énergétique et de boissons sucrées était associée à une surexposition à la télévision au sein d'un même cluster. Ce résultat est en accord avec les résultats d'une étude récente qui a identifié un cluster labellisé «Energy-dense consumers who watch TV» parmi un petit échantillon d'enfants australiens âgés entre 5 et 6 ans, cluster qui comprenait relativement plus de garçons que de filles (Leech, McNaughton, et Timperio 2015). De plus, le fait que de moins bonnes habitudes de repas coïncident avec une surexposition à la télévision fait écho au profil 'Sedentary-snacking' souvent observé dans les études utilisant l'ACP pour déterminer des profils multi-comportementaux chez des enfants ou des adolescents (Gubbels, van Assema, et Kremers 2013 ; Lioret et al. 2008 ; Gubbels et al. 2009 ; 2011). De plus, les garçons obtiennent des scores plus élevés que les filles sur ce profil (Gubbels, van Assema, et Kremers 2013).

Une des principales originalités de cette étude est qu'elle a recueilli et pris en compte un large éventail de variables contextuelles autour des comportements liés à l'obésité, en particulier les habitudes de repas et de sommeil, rarement prises en compte dans les études antérieures (Watanabe et al. 2016 ; Saskia J. te Velde et al. 2007 ; Gubbels et al. 2012). En particulier, nous avons constaté que les variables décrivant le contexte des repas, c'est-à-dire le fait de

manger avec la télévision allumée et de consommer des boissons sucrées pendant les repas, étaient utiles pour distinguer les clusters d'enfants ayant différents niveaux d'exposition à la télévision et/ou différentes consommations d'aliments ou de boissons de forte densité énergétique. Ces variables contextuelles discriminaient particulièrement bien les enfants les moins exposés à la télévision et consommant le moins d'aliments ou de boissons de forte densité énergétique. Dans une vaste étude transversale sur les comportements sédentaires et l'activité physique menée chez des enfants de 11 ans dans neuf pays européens, te Velde et al ont également constaté que le fait de manger quotidiennement devant la télévision discriminait particulièrement bien le cluster labellisé 'Healthy' (peu de comportements sédentaires, activité physique élevée) (Saskia J. te Velde et al. 2007). Ces résultats sont concordants avec les résultats d'une étude menée auprès d'enfants néerlandais de 5 ans (Gubbels et al. 2012), dans laquelle les enfants qui adhéraient le plus au profil «Television-Snacking' (issu d'une ACP) mangeaient souvent avec la télévision allumée et étaient plus susceptibles de ne pas manger assis à table. De plus, nous avons constaté que le fait de manger avec la télévision allumée et de consommer des boissons sucrées lors des repas étaient constamment associés au sein des mêmes clusters et que d'autre part les clusters caractérisés par de moins bonnes habitudes de repas et une surexposition à la télévision incluaient proportionnellement plus d'enfants grandissant dans des familles de bas niveau socio-économique. Ces résultats appuient l'idée que les routines familiales et les interactions sociales autour des repas ont une influence majeure sur les comportements alimentaires et télévisuels des enfants dès leur plus jeune âge. Ils suggèrent également que le contexte des repas pourrait être une cible importante pour les interventions familiales, particulièrement celles qui visent les familles les plus modestes. Il est important de noter que les variables liées au sommeil avaient un faible pouvoir discriminant dans notre échantillon, bien que les heures régulières de coucher et de lever et les durées de sommeil longues aient été associées, comme

prévu, au sein de clusters caractérisés par une moindre exposition à la télévision et de bonnes habitudes alimentaires (Miller et al. 2019 ; J.-P. Chaput et al. 2017).

Enfin, nous avons examiné les associations transversales et longitudinales entre l'appartenance à un cluster et le pourcentage de masse grasse. Une association transversale significative a été observée entre l'appartenance à un cluster et le pourcentage de masse grasse à l'âge de 5 ans chez les filles. En effet, par rapport au cluster de référence caractérisé par un temps de télévision modéré (1h/jour en moyenne) et un temps d'activité physique en plein air élevé, les filles du cluster caractérisé par les temps les plus élevés de télévision (3h/jour en moyenne) et d'activité physique présentaient un pourcentage de masse grasse nettement plus élevé. Cela représentait environ 10% de plus, que la moyenne des filles de l'échantillon qui était à 16.6%. Chez les filles, à 5 ans, le pourcentage de masse grasse d'un cluster à l'autre semble augmenter en parallèle du niveau d'exposition à la télévision au sein de chaque cluster. De plus, un résultat quelque peu surprenant est que les 2 clusters 'mixtes' caractérisés par des profils d'activité opposés étaient précisément ceux qui avaient les pourcentages de masse grasse les plus différenciés. Ces deux clusters 'extrêmes' différaient aussi fortement par rapport au niveau d'étude de la mère; environ la moitié des filles du groupe 'Exposition TV très élevée-AP extérieure élevée' avaient une mère n'ayant pas le Bac. Ce résultat équivoque peut s'expliquer par le fait que les jeunes enfants, et plus particulièrement les petites filles, ont besoin d'être encouragés et soutenus par leurs parents pour jouer 'activement' et se dépenser 'énergiquement' (Cleland et al. 2010 ; Xu, Wen, et Rissel 2015). Or, les résultats de plusieurs études suggèrent que les enfants de mères moins éduquées ont tendance à recevoir moins de soutien et d'encouragement lors de la pratique d'activité physique que les enfants de mères plus éduquées (Boxberger et Reimers 2019). Par conséquent, bien qu'elles passent beaucoup plus de temps dehors, les filles du groupe 'Exposition TV très élevée-AP extérieure élevée' n'ont peut-être pas une activité physique

suffisante, notamment en termes de jeux ‘actifs’, pour compenser l’effet délétère d’une exposition clairement excessive à la télévision. Le fait que le pourcentage de masse grasse tend à augmenter avec l’exposition à la télévision corrobore également les résultats d’études montrant que les jeunes enfants qui passent beaucoup de temps à regarder la télévision ont tendance à accumuler moins de temps d’activité (évaluée par un accéléromètre), et ce quel que soit le niveau d’intensité considéré, que ceux qui regardent moins la télévision (Dawson-Hahn, Fesinmeyer, et Mendoza 2015 ; Cox et al. 2012 ; Jackson et al. 2009). L’étude des chemins de clusters entre 2 et 5 ans suggère également que les filles qui étaient sur un chemin caractérisé par une surexposition continue à la télévision et des habitudes alimentaires moins favorables depuis l’âge de 2 ans avaient un risque accru d’accumulation de masse grasse. Nos résultats tendent en outre à montrer que les filles issues de milieux socialement défavorisés sont plus susceptibles d’emprunter ce chemin obésogène. D’autres recherches longitudinales sur de plus grands échantillons, plus socialement contrastés, et sur des périodes plus longues sont toutefois importantes à mener pour confirmer ces résultats.

Aucune association significative entre l’appartenance à un cluster ou à un chemin et le pourcentage de masse grasse n’a été observée chez les garçons. Cela pourrait s’expliquer en partie par le fait que les garçons consacrent plus de temps aux jeux actifs et sont globalement plus actifs que les filles (Bingham et al. 2016 ; Nicaise, Kahan, et Sallis 2011). De plus, le rebond de l’adiposité est physiologiquement plus tardif chez les garçons que chez les filles, et les garçons de 5 ans ont en outre relativement moins de masse grasse que les filles (Taylor et al. 2011), comme notre étude le confirme. Par conséquent, nous ne pouvons exclure la possibilité qu’un effet faible mais cumulatif sur le développement de la masse grasse d’une alimentation de moins bonne qualité et d’une surexposition à la télévision devienne plus apparent à un âge plus tardif. Bien que le nombre d’études longitudinales soit faible, celles menées chez des enfants d’âge préscolaire montrent qu’un profil comportemental caractérisé

par une surexposition à la télévision, plus de grignotage et une plus grande consommation d'aliments/boissons de forte densité énergétique était associé à un IMC plus élevé (Leech, McNaughton, et Timperio 2015 ; Gubbels et al. 2009).

L'une des limites de cette étude est le recueil des données comportementales à partir de questionnaires remplis par les parents. On sait que ce mode de recueil est sensible à la fois aux biais de mémoire et aux biais de désirabilité sociale. De plus, bien que l'activité physique et les comportements sédentaires aient lieu dans des contextes multiples, nous n'avons mesuré qu'une sélection d'activités possibles des enfants au cours de la journée. Cela nous empêche d'avoir un profil complet de leur comportement d'activité qui permettrait de mieux apprécier leur niveau global d'activité. Cela peut être particulièrement problématique chez les filles qui ont tendance à passer davantage de temps dans des activités sédentaires non liées aux écrans (jeux calmes) qui sont rarement mesurées (Boxberger et Reimers 2019). Par ailleurs, il serait utile de combiner des données d'accélérométrie, qui permettent des mesures objectives de l'activité physique à différents niveaux d'intensité, à des données issues de carnets d'utilisation du temps sur la journée, qui fournissent quant à elles des renseignements contextuels précieux pour mieux caractériser les profils. Il est toutefois difficile de recueillir ce type de données dans le cadre d'études épidémiologiques de grande envergure.

Une autre limite de la présente étude est liée à l'attrition dans la cohorte EDEN, qui, comme cela est fréquemment observé dans ce type d'étude épidémiologique en population, est proportionnellement plus élevée chez les enfants issus de milieux plus défavorisés. La prévalence du Spds-Ob à 5 ans était également plus faible que dans la population générale, soit 7,7% contre 11,9 à 13,5% (Chardon et al. 2015). Ces différents éléments peuvent expliquer en partie pourquoi le pourcentage de filles qui appartenaient au cluster à risque «Exposition TV très élevée–AP extérieure élevée» était faible dans notre population. De plus, étant donné que la population initiale d'enfants EDEN a un niveau socio-économique

relativement plus élevé que la population générale d'enfants du même âge, le nombre de filles présentant ce profil à risque est probablement sous-estimé par rapport à la population générale. Il semble important de répliquer notre analyse dans des échantillons plus vastes et plus diversifiés sur le plan social.

Malgré ces limites, l'étude présente plusieurs forces, notamment son approche longitudinale, le jeune âge des enfants inclus, dès 2 ans, la grande variété de comportements et de contextes considérés, l'utilisation d'une mesure spécifique de l'adiposité et les analyses stratifiées sur le sexe. De plus, notre approche statistique est basée sur des modèles en classes latentes, qui impliquent moins de décisions subjectives que d'autres techniques de constitution de clusters et présente plusieurs avantages, notamment la prise en compte des individus ayant des valeurs manquantes pour certains comportements et la possibilité de prendre en compte des données de nature mixte (quantitatives ou qualitatives). Un autre avantage majeur de notre méthode est qu'elle fournit les probabilités d'appartenance aux clusters pour chaque enfant, ce qui est un moyen d'évaluer la robustesse de la partition.

En résumé, les résultats de cette étude suggèrent qu'il existe des différences entre les sexes dans la façon dont les comportements liés à l'activité physique, l'exposition à la télévision, l'alimentation et au sommeil se combinent pour définir des typologies spécifiques. Certaines de ces typologies semblent se former très tôt dans la vie et se maintenir au cours du temps, avec une accentuation des comportements les plus délétères pour la santé. C'est notamment le cas des profils d'activité mixtes chez les filles, qui combinent une exposition à la télévision et des temps d'activité de plein air (jeux et marche) élevés, ou au contraire faibles. Nos résultats suggèrent aussi qu'une surexposition continue à la télévision dès l'âge de 2 ans combinée à de moins bonnes habitudes de repas (manger devant la télévision et consommer des boissons sucrées à table) augmentent le risque d'accumulation excessive de masse grasse chez les filles. Ces résultats incitent à aller vers une approche intégrée de la prévention du Spds-Ob, qui

devrait être mise en place le plus précocement possible, idéalement avant 2 ans et être poursuivie pendant toute la petite enfance. En particulier, nos résultats suggèrent que les efforts de prévention visant à réduire le temps passé devant la télévision tout en veillant à favoriser les jeux actifs, et à adopter des habitudes de repas plus favorables (télévision éteinte pendant les repas, pas d'offre de boissons sucrées à table) pourraient être particulièrement prometteurs pour la prévention du Spds-Ob chez les jeunes enfants, en particulier pour les petites filles et les enfants issus de milieux socialement défavorisés.

## Chapitre 5 : Age au rebond d'adiposité : associations avec les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans

---



## 1. Introduction

Un âge précoce au rebond d'adiposité est un facteur de risque d'obésité à l'adolescence et à l'âge adulte (M. F. Rolland-Cachera et al. 1984 ; Taylor et al. 2011), ainsi qu'un facteur de risque de maladies métaboliques comme le diabète de type 2 ou le syndrome métabolique (Péneau et al. 2016). Il est associé en outre à une puberté plus précoce chez les filles (Sheila Williams et Dickson 2002). L'association entre l'âge au rebond d'adiposité et l'obésité future a été rapportée dans différentes études, dans différents pays et à différentes périodes, cette association est systématiquement négative (Taylor et al. 2005). Pour autant, même si cette association est robuste, la définition d'un âge au rebond précoce reste variable. La majorité des études définit le seuil pour un âge au rebond précoce à un âge compris entre 5 et 5,5 ans (Dorosty et al. 2000 ; Ip et al. 2017 ; Taylor et al. 2004 ; Péneau et al. 2016). L'âge au rebond étant physiologiquement plus précoce chez les filles, les études sont en général stratifiées sur le sexe avec des seuils d'âge au rebond d'adiposité précoce différents en fonction du sexe (Ip et al. 2017 ; Taylor et al. 2004 ; Péneau et al. 2016 ; Taylor et al. 2011). D'autres auteurs discrétisent l'âge au rebond en fonction de critères statistiques comme la médiane ou en tertiles (Taylor et al. 2011 ; Whitaker et al. 1998). D'autres études emploient le terme de rebond d'adiposité très précoce pour des rebonds intervenant environ avant 3,5 ans (M. F. Rolland-Cachera et al. 2006 ; Dorosty et al. 2000 ; Ip et al. 2017).

L'absence d'un seuil bien déterminé rend l'utilisation de l'âge au rebond d'adiposité comme outil de dépistage en pratique courante difficile. Une difficulté supplémentaire réside dans son délai d'identification. Il faut en effet attendre la ré-ascension de l'IMC pour le déterminer. Son utilisation en pratique courante est d'autant plus décriée que l'association robuste entre un âge au rebond précoce et l'obésité future est tout aussi robuste avec l'IMC mesuré à 7 ans et l'obésité future, l'IMC étant plus aisé à calculer (S Williams, Davie, et Lam 1999).

Cependant pour les enfants ayant un rebond d'adiposité très précoce et étant donc plus à risque de Spds-Ob, il est dommage d'attendre qu'ils aient 7 ans pour repérer et prendre en charge ce sur-risque. Il est plus pertinent pour les professionnels de santé d'identifier des situations de précocité majeure du rebond d'adiposité, afin de prévenir l'accumulation de masse grasse par des recommandations sur les comportements plus précocement dans la vie de l'enfant.

Si les associations entre l'âge au rebond d'adiposité et des paramètres de santé dégradés sont connues et bien établies, les déterminants de l'âge au rebond d'adiposité précoce le sont moins. L'IMC parental, et surtout maternel, est le facteur de risque le plus reconnu. En effet, la probabilité qu'un enfant fasse un rebond d'adiposité précoce est d'autant plus élevée qu'au moins un de ses parents est obèse (Whitaker et al. 1998 ; Dorosty et al. 2000). Et inversement, les enfants ayant un rebond d'adiposité précoce ont des parents avec un IMC plus élevé avec des résultats différents selon le sexe de l'enfant et le parent (Péneau et al. 2016 ; Dorosty et al. 2000 ; Ip et al. 2017 ; Whitaker et al. 1998). Ces résultats suggèrent une héritabilité : la croissance humaine est placée sous un contrôle génétique fort et il est donc possible que le moment du rebond d'adiposité soit influencé par des facteurs génétiques. À l'appui de cette hypothèse, une analyse pangénomique a permis d'identifier 3 régions chromosomiques qui modulent l'âge au rebond d'adiposité dans des familles françaises ayant un enfant obèse (Meyre et al. 2004). Cependant, l'IMC parental n'est pas une simple représentation du potentiel génétique. Les parents sont susceptibles de partager avec leur enfant un environnement et des habitudes comportementales qui influencent les comportements impliqués dans la balance énergétique de leur enfant. D'autres recherches sont nécessaires pour clarifier les voies par lesquelles l'IMC parental affecte la croissance des enfants, et si la relation est due principalement à des facteurs environnementaux ou génétiques (Taylor et al. 2005).

Concernant les facteurs environnementaux, peu d'études ont analysé l'association entre les comportements impliqués dans la balance énergétique de l'enfant et l'âge au rebond. Aucune association n'a été mise en évidence avec l'activité physique, le temps d'écran ou la sédentarité totale, que ce soient avec des données rapportées issues de questionnaires parentaux ou mesurées par accélérométrie (Ip et al. 2017 ; Taylor et al. 2004 ; 2011). Néanmoins, aucune de ces analyses n'a été stratifiée sur le sexe, alors que des différences ont été observées en termes d'activité physique entre les garçons et les filles. De plus, seule une étude rapporte l'association entre le temps d'écran et l'âge au rebond, alors que c'est l'activité sédentaire la plus associée à l'obésité future dans la littérature (Poitras et al. 2017).

Concernant l'alimentation, les résultats sont plus contradictoires. Rolland-cachera et al. rapportent une association négative entre l'apport en protéines à 2 ans et l'âge au rebond (M. F. Rolland-Cachera et al. 1995). Les auteurs expliquent cette association par le fait que l'apport protéique dans les pays industrialisés a eu tendance à augmenter dans les dernières décennies au détriment de l'apport en lipides chez les enfants de moins de 3 ans. Cette évolution pourrait avoir contribué à une accélération de la croissance et une précocité de l'âge au rebond (M. Rolland-Cachera, Akrouf, et Péneau 2016 ; Hörnell et al. 2013). Cette association n'est toutefois pas retrouvée dans toutes les études (Taylor et al. 2004 ; Dorosty et al. 2000 ; Ip et al. 2017). De plus, une association entre un apport calorique élevé et un âge au rebond précoce a été observée même après ajustement sur l'IMC maternel (Ip et al. 2017). Cependant, aucune de ces études n'a analysé l'association entre des profils alimentaires et l'âge au rebond d'adiposité. Or pour mettre en place des programmes de prévention de l'obésité, il est pertinent de prendre en compte l'alimentation dans sa globalité, ce que les études portant sur certains groupes d'aliments ou des nutriments spécifiques ne sont pas à même de faire (Smithers et al. 2011).

Enfin parmi les autres facteurs environnementaux, l'association entre la position socio-économique et l'âge au rebond reste à définir. Une majorité d'études n'observe pas d'association entre le niveau d'études de la mère et l'âge au rebond (S. M. Williams et Goulding 2009 ; Dorosty et al. 2000). Néanmoins, celle d'Ip et al. met en évidence une association entre un niveau d'études bas (niveau école primaire) et une précocité au rebond d'adiposité au sein d'une population en situation de très grande précarité (Ip et al. 2017).

Notre objectif était d'étudier les associations indépendantes entre le temps passé en jeux extérieurs, le temps passé devant la télévision et l'alimentation à 2 ans et l'âge au rebond d'adiposité, indépendamment de la position socio-économique et de l'IMC maternel. Nous avons émis l'hypothèse que le temps passé en jeux extérieurs et une alimentation proche des recommandations favoriseraient un âge au rebond tardif, alors que le temps passé devant la télévision et une alimentation de forte densité énergétique et de faible densité nutritionnelle favoriseraient un âge au rebond précoce. L'âge au rebond étant plus précoce chez les filles, nous avons effectué ces analyses séparément chez les garçons et les filles.

## 2. Matériel et méthode

### 1. Population d'étude

Parmi les 1903 enfants nés vivants, 1436 enfants avaient un questionnaire rempli à 2 ans. Nous avons sélectionné ceux qui avaient des données complètes ou imputées à 2 ans pour le temps passé en jeux extérieurs, le temps passé devant la télévision et les 2 profils alimentaires et qui avaient un âge au rebond modélisé. La Figure 15 présente le diagramme de flux de la population sélectionnée pour cette analyse.

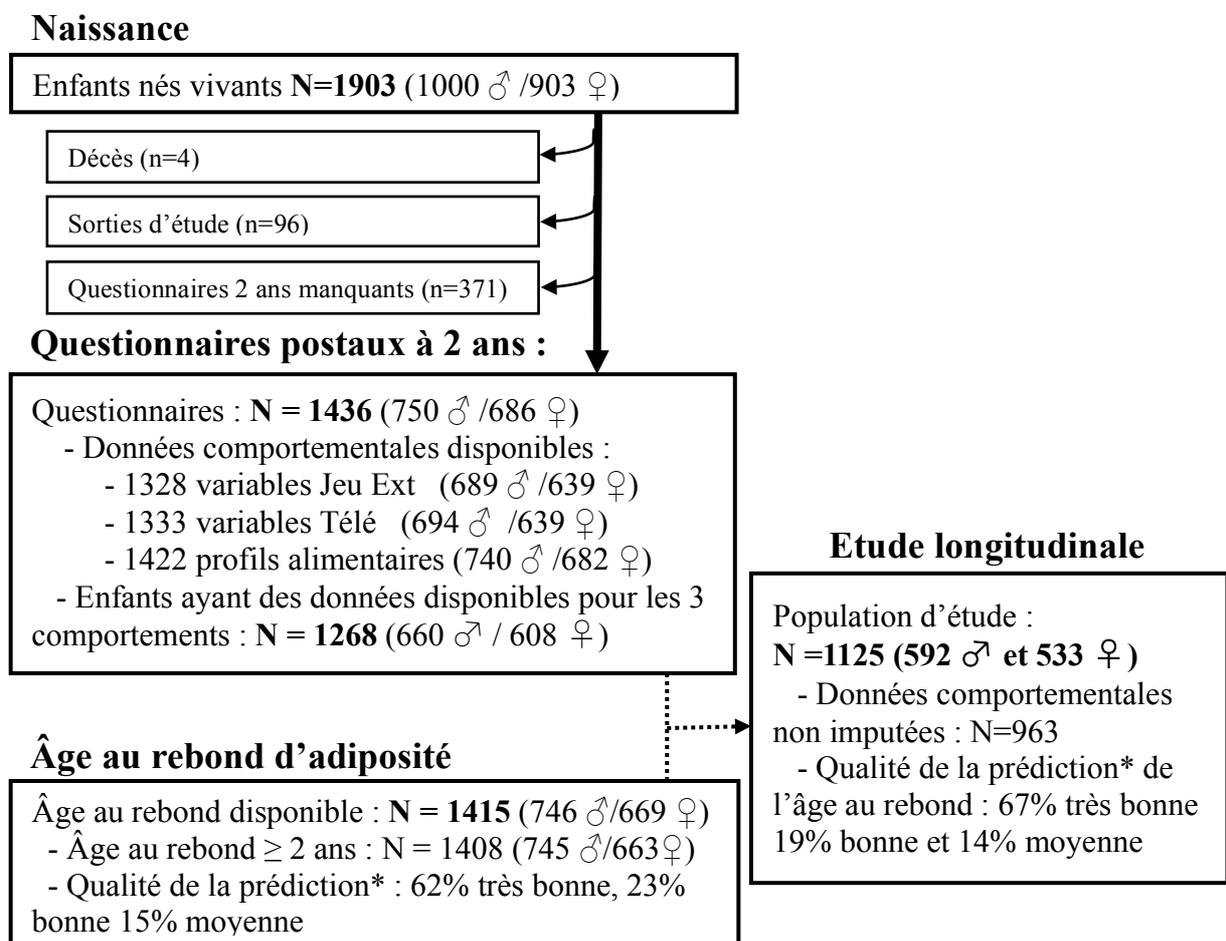


Figure 15 : Diagramme de flux de l'analyse de l'association longitudinale entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'âge au rebond d'adiposité, ♂ pour garçons et ♀ pour filles † temps passé en jeux extérieurs ; ‡ temps passé devant la télévision \* La qualité de la prédiction de l'âge au rebond dépend de l'âge de la dernière mesure : très bonne = au moins 1 mesure après 8 ans, bonne = au moins 1 mesure après 5 ans mais aucune après 8 ans et moyenne = aucune mesure après 5 ans.

## 2. Variables étudiées

### Age au rebond d'adiposité

Nous avons exclu de l'échantillon les enfants ayant eu un âge au rebond avant 2 ans. En effet, les comportements impliqués dans la balance énergétique étant mesurés à 2 ans, cette censure était nécessaire pour permettre des analyses longitudinales du lien entre ces comportements et l'âge au rebond d'adiposité. Nous avons considéré l'âge au rebond d'adiposité en continu (en jours) et dichotomisé au 10<sup>ème</sup> percentile, considéré comme précoce. En effet, dans les données Eden, ce seuil correspondait à 3.8 ans chez les garçons et 3.6 ans chez les filles, présentant un intérêt en pratique clinique pour dépister précocement les enfants plus à risque de Spds-Ob.

### Les comportements impliqués dans la balance énergétique

En cohérence avec l'analyse du chapitre 3, nous avons considéré la variable Jeu Ext en tertiles par saison, labellisés : activité physique faible, intermédiaire et élevée, la variable Télé en tertiles et les scores de chaque enfant sur les 2 profils alimentaires : «Aliments transformés ou type fast-food» et «Proche des recommandations» (Lioret et al. 2015).

### Variablt d'ajustement

Nous avons ajusté sur la position socio-économique (niveau d'études de la mère et revenus mensuels du ménage) et l'IMC maternel rapporté avant grossesse.

## 3. Analyse statistique

Nous avons tout d'abord comparé la population sélectionnée pour notre étude (N=1125 enfants) à la population d'EDEN non incluse (N = 877 femmes) selon les caractéristiques sociodémographiques. Puis nous avons comparé les garçons et les filles par rapport aux comportements impliqués dans la balance énergétique, aux variables d'ajustement et à l'âge au rebond. Enfin, nous avons étudié l'association entre les comportements impliqués dans la

balance énergétique et la position socio-économique chez les garçons et les filles séparément. Le test du Chi<sup>2</sup> a été utilisé pour la comparaison des variables catégorielles et le t-test de Student pour la comparaison d'une variable continue avec une variable binaire.

Puis nous avons étudié l'association entre l'âge au rebond d'adiposité en continu et chaque variable d'ajustement par des régressions linéaires distinctes, séparément chez les filles et les garçons.

La première analyse multivariée par régression linéaire a été effectuée pour évaluer l'association entre les 3 comportements impliqués dans la balance énergétique à l'âge de 2 ans et l'âge au rebond d'adiposité. L'analyse a été réalisée en deux étapes. Premièrement, le temps passé en jeux extérieurs, le temps passé devant la télévision et les profils alimentaires ont été inclus dans 3 modèles distincts. Deuxièmement, les trois comportements impliqués dans la balance énergétique ont été inclus simultanément dans un seul modèle ajusté sur la position socio-économique (niveau d'études de la mère et de revenus du foyer à 2 ans) et l'IMC maternel. Tous les modèles ont été analysés séparément pour les garçons et les filles.

Une deuxième analyse multivariée exploratoire par régression logistique a été réalisée pour évaluer l'association entre les 3 comportements impliqués dans la balance énergétique à l'âge de 2 ans et l'âge au rebond précoce (avant le 10<sup>ème</sup> percentile), selon les mêmes 2 étapes que pour la première analyse. Pour des raisons d'effectifs, nous avons regroupé les garçons et les filles pour cette analyse et ajusté sur le sexe. Le logiciel SAS (version 9.3, SAS Institute Inc, Cary, Caroline du Nord, États-Unis) a été utilisé pour les analyses statistiques et le niveau de significativité a été fixé à 0,05.

### 3. Résultats

#### 1. Comparaison entre la population sélectionnée et celle non sélectionnée d'EDEN

Le Tableau XIV compare les caractéristiques sociodémographiques familiales et celles de l'enfant entre la population sélectionnée pour cette analyse et la population d'EDEN non sélectionnée.

Tableau XIV : Comparaison des caractéristiques sociodémographiques familiales et de l'enfant entre la population sélectionnée et celle d'EDEN non sélectionnée pour l'analyse longitudinale entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'âge au rebond ; les valeurs sont des pourcentages sauf autre indication.

Caractéristiques socio-démographiques	Population sélectionnée (N=1125)	Population non-sélectionnée (N=877 <sup>a</sup> )	p-valeur
<b>Variables à l'inclusion</b>			
Niveau d'études de la mère %			
Niveau < BAC	18.9	48.9	<b>&lt;0.0001</b>
Niveau BAC	17.5	16.3	
BAC + 2 ans	24.5	15.7	
BAC + 3 ans	39.1	19.1	
Revenus moyens du ménage %			
≤ 1500€ par mois	8.8	25.5	<b>&lt;0.0001</b>
1501 – 2300€ par mois	22.2	31.9	
2301 – 3000€ par mois	28.0	23.1	
3001 – 3800€ par mois	22.0	9.9	
> 3800 € par mois	19.0	9.6	
IMC maternel avant grossesse, en kg/m <sup>2</sup> <sup>b</sup>	23.0 (4.3)	23.6 (5.0)	<b>0.007</b>
Centre, %Poitiers	47.2	49.8	0.29
<b>Variables à la naissance</b>			
Age de la mère à l'accouchement, en année <sup>b</sup>	30.0 (4.7)	28.8 (5.1)	<b>&lt;0.0001</b>
Primiparité, % de oui	47.4	40.5	<b>0.003</b>
Poids à la naissance, en grammes <sup>c</sup>	3296 (498)	3254 (531)	0.076

<sup>a</sup> sauf pour les revenus du ménage N=797, l'IMC maternel avant grossesse N=772, l'âge de la mère à l'accouchement N=782, la primiparité N=780 et le poids de naissance N=774 <sup>b</sup> moyenne (écart-type)

Relativement aux enfants sélectionnés, les enfants non sélectionnés pour cette analyse sont nés de mères plus jeunes avec un niveau d'études plus faible, un IMC plus élevé et plus fréquemment multipare. Les revenus du ménage étaient plus faibles dans la population non sélectionnée.

## 2. Caractéristiques de la population étudiée en fonction du sexe de l'enfant

Le Tableau XV compare les caractéristiques sociodémographiques et comportementales des garçons et des filles sélectionnés pour cette étude, ainsi que l'âge au rebond d'adiposité.

Tableau XV : Comparaison des caractéristiques sociodémographiques et comportementales, et de l'âge au rebond d'adiposité entre les garçons et les filles (N=1125) ; les valeurs sont des pourcentages sauf indication contraire.

	<b>Garçons (N = 592)</b>	<b>Filles (N = 533)</b>	<b>p-valeur</b>
<b>Variabiles relatives à la famille et à la naissance</b>			
Niveau d'études de la mère			
Niveau < BAC	18.9	18.8	0.53
Niveau BAC	16.0	19.1	
BAC + 2 ans	25.7	23.3	
BAC + 3 ans	39.4	38.8	
Revenus moyens du ménage à 2 ans			
≤ 1500€ par mois	8.1	9.6	0.89
1501 – 2300€ par mois	21.8	22.7	
2301 – 3000€ par mois	28.6	27.4	
3001 – 3800€ par mois	21.9	21.9	
> 3800 € par mois	19.6	18.4	
IMC maternel avant grossesse, en kg/m <sup>2</sup> <sup>a</sup>	23.0 ± 4.3	23.1 ± 4.4	0.60
Age de la mère à l'accouchement en année <sup>a</sup>	30.0 ± 4.6	29.9 ± 4.7	0.90
Centre, % Poitiers	51.4	42.6	<b>0.003</b>
Poids à la naissance, en grammes <sup>a</sup>	3366 ± 503	3218 ± 481	<b>&lt;0.0001</b>
<b>Caractéristiques de l'enfant à 2 ans</b>			
Temps passés en jeux extérieurs <sup>b</sup>			
Faible (Tertile 1)	28.9	37.9	<b>0.004</b>
Moyen (Tertile 2)	34.3	31.9	
Élevé (Tertile 3)	36.8	30.2	
Temps passé devant la télévision, min par jour			
≤ 15 min par jour	34.5	35.1	0.97
] 15 ; 60 [	31.6	31.5	
≥ 60 min par jour	33.9	33.4	
Profils alimentaires, score <sup>a</sup>			
«Aliments transformés ou type fast-food» <sup>a</sup>	-0.02 ± 0.96	-0.06 ± 0.93	0.61
«Proche des recommandations» <sup>a</sup>	0.002 ± 0.94	0.11 ± 0.97	0.058
<b>Age au rebond d'adiposité, en années <sup>a</sup></b>	<b>5.6 ± 1.3</b>	<b>5.5 ± 1.4</b>	<b>0.45</b>

<sup>a</sup> moyenne ± écart-type <sup>b</sup> Intervalles pour les tertiles de temps de jeux extérieurs par saison : Faible (Tertile 1) : printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4min à 1 h 12min) et hiver (0min à 50min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15min), été (1 h 59min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min) et hiver (51 min à 1 h 18 min). Élevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h) et hiver (1 h 19 min à 4 h 09min).

Il n'y avait pas de différences sociodémographiques entre les garçons et les filles de cette analyse, en revanche les garçons étaient proportionnellement plus nombreux dans le centre de

Poitiers, avaient un poids de naissance plus élevé et passaient plus de temps en jeux extérieurs à 2 ans.

### 3. Associations entre la position socio-économique et les comportements impliqués dans la balance énergétique en fonction du sexe de l'enfant

Les Tableau XVI et Tableau XVII présentent les associations entre la position socio-économique et les comportements impliqués dans la balance énergétique respectivement chez les garçons et les filles.

Tableau XVI : Association entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et la position socio-économique chez les garçons, les valeurs sont des pourcentages.

GARÇONS (N=592)									
Comportements à 2 ans	Position socio-économique				Niveau de revenus par tranche (Tr) <sup>b</sup>				
	Niveau d'études de la mère <sup>a</sup>				Tr 1	Tr 2	Tr 3	Tr 4	Tr 5
	<Bac	Bac	Bac+2	Bac+3					
<b>Temps passé en jeux extérieurs <sup>c</sup></b>									
Faible (Tertile 1)	20.5	24.2	31.6	33.1	20.8	27.9	29.0	29.2	32.8
Moyen (Tertile 2)	38.4	33.7	34.2	32.6	41.7	34.9	30.8	33.9	36.2
Elevé (Tertile 3)	41.1	42.1	34.2	34.3	37.5	37.2	40.2	36.9	31.0
<b>p-valeur</b>	0.25				0.77				
<b>Temps passé devant la télévision</b>									
≤ 15 min par jour	24.1	36.8	28.9	42.0	31.3	34.1	30.8	35.4	40.5
] 15 ; 60 [	28.6	31.6	33.6	31.8	20.8	30.2	32.5	30.8	37.1
≥ 60 min par jour	47.3	31.6	37.5	26.2	47.9	35.7	36.7	33.8	22.4
<b>p-valeur</b>	0.0026				0.12				
<b>Profils alimentaires, score</b>									
«Aliments transformés ou type fast-food» <sup>d</sup>	0.5 ±1.1	0.1 ±1.0	-0.2 ±0.9	-0.2 ±0.8	0.3 ±1.3	0.1 ±1.0	-0.0 ±1.0	-0.1 ±0.8	-0.3 ±0.7
<b>p-valeur</b>	<.0001				0.0014				
«Proche des recommandations» <sup>d</sup>	-0.2 ±1.0	-0.1 ±1.0	-0.0 ±0.9	0.2 ±0.9	-0.2 ±1.2	-0.1 ±1.1	-0.0 ±0.8	0.1 ±0.9	0.1 ±0.9
<b>p-valeur</b>	0.0029				0.19				

<sup>a</sup> Niveau d'études de la mère en 4 catégories : niveau inférieur au baccalauréat, niveau baccalauréat, 2 ans d'étude post-baccalauréat et 3 ans d'étude post-baccalauréat. <sup>b</sup> Niveau de revenus du ménage à 2 ans par tranche (Tr) : Tr 1 < 1500€, Tr 2 [1501–2300€], Tr 3 ]2301–3000€], Tr 4 ]3001–3800€], Tr 5 > 3800€. <sup>c</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1) : printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min). <sup>d</sup> Les valeurs sont les moyennes des scores des profils alimentaires ± l'écart-type.

Chez les garçons, le niveau d'études de la mère était associé négativement au temps passé devant la télévision et au profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» alors qu'il était associé positivement au profil alimentaire «Proche des recommandations». Les revenus du ménage étaient négativement associés au profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food». Nous n'avons pas observé de lien entre la position socio-économique et le temps passé en jeux extérieurs chez les garçons.

Tableau XVII : Association entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et la position socio-économique chez les filles, les valeurs sont des pourcentages.

FILLES (N=533)									
Comportements à 2 ans	Niveau d'études de la mère <sup>a</sup>				Position socio-économique				
	<Bac	Bac	Bac+2	Bac+3	Niveau de revenus par tranche (Tr) <sup>b</sup>				
					Tr 1	Tr 2	Tr 3	Tr 4	Tr 5
<b>Temps passé en jeux extérieurs <sup>c</sup></b>									
Faible (Tertile 1)	26.0	33.3	41.1	44.0	33.3	33.1	36.3	45.3	39.8
Moyen (Tertile 2)	27.0	33.3	29.0	35.3	23.5	37.2	30.8	29.1	34.7
Elevé (Tertile 3)	47.0	33.3	29.8	20.7	43.1	29.7	32.9	25.6	25.5
<b>p-valeur</b>	<b>0.0005</b>				0.24				
<b>Temps passé devant la télévision</b>									
≤ 15 min par jour	15.0	32.4	36.3	45.4	31.4	26.5	35.6	36.8	44.9
] 15 ; 60 [	32.0	24.5	34.7	32.9	31.4	28.9	31.5	33.3	32.7
≥ 60 min par jour	53.0	43.1	29.0	21.7	37.2	44.6	32.9	29.9	22.4
<b>p-valeur</b>	<b>&lt;0.0001</b>				0.064				
<b>Profils alimentaires, score</b>									
«Aliments transformés ou type fast-food» <sup>d</sup>	0.4 ±1.1	0.1 ±1.0	-0.1 ±0.9	-0.3 ±0.6	0.2 ±1.1	0.2 ±1.1	0.0 ±0.9	-0.2 ±0.7	-0.4 ±0.7
<b>p-valeur</b>	<b>&lt;0.0001</b>				<b>&lt;0.0001</b>				
«Proche des recommandations» <sup>d</sup>	-0.2 ±1.0	0.0 ±1.1	0.2 ±0.9	0.3 ±0.8	0.2 ±1.1	-0.1 ±1.0	0.1 ±0.9	0.2 ±0.9	0.2 ±0.9
<b>p-valeur</b>	<b>0.0002</b>				0.16				

<sup>a</sup> Niveau d'études de la mère en 4 catégories : niveau inférieur au baccalauréat, niveau baccalauréat, 2 ans d'étude post-baccalauréat et 3 ans d'étude post-baccalauréat. <sup>b</sup> Niveau de revenus du ménage à 2 ans par tranche (Tr) : Tr 1 < 1500€, Tr 2 [1501–2300€], Tr 3 ]2301–3000€], Tr 4 ]3001–3800€], Tr 5 > 3800€. <sup>c</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1) : printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min). <sup>d</sup> Les valeurs sont les moyennes des scores des profils alimentaires ± l'écart-type.

Chez les filles, le niveau d'études de la mère était associé à tous les comportements impliqués dans la balance énergétique. On a observé une association négative avec le temps passé en jeux extérieurs, devant la télévision et le profil alimentaire «Aliments transformés ou type

fast-food» et à l'inverse une association positive avec le profil alimentaire «Proche des recommandations». Les revenus du ménage étaient négativement associés au profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food», comme chez les garçons.

#### 4. Associations entre les variables d'ajustement et l'âge au rebond

La position socio-économique et l'IMC maternel étaient associés à l'âge au rebond chez les garçons et les filles (Tableau XVIII)

Tableau XVIII : Associations entre l'âge au rebond en continu et les variables d'ajustement chez les garçons et les filles ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%)

VARIABLES D'AJUSTEMENT	AGE AU REBOND (en jours)	
	Garçons (N = 592)	Filles (N = 533)
Niveau d'études de la mère		
Niveau < BAC	-161 (-271 à -52)	-124 (-245 à -3)
Niveau BAC	-119 (-235 à -3)	-139 (-260 à -19)
BAC + 2 ans	-168 (-267 à -69)	-126 (-239 à -13)
BAC + 3 ans	ref	ref
p-valeur	<b>0.002</b>	<b>0.041</b>
Revenus moyens du ménage à 2 ans		
< 1500€ par mois	-145 (-310 à 19)	-79 (-251 à 93)
1501 – 2300€ par mois	-169 (-292 à -47)	-84 (-219 à 52)
2301 – 3000€ par mois	-77 (-192 à 38)	41 (-89 à 171)
3001 – 3800€ par mois	-47 (-170 à 75)	96 (-40 à 232)
> 3800 € par mois	ref	ref
p-valeur	0.065	<b>0.049</b>
IMC maternel avant grossesse, en kg/m <sup>2</sup>	-22 (-31 à -13)	-20 (-29 à -10)
p-valeur	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>

Abréviations : BAC : Baccalauréat. IMC : Indice de Masse Corporelle

#### 5. Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et l'âge au rebond

##### a. L'âge au rebond en continu

Aucune association longitudinale significative entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'âge au rebond en continu n'a été mise en évidence chez les garçons (Tableau XIX). En revanche, plus leur score était élevé sur le profil alimentaire

«Aliments transformés ou type fast-food», plus ils tendaient à avoir un âge au rebond précoce.

En revanche, la force du lien a été atténuée par l'ajustement sur les autres variables dans le modèle complet.

Tableau XIX : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'âge au rebond en continu chez les garçons ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%)

COMPORTEMENTS A 2 ANS	GARÇONS (N=592) Age au rebond (en jours)	
	Modèles distincts <sup>a</sup>	Modèle complet <sup>b</sup>
<b>Temps passé en jeux extérieurs <sup>c</sup></b>		
Faible (Tertile 1)	ref	ref
Moyen (Tertile 2)	-36 (-136 à 63)	-21 (-121 à 79)
Elevé (Tertile 3)	-56 (-154 à 43)	-38 (-136 à 61)
<i>p-valeur</i>	0.53	0.75
<b>Temps passé devant la télévision</b>		
≤ 15 min par jour	ref	ref
] 15 ; 60 [	-19 (-116 à 78)	-6 (-104 à 91)
≥ 60 min par jour	-92 (-187 à 4)	-49 (-148 à 50)
<i>p-valeur</i>	0.14	0.58
<b>Profils alimentaires, score</b>		
«Aliments transformés ou type fast-food»	-43 (-84 à -2)	-26 (-70 à 18)
<i>p-valeur</i>	<b>0.042</b>	0.25
«Proche des recommandations»	24 (-17 à 66)	15 (-28 à 57)
<i>p-valeur</i>	0.25	0.50

<sup>a</sup> Les 3 comportements sont inclus dans 3 modèles séparés. <sup>b</sup> Les 3 comportements sont inclus simultanément dans un seul modèle ajusté sur le niveau d'études de la mère, le niveau de revenus du ménage à 2 ans et l'IMC maternel. <sup>c</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1) : printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min).

Chez les filles, dans le modèle simple, un score élevé sur le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» était associé à un âge au rebond plus précoce (Tableau XX).

Concernant le temps passé en jeux extérieurs et le temps passé devant la télévision, le 3<sup>ème</sup> tertile était associé à un rebond d'adiposité précoce. Cependant, ces associations s'atténaient après ajustement sur les autres variables du modèle multivarié.

Tableau XX : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'âge au rebond en continu chez les filles (les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%))

COMPORTEMENTS A 2 ANS	FILLES (N=533)	
	Age au rebond (en jours)	
	Modèles distincts <sup>a</sup>	Modèle complet <sup>b</sup>
<b>Temps passé en jeux extérieurs <sup>c</sup></b>		
Faible (Tertile 1)	ref	ref
Moyen (Tertile 2)	-18 (-122 à 85)	-8 (-111 à 96)
Elevé (Tertile 3)	-119 (-225 à -14)	-91 (-200 à 17)
<i>p-valeur</i>	0.065	0.21
<b>Temps passé devant la télévision</b>		
≤ 15 min par jour	ref	ref
] 15 ; 60 [	8 (-98 à 114)	17 (-89 à 124)
≥ 60 min par jour	-105 (-209 à -1)	-76 (-184 à 33)
<i>p-valeur</i>	0.066	0.21
<b>Profils alimentaires, score</b>		
«Aliments transformés ou type fast-food»	-53 (-100 à -7)	-35 (-84 à 14)
<i>p-valeur</i>	<b>0.025</b>	0.16
«Proche des recommandations»	1 (-44 à 45)	2 (-44 à 47)
<i>p-valeur</i>	0.98	0.95

<sup>a</sup> Les 3 comportements sont inclus dans 3 modèles séparés. <sup>b</sup> Les 3 comportements sont inclus simultanément dans un seul modèle ajusté sur le niveau d'études de la mère, le niveau de revenus du ménage à 2 ans et l'IMC maternel. <sup>c</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1) : printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min).

### b. L'âge au rebond dichotomisé au 10<sup>ème</sup> percentile

Lorsque l'âge au rebond d'adiposité était considéré de manière dichotomique, le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» était associé à un rebond d'adiposité précoce et cette association semblait persister après ajustement sur la position socio-économique et l'IMC maternel. Aucune association n'a été mise en évidence avec le temps passé en jeux extérieurs ou devant la télévision (Tableau XXI).

Tableau XXI : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'âge au rebond précoce (< 10<sup>ème</sup> percentile) (les valeurs sont des Odds Ratios (IC à 95%))

Comportements à 2 ans	Population d'analyse (N=1125) Age au rebond précoce <sup>a</sup> (N = 112)	
	Modèles distincts <sup>b</sup>	Modèle complet <sup>c</sup>
<b>Temps passés en jeux extérieurs<sup>d</sup></b>		
Faible (Tertile 1)	Ref	ref
Moyen (Tertile 2)	0.75 (0.46 à 1.23)	0.67 (0.40 à 1.11)
Elevé (Tertile 3)	1.00 (0.63 à 1.59)	0.83 (0.51 à 1.34)
<i>p-valeur</i>	0.43	0.30
<b>Temps passé devant la télévision</b>		
≤ 15 min par jour	Ref	ref
] 15 ; 60 [	1.35 (0.82 à 2.23)	1.19 (0.71 à 1.98)
≥ 60 min par jour	1.52 (0.94 à 2.47)	1.12 (0.67 à 1.86)
<i>p-valeur</i>	0.22	0.81
<b>Profils alimentaires, score</b>		
«Aliments transformés ou type fast-food»	1.31 (1.09 à 1.58)	1.22 (0.99 à 1.49)
<i>p-valeur</i>	<b>0.005</b>	0.060
«Proche des recommandations»	0.94 (0.76 à 1.15)	0.94 (0.76 à 1.16)
<i>p-valeur</i>	0.52	0.57

<sup>a</sup> L'âge au rebond précoce est défini comme inférieur au 10<sup>ème</sup> percentile soit 3.8 ans pour les garçons et 3.6 ans pour les filles. <sup>b</sup> Les 3 comportements sont inclus dans 3 modèles séparés ajustés sur le sexe. <sup>c</sup> Les 3 comportements sont inclus simultanément dans un seul modèle ajusté sur le niveau d'études de la mère, le niveau de revenus du ménage à 2 ans et l'IMC maternel. <sup>d</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1) : printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min).

## 4. Discussion

Notre étude suggère une association longitudinale inverse entre le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» et un âge au rebond d'adiposité précoce, semblant indépendante du temps passé en jeux extérieurs ou devant les écrans, ainsi que de la position socio-économique et de l'IMC maternel. Par ailleurs, cette étude ne met pas en évidence de relation claire entre le temps passé en jeux extérieurs ou devant les écrans et l'âge au rebond d'adiposité.

Il s'agit de la première étude qui analyse simultanément l'association entre les 3 comportements impliqués dans la balance énergétique et l'âge au rebond séparément chez les filles et les garçons. Comme dans de précédents travaux (Ip et al. 2017 ; Taylor et al. 2004; 2011), aucune association entre le temps passé en jeux extérieurs ou le temps passé devant les écrans à 2 ans n'a été mise en évidence avec l'âge au rebond d'adiposité. La très récente revue de la littérature menée chez les enfants de moins de 5 ans, ne montre pas d'association entre l'activité physique et l'adiposité y compris avec la méta-analyse étudiant l'effet des interventions de promotion de l'activité physique sur l'IMC (Carson et al. 2017). Les auteurs font l'hypothèse que l'activité physique n'est pas fortement associée à l'adiposité en particulier mesurée par l'IMC dans les premières années de la vie et que d'autres facteurs comme l'alimentation et le sommeil sont des prédicteurs plus importants dans ce groupe d'âge. Cette hypothèse est en partie étayée par les conclusions plus robustes de l'impact positif de l'activité physique sur des indicateurs de santé à évolution plus rapide comme le développement moteur, la santé psychosociale et le développement cognitif. En effet, pour que l'IMC soit impacté par l'activité physique, il faut que le poids diminue. Si l'activité physique entraîne une baisse de la masse grasse et une augmentation simultanée à peu près égale de la masse maigre, le poids ne varie pas. Ce n'est qu'au bout d'un certain délai que la baisse continue de la masse grasse et que la stabilisation de la masse maigre, entraînent une baisse du poids et

donc de l'IMC, d'où l'importance de mesures spécifiques de la masse grasse chez les jeunes enfants. Dans le chapitre 3, nous avons observé des associations longitudinales entre les comportements liés au mouvement à 2 ans et le pourcentage de masse grasse à 5 ans. Dans ce chapitre, nous avons défini un âge au rebond précoce intervenant vers 3.7 ans, soit 2 ans avant la mesure de la masse grasse. Le délai entre la mesure des comportements impliqués dans la balance énergétique et l'âge au rebond précoce ne permet peut-être pas d'accumuler suffisamment d'effet du temps passé en jeux extérieurs ou devant la télévision à 2 ans ; ce d'autant que le maintien au cours du temps de l'activité physique chez les jeunes enfants est faible (Jones et al. 2013). Néanmoins, chez les filles, nous constatons que dans les modèles distincts, les 3<sup>ème</sup> tertiles du temps passé en jeux extérieurs et devant la télévision étaient associés à un âge au rebond précoce, avec une tendance similaire concernant le 3<sup>ème</sup> tertile de temps passé devant la télévision chez les garçons. Ces associations ne persistaient pas après ajustement sur les comportements entre eux, la position socio-économique et l'IMC maternel. Concernant l'alimentation, nos résultats tendent à mettre en évidence une association négative entre le score sur le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» et l'âge au rebond en continu sur les modèles non ajustés d'une part et un âge au rebond d'adiposité précoce (dichotomisé au 90<sup>ème</sup> percentile) sans et avec ajustement d'autre part. Ces résultats sont concordants avec nos hypothèses initiales et avec les études précédemment menées qui montraient une association entre l'alimentation, au travers diverses mesures, et l'âge au rebond (Taylor et al. 2004 ; M. F. Rolland-Cachera et al. 1995 ; Dorosty et al. 2000 ; Ip et al. 2017). Néanmoins, les comparaisons entre les différentes études ne sont pas aisées en raison de l'hétérogénéité de l'évaluation de l'alimentation. En effet, les précédentes études se sont concentrées sur des groupes d'aliments ou de nutriments avec des résultats contradictoires, en particulier concernant l'association entre la consommation de protéines entre 0 et 2 ans et la précocité de l'âge au rebond (M. F. Rolland-Cachera et al. 1995 ; Dorosty et al. 2000 ; Taylor

et al. 2004 ; M. Rolland-Cachera, Akrouf, et Péneau 2016). Une étude récente retrouve une association entre l'apport énergétique moyen entre 3 et 24 mois et un âge au rebond précoce même après ajustement sur le niveau d'études et l'IMC de la mère chez des enfants ayant une prévalence très élevée de Spds-Ob (Ip et al. 2017). Par ailleurs, des associations ont également été mises en évidence avec un allaitement maternel de plus de 3 mois et un âge au rebond tardif (Taylor et al. 2005 ; Kang 2018). Les associations fréquemment établies entre l'alimentation et l'âge au rebond d'adiposité sont peut être liées au fait que la mise en place de l'alimentation commence dès la naissance (Luque et al. 2018). Les autres comportements impliqués dans la balance énergétique, comme l'activité physique qui émerge plutôt au moment de l'acquisition de la marche et l'exposition aux écrans, s'installent plus tardivement, même si l'exposition aux écrans est de plus en plus précoce. En plus de sa mise en place précoce, l'alimentation est plus stable entre 2 et 5 ans que les autres comportements, et cela a été également rapporté dans EDEN (Lioret et al. 2015). Ces 2 facteurs combinés suggèrent un effet plus constant et plus important de l'alimentation sur l'évolution de l'IMC, dès l'âge de 3,7 ans comme notre étude semble le mettre en évidence.

Par ailleurs, en cohérence avec la littérature (Ip et al. 2017 ; Dorosty et al. 2000 ; Péneau et al. 2016), notre étude confirme une association négative forte entre l'IMC maternel rapporté avant grossesse et l'âge au rebond d'adiposité dans les 2 sexes. Au-delà de sa composante génétique, l'IMC maternel reflète aussi en partie le mode de vie de la mère qu'elle transmet à son enfant dès sa naissance, par exemple au travers des choix alimentaires. Notre étude suggère également une association positive entre le niveau d'études de la mère et dans une moindre mesure, les revenus du foyer, et l'âge au rebond. Si la littérature n'est pas consensuelle sur ce sujet, (Dorosty et al. 2000 ; Ip et al. 2017), il est en revanche bien établi que la position socio-économique est très liée à l'alimentation avec une alimentation de moins bonne qualité chez les enfants de mères les moins éduquées (McPhie et al. 2014). Ces

associations entre l'alimentation et la position socio-économique et l'IMC maternel génèrent de la confusion résiduelle ce qui explique en partie la diminution de la taille de l'effet entre le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» et l'âge au rebond après ajustement sur ceux-ci. Néanmoins, les analyses sur l'âge au rebond dichotomisé au 10<sup>ème</sup> percentile mettent en évidence un risque accru de rebond précoce pour les enfants ayant un score plus élevé sur le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» avec un Odds ratios de 1.22 (IC 95% : 0.99 à 1.49) après ajustement.

En conclusion, notre étude a permis d'identifier un profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» qui semblerait plus à risque de rebond d'adiposité précoce, avec une force d'association plus faible après ajustement sur la position socio-économique et l'IMC maternel. En revanche, nous n'avons pas mis en évidence d'association claire entre le temps passé en jeux extérieurs ou devant la télévision avec l'âge au rebond d'adiposité. Pour les futures interventions de prévention contre le Spds-Ob pédiatrique, il est donc important de cibler préférentiellement les familles ayant une position socio-économique défavorisée avec des mères en surpoids ou obèses. Les interventions devront porter sur la promotion d'une alimentation proche des recommandations pour les enfants et leur famille, le plus tôt possible, idéalement avant 2 ans, voire en pré-conceptionnel, afin de diminuer l'IMC maternel avant la grossesse.



## Discussion générale

---

## 1. Synthèse des résultats principaux

Cette thèse a porté sur l'étude de l'association entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et le risque de Spds-Ob ultérieur, séparément chez les filles et les garçons de la cohorte de naissance EDEN.

Dans la première analyse, les comportements liés au mouvement (activité physique et exposition aux écrans) mesurés à 2 ans sont prédictifs de la masse grasse à 5 ans, même si les comportements prédictifs diffèrent selon le sexe. Dans la deuxième analyse, les clusters identifiés à 2 ans sont principalement caractérisés par des variables alimentaires, notamment par la consommation d'aliments de forte densité énergétique et de boissons sucrées. Ils ne sont pas prédictifs de la masse grasse à 5 ans. Ce résultat est cohérent avec la première analyse qui ne mettait en évidence aucune association entre les profils alimentaires à 2 ans et la masse grasse à 5 ans. Les comportements liés au mouvement deviennent centraux dans la caractérisation des clusters à 5 ans. Relativement aux autres comportements étudiés, les comportements liés à l'alimentation sont ceux qui se mettent en place le plus tôt dans la vie (Luque et al. 2018 ; Lioret et al. 2015), ce qui peut expliquer en partie pourquoi c'est l'alimentation qui différencie et partitionne le mieux les enfants à 2 ans dans l'analyse en clusters. Les comportements liés au mouvement pris en compte dans cette thèse se mettent en place plus tardivement, entre 2 et 5 ans, lorsque l'enfant devient plus autonome grâce à l'acquisition de la marche et aussi plus exposé aux écrans.

L'analyse en clusters a révélé que les différents comportements impliqués dans la balance énergétique se combinaient de façon complexe et différente selon le sexe, et que les typologies des enfants évoluaient beaucoup entre 2 et 5 ans. L'étude de l'évolution des enfants entre les clusters identifiés à 2 ans et ceux identifiés à 5 ans a cependant montré que lorsqu'un enfant appartenait à un cluster caractérisé par une alimentation de plus forte densité

énergétique à 2 ans, il avait un risque accru d'appartenir à un cluster caractérisé par une surexposition à la télévision à 5 ans ; il tendait aussi à conserver des habitudes de repas défavorables (consommation de boissons sucrées et télévision allumée pendant les repas) prises dès 2 ans. Néanmoins ce n'était pas systématique et, par exemple, une part importante des enfants qui appartenaient au cluster caractérisé par une alimentation plus favorable à 2 ans (40%) ont eux aussi évolué vers les clusters caractérisés par une surexposition à la télévision à 5 ans. La diversité des 'chemins' d'évolution comportementale des enfants entre 2 et 5 ans, notamment en ce qui concerne l'usage des écrans, peut expliquer en partie l'absence d'association longitudinale entre les clusters à 2 ans (essentiellement alimentaires) et la masse grasse à 5 ans.

A 5 ans, les clusters de filles se distinguent essentiellement par des profils d'activité spécifiques, qui correspondent à différentes combinaisons de niveau d'exposition à la télévision et de temps passé en activité physique à l'extérieur (jeux et marche). Ces clusters ont permis de différencier des groupes de filles ayant des pourcentages de masse grasse différents. En particulier, celles appartenant au cluster 'Exposition TV élevée – peu d'AP en extérieur', le plus important en termes d'effectif (43% des filles en font partie), avaient un pourcentage de masse grasse plus élevé que celui des filles du cluster de référence défini par une exposition à la télévision modérée et des temps de jeux/marche en extérieur relativement élevés. Ces résultats vont dans le sens de ceux observés dans la première analyse, qui montraient que les filles qui passaient le moins de temps en jeux extérieurs à 2 ans avaient un pourcentage de masse grasse plus élevé à 5 ans. Ils tendent également à corroborer l'hypothèse selon laquelle le temps passé devant la télévision remplace chez beaucoup d'enfants du temps de jeux extérieurs, ce qui contribuerait à expliquer l'association positive qui a été observée de façon assez constante chez le jeune enfant entre le temps passé devant la télévision et l'IMC ou le risque de Spds-Ob (Cox et al. 2012 ; Dietz 2001). Cependant, cette

hypothèse est controversée (S. J. Biddle et al. 2004), et nos résultats montrent que ce phénomène de ‘remplacement’ n’est pas systématique et qu’un temps de jeux extérieurs élevé peut coexister avec un temps de télévision élevé chez certains enfants. Ce type de profils d’activité ‘mixtes’, c’est-à-dire combinant à la fois beaucoup d’activité physique et beaucoup de temps sédentaires (ou le contraire) a été fréquemment observé dans d’autres études de clusters réalisées chez des enfants plus grands ou des adolescents (Leech, McNaughton, et Timperio 2014 ; Ferrar et al. 2013 ; Parker et al. 2019). De plus, nos résultats montrent que les filles du cluster mixte ‘Exposition TV très élevée – beaucoup d’AP en extérieur’, bien que relativement peu nombreuses (7% des filles), étaient celles qui avaient le pourcentage de masse grasse le plus élevé. Sur le plan clinique, la différence de pourcentage de masse grasse entre ce cluster et le cluster de référence est significative, puisqu’elle représente une augmentation de pourcentage de masse grasse d’environ 10% par rapport au pourcentage moyen de masse grasse parmi les filles de la population d’étude. Ces résultats soulignent la pertinence d’examiner le profil d’activité des enfants de façon plus complète, en prenant notamment en compte simultanément le temps passé en activités extérieures et le temps passé devant la télévision, pour mieux distinguer des sous-groupes d’enfants ayant des niveaux de risque différents.

Les raisons qui pourraient expliquer le pourcentage de masse grasse plus élevé dans le cluster ‘Exposition TV très élevée – beaucoup d’AP en extérieur’ ne sont néanmoins pas claires. Les résultats suggèrent que les filles appartenant à ce cluster vivent majoritairement dans des familles moins favorisées sur le plan socio-économique et culturel, comme indiqué par la proportion importante (50%) de filles dont les mères n’avaient pas le baccalauréat. On notera que le cluster mixte qui présente les caractéristiques comportementales opposées (‘Exposition TV faible – peu d’AP en extérieur’) est à l’extrême opposé en termes de masse grasse et de statut socio-économique. Ces observations, combinées aux données de la littérature

concernant les normes et pratiques parentales liées à l'activité physique et à l'usage de la télévision dans différents milieux socio-culturels (Xu, Wen, et Rissel 2015 ; O'Connor et al. 2013 ; K. Hesketh et al. 2007), nous ont conduit à faire l'hypothèse que les filles du cluster 'Exposition TV très élevée – beaucoup d'AP en extérieur' étaient probablement globalement moins actives physiquement ou plus sédentaires que les filles des autres clusters, en particulier celles du cluster mixte opposé. Par exemple, il a été montré que les jeunes enfants, et notamment les filles, avaient besoin des encouragements de leurs parents pour s'engager dans des jeux 'actifs' en extérieur (Boxberger et Reimers 2019). En outre, il semblerait que les mères les moins éduquées encouragent moins leurs enfants à être physiquement actifs (Wijtzes et al. 2014). Dans les milieux moins aisés, les parents ont également moins tendance à fixer des règles pour limiter le temps que leurs enfants passent à regarder la télévision (De Decker et al. 2012).

Nos résultats suggèrent que les filles qui étaient le plus à risque d'accumuler de la masse grasse en quantité excessive sont celles qui avaient déjà ce profil d'activité mixte à 2 ans. A cet âge, les filles qui présentaient ce profil d'activité avaient également une alimentation plus éloignée des recommandations que les autres filles. Cependant, nos résultats n'apportent pas de preuve claire d'un effet délétère d'une exposition cumulée et continue dans le temps à une alimentation défavorable combinée à un comportement moins actif ou plus sédentaire, dans la mesure où les fréquences de consommation d'aliments/boissons à forte densité énergétique ne constituaient plus des éléments distinctifs des clusters à 5 ans. On notera cependant que ce chemin d'évolution comportementale à plus haut risque d'accumulation excessive de masse grasse est caractérisé par le maintien de mauvaises habitudes de repas (télévision allumée pendant le repas et consommation de boissons sucrées à table) depuis l'âge de 2 ans. Or, chez les enfants plus grands, ces mauvaises habitudes de repas ont été trouvées constamment

associées non seulement à un temps de télévision plus élevé, mais aussi à une alimentation de moins bonne qualité (caractérisée par une consommation plus élevée d'aliments de forte densité énergétique et de boissons sucrées et une consommation moins élevée de fruits et de légumes) aussi bien chez le jeune enfant que chez l'enfant plus grand (Avery, Anderson, et McCullough 2017 ; Mazarello Paes et al. 2015 ; Patrick et Nicklas 2005). Nos résultats suggèrent par ailleurs que les petites filles de milieux sociaux plus défavorisés sont celles qui sont le plus à risque d'emprunter ce chemin obésogène, qui est caractérisé par une surexposition à la télévision dès 2 ans atteignant des niveaux clairement excédentaires par rapport aux recommandations à 5 ans (World Health Organization 2019), et qui semble favorisé par l'exposition dès leur plus jeune âge à un contexte familial de repas défavorable. Ce résultat est conforme à ceux de multiples autres études en santé des populations qui constatent que le cumul d'exposition à des conditions de vie défavorables très tôt dans la vie produit des inégalités sociales relatives aux comportements de santé tels que l'activité physique (Expertise collective INSERM 2008) qui se traduisent par des inégalités sociales de santé, en termes de Spds-Ob en particulier (Chardon et al. 2015; Chung et al. 2016).

Chez les garçons, la première analyse a montré qu'un temps plus élevé passé devant la télévision à 2 ans était associé à un pourcentage de masse grasse plus élevé à 5 ans. Le temps passé devant la télévision était par ailleurs associé positivement au profil alimentaire 'Aliments transformés ou type fast-food'. Cette association préfigurait l'émergence d'une typologie combinant une surexposition à la télévision et des habitudes alimentaires défavorables, typologie qui semble plus fermement installée à 5 ans, comme le montrent les résultats de l'analyse en clusters. Néanmoins, les garçons de 5 ans appartenant au cluster 'Exposition TV élevée – habitudes alimentaires défavorables' n'avaient pas une masse grasse plus importante que les garçons appartenant au cluster ayant des caractéristiques opposées.

Par ailleurs, l'étude des chemins d'évolution comportementale des garçons entre 2 et 5 ans a montré que, quel que soit le cluster de départ (c'est-à-dire que les enfants aient des habitudes alimentaires favorables ou défavorables à 2 ans), c'est le fait d'évoluer vers le cluster caractérisé par une surexposition à la télévision à 5 ans qui semble être l'élément le plus déterminant par rapport au développement de la masse grasse chez les garçons. Globalement, ces résultats suggèrent qu'une surexposition à la télévision pendant la petite enfance joue un rôle prépondérant par rapport au risque d'accumulation excessive de masse grasse chez les petits garçons. Comme chez les filles, on peut penser que l'effet cumulé et potentiellement synergique d'une surexposition à la télévision combinée à de moins bonnes habitudes alimentaires (en particulier, une fréquence de consommation élevée de boissons sucrées et d'aliments à forte densité énergétique, combinée à des habitudes de repas défavorables et à une fréquence élevée de grignotage en dehors des repas) aura plus de chance de s'exprimer sur le plus long terme, et ce d'autant que les garçons sont globalement plus actifs et ont relativement moins de masse grasse que les filles à 5 ans (Hinkley et al. 2008 ; Bingham et al. 2016). On notera qu'à 2 ans, le temps passé devant la télévision et le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» étaient tous deux négativement associés au niveau d'études de la mère ; en outre à 5 ans, les garçons du cluster 'Exposition TV élevée – habitudes alimentaires défavorables' avaient plus de risque d'avoir une mère moins éduquée, ce qui a souvent été observé dans les études qui ont mis en évidence un cluster de ce type ou un profil 'TV – snacking' chez les enfants, y compris les plus jeunes (Miguel-Berges et al. 2017 ; Leech, McNaughton, et Timperio 2014 ; Gubbels et al. 2009 ; 2011; Lioret et al. 2008).

On notera que les variables relatives au sommeil ont peu fréquemment contribué à définir les clusters d'enfants et que, lorsqu'elles étaient discriminantes, leur pouvoir discriminant était toujours relativement faible (inférieur à 5%). Néanmoins, les typologies comportementales

impliquant le sommeil qui ont été trouvées étaient cohérentes avec les données de la littérature concernant les interrelations entre le sommeil et les autres comportements impliqués dans la balance énergétique. En effet, une durée de sommeil courte coexistait avec une exposition plus élevée à la télévision, une alimentation plus éloignée des recommandations et un grignotage plus fréquent chez les garçons à 5 ans (J.-P. Chaput et al. 2017 ; Carson, Tremblay, et Chastin 2017 ; Plancoulaine et al. 2015). De même, des heures de coucher et lever irrégulières coexistaient avec une exposition plus élevée à la télévision et une alimentation plus éloignée des recommandations chez les filles à 2 ans (Miller et al. 2019).

Dans la troisième analyse qui s'intéressait à l'effet des trois principaux comportements impliqués dans la balance énergétique sur l'âge au rebond d'adiposité, seule l'alimentation, et plus spécifiquement le profil alimentaire «Aliments transformés ou type fast-food» à 2 ans, semblait être associé à un âge au rebond plus précoce dans les 2 sexes. L'augmentation d'IMC au moment du rebond d'adiposité correspond avant tout à une augmentation du poids, qui serait dû essentiellement à une augmentation de la masse grasse (Taylor et al. 2011). Le rôle des comportements impliqués dans la balance énergétique sur les modifications de la composition corporelle et les changements d'IMC au moment du rebond d'adiposité n'est cependant pas clairement élucidé (Atkin et Davies 2000 ; Janz et al. 2017 ; Butte et al. 2016). Il est possible que nos résultats reflètent le fait que les habitudes alimentaires se mettent en place plus précocement que les comportements actif ou sédentaire (Luque et al. 2018 ; Lioret et al. 2015). Ainsi, chez les enfants qui ont eu un âge au rebond d'adiposité précoce (autour de 3,7 ans au lieu de 5-6 ans), l'alimentation aurait eu plus de temps pour entraîner un gain de poids que l'activité physique ou la sédentarité. L'absence de lien longitudinal entre une alimentation à forte densité énergétique et le pourcentage de masse grasse à 5 ans pourrait s'expliquer par le fait que, sur cette tranche d'âge, un excédent énergétique entraîne un gain

de poids sans pour autant modifier la composition corporelle, c'est-à-dire la contribution relative de la masse maigre et de la masse grasse au poids (Atkin et Davies 2000).

Finalement, les trois principaux comportements impliqués dans la balance énergétique, à savoir l'activité physique, l'exposition à la télévision et l'alimentation, coexistent et semblent influencer le risque de Spds-Ob, mais avec une temporalité différente, sur des marqueurs de risque distincts et variables en fonction du sexe de l'enfant et de son origine sociale. Cela nous invite à mettre en place des stratégies de prévention du Spds-Ob intégrant tous les comportements impliqués dans la balance énergétique et ce le plus précocement possible, afin de différer le rebond d'adiposité et de limiter l'accumulation de masse grasse dans la petite enfance.

## 2. Forces et limites

### 1. Originalités des travaux

L'originalité principale de cette thèse repose sur l'approche multi-comportementale de la balance énergétique dès l'âge de 2 ans, séparément chez les filles et les garçons au travers de deux approches : l'approche par comportement et l'approche par clusters. Ces deux approches sont complémentaires, l'une éclairant l'autre. En effet, l'état de la question avait fait le constat du faible nombre d'études menées chez les moins de 5 ans prenant simultanément en compte tous les comportements. De plus, de nombreuses différences sont observées entre les résultats chez les filles et chez les garçons, bien que des similitudes existent. L'approche stratifiée sur le sexe apporte une réelle valeur ajoutée à ces travaux, car elle permet de mettre en évidence des différences comportementales très précoces et des leviers d'action ou d'intervention de prévention du Spds-Ob différents selon le sexe.

Une autre originalité de ces travaux réside dans les différentes approches du risque de Spds-Ob. L'étude de la masse grasse à 5 ans et de l'âge au rebond d'adiposité sont complémentaires et incitent également à avoir une approche complète et intégrée de tous les comportements impliqués dans la balance énergétique pour prévenir le risque de Spds-Ob, chaque comportement étant important car impactant le risque de Spds-Ob à des moments différents et de façon différente.

De plus, les données d'EDEN permettent d'avoir accès à de nombreuses variables relatives aux comportements impliqués dans la balance énergétique avec des éléments à la fois quantitatifs et contextuels ; ces derniers étant rarement pris en compte alors qu'ils constituent des cibles de prévention intéressantes. En outre, la richesse des données recueillies dans la cohorte EDEN permet une évaluation précise de la masse grasse via la mesure standardisée du poids, de la taille, des plis cutanés et de la résistance des tissus par impédancemétrie, qui est bien plus spécifique de l'adiposité que la mesure de l'IMC. Le recueil régulier de données anthropométriques dans les questionnaires ainsi que les examens cliniques répétés ont permis à la fois la modélisation du poids, de la taille et de l'IMC pour la majorité des enfants suivis et par extension de l'âge au rebond d'adiposité. Enfin, les données issues de la cohorte EDEN, nous ont permis d'avoir une approche longitudinale, essentielle pour approcher un lien de causalité.

La méthode innovante de constitution des clusters est une autre originalité de ce travail. Elle permet la constitution de clusters à partir de données à la fois quantitatives et qualitatives, binaire, ordinale ou nominale, sans modification préalable des données, à l'inverse des méthodes de constitution de clusters à base géométrique comme les 'k-means' qui nécessitent une standardisation des données, les unités des variables influençant la géométrie de la partition. Aussi, contrairement aux méthodes plus classiques d'élaboration de profils (comme l'ACP ou les 'k-means'), elle permet une sélection du nombre de clusters sur un critère

objectif, le BIC. De plus, simultanément à la constitution des clusters, elle procède à la sélection des variables discriminantes pour la partition, ce qui permet d'inclure un nombre plus élevé de variables potentiellement discriminantes, sans complexifier l'interprétation finale des clusters. Cette sélection de variables aboutit au calcul du pouvoir discriminant des variables retenues, ce qui permet de hiérarchiser la contribution de chacune dans la différenciation des sous-groupes d'enfants. Cette méthode permet également la prise en compte des individus ayant des données manquantes pour certaines variables sans imputation préalable, ce qui est un atout pour la puissance des analyses ainsi que par rapport au biais de sélection. Enfin, cet algorithme donne les probabilités d'appartenance de chaque individu à chacun des clusters identifiés, ce qui permet de vérifier a posteriori la qualité de la répartition des individus au sein de chaque cluster.

## 2. La problématique attrition

Les études de cohorte sont confrontées à la problématique d'attrition différentielle, qui s'ajoute au biais de sélection engendré par les refus de participer, plus fréquent dans les milieux socioéconomiques plus défavorisés. En effet, comme évoqué dans le chapitre 2, lors de la comparaison avec l'enquête périnatale de 2003, les mères incluses dans la cohorte EDEN présentent un niveau d'étude plus élevé et ne sont donc pas représentatives de la population générale (Heude et al. 2016). L'attrition au sein de la cohorte EDEN est en outre socialement différenciée. Comme rapporté dans les chapitres 3, 4 et 5, nos analyses ont été menées chez des enfants ayant des mères plus éduquées et plus âgées, plus fréquemment primipares et vivants au sein de foyers aux revenus plus élevés relativement aux enfants non inclus dans nos analyses. Plusieurs études suggèrent néanmoins que le manque de représentativité n'a généralement qu'une faible influence sur les tests d'association (Nohr et al. 2006; Nilsen et al. 2009). Ce biais de sélection a néanmoins réduit la variabilité des

facteurs socio-économiques dans notre population. Ainsi, le très faible effectif du cluster ‘Exposition TV très élevée-Activité physique extérieure élevée’ identifié chez les filles à 5 ans est probablement dû au fait que la sous-population de familles plus modestes est sous-représentée. De plus, le faible effectif de famille monoparentale dans EDEN, moins de 3% (Camara, S. et al. 2015), n’a pas permis d’étudier ce facteur important de la composition du ménage. Or c’est une caractéristique sociale souvent associée à la pauvreté, avec des conséquences importante sur leur santé et leur réussite scolaire (Walker, Crawford, et Taylor 2008; Roy et Raver 2014).

Par ailleurs, les comportements impliqués dans la balance énergétique sont quasi constamment associés au niveau d’études de la mère, l’attrition socialement différenciée a réduit la variabilité de ces comportements. Ce manque de contraste a pu contribuer à l’absence d’association constatée par exemple entre l’alimentation et la masse grasse (Camara, S. et al. 2015).

Il existe également un gradient social du Spds-Ob chez les enfants (Chardon et al. 2015). La sous-représentation des familles les plus vulnérables dans la cohorte EDEN, comme l’indique également la relative faible prévalence du Spds-Ob à 5 ans en particulier chez les garçons (5,7% chez les garçons et 9,7% chez les filles). En effet, dans l’étude de la DRESS de 2013, menée chez les enfants de grande section de maternelle, âgés d’en moyenne de 5-6 ans, la prévalence du Spds-Ob était de 12%, avec une prévalence plus élevée chez les filles (14%) versus 10% chez les garçons. Il en est de même si on compare avec la prévalence observée dans l’étude INCA 2, contemporaine d’EDEN, qui s’élevait à 14,2% de Spds-Ob chez les enfants âgés de 3 à 10 ans. Cette faible prévalence de Spds-ob dans EDEN contribue probablement à atténuer certaines associations étudiées dans cette thèse, par manque de puissance.

### 3. Limites de la mesure des comportements

Toutes les variables comportementales sont issues des questionnaires postaux remplis par les parents aux 2 et 5 ans de l'enfant. Ce mode de recueil subjectif induit des erreurs de mesures (biais de précision). Il est donc possible que les comportements d'exposition aux écrans ou la consommation d'aliments non recommandés aient été sous-estimés, du fait d'un biais de mémoire et/ou d'un biais de désirabilité sociale. Les variables recueillies pour décrire les comportements de mouvement sont très souvent spécifiques d'un contexte précis, comme le sont par exemple le temps passé en jeux extérieurs ou la présence de la télévision pendant les repas. Afin d'évaluer plus objectivement l'activité physique des enfants, des mesures par accélérométrie auraient été préférables. L'accélérométrie permet une évaluation quantitative précise de l'activité physique à différents niveaux d'intensité. Cela aurait notamment permis chez les filles à 5 ans de comparer les niveaux moyens d'activité dans les différents clusters, en particulier dans les deux clusters d'activités mixtes. En effet, ces 2 clusters mixtes ont des pourcentages de masse grasse opposés, que nous expliquons par le fait qu'il est probable que leur temps passé en jeux extérieurs ne reflète en réalité pas leur niveau global d'activité physique, en particulier modérée à vigoureuse, du fait des interrelations complexes avec le niveau d'études de la mère. De plus, l'accélérométrie permettrait d'évaluer objectivement le temps sédentaire total que nos variables ne permettent pas d'évaluer. Cependant, compte tenu de l'importance du temps passé devant les écrans et des variables contextuelles autour des repas, une approche uniquement quantitative aurait été insuffisante. Il serait donc pertinent de développer des études avec des approches mixtes, quantitatives objectives et contextuelles, afin de pouvoir cibler des groupes d'enfants à risque d'obésité et de délivrer des messages de prévention adaptés en fonction des comportements et de leur contexte. L'accélérométrie restant une méthode coûteuse, tant dans sa mise en œuvre que financièrement, sa mise en place dans des grandes études de cohorte reste complexe.

En plus des imprécisions de mesure des comportements, une autre limite à l'extrapolation des résultats aux générations actuelles est celle de l'évolution de ces comportements depuis leurs recueils dans la fin des années 2000, en particulier en ce qui concerne l'exposition aux écrans. En effet, la dernière décennie a été marquée par un recours de plus en plus fréquent et précoce à des écrans individuels et mobiles comme les tablettes, smartphones ou encore les consoles de jeux vidéos portatives. La question relative à l'exposition aux écrans posée dans le questionnaire EDEN ne permet pas de distinguer les différents temps d'exposition aux différents écrans. Cependant, si l'on compare avec les données d'exposition aux écrans à 2 ans de la récente cohorte ELFE (Etude Longitudinale Française depuis l'Enfance), on constate que l'écran le plus fréquemment utilisé reste de loin la télévision avec 67,7% des enfants qui visionnent quotidiennement la télévision, contre 63,9% des enfants qui n'utilisent jamais de tablettes ou de consoles de jeux et 73,6% des enfants qui n'utilisent jamais de smartphone (Gassama et al. 2018).

#### 4. Limites des mesures de l'adiposité

Une des grandes richesses des données issues de la cohorte EDEN sont les examens cliniques des enfants à 1 an, 3 ans et 5 ans qui permettent une évaluation anthropométrique standardisée. A 5 ans, l'impédancemétrie a apporté une précision supplémentaire importante. Les mesures anthropométriques complémentaires des plis cutanés et de la résistance des tissus par impédancemétrie ont permis en plus de la mesure de l'IMC, l'évaluation de la masse grasse des enfants. Cependant, un des écueils de l'évaluation de la masse grasse est l'absence d'équation de référence, en particulier en population pédiatrique, où l'âge, le sexe et l'ethnie ont une grande influence. Même si les analyses de sensibilité menées au chapitre 3 avec les 3 équations de calcul de la masse grasse différentes sont rassurantes, des erreurs de classement demeurent possibles. De plus, une des limites de la mesure de la masse grasse est l'âge auquel

elle a été évaluée, 5.6 ans en moyenne, ce qui correspond à l'âge moyen au rebond d'adiposité dans EDEN. Ceci est problématique car cet âge correspond au minimum de masse grasse de l'enfant, particulièrement basse chez les garçons. Il est donc possible que ceci diminue la variabilité de la masse grasse rendant plus difficile la mise en évidence d'une association avec les comportements impliqués dans la balance énergétique, en particulier chez les garçons.

Concernant l'âge au rebond, la problématique est principalement liée à la définition d'un âge au rebond précoce. En effet, la définition de l'âge au rebond comme étant la ré-ascension de la courbe d'IMC vers 5-6 ans est communément admise, et les méthodes de détection, par lecture des courbes ou par calcul des dérivées de la courbe d'IMC, se sont diversifiées et perfectionnées. Néanmoins, persiste la question de la définition du seuil pour parler d'âge précoce au rebond d'adiposité. Cette absence de seuil communément admis complexifie la comparaison des études entre elles. A l'avenir, il serait important de déterminer des seuils internationaux en fonction des différents déterminants (sexe, ethnie...).

### 3. Perspectives de recherches

Nos travaux sont originaux en raison de l'approche par sexe ayant permis d'identifier de nombreux résultats différentiels au travers des différentes analyses, et également du fait de la mesure très précoce des comportements impliqués dans la balance énergétique avec un suivi longitudinal permettant de couvrir une période clé du développement de l'enfant.

Afin d'apporter une validité externe à nos résultats, il serait intéressant de reproduire ces travaux dans d'autres cohortes. Idéalement, il faudrait que ces cohortes soient plus représentatives de la population générale, afin de permettre une généralisation des résultats. De plus, la population d'étude devrait être plus socialement différenciée avec une représentation suffisante des familles les plus modestes qui sont à la fois plus à risque de Spds-Ob et également plus exposées aux écrans et à une alimentation loin des

recommandations. Il faudrait également des mesures objectives à la fois des comportements impliqués dans la balance énergétique et de l'adiposité. La cohorte ELFE permettrait de remplir nombre de ces critères. En effet, il s'agit d'une cohorte d'envergure nationale comprenant près de 20 000 enfants qui vont être suivis de la naissance à l'âge adulte en utilisant une approche multidisciplinaire afin de mieux caractériser la relation entre les expositions environnementales et le contexte socio-économique sur la santé et les comportements. Le plan d'échantillonnage a permis d'inclure une population représentative de la population française avec une possibilité de participation des familles ne parlant pas ou n'écrivant pas le français, sous réserve que la mère lise l'arabe, le turc ou l'anglais. Des investigations relatives à la construction de l'identité sexuelle des enfants sont prévues au travers, par exemple, de l'étude de l'environnement immédiat de l'enfant comme les jouets ou la littérature auxquels il est exposé (Vandentorren et al. 2009). En outre, des mesures d'accélérométrie ont été effectuées dans un sous-échantillon d'environ 500 enfants de cette population à l'âge de 3,5 ans, permettant la mesure objective de l'activité physique, de la sédentarité totale et de la durée de sommeil en plus des données recueillies par questionnaires ou entretien téléphonique. Les données de la cohorte ELFE devraient permettre de mieux comprendre les associations entre les comportements impliqués dans la balance énergétique et le Spds-Ob en fonction du sexe de l'enfant et de la position socio-économique de ses parents. Par ailleurs, compte tenu de l'importance de la position socio-économique des parents dans nos travaux, il semble primordial de mener des recherches sur les pratiques parentales en fonction de la position socio-économique des parents mais également en fonction du sexe de l'enfant idéalement avec des méthodes qualitatives, afin de mieux comprendre les associations observées dans ces travaux. En 2012, en Australie, Hesketh et al. ont mené une étude qualitative par focus groupes auprès de 16 groupes de parents, une moitié était composée de 'nouveaux' parents (enfants de moins de 12 mois) et l'autre moitié de parents

d'enfants d'âge préscolaire (3 à 5 ans). Les objectifs de cette étude étaient de : (1) comprendre les points de vue et les attentes des 'nouveaux' parents à l'égard de l'activité physique des enfants et du temps passé devant les écrans, avant que leurs nourrissons ne mettent en place ces comportements et (2) comparer ces points de vue avec ceux des parents d'enfants d'âge préscolaire, dont les enfants ont déjà commencé à adopter des habitudes comportementales relatives à l'activité physique et au temps passé devant les écrans (K. D. Hesketh, Hinkley, et Campbell 2012). Les auteurs ont observé que les parents croyaient généralement que les enfants étaient naturellement actifs, ce qui pouvait les empêcher de s'engager dans des stratégies actives de promotion de l'activité physique de leur enfant. Bien que les parents des deux groupes d'âge partageaient de nombreux points de vue généraux concernant l'activité physique et le temps passé devant les écrans de leurs enfants, certains leviers et certains freins différaient selon l'âge de l'enfant. Alors que la plupart des nouveaux parents semblaient plutôt enthousiastes vis à vis de leur capacité à influencer ces comportements, de nombreux parents d'enfants d'âge préscolaire semblaient plus résignés aux stratégies qui fonctionnaient pour eux, même s'ils savaient que de telles stratégies n'étaient pas idéales. Ces différences observées en fonction de l'âge de l'enfant incitent à reproduire ce type d'étude en fonction du sexe de l'enfant et également du statut socio-économique de la famille.

A l'époque du tout numérique, compte tenu des résultats liés à l'exposition à la télévision et au développement grandissant des nouveaux types d'écran (Radesky, Schumacher, et Zuckerman 2015), il paraîtrait intéressant de mener des études équivalentes en fonction des différents types d'écran en particulier les écrans mobiles, comme les tablettes et les smartphones qui sont très accessibles aux jeunes enfants et dont l'usage est de plus en plus fréquent sur cette tranche d'âge (Bentley, Turner, et Jago 2016).

#### 4. Implications pour la pratique clinique quotidienne et la prévention

Compte tenu des associations avec le Spds-Ob rapportées dans ces travaux, il est essentiel que les professionnels de santé et en particulier les médecins généralistes et les pédiatres qui accompagnent le développement des jeunes enfants s'interrogent sur ces comportements et sensibilisent les parents à la question. Dans le cadre du suivi de l'enfant, l'alimentation et les recommandations qui s'y rapportent sont naturellement abordées avec les parents au moment de l'allaitement, du sevrage ou de la diversification alimentaire. Il en est de même pour le sommeil dont la mise en place peut être laborieuse chez certains enfants. Les professionnels de santé constituent alors des ressources précieuses pour les parents.

Concernant l'activité physique ou l'exposition aux écrans, l'abord de ces sujets est beaucoup moins systématique. La croyance populaire qui consiste à penser que les jeunes enfants sont tous naturellement actifs a été remise en cause par de nombreuses études internationales (J. A. Hnatiuk et al. 2019 ; Hinkley et al. 2012 ; Kuzik et al. 2017 ; Van Hecke et al. 2016), mais reste largement répandue chez les parents (K. D. Hesketh, Hinkley, et Campbell 2012). Alors que l'activité physique chez les enfants de moins de 5 ans est primordiale pour un développement cognitif et moteur optimal, ainsi que pour une bonne santé cardio-métabolique et psycho-sociale (Carson et al. 2017). Nos travaux apportent des éléments de preuve supplémentaires concernant le risque de Spds-Ob en particulier chez les filles.

Concernant l'exposition aux écrans, dans notre population EDEN plutôt socialement favorisée, un tiers des enfants dépassait la limite recommandée à l'âge de 2 ans par l'organisation mondiale de la santé (World Health Organization 2019). Depuis le recueil des données EDEN, les tentations en termes d'écrans n'ont cessé de s'accroître pour les jeunes enfants. En 2018, un rapport du Conseil supérieur de l'audiovisuel observe que le nombre d'écrans par foyer permettant de regarder une vidéo est de 5.6 en moyenne (Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA) 2018). Nos résultats montrent que des temps de visionnage de

télévision supérieurs aux recommandations internationales sont associés à un risque accru de Spds-Ob.

Il est important que les professionnels de santé et en première ligne les médecins généralistes et les pédiatres, qui sont au contact des jeunes parents, promeuvent les recommandations relatives à l'activité physique et à l'exposition aux écrans. Les médecins de par leur approche holistique de l'enfant et de sa famille, devraient les accompagner et les guider dans la mise en place de ces recommandations, dès le plus jeune âge, en évitant d'être dans le jugement ou d'être trop normatifs, mais au contraire en adaptant les recommandations à l'environnement social, économique et culturel de l'enfant et de sa famille. Par exemple ils pourraient questionner les parents sur le temps que passe l'enfant devant les écrans, et à jouer dehors, en les encourageant plutôt à favoriser les jeux extérieurs, avec les parents, en particulier pour les petites filles. Il apparaît essentiel de les guider dans l'établissement de règles autour des écrans comme l'absence de télévision pendant les repas ou, si cela n'est pas envisageable, en réduisant l'exposition aux écrans de l'enfant à un usage familial, support de dialogue entre les membres de la famille.

Les habitudes alimentaires se mettent en place dès la première année de vie et perdurent au cours de l'enfance, tout en étant fortement différenciées socialement. Il est donc essentiel d'accompagner les parents dans la mise en place de pratiques alimentaires en adéquation avec les recommandations dès le choix du type d'alimentation lactée jusqu'à la diversification alimentaire et au-delà, en particulier dans les milieux les plus vulnérables. Nos résultats ainsi que d'autres précédemment rapportés dans EDEN nous incitent à intervenir très précocement probablement avant 2 ans, voire dès la grossesse. (Lioret et al. 2015 ; Ballon et al. 2018 ; Camara, S. et al. 2015). L'effet cumulé d'une mauvaise alimentation impacte le risque de Spds-Ob directement et via les interrelations avec les autres comportements de la balance énergétique.

De plus, le contexte des repas semble pivot dans les leviers d'intervention via la consommation des boissons sucrées à table ou la télévision allumée pendant les repas. Ces comportements sont directement sous le contrôle des parents et les professionnels de santé ont un rôle informatif et incitatif à jouer dans ce domaine pour promouvoir des habitudes de repas saines dès le plus jeune âge, au-delà des recommandations nutritionnelles qui impactent essentiellement le contenu de l'assiette.

La position socio-économique des parents influence le risque de Spds-Ob de l'enfant ainsi que le risque d'avoir des habitudes comportementales favorisant l'excédent énergétique. Il appartient donc aux professionnels de santé de délivrer des messages adaptés aux différentes familles et de les aider à mettre en place les recommandations en termes d'activité physique et d'alimentation. Les professionnels devront être particulièrement attentifs à l'exposition aux écrans des jeunes enfants et à l'encouragement à la pratique de l'activité physique en particulier chez les filles issues des familles les plus modestes, tout en tenant compte des spécificités culturelles ainsi que des contraintes liées à leur environnement social.

Pour permettre aux professionnels de santé de mener à bien leur mission de prévention, il est nécessaire de les former à la fois à la problématique du Spds-Ob dans la petite enfance et à l'équilibre nécessaire de la balance énergétique pour permettre une croissance et une santé optimale de l'enfant. En effet, il est encore trop souvent rapporté par les enfants/adolescents obèses ou leurs parents, qu'ils n'ont pas été informés sur le risque de Spds-Ob suite à un rebond d'adiposité précoce par exemple. Il faut que la courbe d'IMC et son interprétation soient aussi importantes dans le cursus de formation que les conséquences de l'obésité. Chez les enfants, l'enjeu majeur est celui de la prévention. La formation des professionnels de santé doit mettre l'accent sur la prévention du Spds-Ob en insistant sur l'équilibre de la balance énergétique, ce qui implique de former les futurs professionnels de santé à la guidance parentale. Par cette formation, ils pourront aider les familles à s'approprier les

recommandations, en termes d'activité physique, d'exposition aux écrans et d'alimentation, chez les jeunes enfants en fonction de leurs ressources et en tenant compte des contraintes de leur environnement socio-économique ; l'idée étant que le soignant doit être un catalyseur pour que les parents trouvent leurs propres solutions de mises en place des recommandations. En parallèle de ces mesures, il faut mener des campagnes d'information sur ces recommandations auprès des futurs parents et des parents de jeunes enfants au travers des médias de masse, mais également dans les lieux dédiés à la petite enfance comme les maternités, les centres de protection maternelle et infantile, les crèches et les cabinets de pédiatrie ou de médecine générale, afin de donner des repères généraux de bonnes pratiques.

En conclusion, ces travaux mettent en évidence que tous les comportements impliqués dans la balance énergétique influencent le risque ultérieur de Spds-Ob, mais avec une temporalité différente, sur des marqueurs de risque distincts et de façon variable en fonction du sexe de l'enfant et de son origine sociale. Ces résultats montrent que ces comportements se combinent de façon complexe et variable selon le sexe ; ce qui suggère que l'identification de certaines typologies comportementales spécifiques pourrait permettre de mieux distinguer des groupes d'enfants ayant des niveaux de risque différents. Cela démontre l'importance d'avoir une approche intégrée, prenant en compte tous les comportements impliqués dans la balance énergétique et leurs contextes, dès le plus jeune âge, afin de prévenir le risque de Spds-Ob. Nos résultats mettent également l'accent sur l'importance de la sphère familiale. D'une part, la position socio-économique de la famille est associée à chacun des comportements impliqués dans la balance énergétique, ainsi qu'aux clusters multi-comportementaux et aux marqueurs de Spds-Ob. D'autre part, les habitudes de repas sont associées à la qualité de l'alimentation et à l'exposition à la télévision. Il apparaît donc important de cibler les populations à risque en particulier celles ayant une position socioéconomique plus modeste, et d'adapter les messages de prévention au sexe de l'enfant. Les interventions de promotion de comportements sains pour la santé méritent d'être mise en place le plus précocement possible, idéalement avant 2 ans. Les efforts doivent viser à réduire le temps passé devant la télévision, en particulier dans les milieux plus socialement défavorisés, tout en promouvant une activité physique au travers des jeux actifs, en particulier en incitant les parents de petites filles à les encourager lors des jeux extérieurs. En parallèle, il semble opportun d'inciter les familles, et ce dès la grossesse, à adopter une alimentation proche des recommandations, en insistant sur l'importance des habitudes de repas. Ces messages nécessitent d'être délivrés de façon ciblée et en prenant en compte l'environnement familial ; compte tenu de son approche holistique de la famille, le médecin généraliste est un vecteur idéal de ces messages de prévention.

## Bibliographie

---



- Ambrosini, Gina L. 2014. 'Childhood Dietary Patterns and Later Obesity: A Review of the Evidence'. *Proceedings of the Nutrition Society* 73 (01): 137-46. <https://doi.org/10.1017/S0029665113003765>.
- ANSES. 2019a. 'Avis de l'ANSES relatif à l'actualisation des repères alimentaires du PNNS pour les enfants de 0 à 3 ans'. Saisine N°2017-SA-0145. ANSES.
- . 2019b. 'Avis de l'ANSES relatif à l'actualisation des repères alimentaires du PNNS pour les enfants de 4 à 17 ans'. Saisine N°2017-SA-0142.
- Atkin, Lisa-Marie, et Peter SW Davies. 2000. 'Diet Composition and Body Composition in Preschool Children'. *The American Journal of Clinical Nutrition* 72 (1): 15-21. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.1.15>.
- Avery, Amanda, Catherine Anderson, et Fiona McCullough. 2017. 'Associations between Children's Diet Quality and Watching Television during Meal or Snack Consumption: A Systematic Review'. *Maternal & Child Nutrition* 13 (4): e12428. <https://doi.org/10.1111/mcn.12428>.
- Ballon, M., J. Botton, M. A. Charles, S. Carles, B. de Lauzon-Guillain, A. Forhan, A. J. Cameron, B. Heude, S. Lioret, et EDEN Mother-Child Cohort Study Group. 2018. 'Socioeconomic Inequalities in Weight, Height and Body Mass Index from Birth to 5 Years'. *International Journal of Obesity (2005)* 42 (9): 1671-79. <https://doi.org/10.1038/s41366-018-0180-4>.
- Barker, D. J., et C. Osmond. 1986. 'Infant Mortality, Childhood Nutrition, and Ischaemic Heart Disease in England and Wales'. *Lancet (London, England)* 1 (8489): 1077-81.
- Barker, D. J. P. 2004. 'The Developmental Origins of Well-Being'. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 359 (1449): 1359-66. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1518>.
- Bentley, Georgina F., Katrina M. Turner, et Russell Jago. 2016. 'Mothers' Views of Their Preschool Child's Screen-Viewing Behaviour: A Qualitative Study'. *BMC Public Health* 16: 718. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3440-z>.
- Berenson, G. S., S. R. Srinivasan, W. Bao, W. P. Newman, R. E. Tracy, et W. A. Wattigney. 1998. 'Association between Multiple Cardiovascular Risk Factors and Atherosclerosis in Children and Young Adults. The Bogalusa Heart Study'. *The New England Journal of Medicine* 338 (23): 1650-56. <https://doi.org/10.1056/NEJM199806043382302>.
- Biddle, Stuart J., Trish Gorely, Simon J. Marshall, Ian Murdey, et Noel Cameron. 2004. 'Physical Activity and Sedentary Behaviours in Youth: Issues and Controversies'. *The Journal of the Royal Society for the Promotion of Health* 124 (1): 29-33.
- Biddle, Stuart J. H., Natalie Pearson, Gemma M. Ross, et Rock Braithwaite. 2010. 'Tracking of Sedentary Behaviours of Young People: A Systematic Review'. *Preventive Medicine* 51 (5): 345-51. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2010.07.018>.
- Biddle, Stuart J. H., Natalie Pearson, et Jo Salmon. 2018. 'Sedentary Behaviors and Adiposity

in Young People: Causality and Conceptual Model'. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 46 (1): 18-25. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000135>.

Biddle, Stuart J.H., Enrique García Bengoechea, et Glen Wiesner. 2017. 'Sedentary Behaviour and Adiposity in Youth: A Systematic Review of Reviews and Analysis of Causality'. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 14 (1). <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0497-8>.

Bingham, Daniel D., Silvia Costa, Trina Hinkley, Katy A. Shire, Stacy A. Clemes, et Sally E. Barber. 2016. 'Physical Activity During the Early Years: A Systematic Review of Correlates and Determinants'. *American Journal of Preventive Medicine* 51 (3): 384-402. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2016.04.022>.

Birch, L. L. 1998. 'Development of Food Acceptance Patterns in the First Years of Life'. *The Proceedings of the Nutrition Society* 57 (4): 617-24.

———. 1999. 'Development of Food Preferences'. *Annual Review of Nutrition* 19: 41-62. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.19.1.41>.

Biro, Frank M, et Michelle Wien. 2010. 'Childhood Obesity and Adult Morbidities'. *The American Journal of Clinical Nutrition* 91 (5): 1499S-1505S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.28701B>.

Boxberger, Karolina, et Anne Kerstin Reimers. 2019. 'Parental Correlates of Outdoor Play in Boys and Girls Aged 0 to 12—A Systematic Review'. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (2). <https://doi.org/10.3390/ijerph16020190>.

Brown, Tamara, Theresa Hm Moore, Lee Hooper, Yang Gao, Amir Zayegh, Sharea Ijaz, Martha Elwenspoek, et al. 2019. 'Interventions for Preventing Obesity in Children'. *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 7: CD001871. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001871.pub4>.

Butte, Nancy F., Maurice R. Puyau, Theresa A. Wilson, Yan Liu, William W. Wong, Anne L. Adolph, et Issa F. Zakeri. 2016. 'Role of Physical Activity and Sleep Duration in Growth and Body Composition of Preschool-Aged Children'. *Obesity (Silver Spring, Md.)* 24 (6): 1328-35. <https://doi.org/10.1002/oby.21489>.

Camara, S., Blandine de Lauzon-Guillain, Barbara Heude, Marie-Aline Charles, Jérémie Botton, Sabine Plancoulaine, Anne Forhan, Marie-Josèphe Saurel-Cubizolles, Patricia Dargent-Molina, et Sandrine Lioret. 2015. 'Multidimensionality of the Relationship between Social Status and Dietary Patterns in Early Childhood: Longitudinal Results from the French EDEN Mother-Child Cohort'. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 12 (1). <https://doi.org/10.1186/s12966-015-0285-2>.

Cameron, Adrian J., David A. Crawford, Jo Salmon, Karen Campbell, Sarah A. McNaughton, Gita D. Mishra, et Kylie Ball. 2011. 'Clustering of Obesity-Related Risk Behaviors in Children and Their Mothers'. *Annals of Epidemiology* 21 (2): 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2010.11.001>.

Cappuccio, Francesco P., Frances M. Taggart, Ngianga-Bakwin Kandala, Andrew Currie, Ed Peile, Saverio Stranges, et Michelle A. Miller. 2008. 'Meta-Analysis of Short Sleep Duration

and Obesity in Children and Adults'. *Sleep* 31 (5): 619-26.

Carles, Sophie, Marie-Aline Charles, Anne Forhan, Rémy Slama, Barbara Heude, et Jérémie Botton. 2016. 'A Novel Method to Describe Early Offspring Body Mass Index (BMI) Trajectories and to Study Its Determinants'. *PLoS ONE* 11 (6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157766>.

Carson, Valerie, Nicholas Kuzik, Stephen Hunter, Sandra A. Wiebe, John C. Spence, Alinda Friedman, Mark S. Tremblay, Linda G. Slater, et Trina Hinkley. 2015. 'Systematic Review of Sedentary Behavior and Cognitive Development in Early Childhood'. *Preventive Medicine* 78 (septembre): 115-22. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.07.016>.

Carson, Valerie, Eun-Young Lee, Lyndel Hewitt, Cally Jennings, Stephen Hunter, Nicholas Kuzik, Jodie A. Stearns, et al. 2017. 'Systematic Review of the Relationships between Physical Activity and Health Indicators in the Early Years (0-4 Years)'. *BMC Public Health* 17 (Suppl 5): 854. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4860-0>.

Carson, Valerie, Mark S. Tremblay, et Sebastien F. M. Chastin. 2017. 'Cross-Sectional Associations between Sleep Duration, Sedentary Time, Physical Activity, and Adiposity Indicators among Canadian Preschool-Aged Children Using Compositional Analyses'. *BMC Public Health* 17 (Suppl 5): 848. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4852-0>.

Chaput, J P, Jean-Pierre Després, Claude Bouchard, et Angelo Tremblay. 2007. 'Short Sleep Duration Is Associated with Reduced Leptin Levels and Increased Adiposity: Results from the Quebec Family Study'. *Obesity (Silver Spring, Md.)* 15 (1): 253-61. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.512>.

Chaput, J.-P., Casey E. Gray, Veronica J. Poitras, Valerie Carson, Reut Gruber, Catherine S. Birken, Joanna E. MacLean, Salomé Aubert, Margaret Sampson, et Mark S. Tremblay. 2017. 'Systematic review of the relationships between sleep duration and health indicators in the early years (0–4 years)'. *BMC Public Health* 17 (Suppl 5). <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4850-2>.

Chaput, J.-P., L. Klingenberg, A. Astrup, et A. M. Sjödén. 2011. 'Modern Sedentary Activities Promote Overconsumption of Food in Our Current Obesogenic Environment: Modern Activities and Energy Balance'. *Obesity Reviews* 12 (5): e12-20. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2010.00772.x>.

Chaput, J.-P., T.J. Saunders, et V. Carson. 2017. 'Interactions between Sleep, Movement and Other Non-Movement Behaviours in the Pathogenesis of Childhood Obesity: Sleep, Movement Behaviours and Obesity in Children'. *Obesity Reviews* 18 (février): 7-14. <https://doi.org/10.1111/obr.12508>.

Chardon, Olivier, Nathalie Guignon, Thibaut de Saint Pol, Jean-Paul Guthmann, Marine Ragot, Maris-Christine Delmas, Louis-Marie Paget, Anne-Laure Perrine, et Bertrand Thélot. 2015. '« La santé des élèves de grande section de maternelle en 2013 : des inégalités sociales dès le plus jeune âge »'. *Drees, Etudes et Résultats*, n° N°920 (juin).

Charles, Marie-Aline, Cyrille Delpierre, et Bernadette Bréant. 2016. '[Developmental origin of health and adult diseases (DOHaD): evolution of a concept over three decades]'. *Medecine*

*Sciences: M/S* 32 (1): 15-20. <https://doi.org/10.1051/medsci/20163201004>.

Chen, Xiaoli, May A. Beydoun, et Youfa Wang. 2008. 'Is Sleep Duration Associated With Childhood Obesity? A Systematic Review and Meta-Analysis'. *Obesity* 16 (2): 265-74. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.63>.

Chung, A., K. Backholer, E. Wong, C. Palermo, C. Keating, et A. Peeters. 2016. 'Trends in Child and Adolescent Obesity Prevalence in Economically Advanced Countries According to Socioeconomic Position: A Systematic Review'. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 17 (3): 276-95. <https://doi.org/10.1111/obr.12360>.

Cleland, V., A. Timperio, J. Salmon, C. Hume, L. A. Baur, et D. Crawford. 2010. 'Predictors of Time Spent Outdoors among Children: 5-Year Longitudinal Findings'. *Journal of Epidemiology & Community Health* 64 (5): 400-406. <https://doi.org/10.1136/jech.2009.087460>.

Cole, T. J., M. C. Bellizzi, K. M. Flegal, et W. H. Dietz. 2000. 'Establishing a Standard Definition for Child Overweight and Obesity Worldwide: International Survey'. *BMJ (Clinical Research Ed.)* 320 (7244): 1240-43. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7244.1240>.

Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA). 2018. 'Observatoire de l'équipement audiovisuel des foyers 1er trimestre 2018'. <https://www.csa.fr/Informer/Collections-du-CSA/Panorama-Toutes-les-etudes-liees-a-l-ecosysteme-audiovisuel/Les-observatoires-de-l-equipement-audiovisuel/L-equipement-audiovisuel-des-foyers-au-1er-semester-2018>.

Cox, Rachael, Helen Skouteris, Leonie Rutherford, Matthew Fuller-Tyszkiewicz, Daniela Dell' Aquila, et Louise L. Hardy. 2012. 'Television Viewing, Television Content, Food Intake, Physical Activity and Body Mass Index: A Cross-Sectional Study of Preschool Children Aged 2-6 Years'. *Health Promotion Journal of Australia: Official Journal of Australian Association of Health Promotion Professionals* 23 (1): 58-62.

Craigie, Angela M., Amelia A. Lake, Sarah A. Kelly, Ashley J. Adamson, et John C. Mathers. 2011. 'Tracking of Obesity-Related Behaviours from Childhood to Adulthood: A Systematic Review'. *Maturitas* 70 (3): 266-84. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2011.08.005>.

Dalton, Madeline A, Meghan R Longacre, Keith M Drake, Lauren P Cleveland, Jennifer L Harris, Kristy Hendricks, et Linda J Titus. 2017. 'Child-Targeted Fast-Food Television Advertising Exposure Is Linked with Fast-Food Intake among Pre-School Children'. *Public Health Nutrition* 20 (09): 1548-56. <https://doi.org/10.1017/S1368980017000520>.

Davison, K. K., et L. L. Birch. 2001. 'Childhood Overweight: A Contextual Model and Recommendations for Future Research'. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 2 (3): 159-71.

Dawson-Hahn, Elizabeth Erin, Megan D. Fesinmeyer, et Jason A. Mendoza. 2015. 'Correlates of Physical Activity in Latino Preschool Children Attending Head Start'. *Pediatric Exercise Science* 27 (3): 372-79. <https://doi.org/10.1123/pes.2014-0144>.

De Craemer, M., E. De Decker, I. De Bourdeaudhuij, C. Vereecken, B. Deforche, Y. Manios,

G. Cardon, et ToyBox-study group. 2012. 'Correlates of Energy Balance-Related Behaviours in Preschool Children: A Systematic Review: Correlates of Energy Balance-Related Behaviours in Preschoolers: A Review'. *Obesity Reviews* 13 (mars): 13-28. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2011.00941.x>.

De Craemer, Marieke, Mina Lateva, Violeta Iotova, Ellen De Decker, Maïté Verloigne, Ilse De Bourdeaudhuij, Odysseas Androutsos, et al. 2015. 'Differences in Energy Balance-Related Behaviours in European Preschool Children: The ToyBox-Study'. *PloS One* 10 (3): e0118303. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118303>.

De Decker, E., M. De Craemer, I. De Bourdeaudhuij, K. Wijndaele, K. Duvinage, B. Koletzko, E. Grammatikaki, et al. 2012. 'Influencing Factors of Screen Time in Preschool Children: An Exploration of Parents' Perceptions through Focus Groups in Six European Countries'. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 13 Suppl 1 (mars): 75-84. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2011.00961.x>.

Delamaire, C, H Escalon, et L Noiroit. 2019. 'Recommandations relatives à l'alimentation, à l'activité physique et à la sédentarité pour les adultes'. Santé publique france.

Department of Health. 2009. 'Australia's Physical Activity and Sedentary Behaviour Guidelines'. 2009. <http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/health-pubhlth-strateg-phys-act-guidelines#npa05>.

Deschamps, V., B. de Lauzon-Guillain, L. Lafay, J.-M. Borys, M. A. Charles, et M. Romon. 2009. 'Reproducibility and Relative Validity of a Food-Frequency Questionnaire among French Adults and Adolescents'. *European Journal of Clinical Nutrition* 63 (2): 282-91. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602914>.

Deurenberg, P, C S Kusters, et H E Smit. 1990. 'Assessment of body composition by bioelectrical impedance in children and young adults is strongly age-dependent'. *European journal of clinical nutrition* 44 (4): 261-68.

Dietz, W. H. 1994. 'Critical Periods in Childhood for the Development of Obesity'. *The American Journal of Clinical Nutrition* 59 (5): 955-59. <https://doi.org/10.1093/ajcn/59.5.955>.

Dietz, W H. 2001. 'The Obesity Epidemic in Young Children. Reduce Television Viewing and Promote Playing'. *BMJ (Clinical Research Ed.)* 322 (7282): 313-14.

Dorosty, A. R., P. M. Emmett, J. J. Reilly, et the ALSPAC Study Team. 2000. 'Factors Associated With Early Adiposity Rebound'. *PEDIATRICS* 105 (5): 1115-18. <https://doi.org/10.1542/peds.105.5.1115>.

Dumuid, Dorothea, T. Olds, L. K. Lewis, J. A. Martin-Fernández, T. Barreira, S. Broyles, J.-P. Chaput, et al. 2018. 'The Adiposity of Children Is Associated with Their Lifestyle Behaviours: A Cluster Analysis of School-Aged Children from 12 Nations'. *Pediatric Obesity* 13 (2): 111-19. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12196>.

Ebbeling, Cara B, Dorota B Pawlak, et David S Ludwig. 2002. 'Childhood Obesity: Public-Health Crisis, Common Sense Cure'. *The Lancet* 360 (9331): 473-82.

[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)09678-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)09678-2).

Ekris, E. van, T. M. Altenburg, A. S. Singh, K. I. Proper, M. W. Heymans, et M. J. M. Chinapaw. 2016. 'An Evidence-Update on the Prospective Relationship between Childhood Sedentary Behaviour and Biomedical Health Indicators: A Systematic Review and Meta-Analysis: Childhood Sedentary Behaviour and Future Health'. *Obesity Reviews* 17 (9): 833-49. <https://doi.org/10.1111/obr.12426>.

Eriksson, J. G., T. Forsén, J. Tuomilehto, C. Osmond, et D. J. P. Barker. 2003. 'Early Adiposity Rebound in Childhood and Risk of Type 2 Diabetes in Adult Life'. *Diabetologia* 46 (2): 190-94. <https://doi.org/10.1007/s00125-002-1012-5>.

Expertise collective INSERM. 2008. 'Activité physique : contexte et effets sur la santé.' INPES.

Fatima, Y., S. A. R. Doi, et A. A. Mamun. 2016. 'Sleep Quality and Obesity in Young Subjects: A Meta-Analysis: Sleep Quality and Obesity'. *Obesity Reviews* 17 (11): 1154-66. <https://doi.org/10.1111/obr.12444>.

Ferrar, Katia, Cindy Chang, Ming Li, et Tim S. Olds. 2013. 'Adolescent Time Use Clusters: A Systematic Review'. *Journal of Adolescent Health* 52 (3): 259-70. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2012.06.015>.

Garrido-Miguel, Miriam, Iván Caverro-Redondo, Celia Álvarez-Bueno, Fernando Rodríguez-Artalejo, Luis A. Moreno, Jonatan R. Ruiz, Wolfgang Ahrens, et Vicente Martínez-Vizcaíno. 2019. 'Prevalence and Trends of Overweight and Obesity in European Children From 1999 to 2016: A Systematic Review and Meta-Analysis'. *JAMA Pediatrics*, août, e192430. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2019.2430>.

Garrido-Miguel, Miriam, Andreia Oliveira, Iván Caverro-Redondo, Celia Álvarez-Bueno, Diana P Pozuelo-Carrascosa, Alba Soriano-Cano, et Vicente Martínez-Vizcaíno. 2019. 'Prevalence of Overweight and Obesity among European Preschool Children: A Systematic Review and Meta-Regression by Food Group Consumption'. *Nutrients* 11 (7). <https://doi.org/10.3390/nu11071698>.

Gassama, M, J Bernard, P Dargent-Molina, et M.-A. Charles. 2018. 'Activités physiques et usage des écrans à l'âge de 2 ans chez les enfants de la cohorte Elfe'. INSERM.

Gebremariam, M. K., T. M. Altenburg, J. Lakerveld, L. F. Andersen, K. Stronks, M. J. Chinapaw, et N. Lien. 2015. 'Associations between Socioeconomic Position and Correlates of Sedentary Behaviour among Youth: A Systematic Review: Sedentary Behavior and Socioeconomic Position'. *Obesity Reviews* 16 (11): 988-1000. <https://doi.org/10.1111/obr.12314>.

Goran, M I, P Driscoll, R Johnson, T R Nagy, et G Hunter. 1996. 'Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children'. *The American journal of clinical nutrition* 63 (3): 299-305.

Goran, M I, M C Kaskoun, W H Carpenter, E T Poehlman, E Ravussin, et A M Fontvieille. 1993. 'Estimating body composition of young children by using bioelectrical resistance'.

*Journal of applied physiology* (Bethesda, Md.: 1985) 75 (4): 1776-80.

Gray, Casey, Rebecca Gibbons, Richard Larouche, Ellen Sandseter, Adam Bienenstock, Mariana Brussoni, Guylaine Chabot, et al. 2015. 'What Is the Relationship between Outdoor Time and Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Physical Fitness in Children? A Systematic Review'. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12 (6): 6455-74. <https://doi.org/10.3390/ijerph120606455>.

Gubbels, Jessica S., Patricia van Assema, et Stef P. J. Kremers. 2013. 'Physical Activity, Sedentary Behavior, and Dietary Patterns among Children'. *Current Nutrition Reports* 2 (2): 105-12. <https://doi.org/10.1007/s13668-013-0042-6>.

Gubbels, Jessica S, Stef PJ Kremers, R Alexandra Goldbohm, Annette Stafleu, et Carel Thijs. 2012. 'Energy Balance-Related Behavioural Patterns in 5-Year-Old Children and the Longitudinal Association with Weight Status Development in Early Childhood'. *Public Health Nutrition* 15 (08): 1402-10. <https://doi.org/10.1017/S1368980011003089>.

Gubbels, Jessica S., Stef P.J. Kremers, Annette Stafleu, Pieter C. Dagnelie, Sanne I. de Vries, Nanne K. de Vries, et Carel Thijs. 2009. 'Clustering of Dietary Intake and Sedentary Behavior in 2-Year-Old Children'. *The Journal of Pediatrics* 155 (2): 194-98. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.02.027>.

Gubbels, Jessica S, Stef PJ Kremers, Annette Stafleu, Sanne I de Vries, R Alexandra Goldbohm, Pieter C Dagnelie, Nanne K de Vries, Stef van Buuren, et Carel Thijs. 2011. 'Association between Parenting Practices and Children's Dietary Intake, Activity Behavior and Development of Body Mass Index: The KOALA Birth Cohort Study'. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 8 (1): 18. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-18>.

Hesketh, K R., Claire O'Malley, Veena Mazarello Paes, Helen Moore, Carolyn Summerbell, Ken K. Ong, Rajalakshmi Lakshman, et Esther M. F. van Sluijs. 2017. 'Determinants of Change in Physical Activity in Children 0–6 Years of Age: A Systematic Review of Quantitative Literature'. *Sports Medicine* 47 (7): 1349-74. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0656-0>.

Hesketh, Kylie, Kylie Ball, David Crawford, Karen Campbell, et Jo Salmon. 2007. 'Mediators of the Relationship between Maternal Education and Children's TV Viewing'. *American Journal of Preventive Medicine* 33 (1): 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2007.02.039>.

Hesketh, Kylie D, Trina Hinkley, et Karen J Campbell. 2012. 'Children's physical activity and screen time: qualitative comparison of views of parents of infants and preschool children'. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 9 (décembre): 152. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-9-152>.

Heude, Barbara, Anne Forhan, Rémy Slama, Lorraine Douhaud, Sophie Bedel, Marie-Josèphe Saurel-Cubizolles, Régis Hankard, et al. 2016. 'Cohort Profile: The EDEN Mother-Child Cohort on the Prenatal and Early Postnatal Determinants of Child Health and Development'. *International Journal of Epidemiology* 45 (2): 353-63. <https://doi.org/10.1093/ije/dyv151>.

Hinkley, Trina, David Crawford, Jo Salmon, Anthony D. Okely, et Kylie Hesketh. 2008.

- ‘Preschool Children and Physical Activity’. *American Journal of Preventive Medicine* 34 (5): 435-441.e7. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.02.001>.
- Hinkley, Trina, Jo Salmon, Anthony D. Okely, David Crawford, et Kylie Hesketh. 2012. ‘Preschoolers’ Physical Activity, Screen Time, and Compliance with Recommendations’. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (3): 458-65. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318233763b>.
- Hnatiuk, J. A., H. E. Brown, K. L. Downing, T. Hinkley, J. Salmon, et K. D. Hesketh. 2019. ‘Interventions to Increase Physical Activity in Children 0–5 Years Old: A Systematic Review, Meta-analysis and Realist Synthesis’. *Obesity Reviews* 20 (1): 75-87. <https://doi.org/10.1111/obr.12763>.
- Hnatiuk, J. A., Jo Salmon, Trina Hinkley, Anthony D. Okely, et Stewart Trost. 2014. ‘A Review of Preschool Children’s Physical Activity and Sedentary Time Using Objective Measures’. *American Journal of Preventive Medicine* 47 (4): 487-97. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2014.05.042>.
- Horan, M., E. Gibney, E. Molloy, et F. McAuliffe. 2015. ‘Methodologies to Assess Paediatric Adiposity’. *Irish Journal of Medical Science (1971 -)* 184 (1): 53-68. <https://doi.org/10.1007/s11845-014-1124-1>.
- Hörnell, Agneta, Hanna Lagström, Britt Lande, et Inga Thorsdottir. 2013. ‘Protein intake from 0 to 18 years of age and its relation to health: a systematic literature review for the 5th Nordic Nutrition Recommendations’. *Food & Nutrition Research* 57 (mai). <https://doi.org/10.3402/fnr.v57i0.21083>.
- Horta, Bernardo L., Christian Loret de Mola, et Cesar G. Victora. 2015. ‘Long-Term Consequences of Breastfeeding on Cholesterol, Obesity, Systolic Blood Pressure and Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis’. *Acta Paediatrica* 104 (décembre): 30-37. <https://doi.org/10.1111/apa.13133>.
- Houtkooper, L B, T G Lohman, S B Going, et M C Hall. 1989. ‘Validity of bioelectric impedance for body composition assessment in children’. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 66 (2): 814-21.
- Hunsberger, Monica. 2014. ‘Early Feeding Practices and Family Structure: Associations with Overweight in Children’. *Proceedings of the Nutrition Society* 73 (1): 132-36. <https://doi.org/10.1017/S0029665113003741>.
- Ip, Edward H., Sarah A. Marshall, Santiago Saldana, Joseph A. Skelton, Cynthia K. Suerken, Thomas A. Arcury, et Sara A. Quandt. 2017. ‘Determinants of Adiposity Rebound Timing in Children’. *The Journal of Pediatrics* 184: 151-156.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.01.051>.
- Jackson, Diane M., Kurosh Djafarian, Joanne Stewart, et John R. Speakman. 2009. ‘Increased Television Viewing Is Associated with Elevated Body Fatness but Not with Lower Total Energy Expenditure in Children’. *The American Journal of Clinical Nutrition* 89 (4): 1031-36. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26746>.

- Jago, R, T Baranowski, J C Baranowski, D Thompson, et K A Greaves. 2005. 'BMI from 3–6 y of age is predicted by TV viewing and physical activity, not diet'. *International Journal of Obesity* 29 (6): 557-64. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802969>.
- Janz, Kathleen F., Pirooska Boros, Elena M. Letuchy, Soyang Kwon, Trudy L. Burns, et Steven M. Levy. 2017. 'Physical Activity, Not Sedentary Time, Predicts Dual-Energy X-Ray Absorptiometry–Measured Adiposity Age 5 to 19 Years'. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 49 (10): 2071-77. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001336>.
- Javed, A., M. Jumean, M. H. Murad, D. Okorodudu, S. Kumar, V. K. Somers, O. Sochor, et F. Lopez-Jimenez. 2015. 'Diagnostic Performance of Body Mass Index to Identify Obesity as Defined by Body Adiposity in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis'. *Pediatric Obesity* 10 (3): 234-44. <https://doi.org/10.1111/ijpo.242>.
- Jiménez-Pavón, David, Joanna Kelly, et John J. Reilly. 2010. 'Associations between Objectively Measured Habitual Physical Activity and Adiposity in Children and Adolescents: Systematic Review'. *International Journal of Pediatric Obesity* 5 (1): 3-18. <https://doi.org/10.3109/17477160903067601>.
- Johnson, Laura, Adrian P. Mander, Louise R. Jones, Pauline M. Emmett, et Susan A. Jebb. 2008. 'Energy-Dense, Low-Fiber, High-Fat Dietary Pattern Is Associated with Increased Fatness in Childhood'. *The American Journal of Clinical Nutrition* 87 (4): 846-54. <https://doi.org/10.1093/ajcn/87.4.846>.
- Jones, Rachel A., Trina Hinkley, Anthony D. Okely, et Jo Salmon. 2013. 'Tracking Physical Activity and Sedentary Behavior in Childhood'. *American Journal of Preventive Medicine* 44 (6): 651-58. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2013.03.001>.
- Jong, E de, T Stocks, T L S Visscher, R A HiraSing, J C Seidell, et C M Renders. 2012. 'Association between Sleep Duration and Overweight: The Importance of Parenting'. *International Journal of Obesity* 36 (10): 1278-84. <https://doi.org/10.1038/ijo.2012.119>.
- Kang, Min Jae. 2018. 'The Adiposity Rebound in the 21st Century Children: Meaning for What?' *Korean Journal of Pediatrics* 61 (12): 375-80. <https://doi.org/10.3345/kjp.2018.07227>.
- Kaplan, A S, B S Zemel, et V A Stallings. 1996. 'Differences in resting energy expenditure in prepubertal black children and white children'. *The Journal of pediatrics* 129 (5): 643-47.
- Keller, Amélie, et Sophie Bucher Della Torre. 2015. 'Sugar-Sweetened Beverages and Obesity among Children and Adolescents: A Review of Systematic Literature Reviews'. *Childhood Obesity* 11 (4): 338-46. <https://doi.org/10.1089/chi.2014.0117>.
- Klesges, R. C., M. L. Shelton, et L. M. Klesges. 1993. 'Effects of Television on Metabolic Rate: Potential Implications for Childhood Obesity'. *Pediatrics* 91 (2): 281-86.
- Kushner, R F, D A Schoeller, C R Fjeld, et L Danford. 1992. 'Is the impedance index (ht<sup>2</sup>/R) significant in predicting total body water?' *The American journal of clinical nutrition* 56 (5): 835-39.
- Kuzik, Nicholas, Veronica J. Poitras, Mark S. Tremblay, Eun-Young Lee, Stephen Hunter, et

- Valerie Carson. 2017. 'Systematic review of the relationships between combinations of movement behaviours and health indicators in the early years (0-4 years)'. *BMC Public Health* 17 (Suppl 5). <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4851-1>.
- LeBlanc, Allana G., John C. Spence, Valerie Carson, Sarah Connor Gorber, Carrie Dillman, Ian Janssen, Michelle E. Kho, Jodie A. Stearns, Brian W. Timmons, et Mark S. Tremblay. 2012. 'Systematic Review of Sedentary Behaviour and Health Indicators in the Early Years (Aged 0-4 Years)'. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme* 37 (4): 753-72. <https://doi.org/10.1139/h2012-063>.
- LeBourgeois, Monique K., et John R. Harsh. 2016. 'Development and Psychometric Evaluation of the Children's Sleep-Wake Scale'. *Sleep Health* 2 (3): 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.04.001>.
- Leech, R M, S A McNaughton, et A Timperio. 2014. 'The Clustering of Diet, Physical Activity and Sedentary Behavior in Children and Adolescents: A Review'. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 11 (1): 4. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-11-4>.
- . 2015. 'Clustering of Diet, Physical Activity and Sedentary Behaviour among Australian Children: Cross-Sectional and Longitudinal Associations with Overweight and Obesity'. *International Journal of Obesity* 39 (7): 1079-85. <https://doi.org/10.1038/ijo.2015.66>.
- Li, Yao-Chuen, Matthew Y. W. Kwan, Sara King-Dowling, et John Cairney. 2015. 'Determinants of Physical Activity during Early Childhood: A Systematic Review'. *Advances in Physical Education* 05 (avril): 116. <https://doi.org/10.4236/ape.2015.52015>.
- Lioret, Sandrine, Aisha Betoko, Anne Forhan, Marie-Aline Charles, Barbara Heude, Blandine de Lauzon-Guillain, et EDEN Mother-Child Cohort Study Group. 2015. 'Dietary Patterns Track from Infancy to Preschool Age: Cross-Sectional and Longitudinal Perspectives'. *The Journal of Nutrition* 145 (4): 775-82. <https://doi.org/10.3945/jn.114.201988>.
- Lioret, Sandrine, M. Touvier, C. Dubuisson, A. Dufour, G. Calamassi-Tran, L. Lafay, J.-L. Volatier, et B. Maire. 2009. 'Trends in Child Overweight Rates and Energy Intake in France From 1999 to 2007: Relationships With Socioeconomic Status'. *Obesity* 17 (5): 1092-1100. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.619>.
- Lioret, Sandrine, Mathilde Touvier, Lionel Lafay, Jean-Luc Volatier, et Bernard Maire. 2008. 'Dietary and Physical Activity Patterns in French Children Are Related to Overweight and Socioeconomic Status'. *The Journal of Nutrition* 138 (1): 101-7. <https://doi.org/10.1093/jn/138.1.101>.
- Luque, Veronica, Joaquin Escribano, Ricardo Closa-Monasterolo, Marta Zaragoza-Jordana, Natàlia Ferré, Veit Grote, Berthold Koletzko, et al. 2018. 'Unhealthy Dietary Patterns Established in Infancy Track to Mid-Childhood: The EU Childhood Obesity Project'. *The Journal of Nutrition* 148 (5): 752-59. <https://doi.org/10.1093/jn/nxy025>.
- Magee, Christopher A, Peter Caputi, et Don C Iverson. 2013. 'Patterns of Health Behaviours Predict Obesity in Australian Children: Health Profiles and Obesity'. *Journal of Paediatrics*

*and Child Health* 49 (4): 291-96. <https://doi.org/10.1111/jpc.12163>.

Magee, Lorrie, et Lauren Hale. 2012. 'Longitudinal associations between sleep duration and subsequent weight gain: A systematic review'. *Sleep Medicine Reviews* 16 (3): 231-41. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2011.05.005>.

Maire, Bernard, Sandrine Lioret, Agnès Gartner, et Francis Delpuech. 2002. '[Nutritional transition and non-communicable diet-related chronic diseases in developing countries]'. *Sante (Montrouge, France)* 12 (1): 45-55.

Malina, Robert M., Claude Bouchard, et Oded Bar-Or. 2004. *Growth, Maturation, and Physical Activity*. Human Kinetics.

Marbac, Matthieu, et Mohammed Sedki. 2018. 'VarSelLCM: An R/C ++ Package for Variable Selection in Model-Based Clustering of Mixed-Data with Missing Values'. *Bioinformatics (Oxford, England)*, septembre. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty786>.

Marbac, Matthieu, Mohammed Sedki, et Tienne Patin. 2019. 'Variable Selection for Mixed Data Clustering: Application in Human Population Genomics'. *Journal of Classification*, mars. <https://doi.org/10.1007/s00357-018-9301-y>.

Marshall, S. J., S. J. H. Biddle, T. Gorely, N. Cameron, et I. Murdey. 2004. 'Relationships between Media Use, Body Fatness and Physical Activity in Children and Youth: A Meta-Analysis'. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity* 28 (10): 1238-46. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802706>.

Mast, M, I Körtzinger, E König, et M J Müller. 1998. 'Gender differences in fat mass of 5-7-year old children'. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity* 22 (9): 878-84.

Mazarello Paes, V., K. Hesketh, C. O'Malley, H. Moore, C. Summerbell, S. Griffin, E. M. F. van Sluijs, K. K. Ong, et R. Lakshman. 2015. 'Determinants of Sugar-Sweetened Beverage Consumption in Young Children: A Systematic Review: Determinants of SSB Consumption in Young Children'. *Obesity Reviews* 16 (11): 903-13. <https://doi.org/10.1111/obr.12310>.

Mazarello Paes, V, Ken K. Ong, et Rajalakshmi Lakshman. 2015. 'Factors Influencing Obesogenic Dietary Intake in Young Children (0-6 Years): Systematic Review of Qualitative Evidence'. *BMJ Open* 5 (9): e007396. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-007396>.

McLachlan, Geoffrey J., et David Peel. 2000. *Finite Mixture Models*. Wiley Series in Probability and Statistics Applied Probability and Statistics Section. New York: Wiley.

McMillen, I. Caroline, et Jeffrey S. Robinson. 2005. 'Developmental Origins of the Metabolic Syndrome: Prediction, Plasticity, and Programming'. *Physiological Reviews* 85 (2): 571-633. <https://doi.org/10.1152/physrev.00053.2003>.

McPhie, Skye, Helen Skouteris, Lynne Daniels, et Elena Jansen. 2014. 'Maternal Correlates of Maternal Child Feeding Practices: A Systematic Review'. *Maternal & Child Nutrition* 10 (1): 18-43. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8709.2012.00452.x>.

Meyre, D., C. Lecoeur, J. Delplanque, S. Francke, V. Vatin, E. Durand, J. Weill, C. Dina, et P. Froguel. 2004. 'A Genome-Wide Scan for Childhood Obesity-Associated Traits in French Families Shows Significant Linkage on Chromosome 6q22.31-Q23.2'. *Diabetes* 53 (3): 803-11. <https://doi.org/10.2337/diabetes.53.3.803>.

Miguel-Berges, M L, Alba M. Santaliestra-Pasias, Theodora Mouratidou, Odysseas Androutsos, Marieke de Craemer, An-Sofie Pinket, Julia Birnbaum, et al. 2017. 'Associations between Food and Beverage Consumption and Different Types of Sedentary Behaviours in European Preschoolers: The ToyBox-Study'. *European Journal of Nutrition* 56 (5): 1939-51. <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1236-7>.

Miguel-Berges, M. L., Konstantina Zachari, Alba M. Santaliestra-Pasias, Theodora Mouratidou, Odysseas Androutsos, Violeta Iotova, Sonya Galcheva, et al. 2017. 'Clustering of Energy Balance-Related Behaviours and Parental Education in European Preschool Children: The ToyBox Study'. *British Journal of Nutrition* 118 (12): 1089-96. <https://doi.org/10.1017/S0007114517003129>.

Miller, Alison L., Sara E. Miller, Monique K. LeBourgeois, Julie Sturza, Katherine L. Rosenblum, et Julie C. Lumeng. 2019. 'Sleep Duration and Quality Are Associated with Eating Behavior in Low-Income Toddlers'. *Appetite* 135 (avril): 100-107. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.01.006>.

Monasta, L., G. D. Batty, A. Macaluso, L. Ronfani, V. Lutje, A. Bavcar, F. J. van Lenthe, J. Brug, et A. Cattaneo. 2011. 'Interventions for the Prevention of Overweight and Obesity in Preschool Children: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials'. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 12 (5): e107-118. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2010.00774.x>.

Must, A, E E Barish, et L G Bandini. 2009. 'Modifiable Risk Factors in Relation to Changes in BMI and Fatness: What Have We Learned from Prospective Studies of School-Aged Children?' *International Journal of Obesity* 33 (7): 705-15. <https://doi.org/10.1038/ijo.2009.60>.

Must, A, et S M Parisi. 2009. 'Sedentary Behavior and Sleep: Paradoxical Effects in Association with Childhood Obesity'. *International Journal of Obesity* 33 (S1): S82-86. <https://doi.org/10.1038/ijo.2009.23>.

Newby, P. K., et Katherine L. Tucker. 2004. 'Empirically Derived Eating Patterns Using Factor or Cluster Analysis: A Review'. *Nutrition Reviews* 62 (5): 177-203. <https://doi.org/10.1301/nr.2004.may.177-203>.

Nicaise, Virginie, David Kahan, et James F. Sallis. 2011. 'Correlates of Moderate-to-Vigorous Physical Activity among Preschoolers during Unstructured Outdoor Play Periods'. *Preventive Medicine* 53 (4-5): 309-15. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.08.018>.

Nilsen, Roy M., Stein Emil Vollset, Håkon K. Gjessing, Rolv Skjaerven, Kari K. Melve, Patricia Schreuder, Elin R. Alsaker, Kjell Haug, Anne Kjersti Daltveit, et Per Magnus. 2009. 'Self-Selection and Bias in a Large Prospective Pregnancy Cohort in Norway'. *Paediatric and Perinatal Epidemiology* 23 (6): 597-608. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3016.2009.01062.x>.

- Noethlings, Ute, Kurt Hoffmann, Manuela M. Bergmann, Heiner Boeing, et European Investigation into Cancer and Nutrition. 2003. 'Portion Size Adds Limited Information on Variance in Food Intake of Participants in the EPIC-Potsdam Study'. *The Journal of Nutrition* 133 (2): 510-15. <https://doi.org/10.1093/jn/133.2.510>.
- Nohr, Ellen Aagaard, Morten Frydenberg, Tine Brink Henriksen, et Jorn Olsen. 2006. 'Does Low Participation in Cohort Studies Induce Bias?' *Epidemiology (Cambridge, Mass.)* 17 (4): 413-18. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000220549.14177.60>.
- Northstone, Kate, et Pauline M. Emmett. 2008. 'Are dietary patterns stable throughout early and mid-childhood? A birth cohort study'. *The British journal of nutrition* 100 (5): 1069-76. <https://doi.org/10.1017/S0007114508968264>.
- O'Connor, Teresia M, Ester Cerin, Sheryl O Hughes, Jessica Robles, Deborah Thompson, Tom Baranowski, Rebecca E Lee, Theresa Nicklas, et Richard M Shewchuk. 2013. 'What Hispanic Parents Do to Encourage and Discourage 3-5 Year Old Children to Be Active: A Qualitative Study Using Nominal Group Technique'. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 10 (1): 93. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-93>.
- Okubo, H, S R Crozier, N C Harvey, K M Godfrey, H M Inskip, C Cooper, et S M Robinson. 2015. 'Diet quality across early childhood and adiposity at 6 years: the Southampton Women's Survey'. *International Journal of Obesity (2005)* 39 (10): 1456-62. <https://doi.org/10.1038/ijo.2015.97>.
- Olds, Tim, Carol Maher, Shi Zumin, Sandrine Péneau, Sandrine Lioret, Katia Castetbon, null Bellisle, et al. 2011. 'Evidence That the Prevalence of Childhood Overweight Is Plateauing: Data from Nine Countries'. *International Journal of Pediatric Obesity: IJPO: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 6 (5-6): 342-60. <https://doi.org/10.3109/17477166.2011.605895>.
- Ong, K. K., M. L. Ahmed, P. M. Emmett, M. A. Preece, et D. B. Dunger. 2000. 'Association between Postnatal Catch-up Growth and Obesity in Childhood: Prospective Cohort Study'. *BMJ (Clinical Research Ed.)* 320 (7240): 967-71. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7240.967>.
- Onis, Mercedes de, Monika Blössner, et Elaine Borghi. 2010. 'Global Prevalence and Trends of Overweight and Obesity among Preschool Children'. *The American Journal of Clinical Nutrition* 92 (5): 1257-64. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29786>.
- Padmapriya, N., Izzuddin M. Aris, Mya Thway Tint, See Ling Loy, Shirong Cai, Kok Hian Tan, Lynette P. Shek, et al. 2019. 'Sex-Specific Longitudinal Associations of Screen Viewing Time in Children at 2–3 Years with Adiposity at 3–5 Years'. *International Journal of Obesity* 43 (7): 1334-43. <https://doi.org/10.1038/s41366-019-0344-x>.
- Park, M. H., C. Falconer, R. M. Viner, et S. Kinra. 2012. 'The Impact of Childhood Obesity on Morbidity and Mortality in Adulthood: A Systematic Review: Childhood Obesity and Long-Term Morbidity'. *Obesity Reviews* 13 (11): 985-1000. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2012.01015.x>.
- Parker, Kate E., Jo Salmon, Sarah A. Costigan, Karen Villanueva, Helen L. Brown, et Anna Timperio. 2019. 'Activity-Related Behavior Typologies in Youth: A Systematic Review'.

*International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 16 (1).  
<https://doi.org/10.1186/s12966-019-0804-7>.

Parsons, Allison A., Nicholas J. Ollberding, Laurie Smith, et Kristen A. Copeland. 2018. 'Sleep matters: The association of race, bedtime, outdoor time, and physical activity with preschoolers' sleep'. *Preventive Medicine Reports* 12 (août): 54-59.  
<https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2018.08.008>.

Pate, R. R., J. R. O'Neill, A. D. Liese, K. F. Janz, E. M. Granberg, N. Colabianchi, D. W. Harsha, et al. 2013. 'Factors Associated with Development of Excessive Fatness in Children and Adolescents: A Review of Prospective Studies: Development of Excessive Fatness'. *Obesity Reviews* 14 (8): 645-58. <https://doi.org/10.1111/obr.12035>.

Pate, Russell R., et Jennifer R. O'Neill. 2012. 'Physical Activity Guidelines for Young Children: An Emerging Consensus'. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 166 (12): 1095-96. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2012.1458>.

Patel, Sanjay R., et Frank B. Hu. 2008. 'Short sleep duration and weight gain: a systematic review'. *Obesity (Silver Spring, Md.)* 16 (3): 643-53. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.118>.

Patrick, Heather, et Theresa A. Nicklas. 2005. 'A Review of Family and Social Determinants of Children's Eating Patterns and Diet Quality'. *Journal of the American College of Nutrition* 24 (2): 83-92.

Péneau, S, R González-Carrascosa, G Gusto, D Goxe, O Lantieri, L Fezeu, S Herberg, et M F Rolland-Cachera. 2016. 'Age at Adiposity Rebound: Determinants and Association with Nutritional Status and the Metabolic Syndrome at Adulthood'. *International Journal of Obesity* 40 (7): 1150-56. <https://doi.org/10.1038/ijo.2016.39>.

Pérez-Escamilla, Rafael, Julie E. Obbagy, Jean M. Altman, Eve V. Essery, Mary M. McGrane, Yat Ping Wong, Joanne M. Spahn, et Christine L. Williams. 2012. 'Dietary Energy Density and Body Weight in Adults and Children: A Systematic Review'. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 112 (5): 671-84.  
<https://doi.org/10.1016/j.jand.2012.01.020>.

Pérez-Morales, Eugenia, Montserrat Bacardí-Gascón, et Arturo Jiménez-Cruz. 2013. 'Sugar-Sweetened Beverage Intake before 6 Years of Age and Weight or BMI Status among Older Children; Systematic Review of Prospective Studies'. *Nutricion Hospitalaria* 28 (1): 47-51.  
<https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6247>.

Plancoulaine, Sabine, Sandrine Lioret, Nolwenn Regnault, Barbara Heude, Marie-Aline Charles, et Eden Mother-Child Cohort Study Group. 2015. 'Gender-Specific Factors Associated with Shorter Sleep Duration at Age 3 Years'. *Journal of Sleep Research*, juin. <https://doi.org/10.1111/jsr.12308>.

Poitras, Veronica J., Casey E. Gray, Xanne Janssen, Salome Aubert, Valerie Carson, Guy Faulkner, Gary S. Goldfield, John J. Reilly, Margaret Sampson, et Mark S. Tremblay. 2017. 'Systematic Review of the Relationships between Sedentary Behaviour and Health Indicators in the Early Years (0-4 Years)'. *BMC Public Health* 17 (S5). <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4849-8>.

- Prentice-Dunn, Hannah, et Steven Prentice-Dunn. 2012. 'Physical Activity, Sedentary Behavior, and Childhood Obesity: A Review of Cross-Sectional Studies'. *Psychology, Health & Medicine* 17 (3): 255-73. <https://doi.org/10.1080/13548506.2011.608806>.
- Prochaska, James O. 2008. 'Multiple Health Behavior Research Represents the Future of Preventive Medicine'. *Preventive Medicine* 46 (3): 281-85. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2008.01.015>.
- Radesky, J. S., J. Schumacher, et B. Zuckerman. 2015. 'Mobile and Interactive Media Use by Young Children: The Good, the Bad, and the Unknown'. *Pediatrics* 135 (1): 1-3. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-2251>.
- Reilly, J. J. 2003. 'Health Consequences of Obesity'. *Archives of Disease in Childhood* 88 (9): 748-52. <https://doi.org/10.1136/adc.88.9.748>.
- Reilly, J. J. 2005. 'Early Life Risk Factors for Obesity in Childhood: Cohort Study'. *BMJ* 330 (7504): 1357-0. <https://doi.org/10.1136/bmj.38470.670903.E0>.
- Reilly, John J. 2008. 'Physical Activity, Sedentary Behaviour and Energy Balance in the Preschool Child: Opportunities for Early Obesity Prevention'. *The Proceedings of the Nutrition Society* 67 (3): 317-25. <https://doi.org/10.1017/S0029665108008604>.
- Rolland-Cachera, M. F., M. Deheeger, M. Akrouf, et F. Bellisle. 1995. 'Influence of Macronutrients on Adiposity Development: A Follow up Study of Nutrition and Growth from 10 Months to 8 Years of Age'. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity* 19 (8): 573-78.
- Rolland-Cachera, M. F., M. Deheeger, F. Bellisle, M. Sempé, M. Guilloud-Bataille, et E. Patois. 1984. 'Adiposity Rebound in Children: A Simple Indicator for Predicting Obesity'. *The American Journal of Clinical Nutrition* 39 (1): 129-35. <https://doi.org/10.1093/ajcn/39.1.129>.
- Rolland-Cachera, M. F., M. Deheeger, M. Guilloud-Bataille, P. Avons, E. Patois, et M. Sempé. 1987. 'Tracking the Development of Adiposity from One Month of Age to Adulthood'. *Annals of Human Biology* 14 (3): 219-29.
- Rolland-Cachera, M F, M Deheeger, M Maillot, et F Bellisle. 2006. 'Early Adiposity Rebound: Causes and Consequences for Obesity in Children and Adults'. *International Journal of Obesity (2005)* 30 Suppl 4 (décembre): S11-17. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803514>.
- Rolland-Cachera, Marie, Mouna Akrouf, et Sandrine Péneau. 2016. 'Nutrient Intakes in Early Life and Risk of Obesity'. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13 (6): 564. <https://doi.org/10.3390/ijerph13060564>.
- Ross, Sharon E., Jennifer I. Flynn, et Russell R. Pate. 2016. 'What Is Really Causing the Obesity Epidemic? A Review of Reviews in Children and Adults'. *Journal of Sports Sciences* 34 (12): 1148-53. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1093650>.
- Roy, A. L., et C. C. Raver. 2014. 'Are All Risks Equal? Early Experiences of Poverty-Related Risk and Children's Functioning.' *Journal of Family Psychology* 28 (3): 391-400.

<https://doi.org/10.1037/a0036683>.

Rush, E C, K Puniani, M E Valencia, P S W Davies, et L D Plank. 2003. 'Estimation of body fatness from body mass index and bioelectrical impedance: comparison of New Zealand European, Maori and Pacific Island children'. *European journal of clinical nutrition* 57 (11): 1394-1401. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601701>.

Sabbe, D., I. De Bourdeaudhuij, E. Legiest, et L. Maes. 2007. 'A Cluster-Analytical Approach towards Physical Activity and Eating Habits among 10-Year-Old Children'. *Health Education Research* 23 (5): 753-62. <https://doi.org/10.1093/her/cyl135>.

Sallis, James F., Judith J. Prochaska, et Wendell C. Taylor. 2000. 'A Review of Correlates of Physical Activity of Children and Adolescents': *Medicine & Science in Sports & Exercise*, mai, 963-75. <https://doi.org/10.1097/00005768-200005000-00014>.

Santaliestra-Pasías, A M, T Mouratidou, L Reisch, I Pigeot, W Ahrens, S Mårild, D Molnár, et al. 2015. 'Clustering of Lifestyle Behaviours and Relation to Body Composition in European Children. The IDEFICS Study'. *European Journal of Clinical Nutrition* 69 (7): 811-16. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.76>.

Schoeppe, Stephanie, et Stewart G. Trost. 2015. 'Maternal and Paternal Support for Physical Activity and Healthy Eating in Preschool Children: A Cross-Sectional Study'. *BMC Public Health* 15 (1). <https://doi.org/10.1186/s12889-015-2318-9>.

Schwarz, Gideon. 1978. 'Estimating the Dimension of a Model'. *The Annals of Statistics* 6 (2): 461-64. <https://doi.org/10.1214/aos/1176344136>.

Sedentary Behaviour Research Network, null. 2012. 'Letter to the Editor: Standardized Use of the Terms "Sedentary" and "Sedentary Behaviours"'. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition Et Métabolisme* 37 (3): 540-42. <https://doi.org/10.1139/h2012-024>.

Singh, A. S., C. Mulder, J. W. R. Twisk, W. van Mechelen, et M. J. M. Chinapaw. 2008. 'Tracking of Childhood Overweight into Adulthood: A Systematic Review of the Literature'. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 9 (5): 474-88. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2008.00475.x>.

Slaughter, M. H., T. G. Lohman, R. A. Boileau, C. A. Horswill, R. J. Stillman, M. D. Van Loan, et D. A. Bembien. 1988. 'Skinfold Equations for Estimation of Body Fatness in Children and Youth'. *Human Biology* 60 (5): 709-23.

Smithers, Lisa G, Rebecca K Golley, Laima Brazionis, et John W Lynch. 2011. 'Characterizing Whole Diets of Young Children from Developed Countries and the Association between Diet and Health: A Systematic Review: Nutrition Reviews©, Vol. 69, No. 8'. *Nutrition Reviews* 69 (8): 449-67. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00407.x>.

Sovio, Ulla, Dennis O. Mook-Kanamori, Nicole M. Warrington, Robert Lawrence, Laurent Briollais, Colin N. A. Palmer, Joanne Cecil, et al. 2011. 'Association between Common Variation at the FTO Locus and Changes in Body Mass Index from Infancy to Late Childhood: The Complex Nature of Genetic Association through Growth and Development'.

*PLOS Genetics* 7 (2): e1001307. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1001307>.

Spiegel, Karine, Rachel Leproult, et Eve Van Cauter. 1999. 'Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function'. *The Lancet* 354 (9188): 1435-39. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(99\)01376-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(99)01376-8).

Taheri, Shohrad, Ling Lin, Diane Austin, Terry Young, et Emmanuel Mignot. 2004. 'Short Sleep Duration Is Associated with Reduced Leptin, Elevated Ghrelin, and Increased Body Mass Index'. *PLoS Medicine* 1 (3): e62. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0010062>.

Taverno Ross, S. E., Wonwoo Byun, Marsha Dowda, Kerry L. McIver, Ruth P. Saunders, et Russell R. Pate. 2013. 'Sedentary Behaviors in Fifth-Grade Boys and Girls: Where, with Whom, and Why?' *Childhood Obesity* 9 (6): 532-39. <https://doi.org/10.1089/chi.2013.0021>.

Taylor, Rachael W., Ailsa Goulding, Nick J. Lewis-Barned, et Sheila M. Williams. 2004. 'Rate of Fat Gain Is Faster in Girls Undergoing Early Adiposity Rebound'. *Obesity Research* 12 (8): 1228-30. <https://doi.org/10.1038/oby.2004.155>.

Taylor, Rachael W., Andrea M. Grant, Ailsa Goulding, et Sheila M. Williams. 2005. 'Early Adiposity Rebound: Review of Papers Linking This to Subsequent Obesity in Children and Adults'. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 8 (6): 607-12.

Taylor, Rachael W., Sheila M. Williams, Philippa J. Carter, Ailsa Goulding, David F. Gerrard, et Barry J. Taylor. 2011. 'Changes in Fat Mass and Fat-Free Mass during the Adiposity Rebound: FLAME Study'. *International Journal of Pediatric Obesity* 6 (2-2): e243-51. <https://doi.org/10.3109/17477166.2010.549488>.

Timmons, Brian W., Allana G. LeBlanc, Valerie Carson, Sarah Connor Gorber, Carrie Dillman, Ian Janssen, Michelle E. Kho, John C. Spence, Jodie A. Stearns, et Mark S. Tremblay. 2012. 'Systematic Review of Physical Activity and Health in the Early Years (Aged 0–4 Years)'. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 37 (4): 773-92. <https://doi.org/10.1139/h2012-070>.

Timmons, Brian W., Patti-Jean Naylor, et Karin A. Pfeiffer. 2007. '[Physical activity in children of preschool age - amount and method?]'. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme* 32 Suppl 2F: S136-149. <https://doi.org/10.1139/H07-166>.

Tremblay, Mark S., Valerie Carson, Jean-Philippe Chaput, Sarah Connor Gorber, Thy Dinh, Mary Duggan, Guy Faulkner, et al. 2016. 'Canadian 24-Hour Movement Guidelines for Children and Youth: An Integration of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Sleep'. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 41 (6 (Suppl. 3)): S311-27. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0151>.

Van Hecke, Linde, Maïté Verloigne, Hidde P. van der Ploeg, Jeroen Lakerveld, Johannes Brug, Ilse De Bourdeaudhuij, Ulf Ekelund, Alan Donnelly, Ingrid Hendriksen, et Benedicte Deforche. 2016. 'Variation in Population Levels of Physical Activity in European Children and Adolescents According to Cross-European Studies: A Systematic Literature Review within DEDIPAC'. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 13 (1). <https://doi.org/10.1186/s12966-016-0396-4>.

Vandentorren, Stéphanie, Corinne Bois, Claudine Pirus, Hélène Sarter, Georges Salines, Henri Leridon, et Elfe team. 2009. 'Rationales, Design and Recruitment for the Elfe Longitudinal Study'. *BMC Pediatrics* 9 (septembre): 58. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-9-58>.

Velde, S J te, F van Nassau, L Uijtdewilligen, M M van Stralen, G Cardon, M De Craemer, Y Manios, J Brug, et M J M Chinapaw. 2012. 'Energy Balance-Related Behaviours Associated with Overweight and Obesity in Preschool Children: A Systematic Review of Prospective Studies'. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity* 13 Suppl 1 (mars): 56-74. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2011.00960.x>.

Velde, Saskia J. te, Ilse De Bourdeaudhuij, Inga Thorsdottir, Mette Rasmussen, Maria Hagströmer, Knut-Inge Klepp, et Johannes Brug. 2007. 'Patterns in Sedentary and Exercise Behaviors and Associations with Overweight in 9-14-Year-Old Boys and Girls--a Cross-Sectional Study'. *BMC Public Health* 7 (janvier): 16. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-7-16>.

Walker, Janet, Karin Crawford, et Francesca Taylor. 2008. 'Listening to Children: Gaining a Perspective of the Experiences of Poverty and Social Exclusion from Children and Young People of Single-Parent Families'. *Health & Social Care in the Community* 16 (4): 429-36. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2524.2008.00781.x>.

Watanabe, Etsuko, Jung Su Lee, Katsumi Mori, et Kiyoshi Kawakubo. 2016. 'Clustering Patterns of Obesity-Related Multiple Lifestyle Behaviours and Their Associations with Overweight and Family Environments: A Cross-Sectional Study in Japanese Preschool Children'. *BMJ Open* 6 (11): e012773. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012773>.

Weber, David R, René H Moore, Mary B Leonard, et Babette S Zemel. 2013. 'Fat and lean BMI reference curves in children and adolescents and their utility in identifying excess adiposity compared with BMI and percentage body fat<sup>1234</sup>'. *The American Journal of Clinical Nutrition* 98 (1): 49-56. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.053611>.

Whitaker, Robert C., Margaret S. Pepe, Jeffrey A. Wright, Kristy D. Seidel, et William H. Dietz. 1998. 'Early Adiposity Rebound and the Risk of Adult Obesity'. *Pediatrics* 101 (3): e5-e5. <https://doi.org/10.1542/peds.101.3.e5>.

Wijtzes, Anne I, Wilma Jansen, Selma H Bouthoorn, Niek Pot, Albert Hofman, Vincent W V Jaddoe, et Hein Raat. 2014. 'Social Inequalities in Young Children's Sports Participation and Outdoor Play'. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 11 (1). <https://doi.org/10.1186/s12966-014-0155-3>.

Williams, S, G Davie, et F Lam. 1999. 'Predicting BMI in Young Adults from Childhood Data Using Two Approaches to Modelling Adiposity Rebound'. *International Journal of Obesity* 23 (4): 348-54. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0800824>.

Williams, Sheila, et Nigel Dickson. 2002. 'Early Growth, Menarche, and Adiposity Rebound'. *Lancet (London, England)* 359 (9306): 580-81. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)07715-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)07715-2).

Williams, Sheila M. 2005. 'Weight and Height Growth Rate and the Timing of Adiposity Rebound'. *Obesity Research* 13 (6): 1123-30. <https://doi.org/10.1038/oby.2005.131>.

Williams, Sheila M., et Ailsa Goulding. 2009. 'Patterns of Growth Associated with the Timing of Adiposity Rebound'. *Obesity (Silver Spring, Md.)* 17 (2): 335-41. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.547>.

World Health Organization, éd. 2000. *Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation*. WHO technical report series 894. Geneva: World Health Organization.

———. 2019. *Guidelines on Physical Activity, Sedentary Behaviour and Sleep for Children under 5 Years of Age*. Geneva: World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/311664>.

Xu, Huilan, Li Ming Wen, et Chris Rissel. 2015. 'Associations of Parental Influences with Physical Activity and Screen Time among Young Children: A Systematic Review'. *Journal of Obesity* 2015: 1-23. <https://doi.org/10.1155/2015/546925>.

Zarnowiecki, D. M., J. Dollman, et N. Parletta. 2014. 'Associations between Predictors of Children's Dietary Intake and Socioeconomic Position: A Systematic Review of the Literature: Child Dietary Predictors and SEP'. *Obesity Reviews* 15 (5): 375-91. <https://doi.org/10.1111/obr.12139>.

Zimmerman, Frederick J., et Janice F. Bell. 2010. 'Associations of television content type and obesity in children'. *American Journal of Public Health* 100 (2): 334.



## Annexes

---



## 1. Annexe A relative au chapitre 2

1. Extraits des questionnaires présentant le libellé des questions et leurs modalités de réponses exploitées dans cette thèse

### Activité physique

#### A 2 et 5 ans

Actuellement, dans une semaine habituelle, combien de temps en moyenne votre enfant passe-t-il en promenade ou à jouer dehors (dans un jardin, un parc, une cour de récréation, ...)

un jour de semaine       heure(s)     minute(s)  
le mercredi               heure(s)     minute(s)  
un jour de week-end       heure(s)     minute(s)

Votre enfant fréquente-t-il ou a-t-il fréquenté une piscine de façon régulière ?

0. non    1. oui

Au cours de l'année écoulée, votre enfant a-t-il fréquenté une piscine ?

0. jamais  
1. moins d'une fois par mois  
2. au moins une fois par mois  
3. entre 1 à 3 fois par mois  
4. au moins une fois par semaine

#### A 2 ans

Avec quelle fréquence, vous la maman, faites-vous ces activités avec votre enfant ?

	1-----	2-----	3-----	4-----	5
	chaque	3-5 fois	1 à 2 fois	moins d'1	jamais ou
	jour ou	par	par	fois par	presque
	presque	semaine	semaine	semaine	
l'emmener se promener	<input type="text"/>				
jeux physiques (ballon...)	<input type="text"/>				

Avec quelle fréquence, vous le père, faites-vous ces activités avec votre enfant ?

	1-----	2-----	3-----	4-----	5
	chaque	3-5 fois	1 à 2 fois	moins d'1	jamais ou
	jour ou	par	par	fois par	presque
	presque	semaine	semaine	semaine	
l'emmener se promener	<input type="text"/>				
jeux physiques (ballon...)	<input type="text"/>				

Lorsque vous emmenez votre enfant en promenade, est-il le plus souvent :

1 à pied    2 en poussette    3 autant à pied qu'en poussette

A 5 ans

**Actuellement**, dans une semaine habituelle, combien de temps votre enfant passe-t-il à marcher en promenade ou en trajet (pour se rendre à l'école, chez la nourrice, vous accompagner aux courses...)?

un jour de semaine      |heure(s)    ||minute(s)  
le mercredi              | heure(s)    || minute(s)  
un jour de week-end      | heure(s)    || minute(s)

Votre enfant pratique-t-il une activité sportive organisée (en dehors de celles proposées à l'école ou au centre de loisir)?

0. non 1. Oui

**Exposition à la télévision à 2 et 5 ans :**

Actuellement, dans une semaine habituelle, combien de temps en moyenne votre enfant passe-t-il à regarder la télévision, jouer à des jeux vidéos ou d'ordinateur?

un jour de semaine      | heure(s)    || minute(s)  
le mercredi              | heure(s)    || minute(s)  
un jour de week-end      | heure(s)    || minute(s)

La télévision est-elle allumée dans la pièce pendant que l'enfant prend ses repas à la maison?

- 1. jamais
- 2. parfois
- 3. souvent
- 4. toujours

**Alimentation :**

A 2 et 5 ans

Actuellement, avec quelle fréquence votre enfant consomme-t-il les aliments suivants dans une semaine habituelle (comptez les repas à la maison et en dehors de la maison). *Entourez un chiffre entre 1 et 7.*

- laitages (yaourts, petit-suisse..)  
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7  
jamais    moins d'1 fois    1 à 3 fois    1 à 3 fois    4 à 6 fois    1 fois    plusieurs  
                  par mois            par mois    par semaine    par semaine    par jour    fois
- desserts lactés (crème, glaces)  
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7  
jamais    moins d'1 fois    1 à 3 fois    1 à 3 fois    4 à 6 fois    1 fois    plusieurs  
                  par mois            par mois    par semaine    par semaine    par jour    fois
- fromage  
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7  
jamais    moins d'1 fois    1 à 3 fois    1 à 3 fois    4 à 6 fois    1 fois    plusieurs  
                  par mois            par mois    par semaine    par semaine    par jour    fois
- pâtes, riz, semoule  
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7

jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- pommes de terre (à l'eau ou en purée)						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- frites, pommes de terre sautées						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- quiches, pizzas, tourtes						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- légumes secs (lentilles, haricots blancs)						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- légumes cuits (y compris soupes), en dehors des pommes de terre						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- crudités, salade						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- volaille ou jambon						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- viande type bœuf mouton porc						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- charcuterie (sauf jambon)						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- poisson gras : type maquereau, sardines, saumon, thon, hareng, ...						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- poisson blanc : type cabillaud, colin, merlan, ...						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- œufs						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- fruits frais						
1	2	3	4	5	6	7
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- compotes						
1	2	3	4	5	6	7

jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- jus de fruits						
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7						
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- sodas ordinaires/sirop						
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7						
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- soda 'light'						
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7						
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- céréales petit déjeuner dans le bol ou le biberon						
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7						
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- pain						
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7						
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- viennoiseries, biscuits, gâteaux						
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7						
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- bonbons, chocolat						
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7						
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois
- chips, biscuits apéritifs						
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7						
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois

A 2 ans

Actuellement, quelle quantité de lait votre enfant boit-il par jour en moyenne ?

0. ne boit pas de lait
1. 1 biberon plein ou un grand bol/jour (250 ml) ou moins
2. entre 1 et 2 biberons pleins ou grands bols/jour
3. entre 2 et 3 biberons pleins ou grands bols/jour
4. plus de 3 biberons pleins ou grands bols/jour

A 5 ans

Actuellement, avec quelle fréquence votre enfant consomme-t-il les aliments suivants dans une semaine habituelle (comptez les repas à la maison et en dehors de la maison). Entourez un chiffre entre 1 et 7.

- du lait (nature ou aromatisé)

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7						
jamais	moins d'1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 3 fois par semaine	4 à 6 fois par semaine	1 fois par jour	plusieurs fois

A 2 et 5 ans

Quelle est/sont la ou les boissons habituelles de votre enfant lors des repas du midi ou du soir ? (cochez les cases correspondantes)

- 1. eau du robinet non filtrée
- 2. eau du robinet filtrée
- 3. eau minérale
- 4. lait
- 5. soda
- 6. jus de fruit
- 7. Autre précisez : .....

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

A 2 ans

Parmi **les aliments spécifiques bébé**, vendus dans le commerce, lesquels utilisez-vous encore parmi ces catégories ?

- |  |   |
|--|---|
| céréales                                   | <input type="checkbox"/> 0. non <input type="checkbox"/> 1. oui |
| petits pots ou coupelles fruits et dessert | <input type="checkbox"/> 0. non <input type="checkbox"/> 1. oui |
| petits pots ou plats salés                 | <input type="checkbox"/> 0. non <input type="checkbox"/> 1. oui |
| potages en brique                          | <input type="checkbox"/> 0. non <input type="checkbox"/> 1. oui |
| purée en brique                            | <input type="checkbox"/> 0. non <input type="checkbox"/> 1. oui |

Pour **les aliments spécifiques bébé**, que vous utilisez toujours, pouvez-vous nous préciser pour chacune de ces catégories, combien de fois/semaine

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| céréales                                   | <input type="text"/> fois/semaine |
| petits pots ou coupelles fruits et dessert | <input type="text"/> fois/semaine |
| petits pots ou plats salés                 | <input type="text"/> fois/semaine |
| potages en brique                          | <input type="text"/> fois/semaine |
| purée en brique                            | <input type="text"/> fois/semaine |

Pour **les aliments spécifiques bébé**, que vous utilisez pas ou plus, à quel âge avez-vous arrêté ? (répondez 0 si vous n'en avez jamais utilisé).

- |  |  |
|--|--|
| céréales                                   | <input type="text"/> <input type="text"/> mois |
| petits pots ou coupelles fruits et dessert | <input type="text"/> <input type="text"/> mois |
| petits pots ou plats salés                 | <input type="text"/> <input type="text"/> mois |
| potages en brique                          | <input type="text"/> <input type="text"/> mois |
| purée en brique                            | <input type="text"/> <input type="text"/> mois |

A 5 ans

En dehors des repas ou du goûter, votre enfant mange-t-il des bonbons ou des gâteaux, ou boit-il autre chose que de l'eau (ex : sodas, jus d'orange, etc...) ?

- 1. 2 fois par jour ou plus
- 2. 1 fois par jour
- 3. tous les 2-3 jours
- 4. moins souvent
- 5. jamais

**Sommeil :**

A 2 ans

Le plus souvent, à quelle heure votre enfant se couche-t-il le soir ?

- heures  minutes
- ne se couche pas régulièrement à la même heure

Le plus souvent, à quelle heure votre enfant se réveille-t-il le matin ?

- heures  minutes
- ne se réveille pas régulièrement à la même heure

Votre enfant fait-il régulièrement la sieste ?

- 0. non 1. oui
- si oui, quelle est la durée moyenne d'une sieste ?

A 5 ans

Le plus souvent, à quelle heure votre enfant se couche-t-il le soir ?

- en semaine :  heures  minutes
- le week-end :  heures  minutes

Le plus souvent, à quelle heure votre enfant se réveille-t-il le matin ?

- en semaine :  heures  minutes
- le week-end :  heures  minutes

A 2 et 5 ans

Au cours du dernier mois, quand vous couchez votre enfant le soir, a-t-il du mal à s'endormir ?

- 1 tous les soirs ou presque tous les soirs
- 2 souvent
- 3 un soir sur deux
- 4 parfois
- 5 jamais ou presque jamais

A 2 ans

Actuellement, votre enfant prend-t-il tous les jours ou presque ?

- un biberon (ou une tétée) avant de s'endormir 0. non 1. oui

si oui, le biberon contient-il autre chose que de l'eau (exemple : lait, jus de fruits...)? 0. non 1. Oui

**Position socio-économique**

Question posée à la mère à l'inclusion et à 2 ans :

Quel est le montant des revenus mensuels de votre ménage (en incluant toutes les sources de revenus : salaires, allocations, pensions, etc.) ?

1. moins de 450 euros par mois

2. de 451 à 800 euros

3. de 801 à 1500 euros

4. de 1501 à 2300 euros

5. de 2301 à 3000 euros

6. de 3001 à 3800 euros

7. de 3801 à 4500 euros

8. plus de 4500 euros

Question posée à la mère à l'inclusion

Quel est le diplôme de niveau le plus élevé que vous avez obtenu ?

1. aucun diplôme

2. certificat d'études primaires

3. certificat d'aptitude professionnelle, CAP

4. brevet d'enseignement professionnel, BEP

5. bac professionnel

6. bac technologique

7. bac général

8. diplôme bac + 2 (DUT, BTS, DEUG)

9. diplôme d'enseignement supérieur (2<sup>ème</sup> ou 3<sup>ème</sup> cycle, grande école)

10. autre : précisez .....

## 2. Règles d'imputation relatives aux variables JeuExt et Marche

La variable JeuExt a été imputée selon les règles suivantes :

- en cas de donnée manquante uniquement sur la durée des activités extérieures le week-end, nous avons imputé à celle-ci la valeur médiane de cette durée, calculée parmi les enfants ayant des données complètes pour l'activité physique : soit 7 et 4 variables JeuExt imputées à 2 et 5 ans.
- en cas de donnée manquante uniquement sur la durée des activités extérieures le mercredi, nous avons imputé la valeur de la durée de la semaine de l'enfant : soit 47 et 8 variables JeuExt imputées à 2 et 5 ans.
- en cas de donnée manquante uniquement sur la durée des activités extérieures les jours de la semaine hors mercredi, nous avons imputé à celle-ci la valeur médiane de cette durée, calculée parmi les enfants avec des données complètes pour l'activité physique : soit 21 et 47 variables JeuExt imputées à 2 et 5 ans.
- en cas de données manquantes sur la durée des activités extérieures le mercredi et le week-end, nous avons imputé la valeur de la durée de la semaine de l'enfant au mercredi puis on a imputé la valeur médiane du week-end des enfants ayant des données complètes pour l'activité physique à la durée du week-end manquante : soit 26 et 8 variables JeuExt imputées à 2 et 5 ans.
- en cas de données manquantes sur la durée des activités extérieures les jours de la semaine hors mercredi et le week-end, nous avons imputé la valeur de la durée du mercredi de l'enfant à celles des jours de la semaine et du week-end : soit 3 et 1 variables JeuExt imputées à 2 et 5 ans.
- en cas de données manquantes sur la durée des activités extérieures les jours de la semaine et le mercredi, nous n'avons procédé à aucune imputation.

Nombres d'imputations de la variable Marche selon les mêmes règles que la variable JeuExt :

- 15 variables Marche imputées si week-end manquant
- 25 variables Marche imputées si mercredi manquant
- 26 variables Marche imputées si semaine manquant
- 32 variables Marche imputées si mercredi et week-end manquant
- 3 variables Marche imputées si semaine et week-end manquant

### 3. Règles d'imputations relatives à la variable TV

La variable TV a été imputée selon les règles suivantes :

- en cas de donnée manquante uniquement sur la durée du temps passé devant les écrans le week-end, on a imputé la valeur 0 minute : soit 12 et 9 variables TV imputées à 2 et 5 ans.
- en cas de donnée manquante uniquement sur la durée du temps passé devant les écrans le mercredi, on a imputé la valeur de la durée de la semaine de l'enfant : soit 54 et 16 variables TV imputées à 2 et 5 ans.
- en cas de donnée manquante uniquement sur la durée du temps passé devant les écrans les jours de la semaine hors mercredi, on a imputé la valeur 0 minute : soit 13 et 17 variables TV imputées à 2 et 5 ans.
- en cas de données manquantes sur la durée du temps passé devant les écrans le mercredi et le week-end, on a imputé la valeur de la durée de la semaine de l'enfant au mercredi puis on a imputé la valeur 0 minute à la durée du week-end manquante : soit 62 et 11 variables TV imputées à 2 et 5 ans.
- en cas de données manquantes sur la durée du temps passé devant les écrans les jours de la semaine hors mercredi et le week-end, on a imputé la valeur 0 minute aux 2 valeurs manquantes : soit 5 et 1 variables TV imputées à 2 et 5 ans.
- en cas de données manquantes sur la durée du temps passé devant les écrans les jours de la semaine et le mercredi, on a imputé la valeur 0 minute aux 2 valeurs manquantes : soit 23 et 8 variables TV imputées à 2 et 5 ans.

#### 4. Contributions des variables alimentaires à la définition des profils alimentaires

Tableau tiré de l'article de Lioret et al. 2015, intitulé : 'Supplemental Table 1. PCA loadings for the cross-sectional dietary patterns derived at 2 y. The EDEN study.'

	2 y (n=1422)		
	1 <sup>st</sup> pattern	2 <sup>nd</sup> pattern	3 <sup>rd</sup> pattern
Food groups			
Milk	-0.04	0.02	0.14
Dairy: yogurt and cottage cheese	-0.07	0.25	0.20
Dairy puddings and ice-creams	0.33*	0.06	0.15
Cheese	0.08	0.26	-0.19
Rice	0.10	0.52*	0.13
Potatoes	0.08	0.42*	0.26
French Fries	0.60*	-0.05	0.04
Pizzas	0.43*	0.11	-0.25
Legumes	0.33*	0.17	-0.16
Cooked vegetables	-0.31*	0.60*	0.03
Raw vegetables	0.10	0.45*	-0.45*
Ham	0.27	0.41*	0.18
Meat	0.34*	0.36*	0.06
Processed meat	0.56*	-0.05	-0.01
High fat fish	0.23	0.27	-0.09
Low fat fish	0.04	0.45*	-0.02
Breaded fish	na	na	na
Eggs	0.19	0.27	-0.26
Fresh fruit	-0.02	0.48*	-0.42*
Stewed fruit	-0.14	0.39*	0.32*
Fruit juice	0.43*	0.04	0.08
Carbonated soft drinks	0.56*	-0.20	0.13
Breakfast cereals	-0.02	0.19	0.53*
Bread	0.21	0.29	-0.09
Biscuits	0.47*	-0.12	0.29
Chocolate	0.55*	-0.11	0.14
Crisps	0.53*	-0.18	0.16
Baby foods	-0.27	0.24	0.68*
% of variance explained	10.9	9.3	6.6
Label	"Proces- sed, fast- foods"	"Guide- lines"	"Baby foods"

\*Factor loadings <-0.30 or >0.30

## 2. Annexe B relative au chapitre 3

Tableau XXII : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité à 5 ans chez les garçons ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%)

Comportements à 2 ans	Garçons (N=473)			
	Pourcentage de masse grasse Slaughter <sup>a</sup>		Pourcentage de masse grasse Houtkooper <sup>b</sup>	
	Modèles distincts <sup>c</sup>	Modèle complet <sup>d</sup>	Modèles distincts <sup>c</sup>	Modèle complet <sup>d</sup>
<b>Temps passés en jeux extérieurs<sup>e</sup></b>				
Faible (Tertile 1)	ref	ref	ref	ref
Moyen (Tertile 2)	-0.14 (-0.75 à 0.46)	-0.32 (-0.92 à 0.28)	-0.32 (-1.27 à 0.63)	-0.49 (-1.44 à 0.46)
Elevé (Tertile 3)	0.20 (-0.39 à 0.79)	0.02 (-0.57 à 0.61)	-0.19 (-1.13 à 0.74)	-0.37 (-1.31 à 0.57)
p-valeur	0.49	0.41	0.80	0.58
<b>Temps passé devant la télévision</b>				
≤ 15 min par jour	ref	ref	ref	ref
>15 - < 60 min par jour	0.23 (-0.36 à 0.81)	0.20 (-0.38 à 0.79)	0.30 (-0.62 à 1.22)	0.27 (-0.66 à 1.19)
≥ 60 min par jour	0.87 (0.30 à 1.43)	0.67 (0.09 à 1.25)	1.20 (0.31 à 2.10)	0.98 (0.06 à 1.90)
p-valeur	<b>0.009</b>	0.070	<b>0.024</b>	0.10
<b>Profils alimentaires, score</b>				
«Aliments transformés ou type fast-food»	0.26 (0.01 à 0.51)	0.11 (0.15 à 0.37)	0.30 (-0.09 à 0.67)	0.18 (-0.23 à 0.59)
p-valeur	<b>0.043</b>	0.39	0.14	0.39
«Proche des recommandations»	-0.03 (-0.28 à 0.23)	0.07 (-0.19 à 0.32)	-0.12 (-0.52 à 0.29)	-0.05 (-0.45 à 0.36)
p-valeur	0.84	0.62	0.57	0.82
<b>IMC à 2 ans (kg/m<sup>2</sup>)</b>		1.18 (0.97 à 1.39)		1.63 (1.29 à 1.96)
p-valeur		<b>&lt;0.0001</b>		<b>&lt;0.0001</b>

<sup>a</sup> Pourcentage de masse grasse selon (Slaughter et al. 1988). <sup>b</sup> Pourcentage de masse grasse selon (Houtkooper et al. 1989) <sup>c</sup> Les 3 comportements sont inclus dans 3 modèles séparés ajustés sur le centre, l'âge exact lors de l'examen clinique et l'IMC à 2 ans. <sup>d</sup> Les 3 comportements sont inclus simultanément dans un seul modèle ajusté en plus sur le niveau d'études de la mère et le niveau de revenus du ménage à 2 ans. <sup>e</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1) : printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min).

Tableau XXIII : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité à 5 ans chez les filles ; les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%)

Comportements à 2 ans	Filles (N=410)			
	Pourcentage de masse grasse selon Slaughter <sup>a</sup>		Pourcentage de masse grasse selon Houtkooper <sup>b</sup>	
	Modèles distincts <sup>c</sup>	Modèle complet <sup>d</sup>	Modèles distincts <sup>c</sup>	Modèle complet <sup>d</sup>
<b>Temps passés en jeux extérieurs<sup>e</sup></b>				
Faible (Tertile 1)	ref	ref	ref	ref
Moyen (Tertile 2)	-0.04 (-0.69 à 0.60)	-0.07 (-0.71 à 0.58)	-0.45 (-1.45 à 0.55)	-0.55 (-1.56 à 0.46)
Elevé (Tertile 3)	-0.36 (-1.03 à 0.32)	-0.59 (-1.30 à 0.12)	-1.37 (-2.42 à -0.32)	-1.57 (-2.68 à -0.47)
p-valeur	0.54	0.22	<b>0.038</b>	<b>0.020</b>
<b>Temps passé devant la télévision</b>				
≤ 15 min par jour	ref	ref	ref	ref
>15 - < 60 min par jour	0.07 (-0.58 à 0.72)	-0.06 (-0.71 à 0.60)	1.27 (0.26 à 2.29)	1.17 (0.15 à 2.20)
≥ 60 min par jour	0.17 (-0.50 à 0.85)	-0.06 (-0.76 à 0.64)	1.07 (0.03 à 2.12)	0.93 (-0.16 à 2.02)
p-valeur	0.88	0.98	<b>0.032</b>	0.065
<b>Profils alimentaires, score</b>				
«Aliments transformés ou type fast-food»	0.23 (-0.05 à 0.51)	0.15 (-0.15 à 0.45)	0.22 (-0.22 à 0.67)	0.15 (-0.31 à 0.62)
p-valeur	0.11	0.33	0.32	0.52
«Proche des recommandations»	-0.17 (-0.45 à 0.11)	-0.06 (-0.35 à 0.23)	-0.43 (-0.87 à 0.002)	-0.26 (-0.71 à 0.19)
p-valeur	0.23	0.67	<b>0.051</b>	0.26
<b>IMC à 2 ans (kg/m<sup>2</sup>)</b>		1.40 (1.16 à 1.64)		1.58 (1.21 à 1.96)
p-valeur		<b>&lt;0.0001</b>		<b>&lt;0.0001</b>

<sup>a</sup> Pourcentage de masse grasse selon (Slaughter et al. 1988). <sup>b</sup> Pourcentage de masse grasse selon (Houtkooper et al. 1989) <sup>c</sup> Les 3 comportements sont inclus dans 3 modèles séparés ajustés sur le centre, l'âge exact lors de l'examen clinique et l'IMC à 2 ans. <sup>d</sup> Les 3 comportements sont inclus simultanément dans un seul modèle ajusté en plus sur le niveau d'études de la mère et le niveau de revenus du ménage à 2 ans. <sup>e</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1): printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min).

Tableau XXIV : Associations longitudinales entre les comportements impliqués dans la balance énergétique à 2 ans et l'adiposité à 5 ans chez les garçons et les filles sans imputations sur les comportements (les valeurs sont des coefficients de régression linéaire (IC à 95%))

Comportements à 2 ans	Garçons (N=411)		Filles (N= 345)	
	Pourcentage de masse grasse <sup>a</sup>		Pourcentage de masse grasse <sup>a</sup>	
	Modèles distincts <sup>b</sup>	Modèle complet <sup>c</sup>	Modèles distincts <sup>b</sup>	Modèle complet <sup>c</sup>
<b>Temps passés en jeux extérieurs<sup>d</sup></b>				
Faible (Tertile 1)	ref	ref	ref	ref
Moyen (Tertile 2)	-0.19 (-0.79 à 0.42)	-0.30 (-0.90 à 0.30)	0.10 (-0.62 à 0.82)	0.08 (-0.63 à 0.79)
Elevé (Tertile 3)	0.13 (-0.47 à 0.73)	0.03 (-0.58 à 0.63)	-0.60 (-1.34 à 0.14)	-0.88 (-1.65 à -0.11)
p-valeur	0.55	0.46	0.10 <sup>e</sup>	<b>0.020<sup>e</sup></b>
<b>Temps passé devant la télévision</b>				
≤ 15 min par jour	ref	ref	ref	ref
>15 - < 60 min par jour	0.21 (-0.38 à 0.81)	0.22 (-0.38 à 0.81)	0.37 (-0.36 à 1.11)	0.19 (-0.54 à 0.93)
≥ 60 min par jour	0.93 (0.36 à 1.49)	0.81 (0.23 à 1.39)	0.39 (-0.36 à 1.15)	0.05 (-0.74 à 0.83)
p-valeur	<b>0.003</b>	<b>0.018</b>	0.50	0.86
<b>Profils alimentaires, score</b>				
«Aliments transformés ou type fast-food»	0.19 (-0.06 à 0.43)	0.09 (-0.17 à 0.35)	0.28 (-0.03 à 0.59)	0.20 (-0.13 à 0.53)
p-valeur	0.13	0.50	0.08	0.24
«Proche des recommandations»	-0.07 (-0.32 à 0.19)	-0.01 (-0.27 à 0.25)	-0.30 (-0.61 à 0.01)	-0.16 (-0.48 à 0.17)
p-valeur	0.61	0.95	0.061	0.34
<b>IMC à 2 ans (kg/m<sup>2</sup>)</b>		1.25 (1.04 à 1.46)		1.34 (1.07 à 1.60)
p-valeur		<b>&lt;0.0001</b>		<b>&lt;0.0001</b>

<sup>a</sup> Pourcentage de masse grasse selon (Goran et al. 1996). <sup>b</sup> Les 3 comportements sont inclus dans 3 modèles séparés ajustés sur le centre, l'âge exact lors de l'examen clinique et l'IMC à 2 ans. <sup>c</sup> Les 3 comportements sont inclus simultanément dans un seul modèle ajusté en plus sur le niveau d'études de la mère et le niveau de revenus du ménage à 2 ans. <sup>d</sup> Catégories de temps passés en jeux extérieurs selon la saison : Faible (Tertile 1): printemps (9 min à 1 h 23 min), été (23 min à 1 h 58 min), automne (4 min à 1 h 12 min), hiver (0 min à 50 min). Moyen (Tertile 2) : printemps (1 h 24 min à 2 h 15 min), été (1 h 59 min à 2 h 55 min), automne (1 h 13 min à 1 h 58 min), hiver (51 min à 1 h 18 min). Elevé (Tertile 3) : printemps (2 h 16 min à 6 h), été (2 h 56 min à 6 h 34 min), automne (1 h 59 min à 6 h), hiver (1 h 19 min à 4 h 09 min). <sup>e</sup> p-valeur de tendance calculée à l'aide de la valeur médiane de chaque catégorie de la variable JeuExt

### 3. Annexe C relative au chapitre 4

Tableau XXV : Probabilités des distributions multinomiales des variables discriminantes des clusters chez les garçons de 2 ans prédites pour le modèle à 2 clusters.

CLUSTERS		'Habitudes alimentaires défavorables' (n=340)	'Habitudes alimentaires favorables' (n=410)
<b>BOISSONS SUCREES</b>			
<b>Soda/sirop</b>	Jamais	0.16	<b>0.63</b>
	<1 fois par mois	0.11	0.17
	1 à 3 fois par mois	0.23	0.09
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.23</b>	0.06
	4 à 6 fois par semaine	0.12	0.02
	1 fois par jour	0.10	0.02
	Plusieurs fois par jour	0.06	0.01
	<b>Boissons sucrées lors des repas, Oui/Non</b>	<b>0.34/0.66</b>	<b>0.09/0.91</b>
<b>Jus de fruits</b>	Jamais	0.04	<b>0.21</b>
	<1 fois par mois	0.06	0.16
	1 à 3 fois par mois	0.17	0.21
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.32</b>	0.20
	4 à 6 fois par semaine	0.14	0.09
	1 fois par jour	0.22	0.12
	Plusieurs fois par jour	0.04	0.01
<b>Sodas "light"</b>	Jamais	<b>0.71</b>	<b>0.93</b>
	<1 fois par mois	0.09	0.04
	1 à 3 fois par mois	0.09	0.01
	1 à 3 fois par semaine	0.06	0.02
	4 à 6 fois par semaine	0.03	0.00
	1 fois par jour	0.01	0.00
	Plusieurs fois par jour	0.01	0.00
<b>ALIMENTS A FORTE DENSITE ENERGETIQUE</b>			
<b>Charcuterie</b>	Jamais	0.07	<b>0.42</b>
	<1 fois par mois	0.12	0.28
	1 à 3 fois par mois	<b>0.41</b>	0.21
	1 à 3 fois par semaine	0.32	0.07
	4 à 6 fois par semaine	0.05	0.02
	1 fois par jour	0.03	0.00
	<b>Quiche/pizza/tourte</b>	Jamais	0.06
<1 fois par mois	0.20	0.35	
1 à 3 fois par mois	<b>0.53</b>	0.26	
1 à 3 fois par semaine	0.21	0.03	
4 à 6 fois par semaine	0.00	0.01	
<b>Frites/pommes de terre sautées</b>	Jamais	0.00	0.16
	<1 fois par mois	0.06	0.30
	1 à 3 fois par mois	<b>0.50</b>	<b>0.45</b>
	1 à 3 fois par semaine	0.41	0.08
	4 à 6 fois par semaine	0.03	0.01
	1 fois par jour	0.00	0.00
	Plusieurs fois par jour	0.00	0.00

<b>Chips/biscuits apéritif</b>	Jamais	0.02	0.19
	<1 fois par mois	0.15	0.35
	1 à 3 fois par mois	<b>0.49</b>	<b>0.37</b>
	1 à 3 fois par semaine	0.30	0.08
	4 à 6 fois par semaine	0.03	0.01
	1 fois par jour	0.01	0.00
	Plusieurs fois par jour	0.00	0.00
<b>FRUITS ET LEGUMES</b>			
<b>Légumes cuits</b>	Jamais	0.01	0.01
	<1 fois par mois	0.03	0.01
	1 à 3 fois par mois	0.10	0.05
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.32</b>	0.15
	4 à 6 fois par semaine	0.29	0.25
	1 fois par jour	0.24	<b>0.33</b>
	Plusieurs fois par jour	0.01	0.20
<b>Légumes secs</b>	Jamais	0.06	0.25
	<1 fois par mois	0.24	0.27
	1 à 3 fois par mois	<b>0.49</b>	<b>0.36</b>
	1 à 3 fois par semaine	0.19	0.10
	4 à 6 fois par semaine	0.01	0.02
	1 fois par jour	0.01	0.00
	Plusieurs fois par jour	0.00	0.00
<b>Compotes</b>	Jamais	0.02	0.01
	<1 fois par mois	0.03	0.03
	1 à 3 fois par mois	0.07	0.07
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.33</b>	0.15
	4 à 6 fois par semaine	0.25	0.26
	1 fois par jour	0.28	<b>0.37</b>
	Plusieurs fois par jour	0.02	0.11
<b>DESSERTS et SUCRERIES</b>			
<b>Chocolat/bonbons</b>	Jamais	0.01	0.18
	<1 fois par mois	0.04	0.13
	1 à 3 fois par mois	0.18	0.23
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.33</b>	<b>0.28</b>
	4 à 6 fois par semaine	0.22	0.10
	1 fois par jour	0.19	0.07
	Plusieurs fois par jour	0.03	0.01
<b>Desserts lactés (crème, glaces)</b>	Jamais	0.02	0.14
	<1 fois par mois	0.07	0.18
	1 à 3 fois par mois	0.24	<b>0.23</b>
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.30</b>	0.19
	4 à 6 fois par semaine	0.17	0.12
	1 fois par jour	0.13	0.11
	Plusieurs fois par jour	0.07	0.03

<b>Viennoiseries/gâteaux/ biscuits</b>	Jamais	0.00	0.04
	<1 fois par mois	0.00	0.03
	1 à 3 fois par mois	0.03	0.08
	1 à 3 fois par semaine	0.17	0.24
	4 à 6 fois par semaine	0.21	0.21
	1 fois par jour	<b>0.44</b>	<b>0.37</b>
	Plusieurs fois par jour	0.15	0.03
<b>Consommateurs d'ALIMENTS BEBE, Oui/Non</b>		<b>0.49/0.51</b>	<b>0.72/0.28</b>

Les nombres en gras correspondent au mode.

Tableau XXVI : Probabilités des distributions multinomiales et paramètres des distributions gaussiennes des variables discriminantes des clusters chez les filles de 2 ans prédits pour le modèle à 2 clusters.

CLUSTER		'Habitudes alimentaires défavorables' (n=298)	'Habitudes alimentaires favorables' (n=388)
<b>ALIMENTATION</b>			
<b>BOISSONS SUCREES</b>			
<b>Soda/sirop</b>	Jamais	0.22	<b>0.75</b>
	<1 fois par mois	0.14	0.13
	1 à 3 fois par mois	<b>0.23</b>	0.09
	1 à 3 fois par semaine	0.21	0.03
	4 à 6 fois par semaine	0.06	0.00
	1 fois par jour	0.09	0.00
	Plusieurs fois par jour	0.05	0.00
	<b>Jus de fruit</b>	Jamais	0.07
<1 fois par mois		0.05	0.17
1 à 3 fois par mois		0.18	0.21
1 à 3 fois par semaine		<b>0.31</b>	0.20
4 à 6 fois par semaine		0.15	0.06
1 fois par jour		0.20	0.10
Plusieurs fois par jour		0.04	0.01
<b>Sodas "light"</b>		Jamais	<b>0.69</b>
	<1 fois par mois	0.07	0.06
	1 à 3 fois par mois	0.11	0.02
	1 à 3 fois par semaine	0.08	0.00
	4 à 6 fois par semaine	0.03	0.00
	1 fois par jour	0.02	0.00
<b>Boissons sucrées lors des repas, Oui/Non</b>		<b>0.22/0.78</b>	<b>0.05/0.95</b>
<b>ALIMENTS A FORTE DENSITE ENERGETIQUE</b>			
<b>Chips/biscuits apéritif</b>	Jamais	0.04	0.20
	<1 fois par mois	0.08	<b>0.37</b>
	1 à 3 fois par mois	<b>0.51</b>	0.35
	1 à 3 fois par semaine	0.31	0.07
	4 à 6 fois par semaine	0.05	0.01
	1 fois par jour	0.01	0.00
<b>Frites/pommes de terre sautées</b>	Jamais	0.01	0.15
	<1 fois par mois	0.10	0.27
	1 à 3 fois par mois	0.41	<b>0.47</b>
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.44</b>	0.11
	4 à 6 fois par semaine	0.03	0.00
	1 fois par jour	0.01	0.00
<b>Charcuterie</b>	Jamais	0.11	<b>0.35</b>
	<1 fois par mois	0.15	0.31
	1 à 3 fois par mois	<b>0.33</b>	0.26
	1 à 3 fois par semaine	0.31	0.06
	4 à 6 fois par semaine	0.07	0.02
	1 fois par jour	0.03	0.00

<b>Quiche/pizza/ tourte</b>	Jamais	0.12	<b>0.29</b>
	<1 fois par mois	0.19	0.35
	1 à 3 fois par mois	<b>0.50</b>	0.29
	1 à 3 fois par semaine	0.18	0.06
	4 à 6 fois par semaine	0.01	0.01
	1 fois par jour	0.00	0.00
<b>Consommateurs d'aliments bébé, Oui/Non</b>		<b>0.52/0.48</b>	<b>0.73/0.27</b>
<b>DESSERTS et SUCRERIES</b>			
<b>Chocolat/bonbons</b>	Jamais	0.02	0.11
	<1 fois par mois	0.02	0.16
	1 à 3 fois par mois	0.16	0.26
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.32</b>	<b>0.31</b>
	4 à 6 fois par semaine	0.25	0.08
	1 fois par jour	0.19	0.08
	Plusieurs fois par jour	0.04	0.00
<b>Viennoiseries/ gâteaux/biscuits</b>	Jamais	0.00	0.00
	<1 fois par mois	0.00	0.05
	1 à 3 fois par mois	0.05	0.13
	1 à 3 fois par semaine	0.16	<b>0.33</b>
	4 à 6 fois par semaine	0.25	0.23
	1 fois par jour	<b>0.40</b>	0.25
	Plusieurs fois par jour	0.14	0.01
<b>LEGUMES</b>			
<b>Légumes cuits</b>	Jamais	0.02	0.00
	<1 fois par mois	0.01	0.01
	1 à 3 fois par mois	0.09	0.05
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.32</b>	0.15
	4 à 6 fois par semaine	0.26	0.26
	1 fois par jour	0.26	<b>0.32</b>
	Plusieurs fois par jour	0.04	0.21
<b>EXPOSITION A LA TELEVISION</b>			
<b>Temps passé devant la télévision</b>	0 min/jour	0.04	0.18
	] 0 à 30 ]	<b>0.38</b>	<b>0.49</b>
	] 30 à 60 ]	0.27	0.17
	>60 min/jour	0.31	0.16
<b>Télé allumée pendant les repas</b>	Jamais	<b>0.33</b>	<b>0.48</b>
	Parfois	0.26	0.31
	Souvent	0.24	0.15
	Toujours	0.17	0.06
<b>ACTIVITÉ PHYSIQUE</b>			
<b>Temps passé en jeux extérieurs</b> (standardisé par saison) min/jour, moyenne (écart-type)		3 (60)	-13 (51)
<b>SOMMEIL</b>			
<b>Régularité de l'heure de lever, Oui/Non</b>		<b>0.84/0.16</b>	<b>0.93/0.07</b>
<b>Régularité de l'heure de coucher, Oui/Non</b>		<b>0.90/0.10</b>	<b>0.99/0.01</b>

Les nombres en gras correspondent au mode. Abréviations : min minute.

Tableau XXVII : Probabilités des distributions multinomiales et paramètres des distributions gaussiennes des variables discriminantes des clusters chez les garçons à 5 ans prédits pour le modèle à 2 clusters.

CLUSTERS		'Exposition TV élevée - habitudes alimentaires défavorables' (n=325)	'Exposition TV moyenne - habitudes alimentaires favorables' (n=308)
<b>EXPOSITION A LA TELEVISION</b>			
<b>Télé allumée pendant les repas</b>	Jamais	0.18	<b>0.55</b>
	Parfois	<b>0.33</b>	0.32
	Souvent	0.32	0.10
	Toujours	0.18	0.03
<b>Temps passé devant la télévision, min/jour, moyenne (écart-type)</b>		107 (49)	58 (29)
<b>ALIMENTATION</b>			
<b>BOISSONS SUCREES</b>			
<b>Boissons sucrées lors des repas, Oui/Non</b>		<b>0.35/0.65</b>	<b>0.04/0.96</b>
<b>Soda/sirop</b>	Jamais	0.06	0.16
	<1 fois par mois	0.05	0.26
	1 à 3 fois par mois	0.19	<b>0.30</b>
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.30</b>	0.21
	4 à 6 fois par semaine	0.15	0.04
	1 fois par jour	0.16	0.02
	Plusieurs fois par jour	0.08	0.00
<b>Jus de fruits</b>	Jamais	0.03	0.05
	<1 fois par mois	0.01	0.10
	1 à 3 fois par mois	0.12	0.22
	1 à 3 fois par semaine	0.28	0.20
	4 à 6 fois par semaine	0.17	0.11
	1 fois par jour	<b>0.29</b>	<b>0.31</b>
	Plusieurs fois par jour	0.09	0.02
<b>ALIMENTS A FORTE DENSITE ENERGETIQUE</b>			
<b>Frites/pommes de terre sautées</b>	Jamais	0.00	0.01
	<1 fois par mois	0.07	0.17
	1 à 3 fois par mois	0.40	<b>0.64</b>
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.49</b>	0.19
	4 à 6 fois par semaine	0.02	0.00
	1 fois par jour	0.01	0.00
<b>Chips/biscuits apéritif</b>	Jamais	0.03	0.05
	<1 fois par mois	0.14	0.28
	1 à 3 fois par mois	<b>0.45</b>	<b>0.56</b>
	1 à 3 fois par semaine	0.37	0.12
	4 à 6 fois par semaine	0.02	0.00
	1 fois par jour	0.00	0.00
<b>Chips/biscuits apéritif</b>	Jamais	0.07	0.06
	<1 fois par mois	0.09	0.23
	1 à 3 fois par mois	0.36	<b>0.47</b>
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.39</b>	0.23
	4 à 6 fois par semaine	0.06	0.01
	1 fois par jour	0.02	0.00
	Plusieurs fois par jour	0.01	0.00

<b>GRIGNOTAGE en dehors des repas</b>	≥ 2 fois par jour	0.05	0.01
	1 fois par jour	0.23	0.05
	2-3 jours par semaine	0.24	0.06
	Moins souvent	<b>0.39</b>	<b>0.51</b>
	Jamais	0.10	0.38
<b>DESSERTS et SUCRERIES</b>			
<b>Chocolat/bonbons</b>	Jamais	0.00	0.03
	<1 fois par mois	0.01	0.07
	1 à 3 fois par mois	0.12	0.27
	1 à 3 fois par semaine	<b>0.36</b>	<b>0.45</b>
	4 à 6 fois par semaine	0.24	0.10
	1 fois par jour	0.24	0.00
	Plusieurs fois par jour	0.03	0.01
<b>Viennoiseries/gâteaux/biscuits</b>	Jamais	0.01	0.01
	<1 fois par mois	0.00	0.05
	1 à 3 fois par mois	0.05	0.12
	1 à 3 fois par semaine	0.16	<b>0.31</b>
	4 à 6 fois par semaine	0.23	0.23
	1 fois par jour	<b>0.42</b>	0.27
	Plusieurs fois par jour	0.13	0.01
<b>ACTIVITE PHYSIQUE</b>			
<b>Activité sportive organisée, Oui/Non</b>		0.41/ <b>0.59</b>	<b>0.64</b> /0.36
<b>Temps passé à marcher, min/jour, moyenne (écart-type)</b>		50 (49)	36 (29)
<b>SOMMEIL</b>			
<b>Durée de sommeil, heures/jour, moyenne (écart-type)</b>		10h46 (0h30)	10h58 (0h27)

Abréviations : TV télévision. Les nombres en gras correspondent au mode. Abréviations : min minute

Tableau XXVIII : Probabilités des distributions multinomiales et paramètres des distributions gaussiennes des variables discriminantes des clusters chez les filles à 5 ans prédits pour le modèle à 4 clusters.

CLUSTERS	'Exposition TV faible-AP extérieure faible' (N=171)	'Exposition TV moyenne-AP extérieure plutôt élevée' (N=111)	'Exposition TV élevée-AP extérieure faible' (N=242)	'Exposition TV très élevée-AP extérieure élevée' (N=38)
<b>EXPOSITION A LA TELEVISION</b>				
<b>Temps passé devant la télévision,</b>				
min/jour, moyenne (ET)	35 (15)	62 (29)	91 (34)	174 (45)
<b>Télé allumée pendant les repas</b>				
Jamais	<b>0.71</b>	0.34	0.21	0.07
Parfois	0.29	<b>0.49</b>	0.32	0.22
Souvent	0.00	0.11	<b>0.35</b>	0.30
Toujours	0.00	0.06	0.11	<b>0.41</b>
<b>ACTIVITE PHYSIQUE</b>				
<b>Temps passé à marcher</b>				
min/jour, moyenne (ET)	30 (16)	57 (27)	34 (16)	73 (49)
<b>Temps passé en jeux extérieurs (standardisé par saison)</b>				
min/jour, moyenne (ET)	-32 (31)	34 (62)	-24 (38)	32 (78)
<b>ALIMENTATION</b>				
<b>Boissons sucrées lors des repas</b>				
Oui/Non	0.02/ <b>0.98</b>	0.21/ <b>0.79</b>	0.19/ <b>0.81</b>	0.39/ <b>0.61</b>

Abréviations : TV télévision AP activité physique. Les nombres en gras correspondent au mode. Abréviations : min minute ; ET écart-type.

**Titre :** Activité physique, exposition à la télévision et alimentation du jeune enfant (2-5 ans) : Impact sur l'adiposité. **Mots clés :** activité physique, temps passé sur les écrans, alimentation, adiposité, enfant d'âge préscolaire, analyse en clusters.

**Résumé :** L'épidémie de surpoids et d'obésité concerne également les jeunes enfants, se caractérise par d'importantes inégalités sociales et entraîne des conséquences graves pour la santé à court, moyen et long terme. Les comportements impliqués dans la balance énergétique, à savoir l'activité physique, l'exposition à la télévision et l'alimentation pourraient jouer un rôle déterminant vis-à-vis du risque d'obésité du jeune enfant et sont potentiellement modifiables. Les objectifs de ce travail étaient d'étudier l'association entre ces comportements, considérés isolément mais aussi de manière intégrée sous forme de clusters multi-comportementaux à 2 et 5 ans, et le risque d'obésité et ce, séparément chez les filles et les garçons. Le risque d'obésité a été évalué au travers de la masse grasse à 5 ans et de l'âge au rebond d'adiposité. Ce travail s'appuie sur les données de la cohorte EDEN. A 2 ans, le temps de jeux extérieurs chez les filles et le temps passé devant la télévision chez les garçons étaient respectivement associés inversement et positivement au pourcentage de masse grasse à 5 ans. A 2 ans, nous avons identifié des clusters multi-comportementaux caractérisés principalement par la fréquence de consommation d'aliments et de boissons à forte densité énergétique. Ces derniers n'étaient pas liés longitudinalement au pourcentage de masse grasse à 5 ans. Les clusters identifiés à 5 ans (4 clusters chez les filles et 2 chez les garçons) étaient principalement différenciés par l'exposition à la télévision ; chez les garçons la surexposition à la télévision était en outre associée à de moins bonnes habitudes alimentaires, tandis que chez les filles toutes les combinaisons possibles de niveaux d'exposition à la télévision et d'activité physique en extérieur (jeux/marche) étaient observées au sein des clusters. Les filles appartenant au cluster 'Exposition très élevée à la télévision – Activité physique extérieure élevée' à 5 ans avaient un pourcentage de masse grasse plus élevé que celles du cluster de

référence 'Exposition modérée à la télévision – Activité physique extérieure plutôt élevée'. Par ailleurs, une plus forte adhésion au profil alimentaire 'Aliments préparés, sucrés, salés' (identifié dans des travaux précédents) à 2 ans était associée à un âge plus précoce du rebond d'adiposité, défini comme intervenant en moyenne avant 3,7 ans dans les 2 sexes. Enfin, nos résultats montraient un lien inverse entre la position socioéconomique et le temps passé devant la télévision ou les clusters caractérisés par une surexposition à la télévision et/ou de moins bonnes habitudes alimentaires et de repas. Ainsi, ces travaux suggèrent que tous les comportements impliqués dans la balance énergétique influencent le risque ultérieur d'obésité, mais avec une temporalité différente, sur des marqueurs de risque distincts et de façon variable en fonction du sexe de l'enfant et de son origine sociale. Ils suggèrent aussi que l'identification de certaines typologies comportementales spécifiques pourrait permettre de mieux distinguer des groupes d'enfants ayant des niveaux de risque différents. Ces résultats nous invitent à mettre en place des stratégies de prévention de l'obésité intégrant tous les comportements impliqués dans la balance énergétique et ce le plus précocement possible, idéalement avant 2 ans. Les efforts doivent viser à réduire le temps passé devant la télévision, en particulier dans les milieux socialement moins favorisés, tout en promouvant l'activité physique, en particulier en encourageant les petites filles aux jeux actifs à l'extérieur. En parallèle, il semble pertinent d'inciter les familles, et ce dès la grossesse, à adopter une alimentation proche des recommandations, en insistant sur l'importance des habitudes de repas, télévision éteinte et sans mise à disposition de boissons sucrées. Compte tenu de son approche holistique de la famille, le médecin généraliste est un vecteur idéal de ces messages de prévention.

**Title:** Physical activity, television exposure and diet in preschool children: impact on adiposity.

**Keywords:** physical activity, screen time, diet, adiposity, preschool children, cluster analysis.

**Abstract:** The epidemic of obesity concerns also young children, is characterized by important social inequalities and has important consequences on health in the short, medium and long-term. Energy balance-related behaviors, namely physical activity, television exposure and diet, may be important in young children in determining subsequent obesity risk, and are potentially modifiable. The objective of this work was to examine the association between energy balance-related behaviors, considered in isolation or in combination (via cluster analysis) at 2 and 5 years of age, and obesity risk in boys and girls separately. Obesity risk was assessed by the percentage of body fat at 5 years and the age of the adiposity rebound. The work is based on data from the EDEN birth cohort. At 2 years, outdoor play time and television watching time were respectively, inversely and positively associated with the percentage of body fat at 5 years. At 2 years, 2 clusters emerged that were essentially characterized by opposite eating habits, with intake of energy-dense food and sweetened beverages being the most discriminating feature. At 5 years, clusters (2 in boys, 4 in girls) were mainly differentiated by the level of television exposure; in boys, high television exposure combined with unhealthy eating habits, while in girls, all possible combinations of the level of television exposure and time spent in outdoor physical activity (play and walk) were observed within clusters. Girls belonging to the 'Very high television exposure – High outdoor physical activity' cluster had a significantly higher percentage of body fat than girls in the reference cluster (labeled 'Moderate television exposure – rather high outdoor physical activity'). Furthermore, a higher score on the 'Processed and fast foods' (identified in a previous Eden analysis) at 2 years was associated with an earlier age of

adiposity rebound (here defined as before 3.7 years on the average in both sexes). Maternal education level, taken as a general indicator of socio-economic position (SEP), was inversely related to television viewing time as well as clusters characterized by a high level of television and/or less favorable eating habits (eating while the television is on and drinking sweetened beverages at mealtimes). These results suggest that all three-energy balance-related behaviors influence the subsequent risk of obesity, but with different timing of influence, on distinct markers of obesity risk, and in a way that differ according the child's sex and his/her family's socio-economic position. Furthermore, results suggest that these behaviors combine in complex ways that differ in boys and girls, and that some behavioral typologies confer an increased risk of excess fat mass accrual. These results plead for integrated obesity preventive strategies targeting all three-energy balance-related behaviors, and implemented as early as possible, ideally before the age of 2. Efforts should strive to decrease television viewing time, especially for children growing in low SEP families, while simultaneously promoting physical activity, in particular by encouraging young girls to engage in active outdoor play. In parallel, it appears important to encourage mothers, especially from low SEP families, to follow diet guidelines and adopt favorable mealtime routines (e.g., turning off the television during meals, and proposing water rather than sodas at mealtime). Because of their frequent and continued contact with parents and their children throughout childhood, family physicians are particularly well positioned to help parents promote and support the development of early healthful physical activity and diet habits of children, starting in early childhood.