

Les apports nutritionnels conseillés (ANC) en protéines

Recommended dietary allowances (ANC) for proteins

Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 10, Numéro 1, 61-5, Janvier - Février 2003, Protéines et lipides végétaux : interactions nutritionnelles et fonctionnelles

Auteur(s) : Philippe PATUREAU MIRAND, UNMP, Inra, 63122 Theix, France.

Author(s) : Philippe PATUREAU MIRAND

Résumé : La définition d'apports conseillés en protéines repose sur l'analyse des besoins protéiques. Un ANC avec comme objectif mesuré le maintien de la masse des protéines corporelles, a été fixé à 0,8 g de protéines de bonne qualité par kg de poids et par jour. Toutefois le besoin protéique est beaucoup plus complexe en raison de la diversité de la nature des nutriments requis pour le satisfaire (azote, acides aminés, peptides, protéines) et de la multiplicité de leurs fonctions. L'ANC en protéines intègre en grande partie cette diversité et constitue un repère simple qui permet de s'assurer globalement de la couverture des besoins protéiques d'une large population. Sa simplicité en limite cependant la pertinence pour des sous-populations ayant des besoins plus spécifiques.

Summary : The determination of the recommended dietary allowances (ANC) for protein relies on protein requirement studies. ANC for protein based on nitrogen balance studies was set at 0.8 g of high quality protein per kg body weight per day. And yet protein requirement is much more complex due to the variety of the nutrients required (nitrogen, amino acids, peptides, proteins) and of their functions. ANC for protein partially includes this diversity and represents a simple landmark which helps to ensure that all the protein needs of a wide population are met globally. Its accuracy is limited for sub-populations with specific requirements

Mots-clés : apports nutritionnels conseillés, protéines, acides aminés.

Keywords : Recommended dietary allowance, proteins, amino acids.

ARTICLE

Depuis la fin du XIX^{ème} siècle, des recommandations alimentaires émanant de physiologistes, puis de comités nationaux ou internationaux ont été publiées plus ou moins régulièrement. Elles visent à fournir des éléments objectifs pour aider à l'éducation nutritionnelle et à la mise en place de politiques nutritionnelles pertinentes. La notion d'apport nutritionnel conseillé (ANC) qui est souvent utilisée comme référence, découle de la prise de conscience de l'existence d'un besoin nutritionnel, c'est à dire que l'alimentation doit apporter des quantités minimales en certains nutriments pour satisfaire la demande l'organisme. Cette exigence de l'organisme correspond à ce qui est défini comme le besoin net en ces nutriments. C'est donc à partir de l'analyse des besoins nets puis de leur traduction en besoins nutritionnels \emptyset c'est à dire les quantités qui doivent être ingérées pour couvrir

le besoin net \emptyset que sont définis les apports nutritionnels conseillés [1]. Cette notion est apparue progressivement dans le champ de la nutrition protéique. Le concept d'un apport protéique qui permet de couvrir les besoins de la quasi totalité d'une population, était évoqué dans le rapport de la FAO de 1958 [2] ; sa définition actuelle a été précisée dans le rapport de la Consultation de 1986, sous le nom d'apport de sécurité [3]. Le cas des apports conseillés en protéines est particulièrement intéressant à analyser étant donné la complexité des besoins protéiques, même en se limitant à ceux de l'adulte sain de moins de 65 ans. Un bref rappel des principales composantes du besoin protéique et des méthodes d'estimation des apports conseillés en protéines permettra d'en apprécier l'intérêt et les limites et montrera comment ils peuvent être utilisés.

Les bases physiologiques des besoins protéiques

Elles ont été exposées dans de très nombreuses revues et encore récemment [4-6]. Brièvement, la nécessité d'ingérer des protéines pour conserver un état de bonne santé et assurer un développement harmonieux a été reconnue depuis longtemps et la notion d'un besoin vital de protéines pour les mammifères monogastriques s'est imposée depuis les travaux de Magendie au début du XIX^{ème} siècle. A quoi correspond ce besoin ? Chez l'adulte, le corps humain contient de 9 à 11 kg de protéines, extrêmement diverses. Elles assurent un très grand nombre de fonctions vitales pour l'organisme. Le maintien de leur fonctionnalité nécessite leur renouvellement en permanence ainsi que des mécanismes efficaces pour les protéger des détériorations ou les réparer. Ce renouvellement permanent implique la destruction d'une fraction des protéines tissulaires (plus de 250 g par jour chez l'adulte). Leur remplacement nécessite qu'elles soient synthétisées par l'organisme puisque elles lui sont spécifiques, étant déterminées par son génome et le code génétique. Or pour qu'une protéine soit synthétisée, il est nécessaire que soient présents simultanément tous les acides aminés qui la constituent. Une partie d'entre eux provient des protéines tissulaires détruites mais le recyclage des acides aminés libérés par cette protéolyse n'est pas complet et une fraction d'entre eux est dégradée et éliminée sous forme de dioxyde de carbone et d'urée pour l'essentiel. Ils doivent donc être remplacés. Le remplacement des acides aminés non réutilisés dans les tissus et de ceux perdus au niveau du tractus digestif constitue la principale composante du besoin protéique chez l'adulte. De plus, depuis quelques années, il est apparu que les fonctions spécifiques que possèdent plusieurs acides aminés ou leurs métabolites (fourniture d'énergie, prolifération cellulaire, transmission nerveuse ou protection), peuvent en mobiliser des quantités considérables pour certains d'entre eux [7] et constituer une nouvelle composante du besoin protéique (par exemple, cystéine et acide glutamique pour la synthèse du glutathion).

Pour satisfaire ces exigences de l'organisme, certains acides aminés peuvent être synthétisés dans le corps à partir de composés du métabolisme intermédiaire, ce sont les acides aminés non indispensables. En revanche, d'autres, les 9 acides aminés indispensables, ne peuvent l'être en quantités suffisantes. Il s'agit de l'histidine, de l'isoleucine, de la leucine, de la lysine, de la méthionine, de la phénylalanine, de la thréonine, du tryptophane et de la valine. Il peut en être de même pour quelques autres acides aminés (dits conditionnellement indispensables) dans certaines situations particulières ; par exemple, la cystéine, la tyrosine, l'arginine, la glutamine, la proline et la glycine. Tous ces acides aminés qui ne peuvent pas être synthétisés dans l'organisme doivent donc

être apportés par l'alimentation. Un débat subsiste quant à la participation réelle de la microflore digestive à la fourniture à l'organisme de quantités appréciables d'acides aminés indispensables. On admet plutôt que les acides aminés des sécrétions protéiques intestinales non réutilisés par l'organisme ou métabolisés par la flore, sont perdus pour l'essentiel même si l'absorption d'acides aminés d'origine microbienne a pu être mise en évidence [8].

Nature du besoin protéique

Le besoin protéique comporte donc celui en 9 acides aminés indispensables qui doivent se trouver dans l'alimentation en quantités suffisantes et équilibrées. Il s'y ajoute celui en acides aminés non indispensables qui peuvent être synthétisés dans les tissus. Dans ce cas, il ne s'agit pas d'un besoin particulier à chacun d'entre eux mais d'un besoin global : ceux qui manqueraient pouvant être synthétisés à partir de ceux qui sont en excès. Comme les connaissances sur les besoins en acides aminés indispensables du jeune adulte sont longtemps restées limitées et que c'est quasiment exclusivement par l'ingestion des protéines des aliments que sont couverts ces besoins en acides aminés, les besoins ont d'abord été exprimés en terme de protéines de référence [2], dites de bonne qualité, c'est à dire qui sont utilisées avec efficacité pour renouveler ou accroître les protéines corporelles. Ce mode d'expression du besoin protéique qui intègre le besoin non spécifique et le besoin spécifique, ne prend qu'imparfaitement en compte les besoins en acides aminés indispensables, si ce n'est par le biais de la composition de la protéine de référence. Des progrès récents dans les méthodes d'investigation ont récemment permis des estimations fiables et plus directes de ces besoins [6].

Enfin, la question d'un besoin accessoire en certains acides aminés, peptides ou protéines spécifiques commence à se préciser car il devient de plus en plus évident que leur ingestion s'accompagne de réactions physiologiques qui peuvent avoir un effet favorable pour la santé. Toutefois, ce type de besoin n'a pas encore été inclus dans la démarche des apports nutritionnels conseillés.

La notion de besoin protéique correspond donc à une réalité déjà relativement complexe. La validité des apports conseillés en protéines qui peuvent en être déduits, dépend évidemment de la qualité de l'estimation des besoins qui elle, est conditionnée par la fiabilité des méthodes mises en œuvre pour les déterminer.

Les principales méthodes d'estimations des besoins protéiques utilisées pour définir les apports conseillés en protéines

Besoin global en protéines

Les besoins en protéines du jeune adulte sain ont surtout été estimés par la méthode du bilan azoté. Cette méthode repose sur l'hypothèse que les besoins protéiques de l'adulte sont satisfaits lorsque la quantité de protéines (ou d'azote) ingérée assure le maintien de la masse des protéines (ou d'azote)

dans le corps, c'est à dire que le bilan entre l'azote ingéré et l'azote éliminé est nul. Le besoin protéique est alors défini comme l'apport protéique (ou azoté) minimal qui le permet. Cette méthode qui est considérée comme la méthode de référence, présente un certain nombre de limites [9]. Elle suppose notamment que le maintien de la masse des protéines corporelles est un indicateur fiable de la satisfaction des besoins. Or, le phénomène d'accommodation [10], par lequel le maintien de la masse des protéines corporelles est assuré au détriment de certaines fonctions physiologiques, peut conduire à sous-estimer le besoin protéique. De plus, cette méthode est délicate à mettre en œuvre et une méthodologie très rigoureuse est nécessaire pour obtenir des données exploitables, ce qui limite le nombre d'observations utilisables pour estimer le besoin. Toutefois, un grand nombre d'études a été réalisé. Les indications fournies par cette méthode présentent une bonne reproductibilité et des résultats cohérents ont été obtenus.

Besoins en acides aminés indispensables

Les premières estimations des besoins en acides aminés indispensables de l'adulte ont aussi été réalisées par la méthode du bilan azoté. Le besoin était défini comme l'apport minimal de l'acide aminé concerné qui permet d'équilibrer le bilan azoté. Des valeurs très basses ont été rapportées [11,12]. Elles ne sont pas compatibles avec les estimations des quantités nécessaires pour compenser les pertes obligatoires d'acides aminés, calculées à partir de la dépense azotée minimale et en admettant que ces pertes de protéines endogènes ont la composition en acides aminés indispensables des protéines corporelles [9]. Il est probable que les limites de la méthode du bilan azoté soient exacerbées quand il s'agit d'estimer le besoin en un acide aminé indispensable, surtout s'il s'agit d'un acide aminé qui est largement impliqué dans d'autres fonctions que la constitution des protéines majoritaires de l'organisme. En revanche, cette méthode devrait convenir pour des acides aminés pour lesquels il s'agit d'une voie prépondérante. Ainsi, une réévaluation récente du besoin en lysine, un acide aminé abondant dans les protéines corporelles, à partir de l'analyse des données d'une étude ancienne réalisée avec la méthode des bilans, a fourni une estimation proche de celles obtenues par de nouvelles méthodes [13]. Dans ces nouvelles méthodes d'investigation, l'emploi d'acides aminés marqués à l'aide de carbone 13 permet de suivre le métabolisme de chaque acide aminé et en particulier son catabolisme. Trois approches ont été utilisées pour quantifier les besoins : la méthode du bilan du traceur, celle du catabolisme de l'acide aminé étudié ou celle du catabolisme d'un acide aminé indicateur. Ces 3 méthodes ont généralement donné des estimations comparables bien que reposant sur des hypothèses différentes et les valeurs trouvées sont supérieures aux estimations initiales obtenues par la méthode du bilan azoté (*tableau 1*).

Apports conseillés en protéines et acides aminés indispensables

Une fois quantifié le besoin, l'ANC en protéines peut être évalué car il correspond à une définition précise. C'est l'apport qui permet de couvrir les besoins de 97,5 % de la population pour laquelle il est établi. Il peut donc être calculé en ajoutant au besoin moyen (moyenne arithmétique ou médiane des besoins de la population), une quantité qui tient compte de la variabilité interindividuelle des besoins et qui est égale à 2 fois leur écart type (*figure 1*). Sachant que le besoin protéique moyen a été établi à $0,6 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$, et que le coefficient de variation entre individus de ce besoin a été estimé à

15 %, l'apport conseillé en protéines de bonne qualité a été fixé en France à $0,8 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ [5]. Cette valeur est très voisine de celle qui avait été retenue précédemment par la Consultation de la FAO/OMS/UNU (1986) [3]. Tout récemment une méta-analyse des besoins protéiques se basant sur une sélection de données anciennes et sur de nouvelles données a établi le besoin moyen à $0,65 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ et l'apport protéique conseillé à $0,83 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ compte tenu de la variabilité du besoin entre individus et d'une distribution log normale des besoins [14] ; ce sont d'ailleurs des valeurs très proches aussi de celles qui ont été retenues aux Etats-Unis comme Recommended Dietary Allowances (RDA, équivalents aux ANC) par la National Academy of Science : besoin moyen à $0,66 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ et apport conseillé à $0,8 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ [6].

Pour le moment, il n'y a qu'en Amérique du Nord qu'un comité américano-canadien a tout récemment établi des ANC pour les acides aminés indispensables [6] à partir des besoins déterminés par les méthodes du bilan du traceur, du catabolisme de l'acide aminé étudié ou de l'acide aminé indicateur. Les autres comités de nutrition avaient jusqu'alors plutôt proposé de s'appuyer sur l'ANC en protéines en précisant que la composition en acides aminés indispensables de la protéine de référence devait être proche de celle des besoins de l'enfant d'âge pré-scolaire ou de celle indiquée par les études conduites avec traceurs [15]. Ces valeurs ne pouvaient pas permettre de calculer des ANC puisque ni la part de la somme des besoins en acides aminés indispensables dans le besoin protéique, ni la variabilité interindividuelle de ces besoins n'étaient connues chez l'adulte. En revanche, elles fournissaient une base pour évaluer la qualité des protéines alimentaires à partir de leur composition en acides aminés indispensables (tableau 1).

Analyse critique des ANC en protéines ; utilité dans le cadre d'une nutrition préventive

À l'origine, l'ANC en protéines a été conçu pour être une référence servant à détecter et prévenir les carences, comme le prouve sa définition. La prise de conscience de l'importance de la nutrition protéique pour favoriser le maintien en bonne santé et la résistance aux pathologies a conduit à s'interroger sur la pertinence des indications fournies par ce critère pour répondre à ces nouveaux objectifs.

L'ANC en protéines, un repère pour éviter les carences

Certes, les méthodes utilisées pour évaluer le besoin nutritionnel en protéines sur lequel repose la détermination de l'ANC en protéines ont les limites qui ont été présentées précédemment. Il est peu probable que le besoin et donc l'ANC en protéines soit surestimé car cela résulterait sans doute d'une sous-estimation des bilans azotés, ce qui ne peut être envisagé qu'en situation d'apport énergétique insuffisant. En revanche, la sous-estimation des besoins en protéines et de leur ANC pourrait avoir plusieurs causes. Elle pourrait être la conséquence d'une surestimation des bilans azotés qui est assez fréquemment observée si les contraintes méthodologiques ne sont pas strictement respectées. Elle pourrait aussi provenir d'un défaut de prise en compte de certains besoins qui ne sont pas détectés par les variations de la masse des protéines corporelles (fonction immunitaire, taux de renouvellement des protéines, bien-être). Cependant, il n'a pas été montré que la consommation d'une quantité de protéines de bonne qualité correspondant à l'ANC ait pu être

insuffisante chez le jeune adulte sain. Des apports supérieurs à l'ANC pourraient aussi être justifiés dans le cas où la qualité des protéines est inférieure à celle des protéines utilisées pour établir la référence [16]. Cela peut être le cas lorsqu'une proportion très importante de l'apport quotidien provient d'aliments d'origine végétale. En effet, leurs protéines ont généralement une digestibilité apparente inférieure à celle des protéines de référence, ce qui peut nécessiter d'en consommer des quantités plus importantes. De plus, leur composition en acides aminés indispensables est généralement déséquilibrée par rapport aux besoins, ce qui peut aussi justifier des apports plus importants lorsque les protéines sont principalement fournies par une seule sorte d'aliments (*figure 2*).

Cependant, ces 2 raisons pour expliquer une éventuelle sous-estimation de l'ANC lorsque la part des protéines végétales est prépondérante, paraissent avoir relativement peu d'importance dans la pratique. En effet, dans la méta-analyse de Rand et al [14], la nature des protéines n'avait pas d'influence significative sur les estimations des besoins protéiques, qu'elles soient à 90 % d'origine animale ou qu'elles soient apportées à 90 % par un mélange de protéines végétales, complémentaires par leur composition en acides aminés indispensables. Cela s'explique dans la mesure où les mélanges de protéines des régimes habituels ont une digestibilité apparente très proche de celle des protéines de référence et une composition en acides aminés indispensables telle qu'un apport égal à l'ANC en protéines apporte ces acides aminés en quantités largement supérieures à leur ANC respectif (tableau 1).

L'ANC en protéines apparaît donc comme un repère qui permet de définir des apports qui minimisent réellement les risques de carences en protéines dans une population de jeunes adultes sains. De plus, l'incitation à rapprocher les niveaux de consommation en protéines de leur ANC réduit le risque d'apports inadéquats par réduction de la variabilité des apports qui est généralement de l'ordre du double de celle des besoins. Ainsi, on peut montrer que dans une population dont l'apport moyen se situe au niveau de l'ANC, une réduction de 50 % de la variabilité des apports protéiques se traduirait par une réduction de près de 60 % du risque d'apports inadéquats (c'est à dire inférieurs au besoin de chacun ou supérieurs à 1,5 fois ce besoin). En ce qui concerne les acides aminés indispensables, les nouvelles estimations des besoins paraissent plus fiables que les précédentes et sont des indications intéressantes, mais leur validité doit être confirmée pour qu'elles puissent être utilisées comme références.

L'ANC en protéines et la nutrition préventive

Donc à part un éventuel défaut de prise en compte de certains besoins qui est non démontré, il y a toutes les raisons de penser que le respect de l'ANC en protéines du jeune adulte tel qu'il est actuellement défini, permet de garantir les personnes de cette population contre les carences en protéines mais il les incite à en ingérer une quantité supérieure à leur propre besoin. Ainsi, la probabilité pour que ce qu'elles ingèrent soit supérieur à 1,5 fois leur besoin, est de plus de 20 %. Il faut donc s'interroger sur les conséquences d'apports supérieurs aux besoins. Ceci est d'autant plus important que les quantités de protéines consommées en France et dans les pays les plus avancés en technologie sont nettement plus élevées que l'ANC. Par exemple en France, la quantité moyenne de

protéines consommée par jour dans une population d'adultes est de $92,4 \pm 25,6$ g/j d'après l'enquête Inca [17], c'est à dire entre 1,2 et 1,6 g.kg⁻¹.j⁻¹. Or, les conséquences des apports pléthoriques ont été moins étudiées que celles des carences. Il ne semble pas y avoir de risque d'intoxication à court terme chez le sujet sain tant que la part de l'énergie apportée par les protéines reste inférieure à 40 % des besoins énergétiques [6]. Des quantités de 4 g.kg⁻¹.j⁻¹ ont été consommées par des athlètes sans que des effets néfastes aient été rapportés. Toutefois, les avantages attendus des régimes hyperprotéiques (augmentation de la masse maigre, de la force musculaire, de la vitesse de renouvellement des protéines et donc des capacités d'adaptation) doivent être mis en regard des risques possibles qui leur sont associés (acidose, hypercalciurie, toxicité de certains acides aminés, cancers, aggravation de troubles rénaux). En fait, pas plus les avantages que les risques ne sont clairement établis, ce qui a incité le comité IDECG à conclure qu'il n'y a pas de raison de recommander des apports supérieurs ou égaux à 2 g.kg⁻¹.j⁻¹ pour le jeune adulte sain [18]. Le dépassement modéré du besoin tel qu'il est proposé par l'ANC en protéines ne paraît donc pas présenter de conséquences néfastes. Des apports supérieurs à l'ANC sont-ils justifiés ? En ce qui concerne strictement le besoin protéique, il n'existe pas de preuve pour l'affirmer compte tenu des critères retenus pour l'évaluer. En revanche, il a été montré que la limitation de l'apport protéique au niveau de l'ANC risque de provoquer des déficiences en d'autres nutriments. En effet, les aliments qui sont les principales sources de protéines, sont aussi des vecteurs de nutriments pour lesquels des risques d'insuffisance d'apport peuvent exister (fer, zinc, cuivre, magnésium, vitamines D et E). Or, pour respecter des apports correspondant aux ANC de ces nutriments, il est nécessaire de consommer des quantités de protéines supérieures à l'ANC si on se limite aux aliments les plus fréquemment utilisés [19, 20]. Donc en l'absence de modification des comportements alimentaires, une consommation de protéines supérieure à son ANC pourrait être nécessaire. Toutefois, l'ANC étant par définition un apport de sécurité, il n'est pas nécessaire que tous les apports de nutriments soient au niveau de l'ANC pour que les besoins soient satisfaits, ce qui peut permettre de réduire le niveau des apports protéiques requis pour couvrir d'autres besoins nutritionnels.

La question du dépassement des ANC est encore plus cruciale en ce qui concerne les acides aminés indispensables étant donné qu'un apport en protéines égal à l'ANC avec des régimes habituels en France, conduit à dépasser les ANC en acides aminés indispensables qui ont été proposés récemment (tableau 1). De plus, de nombreux acides aminés, peptides ou protéines spécifiques sont susceptibles d'être dotés de propriétés physiologiques intéressantes dans le cadre de la nutrition préventive, il faudrait pouvoir préciser les conditions de leur utilisation. Or ces aspects sont encore mal connus. Pour ce qui est des risques associés à une consommation élevée d'acides aminés, il est généralement admis qu'il n'y a pas de preuve qu'un acide aminé donné, apporté en quantité égale à la quantité qui est fournie par une alimentation basée sur les aliments usuels, puisse présenter un risque pour la santé, même en cas d'apports protéiques élevés. Pourtant, s'il n'a pas été établi de limite de sécurité pour les acides aminés, cela ne signifie pas que l'utilisation de compléments alimentaires à base d'acides aminés ou l'enrichissement des aliments en certains acides aminés, ne comporte pas de risques. En effet, les études sur les conséquences métaboliques et physiologiques des déséquilibres en acides aminés ont montré qu'il existe des phénomènes de compétition et d'antagonisme entre acides aminés qui peuvent perturber certaines fonctions. En fait, des apports spécifiques en acides aminés, peptides ou protéines auront d'autant plus de chances d'avoir des effets bénéfiques qu'ils constituent une réponse adaptée à des besoins identifiés.

CONCLUSION

Le concept d'ANC est intéressant pour les protéines. Il ne propose pas une norme mais un objectif simple qui, à la fois, permet de s'assurer de la couverture des besoins et intègre les éventuels effets bénéfiques d'apports supérieurs au besoin, sans risquer d'excès. En revanche, sa simplicité en limite la portée face à la complexité du besoin protéique. La proposition d'ANC pour les acides aminés indispensables, la segmentation de la population en fonction du poids corporel, de l'âge, de l'état physiologique, de l'activité physique sont déjà des réponses à ce besoin d'améliorer la pertinence nutritionnelle des ANC en protéines. Les progrès des connaissances permettront de décliner l'ANC en protéines et leurs dérivés sous de multiples aspects : type de nutriments (azote, acides aminés, peptides ou protéines spécifiques), nature du besoin ciblé (maintien de la masse maigre, prévention de pathologies chroniques, bien-être, aptitudes diverses, ...), caractéristiques des populations ou même des sujets (masse maigre, capacité d'anabolisme, âge, ...), contexte nutritionnel (nature des aliments, rythmes alimentaires, ...). Ces informations pourront aussi servir de bases physiologiques aux approches qui déterminent la valeur santé d'une alimentation à partir de l'analyse des pratiques alimentaires qu'elles soient basées sur l'indice de diversité ou les index de valeur santé de l'alimentation [21].

A côté de l'ANC en protéines qui reste une donnée centrale pour évaluer globalement la situation nutritionnelle d'une population, il faut donc un besoin en objectifs complémentaires pour baliser le besoin en protéines ou en acides aminés indispensables au sein de populations segmentées et tendre aussi vers une personnalisation du conseil nutritionnel.

REFERENCES

- 1 - MARTIN A. Apports nutritionnels conseillés à la population française. Tec et Doc, Paris ; 2001.
- 2 - FAO. Besoins en protéines. FAO, Rome ; 1958.
- 3 - FAO/OMS/UNU. Besoins énergétiques et besoins en protéines. OMS, Genève ; 1986.
- 4 - Tomé D, Mahé S, Huneau JF. Métabolisme et homéostasie des acides aminés et des protéines. In : Les protéines : le métabolisme et les besoins protéiques chez l'homme, D Tomé, ed. Paris : Institut Français de la Nutrition ; 1997 : 23-40.
- 5 - Patureau Mirand P, Beaufrère B, Grizard J, Obled C, Arnal M. Protéines et acides aminés. In : Les apports nutritionnels conseillés à la population française. A Martin, ed. Paris : Tec et Doc ; 2001 : 37-62.

- 6 - FNB/IOM. Protein and amino acids. In: Dietary reference intakes for energy, carbohydrates, fiber, fat, protein and amino acids (macronutrients). Washington: The National Academies Press ; 2002 : 1-143.
- 7 - Reeds PJ, Biolo G. Non-protein roles of amino acids: an emerging aspect of nutrient requirements. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2002 ; 5 : 43-45.
- 8 - Metges CC. Contribution of microbial amino acids to amino acid homeostasis of the host. *J Nutr* 2000 ; 130 : 1857S-1864S.
- 9 - Young VR, Bier DM, Pellett PL. A theoretical basis for increasing current estimates of the amino acid requirements in adult man with experimental support. *Am J Clin Nutr* 1989 ; 50 : 80-92.
- 10 - Waterlow JC. The requirements of adult man for indispensable amino acids. *Eur J Clin Nutr* 1996 ; 50 : S151-S179.
- 11 - Rose WC. The amino acid requirements of adult man. *Nutr Abst Rev* 1957 ; 27 : 641-7.
- 12 - Leverton RM. Amino acid requirements of young adults. In: Protein and amino acid nutrition, AA Albanese ed. New York: Academic Press ; 1959 : 477-506.
- 13 - Rand WM, Young VR. Statistical analysis of nitrogen balance data with reference to the lysine requirement in adults. *J Nutr* 1999 ; 129 : 1920-6.
- 14 - Rand WM, Pellett PL, Young VR. Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 2003 ; 77 : 109-27.
- 15 - Young VR, Borgonha S. Nitrogen and amino acid requirements: The Massachusetts Institute of Technology amino acid requirement pattern. *J Nutr* 2000 ; 130 : 1841S-9S.
- 16 - FAO/OMS. Besoins en protéines. FAO, Rome ; 1965.
- 17 - Volatier JL. Enquête INCA individuelle et nationale sur les consommations alimentaires. Tec et Doc, Paris ; 2000.
- 18 - Durnin JVGA, Garlick P, Jackson AA, Schürch B, Shetty PS, Waterlow JC. Report of the IDECG Working Group on lower limits of energy and protein and upper limits of protein intakes. *Eur J Clin Nutr* 1999 ; 53 :S174-S176.

19 - Darmon N, Briend A. Est-il possible de demander aux Français de respecter les apports nutritionnels conseillés ? Cahiers de Nutrition et de Diététique 1999 ; 35 : 369-377.

20 - Darmon N, Briend A. Consommations alimentaires, ANC et modélisation ; utilisation de la programmation linéaire. In : Les apports nutritionnels conseillés à la population française. A Martin, ed Paris : Tec et Doc ; 2001 : 453-457.

21 - McCullough M, Feskanich D, Stampfer MJ. Diet quality and major chronic disease risk in men and women: moving toward improved dietary guidance. Am J Clin Nutr 2002 ; 76 : 1261-1271.

22 - Paul AA, Southgate DAT, Russell J. First supplement to McCance and Widdowson's The composition of foods: amino acids, fatty acids. Elsevier, Londres ;1981.

24 - Pion R, Fauconneau G. Les ressources mondiales actuelles et futures en protéines disponibles pour l'alimentation de l'homme et leur possibilités d'utilisation. In: Isotopes studies on the nitrogen chain. International Atomic Energy Agency, Vienne ; 1968.

25 - Young VR, Pellett PL. Current concepts concerning indispensable amino acid needs in adults and their implications for international nutrition planning. Food and Nutr (Roma) 1990 ; 12 : 289-300.

Illustrations

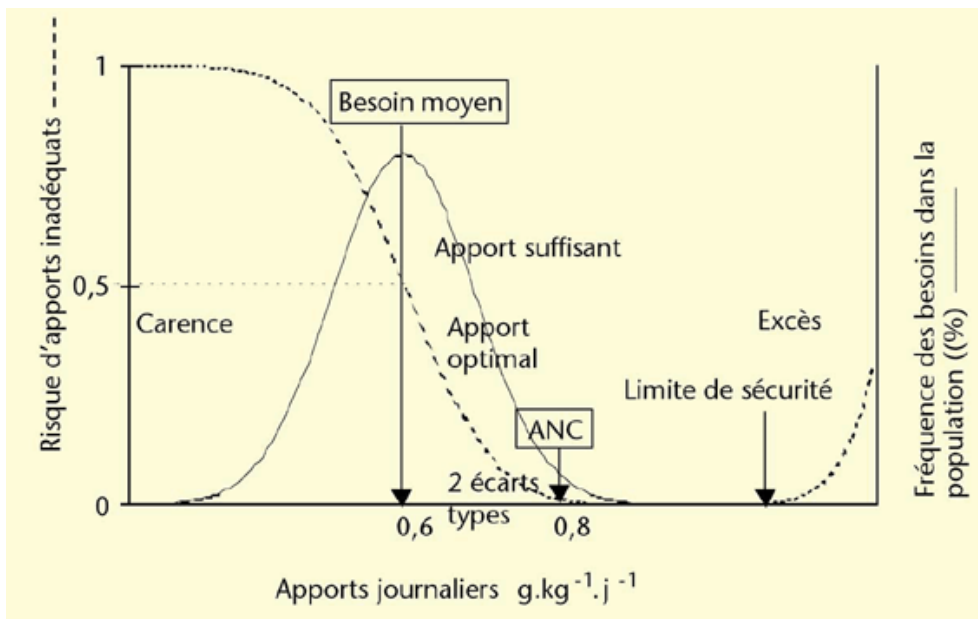


Figure 1 - Définition de l'ANC en protéines à partir de la fréquence des besoins et des risques d'apports inadéquats

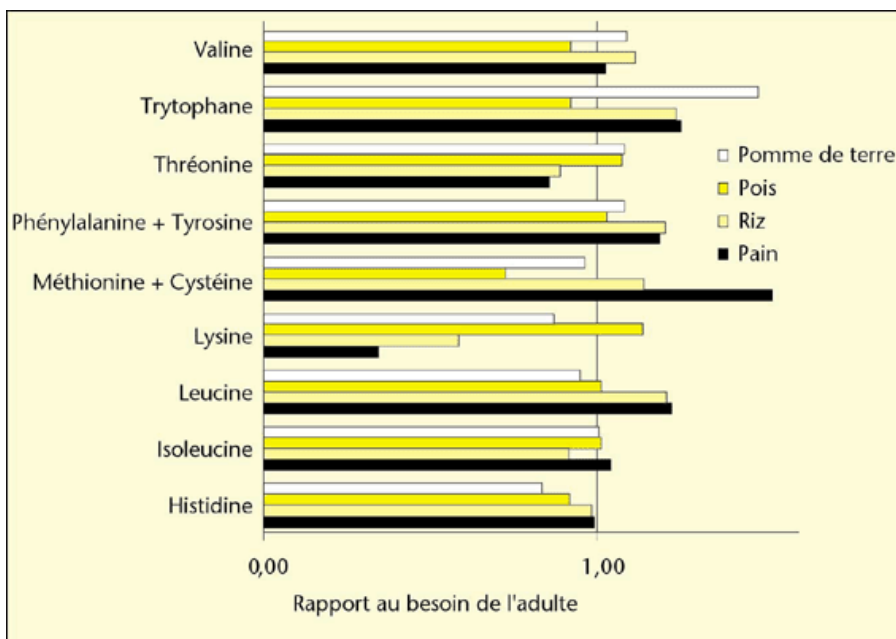


Figure 2 - Adéquation entre la composition en acides aminés indispensables de 4 aliments d'origine végétale et les besoins de l'adulte

Acides aminés	Besoins moyens		Protéine de référence		ANC	Apports moyens
	FAO mg.kg ⁻¹ .j ⁻¹	FNB/IOM	FAO pour 100	FNB/IOM	FNB/IOM mg.kg ⁻¹ .j ⁻¹	
Histidine	12	11	6,6	6,4	14	21
Isoleucine	10	15	8,2	8,7	19	39
Leucine	14	34	19,4	19,8	42	60
Lysine	12	31	17,1	18,0	38	59
Méthionine + Cystéine	13	15	7,2	8,7	19	28
Phénylalanine + Tyrosine	14	27	18,3	15,7	33	64
Thréonine	7	16	9,8	9,3	20	33
Tryptophane	3,5	4	3,3	2,3	5	9
Valine	10	19	10,1	11,1	24	44

Tableau 1 - Besoins, compositions de la protéine de référence, ANC proposés et apports moyens en acides aminés indispensables chez l'adulte FAO [3] : besoins moyens établis par la méthode du bilan azoté ; FNB/IOM [6] Apports moyens : Les apports sont calculés pour 0,8 g de protéines par kg et par jour, à partir de la composition en protéines de 10 menus journaliers usuels en France. La teneur des aliments en protéines a été mesurée ; les apports en acides aminés indispensables ont été calculés à partir de cette teneur et de la composition en acides aminés de ces protéines fournie par des tables [22, 23] ; valeurs très proches de celles déduites de Young et Pellett [24].