

Besoins nutritionnels (1)

Besoins et apports nutritionnels conseillés

Besoins nutritionnels au cours de la grossesse et de la lactation

Points à comprendre

• Besoins et apports nutritionnels conseillés

Le besoin physiologique en un nutriment est la plus faible quantité de ce nutriment, sous la forme chimique la plus adaptée, nécessaire à l'organisme pour maintenir un développement et un état de santé normaux, sans perturber le métabolisme des autres nutriments.

L'apport alimentaire le plus approprié correspondrait donc à celui qui serait tout juste suffisant, compte tenu de la biodisponibilité, pour couvrir le besoin physiologique en ce nutriment, évitant de solliciter à l'extrême les mécanismes de régulation et d'entraîner une déplétion ou une surcharge des réserves.

Il est aujourd'hui impossible d'évaluer en routine le besoin physiologique en un nutriment chez un individu donné. Cette difficulté tient au fait que sa valeur diffère d'une personne à l'autre et que nous ne disposons d'aucun marqueur suffisamment précis et fiable pour prédire ces variations. En conséquence, il n'est pas possible de définir, pour chaque individu, l'apport alimentaire qui lui serait le plus approprié.

En pratique, on cherche à déterminer la quantité de nutriments qu'il faudrait apporter pour couvrir les besoins de presque tous les individus d'une population donnée afin de la protéger, dans son ensemble, du risque de carence. On appelle cette valeur "apport de sécurité" ou "apport nutritionnel conseillé" (ANC). Par définition, les ANC sont donc supérieurs aux besoins de la plupart des membres de la population qu'ils visent, sans que l'on puisse préciser l'ampleur de la différence chez un individu donné. En aucun cas, ils ne doivent être assimilés à la quantité de nutriment que chaque individu devrait consommer, même si le terme d'apport "recommandé" a pu prêter à confusion par le passé. Ces valeurs ne permettent pas non plus de juger de la façon dont l'apport alimentaire d'un individu donné couvre ses besoins. Les ANC ne constituent donc qu'un guide utile pour l'alimentation de collectivités.

• Besoins nutritionnels au cours de la grossesse et de la lactation

Les recommandations d'apport en énergie les plus généralement publiées sont dépourvues de toute réalité physiologique. Intervenir sur la quantité d'énergie spontanément consommée par la femme enceinte n'est donc pas justifié, excepté, naturellement, en cas de gain pondéral insuffisant ou excessif.

Quant aux autres nutriments, tout indique actuellement que des mécanismes spécifiques d'adaptation permettent à des femmes bien nourries, en bonne santé, ayant à leur disposition une alimentation variée, de mener une grossesse normale à son terme, sans autre ressource que celle que procure l'augmentation spontanée de leur consommation alimentaire. Il n'existe, en particulier, aucune justification à une supplémentation systématique en vitamines et oligo-éléments. Dans ces conditions, seul un complément d'acide folique (prévention des défauts de fermeture du tube neural), de vitamine D (prévention des tétanies néonatales) ou de fer (traitement de l'anémie par carence en fer) peut être utile.

Seules certaines situations, exposant à des risques bien définis, justifient une intervention sous la forme de suppléments plus complexes.

Pour approfondir

Estimation des besoins

Evaluation à partir des apports

Une des approches les plus anciennes consiste à prendre pour référence la consommation spontanée d'énergie et de nutriments de groupes de sujets apparemment en bonne santé.

La première faiblesse de cette méthode est précisément de préjuger de la bonne santé des membres du groupe étudié. L'autre est d'admettre *a priori* que le régime qu'ils consomment est dénué de tout effet indésirable à long terme. Cette supposition appelle de sérieuses réserves, notamment parce que : 1) l'alimentation des premières années de la vie pourrait laisser une "empreinte métabolique" favorisant, à long terme, l'apparition d'hypertension, de diabète, etc. ; 2) chez l'adulte, les différences de risques de maladies, notamment cardio-vasculaires, selon les différentes régions d'Europe recouvrent aussi d'importantes dif-

férences de modes de vie et d'habitudes alimentaires. Enfin, la mesure de la consommation alimentaire demeure très imprécise chez l'enfant comme chez l'adulte, et il n'est pas possible d'en tirer d'information fiable pour certains nutriments, tels les minéraux, les vitamines ou les oligo-éléments.

Cependant, la méthode reste très utilisée chez le nourrisson allaité exclusivement au sein : 1) de nombreuses raisons conduisent à considérer le lait de femme comme l'aliment complet qui lui est le mieux adapté ; 2) il est possible de mesurer avec une bonne précision la quantité de lait consommée par des nourrissons en bonne santé, ainsi que sa teneur en nutriments, puis d'en déduire la quantité moyenne apportée pour la prendre en référence ("modèle du lait de femme"). En réalité, cette méthode ne mesure pas les besoins et aboutit à des valeurs qui les surestiment. D'autre part, les estimations faites au cours de l'allaitement maternel ne sont pas directement transposables aux préparations pour nourrissons, dans la mesure où la biodisponibilité de nombreux nutriments est sensiblement plus élevée dans le lait de femme que dans les préparations dérivant du lait de vache.

La méthode factorielle

La méthode factorielle se fonde sur la somme des besoins de maintenance et de croissance, et, pour l'énergie, de ceux liés à l'activité physique.

Le besoin de maintenance représente généralement les pertes obligatoires par la peau, les phanères, les urines, les selles, etc. Dans certains cas, les pertes obligatoires peuvent conduire à sous-estimer le besoin de maintenance. C'est le cas pour les protéines. D'autre part, la couverture du besoin de maintenance ne dépend pas seulement du niveau d'apport du nutriment considéré : elle peut être affectée par d'autres nutriments. Ainsi, la quantité d'énergie consommée interfère avec la couverture du besoin en protéines, en favorisant l'adaptation aux faibles apports.

La méthode des bilans

La méthode des bilans consiste à évaluer précisément la différence entre les apports et les pertes d'un nutriment donné, le besoin étant couvert lorsque cette différence est nulle. Plus généralement, elle permet d'obtenir des informations sur l'utilisation nette d'un nutriment. C'est une technique extrêmement exigeante, qui présente des erreurs systématiques (surestimation des apports et sous-estimation des pertes), plus ou moins importantes selon le soin qu'on y apporte, conduisant à sous-estimer les besoins.

Ses résultats dépendent aussi du temps nécessaire pour atteindre l'équilibre du bilan après une modification des apports. Par exemple, si les réserves de l'organisme sont très importantes par rapport aux apports quotidiens (comme dans le cas du calcium, du phosphore ou du magnésium), un temps très long, probablement des mois, s'écoulera avant d'atteindre un nouvel équilibre. En dépit de ses limites, la plupart des informations fiables a été obtenue grâce à cette technique. Elle permet, au moins, de vérifier l'adéquation des apports habituels et, à des niveaux d'apports faibles ou nuls, de mesurer les pertes obligatoires de nutriments. Combinée à l'usage de traceurs non radioactifs, elle permet de mieux caractériser l'absorption ou les vitesses d'échange entre les différents compartiments. Avec ces raffinements, la méthode des bilans demeure un outil de choix pour l'étude des besoins, tant que de nouvelles méthodes n'auront pas été parfaitement validées.

La prévention des carences

L'estimation du besoin peut aussi s'appuyer sur les données cliniques, biologiques ou épidémiologiques relatives à une carence spécifique. La prévention du scorbut dans la Royal Navy est le premier et, sans doute, le plus frappant exemple de cette démarche. Des expériences beaucoup plus récentes ont confirmé qu'il est possible de prévenir ou de traiter le scorbut avec des doses aussi faibles que 10 mg/j. Cependant, des

apports beaucoup plus élevés sont nécessaires pour éviter l'apparition des signes cliniques, en 4 à 6 semaines, chez des volontaires sains recevant un régime carencé (technique de déplétion-réplétion). De même, seuls des apports plus élevés permettent de compenser les pertes de vitamine C liées à son catabolisme au cours d'un régime normal.

Assimiler le besoin en un nutriment à la quantité minimum qu'il faut en fournir pour corriger ou juste éviter la carence conduirait donc à des apports insuffisants.

Réalisation des mesures et interprétation

L'évaluation des besoins repose sur des mesures (des apports, des pertes...) dont l'objectif est de définir avec précision la distribution réelle des besoins (moyenne et écart type) au sein d'une population. Naturellement, il n'est possible d'étudier qu'un sous-groupe de sujets qui ne doit pas comporter de biais de sélection et être d'un effectif suffisamment important pour représenter de façon satisfaisante la population visée.

A l'échantillonnage du nombre se superpose celui du temps : la durée des mesures doit être d'autant plus longue que la variabilité d'un jour à l'autre du paramètre mesuré est élevée. Le coefficient de variation (écart type/moyenne) est habituellement de l'ordre de 15 %. Malheureusement, la distribution statistique des besoins n'est pas toujours connue avec la précision souhaitable, voire n'est pas définie pour certains nutriments ou certaines classes d'âges. Par exemple, le besoin en protéines a fait l'objet de nombreuses études chez le jeune enfant et l'adulte, mais seuls deux articles portent sur la vingtaine d'années qui sépare ces deux groupes. Dans ces conditions, le besoin moyen est estimé par interpolation, en considérant que le besoin d'entretien est constant et proportionnel à la masse maigre et le besoin pour la croissance proportionnel à sa vitesse. Tous ces calculs admettent implicitement que la distribution des besoins obéit à une loi normale. Cette hypothèse n'est pas toujours vérifiée : le besoin en fer de la femme en période d'activité génitale s'en écarte notablement.

Les évaluations du besoin devraient être interprétées en tenant compte des capacités individuelles d'adaptation à des apports très différents. Le manque d'information dans ce domaine limite notre aptitude à évaluer l'influence respective des facteurs alimentaires, digestifs et systémiques sur le devenir des nutriments. Ces facteurs déterminent pourtant leur "biodisponibilité", c'est-à-dire l'efficacité avec laquelle ils sont absorbés et utilisés par l'organisme. Cette information est évidemment nécessaire pour passer d'un besoin physiologique à un apport alimentaire de référence. L'influence de l'hôte sur la biodisponibilité est généralement négligée et le terme désigne le plus souvent les seuls effets du régime ou des aliments sur l'absorption des nutriments. Ils peuvent être très importants, comme en témoigne la différence d'absorption du fer hémérique et minéral. Cela implique que la biodisponibilité ne peut être évaluée qu'*in vivo* et qu'il est hasardeux de généraliser des résultats obtenus dans des conditions très précises.

Deux exemples : besoins en énergie et en protéines

Besoin en énergie

Le besoin énergétique de l'adulte est très variable d'un individu à l'autre, même au repos (métabolisme de base ou MB, d'un facteur 2 et plus). Cela est essentiellement lié à des différences de composition corporelle, puisque les variations de masse maigre expliquent 60 à 80 % de la variance interindividuelle du MB (dans une population normale, la masse maigre est étroitement corrélée à la taille). Le sexe et la masse grasse ne rendent compte que de 2 % environ de ces différences. Le MB correspond à l'énergie nécessaire à l'entretien des gradients électrochimiques, au renouvellement des constituants cellulaires, au fonctionnement des fonctions intégratives (ventilation, circulation, système nerveux...), à jeun et avant toute activité.

L'activité physique constitue l'autre source majeure de variations interindividuelles de la dépense énergétique. Pourtant, il est presque impossible d'évaluer avec précision sa contribution

au cours de la vie quotidienne d'un individu donné. Les mesures réalisées sur des groupes de sujets pratiquant une activité précise (plus d'une centaine de modes d'activité différents ont ainsi été étudiés) n'apportent qu'un ordre de grandeur, dans la mesure où leurs valeurs diffèrent sensiblement selon les conditions. Le plus grand progrès, dans ce domaine, vient de la possibilité de quantifier la dépense énergétique des 24 heures (DE24) par une technique élégante et très peu contraignante pour les sujets qui s'y prêtent : la dilution de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$. Elle ne donne pas un accès direct à la dépense due à l'activité, mais on estime que l'essentiel de la différence entre DE24 et MB lui est imputable. La dépense d'activité peut alors être chiffrée sous la forme d'un multiple du MB : le niveau d'activité physique (NAP), qui résulte de la division de la dépense énergétique des 24 heures (DE24) par le MB. Ainsi, le NAP d'un homme sédentaire sera d'environ 1,5, alors que celui d'un sujet physiquement très actif pourra dépasser 2. La DE24 peut donc varier de 1 800 kcal chez une femme n'ayant aucune activité physique à 3 400 kcal chez un homme ayant une activité physique très importante.

Le besoin de maintenance correspond à l'apport énergétique pour lequel le poids reste constant, c'est-à-dire à un apport d'énergie égal à la dépense.

Chez le nourrisson et l'enfant, le besoin pour la croissance est estimé d'après la relation existant entre le gain pondéral ($y = \text{g/jour}$) et la quantité totale d'énergie consommée ($x = \text{kcal/jour}$). Dans un groupe de nourrissons, la pente de la droite de régression de la vitesse de croissance pondérale en fonction de la consommation d'énergie représente le besoin énergétique pour la croissance. Il est de 5 kcal par gramme de gain pondéral. Grâce à une combinaison de techniques, il est possible de distinguer le coût de synthèse des nouveaux tissus (1,5 kcal/g), de l'énergie qu'ils contiennent (3,5 kcal/g). En valeur relative, le coût énergétique de la croissance est très élevé au cours des premières semaines de vie (de l'ordre de 30 % de la dépense énergétique totale), mais ne représente plus que quelques pour cent de la dépense à 5 ans. D'autre part, l'intersection de la droite avec l'axe des abscisses correspond à la consommation énergétique à croissance nulle, c'est-à-dire à la dépense de maintenance.

Chez l'adulte, le besoin énergétique représente la moyenne du besoin pour la maintenance du groupe de sujets pris en référence. Chez l'enfant, c'est la moyenne du besoin de maintenance plus celle du besoin de croissance du groupe d'enfants pris comme référence.

Besoin en protéines

Chez l'adulte jeune, la masse protéique est stable, ce qui implique que synthèse et protéolyse soient, en moyenne, égales. Toutefois, le catabolisme des acides aminés essentiel ne s'annule pas complètement lorsque le régime est appauvri en l'un des deux ou en période de jeûne. Un apport quotidien égal à leur oxydation résiduelle est donc nécessaire pour permettre à la synthèse en protéique de compenser la protéolyse. Il faut y ajouter la quantité d'acides aminés essentiels qui échappent au recyclage, soit parce qu'ils sont entrés dans une voie de transformation (par exemple, tryptophane vers la sérotonine), soit parce qu'ils ont été incorporés dans des protéines définitivement perdues (peau et phanères...). Ceci est également vrai pour les acides aminés non essentiels. Ces deux postes ne représentent qu'une très faible part de la quantité totale d'acides aminés incorporés chaque jour dans les protéines (de l'ordre de 200 à 300 g/j), l'essentiel provenant de la protéolyse.

Chez l'enfant, au contraire, la croissance se traduit par une augmentation de la masse cellulaire, donc de la masse protéique totale. Cette déposition protéique dépend donc d'un apport d'acides aminés essentiels en quantité égale à ce qui est incorporé dans l'organisme. Le besoin pour la croissance est donc la quantité d'azote et d'acides aminés essentiels qui permet, lorsque le besoin de maintenance est couvert, d'assurer l'accroissement de la masse maigre. Chez le prématuré ou le nouveau-né, l'une des voies permettant normalement la synthèse

d'acides aminés non essentiels peut être immature. Dans ce cas, la synthèse protéique est transitoirement dépendante de l'apport de cet acide aminé, conditionnellement essentiel.

De nombreuses analyses de la qualité des aliments consommés selon l'âge, le sexe ou les niveaux socio-économiques étaient disponibles dès le XIX^e siècle en Europe, comme aux Etats-Unis. On a cru pouvoir conclure de ces informations qu'un apport protéique de 118 à 125 g/j⁻¹ constituait "une limite en dessous de laquelle il ne faut pas descendre, si l'on souhaite maintenir force et santé" chez l'adulte. Ce n'est que pendant le premier quart du siècle dernier qu'il a été prouvé que ces valeurs sont en fait très supérieures au besoin minimum (estimé à moins de 60 g/j⁻¹ en 1911), démontrant que l'étude de la consommation spontanée n'est pas un outil approprié à la détermination du besoin.

La méthode factorielle permet de prédire le besoin en protéines à partir de la mesure des pertes obligatoires d'azote. La détermination des pertes minima urinaires et fécales est réalisée chez des sujets sains recevant un régime dépourvu de protéines, mais fournissant énergie et micro-nutriments en quantités normales. Elles sont remarquablement reproductibles d'une étude à l'autre et s'élèvent à 53 mg/kg⁻¹/j⁻¹ (41-69 mg N/kg⁻¹/j⁻¹). La quantité d'azote perdue par transpiration ou dans les phanères, sans être aussi importante, n'est pas négligeable. La perte d'azote par la transpiration dans les quantités les plus habituelles est de l'ordre de 150 mg/j⁻¹, mais peut atteindre 500 mg/j⁻¹ lors d'un régime riche en protéines et peut être très supérieure au cours d'un exercice intense. On l'estime en moyenne à 250 mg/j⁻¹ (4 mg N/kg-1/j⁻¹) auxquels il faut ajouter des pertes mineures (salive, crachat... ; 2 mg/kg⁻¹/j⁻¹), soit un total de 6 mg/kg⁻¹/j⁻¹. La somme des pertes correspond à environ 60 mg N/kg⁻¹/j⁻¹. Théoriquement, ces pertes devraient être couvertes par un apport équivalent de protéines (0,38 g/kg/j⁻¹) entièrement utilisables par l'organisme, soit à peu près 27 g/j⁻¹ pour un sujet de 70 kg. En réalité, plusieurs études ont montré qu'il est impossible de maintenir constante la masse protéique de l'organisme avec une telle ration et qu'un résultat satisfaisant ne peut être atteint qu'en la majorant de 30, voire 45 %. Il est donc apparu préférable, chez l'adulte, d'étudier directement les conditions d'équilibre du bilan azoté.

Le besoin pour la croissance peut être calculé à partir de la vitesse du gain pondéral à un âge donné, si l'on admet que sa composition est constante et comporte 16 % des protéines. L'accroissement de la masse protéique passe ainsi de 0,93 g/kg⁻¹/j⁻¹ à 1 mois à moins de 0,2 g/kg⁻¹/j⁻¹ entre 9 et 12 mois. A mesure que le besoin pour la croissance diminue avec le ralentissement du gain pondéral, le besoin de maintenance augmente en proportion de la masse protéique, ce qui fait que la somme des besoins de croissance et de maintenance est constante pendant les 2 ou 3 premières années de la vie.

La méthode des bilans permet de déterminer la quantité d'azote fixée ou perdue par l'organisme par différence entre la quantité apportée et la quantité éliminée. Une différence nulle représente le point d'équilibre chez l'adulte, alors que chez l'enfant il correspond à la différence positive qui accompagne la vitesse de croissance jugée la plus satisfaisante. En pratique, un groupe de sujets reçoit de façon séquentielle pendant des périodes de 1 à 3 semaines (méthode courte), ou de plusieurs mois (méthode longue), différentes quantités de protéines, l'apport énergétique étant soigneusement maintenu constant. Le besoin minimum de chaque sujet correspond à la plus faible des rations permettant d'atteindre le point d'équilibre recherché. Les premières difficultés, mais non les moindres, concernent évidemment la mesure précise des entrées et des pertes. La construction d'une courbe dose-réponse à l'aide de plusieurs niveaux d'apport permet de minimiser les variations intra-individuelles. Toutefois, il persiste des erreurs systématiques, surestimant les apports et sous-estimant les pertes, qui expliquent que le bilan azoté d'un adulte normal à l'équilibre soit positif alors qu'il devrait être nul. Une interpolation est souvent nécessaire pour cerner au plus près la quantité minimum de protéines couvrant exactement le besoin. Il faut alors prendre garde au fait que la relation entre bilan azoté et apports n'est pas linéaire et

que la pente du bilan d'azote diminue très sensiblement à mesure que la ration protéique s'approche du besoin, comme si l'efficacité d'utilisation des protéines était maximum tant que l'apport est insuffisant et diminuait sensiblement lorsqu'il approche ou dépasse le besoin.

Les résultats sont aussi influencés de façon sensible par l'apport énergétique. Pour une même quantité de protéines alimentaires, l'augmentation progressive de l'apport d'énergie améliore le bilan azoté jusqu'à un maximum, caractéristique de la ration protéique utilisée, au-delà duquel il reste stable. Ainsi, l'équilibre du bilan azoté d'un groupe de sujets a été assuré avec $0,74 \text{ g/kg}^1\text{j}^{-1}$ de protéines et 45 kcal/kg^1 , tout aussi bien qu'avec $0,49 \text{ g/kg}^1\text{j}^{-1}$ et une ration énergétique portée à $57 \text{ kcal/kg}^1\text{j}^{-1}$. A l'intérieur de certaines limites, le bilan azoté varie donc en plus ou en moins de $0,2$ à $0,3 \text{ g d'N}$ par ration énergétique. Cet effet peut évidemment conduire à sous-estimer le besoin, critique habituellement faite aux premières mesures réalisées chez l'adulte.

La compilation de l'ensemble des données disponibles permet d'admettre que le besoin moyen en protéines de haute valeur biologique de $0,6 \text{ g/kg}^1\text{j}^{-1}$, chez l'homme et la femme, avec un coefficient de variation de l'ordre de 12% .

Elaboration des ANC

ANC en énergie

L'apport énergétique conseillé pour une population adulte en bonne santé est basé sur la moyenne des besoins quotidiens de maintenance d'un groupe de sujets normaux représentant la population visée, considérant que l'objectif principal est de maintenir leur poids stable à long terme. Cependant, dans l'espoir d'aboutir à un conseil plus personnalisé, les dépenses mesurées (MB et DE24) ont été analysées en fonction des principales caractéristiques (taille, poids, etc.) des sujets étudiés, pour aboutir à des équations permettant de prédire le MB ou la DE24 d'un sujet donné, d'après sa taille, son poids, etc. Pour séduisante qu'elle soit, cette méthode fait courir des risques non négligeables d'erreur :

- si le sujet concerné n'est pas rigoureusement comparable au groupe de sujets pris en référence, l'erreur de la prédiction est d'autant plus importante qu'il s'en écarte ; on dit que ces équations sont population-dépendantes ;
- elle néglige délibérément le fait que les caractéristiques physiques des individus ne rendent compte que de 60 à 80% de la variation interindividuelle du MB ;
- elle néglige aussi les difficultés considérables liées à l'estimation du niveau d'activité d'un individu donné, puis à l'évaluation de son coût réel.

A ces erreurs s'ajoutent celles qui sont liées à l'évaluation de l'ANC lui-même dans le groupe de référence. Ainsi, l'alimentation du nourrisson paraît aisée à quantifier, surtout lorsqu'il ne consomme que du lait, particulièrement au biberon. Pourtant, les apports nutritionnels recommandés, élaborés d'après ces données, se sont avérés 15 à 25% plus élevés que leur besoin énergétique réel !

Compte tenu de la variabilité interindividuelle du besoin (cf. plus haut), matérialisée par une distribution plus ou moins étalée autour de la moyenne, des grandes incertitudes inhérentes aux techniques de "prédiction", on comprend bien que l'ANC pour l'énergie n'offre qu'un repère d'intérêt général et ne constitue pas une valeur uniformément applicable à tout individu.

ANC en protéines et autres nutriments

Le raisonnement suivi pour établir les ANC en protéines, comme pour chacun des autres nutriments, est différent.

L'objectif prioritaire est ici d'éviter toute carence dans l'ensemble de la population visée, d'où le terme "apport de sécurité". Il est intuitivement évident qu'il faut dépasser le besoin moyen pour l'atteindre. L'ANC représente alors le besoin moyen auquel on ajoute la valeur de 2 écarts-types de sa distribution pour couvrir les besoins de $97,5 \%$ de la population considérée. Si le besoin moyen en protéines est de $0,6 \text{ g/kg}^1\text{j}^{-1}$, son coefficient de variation de $12,5 \%$ et le coefficient d'utilisation diges-

tive de l'ordre de 94% , l'ANC pour les protéines est donc de l'ordre de $0,8 \text{ g/kg}^1\text{j}^{-1}$ ($\{0,6 + 2 \times 0,075\} / 0,94$), ce qui a été confirmé par l'expérience. Cela représenterait une ration d'environ 56 g/j^{-1} pour un homme de 70 kg , soit un peu plus de la moitié de la consommation spontanée dans les pays développés.

Cependant, la distribution des besoins en nutriments n'est pas toujours connue avec précision, ce qui amène à introduire des facteurs de correction majorant le résultat, presque en proportion des incertitudes.

En outre, la biodisponibilité (par exemple, du fer) n'est pas uniforme d'un aliment à l'autre et, dans tous les cas, diffère de 100% . Il faut introduire, ici aussi, un facteur de correction destiné à tenir compte de la fraction de nutriment inutilisable ou indisponible.

Enfin, l'efficacité avec laquelle le nutriment est utilisé dans l'organisme (par exemple, fraction des protéines absorbées utilisées pour la croissance) peut justifier d'autres corrections.

On comprend que, par construction, les ANC soient supérieurs aux besoins de la plupart des membres de la population qu'ils visent, sans que l'on puisse préciser l'ampleur de la différence chez un individu donné. Ils ne doivent donc pas être assimilés à la quantité de nutriments que chaque individu doit consommer, même si le terme "apport recommandé" a pu prêter à confusion par le passé. Conscient de l'ambiguïté des mots utilisés, le comité scientifique européen a adopté une nouvelle terminologie :

- **LTI** : lowest threshold intake ou niveau d'apport auquel la plupart des individus d'une population risque une carence (besoin moyen moins 2 écarts-types) ;
- **AR** : average requirement qui correspond au besoin moyen de la population ;
- **PRI** : population reference intake ou niveau d'apport auquel les besoins de la plupart des individus d'une population sont couverts (équivalent à l'ANC).

Elle permet de mieux comprendre qu'aucune conclusion valide ne peut être tirée de la comparaison entre la consommation alimentaire d'un individu donné et les ANC quant au risque de carence, sauf lorsqu'elle est inférieure ou égale au LTI ou supérieure ou égale au PRI. Dans l'intervalle, l'incapacité de prédire les besoins de ce sujet interdit de tirer quelque conclusion que ce soit de cette seule donnée.

Situations où les ANC sont pris en défaut

La grossesse en est probablement l'un des meilleurs exemples. Les ANC au cours de la grossesse ont été, jusqu'à ces dernières années, estimés d'après les quantités de nutriments (graisses, protéines, calcium, fer, etc.) déposées dans l'organisme fœtal, le placenta et l'organisme maternel, auxquelles s'ajoutent, pour l'énergie, les coûts de maintenance de l'unité fœto-placentaire et de l'organisme maternel. Ces données sont généralement majorées pour tenir compte de la biodisponibilité et des variations interindividuelles, puis exprimées sous la forme de recommandations quotidiennes, soit uniformément réparties sur la durée de la gestation, soit adaptées à chaque trimestre en proportion de la vitesse de croissance fœtale. Les valeurs obtenues représentent donc, pour chacun des nutriments considérés, la quantité qu'il faudrait théoriquement fournir en plus de l'alimentation normale pour couvrir l'ensemble des besoins de la grossesse.

Ces résultats ne tiennent aucun compte de l'efficacité avec laquelle le placenta tire parti des réserves maternelles, ni du rôle tampon que celles-ci peuvent jouer entre les besoins du fœtus et les fluctuations des ressources alimentaires. Pourtant, le contrôle précis des transferts materno-fœtaux constitue une puissante barrière de sécurité. Ainsi, le "statut" en fer, en calcium ou en vitamine A des nouveau-nés reste, dans de larges limites, indépendant de celui de leur mère. Ce mode de calcul néglige aussi les capacités d'adaptation de l'organisme maternel, alors que le métabolisme de certains nutriments est profondément affecté par la grossesse au cours du deuxième trimestre, voire dès le premier, c'est-à-dire à un moment où les

besoins du fœtus sont encore très modestes ou négligeables. Une part importante des besoins serait donc couverte grâce à un "ajustement anticipé" du métabolisme maternel, permettant la constitution de réserves mobilisables au cours du dernier trimestre, lorsque la croissance fœtale est plus rapide. Cet ajustement anticipé permettrait à la femme de couvrir les besoins de son fœtus, sans grande modification de son alimentation. La durée de la grossesse et la particulière lenteur de développement du fœtus humain facilitent ce type d'adaptation, puisque ses exigences nutritionnelles, exprimées par unité de temps, sont les plus faibles de l'ensemble des mammifères.

ANC en énergie

Le besoin en énergie pour la grossesse peut être calculé par la méthode factorielle, en faisant la somme de la quantité d'énergie utilisée pour la croissance du fœtus et de ses annexes, de celle qui correspond aux modifications de composition de l'organisme maternel et de l'augmentation de la dépense énergétique maternelle correspondant au coût de maintenance des produits de la conception. Dans les pays développés, le coût total d'une grossesse normale a été estimé à près de 80 000 kcal, ce qui a conduit le comité d'experts de l'OMS à conseiller aux femmes enceintes d'accroître leur consommation quotidienne d'énergie de 150 kcal au cours du premier trimestre et de 350 kcal au cours des deux suivants pour faire face à cette charge supplémentaire.

En réalité, les coûts directement liés à la croissance fœtale et placentaire, au développement de l'utérus et des glandes mammaires ne représentent que 10 à 12 Mcal, soit l'équivalent de 45 kcal par jour (ou 2 % de la dépense énergétique), si l'on admet qu'ils se répartissent uniformément sur l'ensemble de la grossesse. Cela implique que l'accroissement de la masse grasse et de la dépense énergétique maternelles représentent la part la plus importante (85 %) du coût théorique total. Toute incertitude sur la valeur de ces deux postes aura donc des conséquences critiques sur l'estimation du "besoin" énergétique lié à la grossesse, donc sur les recommandations qui en découlent.

La dépense énergétique des 24 heures (DE), comme le métabolisme de base (MB) qui en représente la principale composante, augmentent de façon perceptible à partir de la 24^e semaine de gestation pour atteindre, à 36 semaines, des valeurs supérieures de 20 % (+ 290 à 380 kcal/j) à celles qui ont été mesurées avant la grossesse. L'augmentation de la maintenance n'est pas liée à un accroissement de l'activité physique, ni de son coût qui reste remarquablement constant en dépit du gain pondéral. Sur l'ensemble de la durée de gestation, l'augmentation du MB (ou de la DE) représenterait une dépense supplémentaire moyenne de 35 Mcal, soit 45 % du coût théorique total. Toutefois, il existe de très importantes variations d'un pays à l'autre et, dans un même pays, d'une femme à l'autre. En Gambie, le début de la grossesse s'accompagne d'une réduction rapide du MB, suivie d'une augmentation modeste après la 18^e semaine (de l'ordre de 105 kcal/j à 36 semaines). De ce fait, le coût lié aux variations de la DE n'atteint que le quart (6 Mcal) de ce que l'on observe dans les pays européens, l'économie réalisée au cours des premiers mois compensant presque exactement l'augmentation de la dépense en fin de grossesse. Cette capacité d'épargne en début de grossesse se retrouve aussi dans les populations européennes. Certaines femmes, notamment les plus minces, peuvent ainsi réduire de façon significative leur MB en début de grossesse, réalisant des économies substantielles sans affecter pour autant la croissance fœtale. Inversement, celles dont les réserves avant la grossesse étaient plus élevées augmentent leur MB dès son début et dans d'importantes proportions. L'augmentation de la dépense en fonction des réserves préexistantes ou de la masse grasse au cours de la grossesse s'oppose donc à un gain pondéral excessif, inutile, voire néfaste pour le développement fœtal. La nature divergente de ces deux réponses explique sans doute l'extrême dispersion du coût de la maintenance (- 13 à 65 Mcal) dans les

populations favorisées. A l'évidence, l'augmentation de la dépense qui tend à s'opposer à une surcharge énergétique ne peut être assimilée à un besoin. La prise en compte de cette réponse dans le calcul des coûts de la grossesse conduirait inévitablement à leur surestimation.

L'augmentation de la masse grasse constitue l'autre poste majeur, du seul fait de la densité énergétique des lipides (9 kcal/g) mis en réserve. Dans les populations favorisées, le gain pondéral comporte, en moyenne, près de 3 kg de graisse (à peu près 2,5 kg pour l'organisme maternel et 0,4 kg pour le fœtus), représentant 27 Mcal. Soixante pour cent du dépôt est déjà présent à la 18^e semaine et près de 90 % dès la 24^e semaine. Cet investissement est donc presque entièrement réalisé avant que la dépense énergétique maternelle n'augmente de façon significative. Toutefois, l'absence de relation entre gain lipidique maternel et poids de naissance, chez les femmes bien nourries, suggère que la constitution de ces réserves n'est pas une condition nécessaire au développement optimum du fœtus. D'autre part, l'extrême variabilité interindividuelle des dépôts lipidiques acquis lors de la grossesse rend très délicate la détermination du gain souhaitable. Il n'existe pas aujourd'hui de meilleur choix que de retenir la valeur moyenne fournie par l'observation, tout en sachant que cette dépense peut être partiellement couverte par une réduction du MB et de la DE au cours des premières semaines de la gestation.

Le calcul du coût théorique total de la grossesse ne tient donc aucun compte des capacités individuelles d'adaptation qui peuvent pourtant conduire à de substantielles économies. De plus, son résultat intègre très probablement, au moins dans les pays favorisés, les dépenses liées aux mécanismes qui s'opposent à une surcharge énergétique. Les valeurs actuellement retenues ne peuvent donc que surestimer notablement le besoin réel. D'autre part, l'extrême variabilité des réponses de la dépense énergétique et de la masse grasse à la grossesse rend illusoire toute recommandation personnalisée, dans la mesure où il n'existe aucun moyen de prédire l'évolution métabolique et comportementale individuelle.

L'étude de la consommation alimentaire offre une autre possibilité, indirecte, d'évaluer le coût énergétique de la grossesse. Le principal constat qui en ressort est que son augmentation est loin de couvrir les coûts calculés par la méthode factorielle. La même conclusion vaut pour les études où les coûts liés aux variations de la dépense énergétique et de la composition corporelle ont été simultanément mesurés. Leurs résultats révèlent à nouveau une grande dispersion, l'augmentation de la consommation énergétique allant de 50 à 230 kcal/j en fin de grossesse. Les études longitudinales indiquent que l'augmentation moyenne de la consommation d'énergie (normalisée sur l'ensemble de la grossesse) est équivalente à environ 70 kcal/j (30, 90 et 100 kcal/j pour chaque trimestre), soit un total de 20 Mcal ou 25 % du coût théorique. En tenant compte de la sous-estimation propre à ce type d'études (environ 50 kcal/j), il apparaît que l'apport énergétique est en moyenne supérieur de 120 kcal/j à celui qui précède la grossesse, soit un total de 33 Mcal de la conception au terme, ce qui ne représente toujours que 42 % du coût théorique.

Il existe donc un hiatus considérable entre le coût théorique de la grossesse et la quantité d'énergie apparemment consommée pour y faire face. Cette différence peut naturellement provenir d'erreurs résiduelles, positives et négatives, dans l'estimation des termes du bilan. Cependant, elle pourrait aussi résulter, au moins en partie, d'une adaptation physiologique, spécifique à la grossesse, qui aboutirait à une utilisation de l'énergie disponible plus efficace qu'il n'est généralement admis. Soulever cette question revient à se demander si le bon déroulement de la gestation, donc de la croissance fœtale, est directement lié aux fluctuations du régime. L'évolution des poids de naissance au cours des famines qui ont sévi à Leningrad en 1942 et dans l'ouest de la Hollande au cours de l'hiver 1944 démontre effectivement qu'un apport énergétique très faible (de l'ordre de 0,7 Mcal/j) provoque une réduction significative du poids (- 300 g) et de la taille du nouveau-né, ainsi que du poids placentaire. Toutefois, cet effet n'existe que lorsque la famine a

coïncidé avec le dernier trimestre de la grossesse, une restriction de sévérité comparable pendant le premier ou le second trimestre n'ayant aucune influence décelable. D'autre part, on ne détecte aucun changement significatif, lorsque la restriction énergétique maternelle est plus modérée, ce qui suggère que la croissance fœtale n'est affectée qu'en deçà d'une certaine limite (de l'ordre de 1,7 Mcal/j). L'existence d'un seuil critique est confirmée par les études d'intervention utilisant des suppléments alimentaires au cours de la grossesse. Ceux-ci n'affectent de façon incontestable la croissance fœtale que chez des femmes subissant une restriction alimentaire grave. Dans les pays développés, leur consommation n'aboutit qu'à des résultats équivoques ou nuls, dès lors que les femmes qui en bénéficient ne sont pas notoirement mal nourries.

Dans ces conditions, les recommandations actuelles ne sont pas seulement dépourvues de toute réalité fonctionnelle, mais elles sont critiquables dans la mesure où elles peuvent inciter les femmes enceintes à manipuler leur poids, action dont l'intérêt, ou même la faisabilité, n'ont jamais été prouvés. Inversement, s'y conformer strictement pourrait conduire à un gain pondéral sensiblement plus important, un résultat dont le rapport bénéfice-risque est vivement contesté. Intervenir sur la quantité d'énergie spontanément consommée par la femme enceinte n'est donc pas justifié, excepté, naturellement, en cas de gain pondéral excessif.

Il n'existe aucune donnée sur l'éventuel effet de la teneur en lipides du régime sur le développement fœtal et les études portant sur les conséquences de sa composition en acides gras sont très peu nombreuses. Les recommandations les plus récentes fixent la teneur lipidique maximum à 30 % de la ration énergétique, une quantité suffisante pour couvrir les besoins du fœtus, et à 55-70 % celle des sucres.

La sécrétion lactée semble assez peu affectée par les conditions nutritionnelles ambiantes. Le volume de lait produit par des femmes benglaises ou kenyans pendant les dix premiers mois n'est pas très différent de ce que l'on observe chez des Américaines bien nourries (environ 750 g/j) et ne paraît pas très sensible à l'état nutritionnel de la mère. La teneur en protéines et en lipides du lait est aussi pratiquement constante, que l'indice de Quételet (P/T2) des mères soit inférieur à 16,8 ou supérieur à 21,3, la lactation n'étant compromise que dans des situations de quasi-famine. Si l'on admet que la teneur énergétique du lait de femme mature est d'environ 610 kcal/l, cette production représente à peu près 450 kcal/j. Le coût réel dépend naturellement du rendement de la synthèse des constituants du lait. Dans la mesure où la lipogenèse *de novo* y contribue peu, le rendement moyen est élevé (de 90 à 95 %). Si l'on tient compte du transport et du stockage des nutriments venant de l'alimentation, il ne serait plus que de 85 % environ, ce qui porterait le coût de la lactation à 530 kcal/j. Il est évident qu'une partie des précurseurs du lait, notamment lipidiques, proviennent des réserves maternelles et que le rendement effectif sera intermédiaire à ces deux valeurs. Les données disponibles indiquent que le BMR n'est pas sensiblement différent de celui de femmes qui n'allaitent pas, mais ne permettent pas de juger avec certitude de l'évolution de la dépense d'activité ni de celle des 24 heures, notamment dans le sens d'une réduction. La consommation alimentaire est légèrement accrue (de 70 à 380 kcal/j), mais, comme pendant la grossesse, ne couvre pas les dépenses calculées. Ceci suggère que les estimations actuelles sont encore excessives et/ou que l'organisme maternel comble la différence, soit en adaptant ses dépenses, soit grâce à ses réserves. A ce propos, il faut souligner que l'évolution du poids corporel en fin de grossesse ou de lactation ne révèle pas de retour spontané de la masse grasse à sa valeur initiale et que le gain acquis à cette occasion constitue un facteur de risque d'obésité.

En dehors des cas où l'apport lipidique est très faible, la composition du lait reflète celle de l'alimentation. Il est donc important que celle-ci fournisse les acides gras insaturés nécessaires au développement du nourrisson. On estime que cet objectif est atteint dès lors que le régime apporte environ 0,5 % de la teneur énergétique totale sous forme d'acides gras n - 3 et 3 % de n - 6.

ANC en protéines

Le besoin en protéines peut être calculé par la méthode factorielle, c'est-à-dire d'après la quantité de protéines déposées dans le fœtus et ses annexes, ainsi que dans l'organisme maternel. Il a été estimé entre 925 et 992 g, soit 3,3 à 3,5 g/j répartis sur l'ensemble de la grossesse. Toutefois, la déposition des protéines ne s'effectue pas selon un rythme uniforme. De l'ordre de 0,7 g/j pendant le premier trimestre, elle atteint 3,3 et 5,8 g/j au cours des second et troisième trimestres. Les bilans d'azote suggèrent que la déposition est en fait plus importante que ne le suggère la méthode factorielle. Des études plus récentes fournissent des résultats plus proches des calculs théoriques, bien que les quantités retenues soient encore supérieures à ce qui est déposé dans les tissus du fœtus et de ses annexes. Chez l'animal, l'analyse des carcasses révèle que la déposition s'effectue essentiellement dans l'organisme maternel au cours des deux premiers tiers de la gestation, la quasi-totalité de ces protéines étant mobilisée au bénéfice des fœtus en fin de gestation. Ceci suggère que les besoins pourraient être beaucoup plus uniment répartis dans le temps que ne l'indiquent les calculs théoriques. Quoiqu'il en soit, les résultats de la méthode factorielle, corrigés en fonction de la variabilité du poids de naissance et de l'efficacité de conversion des protéines alimentaires en protéines tissulaires, permettent de prédire qu'un apport de 1,3, 6,1 et 10,7 g/j de protéines en sus du besoin de base (0,75 g/kg/j) est suffisant pour couvrir ceux de la grossesse au cours des premier, second et troisième trimestres. En tenant compte de l'accroissement du besoin de maintenance lié à l'augmentation de la masse maigre, l'apport de sécurité pour une femme de 60 kg est de 47, 52 et 61 g/j pour chaque trimestre de la grossesse.

La teneur moyenne en azote du lait mature est de 180-190 mg N, soit 1,1 à 1,2 g de protéines pour 100 ml. Connaissant le débit moyen, on aboutit à une production de protéines de l'ordre de 9 g/j. L'utilisation de cette valeur conduirait à une surestimation grossière, dans la mesure où une part importante du lait de femme (environ 20 %) n'est pas sous forme de protéines, mais d'urée. La synthèse quotidienne de protéines du lait est donc plus proche de 7 g/j et l'apport de sécurité d'environ 60 g/j pour une femme de 60 kg.

Les études de consommation alimentaire réalisées dans les pays développés font apparaître que l'apport dépasse généralement ces valeurs. Il en est de même dans notre pays, où il s'établit entre 85 à 95 g/j et est constitué en majorité de protéines animales. Dans ces conditions, toute espèce de recommandation serait futile.

ANC en fer

La plupart des études montrent que la quantité de fer absorbée, rapportée à la quantité ingérée, est beaucoup plus élevée à 36 qu'à 12 semaines, une adaptation métabolique qui est indépendante de toute anémie. Bien que l'augmentation de l'absorption induite par la grossesse soit maintenant parfaitement établie, quelques incertitudes demeurent sur son amplitude. Les diverses estimations montrent un accroissement d'un facteur 3 à 10 par rapport à l'absorption mesurée chez des femmes non carencées, qui ne sont pas enceintes ni n'allaitent. Cette dispersion, qui pourrait être liée à la biodisponibilité du fer consommé, conduit à des conclusions opposées. Les calculs basés sur les valeurs les plus élevées suggèrent qu'une alimentation adéquate suffirait amplement à couvrir l'ensemble des besoins de la grossesse, alors que ceux qui utilisent les plus faibles impliquent qu'une part plus ou moins importante de ces besoins devrait provenir des réserves maternelles. Les données les plus récentes indiquent sans ambiguïté que la couverture des besoins peut être acquise à des niveaux d'apports tout à fait comparables à ceux observés dans la population française, à la seule condition que la ration alimentaire soit suffisante (> 2 000 kcal) et variée, sans exclusion des aliments d'origine animale.

Les risques d'accouchement prématuré et de naissance d'enfants de faible poids sont respectivement 2,5 et 3 fois plus élevés chez les femmes présentant une anémie ferriprive en début de grossesse que chez celles ayant une anémie d'une autre cause,

suggérant que c'est bien la carence en fer et non l'anémie qui en est responsable. L'existence de saignements augmente aussi les risques d'accouchement prématuré et la conjonction des deux facteurs est additive, le risque étant alors multiplié par 5. La concentration de l'hémoglobine dès le premier examen prénatal est prédictive de l'issue de la grossesse. Les valeurs basses, mais aussi les valeurs élevées, sont associées à un plus grand risque de mortalité périnatale, de prématurité et de petit poids de naissance. Au contraire, l'apparition d'une anémie ferriprive au cours du dernier trimestre de la grossesse n'augmente pas les risques de prématurité ou de naissance d'enfants pesant moins de 2,5 kg. De plus, l'anémie du *post partum* n'est pas liée au statut martial au cours du troisième trimestre, ce qui ne manque pas de soulever des questions sur le bien-fondé d'une supplémentation en fer réalisée en fin de grossesse.

Compte tenu des risques de carence plus élevés chez les adolescentes, les femmes qui ont eu des grossesses répétées, celles qui ont des ménorragies importantes ou une alimentation pauvre en fer hémique (viande, poisson), et d'une manière générale les femmes appartenant à des milieux défavorisés, une supplémentation en fer à la dose de 30 mg/j dès le début de la grossesse est recommandée dans ces groupes. En dehors de ces facteurs de risques, il n'y a aucune justification à la supplémentation systématique en fer des femmes enceintes. La teneur en fer du lait de femme diminue progressivement de 0,55 mg/l, deux semaines après la naissance, à 0,4 mg/l après 6-8 semaines et environ 0,3 mg/l vers 3-5 mois *post partum*. En cas d'allaitement maternel exclusif, la perte est donc comprise entre 0,2 et 0,4 mg/j, ce qui représente une fraction minime de l'épargne qu'assure l'aménorrhée qui y est associée. Elle est d'ailleurs compensée par l'augmentation de l'absorption qui accompagne la lactation. Ni le statut maternel en fer, ni l'administration de suppléments ne semblent affecter sa concentration dans le lait. Il n'existe donc aucun argument en faveur d'une supplémentation des femmes en bonne santé.

ANC en calcium

Avant la naissance à terme, le fœtus accumule près de 30 g de calcium et 15 g de phosphore. L'accrétion calcique se fait essentiellement en fin de grossesse (20 g de calcium et 10 g de phosphore) et on estime qu'elle est de l'ordre de 200 mg/j au cours du troisième trimestre. Les recommandations concernant l'apport calcique au cours de la grossesse varient d'un pays à l'autre et se situent entre 750 et 1 200 mg/j de calcium élément. Elles sont du même ordre de grandeur pour la lactation, afin de compenser les 200-300 mg/j sécrétés dans le lait.

L'absorption du calcium augmente très tôt au cours de la grossesse. Le pourcentage absorbé, de l'ordre de 33 % avant, atteint 54 % au cours du troisième trimestre de gestation, soit environ 600 mg Ca/j, une quantité largement suffisante pour les besoins du fœtus, même en tenant compte de l'accroissement de l'excrétion urinaire. L'absence de toute variation significative de la densité osseuse maternelle démontre bien que les réserves n'ont pas été mises à contribution. Au cours de la lactation, l'absorption du calcium retourne à des valeurs comparables à celles qui précèdent la grossesse, son excrétion urinaire diminue, alors que les réserves minérales osseuses, particulièrement des os trabéculaires, sont mobilisées. L'administration d'un supplément de calcium n'a aucun effet sur l'évolution de la densité osseuse, ni sur la teneur en calcium du lait. Après le sevrage, la déminéralisation osseuse se corrige spontanément et probablement complètement, comme le suggère le fait que ni la durée de l'allaitement, ni le nombre d'enfants ainsi alimentés ne constituent un facteur de risque d'ostéoporose ultérieure. Les besoins du fœtus sont donc couverts par l'augmentation de l'absorption intestinale et ceux de la lactation par la mobilisation réversible du calcium osseux et la réduction de ses pertes urinaires. Il est donc inutile de recommander aux femmes en bonne santé, enceintes ou allaitantes, d'augmenter leur apport alimentaire qui est de l'ordre de 900 à 1 100 mg/j dans notre pays.

Vers une autre approche des conseils nutritionnels

L'objectif principal des ANC reste la prévention des carences, qui ne constituent pourtant que l'un des éléments affectant les relations entre alimentation et santé. Il en est d'autres qui peuvent intervenir très tôt, dès la vie fœtale, et déterminer l'état de santé à long terme : apparition d'un diabète de type II plusieurs décennies après la naissance ou d'une ostéoporose à l'orée de la sénescence. Il faut donc s'attendre à ce que les préoccupations actuelles des ANC – connaître la quantité de nutriments la plus faible permettant de couvrir les besoins de maintenance ou de croissance – évoluent vers la recherche de la forme et du niveau d'apport les plus adaptés au maintien prolongé d'un bon état de santé, c'est-à-dire qui enrayeraient ou, au moins, ralentiraient le développement de certaines maladies.

Pour en savoir plus

Martin A. - Apports nutritionnels conseillés pour la population française. (ed). Paris, Tec et Doc, 2001.