

RÔLE DIFFÉRENTIEL DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE ET DE L'ALIMENTATION DANS LA PRÉVENTION DE L'OBÉSITÉ INFANTILE : prééminence de l'activité physique

B.C. GUINHOYA (1), B. GUTIN (2)

RÉSUMÉ : La théorie courante du « bilan énergétique » conçoit l'obésité pédiatrique, à l'instar de celle de l'adulte, comme le résultat d'un bilan énergétique excessivement positif. Les efforts de prévention ont donc mis l'accent sur le contrôle des apports caloriques, l'activité physique (AP) étant perçue comme un simple support au dispositif. Les interventions développées avec cette vision n'ont pas produit de résultats probants. Une théorie émergente, la « théorie du développement », postule la prééminence de l'AP et suggère que les AP élevées peuvent amener les cellules souches à se différencier préférentiellement en tissus maigres. Ainsi, les interventions préventives qui mettraient l'accent sur les AP élevées sont-elles susceptibles de produire des résultats durables.

MOTS-CLÉS : *Composition corporelle - Développement - Alimentation - Pédiatrie - Activité physique - Différenciation de cellules souches*

INTRODUCTION

Malgré la tendance à la stabilité rapportée dans différentes régions du monde (1), la prévalence de l'obésité reste encore trop élevée dans les populations pédiatriques. Comme l'indique la figure 1, les dernières données américaines chez les enfants de 2-19 ans font état de 31,5% d'enfants en surpoids (y compris 11,9% d'enfants obèses) (2). Dans les pays européens, cette prévalence est moins importante bien que près d'un enfant sur cinq semble être au moins en surpoids (3-5). Dans ces deux régions du monde, l'augmentation du surpoids/obésité infantile s'est faite de façon spectaculaire à partir des années 1980 (fig. 1), et la tendance à la stabilité des valeurs ne semble pas être homogène dans toutes les contrées (6).

Les efforts de prévention, auxquels on n'hésite pas à attribuer l'atténuation des proportions d'enfants en surpoids/obésité dans la population, devraient être maintenus et devenir de plus en plus efficaces au regard des ressources et dépenses consenties par la société.

DIFFERENTIAL ROLE OF PHYSICAL ACTIVITY AND DIET IN THE PREVENTION OF CHILDHOOD OBESITY: PRE-EMINENCE OF PHYSICAL ACTIVITY

SUMMARY : The current theory, known as the “theory of energy balance”, perceives paediatric obesity, like adults' obesity, as the result of an excessively positive energy balance. Thus, prevention endeavours have focused on controlling calories intake and dietary education, with increases in physical activity (PA) having just a supporting role. Paradoxically, preventive programmes developed with this vision are not satisfactory, whereas some recent findings suggest, that in the growing body of youths, PA may stimulate stem cells to differentiate preferentially into lean tissue. These observations advocate the emergence of a new theoretical framework to childhood obesity prevention: the “developmental theory”, which posits the pre-eminence of PA. As a result, preventive strategies that would emphasise vigorous PA rather than food intake control can help youths develop lean bodies, at the same time that they ingest sufficient amounts of the energy and accompanying nutrients needed for a healthy growth.

KEYWORDS : *Body composition - Development - Diet - Paediatrics - Physical activity - Stem cell differentiation*

La confiance dans les stratégies et les choix en matière de politiques préventives futures en dépend. En effet, il faudrait admettre que les données empiriques sur les interventions développées et mises en place ces dernières années ne plaident pas toujours en faveur des stratégies adoptées, puisqu'elles n'ont pas produit de résultats probants : les stratégies les mieux conduites n'ont pas montré un impact net sur les indices d'adiposité considérés (7-9). Afin de ne pas ruiner l'entreprise de prévention et la confiance accordée aux mesures préventives en vigueur, il convient de poser sans ambages la question du type d'intervention qui pourrait durablement infléchir l'épidémie de l'obésité infantile. Il paraît, pour cela, primordial de réexaminer et de discuter la pertinence du paradigme à l'œuvre dans les essais expérimentaux déployés auprès des populations pédiatriques.

Les premières tentatives de remise en question du paradigme actuel ont suscité des débats quant à la solidité des choix interventionnels opérés jusqu'alors. Toutefois, il convient de préciser que ce débat porte sur les stratégies de prévention de l'obésité, et non pas sur le traitement des enfants dont l'obésité est déjà constituée,

(1) EA 2694, Laboratoire de Santé Publique, UFR Ingénierie et Management de la Santé (ILIS), UDSL/Université Lille-Nord, France.

(2) Georgia Prevention Institute, Department of Pediatrics, Georgia Health Sciences University, Augusta, Georgia, USA.

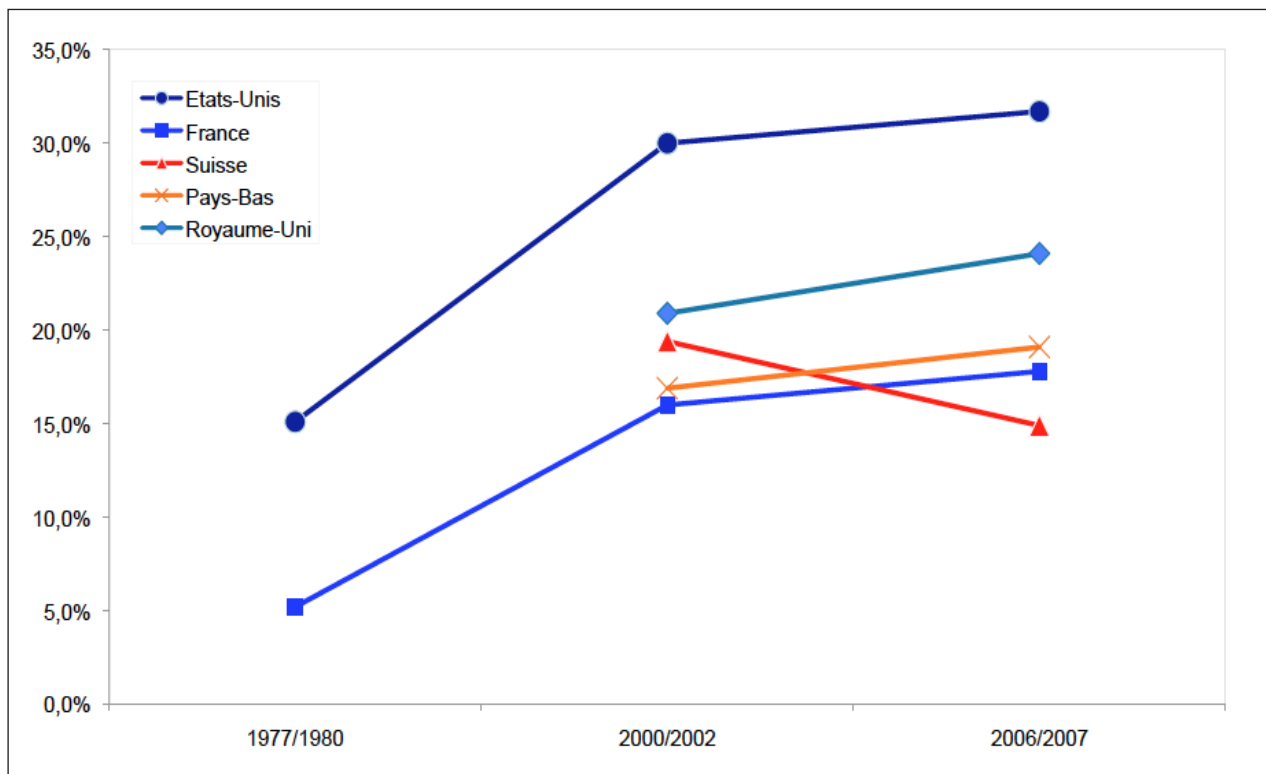


Figure 1. Evolution de la prévalence du surpoids/obésité infantile dans différents pays.

ce qui peut impliquer des attitudes différentes. Il faut aussi rappeler que, sans les occulter, les questions relatives à la constitutionnalité et/ou à l'hérédité de l'obésité, qui peuvent moduler les réponses individuelles à une suralimentation ou à l'inactivité physique, ne seront pas abordées dans ce débat. Ensuite, nous devons nous concentrer sur la théorie et les recherches menées chez les enfants dont l'organisme est en développement, qui ne sont pas simplement des «petits adultes». Les demandes biologiques de la croissance requièrent que nous adoptions une «approche développementale» en essayant de comprendre les raisons pour lesquelles certains enfants deviennent plus corpulents que les autres.

Il convient enfin de rappeler que l'un de nous (B. Gutin) a eu la primeur de cette nouveauté théorique, qu'il publia, à un intervalle de trois années, au travers d'un commentaire (10) et d'un débat (11) dans des revues de langue anglaise. La présente mise au point a pour but de prolonger ce débat et de l'étendre à une communauté plus vaste dans l'optique de susciter des contre-réactions, éventuellement génératrices de nouvelles idées ou porteuses d'applications concrètes de cette approche.

Le présent travail poursuit un triple objectif : 1) ouvrir le débat aux communautés scientifique et médicale francophones et clarifier son périmètre, 2) analyser les meilleures données scientifiques actuelles et les plus disponibles, et 3) examiner les politiques de santé publique consécutives à la présente analyse.

ANALYSE DES DONNÉES SOUS LA THÉORIE COURANTE DU «BILAN ÉNERGÉTIQUE»

Le paradigme actuellement en usage en matière de prévention entrevoit l'obésité de l'enfant de façon analogue de celle de l'adulte, et suggère qu'une réduction des apports énergétiques alimentaires se traduirait par une perte de poids. L'ajout d'un minimum d'activité physique (AP) au style de vie serait de nature à accentuer le déficit énergétique et la perte de poids résultante. Dans cette perspective, l'AP est perçue juste comme un support, et non un élément central, du dispositif de prévention, alors que la restriction ou l'éducation alimentaire en serait la motrice. Un corollaire à cette vision est que les enfants en surpoids/obésité ingèrent davantage d'énergie que leurs pairs du même âge. La preuve n'en a pas été faite, ainsi que le montrent certaines données basées sur les techniques d'analyses les plus sophistiquées et

performantes (12). Dans une étude transversale impliquant >600 adolescents, le pourcentage de masse grasse a été obtenu par absorptiométrie par rayons X biphotoniques (DEXA), la graisse viscérale estimée par la résonance magnétique nucléaire (RMN), et l'alimentation et l'AP obtenues au moyen de questionnaires (12). Selon la théorie du bilan énergétique, il était attendu que les enfants dont le pourcentage de masse grasse était le plus élevé aient une consommation calorifique plus importante, et pratiquent moins d'AP d'intensité modérée ou élevée. Mais de façon surprenante, il a été obtenu, comme le montre la figure 2, que le pourcentage de masse grasse était associé avec de faibles consommations énergétiques et à un niveau bas d'AP d'intensité élevée (12). Ainsi, les enfants qui ne s'engageaient pas dans une AP élevée avaient un pourcentage de masse grasse de 28,6% et ingéraient 1.743 kcal/jour contre 19,4% de masse grasse et une ingestion calorifique de 2.201 kcal/jour pour ceux qui réalisaient au moins une heure d'AP élevée par jour (12). En outre, les enfants qui étaient les plus actifs et ingéraient le plus de calories ont présenté le moins de tissu adipeux viscéral (12).

Ces données contrastent avec la pensée dominante actuelle, d'autant plus que les interventions qui favoriseraient la restriction des apports énergétiques alimentaires chez les jeunes pourraient se heurter aux besoins nutritionnels de la croissance. Ces observations

sont d'autant plus pertinentes que, même d'un point de vue de l'historique des consommations alimentaires, les données ne sont pas concordantes pour soutenir que c'est l'augmentation des consommations calorifiques alimentaires qui est à l'œuvre dans la positivité de la balance énergétique et l'épidémie d'obésité infantile. Toutefois, on conviendra que le relevé historique qui consiste à analyser les changements survenus au cours du temps (13), présente des limites relatives à l'incertitude sur les mesures des différents paramètres concernés. Nonobstant ces limites, des données recueillies dans plusieurs pays indiquent clairement une baisse (une stagnation dans le pire des cas) des apports énergétiques totaux chez les enfants depuis les années 1960/70. Plus spécifiquement, les apports énergétiques liés aux lipides auraient baissé, et comme le soulignaient Prentice et Jebb en 1995, «*l'obésité infantile augmente bien que parallèlement on n'observe pas d'augmentation des apports énergétiques*» (14).

Si l'on s'en tient uniquement à la théorie du bilan énergétique, le déséquilibre énergétique ne peut être imputé qu'aux apports calorifiques alimentaires; mais, il résulterait d'une diminution des dépenses énergétiques (DE) liées à l'AP. S'il reste possible que la théorie du bilan énergétique puisse constituer un canevas utile pour aider les enfants et adolescents obèses pour qui une perte de poids est envisagée, elle semble peu compatible avec les données

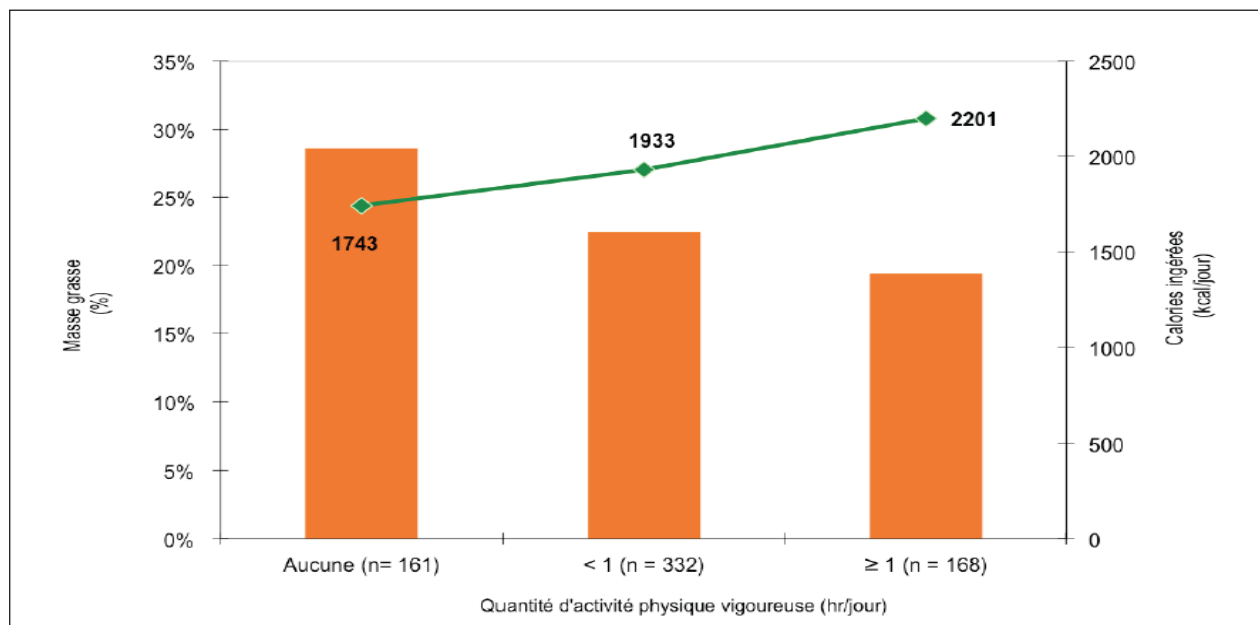


Figure 2. Consommations calorifiques et pourcentages de masse grasse d'adolescents en fonction de leur niveau d'activité physique élevée (adapté de Stallman-Jorgensen et al. (12)).

actuelles sur les relations entre régime alimentaire, AP et adiposité dans la population pédiatrique générale.

THÉORIE DU « DÉVELOPPEMENT » ET SES FONCTIONS OPÉRATIONNELLES

Plutôt que de se concentrer exclusivement sur la théorie du bilan énergétique dont nous aborderons néanmoins certains aspects plus loin, une théorie différente qui fait dépendre les variations métaboliques du processus de développement et de la croissance de l'enfant, peut être envisagée. La théorie du développement postule que l'AP – plus particulièrement les activités physiques élevées – gouverne le système qui influence le développement de la composition corporelle dans un organisme en croissance (11). Dans ce cadre, les apports énergétiques constituent une conséquence, plutôt qu'un pilote du système. Plus précisément, les AP élevées pourraient stimuler les cellules souches à se différencier en tissus osseux et musculaires plutôt qu'en cellules adipeuses. Ainsi, l'énergie ingérée et ses nutriments constitutifs seraient distribués dans les tissus maigres plutôt que dans les tissus adipeux. Etant donné que le tissu maigre a un métabolisme plus élevé que le tissu adipeux, les enfants et adolescents ayant un niveau d'AP élevé pourraient dès lors ingérer des quantités relativement importantes d'aliments, leur permettant d'obtenir les nutriments nécessaires pour une croissance saine. Cette théorie suggère que nous pouvons aider les jeunes à conserver un organisme en bonne santé si nous nous concentrons davantage sur la promotion des AP élevées plutôt que d'essayer de conditionner les apports alimentaires.

En référence aux données disponibles sur ce sujet complexe, nous devons reconnaître que l'imprécision évidente dans l'évaluation des différentes variables impliquées limite notre capacité à fournir des conclusions définitives en faveur de l'une ou l'autre théorie. Néanmoins, certaines études récentes, qui ont utilisé des mesures objectives de l'AP par l'accélérométrie, montrent que les enfants américains ne se conforment généralement pas aux recommandations d'AP pour la santé, surtout, à l'entrée et pendant leur adolescence (15). En France, il a également été révélé, au moyen de mesures objectives de l'AP, que moins d'un enfant sur dix atteignait les recommandations d'AP (16, 17), avec un déclin marqué des activités physiques intenses entre la prépuberté et l'adolescence (18). Enfin, bien que les relevés historiques sur l'AP soient très rares, puisque

l'AP n'a jamais pu constituer une priorité des politiques de santé (19), l'agrégation de données éparées semble indiquer un déclin séculaire du niveau d'AP et de la dépense énergétique (DE) (19).

Nous devons également admettre que les mécanismes biologiques par lesquels l'AP influencerait la répartition des nutriments et la composition corporelle sont encore une « boîte noire », et restent à élucider. Il n'en demeure pas moins que le fait d'intégrer le concept de la répartition des nutriments dans notre analyse, implique qu'il faille aller au-delà de l'utilisation de l'indice de corpulence comme un indice de substitution de l'adiposité et se concentrer plutôt sur les travaux qui ont estimé les graisses corporelles (12). Bien que l'indice de masse corporelle (IMC) soit un indice de substitution de l'adiposité pour les enquêtes épidémiologiques, le numérateur (i.e., la masse corporelle) comprend à la fois la masse grasse et la masse maigre, ce qui est un biais important pour plusieurs raisons. Le plus important est le fait que c'est le tissu adipeux, et non le tissu maigre, qui est délétère pour la santé, comme illustré dans une étude qui a révélé une augmentation de la mortalité consécutive à une perte de masse corporelle, tandis que la perte de graisse entraînait, au contraire, une diminution de la mortalité (20). L'utilisation de l'IMC comme un résultat métrique dans les études d'intervention est particulièrement peu judicieuse, car un programme d'AP pourrait augmenter la masse musculaire et osseuse au moment même où il réduit la masse grasse. Le solde net de cette opération est évidemment la stabilité de l'IMC (21). Parce que la graisse est plus dense en calories que les muscles, un transfert de l'énergie stockée des cellules adipeuses vers les muscles chez un enfant pourrait même entraîner une augmentation de l'IMC, même si l'adiposité est réduite. Ainsi, l'accent sera mis sur les études qui ont privilégié la mesure des graisses corporelles.

CONVERGENCE THÉORIQUE EN FAVEUR DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PRÉÉMINENCE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SOUS LA THÉORIE DU BILAN ÉNERGÉTIQUE

Au-delà des données empiriques, il faut dire que d'un point de vue purement théorique, il est admis que la régulation générale du bilan énergétique s'opère fondamentalement au travers des variations de la DE induite par l'AP (22). En d'autres termes, ce sont les DE qui gouver-

neraient la consommation calorique plutôt que l'inverse. Ceci est concordant avec la preuve historique qu'une augmentation de l'AP est, par nécessité, suivie de périodes de réductions des apports énergétiques (23), et, donc, d'une déplétion des réserves énergétiques. Cette observation a été également confortée chez des adolescents obèses qui ont manifesté une baisse substantielle de leurs consommations caloriques pendant les repas ayant suivi une séance d'exercices physiques vigoureux (24). En outre, si le métabolisme basal représente la part la plus importante des dépenses énergétiques totales (DET) de l'organisme humain (i.e., 60-70% des DET), il est apparu qu'une AP, même d'intensité faible à modérée, constitue le mécanisme de déclenchement au contrôle du métabolisme basal (23). On peut en conclure que l'AP est à la base des régulations métaboliques nécessaires pour maintenir la corpulence et la composition corporelle dans des marges de normalité. Cette idée est en résonance avec l'hypothèse de Mayer et al. (25, 26) qui soutiennent l'existence d'un «seuil» de DE en dessous duquel il est précisément difficile d'accorder les apports caloriques et les DE liées à l'AP. En effet, ces auteurs ont montré, dans des modèles animaux et chez l'homme, que la plus grande probabilité d'une balance énergétique positive survenait aux plus faibles niveaux d'AP, et non lors de consommations caloriques exagérées (25, 26). Ainsi, la faiblesse du niveau d'AP des jeunes de nos jours abaisserait leur DET en deçà du point à partir duquel il n'est plus possible de l'assortir avec les consommations caloriques alimentaires aussi modestes que celles obtenues dans les suivis historiques. Il semble donc que le mouvement de sédentarisation des sociétés postindustrielles nous ait entraînés dans cette zone de «dérive» du bilan énergétique, dont l'obésité n'est sans doute que la première expression patente.

Au regard des données disponibles, même sous l'hypothèse de la théorie du bilan énergétique, la prééminence de l'AP dans la régulation métabolique paraît plausible, et doit être utilisée pour développer des programmes de prévention plus efficaces que ceux admis aujourd'hui.

PRÉÉMINENCE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SOUS LA THÉORIE DU DÉVELOPPEMENT

Etant donné que les études sur la différenciation des cellules souches sont relativement nouvelles et les mécanismes complexes, le rôle de la différenciation des cellules souches dans le développement de l'obésité pédiatrique

n'est pas encore clair. Il existe des relations réciproques dans le processus par lequel les cellules souches se différencient en différents tissus, de sorte que les signaux mécaniques qui stimulent le dépôt d'énergie et de nutriments dans les os et muscles ont tendance à les diriger loin des tissus adipeux. D'ailleurs, la stimulation mécanique qui est efficace pour prévenir le développement des adipocytes, n'est pas nécessairement efficace pour réduire la masse adipeuse chez des animaux dont l'obésité est constituée. Ceci souligne l'importance de concentrer nos efforts sur la prévention, plutôt que le traitement de l'obésité. Bien que ces études aient généralement été menées chez des modèles rongeurs, certaines données confirmatoires existent actuellement chez l'homme (27). Dans cette étude, la fréquence de la stimulation a été relativement élevée. Dans les études humaines mentionnées ci-dessus, le point de démarcation entre AP modérée et élevée est le passage de la marche à la course. En d'autres termes, les AP d'intensité élevée procèdent davantage d'une grande fréquence des mouvements avec des forces d'impact plus importantes sur le squelette. Ainsi, il est raisonnable de penser que l'intensification des signaux mécaniques appliqués aux tissus en développement par les AP élevées amène les cellules souches humaines à se développer en muscles et os plutôt qu'en graisse. Il sera intéressant de connaître les résultats de futures études qui examinent l'effet de différentes doses de stimulation mécanique sur la différenciation des cellules souches et la composition corporelle.

IMPLICATIONS POUR LA PRÉVENTION DE L'OBÉSITÉ PÉDIATRIQUE

Les données suggèrent la prudence à l'égard des interventions qui mettent davantage l'accent sur les changements alimentaires. Il est probable que nous améliorerions l'efficacité des efforts de prévention en nous concentrant sur la composition corporelle plutôt que la masse corporelle, et en faisant davantage attention aux AP, en particulier les AP d'intensité élevée, plutôt qu'au contrôle des apports alimentaires (10). L'exemple du programme ICAPS, mis en place dans le Bas-Rhin (France) et qui a produit des effets très positifs sur la prévalence de l'obésité et certains facteurs de risque cardiovasculaire chez des adolescents (28), est une illustration intéressante de l'importance de l'AP dans la prévention de l'obésité infantile et ses comorbidités.

Les AP élevées correspondent aux activités telles que la danse, la course, la musculation et les sports. Chez l'enfant, ces activités à haute intensité sollicitent généralement des systèmes d'énergie à la fois aérobie et anaérobie, mais peu d'informations sont disponibles sur la contribution relative de ces filières énergétiques. Pour engager les enfants de pondérosité différente dans les activités physiques, il sera nécessaire d'offrir des activités structurées à l'intérieur des leçons habituelles d'éducation physique, ainsi que des activités moins structurées en dehors des heures d'école, le week-end et pendant les vacances scolaires. Bien que la provision en installations et l'encadrement nécessaires à la promotion de l'AP chez les jeunes puissent être onéreux pour la société, les améliorations dans les politiques de santé publique sont susceptibles de rendre un tel projet possible. Par ailleurs, les fonds seront économisés par la réduction de ce qui peut apparaître comme un effort contre-productif, à savoir les tentatives d'empêchement progressif des jeunes à ingérer autant d'aliments que leurs besoins biologiques les inclinent à le faire. Il faut souligner que mettre davantage l'accent sur les AP élevées n'implique pas une réduction de l'importance d'une bonne nutrition pour la santé. Par exemple, il est certainement plus sain pour un enfant de boire de l'eau que des boissons sucrées. Cependant, il est illusoire de croire qu'une bonne alimentation implique la restriction des apports caloriques alimentaires, au contraire ! Les campagnes d'éducation alimentaire méritent d'être poursuivies et probablement mieux orientées pour rencontrer les besoins et l'adhésion des enfants. Néanmoins, il faut dire que les jeunes qui s'engagent dans des AP élevées ont tendance à être plus dynamiques. Ces enfants ont des niveaux relativement élevés d'apports et de DE. Un tel style de vie peut leur permettre d'avoir une composition corporelle saine tout en ingérant suffisamment d'énergie et de nutriments nécessaires pour une croissance et un développement harmonieux. Enfin, l'impact positif des AP élevées sur la condition physique est susceptible d'avoir également une influence positive sur de nombreuses autres dimensions de la santé (29).

Cette analyse suggère que la théorie du bilan énergétique, qui a présidé jusqu'ici aux choix en matière de politiques préventives, n'est sans doute pas une théorie incorrecte, mais elle s'avère insuffisante au regard des caractéristiques liées à la croissance et au développement des enfants. On peut aussi affirmer que certains

aspects de la théorie du bilan énergétique ont été inadéquatement interprétés et exploités. On peut conclure qu'une approche «développement-énergétique» pourrait, à l'avenir, changer la donne de la prévention de l'obésité pédiatrique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Olds T, Maher C, Zumin S, et al.— Evidence that the prevalence of childhood overweight is plateauing : data from nine countries. *Int J Pediatr Obes*, 2011, **6**, 342-346.
2. Ogden CL, Carroll MD, Curtin LR, et al.— Prevalence of high body mass index in US children and adolescents, 2007-2008. *JAMA*, 2010, **303**, 242-249.
3. Étude nationale nutrition santé ENNS.— Situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du Programme national nutrition santé (PNNS). Paris : Institut de Veille Sanitaire (InVS); 2007.
4. Aeberli I, Ammann RS, Knabenhans M, et al.— Decrease in the prevalence of paediatric adiposity in Switzerland from 2002 to 2007. *Public Health Nutr*, 2010, **13**, 806-811.
5. Schutz Y, Worringer V.— Obesity in Switzerland : a critical assessment of prevalence in children and adults. *Int J Obes*, 2002, **26**, S3-S11.
6. Broyles S, Katzmarzyk PT, Srinivasan SR, et al.— The pediatric obesity epidemic continues unabated in Bogalusa, Louisiana. *Pediatrics*, 2010, **125**, 900-905.
7. Caballero B, Clay T, Davis T, et al.— Pathways: a school-based, randomized controlled trial for the prevention of obesity in American Indian schoolchildren. *Am J Clin Nutr*, 2003, **78**, 1030-1038.
8. Luepker RV, Perry CL, McKinlay SM, et al.— Outcomes of a field trial to improve children's dietary patterns and physical activity. The Child and Adolescent Trial for Cardiovascular Health. CATCH collaborative group. *JAMA*, 1996, **275**, 768-776.
9. Williamson DA, Copeland AL, Anton SD, et al.— Wise Mind project : a school-based environmental approach for preventing weight gain in children. *Obesity* 2007, **15**, 906-917.
10. Gutin B.— Child obesity can be reduced with vigorous activity rather than restriction of energy intake. *Obesity (Silver Spring)*, 2008, **16**, 2193-2196.
11. Gutin B.— Diet vs exercise for the prevention of pediatric obesity : the role of exercise. *Int J Obes (Lond)*, 2011, **35**, 29-32.
12. Stallmann-Jorgensen I, Gutin B, Hatfield-Laube J, et al.— General and visceral adiposity in black and white adolescents and their relation with reported physical activity and diet. *Int J Obes (Lond.)*, 2007, **31**, 622-629.
13. Swinburn B, Sacks G, Ravussin E.— Increased food energy supply is more than sufficient to explain the US epidemic of obesity. *Am J Clin Nutr*, 2009, **90**, 1453-1456.
14. Prentice AM, Jebb SA.— Obesity in Britain: gluttony or sloth? *BMJ*, 1995, **311**, 437-439.

15. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, et al.— Physical activity in the US measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*, 2008, **40**, 181-188.
16. Apété GK, Zitouni D, Hubert H, et al.— Compliance of children in Northern France ,with physical activity recommendations. *Perspect Public Health*, 2012, **132**, 81-88.
17. Guinhouya BC, Vilhelm C, Allogio C, et al.— Level of objectively-measured physical activity among children of Northern France. [Niveau d'activité physique objectivement mesurée chez des enfants du Nord de la France]. *Bull Epidemiol Heb*, 2010, **27-28**, 297-301.
18. Blaes A, Baquet G, van Praagh E, et al.— Physical activity patterns in French youth - From childhood to adolescence - monitored with high-frequency accelerometry. *Am J Hum Biol*, 2011, **23**, 353-358.
19. Malina RM, Little BB.— Physical activity : the present in the context of the past. *Am J Hum Biol*, 2008, **20**, 373-391.
20. Allison D, Zannolli R, Faith M, et al.— Weight loss increases and fat loss decreases all-cause mortality rate: results from two independent cohort studies. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 1999, **23**, 603-611.
21. Yin Z, Gutin B, Johnson M, et al.— An environmental approach to obesity prevention in children : MCG Fit-Kid Project year 1 results. *Obes Res*, 2005, **13**, 2153-2161.
22. Gardner DS, Rhodes P.— Developmental origins of obesity: Programming of food intake and physical activity? *Adv Exp Med Biol*, 2009, **646**, 83-93.
23. Chakravarthy MV, Booth FW.— Eating, exercise, and “thrifty” genotypes : connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases. *J Appl Physiol*, 2004, **96**, 3-10.
24. Thivel D, Isacco L, Rousset S, et al.— Intensive exercise: a remedy for childhood obesity? *Physiol Behav*, 2011, **102**, 132-136.
25. Mayer J, Marshall NB, Vitale JJ, et al.— Exercise, Food Intake and Body Weight in Normal Rats and Genetically Obese Adult Mice. *Am J Physiol*, 1954, **177**, 544-548.
26. Mayer J, Roy P, Mitra KP.— Relation between caloric intake, body weight, and physical work: studies in an industrial male population in West Bengal. *Am J Clin Nutr*, 1956, **4**, 169-175.
27. Luu Y, Capilla E, Rosen C, et al.— Mechanical stimulation of mesenchymal stem cell proliferation and differentiation promotes osteogenesis while preventing dietary-induced obesity. *J Bone Miner Res*, 2009, **24**, 50-61.
28. Simon C, Schweitzer B, Oujaa M, et al.— Successful overweight prevention in adolescents by increasing physical activity : a 4-year randomized controlled intervention. *Int J Obes*, 2008, **32**, 1489-1498.
29. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, et al.— Physical fitness in childhood and adolescence : a powerful marker of health. *Int J Obes*, 2008, **32**, 1-11.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Dr. B.C. Guinhouya, EA 2694, Laboratoire de Santé Publique UFR Ingénierie et Management de la Santé (ILIS) UDSL, Université Lille-Nord, 42, rue Ambroise Paré, F-59120 Loos, France.
Email : benjamin.guinhouya@univ-lille2.fr