

Obésité chez l'enfant : définition, prévalence et facteurs d'environnement

Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 10, Numéro 2, 135-9, Mars 2003, Rôle de l'alimentation

Auteur(s) : Marie-Françoise ROLLAND-CACHERA, Michèle DEHEEGER, France BELLISLE , INSERM U557, ISTNA - CNAM, 2 rue Conté - 75003 Paris .

Résumé : Depuis quelques dizaines d'années l'obésité augmente rapidement dans de nombreux pays. Cette évolution concerne particulièrement l'obésité infantile. Selon la définition française, le pourcentage d'enfants ayant un excès pondéral est passé de 5,1 à 12,5 % entre 1980 et 1996. En 2000, la prévalence atteint 16,3 %. D'après la nouvelle définition de l'IOTF qui permet des comparaisons internationales, en 2000 en France, 18,1 % des enfants âgés de 7 à 9 ans présentent un surpoids dont 3,8 % sont obèses. Alors que l'obésité augmente, la plupart des études ne relèvent pas d'augmentation des apports énergétiques. Les résultats des études épidémiologiques ayant examiné les facteurs alimentaires responsables du développement de l'obésité n'ont pas apporté de réponses claires à ce problème. L'importance des premières années de la vie est soulignée par le rebond d'adiposité précoce retrouvé chez la plupart des enfants obèses. De nombreuses études relèvent que les nourrissons ont des apports faibles en lipides et élevés en protéines. Cependant, une alimentation riche en lipides et à teneur réduite en protéines, telle que le lait maternel, est adaptée aux besoins d'énergie élevés du nourrisson. Les études montrent qu'ensuite, les apports en lipides augmentent progressivement avec l'âge et deviennent excessifs. L'alimentation devrait tenir compte des besoins spécifiques à chaque âge. Les conseils de prévention ne reposent donc pas actuellement sur des certitudes. Il est cependant souhaitable de mieux respecter les recommandations nutritionnelles aux différents âges de la vie et d'encourager l'activité physique des enfants. Ces mesures pourraient permettre d'améliorer les processus de croissance et limiter la progression de l'obésité.

Mots-clés : Nutrition, obésité, enfant, croissance.

ARTICLE

Auteur(s) : Marie-Françoise ROLLAND-CACHERA, Michèle DEHEEGER, France BELLISLE

INSERM U557, ISTNA– CNAM, 2 rue Conté - 75003 Paris

Depuis quelques dizaines d'années, on relève une augmentation importante de la prévalence de l'obésité, en particulier de l'obésité infantile. De nombreuses études ont recherché les causes de cette évolution, mais les résultats obtenus n'ont pas permis d'en identifier les facteurs responsables avec certitude. L'obésité augmente, bien que parallèlement on ne relève pas d'augmentation des apports énergétiques [1]. Ceci suggère qu'un bilan d'énergie positif résulterait essentiellement d'une diminution des dépenses.

Il existe actuellement de nouveaux outils, en particulier une définition internationale de l'obésité chez l'enfant. Une meilleure connaissance de ces méthodes et de leur utilisation permettra de mieux analyser ce phénomène.

Courbes de corpulence

La corpulence est évaluée par l'indice de Quételet ou indice de masse corporelle ($IMC = \text{poids}/\text{taille}^2$). Cet indice reflète l'évolution de la masse grasse évaluée par d'autres méthodes telles que les plis cutanés par exemple [2]. La première année de la vie, la valeur de l'IMC augmente puis diminue jusqu'à l'âge de 6 ans. A cet âge, la courbe augmente à nouveau jusqu'à la fin de la puberté (Figure 1).

La remontée de la courbe qui survient en moyenne à partir de 6 ans est appelée rebond d'adiposité [3]. L'âge du rebond d'adiposité est corrélé à l'adiposité à l'âge adulte : plus il est précoce, plus le risque de devenir obèse est élevé [3, 4]. En outre, plus le rebond est précoce, plus l'âge osseux est avancé [3]. Le rebond d'adiposité précoce des enfants obèses reflète l'accélération de leur croissance. L'intérêt du rebond d'adiposité comme marqueur prédictif du risque d'obésité a été confirmé dans de nombreuses études réalisées en Europe, en Australie et aux Etats-Unis.

La figure 2 permet de comprendre les différents types d'évolution. Un enfant gros à l'âge de un an restera gros après un rebond précoce (cas 1) ou rejoindra la moyenne après un rebond tardif (cas 2). Un enfant mince à un an pourra développer une obésité après un rebond précoce (cas 3), ou restera mince s'il a un rebond tardif (cas 4). L'évolution vers l'obésité peut être visible sur la courbe alors que l'enfant est encore mince (cas 3). Cette figure illustre le fait qu'avant l'âge de 8 ans, les enfants changent souvent de niveau de corpulence, tandis qu'après cet âge, la majorité des enfants suivra le même rang de percentile. Le caractère transitoire des obésités au début de la vie est un élément important à prendre en compte lorsque l'on s'intéresse à l'obésité des jeunes enfants.

La relation entre un rebond d'adiposité précoce et le risque d'obésité a été trouvée à partir d'une population d'enfants tout venant. Pour confirmer cette observation, une étude a été réalisée chez des enfants obèses. L'examen des courbes de corpulence d'enfants chez les obèses suivis en consultation pour obésité à l'hôpital Necker Enfants Malades à Paris a montré que l'âge moyen du rebond d'adiposité était de 3 ans au lieu de 6 ans dans la population de référence [4]. Un rebond d'adiposité précoce a été retrouvé chez pratiquement tous les enfants obèses.

Caractéristiques des enfants obèses

En plus d'un excès de masse grasse, les enfants obèses présentent d'autres caractéristiques. En particulier, ils ont une croissance en taille plus rapide et ont une répartition plus androïde du tissu adipeux (accumulation au niveau du tronc et de l'abdomen). Ces différentes caractéristiques sont aussi associées à des facteurs de risque. De façon générale, les enfants obèses présentent une avance de maturation avec habituellement une avance de l'âge osseux et une puberté survenant plus précocement. L'avance staturale de l'enfant obèse n'est pas toujours maintenue jusqu'à l'âge adulte car il s'arrête de grandir plus tôt que les autres enfants.

Seuils définissant les limites de l'obésité

Le pourcentage de masse grasse étant variable au cours de la croissance, l'interprétation du caractère normal ou pathologique du niveau d'adiposité (ou de l'IMC) doit se faire en tenant compte de l'âge de l'enfant. Il existe diverses références.

Références nationales

En 1982, à partir des données françaises de l'étude internationale de la croissance, la France a publié des courbes de référence de l'IMC [2] (figure 1) révisées en 1991 [5]. La France a été suivie par de nombreux pays en Europe et aux Etats-Unis. L'excès pondéral a pu être ainsi défini dans chaque pays à partir des centiles les plus élevés de la distribution (le 97^{ème} centile par exemple).

Références de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

Le comité OMS d'experts sur l'utilisation et l'interprétation de l'anthropométrie a proposé des définitions de l'obésité chez l'adulte et l'enfant [6]. Chez l'adulte, ce comité recommande l'utilisation de l'IMC. Les valeurs 25 et 30 kg/m² définissent le surpoids et l'obésité (ou degrés 1 et 2 de surpoids). Ces seuils ont été établis à partir de données statistiques reliant les valeurs de l'IMC aux taux de mortalité. Chez les enfants âgés de 0 à 10 ans, il recommande d'utiliser les courbes du poids selon la taille établies par le *National Center for Health Statistics* (NCHS). De 9 à 24 ans, il préconise l'utilisation de l'IMC et des plis cutanés. Cette définition complexe (différentes méthodes selon l'âge, différents indicateurs et différentes références), proposée en 1995 est toujours actuelle, mais est peu utilisée.

L'International Obesity Task Force (IOTF)

En 2000, l'IOTF a élaboré une nouvelle définition de l'obésité chez l'enfant [7]. L'IMC a été choisi pour évaluer l'adiposité car il répondait le mieux à différents critères de composition corporelle et était associé à divers facteurs de risque. Les données utilisées pour établir cette référence proviennent de six pays ayant réalisé des études nationales représentatives. Les seuils définissant le surpoids et l'obésité sont constitués par les centiles IOTF C-25 et IOTF C-30, atteignant respectivement les valeurs 25 et 30 kg/m² à 18 ans (figure 1). On notera que le centile IOTF C-25 est proche du 97^{ème} centile des références françaises. Cette méthode présente différents avantages. Elle assure une continuité entre les définitions de l'obésité de l'enfant et de l'adulte : elle utilise le même indice (IMC) et se réfère aux mêmes seuils (25 et 30 kg/m²). Par ailleurs, le choix de seuils établis à partir de données statistiques reliant l'IMC aux taux de mortalité résout le problème des seuils établis à partir de centiles de distributions variables d'un pays à l'autre et dans le temps.

Les nouvelles courbes du CDC

Les *Centres for Disease Control* (CDC) and *Prevention* viennent de publier les nouvelles courbes de référence américaines [8].

Les données utilisées pour établir ces références ont été recueillies entre 1963 et 1994. Elles ont été établies avec des méthodes statistiques améliorées (méthode LMS) et un plus grand nombre de rangs de percentiles. Pour la première fois, des courbes de l'IMC ont été intégrées dans l'ensemble des courbes de référence. Elles ont été établies à partir des données recueillies entre 1963 et 1980

seulement. En effet, les données de NHANES III (1988-94), plus récentes, ont été exclues, afin d'éviter que les seuils définissant l'excès pondéral ne soient trop élevés.

Comment évaluer le risque d'obésité à partir des courbes de corpulence ?

Pour surveiller le risque d'obésité d'un enfant, il faut :

- évaluer son statut pondéral en calculant son IMC et en le reportant sur les courbes de référence ;
- vérifier qu'un IMC élevé correspond bien à une masse grasse importante (en mesurant ses plis cutanés par exemple) ;
- repérer si l'enfant a des risque de devenir obèse en observant l'évolution de la courbe et l'âge d'apparition du rebond d'adiposité. Si l'enfant croise les courbes de centiles vers le haut, il faudra s'inquiéter d'un risque de surcharge pondérale sans attendre que s'installe une obésité qui pourrait devenir difficile à traiter.

L'utilisation des courbes est particulièrement utile aux âges où l'excès pondéral est peu visible. En particulier vers 6 ans, un enfant de corpulence moyenne paraît mince, tandis qu'un enfant en surpoids peut paraître normal. Le tracé dynamique des courbes est particulièrement utile à cette période.

En France, il est conseillé d'utiliser les courbes de corpulence françaises (dans les carnets de santé depuis 1995). Elles ont été établies à partir de la même population que celle qui a permis de tracer les courbes de poids et de taille. De plus, contrairement aux courbes IOTF, elles comportent des rangs de percentiles couvrant toute la distribution (du 3^{ème} au 97^{ème} centile), tandis que les centiles IOTF sont des seuils ne définissant que le surpoids et l'obésité.

Prévalence et tendances séculaires de l'obésité

L'obésité touche une proportion croissante d'enfants et d'adultes [1, 9]. L'absence de définition homogène de l'obésité de l'enfant rendait jusqu'à présent difficile l'analyse des données disponibles. La nouvelle définition internationale établie par l'IOTF permet maintenant de mieux comparer les différentes études et différents pays. Selon cette définition, en France 18,1 % des enfants âgés de 7 à 9 ans présentaient un surpoids en 2000, dont 3,8 % étaient obèses [10]. La figure 3 montre que la prévalence de l'obésité en France en 2000 est deux fois plus faible qu'aux Etats-Unis. Par contre, celle du surpoids est voisine de celle des Etats-Unis en 1988-94. La définition française de l'excès pondéral (> 97^{ème} percentile des références françaises) étant utilisée depuis longtemps, il a été possible de comparer les études réalisées antérieurement selon cette méthode. Dans une étude réalisée dans le Centre Ouest de la France, la prévalence des enfants ayant un excès pondéral est passée de 5,1 à 12,5 % chez les enfants de 10 ans entre 1980 et 1996 [11]. Vers 1995, elle atteint 10 à 14 % parmi les enfants âgés de 8 à 10 ans dans les années 1995 en France [9]. En 2000 selon cette même définition, la prévalence atteint à 16,3 %.

Les études ayant analysé l'évolution de l'obésité définie à partir de différents seuils montrent que la prévalence des obésité massives augmente beaucoup plus rapidement que la prévalence des obésités modérées [11]. Pour toutes ces raisons, l'augmentation de l'obésité semble un phénomène

inquiétant, auquel s'ajoute une aggravation des risques. En effet, le diabète de type II, pathologie que l'on croyait réservée à l'adulte, apparaît aussi maintenant chez l'enfant [12].

Evolution dans le temps de l'alimentation

Des données sur les apports alimentaires des enfants ont été recueillies à différentes périodes. Les tendances ont été examinées depuis 1930 [13]. On observe que les apports énergétiques ont diminué dans toutes les tranches d'âge. Chez des enfants anglais âgés de 1,5 à 2,5 ans, les apports en énergie sont passés de 1264 à 1045 kcal/jour de 1967 à 1993 [14]. Dans le même temps les lipides diminuaient, et le pourcentage de protéines augmentait. La diminution des apports énergétiques est vraisemblablement la conséquence de la diminution des dépenses d'énergie. Toutefois cette explication paraît moins évidente lorsqu'il s'agit de jeunes enfants.

Caractéristiques de l'alimentation relevées à différentes périodes de la vie

Les études transversales examinant les relations entre alimentation et corpulence ne permettent pas d'identifier avec certitude les déterminants de l'obésité. Certaines font apparaître des relations positives avec les lipides ou les protéines. La plupart d'entre elles montrent des relations négatives avec les glucides et avec les apports énergétiques totaux. Les études longitudinales devraient permettre de mieux comprendre les variations de poids.

Chez le jeune enfant

Des études ont été conduites afin de rechercher l'influence des apports alimentaires au début de la vie sur l'évolution de l'adiposité. Une étude longitudinale sur l'alimentation et la croissance des enfants a été réalisée chez des enfants recrutés dans les Centres d'Examens de Santé de la région parisienne [15]. Le but de cette étude était de rechercher l'influence des apports alimentaires sur l'âge du rebond d'adiposité. Seule la part d'énergie apportée par les protéines à 2 ans était associée à un rebond d'adiposité plus précoce, donc à un risque d'obésité ultérieure plus important [16]. Une étude longitudinale réalisée au Royaume-Uni sur un suivi de 5 ans [17] confirme l'absence de relation entre des apports énergétiques et lipidiques et le rebond précoce. Cette étude ne montre pas de relation avec les protéines. Une autre étude réalisée en Italie [18] montre, comme dans l'étude française, une relation entre apports protéiques élevés et obésité. Les résultats de l'étude française ont attiré l'attention sur les apports nutritionnels relevés chez les jeunes enfants dans les pays industrialisés [19]. En moyenne, à l'âge de 1 an, les apports en lipides sont faibles (environ 28 % de l'énergie totale consommée) et les apports en protéines sont très élevés (correspondant à 16 % environ des apports énergétiques totaux et à 3 fois les apports de sécurité exprimés en g de protéines/kg de poids corporel, préconisés par l'OMS). Cet équilibre des nutriments est très éloigné de la composition du lait maternel riche en lipides (50 % de l'énergie) et contenant une faible proportion de protéines (7 %). Le taux élevé de protéines relevé chez les enfants dans les pays industrialisés provient de la consommation importante de produits d'origine animale. Les taux bas de lipides s'expliquent en particulier par l'utilisation de laitages à teneur réduite en graisse et par une faible consommation de lipides d'assaisonnement (beurre et huile).

Alimentation aux différents âges de la vie

Les apports en lipides sont faibles au début de la vie et paradoxalement ils augmentent avec l'âge [20], dépassant les 35 % recommandés (Figure 4). Ils devraient au contraire être élevés au début de

la vie et diminuer ensuite. Le lait maternel, riche en graisse, est le modèle d'alimentation du nourrisson. Les taux bas de lipides ne sont pas adaptés aux jeunes enfants dont les besoins en énergie sont élevés et parce que c'est la période de myélinisation rapide du système nerveux. Les conseils concernant la restriction des lipides, justifiés chez l'adulte, ne devraient pas s'appliquer aux jeunes enfants. Il n'existe d'ailleurs pas de recommandations en France, préconisant la réduction des graisses au début de la vie.

Activité physique et nutrition

La diminution des apports énergétiques relevée au cours des dernières décennies chez l'enfant comme chez l'adulte s'explique essentiellement par la diminution des dépenses énergétiques. La diminution des dépenses est sans doute supérieure à la diminution des apports, résultant ainsi en un bilan d'énergie positif. L'activité physique présente divers avantages. Elle contribue à diminuer le bilan énergétique et a un rôle favorable sur la composition corporelle, les capacités fonctionnelles et le développement des enfants. Elle a également une influence favorable sur les apports alimentaires. Une étude réalisée chez des enfants de la région parisienne âgés de 10 ans a montré que plus les enfants sont actifs, plus leur pourcentage de masse grasse est faible, bien que leurs apports énergétiques soient plus élevés. Cette augmentation des apports en énergie provenant essentiellement des glucides, les enfants actifs ont un meilleur équilibre alimentaire (% plus faible de lipides et plus élevé de glucides) [21]. Cette étude montre également une relation entre les heures passées devant la télévision (indice de sédentarité) et l'indice de masse corporelle. Ces résultats confirment des observations décrites aux Etats-Unis sur le rôle de la télévision dans le risque d'obésité de l'enfant [22].

Conclusion

Depuis quelques dizaines d'années l'obésité augmente rapidement dans de nombreux pays. Cette évolution concerne particulièrement l'obésité infantile. Dans le même temps, la plupart des études ne relèvent pas d'augmentation des apports énergétiques.

Les résultats des études épidémiologiques ayant examiné les facteurs alimentaires responsables du développement de l'obésité n'ont pas apporté de réponses claires à ce problème. L'importance des premières années de la vie est soulignée par le rebond d'adiposité précoce retrouvé chez la plupart des enfants obèses. L'alimentation pendant la croissance doit tenir compte des besoins spécifiques à chaque âge. Une alimentation riche en lipides et à teneur réduite en protéines, telle que le lait maternel, est adaptée aux besoins d'énergie élevés de l'enfant au début de la vie. La part des lipides devrait ensuite diminuer avec l'âge.

Les conseils de prévention ne reposent pas actuellement sur des certitudes. Il est cependant souhaitable de mieux respecter les recommandations nutritionnelles aux différents âges de la vie et de favoriser l'activité physique des enfants. Ces mesures pourraient permettre d'améliorer les processus de croissance et de limiter la progression de l'obésité.

RÉFÉRENCES

1. Prentice AM, Jebb SA. Obesity in Britain: gluttony or sloth ? *Br Med J* 1995 ; 311 : 437-439.
2. Rolland-Cachera MF, Sempé M, Guilloud-Bataille M, Patois E., Péquignot-Guggenbuhl F, Fautrad V. Adiposity indices in children. *Am J Clin Nutr* 1982 ; 36 : 178-184.
3. Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Bellisle F, Sempé M, Guilloud-Bataille M, Patois E. Adiposity rebound in children: a simple indicator for predicting obesity. *Am J Clin Nutr* 1984 ; 39 : 129-35.
4. Rolland-cachera MF, Deheeger M, Guilloud-Bataille M, Avons P, Patois E. Tracking the development of adiposity from one month of age to adulthood. *Ann Hum Biol* 1987 ; 4 : 219-29
5. Rolland-Cachera MF, Cole TJ, Sempé M, Tichet J, Rossignol C, Charraud A. Variation of the Wt/Ht² index from birth to age 87 years. *Eur J Clin Nutr* 1991 ; 45 : 13-21
6. WHO expert Commitee. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. WHO Technical Report Series n° 854, Geneva: WHO, 1995 : p. 368-369.
7. Cole TJ, Bellizi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 2000 ; 320 : 1240-3.
8. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Grummer-Strawn LM *et al.* CDC growth charts: United States. *Adv Data* 2000 ; 314 : 1-27.
9. Expertise Collective INSERM Obésité, Dépistage et prevention chez l'enfant. Les Editions INSERM 2000, Paris France, 325p.
10. Rolland-Cachera MF, Castetbon K, Arnault N, Bellisle F, o MC, Lehingue Y, Frelut ML, Herberg S. Body Mass Index in 7 to 9 year-old French children: frequency of obesity, overweight, and thinness *Int J Obesity* 2002 ; 26 : 1610-1616.
11. Vol S, Tichet J, Rolland-Cachera MF. Trends in the prevalence of obesity between 1980 and 1996 among French adults and children. *Int J Obesity* 1998 ; 22 (suppl 3) : S210.
12. Pinhas-Hamiel O, Dolan LM, Daniels SR, Standiford D, Khouri PR, Zeitler P. Increased incidence of non insulin-dependent diabetes mellitus among adolescents. *J Pediatr* 1996 ; 128 : 608-15.
13. Whitehead RG, Paul AA, Cole TJ. Trends in food energy intakes throughout childhood from one to 18 years. *Hum Nutr: Applied Nutr* 1982 ; 36 : 57-62.
14. Gregory JR, Collins DL, Davies PSW, Hughes JM, Clarke PC. National Diet and Nutrition survey: Children aged 1.5 to 4.5 years. London: HMSO 1995. 391p.
15. Deheeger, M., Akrouit A., Bellisle F., Rossignol C., Rolland-Cachera MF. Individual patterns of food intake development in children: a 10 months to 8 years of age follow-up study of nutrition and growth. *Physiol & Behav* 1996 ; 59 : 403-407.

- 16.** Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Akrouf M, Bellisle F. Influence of macronutrients on adiposity development: a follow up study of nutrition and growth from 10 months to 8 years of age. *Int J Obesity* 1995 ; 19 : 573-8
- 17.** Dorosty AR, Emmett PM, Cowin IS, Reilly JJ, and the ALSPAC Study team. Factors associated with early adiposity rebound. *Pediatrics* 2000 ; 105 : 1115-1118.
- 18.** Scaglioni S, Agostoni C, DeNotaris R, Radaelli G, Radice N, Valenti M, Giovannini M, Riva E. Early macronutrient intake and overweight at 5 years of age. *Int J Obes* 2000 ; 24 : 777-81.
- 19.** Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Bellisle F. Increasing prevalence of obesity among 18-year-old males in Sweden: evidence for early determinants. *Acta Paediatrica* 1999 ; 88 : 365-7.
- 20.** Rolland-Cachera, MF, Deheeger M, Bellisle, F. The Adiposity Rebound: its contribution to obesity in children and adults. In *Obesity in childhood and adolescence*” Chunming Chen & WH Dietz, Editors *Nestlé Nutrition Workshop Series, Pediatric Program* 2002 ; 49 : 99-118.
- 21.** Deheeger M, Rolland-Cachera MF, Fontvieille AM. Physical Activity and body composition in 10-year-old French children: linkages with nutritional intake ? *Int J Obesity* 1997 ; 21 : 372-379.
- 22.** Dietz WH, Gortmaker SL. Do we fatten our children at the television set ? Obesity and television viewing in children and adolescents. *Pediatrics* 1985 ; 75 : 807-812.

Illustrations

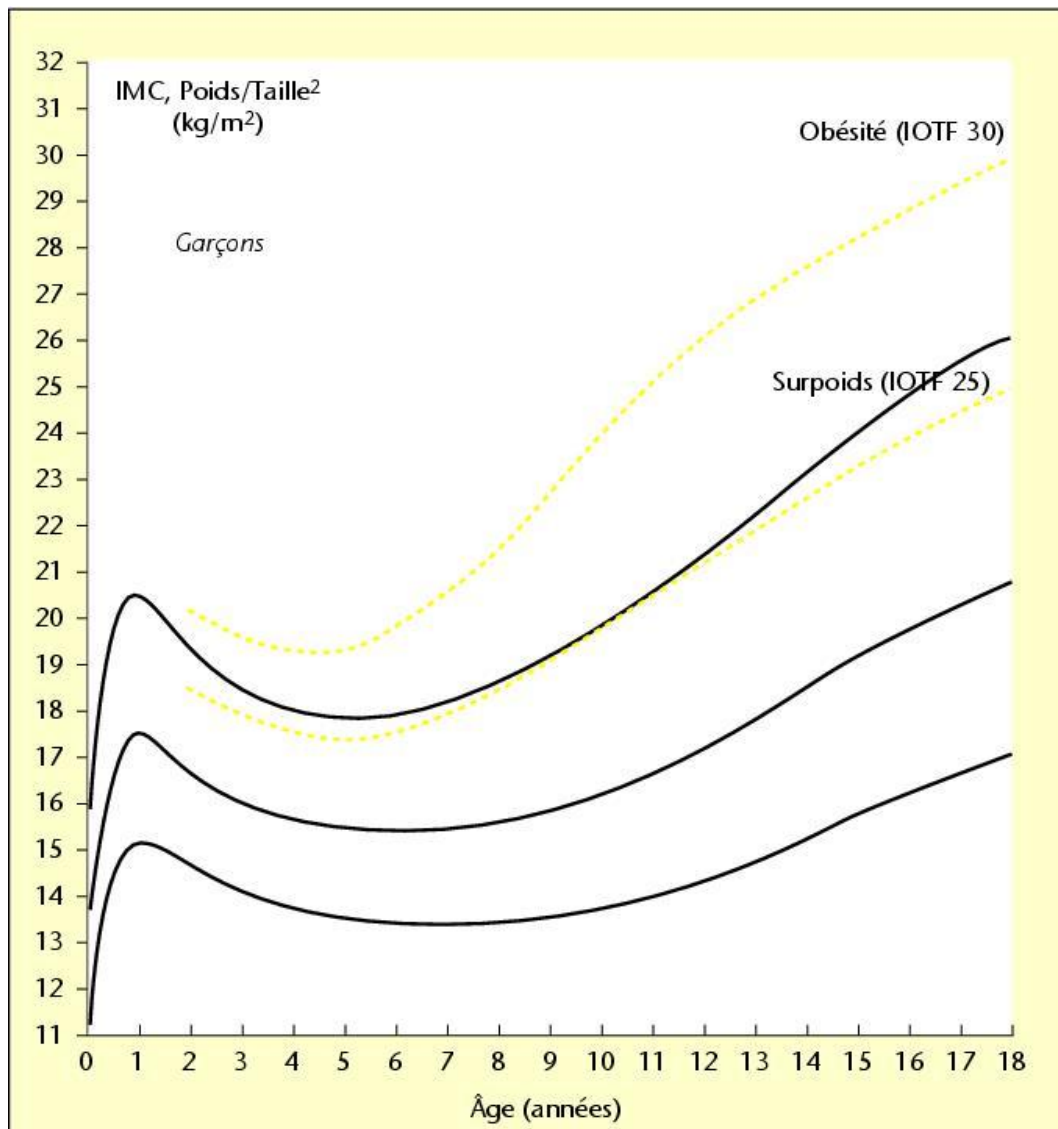


Figure 1. Courbes de corpulence françaises et seuils de IOTF. Les centiles IOTF C-25 (centile atteignant 25kg/m^2 à 18 ans) et IOTF C-30 (centile atteignant 30kg/m^2 à 18 ans) définissent respectivement le surpoids et l'obésité. Les 3^e et 97^{ème} percentiles des valeurs de référence françaises définissent respectivement le déficit et l'excès pondéral (d'après [5]).

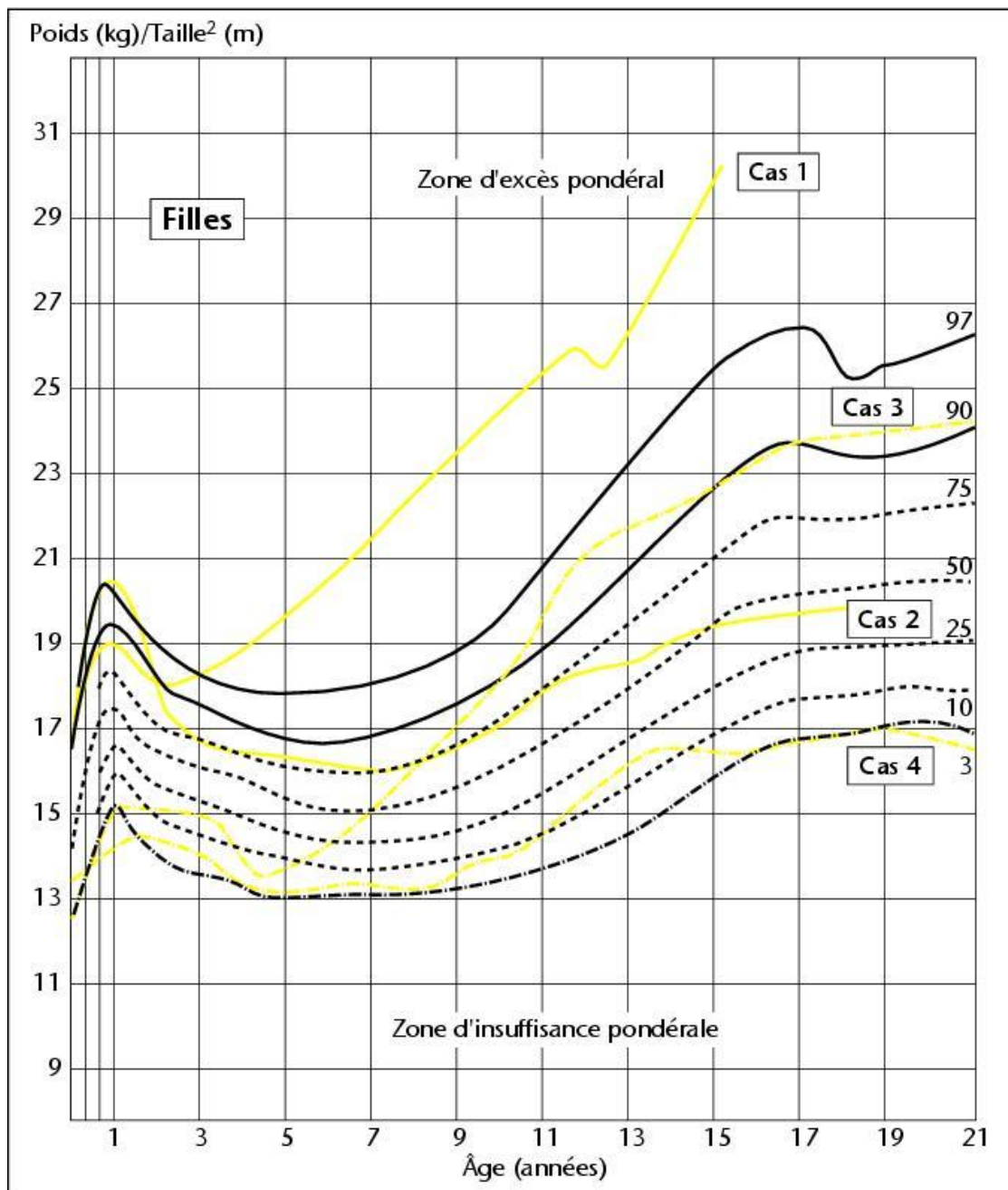


Figure 2. Courbes de référence françaises de l'IMC et représentation graphique de 4 types d'évolution de la corpulence de la naissance à l'âge adulte : le cas 1, gros à 1 an, restera gros après un rebond précoce (2 ans), le cas 2, gros à 1 an, rejoindra la moyenne après un rebond tardif (8 ans), le cas 3, mince à 1 an, grossira après un rebond précoce (4,5 ans). Le cas 4, mince à 1 an, restera mince après un rebond tardif (8 ans) (d'après [4]).

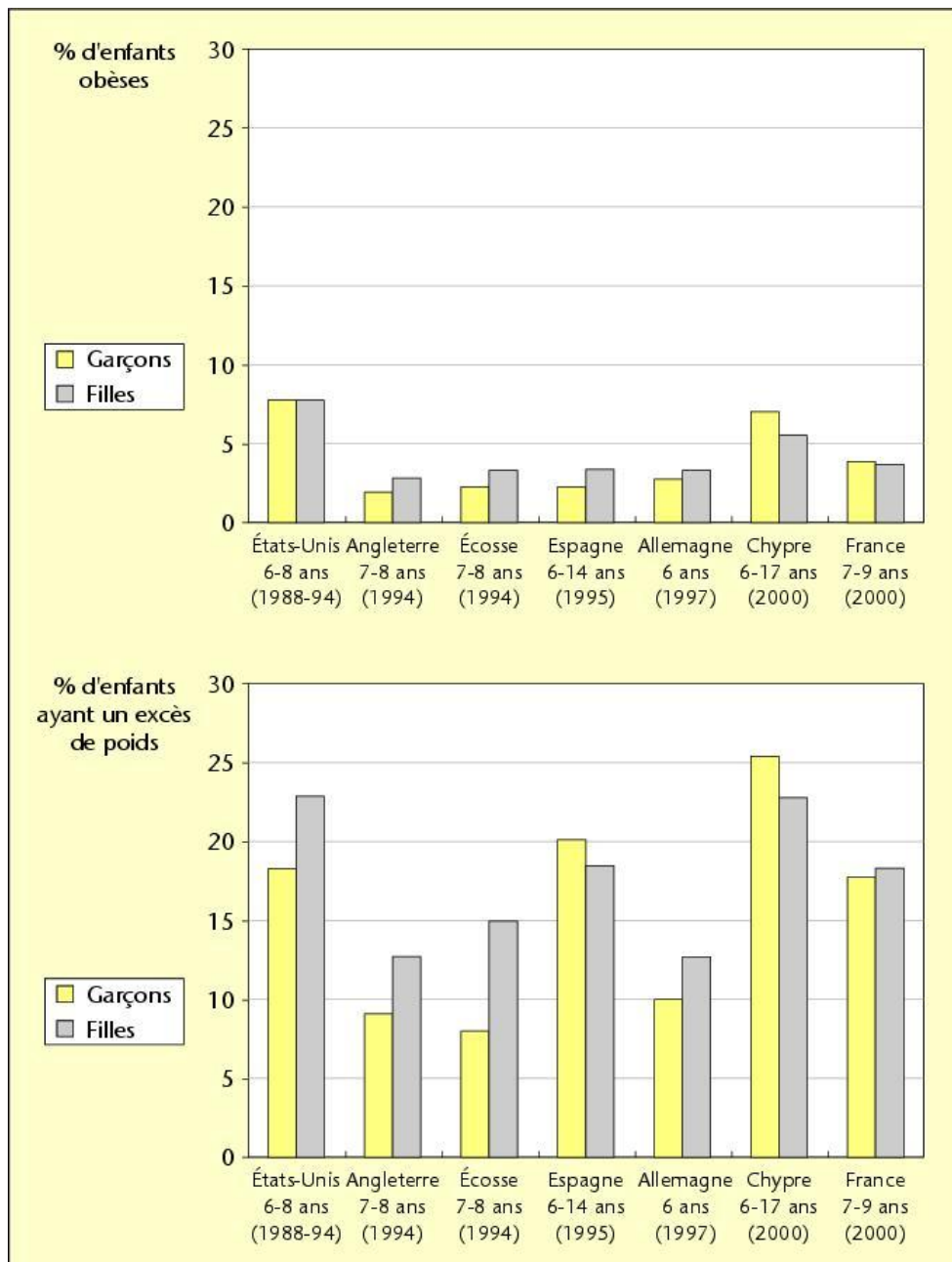


Figure 3. Prévalence de l'obésité et du surpoids (dont obésité) selon la définition IOTF dans différents pays.

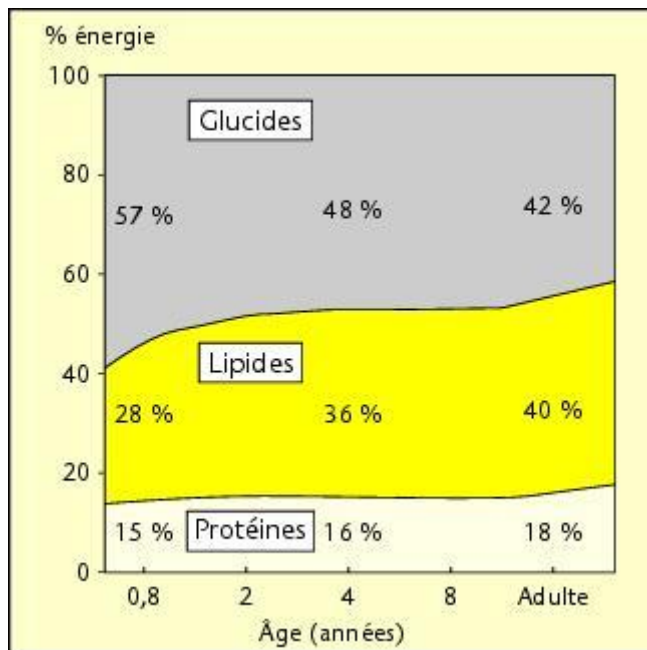


Figure 4. Evolution de la part des nutriments selon l'âge. Les apports en lipides sont faibles au début de la vie puis augmentent ensuite. Ils devraient au contraire être plus élevés au début de la vie et diminuer ensuite (d'après [20]).