



Apport en protéines :

consommation, qualité, besoins

et recommandations

*Protein intake:
dietary intake, quality, requirements
and recommendations*

SYNTHÈSE DU RAPPORT DE L'AFSSA
EXECUTIVE OVERVIEW OF THE AFSSA REPORT



AGENCE FRANÇAISE
DE SÉCURITÉ SANITAIRE
DES ALIMENTS



AGENCE FRANÇAISE
DE SÉCURITÉ SANITAIRE
DES ALIMENTS

Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations

*Protein intake: dietary intake, quality, requirements
and recommendations*

SYNTHÈSE DU RAPPORT DE L'AFSSA
EXECUTIVE OVERVIEW OF THE AFSSA REPORT

Coordination éditoriale / *Editorial coordination*

Céline Dumas

Appui à la documentation / *Documentary support*

Carine Saul

Secrétariat administratif / *Administrative secretariat*

Odile Bender

SOMMAIRE DE LA SYNTHÈSE

CONTENTS OF THE EXECUTIVE OVERVIEW

Ce document de synthèse reprend l'ensemble des points clés et recommandations générales de ce rapport « Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations », qui est disponible en intégralité sur le site Internet de l'Afssa : www.afssa.fr

This executive overview outlines all the key points and general recommendations of this report on "Protein intake: dietary intake, quality, requirements and recommendations", which is available (only in French) in its full form on Afssa's website: www.afssa.fr

| | |
|--|----|
| RÉSUMÉ | 5 |
| <i>REPORT SUMMARY</i> | |
| SAISINE 2004-SA-0052 | 9 |
| <i>MANDATE 2004-SA-0052</i> | |
| COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL | 11 |
| <i>COMPOSITION OF THE WORKING GROUP</i> | |
| INTRODUCTION DU RAPPORT | 13 |
| <i>INTRODUCTION TO THE REPORT</i> | |
| POINTS CLÉS ET RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES DU RAPPORT | 19 |
| <i>KEY POINTS AND GENERAL RECOMMENDATIONS OF THE REPORT</i> | |
| I - BESOINS ET CONSOMMATIONS | 19 |
| <i>REQUIREMENTS AND DIETARY INTAKES</i> | |
| Les besoins en protéines et en acides aminés indispensables <i>Protein and indispensable amino acid requirements</i> | |
| Les besoins chez l'adulte en bonne santé <i>Requirements in healthy adults</i> | |
| Les besoins chez le nourrisson et l'enfant, en bonne santé <i>Requirements in healthy infants and children</i> | |
| Les besoins pour des catégories spécifiques : la personne âgée, sans pathologie majeure ; la femme enceinte ou allaitante ; le végétarien <i>Requirements for specific categories: elderly people, with no serious diseases; pregnant or breast-feeding women; vegetarians</i> | |
| Besoins en protéines et en acides aminés indispensables chez le sportif <i>Protein and indispensable amino acid requirements in athlete</i> | |
| Conclusion générale pour les besoins et apports nutritionnels conseillés <i>General conclusion for requirements and recommended intakes</i> | |
| II - EFFETS SUR DES FONCTIONS PHYSIOLOGIQUES ET RELATION AVEC LA SANTÉ | 27 |
| <i>EFFECTS ON PHYSIOLOGICAL FUNCTIONS AND RELATIONSHIP WITH HEALTH</i> | |
| Métabolisme protéinogène des acides aminés et métabolisme des protéines <i>Proteinogenic metabolism of amino acids and protein metabolism</i> | |
| Les régimes riches en protéines <i>High-protein diets</i> | |
| Métabolisme non protéinogène des acides aminés et toxicité <i>Non-proteinogenic metabolism of amino acids and toxicity</i> | |

| | |
|--|----|
| III - QUALITÉ DES SOURCES PROTÉIQUES ALIMENTAIRES..... | 33 |
| <i>QUALITY OF DIETARY PROTEIN SOURCES</i> | |
| Analyse des protéines dans les aliments | |
| <i>Analysis of proteins in food</i> | |
| Évaluation de la qualité nutritionnelle de l'apport protéique par la méthode du PD-CAAS | |
| <i>Evaluation of the nutritional quality of protein intake using the PD-CAAS method</i> | |
| Étiquetage et allégations | |
| <i>Labelling and claims</i> | |
| BIBLIOGRAPHIE CITÉE DANS LA SYNTHÈSE..... | 41 |
| <i>BIBLIOGRAPHY CITED IN THE EXECUTIVE OVERVIEW</i> | |
| SOMMAIRE DU RAPPORT COMPLET..... | 43 |
| <i>CONTENTS OF THE FULL REPORT</i> | |
| SIGLES ET ABRÉVIATIONS CITÉS DANS LA SYNTHÈSE..... | 63 |
| <i>ACRONYMS AND ABBREVIATIONS CITED IN THE EXECUTIVE OVERVIEW</i> | |
| LISTE DES TABLEAUX | |
| <i>LIST OF TABLES</i> | |
| TABLEAU 1: FORMULES DES ACIDES AMINÉS..... | 13 |
| <i>AMINO ACID FORMULAE</i> | |
| TABLEAU 2: BESOINS EN PROTÉINES, APPORTS NUTRITIONNELS CONSEILLÉS ET PRÉVALENCE D'INADÉQUATION DES APPORTS..... | 26 |
| <i>PROTEIN REQUIREMENTS, RECOMMENDED INTAKES AND PREVALENCE OF INADEQUATE INTAKES</i> | |
| TABLEAU 3: BESOINS EN ACIDES AMINÉS INDISPENSABLES POUR L'ADULTE: PROPOSITIONS AFSSA..... | 27 |
| <i>INDISPENSABLE AMINO ACID REQUIREMENTS FOR ADULTS: AFSSA PROPOSALS</i> | |
| TABLEAU 4: NIVEAUX D'APPORTS MOYENS QUOTIDIENS EN ACIDES AMINÉS..... | 31 |
| <i>AVERAGE DAILY AMINO ACID INTAKE LEVELS</i> | |
| TABLEAU 5: PROFILS PROPOSÉS PAR L'AFSSA COMME PROFILS DE RÉFÉRENCE..... | 34 |
| <i>PROFILES PROPOSED BY AFSSA AS REFERENCE PROFILES</i> | |
| TABLEAU 6: SYNTHÈSE DES PRINCIPALES RECOMMANDATIONS DE RECHERCHE IDENTIFIÉES DANS LE RAPPORT.... | 37 |
| <i>SUMMARY OF THE MAIN RESEARCH RECOMMENDATIONS IDENTIFIED IN THE REPORT</i> | |

RÉSUMÉ DU RAPPORT

REPORT SUMMARY

L'Afssa a mis en place un groupe de travail visant à :
(1) évaluer les consommations de protéines en France, selon les âges et les catégories de population ;
(2) effectuer un état des lieux des données concernant, d'une part, les besoins en azote et acides aminés indispensables pour différentes catégories d'âge et situations physiologiques et, d'autre part, les recommandations ; (3) évaluer les limites minimum et maximum d'apport en protéines et acides aminés des régimes dans différentes situations et pour différentes populations ; (4) déterminer les critères pertinents d'évaluation de la qualité des sources de protéines alimentaires et des ingrédients protéiques ; (5) évaluer les justificatifs scientifiques des allégations relatives aux protéines, peptides et acides aminés.
Le rapport issu de cette réflexion collective, menée chez l'individu sain ou à risque, a été validé par le Comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine » de l'Afssa.

Plusieurs **définitions** sont proposées (besoin nutritionnel, apport nutritionnel conseillé, limite supérieure de sécurité...). En particulier, le terme d'**ANC**⁽¹⁾ a été utilisé à des fins d'uniformité lexicale et de simplicité. Néanmoins, l'interprétation n'est ici pas identique à celle des autres nutriments. En effet, dans le cas des protéines (1) la consommation spontanée est bien supérieure à l'ANC et il n'y a pas d'élément à ce jour pour indiquer qu'elle présente un risque et (2) le critère retenu pour calculer le besoin (à partir duquel est calculé l'ANC) est un critère minimal. Ainsi, l'ANC en protéines ne constitue aucunement une cible qu'il serait « conseillé » d'atteindre, par une diminution des apports spontanés, mais bien plutôt une valeur de référence minimale, la plus petite que l'on puisse scientifiquement objectiver. Dans ce rapport, une **limite de sécurité**, définie comme une limite au-delà de laquelle il apparaît un risque lié à une surconsommation de nutriment, n'est proposée ni pour l'azote, ni pour les acides aminés, par manque de données expérimentales et épidémiologiques. Cependant, deux seuils d'apport protéique au-delà desquels les apports sont considérés comme élevés ou très élevés sont proposés.

Le rapport considère les **populations** des adultes, des nourrissons et enfants en bas âge, des enfants et adolescents, des femmes enceintes ou allaitantes, des personnes âgées, des végétariens et des sportifs. Par exemple, chez l'adulte en bonne santé, le **besoin nutritionnel moyen en protéines** est établi, avec un niveau de preuves élevé concernant le bilan azoté, à $0,66 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ et un **apport nutritionnel conseillé** est établi à $0,83 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$.

(1) Apport nutritionnel conseillé.

Afssa (The French Food Safety Agency) set up a working group designed to: (1) evaluate the dietary intake of protein in France, according to age and population category; (2) draw up an inventory of data concerning, firstly, nitrogen and indispensable amino acid requirements for different age categories and physiological situations and, secondly, recommendations; (3) assess minimum and maximum protein and amino acid intake levels in diets in different situations and for different populations; (4) determine the relevant criteria to evaluate the quality of dietary protein sources and protein-rich ingredients; (5) evaluate the scientific substantiations for claims concerning proteins, peptides and amino acids. The report resulting from this collective reflection process, conducted in healthy or at-risk individuals, was validated by Afssa's "Human Nutrition" scientific panel.

*Several definitions are proposed (nutritional requirement, recommended intake, tolerable upper intake level, etc.). In particular, the term **ANC**⁽¹⁾ has been used for the purposes of lexical uniformity and simplicity. However, the interpretation in this case is not identical to that for other nutrients. In fact, in the case of proteins (1) spontaneous intake is much higher than the ANC with no information having to date indicated that this poses any risk, and (2) the criterion used to calculate the requirement (from which the ANC is calculated) is a minimum criterion. Hence, the ANC for proteins in no way represents a target value, that it could be recommended to reach through a reduction of spontaneous intakes, but more a minimum reference value, the lowest that can be scientifically demonstrated. In this report, a **tolerable upper intake level**, defined as being the limit beyond which there is a risk related to excessive nutrient intake, is not proposed for either nitrogen or amino acids, due to a lack of experimental and epidemiological data. However, two upper protein intake levels, beyond which intakes are considered to be higher very high, are proposed.*

*The report considers **populations** of adults, infants and young children, children and adolescents, pregnant or breast-feeding women, elderly people, vegetarians and athletes. For example, in a healthy adult, the estimated average protein requirement is defined, with a high level of evidence concerning the nitrogen balance, as $0.66 \text{ g.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ and a recommended intake is determined as $0.83 \text{ g.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$.*

(1) "Apport nutritionnel conseillé" or French nutritional recommendation.

Des estimations des **besoins moyens pour chaque acide aminé indispensable (AAI)** sont également établies pour l'adulte en bonne santé. Toutefois, le groupe de travail a choisi de ne pas définir d'**apports nutritionnels conseillés en AAI** et considère préférable de prendre en compte l'apport nutritionnel conseillé en protéines et leur qualité définie sur la base de leur composition en AAI, selon l'approche définie dans le rapport.

La confrontation des données de consommation protéique obtenues en France aux estimations du besoin des individus et aux seuils d'apports protéiques élevés et très élevés définis par le groupe a permis d'estimer la **prévalence d'apports probablement insuffisants, satisfaisants, élevés ou très élevés dans les différentes catégories de sexe et d'âge de la population française**.

Les données sur des **effets plus spécifiques d'acides aminés et de protéines** identifiées sur des fonctions physiologiques et des tissus et organes sont analysées dans le rapport. Ainsi, le métabolisme des protéines ainsi que les conséquences physiologiques de régimes riches en protéines (satiété, développement du tissu adipeux, risque cardio-vasculaire, effets positifs ou négatifs sur divers tissus et organes, rapport protéines animales/protéines végétales, etc.) sont étudiés. En outre, les acides aminés sont à la fois les précurseurs de la synthèse protéique, et les précurseurs de nombreuses molécules azotées, des substrats du métabolisme énergétique et, pour certains acides aminés, des molécules à fonction « signal » (ex : arginine et son implication dans la synthèse du monoxyde d'azote qui exerce lui-même de nombreuses fonctions). Les métabolismes protéinogène et non protéinogène des acides aminés et leur toxicité sont donc étudiés. Les données disponibles sur les niveaux d'apports moyens quotidiens en acides aminés sont présentées. Chez l'homme sain, l'intérêt d'apporter des acides aminés libres à des doses supra-nutritionnelles n'est pas prouvé. On ne peut garantir l'absence de toxicité d'un apport en acides aminés libres à des doses supra-nutritionnelles, compte tenu de l'absence de données sur les limites supérieures de sécurité et des risques de déséquilibres métaboliques et physiologiques associés à ce type d'apport.

Le rapport s'intéresse à **l'évaluation de la qualité nutritionnelle** de l'apport protéique par la méthode du PD-CAAS⁽²⁾ et contient deux profils de référence en acides aminés indispensables : d'une part un profil « nourrisson », et d'autre part un profil « adulte » utilisable chez l'enfant à partir de 7 mois. Ces deux profils sont proposés avec deux modes d'expression, dont une en mg d'AA/g de N qui est à privilégier. Dans la mesure du possible, les valeurs de PD-CAAS

Estimated values for average requirements for each indispensable amino acid (IAA) are also determined for healthy adults. However, the working group opted not to define recommended intakes for IAAs and deems it preferable to take into account the recommended intake for proteins and the quality of these, defined on the basis of their IAA composition, according to the approach defined in this report.

*Comparison of protein intake data obtained in France with estimated individual requirements and the high and very high protein intake levels defined by the group made it possible to estimate the **prevalence of intakes** that are probably inadequate, adequate, high or very high in the different sex and age categories making up the French population.*

*Data concerning the **more specific effects of amino acids and proteins** identified with respect to physiological functions and tissues and organs are analysed in the report. Thus, the metabolism of proteins, along with the physiological consequences of high-protein diets (satiety, development of adipose tissue, cardiovascular risk, positive or negative effects on various tissues and organs, animal protein/plant protein ratio, etc.) are studied.*

In addition, amino acids are simultaneously precursors of protein synthesis and precursors of numerous nitrogen-containing substances, substrates of energy metabolism, and, for some amino acids, substances with a "signal" role (e.g. arginine and its involvement in the synthesis of nitric oxide, which itself exerts numerous functions). The proteinogenic and non-proteinogenic metabolisms of amino acids and their toxicity are therefore studied. The data available concerning average daily intake levels for amino acids are presented. In healthy humans, the value of taking free amino acids at supranutritional doses has not been demonstrated. The absence of any toxicity of supranutritional doses of free amino acids cannot be guaranteed given the absence of data concerning the tolerable upper intake levels and the risks of metabolic and physiological imbalances associated with this type of intake.

*The report also focuses on **evaluation of the nutritional quality** of protein intake using the PD-CAAS⁽²⁾ method and contains two reference profiles for indispensable amino acids: firstly, an "infant" profile and, secondly, an "adult" profile that can be used in children over 7 months of age.*

(2) Protein digestibility corrected amino-acid score.

(2) Protein digestibility corrected amino-acid score

devront être complétées par d'autres valeurs. Les autres types d'approche pour l'évaluation de la qualité nutritionnelle de l'apport protéique sont ainsi également analysés.

En ce qui concerne les **allégations**, le rapport contient des propositions concernant les allégations nutritionnelles du type « source » ou « riche en protéines », celles relatives au rôle des protéines comme facteurs indispensables pour le maintien ou l'accroissement de la masse des protéines corporelles, celles relatives aux effets spécifiques d'acides aminés particuliers, celles relatives aux relations entre les protéines, le métabolisme énergétique, et la prise alimentaire, et celles relatives à des composés bioactifs protéiques et peptidiques.

Une synthèse de la **réglementation** en vigueur et des **avis** de l'Afssa est proposée. Le rapport fait état des principales recommandations de **recherche** identifiées par le groupe, elles sont relatives aux données de consommation en protéines, à l'analyse de la qualité nutritionnelle des protéines, aux conséquences d'un apport élevé en protéines, au métabolisme protéinogène des acides aminés, aux propriétés spécifiques de protéines et d'acides aminés et aux conséquences d'un apport élevé en acides aminés libres.

These two profiles are proposed with two methods of expression, one in mg AA/g N, which is to be favoured. As far as possible, PD-CAAS values must be supplemented by other values. The others types of approach for evaluation of the nutritional quality of protein intake are therefore also analysed.

*In terms of **claims**, the report contains proposals concerning nutritional claims such as "source of" or "protein-rich", those relative to the role of proteins as essential factors to maintain or increase the mass of body proteins, those relative to the specific effects of particular amino acids, those relative to the relationships between proteins, energy metabolism and dietary intake, and those relative to protein- and peptide-containing bioactive compounds.*

*A summary of the **regulations** in force and Afssa **opinions** is presented. The report outlines the principal **research** recommendations identified by the group, which concern dietary protein intake data, analysis of the nutritional quality of proteins, the consequences of a high protein intake, the proteinogenic metabolism of amino acids, the specific properties of proteins and amino acids and the consequences of a high free amino acid intake.*

SAISINE 2004-SA-0052

MANDATE 2004-SA-0052

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a mis en place depuis le mois de janvier 2004 un groupe de travail, qui résulte d'une auto-saisine et dont les objectifs sont les suivants :

- 1 - évaluer les consommations de protéines en France, selon les âges et les catégories de population ;
- 2 - effectuer un état des lieux des données concernant, d'une part, les besoins en azote et acides aminés indispensables pour différentes catégories d'âge et dans des situations physiologiques particulières (nourrissons, enfants en bas âge, jeunes enfants, adolescents, adultes, personnes âgées, femmes enceintes, femmes allaitantes, sportifs, etc.) et, d'autre part, les recommandations afférentes ;
- 3 - évaluer les limites minimum et maximum d'apport en protéines et acides aminés des régimes dans différentes situations et pour différentes populations ;
- 4 - déterminer les critères pertinents d'évaluation de la qualité des sources de protéines alimentaires et des ingrédients protéiques ;
- 5 - évaluer les justificatifs scientifiques des allégations relatives aux protéines, peptides et acides aminés.

Le rapport issu de la réflexion menée par le groupe de travail a été validé par le Comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine » de l'Afssa le 7 juillet 2006.

Afssa (The French Food Safety Agency) set up a working group in January 2004 as a result of a self-mandate, with the following objectives:

- 1 - to evaluate the dietary intake of protein in France, according to age and population category;*
- 2 - to draw up an inventory of data concerning, firstly, nitrogen and indispensable amino acid requirements for different age categories and physiological situations (infants, young children, children, adolescents, adults, the elderly, pregnant women, breast-feeding women, athletes, etc.) and, secondly, relevant recommendations;*
- 3 - to assess minimum and maximum protein and amino acid intake levels in diets in different situations and for different populations;*
- 4 - to determine the relevant criteria to evaluate the quality of dietary protein sources and protein-containing ingredients;*
- 5 - to evaluate the scientific justifications for claims concerning proteins, peptides and amino acids.*

The report resulting from this collective reflection process conducted by the working group was validated by Afssa's "Human Nutrition" scientific panel on 7 July 2006.

COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL

COMPOSITION OF THE WORKING GROUP

■ Membres du groupe de travail

Michèle BALAGE, INRA (Clermont-Ferrand)
Xavier BIGARD, CRSSA (La Tronche)
François BLACHIER, INRA (Jouy-en-Josas),
membre du CES « Nutrition Humaine »
Yves BOIRIE, Université d'Auvergne (Clermont-Ferrand)
Cécile BOS, INRA (Paris)
Jean-Louis BRESSON, Hôpital Necker - Enfants malades
(Paris), membre du CES « Nutrition Humaine »
Claire GAUDICHON, INAPG (Paris)
Jean-François HUNEAU, INAPG (Paris)
Irène MARGARITIS, Université de Nice Sophia-Antipolis,
membre du CES « Nutrition Humaine »
François MARIOTTI, INAPG (Paris)
Philippe PATUREAU MIRAND,
INRA (Clermont-Ferrand - Theix)
Daniel TOME (INAPG, Paris), **Président du groupe
de travail**, membre du Comité d'experts spécialisé (CES)
« Nutrition Humaine »

■ Autres experts auditionnés ou consultés

Ahmed OUALI, INRA (Clermont-Ferrand-Theix)
Eric BEAUCHER, INRA (Rennes)
Saïd BOUHALLAB, INRA (Rennes)
Jacques GUEGUEN, INRA (Nantes)
Joëlle LEONIL, INRA (Rennes)
Bruno LESOURD, CHU de Clermont-Ferrand,
membre du CES « Nutrition Humaine »
Françoise NAU, INRA (Rennes)
Michel PIOT, INRA (Rennes)
Jean-Louis THAPON, INRA (Rennes)
Jacky BARBOT, INRA (Nantes)

■ Représentant de l'administration

Guillaume COUSYN (DGCCRF)

■ Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa)

Coordination scientifique: Céline DUMAS (UENRN)

Jean-Louis BERTA (UENRN)
Laure DU CHAFFAUT (PASER - CIQUAL)
Lionel LAFAY (PASER - OCA)
Landy RAZANAMAHEFA (UENRN)

■ Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps)

Delphine DEGROOTE et Marie HICKENBICK

■ Members of the working group

Michèle BALAGE, INRA (Clermont-Ferrand)
Xavier BIGARD, CRSSA (La Tronche)
François BLACHIER, INRA (Jouy-en-Josas), member
of the "Human Nutrition" scientific panel
Yves BOIRIE, University of Auvergne (Clermont-
Ferrand)
Cécile BOS, INRA (Paris)
Jean-Louis BRESSON, Necker - Enfants malades
Hospital (Paris), member of the "Human Nutrition"
scientific panel
Claire GAUDICHON, INAPG (Paris)
Jean-François HUNEAU, INAPG (Paris)
Irène MARGARITIS, University of Nice Sophia-
Antipolis, member of the "Human Nutrition"
scientific panel
François MARIOTTI, INAPG (Paris)
Philippe PATUREAU MIRAND,
INRA (Clermont-Ferrand - Theix)
Daniel TOME (INAPG, Paris), **Chairman of
the working group**, member of the "Human
Nutrition" scientific panel

■ Other experts heard or consulted

Ahmed OUALI, INRA (Clermont-Ferrand-Theix)
Eric BEAUCHER, INRA (Rennes)
Saïd BOUHALLAB, INRA (Rennes)
Jacques GUEGUEN, INRA (Nantes)
Joëlle LÉONIL, INRA (Rennes)
Bruno LESOURD, CHU of Clermont-Ferrand,
member of the "Human Nutrition" scientific panel
Françoise NAU, INRA (Rennes)
Michel PIOT, INRA (Rennes)
Jean-Louis THAPON, INRA (Rennes)
Jacky BARBOT, INRA (Nantes)

■ Government representative

Guillaume COUSYN (DGCCRF)

■ Afssa (the French Food Safety Agency)

Scientific coordination: Céline DUMAS (UENRN)

Jean-Louis BERTA (UENRN)
Laure DU CHAFFAUT (PASER - CIQUAL)
Lionel LAFAY (PASER - OCA)
Landy RAZANAMAHEFA (UENRN)

■ Afssaps (French Health Products Safety Agency)

Delphine DEGROOTE and Marie HICKENBICK

■ **Représentants de l'industrie auditionnés
ou consultés**

ATLA
Blédina (groupe Danone)
CIV
Danone
Décathlon
GEPV
Nestlé
Nutrition et santé
Proteika
Alliance 7 (SFAED et SDCA)

■ **Relecteurs**

Le groupe de travail remercie particulièrement, pour leur relecture attentive de certaines parties du rapport et leurs remarques constructives Michèle GARABEDIAN (INSERM, Hôpital Saint-Vincent de Paul, Paris), Mariette GERBER (INSERM, Montpellier), Jean-Philippe GIRARDET (Hôpital Trousseau, Paris), Esther KALONJI (UENRN, Afssa), Claude-Louis LEGER (Faculté de Médecine, Montpellier), Ambroise MARTIN (Faculté de Médecine, Lyon), Perla RELKIN (ENSIA, Massy), Christian VILLAUME (INSERM U724, Faculté de Médecine, Vandœuvre-lès-Nancy).

■ **Industry representatives heard or consulted**

ATLA
Blédina (Danone group)
CIV
Danone
Décathlon
GEPV
Nestlé
Nutrition et santé
Proteika
Alliance 7 (SFAED and SDCA)

■ **Reviewers**

The working group would particularly like to thank the following people for their careful reviewing of certain parts of the report and their constructive comments: Michèle GARABÉDIAN (INSERM, Saint-Vincent de Paul Hospital, Paris), Mariette GERBER (INSERM, Montpellier), Jean-Philippe GIRARDET (Trousseau Hospital, Paris), Esther KALONJI (UENRN, Afssa), Claude-Louis LÉGER (Faculty of Medicine, Montpellier), Ambroise MARTIN (Faculty of Medicine, Lyons), Perla RELKIN (ENSIA, Massy), Christian VILLAUME (INSERM U724, Faculty of Medicine, Vandœuvre-lès-Nancy).

INTRODUCTION DU RAPPORT

INTRODUCTION TO THE REPORT

La production de protéines pour l'alimentation humaine, la définition du besoin en protéines, l'évaluation de leur qualité pour satisfaire les besoins de l'homme, et les conséquences des variations de l'apport protéique dans les régimes alimentaires sont des questions majeures de santé publique.

Les protéines sont des macromolécules constituées d'un enchaînement d'acides aminés dont la séquence est dictée par le code génétique pour chacune d'elles. Les acides aminés utilisés pour la synthèse des protéines des organismes vivants sont au nombre de 20 (tableau 1). D'autres acides aminés sont présents dans les tissus mais ne sont pas utilisés pour la synthèse protéique.

The production of proteins for human consumption, the definition of protein requirements, the evaluation of their quality to satisfy human requirements, and the consequences of variations in protein intake in diets are all major public health issues.

Proteins are macromolecules made up of a chain of amino acids, the sequence of which is dictated by the genetic code for each of these. There are 20 amino acids used for the synthesis of proteins in living organisms (table 1). Other amino acids are present in the tissues but are not used for protein synthesis. Proteins can undergo post-translational modifications, leading to other compounds being

TABLEAU 1. FORMULES DES ACIDES AMINÉS D'APRÈS (FNB/IOM, 2002)
TABLE 1. AMINO ACID FORMULAE AS PER (FNB/IOM, 2002)

| Nom (Name) | Symbole (Symbol) | Structure |
|----------------------------------|------------------|--|
| Glycine (Glycine) | Gly (G) | $\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Alanine (Alanine) | Ala (A) | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Valine (Valine) | Val (V) | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Leucine (Leucine) | Leu (L) | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Isoleucine (Isoleucine) | Ile (I) | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Phénylalanine (Phenylalanine) | Phe (F) | $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Tyrosine (Tyrosine) | Tyr (Y) | $\begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Tryptophane (Tryptophan) | Trp (W) | $\begin{array}{c} \text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Sérine (Serine) | Ser (S) | $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Thréonine (Threonine) | Thr (T) | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Cystéine (Cysteine) | Cys (C) | $\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Méthionine (Methionine) | Met (M) | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Proline (Proline) | Pro (P) | $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH} \end{array}$ |
| Acide glutamique (Glutamic acid) | Glu (E) | $\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Glutamine (Glutamine) | Gln (Q) | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Acide aspartique (Aspartic acid) | Asp (D) | $\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Asparagine (Asparagine) | Asn (N) | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Lysine (Lysine) | Lys (K) | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Arginine (Arginine) | Arg (R) | $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{NH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{NH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Histidine (Histidine) | His (H) | $\begin{array}{c} \text{N}_3-\text{C}_3\text{H}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{NH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$ |

Les protéines peuvent subir des modifications post-traductionnelles conduisant à la fixation d'autres composés sur la chaîne polypeptidique (glucides, lipides, métaux, phosphore...). Les protéines de l'organisme sont en renouvellement constant, l'équilibre dynamique entre la protéosynthèse et la protéolyse étant chez l'homme adulte de l'ordre de 250-300 g.j⁻¹, soit 2,5 % environ de la masse protéique totale. Ces protéines sont impliquées dans toutes les grandes fonctions physiologiques (structure des tissus, activités enzymatiques, hormones, anticorps...).

Les protéines sont un composant indispensable de l'alimentation. On les trouve dans les produits d'origine animale, les produits d'origine végétale et les organismes unicellulaires. Elles sont présentes à des teneurs très variables dans les sources alimentaires, ce qui est à l'origine de différences de niveaux de consommation marquées selon les populations. En outre, le développement des techniques d'extraction met à disposition des filières de l'alimentation un nombre croissant d'ingrédients à teneur élevée en protéines d'origine animale et végétale.

Leur utilisation dans la formulation des aliments pourrait conduire à des modifications quantitatives et qualitatives de la part des protéines dans les aliments dont les conséquences devront être évaluées.

Les critères permettant de définir les recommandations d'apport en protéines et la qualité de l'apport protéique pour l'homme restent cependant des sujets de débat et de controverse du fait d'incertitudes méthodologiques et conceptuelles. Les questions posées concernent la définition et l'analyse de la fraction protéique des aliments, la définition précise de la nature des besoins en protéines, en azote et en acides aminés de l'homme, et l'évaluation de ces besoins dans diverses situations physiologiques. Elles concernent aussi l'analyse de la capacité des sources protéiques et des régimes alimentaires à satisfaire ces besoins et à participer à un fonctionnement harmonieux de l'organisme.

Les protéines étant la source d'azote largement majoritaire de l'alimentation, leur apport et leur métabolisme sont souvent rapportés à l'azote. Les relations entre l'azote et les protéines, d'un point de vue analytique et métabolique, ne sont cependant pas toujours directes et peuvent engendrer imprécisions et erreurs. La question des facteurs de conversion en est un exemple. La teneur en acides aminés, considérée le plus souvent comme l'approche la plus fiable de l'analyse des protéines, pose cependant aussi des interrogations quant à l'interprétation des résultats. Les structures biochimiques et les compositions en acides aminés des protéines diffèrent, ce qui leur confère des propriétés fonctionnelles et nutritionnelles spécifiques. Cette diversité de composition, de structure et de propriétés associées, explique le large éventail d'applications des sources protéiques. Sur le plan nutritionnel, elle est à l'origine de différences de digestibilité, de biodisponibilité et d'efficacité

bound to the polypeptide chain (carbohydrates, lipids, metals, phosphorus, etc.). The body's proteins are being constantly renewed, with the dynamic balance between protein synthesis and proteolysis being in the region of 250-300 g.d⁻¹ in an adult man, i.e. approximately 2.5% of total protein mass. These proteins are involved in all the body's major physiological functions (tissue structure, enzyme activities, hormones, antibodies, etc.).

Proteins are an essential component of the diet. They are found in animal products, plant products and single-cell organisms. They are present in very variable proportions in food sources, which leads to marked differences in dietary intake levels depending on the population. In addition, the development of extraction methods is providing the food industry with an increasing number of ingredients with a high animal and plant protein content. Their use in the formulation of foodstuffs could lead to quantitative and qualitative modifications in the proportion of proteins in foodstuffs, the consequences of which will have to be evaluated. The criteria that can be used to define protein intake recommendations and the quality of protein intake for humans nevertheless remain the subject of debate and controversy, as a result of methodological and conceptual uncertainties. The questions raised concern the definition and analysis of the protein fraction of foods, the precise definition of the nature of protein, nitrogen and amino acid requirements in humans, and the evaluation of these requirements in various physiological situations. They also concern analysis of the capacity of protein sources and diets to meet these requirements and contribute to the harmonious function of the human body.

Since proteins are the largely predominant source of nitrogen in the diet, their intake and their metabolism are often related to nitrogen. The relationships between nitrogen and proteins, from an analytical and metabolic point of view, are not, however, always direct and may lead to imprecision and errors. The question of conversion factors is one such example. The amino acid content, usually considered to be the most reliable approach to protein analysis, nevertheless also raises some questions in terms of interpretation of results. The biochemical structures and amino acid compositions of proteins differ, giving them specific functional and nutritional properties. This diversity in terms of composition, structure and related properties explains the broad range of applications of protein sources. On a nutritional level, it is the cause of differences in the digestibility, bioavailability and nutritional efficiency of proteins. Progress needs to be made in terms of

nutritionnelle des protéines. La caractérisation des relations entre les propriétés biochimiques des protéines et leur qualité nutritionnelle nécessite une avancée des méthodes et des données nouvelles. Ces aspects alimenteront en particulier le débat sur la part optimale des protéines d'origine animale et végétale dans les régimes alimentaires et sur l'influence des traitements technologiques sur les propriétés et la qualité nutritionnelle des protéines alimentaires.

Selon les conceptions courantes, les protéines alimentaires fournissent l'azote et les acides aminés indispensables. Chez l'adulte, le besoin en protéines est généralement assimilé à l'apport minimum en protéines de bonne qualité qui assure l'équilibre du bilan azoté d'un individu à l'équilibre énergétique et avec une activité physique modérée. Chez le jeune, une composante de croissance doit être ajoutée. La signification physiologique de la mesure du bilan azoté a fait l'objet de nombreuses discussions et ses limites ont été largement soulignées, mais elle reste l'approche de référence. Il n'y a pas de consensus concernant d'autres marqueurs pertinents du besoin en protéines. Il est clair que le critère du bilan azoté est un critère minimal pour la définition du besoin. À l'avenir, il est fort probable que la détermination du besoin moyen soit réévaluée à la hausse, sur la base de critères de besoin qui soient en relation plus directe avec des critères fonctionnels et avec la notion de santé à long terme que ne l'est le bilan azoté. Néanmoins, les données actuelles sont encore loin de permettre aujourd'hui de déterminer cette valeur, et le besoin que nous avons calculé est probablement le *mimumimum*.

Il est aussi généralement reconnu que les individus sont capables de s'adapter à des apports protéiques variables et très largement supérieurs à l'apport à partir duquel leur bilan azoté est équilibré. Si la notion d'apport maximum tolérable en protéines est souvent évoquée, le niveau d'apport pour lequel le risque est avéré et la nature précise de ce risque restent imprécis. Par ailleurs, la priorité depuis les années 70 pour l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a été la détermination des besoins de référence en acides aminés indispensables de l'homme comme données opérationnelles pour l'évaluation de la qualité de l'apport alimentaire en protéines. Des progrès significatifs ont été réalisés sur cette question durant ces dernières décennies. Cependant, si un consensus est réuni concernant le niveau d'apport en protéines permettant d'équilibrer le bilan azoté, à l'inverse les méthodes de référence pour la mesure du besoin de l'homme en chaque acide aminé indispensable restent un sujet de débat.

Une définition précise et complète de la nature du besoin en azote et en acides aminés reste difficile à formuler en raison de la complexité des voies métaboliques et de la multiplicité des rôles des acides

methods and new data in order to be able to characterise the relationships between the biochemical properties of proteins and their nutritional quality. These aspects will notably help feed the debate concerning the optimum proportion of animal and plant proteins in diets and the influence of technological treatments on the properties and nutritional quality of dietary proteins.

The current conception is that dietary proteins supply nitrogen and indispensable amino acids. In adults, the protein requirement is generally related to the minimum intake of good-quality proteins guaranteeing nitrogen balance equilibrium in an individual, in energy balance and with moderate physical activity. In young people, a growth component also needs to be added.

The physiological significance of measuring the nitrogen balance has been the subject of numerous discussions and its limitations have been largely highlighted, but it still remains the benchmark approach. There is no consensus with respect to other relevant markers of protein requirement. It is clear that the nitrogen balance criterion is a minimum criterion for definition of the requirement. In the future, it is highly likely that determination of the average requirement will be revised upwards, on the basis of requirement criteria that are more directly linked to functional criteria and to the notion of long-term health than nitrogen balance. However, there is still far from enough data available at present to be able to determine this value today, and the requirement that we have calculated is probably the minimum minimum.

It is also generally recognised that individuals are capable of adapting to variable protein intakes that are much higher than the intake above which a nitrogen balance is achieved. Although the concept of tolerable upper protein intake level is often put forward, the intake level for which there is a known risk and the precise nature of this risk remain uncertain.

In addition, the priority since the 1970s for the Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) and the World Health Organisation (WHO) has been determination of reference requirements for indispensable amino acids in humans as operational data for evaluation of the quality of dietary protein intake. Significant progress has been made in this area over the last few decades. However, although there is consensus with respect to the protein intake level required to achieve a nitrogen balance, reference methods for measurement of human requirements for each indispensable amino acid still remain a subject of debate.

A precise and complete definition of the nature of nitrogen and amino acid requirements is still

aminés. Ces composés sont en effet à la fois les précurseurs de la synthèse protéique, et des précurseurs de nombreuses molécules azotées, des substrats du métabolisme énergétique et, pour certains acides aminés, des molécules à fonction « signal ». Ainsi, l'évaluation du besoin en protéines et de la qualité de l'apport protéique pour satisfaire ce besoin dépend des situations physiologiques individuelles et des critères choisis pour évaluer le besoin. Les capacités d'adaptation aux variations de l'apport en protéines, qui semblent très élevées chez l'homme, rendent d'autant plus complexe la définition de références précises du besoin en protéines. Enfin, la qualité de l'apport protéique est principalement assimilée à la digestibilité et la composition en acides aminés indispensables. D'autres critères pourraient aussi être pris en compte tels que le rapport entre acides aminés indispensables et non indispensables, les teneurs en acides aminés conditionnellement indispensables ou, pour certaines protéines, des propriétés biologiques plus spécifiques.

Ce rapport a pour objectif de faire l'état de la question relative aux protéines alimentaires, leur consommation, les bases métaboliques du besoin en protéines et en acides aminés, et les conseils et recommandations qui peuvent être formulés pour les différentes situations physiologiques (enfant, adulte, sujet âgé, femme enceinte, femme allaitante, sportif) à l'échelle de la population. Les conseils et recommandations ne sont formulés que lorsque les données scientifiques disponibles sont jugées suffisantes. Le travail porte sur l'homme sain ou à risque, les recommandations d'apport en protéines en situation pathologique relevant d'une autre démarche⁽³⁾.

Ce rapport est le produit d'une réflexion collective menée par les membres du groupe de travail. Des personnalités extérieures au groupe et des représentants de secteurs professionnels ont en outre été auditionnés. Les questions posées par le groupe de travail portaient sur les limites technologiques au développement de produits, les dispositions réglementaires et les attentes quant à l'évolution de la réglementation, les axes actuels et futurs de valorisation nutritionnelle et technologique/fonctionnelle, les données de composition et de consommation en protéines et en acides aminés, l'effet sur les protéines des procédés technologiques appliqués lors de l'élaboration des aliments, la proportion de protéines dénaturées utilisées dans le développement actuel de produits, les allergies aux protéines et l'évaluation de la qualité nutritionnelle des sources de protéines et des ingrédients protéiques (critères de qualité).

Les préoccupations exprimées par les professionnels lors des auditions ont en premier lieu concerné l'évolution

difficult to formulate due to the complexity of the metabolic pathways and the multiplicity of roles of amino acids. In fact, these substances are simultaneously precursors of protein synthesis and precursors of numerous nitrogen-containing substances, substrates of energy metabolism, and, for some amino acids, substances with a "signal" role. Hence, evaluation of protein requirements and the quality of protein intake to satisfy this requirement depends on the individual physiological situations and criteria chosen to evaluate requirements. The capacity to adapt to variations in protein intake, which appears to be very high in humans, makes definition of precise references for protein requirements even more difficult. Finally, the quality of protein intake is primarily linked to digestibility and indispensable amino acid composition. Other criteria could also be taken into account, such as the ratio between indispensable and non-indispensable amino acids, the conditionally indispensable amino acid content or, for certain proteins, more specific biological properties.

The purpose of this report is to review the issue of dietary proteins, their dietary intake, the metabolic bases for protein and amino acid requirements, and the advice and recommendations that may be formulated for different physiological situations (children, adults, the elderly, pregnant women, breast-feeding women, athletes) on a population-wide scale. The advice and recommendations are only formulated when the scientific data available is judged to be sufficient. The study concerns healthy or at-risk humans, with protein intake recommendations in pathological situations falling within the scope of a different process⁽³⁾.

This report is the product of a collective reflection process conducted by the members of the working group. Personalities from outside the group and representatives of professional sectors were also heard. The questions raised by the working group concerned the technological limitations of product development, the regulatory provisions and expectations in terms of changes in regulations, current and future avenues for nutritional and technological/functional improvements, protein and amino acid composition and intake data, the effect on proteins of technological processes applied during food processing, the proportion of denatured proteins used in current product development, allergies to proteins and evaluation of the nutritional quality of protein sources and protein-containing ingredients (quality criteria).

(3) Il s'agit en effet d'un groupe de travail de l'Afssa relatif aux « Références nutritionnelles en pathologie » en cours.

(3) This involves an AFSSA working group on "Nutritional references in pathological situations" currently ongoing.

des réglementations. Pour l'ensemble des produits, les entreprises sont particulièrement sensibles à la réglementation concernant la communication, l'étiquetage nutritionnel et les allégations à destination du public et des médecins. Pour les laits infantiles, les industriels sont très sensibles aux évolutions concernant les niveaux de consommation protéique, le rapport entre protéines sériques et caséine, l'azote non protéique et les valeurs des coefficients de conversion de l'azote en protéines. Des questions particulières de positionnement réglementaire concernent les produits pour sportifs et les produits hypocaloriques. Il apparaît aussi que les protéines des produits animaux et les protéines végétales présentent des spécificités distinctes. La principale limite technologique au développement de produits est la difficulté d'utilisation de certaines sources de protéines: pas ou peu de protéines riches en certains acides aminés, problème de stabilité de certaines protéines ou certains acides aminés coût des solutions envisageables. Les difficultés de processabilité de certaines protéines sont soulignées. En ce qui concerne les allergies, des mesures ont été engagées par la profession concernant les ingrédients mis en œuvre dans les aliments de diversification.

Plusieurs définitions utilisées dans le rapport doivent être précisées pour désigner les nutriments (et éléments) et définir les différents niveaux de connaissances scientifiques associés aux formulations de besoins, de conseils et de recommandations d'apport en protéines et en acides aminés :

- **Nutriment essentiel (élément essentiel):** nutriment qui remplit une fonction biologique obligatoire pour l'existence, la croissance ou la reproduction de l'organisme, qu'il soit d'origine alimentaire ou synthétisé de *novo*. Tous les acides aminés courants sont considérés comme essentiels. L'azote (alpha-aminé) est un élément essentiel.
- **Nutriment indispensable (élément indispensable):** nutriment essentiel qui ne peut être synthétisé de *novo* à une vitesse suffisante pour assurer le maintien des fonctions biologique associées à l'essentialité du nutriment. C'est le cas des « acides aminés indispensables » qui sont au nombre de 9 chez l'homme. Certains acides aminés dits « non indispensables » peuvent devenir indispensables dans certaines situations où la synthèse de *novo* n'est pas suffisante pour assurer le besoin net (c'est-à-dire la quantité de nutriment qui est mise à disposition de l'organisme sur le site de son utilisation métabolique et correspondant au besoin nutritionnel) ; on les appelle « acides aminés conditionnellement indispensables ». L'azote est un élément indispensable.
- **Besoin nutritionnel:** quantité minimale du nutriment qui doit être régulièrement consommée pour assurer l'entretien, le fonctionnement métabolique et physiologique, et éventuellement la croissance,

The concerns expressed by professionals during hearings primarily involved changes in regulations. For all products, companies are particularly sensitive to regulations concerning advertising, nutritional labelling and claims aimed at the general public and the medical profession. For infant formulae, the industry is very sensitive to changes concerning protein intake levels, the ratio between serum proteins and casein, non-protein nitrogen and the values of nitrogen-to-protein conversion ratios. Specific questions in terms of the regulatory position concern products for athletes and low-calorie products. It also appears that proteins from animal products and plant products have distinct specific features. The main technological limitation to product development is the difficulty in using certain sources of protein: no or few proteins rich in certain amino acids, problem of the stability of certain proteins or certain amino acids, cost of potential solutions. The difficulties involved in processing certain proteins are highlighted. As far as allergies are concerned, measures have been taken by the profession concerning the ingredients used in weaning foods.

Several definitions used in the report must be specified to designate the nutrients (and elements) and define the different levels of scientific knowledge related to the formulation of requirements, advice and recommendations for protein and amino acid intake:

- **Essential nutrient (essential element):** a nutrient that fulfils a biological function that is compulsory for existence, growth or reproduction of the organism, whether of dietary origin or newly synthesised. All common amino acids are considered to be essential. Nitrogen (alpha-amino) is an essential element.
- **Indispensable nutrient (indispensable element):** an essential nutrient that cannot be newly synthesised at a sufficient rate to ensure maintenance of biological functions related to the essential nature of the nutrient. This is the case for "indispensable amino acids", of which there are 9 in humans. Some amino acids, known as "non-indispensable" ones, may become indispensable in certain situations in which their *de novo* synthesis is not sufficient to meet the net requirement (i.e. the quantity of nutrient that is made available to the body at the site of its metabolic use and corresponding to the nutritional requirement); these are known as "conditionally indispensable amino acids". Nitrogen is an indispensable element.
- **Nutritional requirement:** minimum quantity of nutrient that must be regularly consumed to

et de façon générale pour garantir la santé d'un individu bien portant. Pour définir le besoin nutritionnel dans une population homogène, on cherche usuellement à définir la moyenne ou la médiane du besoin dans cette population, et à estimer la dispersion du besoin dans la population, le plus souvent par un écart-type. Le rapport décrit ainsi les besoins nutritionnels en azote et en acides aminés indispensables.

■ **Apport Nutritionnel Conseillé (ANC)**: nous avons défini un ANC pour les protéines. C'est une valeur de référence. Il est égal à la valeur qui couvre les besoins de la plus grande partie de la population (sur la base statistique de 97,5 % des individus). Cette valeur est proche du besoin nutritionnel moyen auquel on ajoute deux écarts-types.

Ainsi, l'apport de référence que nous avons défini couvre avec quasi-certitude les besoins d'un individu sain. Puisqu'il répond ainsi à la définition de l'ANC pour les autres nutriments, nous avons choisi - par un souci d'uniformité lexicale et de simplicité - de nommer également ANC cet apport de référence de sécurité. Néanmoins, il convient d'indiquer ici que l'interprétation n'est pas identique à celle des autres nutriments. En effet, à la différence de la plupart des nutriments, dans le cas des protéines (1) la consommation spontanée est bien supérieure à l'ANC et il n'y a pas d'élément à ce jour pour indiquer qu'elle présente un risque et (2) le critère retenu pour calculer le besoin (à partir duquel est calculé l'ANC) est un critère minimal. Ainsi, l'ANC ne constitue aucunement une cible qu'il serait « conseillé » d'atteindre, par une diminution des apports spontanés, mais bien plutôt une valeur de référence minimale, la plus petite que l'on puisse scientifiquement objectiver.

En revanche, exception faite des nourrissons de 0 à 6 mois, pour les raisons exposées, aucun ANC en acides aminés indispensables n'est défini dans le rapport.

■ **Limite supérieure de sécurité**: limite au-delà de laquelle il apparaît un risque lié à une surconsommation de nutriment. Dans ce rapport, une limite de sécurité n'est proposée ni pour l'azote, ni pour les acides aminés, par manque de données expérimentales et épidémiologiques. Cependant, nous proposons deux seuils d'apport protéique au-delà desquels les apports sont considérés comme élevés ou très élevés.

ensure maintenance, metabolic and physiological function and, if applicable, growth, and, in general, to guarantee the health of a well individual. To define the nutritional requirement in a homogeneous population, it is usually attempted to define the average or median requirement in this population, and to estimate dispersion of the requirement within the population, usually by means of the calculation of the standard deviation. The report therefore describes nutritional requirements for nitrogen and indispensable amino acids.

■ “Apport Nutritionnel Conseillé” (ANC, literally “Recommended Nutritional Intake” or French nutritional recommendation): *we have defined an ANC for proteins. This is a reference value. It is equal to the value covering the requirements of the majority of the population (on a statistical base of 97,5% of individuals). This value is close to the average requirement, to which have been added two standard deviations. Hence the reference intake that we have defined almost certainly covers the requirements of a healthy individual. Since it therefore meets the definition of ANCs for other nutrients, we have opted – for the purposes of lexical uniformity and simplicity – to also call this safety reference intake an ANC. However, the interpretation here is not identical to that for other nutrients. In fact, unlike the majority of nutrients, in the case of proteins (1) spontaneous intake is much higher than the ANC with no information having to date indicated that this poses any risk, and (2) the criterion used to calculate the requirement (from which the ANC is calculated) is a minimum criterion. Hence, the ANC in no way represents a target value, that it could be recommended to reach through a reduction in spontaneous intakes, but more a minimum reference value, the lowest that can be scientifically demonstrated. However, with the exception of infants aged from 0 to 6 months, for the reasons outlined, no ANC for indispensable amino acids is defined in this report.*

■ Tolerable upper intake level: *the limit beyond which there is a risk related to excessive nutrient intake. In this report, a tolerable upper intake level is not proposed for either nitrogen or amino acids, due to a lack of experimental and epidemiological data. However, two protein intake levels, beyond which intake is considered to be high or very high, are proposed.*

POINTS CLÉS ET RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES DU RAPPORT

KEY POINTS AND GENERAL RECOMMENDATIONS OF THE REPORT

I - BESOINS ET CONSOMMATIONS

Les besoins en protéines et en acides aminés indispensables

Ces besoins se déclinent, pour les catégories de population distinguées dans ce rapport (nourrissons, enfants, adultes, personnes âgées, femmes enceintes, femmes allaitantes, sportifs), en trois niveaux :

- le **besoin** est la valeur obtenue à partir de calculs ou de mesures expérimentales et s'exprime traditionnellement en moyenne +/- son écart-type ;
- dans les cas favorables, c'est-à-dire un niveau de preuves élevé sur les données de distribution du besoin dans la population considérée, il est alors possible de proposer ce qu'on appelle classiquement un **apport nutritionnel conseillé (ANC)**. Néanmoins, comme indiqué, le terme d'ANC a été utilisé par souci d'uniformité lexicale mais l'ANC défini dans le cadre des protéines ne constitue aucunement une valeur cible parce que (1) le besoin a été défini sur un critère minimal et il est très probable que le besoin soit supérieur, bien que l'on ne soit pas en mesure de le déterminer, (2) la consommation spontanée en protéines est bien supérieure à l'ANC et (3) il n'y a pas d'élément pour suggérer que cette consommation est trop élevée. L'ANC n'est donc pas une valeur « conseillée » mais un *minimum minimorum* pour la plage de sécurité d'apport pour un individu ;
- ces données peuvent être complétées par la notion de **limite supérieure de sécurité**. Actuellement, en ce qui concerne les protéines et les acides aminés, les données restent très fragmentaires à ce sujet.

Les besoins chez l'adulte en bonne santé

Il s'agit de la population pour laquelle le plus grand nombre de données est disponible.

Le **besoin nutritionnel moyen** en protéines est établi, avec un niveau de preuves élevé concernant le bilan azoté, à $0,66 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ et un **apport nutritionnel conseillé** est établi à $0,83 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$.

Il est difficile, compte tenu de l'insuffisance de données disponibles, de définir une **limite supérieure de sécurité** pour l'apport protéique. Dans l'état actuel des connaissances, des apports entre $0,83$ et $2,2 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ de protéines (soit de 10 à 27 % de l'apport énergétique

I - REQUIREMENTS AND INTAKES

Protein and indispensable amino acid requirements

For the population categories identified in this report (infants, children, adults, the elderly, pregnant women, breast-feeding women, athletes), these requirements can be broken down into three levels:

- the **requirement** is the value obtained from calculations or experimental measurements and is traditionally expressed as a mean +/- its standard deviation;
- in favourable cases, i.e. with a high level of evidence on the distribution data for the requirement in the population considered, it is then possible to propose what is conventionally called an **"Apport Nutritionnel Conseillé" (ANC, literally "Recommended Nutritional Intake" or French nutritional recommendation)**. However, as indicated, the term ANC has been used for the purposes of lexical uniformity but the ANC defined in the context of proteins in no way represents a target value because (1) the requirement has been defined on the basis of a minimum criterion and it is highly likely that the requirement is higher, even though we are not able to determine it, (2) the spontaneous intake of proteins is much higher than the ANC and (3) there are no data to suggest that this intake is too high. The ANC is not, therefore, a "recommended" value, but a *minimum minimorum* for the safe intake range for an individual;
- these data can be supplemented by the notion of **tolerable upper intake level**. At present, as far as proteins and amino acids are concerned, the data remain very fragmented in this area.

Requirements in healthy adults

This is the population for which the greatest amount of data are available.

The **average nutritional requirement** for proteins has been determined, with a high level of evidence concerning the nitrogen balance, as $0.66 \text{ g.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ and a **recommended intake (ANC)** has been determined as $0.83 \text{ g.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$.

chez des individus ayant des apports énergétiques moyens, c'est-à-dire de $33 \text{ kcal.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$) peuvent être considérés comme satisfaisants pour un individu adulte de moins de 60 ans non obèse, non sportif, ayant une fonction rénale normale et suivant un régime non restreint, alors que des apports compris entre $2,2$ et $3,5 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ seront considérés comme élevés et des apports supérieurs à $3,5 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ très élevés. Ces valeurs de $2,2$ et de $3,5 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ ont été déterminées à partir de la capacité maximale d'adaptation de l'uréogénèse chez l'adulte (pour un homme de 70 kg). Étant donné que ces valeurs ont été établies uniquement sur la base d'un critère métabolique chez l'adulte, les chiffres de prévalence de dépassement sont rapportés comme « prévalence d'apport probablement élevé » ou « très élevé ».

Les estimations des **besoins moyens pour chaque acide aminé indispensable** sont celles proposées par l'Afssa à partir des données les plus récentes et indiquées ci-dessous :

histidine : $11 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$;
isoleucine : $18 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$;
leucine : $39 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$;
lysine : $30 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$;
acides aminés soufrés : $15 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$;
acides aminés aromatiques : $27 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$;
thréonine : $16 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$;
tryptophane : $4 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$;
valine : $18 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$.

Les valeurs de besoins nutritionnels en acides aminés indispensables ont été établies par des méthodes isotopiques et ne sont à ce jour pas consensuelles ou disponibles pour certains acides aminés indispensables (acides aminés aromatiques, isoleucine, histidine). Devant l'insuffisance de données sur la variabilité des besoins en acides aminés indispensables dans la population, nécessaire pour l'établissement de telles valeurs, et considérant qu'elles feraient double-emploi avec les apports nutritionnels conseillés en protéines, le groupe de travail a choisi de ne pas définir d'apports nutritionnels conseillés en acides aminés indispensables. Il considère préférable de prendre en compte l'apport nutritionnel conseillé en protéines et leur qualité définie sur la base de leur composition en acides aminés indispensables telle que définie dans le chapitre VII du rapport.

En ce qui concerne les **consommations** de protéines des adultes, des données sont disponibles en France par l'enquête Individuelle et nationale sur les consommations alimentaires 1 (INCA1). Il convient de souligner que les données de cette enquête sont des données d'observation, transversales, sur les consommations alimentaires, qui ne permettent pas d'établir des liens de causalité éventuels. Les données de l'enquête INCA1 montrent que l'apport protéique est en moyenne de $1,4 \text{ g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ (105 g.j^{-1} pour les hommes, 82 g.j^{-1} pour les femmes en moyenne),

*Given the lack of data available, it is difficult to define a **tolerable upper intake level** for protein intake. On the basis of current knowledge, intakes of between 0.83 and $2.2 \text{ g.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ proteins (i.e. 10 to 27% of energy intake in individuals with average energy intakes, i.e. $33 \text{ kcal.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$) can be considered to be adequate for an adult individual under the age of 60 years who is not obese, not an athlete, has normal kidney function and has a non-restrictive diet, whereas intakes of between 2.2 and $3.5 \text{ g.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ will be considered to be high and intakes of more than $3.5 \text{ g.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ very high. These values of 2.2 and $3.5 \text{ g.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ were determined on the basis of the maximum ureogenesis adaptation capacity in adults (for a man weighing 70 kg). Given that these values were determined solely on the basis of a metabolic criterion in adults, prevalence figures for exceeding these are reported as "probably high intake prevalence" or "probably very high intake prevalence".*

*The estimates for **average requirements for each indispensable amino acid** are those proposed by Afssa on the basis of the most recent data and indicated below:*

*histidine: $11 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$;
isoleucine: $18 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$;
leucine: $39 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$;
lysine: $30 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$;
sulphur-containing amino acids: $15 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$;
aromatic amino acids: $27 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$;
threonine: $16 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$;
tryptophan: $4 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$;
valine: $18 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$.*

The values for indispensable amino acid requirements have been determined using isotopic methods and are not yet the subject of any consensus or available for certain indispensable amino acids (aromatic amino acids, isoleucine, histidine).

Faced with a lack of sufficient data on the variability of indispensable amino acid requirements in the population, which is necessary to establish such values, and considering that their use would duplicate the ANC values (recommended intakes) for proteins, the working group opted not to define recommended intakes for indispensable amino acids. It considers it preferable to take into account the recommended intake for proteins and their quality defined on the basis of their indispensable amino acid composition, as defined in chapter VII of the report.

*With respect to dietary protein **intakes** in adults, data are available in France through the individual and national food consumption survey 1 (INCA1). It should be emphasised that the data from this survey are observational, cross-sectional and concern dietary intakes, which do not enable any*

les 5^e et 95^e percentiles correspondant respectivement à 0,9 g.kg⁻¹.j⁻¹ et 2,1 g.kg⁻¹.j⁻¹, chez les hommes comme chez les femmes (67 et 151,5 g.j⁻¹ pour les hommes, 54 et 119 g.j⁻¹ pour les femmes). Les besoins en protéines sont couverts chez les adultes français. Exprimé en pourcentage de l'apport énergétique sans alcool (AESA), l'apport protéique moyen est d'environ 17 % chez les adultes, les 5^e et 95^e percentiles correspondant respectivement à 12,4 et 21,8 % de l'AESA chez les hommes comme chez les femmes et les valeurs maximales dépassant légèrement 30 %.

La confrontation des données de consommation protéique obtenues à partir de l'étude INCA1 aux estimations du besoin des individus et à des seuils d'apports protéiques élevés et très élevés a permis d'estimer la prévalence d'apports probablement insuffisants, satisfaisants, élevés ou très élevés dans les différentes catégories de sexe et d'âge de la population française. Il en ressort une très faible prévalence d'inadéquation des apports protéiques dans la population française. La quasi-totalité des adultes français de 19 ans et plus ont une consommation protéique satisfaisante, c'est-à-dire supérieure à leur besoin individuel et inférieure à la valeur de 2,2 g.kg⁻¹.j⁻¹ définissant des apports élevés.

Les protéines d'origine animale occupent une place majoritaire dans l'apport protéique (vraisemblablement au moins 65 %), en particulier celles provenant des viandes et des volailles.

Les groupes d'individus ayant des apports protéiques élevés consomment systématiquement moins de glucides, en particulier de glucides simples, et, selon le mode d'expression, autant (en valeur absolue) ou plus (en proportion de l'apport énergétique) de lipides que les groupes consommant peu de protéines.

Les besoins chez le nourrisson et l'enfant, en bonne santé

Chez le nourrisson et l'enfant, les **besoins** en protéines et en acides aminés sont la somme des besoins pour l'entretien et pour la croissance. Plusieurs méthodes sont disponibles pour estimer leurs besoins (consommation spontanée, méthode factorielle, bilans). Chacune peut donner des résultats différents, la valeur des informations qu'elles fournissent dépendant largement de la convergence de ces résultats.

Aucune donnée nouvelle ne permet de modifier les valeurs d'estimation des besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines pour les nourrissons, enfants et adolescents, publiées en 2001.

La consommation spontanée de protéines dans les pays développés couvre très largement les besoins.

Peu de données de **consommation de protéines chez les nourrissons et enfants en bas âge** sont disponibles en France et en Europe. Dans le cas d'enfants non exclusivement allaités, les seules données françaises récemment publiées montrent que

causal links to be determined. The data from the INCA1 survey demonstrate that the average protein intake is 1.4 g.kg⁻¹.d⁻¹ (105 g.d⁻¹ for men, 82 g.d⁻¹ for women, on average), with the 5th and 95th percentiles respectively corresponding to 0.9 g.kg⁻¹.d⁻¹ and 2.1 g.kg⁻¹.d⁻¹, in both men and women (67 and 151.5 g.d⁻¹ for men, 54 and 119 g.d⁻¹ for women). Protein requirements are covered in French adults. Expressed as a percentage of non-alcoholic energy intake (NAEI), the average protein intake is approximately 17% in adults, the 5th and 95th percentiles respectively corresponding to 12.4 and 21.8% of the NAEI in both men and women and maximum values slightly over 30%.

Comparison of dietary protein intake data obtained from the INCA1 study with estimations for the requirements of individuals and high and very high protein intake levels made it possible to estimate the prevalence of probably inadequate, adequate, high or very high intakes in the different sex and age categories in the French population. There is a very low prevalence of inadequate protein intakes in the French population. Almost all French adults aged 19 years or over have an adequate protein intake, i.e. greater than their individual requirement and below the value of 2.2 g.kg⁻¹.d⁻¹ defining high intakes.

Animal proteins occupy a dominant place in protein intake (probably at least 65%), in particular those derived from meat and poultry. Groups of individuals with high protein intakes systematically eat fewer carbohydrates, in particular simple carbohydrates, and, depending on the method of expression, as much (in absolute values) or more (in proportion to energy intake) fat as groups consuming little protein.

Requirements in healthy infants and children

In infants and children, protein and amino acid requirements are the sum of requirements for maintenance and for growth. Several methods are available to estimate their requirements (spontaneous dietary intake, factorial method, balances). Each one can give different results, the value of the information they supply being largely dependent on the convergence of these results. No new data are available allowing modification of the estimated values for protein requirements and recommended intakes (ANC) for infants, children and adolescents published in 2001. The spontaneous intake of proteins in developed countries very comprehensively covers requirements.

Few data concerning protein intake in infants and young children are available in France and Europe. In the case of infants that are not exclusively breast-fed, the only recently published French data

les apports protéiques moyens sont compris entre 2,6 et 3,8 g.kg⁻¹.j⁻¹ (14 et 37 g.j⁻¹) chez les enfants de moins d'un an et sont supérieurs à 4,0 g.kg⁻¹.j⁻¹ (46 g.j⁻¹) entre 13 et 30 mois. La part des protéines dans l'apport énergétique est de 10 % chez les nourrissons les premiers mois (inférieure chez les enfants nourris au sein) puis augmente avec l'âge pour se stabiliser autour de 16-17 % de l'apport énergétique total (AET) chez les enfants de 10 à 30 mois.

En ce qui concerne les consommations de protéines chez les enfants plus âgés, des données sont disponibles en France par l'enquête INCA1 pour les individus âgés de 4 à 14 ans. Cette enquête montre que :

■ l'apport protéique des garçons de 5 à 7 ans et de 11 à 14 ans est en moyenne, respectivement, de 3,2 g.kg⁻¹.j⁻¹ (72 g.j⁻¹) et de 2,1 g.kg⁻¹.j⁻¹ (92 g.j⁻¹). Les 5^e et 95^e percentiles sont respectivement de 1,9 g.kg⁻¹.j⁻¹ (50 g.j⁻¹) et 4,8 g.kg⁻¹.j⁻¹ (106 g.j⁻¹) pour les garçons de 5 à 7 ans et de 1,1 g.kg⁻¹.j⁻¹ (56 g.j⁻¹) et 3,3 g.kg⁻¹.j⁻¹ (133 g.j⁻¹) pour les garçons de 11 à 14 ans ;

■ l'apport protéique des filles de 5 à 7 ans et de 11 à 14 ans est en moyenne, respectivement, de 3,0 g.kg⁻¹.j⁻¹ (65 g.j⁻¹) et de 1,7 g.kg⁻¹.j⁻¹ (74 g.j⁻¹). Les 5^e et 95^e percentiles sont respectivement de 1,7 g.kg⁻¹.j⁻¹ (39 g.j⁻¹) et 4,3 g.kg⁻¹.j⁻¹ (94 g.j⁻¹) pour les filles de 5 à 7 ans et de 0,9 g.kg⁻¹.j⁻¹ (43 g.j⁻¹) et 2,3 g.kg⁻¹.j⁻¹ (109 g.j⁻¹) pour les filles de 11 à 14 ans.

La confrontation des données de consommation protéique obtenues à partir de l'étude INCA1 aux estimations du besoin moyen des individus, et à des seuils d'apports protéiques élevés et très élevés, montre une faible prévalence d'inadéquation des apports protéiques, qui atteindrait 7 % chez les adolescentes de 15 à 18 ans. La consommation des enfants de plus de 3 ans est caractérisée par des apports très élevés en protéines, et ce d'autant plus que les enfants sont jeunes (plus de 90 % des enfants de 3 à 4 ans et plus de 65 % des enfants de 8 à 10 ans ont des apports élevés ou très élevés en protéines).

Les besoins pour des catégories spécifiques : la personne âgée, sans pathologie majeure ; la femme enceinte ou allaitante ; le végétarien

Chez les personnes âgées, les données disponibles sont moins nombreuses que chez l'adulte en général. Le besoin en protéines est au moins aussi élevé que celui des jeunes adultes. Le groupe de travail a considéré un **besoin moyen** de 0,8 g.kg⁻¹.j⁻¹. Plusieurs éléments conduisent en outre le groupe à proposer un niveau d'**apport nutritionnel conseillé** légèrement augmenté, de l'ordre de 1 g.kg⁻¹.j⁻¹.

Les données actuelles laissent penser qu'il serait préférable chez la personne âgée de regrouper l'apport

demonstrate that average protein intakes are between 2.6 et 3.8 g.kg⁻¹.d⁻¹ (14 and 37 g.d⁻¹) in infants under a year old and are more than 4.0 g.kg⁻¹.d⁻¹ (46 g.d⁻¹) at between 13 and 30 months old.

The proportion of proteins in overall energy intake is 10% in infants in the first few months (less in breast-fed infants) then increases with age, stabilising at around 16-17% of total energy intake (TEI) in children between the ages of 10 and 30 months.

As far as protein intake in older children is concerned, data are available in France from the INCA1 survey for individuals between 4 and 14 years old. This survey shows that:

■ *the protein intake of boys aged from 5 to 7 years and 11 to 14 years is, on average, 3.2 g.kg⁻¹.d⁻¹ (72 g.d⁻¹) and 2.1 g.kg⁻¹.d⁻¹ (92 g.d⁻¹) respectively. The 5th and 95th percentiles are, respectively, 1.9 g.kg⁻¹.d⁻¹ (50 g.d⁻¹) and 4.8 g.kg⁻¹.d⁻¹ (106 g.d⁻¹) for boys aged 5 to 7 years and 1.1 g.kg⁻¹.d⁻¹ (56 g.d⁻¹) and 3.3 g.kg⁻¹.d⁻¹ (133 g.d⁻¹) for boys aged 11 to 14 years;*

■ *the protein intake of girls aged from 5 to 7 years and 11 to 14 years is, on average, 3.0 g.kg⁻¹.d⁻¹ (65 g.d⁻¹) and 1.7 g.kg⁻¹.d⁻¹ (74 g.d⁻¹) respectively. The 5th and 95th percentiles are, respectively, 1.7 g.kg⁻¹.d⁻¹ (39 g.d⁻¹) and 4.3 g.kg⁻¹.d⁻¹ (94 g.d⁻¹) for girls aged 5 to 7 years and 0.9 g.kg⁻¹.d⁻¹ (43 g.d⁻¹) and 2.3 g.kg⁻¹.d⁻¹ (109 g.d⁻¹) for girls aged 11 to 14 years.*

Comparison of dietary protein intake data obtained from the INCA1 study with estimated average requirements for individuals, and with high and very high protein intake levels, demonstrates a low prevalence of inadequate protein intake, reaching 7% in female adolescents aged 15 to 18 years. The intake of children over the age of 3 years is characterised by very high protein intakes, particularly when the children are young (more than 90% of children aged between 3 and 4 years and more than 65% of children aged between 8 and 10 years have high or very high protein intakes).

Requirements for specific categories: elderly people, with no serious diseases; pregnant or breast-feeding women; vegetarians

*In the elderly, fewer data are available than in adults in general. The protein requirement is at least as high as that of young adults. The working group considered an **average requirement** of 0.8 g.kg⁻¹.d⁻¹. Several factors also lead the group to propose a slightly higher **recommended intake (ANC)**, in the region of 1 g.kg⁻¹.d⁻¹.*

protéique en une prise principale afin de stimuler plus fortement l'anabolisme protéique. La prise en compte d'une chronologie d'apport spécifique (cinétique et/ou répartition) mérite d'être encore étudiée.

En ce qui concerne les **besoins en acides aminés indispensables**, il existe peu de données fiables ou confirmées. Cependant, dans ce cas aussi, les besoins en plusieurs d'entre eux (acides aminés soufrés, tryptophane, lysine, leucine) paraissent au moins égaux à ceux des jeunes adultes, voire supérieurs. Des travaux visant à les préciser doivent être encouragés. La pratique d'une activité physique modérée, si elle favorise l'anabolisme protéique, ne paraît pas modifier de façon spécifique le besoin en protéines des personnes âgées.

En ce qui concerne les **consommations** des personnes âgées en bonne santé, les apports protéiques s'établissent en France aux environs de 1,1 à 1,2 g.kg⁻¹.j⁻¹, soit 16,6 et 15,3 % des apports énergétiques chez les femmes et les hommes respectivement. Même dans les populations considérées comme étant en bonne santé, la variabilité inter-individuelle est importante.

La prévalence d'inadéquation des apports protéiques dans la population française des personnes âgées est faible et atteindrait 3 à 5 % chez les personnes âgées de plus de 60 ans.

Les besoins au cours de la **grossesse** sont le plus souvent estimés d'après les quantités de nutriments déposées dans l'organisme fœtal, le placenta et l'organisme maternel (méthode factorielle). L'estimation du besoin en protéines au cours de la **lactation** dérive aussi de l'application de la méthode factorielle. Les estimations effectuées dans ce travail sont très proches des résultats publiés en ce qui concerne les protéines dans les ANC en 2001. La consommation de protéines au cours de la grossesse est de l'ordre d'au moins 70 g.j⁻¹ ou de 1,2 g.kg⁻¹.j⁻¹ en moyenne (le groupe de travail ne disposait pas de données de consommation françaises dans ce groupe de population).

C'est sans doute la raison pour laquelle un supplément énergétique et protéique équilibré ne semble pas avoir d'effet positif sur la croissance fœtale et la santé maternelle. Inversement, il faut souligner qu'un enrichissement excessif du régime maternel en protéines peut se révéler nocif pour le fœtus.

Dans nos sociétés, les régimes **végétariens** non stricts (n'excluant pas les produits laitiers et les œufs) permettent d'assurer un apport protéique en quantité et en qualité satisfaisantes pour l'enfant et l'adulte. Chez les végétariens adultes, on peut conseiller d'être attentif à la couverture de l'apport protéino-énergétique et à l'utilisation de sources protéiques qui se complètent. On ne peut pas statuer sur l'intérêt d'un apport complémentaire en certains acides aminés non indispensables peu ou pas consommés par les végétariens. Chez le nourrisson et le jeune enfant, les régimes végétariens sont à proscrire.

Current data suggest that it would be preferable in the elderly to group protein intake into one main meal, to more strongly stimulate protein anabolism. The incorporation of a specific chronology for intake (kinetics and/or distribution) is worthy of further examination.

*With respect to **indispensable amino acid requirements**, few reliable or confirmed data are available. However, in this case too, requirements for several of them (sulphur-containing amino acids, tryptophan, lysine, leucine) appear to be at least equal to those of young adults, or even higher. Studies aimed at specifying these requirements should be encouraged.*

Although moderate physical activity promotes protein anabolism, it does not appear to specifically modify the protein requirement of elderly people.

*In terms of the **dietary intakes** of healthy elderly people, protein intakes in France are around 1.1 to 1.2 g.kg⁻¹.d⁻¹, i.e. between 16.6 and 15.3% of energy intake in men and women, respectively. Even in populations considered to be in good health, the variability between individuals is high. The prevalence of inadequate protein intake in the French elderly population is low and is believed to be 3 to 5% in elderly people over the age of 60 years.*

*Requirements during **pregnancy** are usually estimated on the basis of quantities of nutrients deposited in the foetus, the placenta and the mother's body (factorial method). Estimation of protein requirement while **breast-feeding** is also derived from the factorial method. The estimates made in this study are very similar to the published results concerning proteins in the 2001 ANC (French nutritional recommendations). Protein intake during pregnancy is in the region of at least 70 g.d⁻¹ or 1.2 g.kg⁻¹.d⁻¹ on average (the working group did not have any data concerning French intakes in this population group). It is probably for this reason that a balanced energy and protein supplement does not appear to have any positive effect on foetal growth and maternal health. Conversely, it must be highlighted that an excessively high-protein diet in the mother may be shown to be harmful to the foetus.*

*In our societies, non-strict **vegetarian** diets (not excluding dairy products and eggs) provide a satisfactory protein intake in terms of both quantity and quality in children and adults. Adult vegans may be advised to pay careful attention to ensuring their protein and energy requirements are covered and to use complementary protein sources. It is not possible to make any recommendation with respect to supplementing the intake of certain non-indispensable amino acids that are not consumed in the diet, or only in small quantities, by vegans. In infants and young children, vegan diets are not advised.*

Besoins en protéines et en acides aminés indispensables chez le sportif

La bibliographie récente permet de réévaluer les données concernant les besoins en protéines du sportif entraîné.

D'une manière générale, les besoins sont couverts par un apport en protéines correspondant à 12-14 % de l'apport énergétique total, lorsque la balance énergétique est équilibrée. Les besoins en protéines du **sportif d'endurance** peuvent être évalués à 1-1,1 g.kg⁻¹.j⁻¹. Les **apports nutritionnels conseillés** peuvent ainsi être compris entre 1,2 et 1,4 g.kg⁻¹.j⁻¹. Ces valeurs varient conjointement au niveau d'entraînement. Ces fourchettes de valeurs sont applicables à des sportifs dont la charge d'entraînement est au moins de 1-2 h.j⁻¹, 4-5 jours par semaine.

L'oxydation potentielle des acides aminés est minorée en situation d'exercice par les apports en glucides. Les apports en glucides et protéines après l'effort sont déterminants de la reprise des synthèses protéiques. Les femmes ont en général des besoins de 15 à 20 % inférieurs à ceux des hommes.

En ce qui concerne les **consommations**, le comportement du sportif d'endurance s'oriente vers l'augmentation de la consommation d'aliments à teneur élevée en glucides entraînant une augmentation de l'apport protéique d'origine végétale. Cela se traduit par une baisse de la part des acides aminés indispensables dans l'apport protéique total (pour une dépense énergétique élevée) et une diminution de la part de la lysine et de la méthionine dans l'apport d'acides aminés indispensables.

Chez les athlètes confirmés dans les **disciplines de force**, les **apports nutritionnels conseillés** en protéines peuvent être estimés entre 1,3 et 1,5 g.kg⁻¹.j⁻¹ de protéines de bonne qualité.

Dans le cas où ces apports sont majorés dans le but de développer la masse musculaire, ils ne devraient pas dépasser 2,5 g.kg⁻¹.j⁻¹ et pour une durée n'excédant pas 6 mois.

Les deux tiers de l'apport doivent être assurés par l'apport alimentaire équilibré, le dernier tiers pouvant provenir des suppléments sous forme de protéines de bonne qualité.

Comme pour les sportifs d'endurance, les données expérimentales disponibles à ce jour chez les sportifs de force restent très incomplètes et ne permettent pas de démontrer que la consommation d'acides aminés sélectifs est un facteur d'amélioration des performances. Le rôle joué par l'entraînement sur le contrôle hormonal de l'anabolisme musculaire reste à l'évidence l'élément le plus important. Les données disponibles dans la littérature démontrent que la répétition d'exercices de force entraîne une augmentation des besoins en protéines, mais d'une manière générale, les besoins protéiques,

Protein and indispensable amino acid requirements in athletes

The recent bibliography makes it possible to re-evaluate the data concerning protein requirements in trained athletes.

Generally speaking, requirements are covered by a protein intake corresponding to 12-14% of total energy intake, when energy balance is achieved. The protein requirements of **endurance athletes** can be estimated to be 1-1.1 g.kg⁻¹.d⁻¹. The **recommended intakes (ANC)** can therefore be 1.2 to 1.4 g.kg⁻¹.d⁻¹. These values vary along with the level of training. These ranges are applicable to athletes training for at least 1-2 h.d⁻¹, 4-5 days per week.

The potential oxidation of amino acids is reduced in exercise situations by carbohydrate intakes. Carbohydrate and protein intakes after exercise are determining factors in the resumption of protein synthesis. In general, women's requirements are 15 to 20% lower than those of men.

In terms of **dietary intakes**, the behaviour of endurance athletes tends towards an increase in the consumption of foods with a high carbohydrate content, leading to an increase in the intake of plant-source proteins. This is reflected by a reduction in the proportion of indispensable amino acids in total protein intake (for a high energy expenditure) and a reduction in the proportion of lysine and methionine in the indispensable amino acid intake.

In trained athletes performing **strength sports**, the **recommended protein intakes (ANC)** can be estimated to be 1.3 to 1.5 g.kg⁻¹.d⁻¹ good-quality proteins.

In the event that these intakes are increased with the aim of building muscle mass, they should not exceed 2.5 g.kg⁻¹.d⁻¹ and for a duration of not more than 6 months.

Two-thirds of the intake must be provided by a balanced diet, while the last third may be provided by supplements in the form of good-quality proteins. As with endurance athletes, the experimental data available in strength athletes are still very incomplete at present and do not demonstrate that the consumption of selective amino acids is a performance improvement factor. The role played by training on the hormonal control of muscle anabolism clearly remains the most important factor.

The data available in the literature demonstrate that the repetition of strength exercises leads to an increase in protein requirements, but, generally speaking, the protein requirements necessary for nitrogen balance equilibrium are covered by a balanced diet. The dietary habits of strength athletes mean that their protein intakes far exceed

nécessaires pour équilibrer le bilan azoté, sont couverts par une alimentation équilibrée. Le comportement alimentaire des sportifs de force fait que les apports en protéines dépassent très largement les quantités qui peuvent être recommandées. C'est l'entraînement qui permet d'expliquer le gain de masse musculaire, et les apports protéiques sont justifiés par la nécessaire disponibilité en acides aminés pour assurer l'augmentation des synthèses en protéines structurales et fonctionnelles.

Conclusion générale pour les besoins et apports nutritionnels conseillés

Pour mémoire, et afin de mettre en évidence l'évolution des évaluations françaises, les propositions Afssa sont mentionnées en regard des valeurs publiées des ANC (Martin *et al.*, 2001, Vidailhet *et al.*, 2004) rappelées dans les tableaux 2 et 3 ci-dessous. Ces propositions remplacent les précédentes.

Aucune donnée nouvelle ne permet de modifier les valeurs des besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines pour les nourrissons, enfants et adolescents, issues des ANC publiés en 2001 et 2004.

the quantities that can be recommended. It is training that explains the increase in muscle mass, and the protein intakes are justified by the necessary availability of amino acids to ensure increased synthesis of structural and functional proteins.

General conclusion for requirements and recommended intakes (ANC)

*As a reminder, and in order to highlight the evolution of French evaluations, Afssa's proposals are indicated alongside the published ANC values (French nutritional recommendations) (Martin *et al.*, 2001, Vidailhet *et al.*, 2004), which are recalled in tables 2 and 3 hereafter. These proposals replace the previous ones.*

No new data justify modification of values for the protein requirements and recommended intakes in infants, children and adolescents resulting from the ANC values published in 2001 and 2004.

TABLEAU 2. BESOINS EN PROTÉINES, APPORTS NUTRITIONNELS CONSEILLÉS ET PRÉVALENCE D'INADEQUATION DES APPORTS

TABLE 2. PROTEIN REQUIREMENTS, RECOMMENDED INTAKES (ANC) AND PREVALENCE OF INADEQUATE INTAKES

| Populations <i>Populations</i> | ANC 2001 (Martin <i>et al.</i> , 2001) (g.kg ⁻¹ .j ⁻¹) (g.kg ⁻¹ .d ⁻¹) | Propositions Afssa 2007 (<i>Afssa 2007 proposals</i>) | | |
|--|---|---|--|---|
| | | Besoin en protéines <i>Protein requirement</i> (g.kg ⁻¹ .j ⁻¹) (g.kg ⁻¹ .d ⁻¹) | Apport nutritionnel conseillé <i>Recommended intake</i> (g.kg ⁻¹ .j ⁻¹) (g.kg ⁻¹ .d ⁻¹) | Prévalence d'inadéquation (i.e. d'apports insuffisants) <i>Prevalence of inadequate intakes</i> |
| Nourrissons (0-3 ans) <i>Infants (0-3 years)</i> | 0,94 - 2,60 | 0,76-1,80 | 0,94-2,60* | 0 % |
| Enfant (4-10 ans) <i>Children (4-10 years)</i> | 0,85 - 0,90** | 0,68 - 0,72 | 0,85-0,90 | 0% |
| Adolescents (11-18 ans) <i>Adolescents (11-18 years)</i> | 0,78 - 0,90** | 0,63 - 0,72 | 0,78 - 0,90 | 2-7 % (filles) (<i>girls</i>) |
| Adultes <i>Adults</i> | 0,80 | 0,66 | 0,83 | 0,2 % (femmes) (<i>women</i>) |
| Femmes enceintes <i>Pregnant women</i> | 0,78 - 0,95 | 0,65 - 0,73 | 0,82 - 1 *** | ND |
| Femmes allaitantes <i>Breast-feeding women</i> | 1 | 0,8 | 1,1*** | ND |
| Personnes âgées (> 60 ans) <i>Elderly people (> 60 years)</i> | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 3 - 5 % |
| Sportifs d'endurance Sportifs de force <i>Endurance athletes</i> <i>Strength athletes</i> | 1,50 - 1,70 1,00 - 1,2 | 1,0 - 1,1 1,1 - 1,2 | 1,2 - 1,4**** 1,3 - 1,5**** | ND ND |

ND: non déterminé / *ND: not determined*

* Les apports nutritionnels conseillés sont de 10 g.j⁻¹ pour les enfants de 0 à 2 ans et de 12 g.j⁻¹ au cours de la 3^e année.

** Des ANC pour les enfants et adolescents sportifs de haut niveau de performance ont été déterminés (Vidailhet *et al.*, 2004) : entre 1,05 et 1,16 g.kg⁻¹.j⁻¹ pour les garçons sportifs de 6 à 18 ans, et entre 1,05 et 1,1 g.kg⁻¹.j⁻¹ pour les filles sportives entre 6 et 18 ans (voir le chapitre X du rapport complet pour plus de détails).

*** Les apports nutritionnels conseillés, compris entre 0,82 à 1 g.kg⁻¹.j⁻¹, atteignent 60 g.j⁻¹ au 3^e trimestre de la grossesse et sont de l'ordre de 65 g.j⁻¹ pendant les premiers mois d'allaitement (pour une femme de 60 kg).

**** Comparativement aux ANC publiés en 2001, les estimations des besoins et les valeurs d'apport nutritionnel conseillé ont été ré-évaluées, tenant compte de travaux récents (Tarnopolsky, 2004, Phillips, 2004).

* *The recommended intakes are 10 g.d⁻¹ for children aged 0 to 2 years and 12 g.d⁻¹ during the 3rd year.*

** *ANC (French nutritional recommendations) for top-level child and teenage athletes have been determined (Vidailhet *et al.*, 2004): between 1.05 and 1.16 g.kg⁻¹.d⁻¹ for boy athletes aged 6 to 18 years and between 1.05 and 1.1 g.kg⁻¹.d⁻¹ for girl athletes aged 6 to 18 years (see chapter X of the full report for more details).*

*** *The recommended intakes, which are between 0.82 and 1 g.kg⁻¹.d⁻¹, reach 60 g.d⁻¹ in the 3rd trimester of pregnancy and are in the region of 65 g.d⁻¹ during the first months of breast-feeding (for a woman weighing 60 kg).*

**** *In comparison with the ANC values (French nutritional recommendations) published in 2001, estimated requirements and recommended intakes have been re-evaluated taking into account recent studies (Tarnopolsky, 2004, Phillips, 2004).*

TABLEAU 3. BESOINS EN ACIDES AMINÉS INDISPENSABLES POUR L'ADULTE : PROPOSITIONS AFSSA
TABLE 3. INDISPENSABLE AMINO ACID REQUIREMENTS FOR ADULTS: AFSSA PROPOSALS

| en mg.kg ⁻¹ .j ⁻¹ in mg.kg ⁻¹ .d ⁻¹ | ANC 2001 (Martin et al., 2001) | Propositions Afssa : Adulte jeune Afssa proposals: Young adults | Propositions Afssa : personnes âgées Afssa proposals: elderly people |
|--|-----------------------------------|--|--|
| Histidine <i>Histidine</i> | 12 | 11 | |
| Isoleucine <i>Isoleucine</i> | 23 | 18 | Les besoins en acides aminés indispensables des personnes âgées sont augmentés par rapport à ceux des jeunes adultes dans la même proportion que les besoins protéiques, c'est-à-dire de 23 %. |
| Leucine <i>Leucine</i> | 39 | 39 | |
| Valine <i>Valine</i> | 21 | 18 | |
| Lysine <i>Lysine</i> | 30 | 30 | |
| AA soufrés <i>Sulphur-containing AA</i> | 15 | 15 | The indispensable amino acid requirements of elderly people are increased in comparison with those of young adults, by the same percentage as protein requirements, i.e. 23%. |
| AA aromatiques <i>Aromatic AA</i> | 39 | 27 | |
| Thréonine <i>Threonine</i> | 15 | 16 | |
| Tryptophane <i>Tryptophan</i> | 6 | 4 | |

NB : Aucune valeur de besoins en acides aminés indispensables n'a pu être définie par le groupe de travail pour les sportifs et les femmes enceintes ou allaitantes. Des valeurs de besoins sont indiquées pour les nourrissons de 0 à 6 mois (tableau 42 du rapport complet) et pour les garçons de 10 ans (tableau 47 du rapport complet) / No value for indispensable amino acid requirements could be defined by the working group for athletes and pregnant or breast-feeding women. Values for requirements are indicated for infants aged 0 to 6 months (table 42 in the full report) and for boys of 10 years (table 47 in the full report).

II - EFFETS SUR DES FONCTIONS PHYSIOLOGIQUES ET RELATION AVEC LA SANTÉ

En complément des approches traditionnelles d'évaluation du besoin en protéines et en acides aminés indispensables, un domaine en émergence concerne des effets plus spécifiques d'acides aminés et de protéines identifiées sur des fonctions physiologiques et des tissus et organes. Les données s'accumulent progressivement depuis les dix dernières années. Si dans la plupart des cas, les niveaux de preuves sont encore insuffisants pour formuler des recommandations définitives, la demande croissante d'allégations sur ces aspects nécessite d'établir un état de la question le plus à jour possible.

Métabolisme protéinogène des acides aminés et métabolisme des protéines

L'organisme d'un homme adulte contient 10 à 12 kg de protéines corporelles et 40 % de ces protéines sont localisées dans le muscle. La synthèse et le renouvellement protéique sont des processus complexes fortement régulés et soumis à un contrôle nutritionnel à court et à long termes. Selon les organes, le taux de renouvellement protéique et sa sensibilité aux apports nutritionnels, sont très variables. Chez l'adulte, l'adaptation à de larges variations de l'apport protéique se fait par une modulation des voies d'oxydation.

Les données sur modèle cellulaire et chez l'animal ont permis de mettre en évidence l'effet « signal »

II - EFFECTS ON PHYSIOLOGICAL FUNCTIONS AND RELATIONSHIP WITH HEALTH

As a complement to traditional approaches to the evaluation of the protein and indispensable amino acid requirement, an emerging field concerns the more specific effects of amino acids and identified proteins on physiological functions and on tissues and organs. Data has been gradually building up over the last ten years. Although, in the majority of cases, the level of evidence is still insufficient to be able to formulate definitive recommendations, the increasing demand for claims concerning these aspects means that it is necessary to determine an assessment that is as up-to-date as possible with respect to this question.

Proteinogenic metabolism of amino acids and protein metabolism

The body of an adult man contains 10 to 12 kg body proteins and 40% of these proteins are located in the muscle. Protein synthesis and renewal are highly regulated complex processes that are subject to short and long-term nutritional control. Depending on the organs, the protein renewal rate, and its sensitivity to dietary intakes, are very variable. In adults, adaptation to marked variations in protein intake is via regulation of the oxidation pathways.

Data on cell models and in animals have revealed the "signal" effect of leucine on muscle

de la leucine sur la protéosynthèse musculaire. Le rôle de la leucine sur la protéolyse semble moins spécifique et apparaît surtout en situation de carence. Chez l'homme, en l'état actuel des connaissances, un effet de la leucine sur l'amélioration systématique de la synthèse protéique et de la masse musculaire n'est pas démontré. Toute application industrielle en ce qui concerne l'offre de produits alimentaires est donc prématurée. Le groupe de travail recommande d'encourager les études sur la modulation de la protéosynthèse et de la protéolyse par les acides aminés.

L'effet principal du vieillissement sur le métabolisme protéique est la réduction de la masse maigre qui s'observe par une protéolyse accrue, notamment d'origine musculaire. Elle résulte de la réduction, au cours du vieillissement, de la capacité de réponse aux stimulations nutritionnelles ou hormonales qui favorisent l'anabolisme protéique. Cependant, chez la personne âgée, un potentiel anabolique persistant pourrait être utilisé pour conserver la masse maigre ou la restaurer à la suite d'un épisode catabolique. Les moyens à mettre en œuvre dans cette stratégie de lutte contre la perte musculaire pourraient faire appel à des facteurs nutritionnels (quantité, qualité et distribution journalière des protéines) et à l'exercice physique.

Les régimes riches en protéines

Les conséquences physiologiques à moyen et long termes d'une augmentation de l'apport en protéines sont encore mal connues. D'une part, les études expérimentales qui portent sur l'ingestion chronique d'un régime à teneur élevée en protéines sont en général d'une durée limitée et ne permettent pas de se prononcer sur les effets à long terme de régimes riches en protéines. D'autre part, les facteurs de confusion dans les études épidémiologiques en limitent l'interprétation et la mise en évidence de certains liens de causalité, tels que la relation entre apport protéique des nourrissons et des enfants en bas-âge et adiposité des enfants. Il est nécessaire à cet égard de poursuivre l'étude des relations éventuelles entre l'apport protéique des nourrissons et l'adiposité des enfants.

Les données récentes suggèrent un effet satiétogène des protéines. Les relations entre la quantité et la nature de l'apport protéique et le développement du tissu adipeux, la sensibilité à l'insuline, la tolérance au glucose, le métabolisme des lipides, le risque cardiovasculaire, les effets (positifs ou négatifs) sur divers tissus et organes (os, foie en particulier), ou l'incidence de cancers, restent discutés. Un effet favorable sur l'os serait probable : des études montrent une association positive entre le niveau de consommation de protéines et la densité minérale osseuse, sans pour autant indiquer une diminution du risque fracturaire. En ce qui concerne le rein, les effets délétères concernent certains sujets à risque notamment

proteosynthesis. The role of leucine in proteolysis seems to be less specific and appears mainly in situations of deficiency. In humans, no effect of leucine on the systematic improvement of protein synthesis and muscle mass has been demonstrated to date. Any industrial application with respect to food products is therefore premature. The working group recommends the encouragement of studies on the modulation of proteosynthesis and proteolysis by amino acids.

The main effect of ageing on protein metabolism is the reduction in lean mass that is observed due to increased proteolysis, particularly of muscle origin. This is the result of a reduction in the capacity to respond to the nutritional or hormonal stimulations promoting protein anabolism with age. However, in the elderly, a persistent anabolic potential may be used to preserve lean mass or restore it following a catabolic episode. The means to be used in this strategy to combat muscle loss may involve nutritional factors (quantity, quality and daily distribution of proteins) and physical exercise.

High-protein diets

The medium and long-term physiological effects of an increase in protein intake are still poorly known. Firstly, experimental studies concerning the chronic ingestion of a high-protein diet are generally of a limited duration and do not make it possible to reach any conclusions with respect to the long-term effects of high-protein diets. Secondly, confusion factors in epidemiological studies limit their interpretation and the demonstration of certain causal links, such as the relationship between the protein intake of infants and young children and the adiposity of children. Against this background, it is necessary to continue studying the potential relationships between the protein intake of infants and the adiposity of children.

Recent data suggest a satiating effect of proteins. The relationships between the quantity and nature of protein intake and the development of adipose tissue, sensitivity to insulin, tolerance to glucose, lipid metabolism, cardiovascular risk, the effects (positive or negative) on various tissues and organs (bones, liver, in particular), or the incidence of cancers, is still a subject of debate. A favourable effect on bones seems to be likely: studies reveal a positive association between the level of protein intake and bone mineral density, without, however, indicating any reduction in the risk of fractures. As far as the kidneys are concerned, the detrimental effects concern certain at-risk subjects, in particular the elderly, with respect to glomerular filtration. More experience is necessary before any conclusion

les sujets âgés, vis-à-vis de la filtration glomérulaire. Un plus grand recul est nécessaire pour conclure quant à l'incidence d'un régime riche en protéines sur la santé.

Diverses études suggèrent aussi des effets spécifiques de certaines fractions protéiques. Ce sont, pour certaines, des pistes et la réflexion et les recherches sur ce domaine méritent d'être approfondies.

Il est souhaitable de combiner plusieurs protéines sans faire nécessairement référence au rapport protéines animales/protéines végétales.

Métabolisme non protéinogène des acides aminés et toxicité

En situation aiguë, l'**homocystéinémie** postprandiale est positivement corrélée à l'apport alimentaire en méthionine. En revanche, en chronique, l'homocystéinémie à jeun n'est que peu affectée par l'apport alimentaire en protéines et en méthionine ; les principaux déterminants alimentaires étant les vitamines B₆, B₉ et B₁₂. Les conséquences à long terme sur le système cardiovasculaire de l'homocystéinémie postprandiale n'ont pas encore été évaluées.

La **taurine** est considérée comme indispensable chez l'enfant prématuré. À l'inverse, il existe une synthèse endogène significative chez l'adulte, chez qui l'apport alimentaire habituel est satisfaisant. L'intérêt d'une supplémentation en taurine chez l'homme n'est pas démontré.

Le **glutathion** est principalement synthétisé par le foie, notamment à partir de cystéine pour laquelle il constitue une forme de réserve et de transport. Son rôle dans le contrôle des concentrations en espèces réactives de l'oxygène (ERO) est capital. Dans les situations de stress oxydant (tabagisme, vieillissement...), le besoin en glutathion réduit est accru, les capacités de synthèse sont alors augmentées. Ainsi, il semble qu'une variation qualitative et/ou quantitative de l'apport protéique soit susceptible de moduler le métabolisme du glutathion et ses concentrations tissulaires, en particulier dans un contexte de stress oxydant. Au vu de l'implication de ce peptide dans de nombreuses fonctions vitales et de son rôle dans les défenses contre le stress oxydant, il serait souhaitable de disposer de nouvelles données relatives aux besoins en acides aminés, notamment soufrés, en prenant en compte cette utilisation.

Il existe une modulation nutritionnelle du statut en **créatine**, mais l'apport alimentaire chez l'homme omnivore ainsi que la synthèse endogène compensent le catabolisme de la créatine.

La **carnitine** provient majoritairement des aliments et en second lieu de la synthèse endogène. Les humains omnivores ingèrent une quantité de carnitine suffisante par rapport aux besoins. Une augmentation

can be reached with respect to the repercussions of a high-protein diet on health. Various studies also suggest specific effects of certain protein fractions. For some, these offer potential avenues for exploration and it would be worth conducting more in-depth research in this field.

It is preferable to combine several proteins, without necessarily making reference to the animal protein/plant protein ratio.

Non-proteogenic metabolism of amino acids and toxicity

*In acute situations, post-prandial **homocysteine levels** are positively correlated with dietary intake of methionine. However, in chronic situations, fasting homocysteine levels are only slightly affected by the dietary intake of proteins and methionine; with the main dietary determinants being vitamins B₆, B₉ and B₁₂. The long-term consequences on the cardiovascular system of post-prandial homocysteine levels have not yet been evaluated.*

***Taurine** is considered to be indispensable in premature infants. Conversely, significant endogenous synthesis exists in adults, in whom the usual dietary intake is sufficient. The value of taurine supplementation in humans has not been demonstrated.*

***Glutathione** is mainly synthesised by the liver, notably from cysteine, for which it is a form of storage and transportation. It plays a crucial role in the control of concentrations of reactive oxygen species (ROS). In situations of oxidative stress (smoking, ageing, etc.), there is a greater requirement for reduced glutathione and the synthesis capacities are therefore increased. Hence it appears that a qualitative and/or quantitative variation in protein intake may modulate the metabolism of glutathione and its tissue concentrations, particularly in a context of oxidative stress. In view of the involvement of this peptide in numerous vital functions and its role in defences against oxidative stress, it would be preferable to have new data concerning amino acid requirements – particularly sulphur-containing amino acids – taking into account this use.*

*There is nutritional modulation of **creatine** status, but dietary intake in omnivorous humans and endogenous synthesis compensate for creatine catabolism.*

***Carnitine** mainly comes from foods and, to a lesser degree, from endogenous synthesis. Omnivorous humans ingest sufficient quantities of carnitine in comparison with requirements. Increased ingestion of carnitine leads to an increase in*

de l'ingestion de carnitine conduit à une augmentation de son excrétion urinaire et fécale.

D'une façon générale, l'effet et l'intérêt d'une augmentation de l'apport en **arginine** (impliquée dans la synthèse de monoxyde d'azote NO) à doses nutritionnelles restent à démontrer chez l'homme. À l'inverse, une supplémentation d'arginine à très forte dose (supra-nutritionnelle) a des effets bénéfiques avérés dans certaines situations pathologiques cardiovasculaires. Parmi ses nombreuses fonctions, le **monoxyde d'azote** (NO) est un acteur central de l'homéostasie de l'endothélium vasculaire, et le dysfonctionnement de la voie de signalisation dans laquelle il est impliqué augmente l'athérogénicité.

Certains acides aminés (par exemple l'arginine) exercent des **effets sécrétagogues** à doses supra-nutritionnelles. Néanmoins, l'effet et l'intérêt de doses nutritionnelles de ces acides aminés restent controversés.

La disponibilité en acides aminés précurseurs de **neurotransmetteurs** pourrait influencer le taux de biosynthèse de ces derniers (par exemple dopamine et sérotonine). Cependant, l'amplitude et les conséquences de cette modulation par des apports à dose nutritionnelle sont encore mal connues.

Pour d'autres substances (hydrogène sulfureux, sulfates produits par le catabolisme des acides aminés, acides aminés pour la biosynthèse de nucléotides ou acides aminés non-présents dans les protéines, acides aminés précurseurs d'intermédiaires du cycle de Krebs), les données sont insuffisantes pour émettre des conclusions et/ou des recommandations.

Une limite supérieure de sécurité n'est déterminée pour aucun des acides aminés.

À ce jour, aucune donnée scientifique ne permet d'affirmer que les apports d'acides aminés inclus dans les protéines, même avec des apports protéiques élevés, puissent atteindre des niveaux de toxicité chez l'homme sain.

Par ailleurs, chez l'homme sain, l'apport d'acides aminés libres à doses nutritionnelles peut être envisagé sous réserve de justification et dans le but d'améliorer la qualité protéique de l'alimentation, de telle sorte que les teneurs en acides aminés soient dans l'ordre de grandeur des teneurs du profil de référence défini au chapitre VII du rapport.

Plus généralement, chez l'homme sain, l'utilisation d'acides aminés libres comme ingrédients dans la formulation d'aliments pour des raisons nutritionnelles ou technologiques devra rester dans l'ordre de grandeur des apports issus d'une alimentation diversifiée et équilibrée (tableau 4).

Chez l'homme sain, il n'y a pas d'intérêt avéré à apporter des acides aminés libres à des doses supra-nutritionnelles, c'est-à-dire des doses d'acides aminés ne pouvant pas être apportées par une alimentation diversifiée

its excretion in the urine and faeces.

*Generally speaking, the effect and benefit of an increase in **arginine** intake (involved in the synthesis of nitric oxide NO) at nutritional doses is still to be demonstrated in humans. In contrast, supplementation with very high doses of arginine (supra-nutritional) has demonstrated beneficial effects in certain pathological cardiovascular situations. One of the numerous functions of **nitric oxide** (NO) is as a central player in the homeostasis of the vascular endothelium, and dysfunction of the signal pathway in which it is involved increases atherogenicity.*

*Some amino acids (for example arginine) exert **secretagogic effects** at supra-nutritional doses. However, the effect and benefit of nutritional doses of these amino acids is still debated.*

*The availability of amino acids that are **neurotransmitter** precursors could affect the rates of biosynthesis of the latter (for example dopamine and serotonin). However, the extent and consequences of this modulation by intakes at nutritional doses are still poorly known.*

For other substances (hydrogen sulfide, sulphates produced by the catabolism of amino acids, amino acids for the biosynthesis of nucleotides or amino acids not present in proteins, Krebs cycle intermediate precursor amino acids), the data are insufficient to be able to reach any conclusions and/or issue recommendations.

No tolerable upper intake level has been determined for any amino acids.

To date, there are no scientific data to suggest that intakes of amino acids contained in proteins, even with high protein intakes, can reach toxic levels in healthy humans.

In addition, in healthy humans, the intake of free fatty acids at nutritional doses can be envisaged, on condition that this is justified and with the aim of improving the protein quality of the diet, such that amino acid contents are in line with the levels of the reference profile defined in chapter VII of the report.

More generally, in healthy humans, the use of free amino acids as ingredients in the formulation of foods for nutritional or technological reasons must remain in line with the intakes derived from a balanced and diversified diet (table 4).

In healthy humans, there is no demonstrated benefit in providing free amino acids at supra-nutritional doses, i.e. amino acid doses that cannot be got from a diversified and balanced diet. It is not possible to guarantee the absence of toxicity of free amino acid intake at supra-nutritional levels, given the absence of data on tolerable upper intake levels and the risks of metabolic and

et équilibrée. On ne peut garantir l'absence de toxicité d'un apport en acides aminés libres à des doses supra-nutritionnelles, compte tenu de l'absence de données sur les limites supérieures de sécurité et des risques de déséquilibres métaboliques et physiologiques associés à ce type d'apport. Le métabolisme des acides aminés et des protéines se traduit notamment par un équilibre subtil régulé dans les tissus et la circulation entre les différents acides aminés, en particulier par l'intermédiaire des voies de transport, des voies d'interconversion, des voies de désamination oxydative et les voies de protéosynthèse et protéolyse. Par exemple, il est connu depuis de nombreuses années que la plupart des transporteurs des entérocytes situés au niveau du pôle luminal et du pôle baso-latéral ont la capacité de transporter plusieurs acides aminés avec des affinités différentes (Mailliard *et al.*, 1995) et qu'un acide aminé particulier peut moduler le transport et le métabolisme d'un autre acide aminé (Munck and Munck, 1992). Ainsi, l'apport très élevé d'un acide aminé particulier risque d'aboutir à un déséquilibre entre les voies associées citées. Du fait du rôle très important de ces différentes voies dans le contrôle de nombreuses fonctions physiologiques, ce déséquilibre peut conduire à un dysfonctionnement de ces dernières.

physiological imbalances associated with this type of intake. The metabolism of amino acids and proteins is mainly reflected by a subtle balance regulated in the tissues and circulation between the different amino acids, particularly via transportation pathways, interconversion pathways, oxidative desamination pathways and proteosynthesis and proteolysis pathways. For example, it has been known for many years that the majority of transporters of the enterocytes located on the luminal pole and the baso-lateral pole have the capacity of transporting several amino acids with different affinities (Mailliard et al., 1995) and that a particular amino acid can modulate the transportation and metabolism of another amino acid (Munck and Munck, 1992). Hence, there is a risk that the very high intake of a particular amino acid could lead to an imbalance between the related pathways cited. Given the very important role of these different pathways in the control of numerous physiological functions, this imbalance may lead to a dysfunction of the latter.

TABEAU 4. NIVEAUX D'APPORTS MOYENS QUOTIDIENS EN ACIDES AMINÉS
TABLE 4. AVERAGE DAILY AMINO ACID INTAKE LEVELS

| Acides aminés <i>Amino acids</i> | Niveaux d'apports moyens quotidiens en acides aminés <i>Average daily amino acid intake levels</i> |
|-------------------------------------|---|
| Alanine <i>Alanine</i> | 3,4 g.j ⁻¹ (alanine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>3.4 g.d⁻¹ (dietary alanine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Arginine <i>Arginine</i> | 4,2 g.j ⁻¹ (arginine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>4.2 g.d⁻¹ (dietary arginine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Asparagine <i>Asparagine</i> | 7,4 g par 100 g de protéines alimentaires et par jour (FNB/IOM, 2002) <i>7.4 g per 100 g dietary proteins and per day (FNB/IOM, 2002)</i> |
| Aspartate <i>Aspartate</i> | 6,5 g.j ⁻¹ (aspartate alimentaire ou présent dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>6.5 g.d⁻¹ (dietary aspartate or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Leucine <i>Leucine</i> | 6,1 g.j ⁻¹ (leucine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>6.1 g.d⁻¹ (dietary leucine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Isoleucine <i>Isoleucine</i> | 3,6 g.j ⁻¹ (isoleucine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>3.6 g.d⁻¹ (dietary isoleucine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Valine <i>Valine</i> | 4,0 g.j ⁻¹ (valine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>4.0 g.d⁻¹ (dietary valine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Cystéine <i>Cysteine</i> | 1,0 g.j ⁻¹ (Cystéine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>1.0 g.d⁻¹ (dietary cysteine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Glutamate <i>Glutamate</i> | 15,4 g.j ⁻¹ (Glutamate alimentaire ou présent dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>15.4 g.d⁻¹ (dietary glutamate or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |

TABLEAU 4. NIVEAUX D'APPORTS MOYENS QUOTIDIENS EN ACIDES AMINÉS (suite)
TABLE 4. AVERAGE DAILY AMINO ACID INTAKE LEVELS

| Acides aminés <i>Amino acids</i> | Niveaux d'apports moyens quotidiens en acides aminés <i>Average daily amino acid intake levels</i> |
|---------------------------------------|---|
| Glutamine <i>Glutamine</i> | Apport alimentaire non déterminé. Taux de biosynthèse chez l'adulte: 60-100 g.j ⁻¹ (FNB/IOM, 2002) <i>Dietary intake not determined.</i> <i>Biosynthesis rate in adults: 60-100 g.d⁻¹ (FNB/IOM, 2002)</i> |
| Glycine <i>Glycine</i> | 3,2 g.j ⁻¹ (Glycine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>3.2 g.d⁻¹ (dietary glycine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Histidine <i>Histidine</i> | 2,2 g.j ⁻¹ (Histidine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>2.2 g.d⁻¹ (dietary histidine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Lysine <i>Lysine</i> | 5,3 g.j ⁻¹ (Lysine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) 6,1 g.j ⁻¹ (Martin <i>et al.</i> , 2004) <i>5.3 g.d⁻¹ (dietary lysine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> <i>6.1 g.d⁻¹ (Martin et al., 2004)</i> |
| Méthionine <i>Methionine</i> | 1,8 g.j ⁻¹ (Méthionine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) 2,1 g.j ⁻¹ (Martin <i>et al.</i> , 2004) <i>1.8 g.d⁻¹ (dietary methionine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> <i>2.1 g.d⁻¹ (Martin et al., 2004)</i> |
| Phénylalanine <i>Phenylalanine</i> | 3,4 g.j ⁻¹ (Phénylalanine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>3.4 g.d⁻¹ (dietary phenylalanine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Proline <i>Proline</i> | 5,2 g.j ⁻¹ (Proline alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>5.2 g.d⁻¹ (dietary proline or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Sérine <i>Serine</i> | 3,5 g.j ⁻¹ (Sérine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>3.5 g.d⁻¹ (dietary serine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Thréonine <i>Threonine</i> | 3 g.j ⁻¹ (Thréonine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>3 g.d⁻¹ (dietary threonine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Tryptophane <i>Tryptophan</i> | 0,9 g.j ⁻¹ (Tryptophane alimentaire ou présent dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>0.9 g.d⁻¹ (dietary tryptophan or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Tyrosine <i>Tyrosine</i> | 2,8 g.j ⁻¹ (Tyrosine alimentaire ou présente dans les suppléments, NHANES III, in FNB/IOM, 2002) <i>2.8 g.d⁻¹ (dietary tyrosine or present in supplements, NHANES III, in FNB/IOM, 2002)</i> |
| Taurine <i>Taurine</i> | 123 mg.j ⁻¹ chez les humains omnivores, 17 mg.j ⁻¹ chez les lacto-ovo-végétariens et 0 mg.j ⁻¹ chez les végétaliens stricts (Laidlaw <i>et al.</i> , 1990) <i>123 mg.d⁻¹ in omnivorous humans, 17 mg.d⁻¹ in lacto-ovo-vegetarians and 0 mg.d⁻¹ in strict vegans (Laidlaw et al., 1990)</i> |
| Carnitine <i>Carnitine</i> | 12 µmol par jour et par kg de poids corporel, chez les humains omnivores (Rebouche, 1992) <i>12 µmol per day and per kg bodyweight, in omnivorous humans (Rebouche, 1992)</i> |
| Créatine <i>Creatine</i> | Environ 1 g.j ⁻¹ chez les humains omnivores (Paddon-Jones, 2004) <i>Approximately 1 g.d⁻¹ in omnivorous humans (Paddon-Jones, 2004)</i> |

III - QUALITÉ DES SOURCES PROTÉIQUES ALIMENTAIRES

Analyse des protéines dans les aliments

Jusqu'à ce jour, la qualité des sources protéiques est presque exclusivement définie par leurs capacités à couvrir les besoins en protéines et en acides aminés indispensables.

Les protéines animales majoritairement présentes dans les aliments des pays industrialisés proviennent du lait, de l'œuf et de la viande. Les protéines végétales proviennent essentiellement des céréales et des légumineuses. Elles peuvent être naturellement présentes dans les aliments ou être rajoutées pour des raisons nutritionnelles ou techno-fonctionnelles. Les traitements technologiques qui leur sont appliqués lors des procédés d'extraction d'une part, et de mise en œuvre pour la fabrication de produits alimentaires d'autre part, sont susceptibles de modifier leurs caractéristiques et leurs propriétés. En ce qui concerne des recommandations de recherche, un effort particulier doit être fourni afin de caractériser ces modifications de même que leur impact sur le plan nutritionnel. En outre, les activités précises de composés issus du lait (protéines biologiquement actives, peptides actifs), leur possibilité d'incorporation dans des produits alimentaires, les doses actives et les doses maximales utilisables devront être clairement précisées pour chaque composé.

Le groupe de travail estime que la caractérisation nutritionnelle des protéines alimentaires doit impérativement comprendre une évaluation de l'azote total (selon la méthode de Dumas ou de Kjeldahl) et une détermination précise des acides aminés par chromatographie liquide, impliquant plusieurs types et temps d'hydrolyse.

Le choix d'un ou plusieurs facteurs de conversion dépend de l'objectif. Ainsi, s'il est de rendre compte de la capacité d'un produit à fournir de l'azote, un seul coefficient suffit. En revanche, si l'objectif est de rendre compte du potentiel du produit à fournir des acides aminés, le recours à des coefficients spécifiques, établis à partir de la teneur en azote et en acides aminés, paraît plus pertinent que l'emploi d'un facteur commun. Une problématique strictement nutritionnelle repose sur la connaissance de la composition de l'aliment en azote et en acides aminés indispensables.

Le groupe de travail considère également qu'en ce qui concerne les teneurs en acides aminés, la banque de données de composition du Centre d'information sur la qualité des aliments (Ciqal, Afssa) doit être complétée.

III - QUALITY OF DIETARY PROTEIN SOURCES

Analysis of proteins in foodstuffs

To date, the quality of protein sources has been almost exclusively defined by their capacity to meet protein and indispensable amino acid requirements.

The animal proteins predominantly present in foodstuffs in industrialised countries come from milk, eggs and meat. Plant proteins mainly come from cereals and leguminous vegetables. They may be naturally present in foods or be added for nutritional or technical and functional reasons. The technological treatments applied to them during extraction processes, on the one hand, and when they are processed during the production of foodstuffs, on the other, may modify their characteristics and properties. As far as research recommendations are concerned, there should be a particular focus on characterising these modifications, along with their impact in nutritional terms. In addition, the precise activities of substances derived from milk (biologically active proteins, active peptides), the possibility of incorporating these in foods, the active doses and maximum doses that can be used must be clearly specified for each substance.

The working group considers it essential for the nutritional characterisation of dietary proteins to include an evaluation of total nitrogen (using the Dumas or Kjeldahl method) and an accurate determination of amino acids by liquid chromatography, involving several hydrolysis types and times.

The choice of one or several conversion factors depends on the objective. Hence, if the aim is to indicate a product's capacity to supply nitrogen, a single coefficient is enough. However, if the objective is to indicate a product's potential to supply amino acids, the use of specific coefficients, determined on the basis of nitrogen and amino acid content, appears to be more relevant than the use of one common factor. A strictly nutritional question is based on knowledge of the food's nitrogen and indispensable amino acid content.

The working group also considers that the composition databank of the Centre d'information sur la qualité des aliments (Ciqal – Information centre on food quality, Afssa) needs to be supplemented with respect to amino acid contents.

Évaluation de la qualité nutritionnelle de l'apport protéique par la méthode du PD-CAAS

À l'exception des nourrissons jusqu'à 6 mois pour lesquels la référence demeure la composition en acides aminés indispensables du lait de femme (profil « nourrisson » du tableau 5), le PD-CAAS (*Protein digestibility corrected amino-acid score*) est la méthode de référence recommandée par la FAO pour évaluer la qualité des protéines. Elle présente l'intérêt d'être standardisée dans un document officiel (FAO/WHO, 1990), si bien que les données issues de différents laboratoires sont comparables entre elles. Un profil « adulte », utilisable chez l'enfant à partir de 7 mois, est proposé (tableau 5), avec deux modes d'expression. L'expression du profil en mg d'AA/g de N est à privilégier.

Evaluation of the nutritional quality of protein intake using the PD-CAAS method

With the exception of infants up to the age of 6 months, for which the reference remains the indispensable amino acid composition of human breast milk ("infant" profile in table 5), the Protein digestibility corrected amino-acid score (PD-CAAS) is the reference method recommended by the FAO to evaluate the quality of proteins. It has the advantage of being standardised in an official document (FAO/WHO, 1990), so that data produced by different laboratories are comparable with one another. An "adult" profile, that can be used in children from the age of 7 months, is proposed (table 5), with two methods of expression. Expression of the profile in mg AA/g N should be favoured.

TABLEAU 5. PROFILS PROPOSÉS PAR L'AFSSA COMME PROFILS DE RÉFÉRENCE

TABLE 5. PROFILES PROPOSED BY AFSSA AS REFERENCE PROFILES

| | Nourrisson <i>Infant</i> | | Adulte <i>Adult</i> | |
|--|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | mg.g ⁻¹ prot (1) | mg.g ⁻¹ N (2) | mg.g ⁻¹ prot (3) | mg.g ⁻¹ N (4) |
| Histidine <i>Histidine</i> | 28 | 173 | 17 | 105 |
| Isoleucine <i>Isoleucine</i> | 62 | 389 | 27 | 171 |
| Leucine <i>Leucine</i> | 113 | 708 | 59 | 371 |
| Valine <i>Valine</i> | 64 | 403 | 27 | 171 |
| Lysine <i>Lysine</i> | 78 | 486 | 45 | 286 |
| Méthionine + Cystine <i>Methionine + Cystine</i> | 40 | 250 | 23 | 143 |
| Phénylalanine + Tyrosine <i>Phenylalanine + Tyrosine</i> | 92 | 576 | 41 | 257 |
| Thréonine <i>Threonine</i> | 52 | 326 | 25 | 152 |
| Tryptophane <i>Tryptophan</i> | 24 | 153 | 6 | 38 |

(1) Composition du lait maternel (en considérant que 100 mL de lait contiennent 0,9 g de protéines, voir paragraphe 2.2.1.2. du chapitre V du rapport complet, (Jensen, 1989) et (Beaufre et al., 1997)).

(2) Composition du lait maternel en considérant que 100 mL de lait contiennent 0,144 g N.

(3) Besoins en acides aminés de l'adulte/0,66 g.kg⁻¹.d⁻¹ de protéines (voir tableau 39 chapitre V du rapport complet).

(4) Besoins en acides aminés de l'adulte/105 mg N.kg⁻¹.j⁻¹ (voir tableau 39 chapitre V du rapport complet).

(1) Composition of human breast milk (considering that 100 mL milk contains 0.9 g proteins, see paragraph 2.2.1.2. of chapter V of the full report, (Jensen, 1989) and (Beaufre et al., 1997)).

(2) Composition of human breast milk considering that 100 mL milk contains 0.144 g N.

(3) Adult amino acid requirements/0.66 g.kg⁻¹.d⁻¹ proteins (see table 39 chapter V of the full report).

(4) Adult amino acid requirements/105 mg N.kg⁻¹.d⁻¹ (see table 39 chapter V of the full report).

Ce profil doit être utilisé systématiquement pour les aliments courants. Pour les autres aliments (DDAP), l'emploi d'une autre protéine de référence ne peut se justifier que s'il est avéré que le profil des besoins en acides aminés de la population cible diffère de celui de la population concernée par ce profil. Pour évaluer un régime alimentaire, le PD-CAAS est un indice de couverture des besoins en acides aminés indispensables; dans ce cas la valeur cible de recommandation en ce qui concerne le PD-CAAS reste 100 %. Pour évaluer une source protéique, le PD-CAAS est un indice de qualité: dans ce cas, la question se pose de ne plus plafonner le PD-CAAS à 100 % pour traduire son potentiel comme source d'acides aminés indispensables.

This profile must be systematically used for commonly eaten foods. For other foods (FPNU – foodstuffs intended for particular nutritional uses), the use of another reference protein can only be justified if it is known that the amino acid requirement profile of the target population differs from that of the population concerned by this profile. To evaluate a diet, the PD-CAAS is an index for coverage of indispensable amino acid requirements; in this case, the recommended target value with respect to the PD-CAAS remains 100%. To evaluate a protein source, the PD-CAAS is a quality index; in this case, the question whether to no longer set a ceiling of 100% for the PD-CAAS, in order to reflect its potential as a source of indispensable amino acids, is raised.

Dans la mesure du possible, les valeurs de PD-CAAS devront être complétées par d'autres valeurs. Étant donné les disparités méthodologiques rencontrées pour chaque type d'approche, les différents indices utilisés (Coefficient d'efficacité protéique CEP, digestibilité, Utilisation protéique nette UPN, Valeur biologique VB...) n'auront de sens que s'ils sont comparés systématiquement à ceux obtenus pour un même isolé protéique dont la qualité est mesurée dans des conditions méthodologiques identiques. Les protéines de lait totales constituent un bon candidat à cet isolé référent. Ainsi, il pourra être stipulé que pour une condition et une méthodologie déterminée, la valeur nutritionnelle d'une protéine sera de X % celle des protéines de lait.

Parmi les valeurs de biodisponibilité, les valeurs issues des mesures de digestibilité présentent un intérêt qui dépend de l'objectif recherché. Une valeur de digestibilité apparente au niveau fécal ne semble pas acceptable. La mesure au niveau iléal ou cæcal devra être privilégiée par rapport au niveau fécal. L'établissement de données chez l'homme doit être privilégié, lorsque c'est possible. Trois éléments sont à considérer : (1) la méthode, (2) le modèle et (3) le niveau d'étude. Les mesures de digestibilités *in vitro* ne peuvent être utilisées que comme des tests de comparaisons de produits entre eux mais ne peuvent en aucun cas servir de valeurs de référence.

En ce qui concerne la biodisponibilité métabolique, les indices de rétention azotée sont le reflet de la part de la contribution de chaque acide aminé, indispensable et non-indispensable, à l'apport protéique, des interactions entre la protéine et son environnement dans l'aliment ainsi que des réponses physiologiques à l'ingestion de l'aliment.

Enfin, la mesure de réponses diversifiées visant à considérer la qualité protéique comme un facteur de prévention des pathologies chroniques peut être envisagée. De manière non exhaustive, ces réponses concernent la prise alimentaire, la composition corporelle, les flux anaboliques et cataboliques, les marqueurs de risque de maladies métaboliques, et peuvent s'appliquer à des populations particulières pour lesquelles une réflexion sur l'optimisation de l'équilibre nutritionnel doit être engagée.

Étiquetage et allégations

L'analyse menée dans ce rapport sera utilisée pour compléter les « Lignes directrices » adressées aux pétitionnaires pour l'évaluation de leurs dossiers déposés à l'Afssa, en ce qui concerne les protéines, peptides et acides aminés.

En ce qui concerne les allégations relatives aux protéines des aliments :

Allégations nutritionnelles du type « source » ou « riche en protéines » : les données du présent rapport et la réflexion du groupe de travail conduisent à statuer qu'un aliment devrait pouvoir porter l'allégation « source de protéines » s'il satisfait à la fois aux deux

As far as possible, PD-CAAS data must be supplemented by other values. Given the methodological disparities encountered for each type of approach, the different indices used (protein efficiency ratio PER, digestibility, net protein utilisation NPU, biological value BV, etc.) will only have any significance if they are systematically compared with those obtained for the same protein isolate, the quality of which is measured in identical methodological conditions. Total milk proteins represent a good candidate for this reference isolate. Hence, it may be stipulated that for a determined condition and methodology, the nutritional value of a protein will be X% that of milk proteins.

For bioavailability values, the usefulness of the values produced by digestibility measurements depends on the objective. A faecal apparent digestibility value does not appear to be acceptable. Ileal or caecal measurement should be favoured over faecal measurement. The determination of data in humans should be favoured whenever this is possible. Three factors must be taken into consideration: (1) the method, (2) the model, and (3) the study level. In vitro digestibility measurements can only be used as tests to compare products with one another and can never serve as reference values.

In terms of metabolic bioavailability, nitrogen retention indices reflect the contribution of each indispensable and non-indispensable amino acid to protein intake, interactions between the protein and its environment in the food, and physiological responses to ingestion of the food.

Finally, measurement of diversified responses aimed at considering protein quality as a factor in the prevention of chronic diseases can be envisaged. Non-exhaustively, these responses concern food intake, body composition, anabolic and catabolic fluxes, metabolic disease risk markers, and can be applied to specific populations, for whom a reflection process must be begun to consider how to optimise nutritional balance.

Labelling and claims

The analysis carried out in this report will be used to supplement the "Guidelines" sent out to petitioners for evaluation of their dossiers submitted to Afssa, with respect to proteins, peptides and amino acids.

With respect to claims relative to proteins in foods:

Nutritional claims, such as "source of protein" or "protein-rich": *the data in the present report and the discussions of the working group lead to the conclusion that a food should be able to bear the claim "source of protein" if it simultaneously meets the following two criteria: energy provided by proteins more than 10% of the food's total energy and quantity of proteins more than 10% of*

critères suivants : énergie apportée par les protéines supérieure à 10 % de l'énergie totale de l'aliment et quantité de protéines supérieure à 10 % de la valeur nutritionnelle de référence (VNR) pour 100 g (pour un aliment solide, ou 5 % de la VNR pour 100 mL dans le cas d'un aliment liquide). Le groupe de travail propose une VNR de 55 g de protéines. Le principe usuel du doublement de ces seuils est appliqué pour riche en protéines. Le groupe de travail estime souhaitable que la définition d'un produit « hyperprotéiné » comprenne un critère quantitatif et un critère qualitatif. Un produit « hyperprotéiné » devrait contenir des protéines de bonne qualité, c'est-à-dire avec un PD-CAAS supérieur ou égal à 100 %. La définition d'un critère quantitatif pour ces produits, dont certains sortent du domaine de ce rapport, mériterait une réflexion approfondie, notamment au regard du seuil proposé par le groupe de travail pour l'allégation « riche en protéines ».

Allégations relatives au rôle des protéines comme facteurs indispensables pour le maintien ou l'accroissement de la masse des protéines corporelles : les groupes plus particulièrement concernés sont les enfants et les personnes âgées ; ces aspects sont particulièrement sensibles pour le muscle, le système immunitaire, l'os. Une allégation générique dans ce domaine est encore prématurée mais pourrait être envisagée après réflexion sur sa (ses) formulation(s) et l'ensemble des données scientifiques disponibles.

Allégations relatives aux effets spécifiques d'acides aminés particuliers : exemple leucine, arginine, acides aminés soufrés, glutamine, tryptophane, tyrosine... – c'est un domaine prometteur sur le plan de la recherche et déjà documenté, avec des potentialités réelles en terme de développement des données scientifiques. Compte tenu des cibles spécifiques concernées, il paraît cependant difficile, en l'état actuel des connaissances, d'envisager des allégations génériques. Un examen au cas par cas doit être envisagé.

Allégations relatives aux relations entre les protéines, le métabolisme énergétique, et la prise alimentaire : c'est un domaine suscitant un intérêt croissant, avec un enjeu important dans le contexte actuel de santé publique caractérisée par le surpoids et les risques associés – de plus en plus de données sont disponibles, mais on manque encore de recul et parfois de marqueur (pour la satiété par exemple) sur ces thèmes. Un examen au cas par cas doit être envisagé.

Allégations relatives à des composés bioactifs protéiques et peptidiques : exemple lactoferrine, peptide « anti-stress », peptides immunomodulateurs... – c'est un domaine suscitant un intérêt croissant avec des enjeux de valorisation importants. Compte tenu de la diversité des composés et des actions alléguées, un examen au cas par cas doit être envisagé.

La synthèse des principales recommandations de recherche identifiées dans ce rapport est indiquée dans le tableau 6.

the dietary reference value (DRV) per 100 g (for a solid food, or 5% of the DRV per 100 ml in the case of a liquid food). The working group proposes a DRV of 55 g protein. The usual principle of doubling these levels is applied for "protein-rich". The working group considers that it is preferable that the definition of a "high-protein" dietetic product should include a quantitative criterion and a qualitative criterion. A "high-protein" dietetic product ought to contain good-quality proteins, i.e. with a PD-CAAS greater than or equal to 100%. The definition of a quantitative criterion for these products, some of which are outside the scope of this report, merits in-depth consideration, particularly in terms of the level proposed by the working group for the "protein-rich" claim.

Claims relative to the role of proteins as indispensable factors to maintain or increase the mass of body proteins: the groups more specifically concerned are children and the elderly; these aspects are particularly sensitive for the muscles, the immune system, the bones. A generic claim in this area is still premature but could be considered following consideration of its formulation(s) and all the scientific data available.

Claims relative to the specific effects of particular amino acids: for example leucine, arginine, sulphur-containing amino acids, glutamine, tryptophan, tyrosine, etc. – this is a promising field in terms of research and one that is already documented, with real potential in terms of the development of scientific data. Given the specific targets concerned, it nonetheless appears difficult, on the basis of current knowledge, to envisage generic claims. Examination on a case-by-case basis must be envisaged.

Claims relative to relationships between proteins, energy metabolism, and dietary intake: this is a field that is attracting increasing interest, and one which has important implications in the current public health context, characterised by overweight and the related problems. More and more data are available, but there is still insufficient experience and sometimes no markers (for satiety, for example) for these themes. Examination on a case-by-case basis must be envisaged.

Claims relative to bioactive protein and peptide substances: for example lactoferrin, "anti-stress" peptide, immune-modulating peptides, etc. – this is a field that is attracting increasing interest, with significant implications in terms of development. Given the diversity of substances and the claimed actions, examination on a case-by-case basis must be envisaged.

A summary of the main research recommendations identified in this report is given in table 6.

TABLEAU 6. SYNTHÈSE DES PRINCIPALES RECOMMANDATIONS DE RECHERCHE IDENTIFIÉES DANS LE RAPPORT

| Recommandations concernant la recherche | Enjeux |
|--|--|
| Données de consommation en protéines | |
| Évaluation des déterminants de la consommation de protéines alimentaires en France (facteurs socio-démographiques et comportementaux, activité physique, âge, sexe, impact des allégations nutritionnelles...) et évaluation de l'évolution du profil de consommation selon celle de l'apport protéique. | Posséder des méthodes et des données permettant une meilleure prise en compte de l'apport protéique dans les recommandations nutritionnelles. Mieux connaître les facteurs qui déterminent ou sont associés à la consommation de protéines. |
| Analyse de la qualité nutritionnelle des protéines | |
| Précision des critères de détermination de la qualité nutritionnelle des protéines : mesures de digestibilité, méthodes d'indice chimique des acides aminés, méthodes et modèles <i>in vivo</i> . Mesures de réponses diversifiées (prise alimentaire, composition corporelle, flux anaboliques et cataboliques, marqueurs de risque des maladies métaboliques...) visant à considérer la qualité protéique comme un facteur de prévention des pathologies chroniques ; définition d'un apport protéique optimal. | Evaluer les réponses métaboliques et physiologiques à l'ingestion de protéines et obtenir un consensus sur les méthodes d'évaluation de la qualité nutritionnelle des protéines. |
| Amélioration des données de composition en protéines et acides aminés des aliments consommés en France : affinement des facteurs de conversion de l'azote, enrichissement des données de composition en acides aminés, amélioration des méthodes d'analyse des protéines et des acides aminés. | Obtenir un consensus sur les méthodes d'évaluation et les données de référence de la teneur en acides aminés et en protéines des aliments. |
| Impact des traitements technologiques (procédés d'extraction, traitements industriels et ménagers des produits alimentaires) sur les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines : caractérisation des modifications éventuelles et de l'impact sur le plan physiologique. | Posséder des données pour juger des possibilités d'amélioration ou des risques d'altération de la qualité des protéines selon les traitements. |
| Conséquences d'un apport élevé en protéines | |
| Évaluation des conséquences physiologiques à moyen et long termes d'un apport en protéines élevé chez l'homme (selon l'âge, etc.) : prise alimentaire, développement du tissu adipeux, sensibilité à l'insuline, tolérance au glucose, métabolisme des lipides, risque cardio-vasculaire, altérations de divers tissus et organes (en particulier os, foie et rein), évaluation des risques de pathologies coliques (inflammation, cancer) en particulier via une augmentation des métabolites bactériens lumineux. | Répondre à une question de santé publique dans le cadre actuel de l'apport élevé en protéines et de la tendance au développement de régimes riches ou très riches en protéines. Identifier des marqueurs permettant de définir (ou d'affiner la définition) des seuils minimal, maximal et optimal d'apport protéique. |
| Métabolisme protéinogène des acides aminés | |
| Étude de la modulation de la protéosynthèse et de la protéolyse par des facteurs nutritionnels (les acides aminés, chronologie d'apport) ou l'exercice physique : cas des personnes âgées et des sportifs. | Disposer de données permettant d'évaluer l'intérêt de stratégies nutritionnelles visant à protéger les tissus maigres (tissus musculaires). |
| Évaluation des besoins nutritionnels en acides aminés indispensables des nourrissons, enfants, femmes enceintes et allaitantes, personnes âgées (et différence hommes/femmes). | Compléter nos connaissances sur les besoins en protéines et en acides aminés dans différentes situations physiologiques afin de formuler de recommandations nutritionnelles adaptées. |
| Mener des études basées sur des méthodes isotopiques pour évaluer les valeurs du besoin nutritionnel en acides aminés aromatiques, isoleucine et histidine chez l'adulte. | |
| Évaluation de l'effet, chez les végétaliens, d'un apport complémentaire en certains acides aminés non indispensables peu ou pas consommés par cette population. | |

TABLEAU 6. SYNTHÈSE DES PRINCIPALES RECOMMANDATIONS DE RECHERCHE IDENTIFIÉES DANS LE RAPPORT (SUITE)

| Recommandations concernant la recherche | Enjeux |
|---|---|
| Propriétés spécifiques de protéines et d'acides aminés | |
| Mise en œuvre d'études portant sur des extraits protéiques caractérisés (protéines végétales et notamment soja, protéines animales) pour évaluer leur effet sur les dysfonctionnements métaboliques et les risques cardiovasculaires. | Disposer de données permettant d'évaluer l'intérêt éventuel d'une supplémentation en certaines protéines ou en certains acides aminés dans le cadre de revendications d'effets spécifiques de ces composés. |
| Évaluation des activités spécifiques de divers composés protéiques issus du lait et d'autres sources animales et végétales (protéines biologiquement actives, peptides actifs). | |
| Besoins en acides aminés soufrés (méthionine, cystéine): 1) au regard du rôle du glutathion en particulier dans les défenses contre le stress oxydant, 2) pour ses relations avec l'homocystéinémie comme facteur de risque cardiovasculaire. | |
| Conséquences et intérêt d'un apport supplémentaire d'arginine: 1) comme précurseur du monoxyde d'azote et modulation du risque cardiovasculaire, 2) en relation avec ses effets sécrétagogues... | |
| Impact de la disponibilité en acides aminés précurseurs de neurotransmetteurs sur le taux de biosynthèse de ces derniers. | |
| Conséquences d'un apport élevé en acides aminés libres | |
| Évaluation des risques induits par des apports élevés d'acides aminés libres. | Déterminer des limites supérieures de sécurité pour les acides aminés libres. |

TABLE 6. SUMMARY OF THE MAIN RESEARCH RECOMMENDATIONS IDENTIFIED IN THE REPORT

| Recommendations concerning research | Challenges |
|---|--|
| Dietary protein intake data | |
| Evaluation of the determining factors for dietary protein intake in France (sociodemographic and behavioural factors, physical activity, age, sex, impact of nutritional claims, etc.) and evaluation of the evolution of dietary consumption profile according to that for protein intake. | Possess methods and data enabling better incorporation of protein intake in nutritional recommendations. Gain a better understanding of the factors determining or linked to dietary protein intake. |
| Analysis of the nutritional quality of proteins | |
| Precision of criteria to determine the nutritional quality of proteins: digestibility measurements, amino acid chemical index methods, in vivo methods and models. Measurements of diversified responses (dietary intake, body composition, anabolic and catabolic fluxes, metabolic disease risk markers, etc.) aimed at considering protein quality as a factor for the prevention of chronic diseases; definition of an optimum protein intake. | Evaluate the metabolic and physiological responses to the ingestion of proteins and obtain a consensus with respect to methods for the evaluation of the nutritional quality of proteins. |
| Improvement of protein and amino acid composition data for foods eaten in France: fine-tuning of nitrogen conversion factors, enrichment of amino acid composition data, improvement of protein and amino acid analysis methods. | Obtain a consensus with respect to evaluation methods and reference data for the amino acid and protein content of foods. |
| Impact of technological treatments (extraction processes, industrial and domestic processing of food products) on the nutritional and functional properties of proteins: characterisation of potential modifications and the impact in physiological terms. | Possess data to assess the possibility of improvement or risk of alteration in the quality of proteins according to treatments. |

TABLE 6. SUMMARY OF THE MAIN RESEARCH RECOMMENDATIONS IDENTIFIED IN THE REPORT

| Recommendations concerning research | Challenges |
|--|---|
| Consequences of a high protein intake | |
| <p>Evaluation of the medium and long-term physiological consequences of a high protein intake in humans (depending on age, etc.): dietary intake, development of adipose tissue, sensitivity to insulin, glucose tolerance, lipid metabolism, cardiovascular risk, alteration of various tissues and organs (in particular the bones, liver and kidneys), assessment of colonic disease risk (inflammation, cancer), in particular via an increase in luminal bacterial metabolites.</p> | <p>Provide a response to a public health issue in the current context of high protein intakes and the tendency towards the development of high or very high-protein diets. Identify the markers that could be used to define (or fine-tune the definition of) minimum, maximum and optimum protein intake levels.</p> |
| Proteinogenic metabolism of amino acids | |
| <p>Study of the modulation of proteosynthesis and proteolysis by nutritional factors (amino acids, chronology of intake) or physical exercise: case of elderly people and athletes.</p> | <p>Have data making it possible to evaluate the benefit of nutritional strategies designed to protect lean tissue (muscle tissue).</p> |
| <p>Evaluation of the indispensable amino acid requirements of infants, children, pregnant and breast-feeding women, elderly people (and difference between men and women).</p> | <p>Supplement our knowledge of protein and amino acid requirements in different physiological situations in order to formulate appropriate nutritional recommendations.</p> |
| <p>Conduct studies based on isotopic methods to evaluate nutritional requirement values for aromatic amino acids, isoleucine and histidine in adults.</p> | |
| <p>Evaluation of the effect, in vegans, of supplementation with certain non-indispensable amino acids not or little consumed in the diet by this population.</p> | |
| Specific properties of proteins and amino acids | |
| <p>Implementation of studies concerning characterised protein extracts (plant proteins and, in particular, soybean, animal proteins) to assess their effect on metabolic dysfunctions and cardiovascular risks.</p> | <p>Have data making it possible to evaluate the potential benefit of supplementation with certain proteins or certain amino acids in the context of claims that these substances have specific effects.</p> |
| <p>Evaluation of the specific activities of various protein substances derived from milk and other animal and plant sources (biologically active proteins, active peptides).</p> | |
| <p>Sulphur-containing amino acid requirements (methionine, cysteine): 1) in terms of the role of glutathione in particular in defences against oxidative stress, 2) for its relationships with homocysteine levels as a cardiovascular risk factor.</p> | |
| <p>Consequences and benefit of supplementary intake of arginine: 1) as a nitric oxide precursor and regulation of cardiovascular risk, 2) related to its secretagogic effects, etc.</p> | |
| <p>Impact of the availability of amino acids that are neurotransmitter precursors on the biosynthesis rate of the latter.</p> | |
| Consequences of a high free amino acid intake | |
| <p>Assessment of the risks induced by high free amino acid intakes.</p> | <p>Determine the tolerable upper intake levels for free amino acids.</p> |

BIBLIOGRAPHIE CITÉE DANS LA SYNTHÈSE

BIBLIOGRAPHY CITED IN THE EXECUTIVE OVERVIEW

Beaufrere, B., Bresson, J. L., Ghisolfi, J., O., G., et al. (1997). Protein requirements in healthy infants and children. Committee on Nutrition of the French Society of Pediatrics. *Arch Pediatr*, 4, pp. 373-82.

FAO/WHO Eds. (1990). Protein quality evaluation: report of the joint FAO/WHO expert consultation, Bethesda, MD, USA, 4-8 December 1989. Rome, Italie, FAO/WHO.

FNB/IOM (2002). Protein and amino acids. In: FNB/IOM Eds. Dietary reference intakes for energy, carbohydrates, fiber, fat, protein and amino acids (macronutrients). Washington D.C., The National Academies Press, pp. 1-143.

Jensen, R. G. Eds. (1989). Handbook of milk composition. New-York (USA), Academic Press.

Laidlaw, S. A., Grosvenor, M. and Kopple, J. D. (1990). The taurine content of common foodstuffs. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 14, pp. 183-8.

Mailliard, M. E., Stevens, B. R. and Mann, G. E. (1995). Amino acid transport by small intestinal, hepatic, and pancreatic epithelia. *Gastroenterology*, 108, pp. 888-910.

Martin, A., Azaïs-Braesco, V., Bresson, J. L., Couet, C., et al. Eds. (2001). Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris, Tec & Doc.

Martin, A., Touvier, M. and Volatier, J. L. (2004). The basis for setting the upper range of adequate intake for regulation of macronutrient intakes, especially amino acids. *J Nutr*, 134, pp. 1625S-1629S; discussion 1630S-1632S, 1667S-1672S.

Munck, L. K. and Munck, B. G. (1992). Variation in amino acid transport along the rabbit small intestine. Mutual jejunal carriers of leucine and lysine. *Biochim Biophys Acta*, 1116, pp. 83-90.

Paddon-Jones, D., Borsheim, E., Wolfe, R.R. (2004). Potential ergogenic effects of arginine and creatine supplementation. *J. Nutr.*, 134, pp. 2888S-2894S.

Phillips, S. M. (2004). Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition*, 20, pp. 689-95.

Rebouche, C. J. (1992). Carnitine function and requirements during the life cycle. *FASEB J*, 6, pp. 3379-886.

Tarnopolsky, M. (2004). Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition*, 20, pp. 662-8.

Vidailhet, M., Bellisle, F., Berta, J. L., Bresson, J. L., et al. Eds. (2004). Apports nutritionnels conseillés pour les enfants et adolescents sportifs de haut niveau de performance. Paris, France, Tec&Doc.

La bibliographie complète du rapport « Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations », est consultable sur le site Internet de l'Afssa : www.afssa.fr

The complete bibliography for the "Protein intake: dietary intake, quality, requirements and recommendations" report can be consulted on the Afssa website: www.afssa.fr

SOMMAIRE DU RAPPORT COMPLET

| | |
|--|-----------|
| Saisine 2004-SA-0052 | 11 |
| Composition du groupe de travail | 12 |
| Sigles et abréviations | 13 |
| Introduction | 16 |
| I – Protéines de nos aliments | 21 |
| 1. Données de composition en protéines et acides aminés | 21 |
| 1.1. Présentation de la banque de données du Ciqual (Afssa) | 21 |
| 1.2. Données de composition en protéines | 21 |
| 1.3. Profil en acides aminés de quelques protéines | 23 |
| 2. Protéines de nos aliments et propriétés fonctionnelles | 23 |
| 2.1. Protéines lactières | 23 |
| 2.1.1. Composition en protéines lactières | 23 |
| 2.1.2. Utilisations des protéines lactières | 24 |
| 2.1.3. Devenir des protéines lactières en fonction du process et des conditions du milieu | 26 |
| 2.2. Protéines d'œuf de poule | 27 |
| 2.2.1. Composition protéique de l'œuf de poule | 27 |
| 2.2.2. Industrie des ovoproduits : technologies et produits | 28 |
| 2.3. Protéines musculaires | 31 |
| 2.3.1. Diversité biologique du tissu musculaire | 31 |
| 2.3.2. L'étude de l'hydrophobicité des protéines musculaires et ses conséquences | 32 |
| 2.3.3. Rétention d'eau du muscle | 33 |
| 2.3.4. Propriétés gélifiantes des protéines myofibrillaires | 33 |
| 2.3.5. Valorisation des protéines musculaires et de leurs dérivés | 34 |
| 2.4. Protéines végétales | 34 |
| 2.4.1. Différentes protéines de graines | 34 |
| 2.4.2. Procédés de fabrication et propriétés fonctionnelles des protéines végétales | 35 |
| 3. Dosage de l'azote et des acides aminés | 38 |
| 3.1. Méthodes de dosage de l'azote | 38 |
| 3.1.1. La méthode de Kjeldahl | 38 |
| 3.1.2. La méthode de Dumas | 38 |
| 3.1.3. La méthode infrarouge | 39 |
| 3.2. Conversion de l'azote en protéines : quels facteurs ? | 39 |
| 3.3. Dosage des protéines par différentes méthodes colorimétriques | 43 |
| 3.4. Méthodes de dosage des acides aminés | 45 |
| 3.5. Conclusions | 48 |
| II - Données de consommation de protéines en France : le constat | 50 |
| 1. Évaluation des apports en protéines dans la population française (Enquête INCA 1) : niveau des apports, aliments vecteurs et groupes de consommateurs | 50 |
| 1.1. Objectifs | 50 |
| 1.2. Méthodologie | 50 |
| 1.2.1. L'enquête INCA 1 | 50 |
| 1.2.2. Définition des variables | 51 |
| 1.3. Distribution de l'apport protéique dans la population | 51 |
| 1.3.1. Distribution de l'apport protéique exprimé en g.j ⁻¹ | 51 |
| 1.3.2. Distribution de l'apport protéique exprimé en g.kg ⁻¹ .j ⁻¹ | 53 |
| 1.3.3. Distribution de l'apport protéique exprimé en % de l'apport énergétique sans alcool (AES) | 55 |

| | |
|---|-----------|
| 1.4. Aliments et groupes d'aliments vecteurs de l'apport protéique | 57 |
| 1.4.1. Aliments vecteurs. | 57 |
| 1.4.2. Groupes d'aliments vecteurs | 58 |
| 1.4.3. Évolution selon l'âge des groupes d'aliments vecteurs | 59 |
| 1.5. Associations entre apports protéiques, facteurs socio-démographiques et comportementaux | 60 |
| 1.5.1. Apports protéiques et profession et catégorie sociale (PCS) du chef de ménage | 60 |
| 1.5.2. Apports protéiques et région d'habitation | 60 |
| 1.5.3. Apports protéiques et autres facteurs socio-démographiques | 61 |
| 1.5.4. Apports protéiques et activité physique de loisir | 61 |
| 1.5.5. Apports protéiques et suivi de régime. | 61 |
| 1.6. Caractéristiques des « forts » et « faibles » consommateurs de protéines | 62 |
| 1.7. Caractéristiques nutritionnelles selon l'apport protéique. | 64 |
| 1.7.1. Étude des 5 groupes définis selon les apports protéiques en $g \cdot j^{-1}$ | 64 |
| 1.7.2. Étude des 5 groupes définis selon les apports protéiques en $g \cdot kg^{-1} \cdot j^{-1}$ | 65 |
| 1.7.3. Étude des 5 groupes définis selon les apports protéiques en % de l'apport énergétique sans alcool. | 66 |
| 2. Données de consommation dans des populations spécifiques | 69 |
| 2.1. Consommation de protéines et d'acides aminés chez les sportifs d'endurance en France | 69 |
| 2.1.1. Données disponibles d'apports protéiques chez le sportif d'endurance | 69 |
| 2.1.2. Cadre d'étude | 70 |
| 2.1.3. Résultats | 71 |
| 2.1.4. Conclusion | 75 |
| 2.2. Consommation de protéines chez les personnes âgées en France | 75 |
| 2.2.1. Apport moyen observé en France | 75 |
| 2.2.2. Facteurs de variation de la consommation de protéines | 77 |
| 2.2.3. Principales sources de protéines | 78 |
| 2.2.4. Prépondérance du déjeuner | 78 |
| 2.3. Consommation de protéines chez les nourrissons et enfants en bas âge en France | 78 |
| III - Métabolisme protéinogène des acides aminés et métabolisme des protéines | 81 |
| 1. Assimilation et utilisation métabolique des protéines et des acides aminés | 81 |
| 2. Renouvellement des protéines corporelles et voies impliquées dans la régulation de la synthèse protéique et de la protéolyse | 83 |
| 3. Contrôle nutritionnel du métabolisme protéique dans les tissus | 85 |
| 4. Fonction signal des acides aminés sur le métabolisme des protéines – exemple de la leucine | 88 |
| 5. Particularités du métabolisme protéique de la personne âgée | 91 |
| 5.1. Altération basale du renouvellement protéique au cours du vieillissement | 91 |
| 5.1.1. Au niveau de l'organisme entier | 91 |
| 5.1.2. Au niveau musculaire | 91 |
| 5.1.3. Au niveau splanchnique | 92 |
| 5.2. Altération de la régulation du métabolisme protéique au cours du vieillissement | 93 |
| 5.2.1. Action des nutriments | 93 |
| 5.2.2. Action des hormones | 94 |
| 5.2.3. Effets de l'exercice | 96 |
| IV - Métabolisme non protéinogène des acides aminés et toxicité | 98 |
| 1. Métabolisme des acides aminés : fonction précurseur et/ou fonction signal | 98 |
| 1.1. Acides aminés précurseurs sans fonction signal associée | 98 |
| 1.1.1. Acides aminés soufrés (méthionine, cystéine, taurine) et leurs métabolismes | 98 |
| 1.1.1.1. Apport en acides aminés soufrés, absorption intestinale et synthèse de novo | 100 |
| 1.1.1.2. Apport en acides aminés soufrés et méthylation | 101 |
| 1.1.1.3. Apport en acides aminés soufrés, homocystéine et dysfonction vasculaire | 102 |
| 1.1.1.4. Apport et biosynthèse de taurine | 106 |
| 1.1.1.5. Biosynthèse de glutathion | 108 |
| 1.1.1.6. Biosynthèse de créatine | 112 |
| 1.1.1.7. Biosynthèse de carnitine | 114 |
| 1.1.1.8. Hydrogène sulfureux | 115 |
| 1.1.1.9. Sulfates | 116 |
| 1.1.2. Biosynthèse des nucléotides | 117 |
| 1.1.3. Biosynthèse d'acides aminés non-présents dans les protéines | 118 |
| 1.1.4. Acides aminés précurseurs d'intermédiaires du cycle de Krebs | 120 |
| 1.1.5. Métabolisme de la proline | 122 |

| | |
|---|------------|
| 1.2. Acides aminés précurseurs avec « fonction signal » associée | 123 |
| 1.2.1. Arginine précurseur pour la synthèse de NO | 123 |
| 1.2.1.1. Métabolisme de l'arginine | 123 |
| 1.2.1.1.1. Absorption et synthèse endogène d'arginine | 123 |
| 1.2.1.1.2. Catabolisme de l'arginine | 124 |
| 1.2.1.2. Production de monoxyde d'azote | 124 |
| 1.2.2. Acides aminés régulateurs métaboliques et à effet sécrétagogue | 128 |
| 1.2.3. Acides aminés neurotransmetteurs, précurseurs de neurotransmetteurs et amines biogènes .. | 129 |
| 2. Toxicité des acides aminés | 131 |
| V – Évaluation des besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines et acides aminés indispensables .. | 143 |
| 1. Méthodes d'évaluation des besoins en protéines et acides aminés indispensables | 144 |
| 1.1. Méthodes de détermination des besoins en azote | 144 |
| 1.1.1. Méthode du bilan azoté. | 144 |
| 1.1.2. Méthode factorielle | 146 |
| 1.2. Méthodes de détermination des besoins nutritionnels en acides aminés indispensables | 147 |
| 1.2.1. Méthode du bilan azoté | 147 |
| 1.2.2. Méthodes isotopiques | 147 |
| 1.2.2.1. Méthode du bilan du traceur | 147 |
| 1.2.2.2. Méthodes de l'oxydation et du bilan de l'acide aminé indicateur | 148 |
| 1.2.2.3. Prédiction à partir de l'utilisation protéique | 149 |
| 2. Besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines et acides aminés, par classe d'âge et groupe de population : état des lieux des données disponibles et propositions | 149 |
| 2.1. Besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines et en acides aminés indispensables pour les adultes | 149 |
| 2.1.1. Besoin en protéines chez l'adulte | 149 |
| 2.1.1.1. Réévaluation des besoins azotés ayant permis l'établissement des nouvelles recommandations américaines | 149 |
| 2.1.1.2. Conclusions et questions posées | 150 |
| 2.1.2. Besoins en acides aminés indispensables chez l'adulte : synthèse des données publiées et proposition de besoins en AAI chez l'adulte | 150 |
| 2.1.2.1. Besoins en AAI chez l'adulte | 150 |
| 2.1.2.2. Recommandations en AAI | 152 |
| 2.1.2.3. Questions non résolues et perspectives | 153 |
| 2.2. Besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines et en acides aminés indispensables pour les nourrissons, les enfants et les adolescents | 154 |
| 2.2.1. Besoins en protéines et en acides aminés indispensables du nourrisson | 155 |
| 2.2.1.1. Besoin en protéines calculé par la méthode factorielle | 155 |
| 2.2.1.2. Besoins en acides aminés indispensables calculés par la méthode factorielle | 157 |
| 2.2.1.3. Modèle du lait de femme | 158 |
| 2.2.1.4. Estimation des besoins chez le nourrisson alimenté artificiellement | 159 |
| 2.2.2. Besoins en protéines et en acides aminés indispensables de l'enfant et de l'adolescent | 160 |
| 2.3. Besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines et en acides aminés indispensables pour les femmes enceintes et allaitantes | 163 |
| 2.4. Besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines et en acides aminés indispensables pour les personnes âgées | 168 |
| 2.4.1. Le besoin protéique des personnes âgées paraît plus élevé que celui des jeunes adultes | 168 |
| 2.4.2. Remise en question de l'opinion selon laquelle le besoin protéique du sujet âgé est plus élevé que celui du jeune adulte ? | 169 |
| 2.4.3. Influence de la nature des protéines alimentaires | 169 |
| 2.4.3.1. Capacités digestives | 170 |
| 2.4.3.2. Besoins en acides aminés indispensables des personnes âgées | 170 |
| 2.4.3.3. Capacité d'assimilation – chronologie et cinétique des apports | 173 |
| 2.4.4. Activité physique et besoin protéique chez les personnes âgées | 173 |
| 2.4.5. Protéines et autres fonctions | 174 |
| 2.5. Satisfaction des besoins et statut en protéines et acides aminés chez les végétariens | 175 |
| 2.5.1. Besoins en protéines et en acides aminés | 176 |
| 2.5.2. Apport en protéines, statut protéique | 176 |
| 2.5.2.1. Adultes | 176 |
| 2.5.2.2. Enfants | 177 |
| 2.5.2.3. Sportifs | 178 |
| 2.5.3. Autres acides aminés | 178 |

| | |
|---|------------|
| VI – Métabolisme et besoins en protéines et en acides aminés indispensables pour les sportifs | 180 |
| 1. Métabolisme des protéines au cours des sports d'endurance | 180 |
| 1.1. Processus d'oxydation des acides aminés au cours des exercices d'endurance..... | 181 |
| 1.1.1. Déshydrogénase des α -cétoacides à chaîne ramifiée (BCOADH) | 181 |
| 1.1.2. Apport de protéines..... | 182 |
| 1.1.3. Niveau d'hydratation..... | 182 |
| 1.1.4. Apport de glucose | 183 |
| 1.1.5. Apports énergétiques | 183 |
| 1.2. Exercices d'endurance et protéolyse musculaire | 184 |
| 1.3. Anabolisme protéique | 184 |
| 2. Métabolisme des protéines au cours des sports de force | 185 |
| 2.1. Particularités du métabolisme des protéines chez l'athlète de force | 185 |
| 2.1.1. Synthèses protéiques et exercice de force | 185 |
| 2.1.2. Protéolyse musculaire..... | 186 |
| 2.1.3. Equilibre synthèses - dégradations protéiques..... | 186 |
| 2.2. Effets attendus de la supplémentation protéique chez l'athlète de force | 187 |
| 2.2.1. Rôle métabolique des composés azotés | 187 |
| 2.2.2. Rôle de l'apport protéique dans le développement de la masse musculaire | 187 |
| 2.2.2.1. Rôle de l'activité contractile du muscle..... | 187 |
| 2.2.2.2. Statut hormonal et développement de la masse musculaire | 188 |
| 2.2.2.3. Rôle direct des protéines dans la construction du muscle | 189 |
| 3. Effets ergogéniques allégués de certains acides aminés spécifiques ou dérivés..... | 190 |
| 3.1. Acides aminés à chaîne ramifiée et performances en endurance..... | 190 |
| 3.1.1. Acides aminés à chaîne ramifiée et performances physiques..... | 191 |
| 3.1.2. Acides aminés à chaîne ramifiée et performances mentales..... | 192 |
| 3.2. Acides aminés sélectifs et masse musculaire..... | 192 |
| 3.3. Glutamine et immunodépression d'exercice | 193 |
| 3.4. Créatine, masse musculaire et performances physiques | 194 |
| 3.4.1. Créatine et masse musculaire | 194 |
| 3.4.2. Supplémentation en créatine et performances physiques | 194 |
| 3.5. Carnitine et oxydation lipidique..... | 195 |
| 3.6. β -hydroxy- β -méthylbutyrate | 196 |
| 3.7. Taurine et pratique sportive..... | 196 |
| 4. Estimations des besoins en protéines et en acides aminés indispensables pour la population sportive..... | 196 |
| 4.1. Détermination des besoins en protéines chez le sportif d'endurance | 196 |
| 4.2. Évaluation des besoins chez l'athlète entraîné en force..... | 198 |
| 4.2.1. Besoins en protéines..... | 198 |
| 4.2.2. Apports communément réalisés | 199 |
| 4.2.3. Recommandations d'apport | 199 |
| 4.2.3.1. Aspect quantitatif des besoins azotés..... | 199 |
| 4.2.3.2. Aspects qualitatifs des besoins azotés..... | 200 |
| 5. Effets secondaires des apports excessifs en protéines..... | 200 |
| VII - Évaluation de la qualité de l'apport protéique | 202 |
| 1. Évaluation à partir de la mesure de la croissance | 202 |
| 2. Biodisponibilité digestive des protéines et des acides aminés..... | 204 |
| 2.1. Méthodes enzymatiques..... | 204 |
| 2.2. Méthodes <i>in vivo</i> | 204 |
| 2.3. Problèmes liés au métabolisme dans l'intestin distal | 206 |
| 3. Biodisponibilité métabolique des protéines et des acides aminés | 207 |
| 4. Indice chimique (IC) et Indice corrigé de la digestibilité (PD-CAAS)..... | 208 |
| 5. Au-delà des critères classiques..... | 211 |
| VIII – Protéines et santé | 214 |
| 1. Vers une limite supérieure de sécurité pour l'apport protéique? | 214 |
| 2. Comparaison des apports protéiques et des besoins dans les différentes sous-populations | 215 |
| 2.1. Méthode..... | 215 |
| 2.2. Résultats | 216 |

| | |
|---|------------|
| 3. Apport protéique et contrôle du poids | 225 |
| 4. Influence de l'apport protéique sur les fonctions hépatiques, rénales et les risques de cancer | 227 |
| 5. Influence de l'apport protéique sur le tissu osseux | 228 |
| 6. Nature de l'apport protéique et fonction cardio-vasculaire | 229 |
| 7. Protéines alimentaires et fonctions immunitaires | 231 |
| 8. Existe-t-il des différences entre les protéines d'origine animale et les protéines végétales ? | 232 |
| IX – Réglementation | 235 |
| 1. Catégories de produits | 235 |
| 2. Adjonction de substances à but nutritionnel ou physiologique | 236 |
| 2.1. Le règlement n° 258/97 relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux ingrédients alimentaires | 236 |
| 2.1.1. Champ d'application | 236 |
| 2.1.2. Procédure d'évaluation | 237 |
| 2.2. Adjonction de substances à but nutritionnel (hors <i>Novel Food</i>) aux denrées alimentaires | 237 |
| 2.2.1. Le règlement (CE) n° 1925/2006 du 20 décembre 2006 (rectificatifs), relatif à l'adjonction de vitamines, de minéraux et d'autres substances aux denrées alimentaires | 238 |
| 2.2.2. Le décret n° 2006-1264 du 16 octobre 2006 relatif aux vitamines, substances minérales et autres substances employées dans la fabrication des denrées alimentaires | 238 |
| 3. Critères de composition spécifiques : le point sur les protéines et les acides aminés - L'exemple des DDAP | 238 |
| 3.1. Catégories de DDAP harmonisées | 239 |
| 3.1.1. Préparations pour nourrissons et préparations de suite | 239 |
| 3.1.2. Préparations à base de céréales et aliments pour bébés | 240 |
| 3.1.3. DDAP pour régimes hypocaloriques destinés à la perte de poids | 240 |
| 3.1.4. Aliments diététiques destinés à des fins médicales spéciales | 241 |
| 3.1.5. Aliments adaptés à une dépense musculaire intense | 241 |
| 3.1.6. Aliments destinés à des personnes affectées d'un métabolisme glucidique perturbé (diabétiques) | 242 |
| 3.2. Catégories de DDAP non définies au niveau communautaire et pour lesquelles des critères sont prévus au niveau national | 242 |
| X – Avis de l'Afssa | 245 |
| 1. Méthode | 245 |
| 2. Produits à visée cosmétique | 246 |
| 2.1. Hydrolysate de collagène de poisson | 246 |
| 2.1.1. Évaluation des justificatifs des allégations d'un complément alimentaire à base d'extrait de poisson | 246 |
| 2.1.2. Évaluation de l'emploi d'un ingrédient alimentaire composé d'acide silicique et d'un hydrolysate de collagène de poisson | 246 |
| 2.2. Évaluation de l'emploi de cystine dans un complément alimentaire | 247 |
| 3. Mémoire : évaluation de l'emploi de tyrosine dans un complément alimentaire | 248 |
| 4. Stress | 248 |
| 4.1. Évaluation d'une allégation revendiquée pour un hydrolysate tryptique de caséine bovine | 248 |
| 4.2. Évaluation de l'emploi de taurine dans un complément alimentaire | 249 |
| 5. Forme et énergie : évaluation de l'emploi de diverses substances, dont de la taurine, dans une boisson présentée comme « énergisante » | 250 |
| 6. Sportif | 253 |
| 6.1. Évaluation des risques présentés par la créatine ainsi que des allégations | 253 |
| 6.2. Apports nutritionnels conseillés (ANC) pour l'enfant et l'adolescent sportifs de haut niveau de performance | 254 |
| 6.3. Évaluation d'une gamme de produits présentés comme adaptés à une dépense musculaire intense | 255 |
| 6.4. Évaluation de la publicité sur des substances de développement musculaire et de mise en forme | 255 |
| 6.5. Évaluation d'une proposition de directive sur les aliments adaptés à une dépense musculaire intense, surtout pour les sportifs | 258 |
| 7. Cholestérolémie et protéines de soja : évaluation d'une allégation concernant la réduction de la cholestérolémie et les protéines de soja | 260 |
| 8. Élimination de l'alcool : évaluation des allégations d'un produit contenant notamment du tryptophane | 261 |
| 9. Digestion des protéines : évaluation de l'emploi de tige d'ananas sous forme de complément alimentaire et en tant qu'ingrédient | 261 |

| | |
|--|------------|
| 10 Traitements du lait : évaluation d'un lait obtenu par microfiltration | 262 |
| 11. Ingrédients et additifs alimentaires | 263 |
| 11.1. Évaluation de nouveaux ingrédients selon la procédure « <i>Novel Food</i> » | 263 |
| 11.1.1. Évaluation d'une protéine de pomme de terre coagulée et de ses hydrolysats | 263 |
| 11.1.2. Évaluation de la bêtaïne extraite de betterave à sucre | 264 |
| 11.2. Évaluation de l'emploi de méthionine comme support d'enzymes | 265 |
| 11.3. Évaluation d'un extrait protéique de gluten de blé en tant qu'additif alimentaire | 265 |
| 12. Allergie et intolérance alimentaires | 266 |
| 12.1. Évaluation de la proposition de directive modifiant la directive 2000/13/CE en ce qui concerne l'indication des ingrédients présents dans les denrées alimentaires | 266 |
| 12.2. Préparations infantiles pour enfants à risque d'allergie | 268 |
| 13. Pédiatrie | 268 |
| 13.1. Projet de révision de la directive sur les préparations infantiles | 268 |
| 13.2. Évaluations de plusieurs préparations infantiles | 272 |
| 14. Évaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique | 274 |
| 15. Acides aminés dans des aliments destinés à une alimentation particulière ou des compléments alimentaires | 274 |
| 16. Évaluation de l'emploi de lactoferrine dans un complément alimentaire | 275 |
| XI – Étiquetage et allégations. | 278 |
| 1. Étiquetage des allergènes | 278 |
| 2. Les allégations nutritionnelles et de santé | 278 |
| 2.1. L'obligation générale de publicité non trompeuse | 278 |
| 2.2. Allégations nutritionnelles | 279 |
| 2.2.1. Définition | 279 |
| 2.2.2. Étiquetage nutritionnel | 279 |
| 2.2.3. Justification des allégations nutritionnelles - cas des protéines | 280 |
| 2.3. Allégations de santé | 281 |
| 3. Analyse des critères scientifiques justifiant les allégations nutritionnelles relatives aux protéines | 281 |
| 4. Allégations évaluées dans les avis de l'Afssa | 282 |
| XII – Points clés et recommandations générales | 291 |
| Glossaire | 306 |
| Références bibliographiques | 310 |
| Annexes | 346 |
| Annexe 1 - Teneur en protéines et valeur calorique de près de 800 aliments consommés en France (données du Ciqual, Afssa) | 347 |
| Annexe 2 - Profil en acides aminés de quelques aliments sources de protéines (teneurs pour 100 g d'aliment) (données USDA) | 366 |
| Annexe 3 - Facteurs de conversion, issus essentiellement des études de Mossé, Sosulski & Imafidon et de Tkachuk, et facteurs de conversion spécifiques moyens pouvant être retenus | 368 |
| Annexe 4 - Étude de validation d'un carnet de consommation alimentaire de 7 jours par la méthode de l'excrétion de l'azote urinaire | 370 |
| Annexe 5 - Les 100 premiers aliments contributeurs à l'apport protéique classés par ordre décroissant, par sexe, chez les enfants et les adultes (données INCA1) | 372 |
| Annexe 6 - Études du besoin protéique chez les personnes âgées | 378 |
| Annexe 7 - Exigences réglementaires relatives aux protéines dans les préparations pour nourrissons et dans les préparations de suite | 381 |
| Annexe 8 - Exigences réglementaires relatives aux protéines dans les préparations à base de céréales et les aliments pour bébés | 384 |
| Annexe 9 - Avis de l'Afssa concernant des protéines, peptides, acides aminés et dérivés (hors aliments diététiques destinés à des fins médicales spéciales) publiés sur le site Internet de l'Agence jusqu'en 2005 | 385 |
| Annexe 10 - Avis de l'Afssa concernant des aliments diététiques destinés à des fins médicales spéciales publiés sur le site internet de l'Agence jusqu'en 2005 | 411 |
| Annexe 11 - Aliments potentiellement "sources" ou "riches en protéines" selon les différents critères proposés pour les allégations (données de composition du Ciqual, Afssa) | 435 |

Liste des tableaux

| | |
|---|-----|
| Tableau 1: Formules des acides aminés | 16 |
| Tableau 2: Teneurs en protéines par famille d'aliments (par teneurs moyennes en protéines décroissantes).... | 22 |
| Tableau 3: Applications fonctionnelles de la caséine, du caséinate, des protéines sériques et de la poudre de lait | 25 |
| Tableau 4: Protéines du blanc d'œuf | 27 |
| Tableau 5: Protéines du jaune d'œuf | 28 |
| Tableau 6: Propriétés techno-fonctionnelles de l'œuf et applications alimentaires..... | 30 |
| Tableau 7: Principales caractéristiques biologiques des différents types de fibre | 31 |
| Tableau 8: Propriétés fonctionnelles des protéines végétales..... | 36 |
| Tableau 9: Facteurs de conversion calculés à partir de la structure des chaînes polypeptidiques des protéines du lait fournie par Farrell et al. | 40 |
| Tableau 10: Facteurs de conversion calculés sur la base de l'analyse des acides aminés..... | 41 |
| Tableau 11: Facteurs de conversion spécifiques proposés par Jones..... | 42 |
| Tableau 12: Facteurs de conversion moyens pour les principales catégories de sources protéiques, compte tenu de la revue de la bibliographie effectuée par le groupe de travail..... | 43 |
| Tableau 13: Sensibilité des dosages colorimétriques des protéines..... | 44 |
| Tableau 14: Types de système de dérivation / détection..... | 47 |
| Tableau 15: Apport protéique ($g \cdot j^{-1}$) par classe d'âge et sexe | 52 |
| Tableau 16: Apport protéique ($g \cdot kg^{-1} \cdot j^{-1}$) par classe d'âge et sexe..... | 54 |
| Tableau 17: Apport protéique (% apport énergétique sans alcool) par classe d'âge et sexe | 56 |
| Tableau 18: Contributions des groupes d'aliments à l'apport protéique dans les 4 sous-populations (en % de l'apport protéique total) | 58 |
| Tableau 19: Évolution selon l'âge des contributions de 6 groupes d'aliments à l'apport protéique | 59 |
| Tableau 20: Suivi de régime et apports protéiques chez les adultes | 62 |
| Tableau 21: Caractéristiques et apports nutritionnels des consommateurs « forts », « faibles » et « modérés » de protéines définis selon l'apport en $g \cdot kg^{-1} \cdot j^{-1}$ | 63 |
| Tableau 22: Contributions des principaux groupes vecteurs de protéines (en % de l'apport protéique total) chez les consommateurs « forts », « faibles » et « modérés » de protéines définis selon l'apport en $g \cdot kg^{-1} \cdot j^{-1}$, chez les adultes | 63 |
| Tableau 23: Caractéristiques et apports nutritionnels selon les 5 groupes d'apport protéique en $g \cdot j^{-1}$ chez les adultes | 65 |
| Tableau 24: Caractéristiques et apports nutritionnels selon les 5 groupes d'apport protéique en $g \cdot kg^{-1} \cdot j^{-1}$ chez les adultes | 66 |
| Tableau 25: Caractéristiques et apports nutritionnels selon les 5 groupes d'apport protéique en % AESA chez les adultes | 67 |
| Tableau 26: Caractéristiques et apports nutritionnels selon les 5 groupes d'apport protéique en % AESA chez les enfants..... | 68 |
| Tableau 27: Comparaison des consommations alimentaires d'aliments vecteurs de glucides (en $g \cdot j^{-1}$) selon les 5 groupes d'apport protéique en % AESA chez les filles | 68 |
| Tableau 28: Proportions d'individus ayant un faible niveau d'activité physique selon les 5 groupes d'apport protéique en % AESA chez les adultes..... | 68 |
| Tableau 29: Apports en protéines chez des sportifs d'endurance engagés dans sept études | 69 |
| Tableau 30: Caractéristiques des sujets (moyenne +/- écart type)..... | 70 |
| Tableau 31: Effets de la dépense énergétique (DE) sur la qualité et la quantité d'apport en macronutriments chez les sportifs d'endurance | 71 |
| Tableau 32: Apports en protéines végétales et animales chez le sportif d'endurance en fonction de la dépense énergétique (DE) (en $g \cdot j^{-1}$ et en % de l'apport protéique) | 72 |
| Tableau 33: Apports en AAI et en cystéine chez les sportifs d'endurance en fonction de la dépense énergétique (DE) ($mg \cdot j^{-1}$, $mg \cdot kg^{-1} \cdot j^{-1}$, % de chaque AAI/Apport total en AAI) | 74 |
| Tableau 34: Apports totaux en AAI (en $g \cdot j^{-1}$ et en $g \cdot kg^{-1} \cdot j^{-1}$) et rapport entre l'apport d'AAI et l'apport total en protéines | 75 |
| Tableau 35: Moyennes des niveaux de consommation journalière de protéines rapportés dans 14 études chez des personnes âgées en France..... | 77 |
| Tableau 36: Apports quotidiens en protides, lipides, glucides et énergie chez les nourrissons et enfants en bas âge en France | 79 |
| Tableau 37: Niveaux d'apports moyens quotidiens en acides aminés..... | 141 |
| Tableau 38: Estimations des besoins en acides aminés indispensables chez l'adulte en fonction des méthodes utilisées | 151 |

| | |
|---|-----|
| Tableau 39: Données officielles de besoins en acides aminés indispensables chez l'adulte en France, aux États-Unis, au niveau international et propositions de l'Afssa | 152 |
| Tableau 40: Apports nutritionnels conseillés en protéines pour les enfants au biberon de la naissance à 3 ans | 156 |
| Tableau 41: Apports nutritionnels conseillés en protéines de l'enfant jusqu'à 3 ans, exprimés en pourcentage de l'énergie du régime | 156 |
| Tableau 42: Besoins moyens, apports nutritionnels conseillés et consommation moyenne d'acides aminés indispensables (AAI) entre 0 et 6 mois | 157 |
| Tableau 43: Besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines des garçons de 4 à 10 ans | 160 |
| Tableau 44: Besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines des filles de 4 à 10 ans | 161 |
| Tableau 45: Besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines des garçons de 11 à 18 ans | 161 |
| Tableau 46: Besoins et apports nutritionnels conseillés en protéines des filles de 11 à 18 ans | 161 |
| Tableau 47: Estimation des besoins en acides aminés indispensables d'un garçon de 10 ans : composition moyenne des protéines de l'organisme | 162 |
| Tableau 48: Besoins en acides aminés indispensables chez les adolescents | 163 |
| Tableau 49: Besoins et apport nutritionnel conseillé en protéines au cours de la grossesse: $g \cdot j^{-1}$ ou $g \cdot kg^{-1} \cdot j^{-1}$ en sus des valeurs hors grossesse | 166 |
| Tableau 50: Besoins moyens et apports nutritionnels conseillés en protéines au cours de la lactation: $g \cdot j^{-1}$ en sus des valeurs hors lactation | 167 |
| Tableau 51: Besoins en acides aminés indispensables au cours de la lactation | 167 |
| Tableau 52: Estimations des besoins en acides aminés indispensables des personnes âgées obtenues par deux approches globales | 171 |
| Tableau 53: Comparaison des estimations des besoins en acides aminés soufrés, lysine, thréonine et tryptophane obtenues par différentes méthodes chez des personnes âgées ou jeunes, avec les estimations actuelles des besoins du jeune adulte | 171 |
| Tableau 54: Différents coefficients de digestibilité | 205 |
| Tableau 55: Digestibilités standardisées (S) ou réelles (R) de différentes protéines alimentaires mesurées à différents niveaux de l'intestin, chez l'homme, le rat et le porc | 206 |
| Tableau 56: Valeurs de rétention azotée et valeurs biologiques de protéines alimentaires obtenues chez l'homme ou chez l'animal | 208 |
| Tableau 57: Structures postulées pour la composition des protéines de référence en 1990 et en 1985 | 209 |
| Tableau 58: Profils proposés par l'Afssa comme profils de référence | 210 |
| Tableau 59: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des garçons de 3-4 ans (n=96) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 221 |
| Tableau 60: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des filles de 3-4 ans (n=78) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 221 |
| Tableau 61: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des garçons de 5-7 ans (n=132) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 221 |
| Tableau 62: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des filles de 5-7 ans (n=115) ayant des apports protéiques insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 222 |
| Tableau 63: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des garçons de 8-10 ans (n=132) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 222 |
| Tableau 64: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des filles de 8-10 ans (n=119) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 222 |
| Tableau 65: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des garçons de 11-14 ans (n=164) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 223 |
| Tableau 66: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des filles de 11-14 ans (n=164) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 223 |
| Tableau 67: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des garçons de 15-18 ans (n=58) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 223 |
| Tableau 68: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des filles de 15-18 ans (n=72) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 224 |
| Tableau 69: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des hommes de 19-59 ans (n=451) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 224 |
| Tableau 70: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des femmes de 19-59 ans (n=542) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 224 |
| Tableau 71: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des hommes de 60 ans et plus (n=149) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 225 |
| Tableau 72: Caractéristiques et consommations protéique et énergétique des femmes de 60 ans et plus (n=162) ayant des apports protéiques probablement insuffisants, adéquats, élevés ou très élevés | 225 |

| | |
|---|-----|
| Tableau 73: Protéine de référence de l'annexe V de l'arrêté du 20 juillet 1977 pris en application du décret du 24 janvier 1975 sur les produits diététiques et de régime | 242 |
| Tableau 74: Besoins et apports nutritionnels conseillés (ANC) en protéines des garçons de 6 à 18 ans, population générale et population sportive. | 254 |
| Tableau 75: Besoins et apports nutritionnels conseillés (ANC) en protéines des filles de 6 à 18 ans, population générale et population sportive. | 255 |
| Tableau 76: Domaines concernés par les avis et rapports de l'Afssa relatifs aux protéines, ingrédients protéiques et acides aminés | 276 |
| Tableau 77: Obligations d'étiquetage selon la nature des allégations | 280 |
| Tableau 78: Évaluations de l'Afssa portant sur des allégations relatives aux protéines, ingrédients protéiques ou acides aminés | 284 |
| Tableau 79: Besoins en protéines, apports nutritionnels conseillés et prévalence d'inadéquation des apports | 295 |
| Tableau 80: Besoins en acides aminés indispensables pour l'adulte: propositions Afssa | 296 |
| Tableau 81: Synthèse des principales recommandations de recherche identifiées dans ce rapport | 304 |

Liste des figures

| | |
|--|-----|
| Figure 1: Principaux ingrédients protéiques obtenus à partir du lait | 25 |
| Figure 2: Diagrammes de fabrication des ovoproduits | 28 |
| Figure 3: Profil d'hydrolyse par la papaïne (a) et la cathepsine D (b) d'un extrait de protéines sarcoplasmiques préparé à partir des muscles <i>Psoas major</i> (PM) et <i>Semimembranosus proprius</i> (SMp) de lapin. | 32 |
| Figure 4: Relation entre la vitesse d'hydrolyse des différentes fractions protéiques testées et leur hydrophobicité (Log So) | 33 |
| Figure 5: Comparaison de l'ultrastructure des gels obtenus après chauffage à 80 °C de protéines myofibrillaires de muscles <i>Psoas major</i> (PM: Type IIB) et <i>Semimembranosus proprius</i> (SMp: Type I) de lapin | 34 |
| Figure 6: Principales voies de fabrication de matières protéiques végétales (MPV). | 36 |
| Figure 7: Analyse des acides aminés par hydrolyse avec l'acide chlorhydrique | 46 |
| Figure 8: Schéma analytique de la méthode de Moore et Stein | 47 |
| Figure 9: Distribution des apports protéiques en g.j ⁻¹ chez les adultes. | 52 |
| Figure 10: Distribution des apports protéiques en g.j ⁻¹ chez les enfants | 53 |
| Figure 11: Distribution des apports protéiques en g.kg ⁻¹ .j ⁻¹ chez les adultes. | 54 |
| Figure 12: Distribution des apports protéiques en g.kg ⁻¹ .j ⁻¹ chez les enfants. | 55 |
| Figure 13: Distribution des apports protéiques en % apport énergétique (sans alcool) chez les adultes | 56 |
| Figure 14: Distribution des apports protéiques en % apport énergétique (sans alcool) chez les enfants | 57 |
| Figure 15: Apport protéique en g.kg ⁻¹ .j ⁻¹ selon la PCS du chef de ménage chez les adultes. | 60 |
| Figure 16: Apport protéique en g.kg ⁻¹ .j ⁻¹ selon la région d'habitation chez les adultes et les enfants | 61 |
| Figure 17: Répartition en macronutriments, en pourcentage de l'apport énergétique quotidien sans alcool, en fonction de la dépense énergétique (DE) | 72 |
| Figure 18: Évolution du pourcentage de protéines animales et végétales de l'apport protéique total quotidien en fonction de la dépense énergétique (DE) | 72 |
| Figure 19: Part de la lysine et de la méthionine (% AAI), par groupe de dépense énergétique (DE) | 74 |
| Figure 20: Niveaux de consommation journalière de protéines rapportés dans 14 études chez des personnes âgées en France | 76 |
| Figure 21: Pourcentage de la valeur énergétique totale provenant des différentes catégories d'aliments chez les nourrissons et enfants en bas âge en France | 79 |
| Figure 22: Modèle général de l'homéostasie des acides aminés | 81 |
| Figure 23: Voies de signalisation pour le contrôle de la synthèse protéique. | 86 |
| Figure 24: Acides aminés soufrés | 99 |
| Figure 25: Voies d'interconversions entre les différents acides aminés soufrés et principales enzymes impliquées | 99 |
| Figure 26: Formule du glutathion. | 108 |
| Figure 27: Formule de la créatine phosphate | 112 |
| Figure 28: Formule de la L-carnitine. | 114 |
| Figure 29: Métabolisme interorganes, schéma de la biosynthèse d'ornithine et de citrulline | 118 |
| Figure 30: Les squelettes carbonés de plusieurs acides aminés entrent dans le cycle de Krebs par différentes voies. | 121 |
| Figure 31: Conséquences de la baisse de la disponibilité en glucides (CHO) sur l'utilisation des composés azotés estimée par la perte d'urée par la sueur | 181 |
| Figure 32: Influence de la prise de glucose pendant l'exercice sur l'oxydation de la leucine | 183 |

| | |
|---|-----|
| Figure 33: Évaluation des synthèses protéiques totales de l'organisme (A) et de l'oxydation de la leucine (B) chez des athlètes entraînés dans un sport de force et soumis à un régime à faible apport en protéines (LP: 0,9 g.kg ⁻¹ .j ⁻¹), modéré (MP: 1,4 g.kg ⁻¹ .j ⁻¹) et élevé (HP: 2,4 g.kg ⁻¹ .j ⁻¹) | 190 |
| Figure 34: Temps de maintien d'un exercice sur ergocycle après consommation, pendant l'exercice, d'un placebo (contrôle), de tryptophane (Trp), de faibles (f-BCAA) ou grandes quantités d'acides aminés à chaîne ramifiée (F-BCAA) | 191 |
| Figure 35: Le début de l'entraînement est caractérisé par une période initiale de déséquilibre du bilan azoté suivie de l'adaptation caractérisée par l'équilibration du bilan azoté chez des sujets chez lesquels les apports azotés sont constants | 198 |
| Figure 36: Prévalence d'apports protéiques probablement insuffisants, satisfaisants, élevés ou très élevés par rapport au besoin en protéines chez les enfants de 3 à 10 ans en France (d'après les données de consommation INCA1) | 218 |
| Figure 37: Prévalence d'apports protéiques probablement insuffisants, satisfaisants, élevés ou très élevés par rapport au besoin en protéines chez les adolescents de 11 à 18 ans en France (d'après les données de consommation INCA1) | 219 |
| Figure 38: Prévalence d'apports protéiques probablement insuffisants, satisfaisants, élevés ou très élevés par rapport au besoin en protéines chez les adultes (19-59 ans et plus de 60 ans) en France (d'après les données de consommation INCA1) | 220 |
| Figure 39: Période d'utilisation des préparations pour nourrissons et de suite selon la réglementation | 239 |
| Figure 40: Exigences réglementaires de composition des DDAP pour régimes hypocaloriques destinés à la perte de poids | 241 |

CONTENTS OF THE FULL REPORT

| | |
|---|-----------|
| Mandate 2004-SA-0052 | 11 |
| Composition of the working group | 12 |
| Acronyms and abbreviations | 13 |
| Introduction | 16 |
| I - Proteins in our foods | 21 |
| 1. Protein and amino acid composition data | 21 |
| 1.1. Presentation of the Ciqal database (Afssa) | 21 |
| 1.2. Protein composition data | 21 |
| 1.3. Amino acid profile of a few proteins | 23 |
| 2. Proteins in our foods and functional properties | 23 |
| 2.1. Milk proteins | 23 |
| 2.1.1. Milk protein composition | 23 |
| 2.1.2. Milk protein uses | 24 |
| 2.1.3. Fate of milk proteins on the basis of process and environmental conditions | 26 |
| 2.2. Chicken egg proteins | 27 |
| 2.2.1. Protein composition of chicken eggs | 27 |
| 2.2.2. Egg product industry: technologies and products | 28 |
| 2.3. Muscle proteins | 31 |
| 2.3.1. Biological diversity of muscle tissue | 31 |
| 2.3.2. Study of the hydrophobicity of muscle proteins and its consequences | 32 |
| 2.3.3. Muscle water retention | 33 |
| 2.3.4. Gelling properties of myofibrillar proteins | 33 |
| 2.3.5. Development of muscle proteins and their derivatives | 34 |
| 2.4. Plant proteins | 34 |
| 2.4.1. Different grain proteins | 34 |
| 2.4.2. Manufacturing processes and functional properties of plant proteins | 35 |
| 3. Quantitative determination of nitrogen and amino acids | 38 |
| 3.1. Nitrogen analytical methods | 38 |
| 3.1.1. The Kjeldahl method | 38 |
| 3.1.2. The Dumas method | 38 |
| 3.1.3. The infrared method | 39 |
| 3.2. Conversion of nitrogen into proteins: which factors? | 39 |
| 3.3. Quantitative determination of proteins by various colorimetric methods | 43 |
| 3.4. Amino acid analytical methods | 45 |
| 3.5. Conclusions | 48 |
| II - Data for dietary protein intake in France: the facts | 50 |
| 1. Evaluation of protein intakes of the French population (INCA 1 survey): intake level, vector foods and consumer groups | 50 |
| 1.1. Objectives | 50 |
| 1.2. Methodology | 50 |
| 1.2.1. The INCA 1 survey | 50 |
| 1.2.2. Definition of variables | 51 |
| 1.3. Distribution of protein intake in the population | 51 |
| 1.3.1. Distribution of protein intake expressed in $g \cdot d^{-1}$ | 51 |
| 1.3.2. Distribution of protein intake expressed in $g \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$ | 53 |
| 1.3.3. Distribution of protein intake expressed in % non-alcoholic energy intake (NAEI) | 55 |
| 1.4. Vector foods and food groups for protein intake | 57 |
| 1.4.1. Vector foods | 57 |
| 1.4.2. Vector food groups | 58 |
| 1.4.3. Evolution according to age of vector food groups | 59 |

| | |
|--|-----------|
| 1.5. Associations between protein intakes, sociodemographic and behavioural factors..... | 60 |
| 1.5.1. Protein intakes and profession and social category (PSC) of the head of the household | 60 |
| 1.5.2. Protein intakes and region lived in..... | 60 |
| 1.5.3. Protein intakes and other sociodemographic factors..... | 61 |
| 1.5.4. Protein intakes and physical leisure activities | 61 |
| 1.5.5. Protein intakes and dieting..... | 61 |
| 1.6. Characteristics of “heavy” and “low” protein consumers | 62 |
| 1.7. Nutritional characteristics depending on protein intake | 64 |
| 1.7.1. Study of the 5 groups defined according to protein intakes in $g \cdot d^{-1}$ | 64 |
| 1.7.2. Study of the 5 groups defined according to protein intakes in $g \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$ | 65 |
| 1.7.3. Study of the 5 groups defined according to protein intakes in % of non-alcoholic energy intake | 66 |
| 2. Dietary intake data in specific populations | 69 |
| 2.1. Dietary intake of proteins and amino acids in endurance athletes in France | 69 |
| 2.1.1. Data available for protein intakes in endurance athletes..... | 69 |
| 2.1.2. Study framework..... | 70 |
| 2.1.3. Results..... | 71 |
| 2.1.4. Conclusion..... | 75 |
| 2.2. Dietary intake of proteins in elderly people in France..... | 75 |
| 2.2.1. Average intake observed in France..... | 75 |
| 2.2.2. Variation factors for protein intake | 77 |
| 2.2.3. Main protein sources..... | 78 |
| 2.2.4. Main contribution of lunch..... | 78 |
| 2.3. Dietary intake of proteins in infants and young children in France | 78 |
| III - Proteinogenic metabolism of amino acids and protein metabolism..... | 81 |
| 1. Assimilation and metabolic use of proteins and amino acids | 81 |
| 2. Renewal of the body’s proteins and pathways involved in the regulation of protein synthesis and proteolysis... .. | 83 |
| 3. Nutritional control of protein metabolism in the tissues | 85 |
| 4. Signal function of amino acids on protein metabolism – example of leucine..... | 88 |
| 5. Specific features of protein metabolism in the elderly..... | 91 |
| 5.1. Baseline deterioration of protein renewal with age..... | 91 |
| 5.1.1. In the whole body | 91 |
| 5.1.2. In the muscles..... | 91 |
| 5.1.3. In the splanchnic system..... | 92 |
| 5.2. Deterioration of protein metabolism regulation with age..... | 93 |
| 5.2.1. Action of nutrients | 93 |
| 5.2.2. Action of hormones..... | 94 |
| 5.2.3. Effects of exercise | 96 |
| IV - Non-proteinogenic metabolism of amino acids and toxicity | 98 |
| 1. Metabolism of amino acids: precursor function and/or signal function | 98 |
| 1.1. Precursor amino acids with no associated signal function | 98 |
| 1.1.1. Sulphur-containing amino acids (methionine, cysteine, taurine) and their metabolisms..... | 98 |
| 1.1.1.1. Sulphur-containing amino acid intake, intestinal absorption and de novo synthesis..... | 100 |
| 1.1.1.2. Sulphur-containing amino acid intake and methylation | 101 |
| 1.1.1.3. Sulphur-containing amino acid intake, homocysteine and vascular dysfunction..... | 102 |
| 1.1.1.4. Intake and biosynthesis of taurine | 106 |
| 1.1.1.5. Biosynthesis of glutathione..... | 108 |
| 1.1.1.6. Biosynthesis of creatine | 112 |
| 1.1.1.7. Biosynthesis of carnitine..... | 114 |
| 1.1.1.8. Hydrogen sulfide..... | 115 |
| 1.1.1.9. Sulphates | 116 |
| 1.1.2. Biosynthesis of nucleotides | 117 |
| 1.1.3. Biosynthesis of amino acids not present in proteins | 118 |
| 1.1.4. Krebs cycle intermediate precursor amino acids | 120 |
| 1.1.5. Metabolism of proline | 122 |
| 1.2. Precursor amino acids with an associated “signal function”..... | 123 |
| 1.2.1. Arginine precursor for the synthesis of NO | 123 |

| | |
|---|-----|
| 1.2.1.1. Metabolism of arginine | 123 |
| 1.2.1.1.1. Absorption and endogenous synthesis of arginine | 123 |
| 1.2.1.1.2. Catabolism of arginine | 124 |
| 1.2.1.2. Production of nitric oxide | 124 |
| 1.2.2. Metabolism-regulating amino acids with a secretagogic effect | 128 |
| 1.2.3. Neurotransmitter, neurotransmitter precursor amino acids and biogenic amines | 129 |
| 2. Toxicity of amino acids | 131 |

V - Evaluation of requirements and recommended intakes (ANC) for proteins and indispensable amino acids ... 143

| | |
|---|-----|
| 1. Methods for the evaluation of protein and indispensable amino acid requirements | 144 |
| 1.1. Methods for the determination of nitrogen requirements | 144 |
| 1.1.1. Nitrogen balance method | 144 |
| 1.1.2. Factorial method | 146 |
| 1.2. Methods for the determination of indispensable amino acid requirements | 147 |
| 1.2.1. Nitrogen balance method | 147 |
| 1.2.2. Isotopic methods | 147 |
| 1.2.2.1. Direct Amino Acid Balance (DAAB) Method | 147 |
| 1.2.2.2. Indicator Amino Acid Oxidation (IAAO) and Twenty-four Hour Amino Acid Balance Methods | 148 |
| 1.2.2.3. Prediction based on protein utilisation | 149 |
| 2. Protein and amino acid requirements and recommended intakes, by age category and population group: inventory of available data and proposals | 149 |
| 2.1. Protein and indispensable amino acid requirements and recommended intakes (ANC) for adults | 149 |
| 2.1.1. Protein requirement in adults | 149 |
| 2.1.1.1. Re-evaluation of nitrogen requirements having led to the determination of new American recommendations | 149 |
| 2.1.1.2. Conclusions and questions raised | 150 |
| 2.1.2. Indispensable amino acid requirements in adults: summary of published data and proposal of IAA requirement values in adults | 150 |
| 2.1.2.1. IAA requirements in adults | 150 |
| 2.1.2.2. IAA recommendations | 152 |
| 2.1.2.3. Unresolved questions and prospects | 153 |
| 2.2. Protein and indispensable amino acid requirements and recommended intakes (ANC) for infants, children and adolescents | 154 |
| 2.2.1. Protein and indispensable amino acid requirements in infants | 155 |
| 2.2.1.1. Protein requirement calculated using the factorial method | 155 |
| 2.2.1.2. Indispensable amino acid requirements calculated using the factorial method | 157 |
| 2.2.1.3. Human breast milk model | 158 |
| 2.2.1.4. Estimation of requirements in formula-fed infants | 159 |
| 2.2.2. Protein and indispensable amino acid requirements in children and adolescents | 160 |
| 2.3. Protein and indispensable amino acid requirements and recommended intakes (ANC) for pregnant and breast-feeding women | 163 |
| 2.4. Protein and indispensable amino acid requirements and recommended intakes (ANC) for elderly people | 168 |
| 2.4.1. The protein requirements of the elderly appear to be higher than those of young adults | 168 |
| 2.4.2. Calling into question of the opinion according to which the protein requirements of the elderly are higher than those of young adults? | 169 |
| 2.4.3. Influence of the nature of dietary proteins | 169 |
| 2.4.3.1. Digestive capacities | 170 |
| 2.4.3.2. Indispensable amino acid requirements of elderly people | 170 |
| 2.4.3.3. Assimilation capacity – chronology and kinetics of intakes | 173 |
| 2.4.4. Physical activity and protein requirement in elderly people | 173 |
| 2.4.5. Proteins and other functions | 174 |
| 2.5. Meeting requirements and protein and amino acid status in vegetarians | 175 |
| 2.5.1. Protein and amino acid requirements | 176 |
| 2.5.2. Protein intake, protein status | 176 |
| 2.5.2.1. Adults | 176 |
| 2.5.2.2. Children | 177 |
| 2.5.2.3. Athletes | 178 |
| 2.5.3. Other amino acids | 178 |

| | |
|---|------------|
| VI - Metabolism and protein and indispensable amino acid requirements for athletes | 180 |
| 1. Metabolism of proteins in endurance sports | 180 |
| 1.1. Amino acid oxidation process during endurance exercise | 181 |
| 1.1.1. Branched-chain α -cetoacid dehydrogenase (BCOADH) | 181 |
| 1.1.2. Protein intake | 182 |
| 1.1.3. Hydration level | 182 |
| 1.1.4. Glucose intake | 183 |
| 1.1.5. Energy intakes | 183 |
| 1.2. Endurance exercises and muscle proteolysis | 184 |
| 1.3. Protein anabolism | 184 |
| 2. Metabolism of proteins in strength sports | 185 |
| 2.1. Specific feature of protein metabolism in strength athletes | 185 |
| 2.1.1. Protein synthesis and strength exercise | 185 |
| 2.1.2. Muscle proteolysis | 186 |
| 2.1.3. Protein synthesis - degradation balance | 186 |
| 2.2. Expected effects of protein supplementation in strength athletes | 187 |
| 2.2.1. Metabolic role of nitrogen compounds | 187 |
| 2.2.2. Role of protein intake in the development of muscle mass | 187 |
| 2.2.2.1. Role of contractile activity of muscles | 187 |
| 2.2.2.2. Hormonal status and development of muscle mass | 188 |
| 2.2.2.3. Direct role of proteins in muscle building | 189 |
| 3. Alleged ergogenic effects of certain specific amino acids or derivatives | 190 |
| 3.1. Branched-chain amino acids and performance in endurance sports | 190 |
| 3.1.1. Branched-chain amino acids and physical performance | 191 |
| 3.1.2. Branched-chain amino acids and mental performance | 192 |
| 3.2. Selective amino acids and muscle mass | 192 |
| 3.3. Glutamine and exercise-induced immunosuppression | 193 |
| 3.4. Creatine, muscle mass and physical performance | 194 |
| 3.4.1. Creatine and muscle mass | 194 |
| 3.4.2. Creatine supplementation and physical performance | 194 |
| 3.5. Carnitine and lipid oxidation | 195 |
| 3.6. β -hydroxy- β -methylbutyrate | 196 |
| 3.7. Taurine and sport | 196 |
| 4. Estimations of protein and indispensable amino acid requirements for the athletic population | 196 |
| 4.1. Determination of protein requirements in endurance athletes | 196 |
| 4.2. Evaluation of requirements in trained strength athletes | 198 |
| 4.2.1. Protein requirements | 198 |
| 4.2.2. Commonly achieved intakes | 199 |
| 4.2.3. Intake recommendations | 199 |
| 4.2.3.1. Quantitative aspect of nitrogen requirements | 199 |
| 4.2.3.2. Qualitative aspects of nitrogen requirements | 200 |
| 5. Side effects of excessive protein intakes | 200 |
| VII - Evaluation of the quality of protein intake | 202 |
| 1. Evaluation on the basis of measurement of growth | 202 |
| 2. Digestive bioavailability of proteins and amino acids | 204 |
| 2.1. Enzymatic methods | 204 |
| 2.2. In vivo methods | 204 |
| 2.3. Problems related to metabolism in the distal intestine | 206 |
| 3. Metabolic bioavailability of proteins and amino acids | 207 |
| 4. Chemical index (CI) and corrected digestibility index (PD-CAAS) | 208 |
| 5. Beyond conventional criteria | 211 |
| VIII - Proteins and health | 214 |
| 1. Towards a higher tolerable upper intake level for protein intake? | 214 |
| 2. Comparison of protein intakes and requirements in different sub-populations | 215 |
| 2.1. Method | 215 |
| 2.2. Results | 216 |

| | |
|--|------------|
| 3. Protein intake and weight control | 225 |
| 4. Influence of protein intake on liver and kidney function and cancer risks | 227 |
| 5. Influence of protein intake on bone tissue | 228 |
| 6. Nature of protein intake and cardiovascular function | 229 |
| 7. Dietary proteins and immune functions | 231 |
| 8. Are there differences between animal proteins and plant proteins? | 232 |
| IX - Regulations | 235 |
| 1. Product categories | 235 |
| 2. Addition of substances for nutritional or physiological purposes | 236 |
| 2.1. Regulation No. 258/97 on novel foods and novel food ingredients | 236 |
| 2.1.1. Scope | 236 |
| 2.1.2. Evaluation procedure | 237 |
| 2.2. Addition of substances for nutritional purposes (except for Novel Foods) to foods | 237 |
| 2.2.1. EC regulation No. 1925/2006 of 20 December 2006 (amendments), on the addition of vitamins, minerals and other substances to foods | 238 |
| 2.2.2. Decree No. 2006-1264 of 16 October 2006 on vitamins, mineral substances and other substances used in the production of foods | 238 |
| 3. Specific composition criteria: a review of proteins and amino acids – The example of FPNUs | 238 |
| 3.1. Harmonised FPNU categories | 239 |
| 3.1.1. Infant formulae and follow-on formulae | 239 |
| 3.1.2. Processed cereal-based foods and baby foods for infants and young children | 240 |
| 3.1.3. FPNUs intended for use in energy-restricted diets for weight reduction | 240 |
| 3.1.4. Dietary foods for special medical purposes | 241 |
| 3.1.5. Foods intended to meet the expenditure of intense muscular effort | 241 |
| 3.1.6. Foods for persons suffering from carbohydrate metabolism disorders (diabetes) | 242 |
| 3.2. FPNU categories not defined at community level and for which criteria are planned on a national level | 242 |
| X - Afssa opinions | 245 |
| 1. Method | 245 |
| 2. Products for cosmetic uses | 246 |
| 2.1. Fish collagen hydrolysate | 246 |
| 2.1.1. Evaluation of substantiation for claims on a food supplement containing fish extract | 246 |
| 2.1.2. Evaluation of the use of a food ingredient composed of silicic acid and a fish collagen hydrolysate | 246 |
| 2.2. Evaluation of the use of cystine in a food supplement | 247 |
| 3. Memory: evaluation of the use of tyrosine in a food supplement | 248 |
| 4. Stress | 248 |
| 4.1. Evaluation of a claim for a bovine caseine trypsin hydrolysate | 248 |
| 4.2. Evaluation of the use of taurine in a food supplement | 249 |
| 5. Fitness and energy: evaluation of the use of various substances, including taurine, in a drink presented as “energising” | 250 |
| 6. Athletes | 253 |
| 6.1. Evaluation of the risks presented by creatine and of claims | 253 |
| 6.2. Recommended intakes (ANC – French nutritional recommendations) for high-level child and teenage athletes | 254 |
| 6.3. Evaluation of a range of products presented as being intended to meet the expenditure of intense muscular effort | 255 |
| 6.4. Evaluation of advertising concerning muscle development and fitness-enhancing substances | 255 |
| 6.5. Evaluation of a draft directive for foods intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen | 258 |
| 7. Cholesterolemia and soybean proteins: evaluation of a claim concerning the reduction of cholesterolemia and soybean proteins | 260 |
| 8. Elimination of alcohol: evaluation of claims for a product containing tryptophan in particular | 261 |
| 9. Digestion of proteins: evaluation of the use of pineapple stalk in the form of a food supplement and as an ingredient | 261 |

| | |
|---|------------|
| 10 Milk treatments: evaluation of a milk obtained by microfiltration | 262 |
| 11. Food ingredients and additives | 263 |
| 11.1. Evaluation of novel ingredients using the “Novel Food” procedure | 263 |
| 11.1.1. Evaluation of a coagulated potato protein and its hydrolysates | 263 |
| 11.1.2. Evaluation of betaine extracted from sugar beet | 264 |
| 11.2. Evaluation of the use of methionine as an enzyme support | 265 |
| 11.3. Evaluation of a wheat gluten protein extract as a food additive | 265 |
| 12. Food allergies and intolerances | 266 |
| 12.1. Evaluation of the draft directive amending Directive 2000/13/EC as regards indication of the ingredients present in foodstuffs | 266 |
| 12.2. Infant formulae for infants at risk of allergy | 268 |
| 13. Paediatrics | 268 |
| 13.1 Draft revision of the directive on infant formulae and follow-on formulae | 268 |
| 13.2. Evaluations of several infant and follow-on formulae | 272 |
| 14. Nutritional and safety evaluation of foods produced by organic farming methods | 274 |
| 15. Amino acids in foods intended for particular nutritional uses or food supplements | 274 |
| 16. Evaluation of the use of lactoferrin in a food supplement | 275 |
| XI - Labelling and claims | 278 |
| 1. Labelling of allergens | 278 |
| 2. Nutritional and health claims | 278 |
| 2.1. The general requirement for non-misleading advertising | 278 |
| 2.2. Nutritional claims | 279 |
| 2.2.1. Definition | 279 |
| 2.2.2. Nutritional labelling | 279 |
| 2.2.3. Substantiation of nutritional claims - case of proteins | 280 |
| 2.3. Health claims | 281 |
| 3. Analysis of scientific criteria substantiating nutritional claims relative to proteins | 281 |
| 4. Claims evaluated in Afssa opinions | 282 |
| XII – Key points and general recommendations | 291 |
| Glossary | 306 |
| Bibliographic references | 310 |
| Annexes | 346 |
| Annex 1 - Protein content and energy value of almost 800 foods consumed in France (Ciqual data, Afssa) | 347 |
| Annex 2 - Amino acid profile of a few foods that are protein sources (contents per 100 g of food) (USDA data) | 366 |
| Annex 3 - Conversion factors, derived mainly from the studies by Mossé, Sosulski & Imafidon and Tkachuk, and average specific conversion factors that can be used | 368 |
| Annex 4 - Validation study on a 7-day food record using the urinary nitrogen excretion method | 370 |
| Annex 5- The top 100 foods contributing to protein intake ranked in decreasing order, by sex, in children and adults (INCA1 data) | 372 |
| Annex 6 - Protein requirement studies in the elderly | 378 |
| Annex 7 - Regulatory requirements relative to proteins in infant formulae and follow-on formulae | 381 |
| Annex 8 - Regulatory requirements relative to proteins in processed cereal-based foods and baby foods for infants and young children | 384 |
| Annex 9 - Afssa opinions concerning proteins, peptides, amino acids and derivatives (apart from dietary foods for special medical purposes) published on the Agency’s site up until 2005 | 385 |
| Annex 10 - Afssa opinion concerning dietary foods for special medical purposes published on the Agency’s site up until 2005 | 411 |
| Annex 11 - Foods that are potentially “sources of protein” or “protein-rich” according to the different criteria proposed for claims (Ciqual composition data, Afssa) | 435 |

List of tables

| | |
|--|-----|
| Table 1: Amino acid formulae | 16 |
| Table 2: Protein contents by food family (by decreasing average protein contents) | 22 |
| Table 3: Functional applications of caseine, caseinate, serum proteins and milk powder | 25 |
| Table 4: Egg white proteins | 27 |
| Table 5: Egg yolk proteins | 28 |
| Table 6: Technical and functional properties of egg and food applications | 30 |
| Table 7: Main biological characteristics of different types of fibre | 31 |
| Table 8: Functional properties of plant proteins | 36 |
| Table 9: Conversion factors calculated on the basis of the structure of the polypeptide chains in milk proteins provided by Farrell et al. | 40 |
| Table 10: Conversion factors calculated on the basis of analysis of amino acids | 41 |
| Table 11: Specific conversion factors proposed by Jones | 42 |
| Table 12: Average conversion factors for the main categories of protein sources, given the review of the literature conducted by the working group. | 43 |
| Table 13: Sensitivity of colorimetry analysis of proteins | 44 |
| Table 14: Derivation/detection system types | 47 |
| Table 15: Protein intake ($\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$) by age category and sex | 52 |
| Table 16: Protein intake ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) by age category and sex | 54 |
| Table 17: Protein intake (% non-alcoholic energy intake) by age category and sex | 56 |
| Table 18: Contributions of food groups to protein intake in the 4 sub-populations (as a % of total protein intake) .. | 58 |
| Table 19: Evolution according to age of the contributions of 6 food groups to protein intake | 59 |
| Table 20: Dieting and protein intakes in adults | 62 |
| Table 21: Characteristics and nutritional intakes of “heavy”, “low” and “moderate” protein consumers, defined on the basis of intake in $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ | 63 |
| Table 22: Contributions of the main protein vector groups (as a % of total protein intake) in “heavy”, “low” and “moderate” protein consumers, defined on the basis of intake in $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$, in adults | 63 |
| Table 23: Characteristics and nutritional intakes according to the 5 protein intake groups in $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ in adults | 65 |
| Table 24: Characteristics and nutritional intakes according to the 5 protein intake groups in $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ in adults | 66 |
| Table 25: Characteristics and nutritional intakes according to the 5 protein intake groups in % NAEI in adults | 67 |
| Table 26: Characteristics and nutritional intakes according to the 5 protein intake groups in % NAEI in children | 68 |
| Table 27: Comparison of dietary intake of carbohydrate vector foods (in $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$) according to the 5 protein intake groups in % NAEI in girls | 68 |
| Table 28: Proportions of individuals with a low level of physical activity according to the 5 protein intake groups in % NAEI in adults | 68 |
| Table 29: Protein intakes in endurance athletes in seven studies | 69 |
| Table 30: Subject characteristics (mean +/- standard deviation) | 70 |
| Table 31: Effects of energy expenditure (EE) on the quality and quantity of macronutrient intake in endurance athletes | 71 |
| Table 32: Vegetable and animal protein intakes in endurance athletes as a function of energy expenditure (EE) (in $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ and as a % of protein intake) | 72 |
| Table 33: IAA and cysteine intakes in endurance athletes as a function of energy expenditure (EE) ($\text{mg}\cdot\text{d}^{-1}$, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$, % of each IAA/total IAA intake) | 74 |
| Table 34: Total IAA intakes (in $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ and in $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) and relationship between IAA intake and total protein intake .. | 75 |
| Table 35: Means of daily protein intake levels reported in 14 studies in elderly people in France | 77 |
| Table 36: Daily protein, fat, carbohydrate and energy intakes in infants and young children in France | 79 |
| Table 37: Average daily amino acid intakes | 141 |
| Table 38: Estimations of indispensable amino acid requirements in adults, as a function of the methods used | 151 |
| Table 39: Official data for indispensable amino acid requirements in adults in France, the USA and internationally, and Afssa proposals | 152 |

| | |
|--|-----|
| Table 40: Recommended protein intakes (ANC) for bottle-fed children from birth to the age of 3 years | 156 |
| Table 41: Recommended protein intakes (ANC) in children up to the age of 3 years, expressed as a percentage of energy in the diet | 156 |
| Table 42: Average requirements, recommended intakes (ANC) and average dietary intake of indispensable amino acids (IAA) between the ages of 0 and 6 months | 157 |
| Table 43: Protein requirements and recommended intakes (ANC) in boys aged 4 to 10 years | 160 |
| Table 44: Protein requirements and recommended intakes (ANC) in girls aged 4 to 10 years | 161 |
| Table 45: Protein requirements and recommended intakes (ANC) in boys aged 11 to 18 years | 161 |
| Table 46: Protein requirements and recommended intakes (ANC) in girls aged 11 to 18 years | 161 |
| Table 47: Estimation of the indispensable amino acid requirements of a 10 year-old boy: average protein composition of the body | 162 |
| Table 48: Indispensable amino acid requirements in adolescents | 163 |
| Table 49: Protein requirements and recommended intakes (ANC) during pregnancy: $g \cdot d^{-1}$ or $g \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$ above values when not pregnant | 166 |
| Table 50: Protein requirements and recommended intakes (ANC) while breast-feeding: $g \cdot d^{-1}$ above values when not breast-feeding | 167 |
| Table 51: Indispensable amino acid requirements while breast-feeding | 167 |
| Table 52: Estimations of indispensable amino acid requirements of elderly people obtained using two global approaches | 171 |
| Table 53: Comparison of estimations of requirements for sulphur-containing amino acids, lysine, threonine and tryptophan obtained by different methods in elderly or young people, with current estimations for requirements in young adults | 171 |
| Table 54: Various digestibility coefficients | 205 |
| Table 55: Standardised (S) or real (R) digestibility of different dietary proteins measured at different points in the intestines, in humans, rats and pigs | 206 |
| Table 56: Nitrogen retention values and biological values of dietary proteins obtained in humans or in animals | 208 |
| Table 57: Structures postulated for the composition of reference proteins in 1990 and 1985 | 209 |
| Table 58: Profiles proposed by Afssa as reference profiles | 210 |
| Table 59: Characteristics and protein and energy intakes of boys aged 3-4 years (n=96) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intakes | 221 |
| Table 60: Characteristics and protein and energy intakes of girls aged 3-4 years (n=78) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intakes | 221 |
| Table 61: Characteristics and protein and energy intakes of boys aged 5-7 years (n=132) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake | 221 |
| Table 62: Characteristics and protein and energy intakes of girls aged 5-7 years (n=115) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake | 222 |
| Table 63: Characteristics and protein and energy intakes of boys aged 8-10 years (n=132) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake | 222 |
| Table 64: Characteristics and protein and energy intakes of girls aged 8-10 years (n=119) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake | 222 |
| Table 65: Characteristics and protein and energy intakes of boys aged 11-14 years (n=164) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake | 223 |
| Table 66: Characteristics and protein and energy intakes of girls aged 11-14 years (n=164) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake | 223 |
| Table 67: Characteristics and protein and energy intakes of boys aged 15-18 years (n=58) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake | 223 |
| Table 68: Characteristics and protein and energy intakes of girls aged 15-18 years (n=72) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake | 224 |
| Table 69: Characteristics and protein and energy intakes of men aged 19-59 years (n=451) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake | 224 |
| Table 70: Characteristics and protein and energy intakes of women aged 19-59 years (n=542) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake | 224 |
| Table 71: Characteristics and protein and energy intakes of men aged 60 years and over (n=149) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake | 225 |

| | |
|--|-----|
| Table 72: Characteristics and protein and energy intakes of women aged 60 years and over (n=162) with probably inadequate, adequate, high or very high protein intake. | 225 |
| Table 73: Reference protein from annex V of the order of 20 July 1977 applying the decree of 24 January 1975 on dietetic and dietary products. | 242 |
| Table 74: Protein requirements and recommended intakes (ANC – French nutritional recommendations) for boys aged 6 to 18 years, in the general population and athletes. | 254 |
| Table 75: Protein requirements and recommended intakes (ANC – French nutritional recommendations) for girls aged 6 to 18 years, in the general population and athletes. | 255 |
| Table 76: Fields concerned by Afssa opinions and reports relative to proteins, protein ingredients and amino acids. | 276 |
| Table 77: Labelling requirements depending on the nature of the claims. | 280 |
| Table 78: Afssa evaluations concerning claims relative to proteins, protein ingredients and amino acids. | 284 |
| Table 79: Protein requirements, recommended intakes (ANC) and prevalence of inadequate intakes. | 295 |
| Table 80: Indispensable amino acid requirements for adults: Afssa proposals. | 296 |
| Table 81: Summary of the main research recommendations identified in this report. | 304 |

List of figures

| | |
|---|-----|
| Figure 1: Main protein ingredients obtained from milk. | 25 |
| Figure 2: Diagrams of egg product production. | 28 |
| Figure 3: Profile for hydrolysis using papaine (a) and cathepsine D (b) of an extract of sarcoplasmic proteins prepared from rabbit Psoas major (PM) and Semimembranosus proprius (SMp) muscles. | 32 |
| Figure 4: Relationship between the hydrolysis rates of the different protein fractions tested and their hydrophobicity (Log So). | 33 |
| Figure 5: Comparison of the ultrastructure of the gels obtained after heating myofibrillar proteins from rabbit Psoas major (PM: Type IIB) and Semimembranosus proprius (SMp: Type I) muscles to 80°C. | 34 |
| Figure 6: Main pathways for the production of plant proteins (PP). | 36 |
| Figure 7: Analysis of amino acids by hydrolysis with hydrochloric acid. | 46 |
| Figure 8: Analytical diagram of the Moore and Stein method. | 47 |
| Figure 9: Distribution of protein intakes in g.d ⁻¹ in adults. | 52 |
| Figure 10: Distribution of protein intakes in g.d ⁻¹ in children. | 53 |
| Figure 11: Distribution of protein intakes in g.kg ⁻¹ .d ⁻¹ in adults. | 54 |
| Figure 12: Distribution of protein intakes in g.kg ⁻¹ .d ⁻¹ in children. | 55 |
| Figure 13: Distribution of protein intakes in % energy intake (non-alcoholic) in adults. | 56 |
| Figure 14: Distribution of protein intakes in % energy intake (non-alcoholic) in children. | 57 |
| Figure 15: Protein intake in g.kg ⁻¹ .d ⁻¹ according to the profession and social category (PSC) of the head of the household in adults. | 60 |
| Figure 16: Protein intake in g.kg ⁻¹ .d ⁻¹ according to region lived in, in adults and children. | 61 |
| Figure 17: Macronutrient distribution, as a percentage of daily non-alcoholic energy intake, as a function of energy expenditure (EE). | 72 |
| Figure 18: Evolution of the percentage of animal and plant proteins in total daily protein intake as a function of energy expenditure (EE). | 72 |
| Figure 19: Proportion of lysine and methionine (% IAA), by energy expenditure (EE) group. | 74 |
| Figure 20: Daily protein intake levels reported in 14 studies in elderly people in France. | 76 |
| Figure 21: Percentage of total energy value derived from different categories of foods in infants and young children in France. | 79 |
| Figure 22: General model for the homeostasis of amino acids. | 81 |
| Figure 23: Signal pathways for control of protein synthesis. | 86 |
| Figure 24: Sulphur-containing amino acids. | 99 |
| Figure 25: Interconversion pathways for the various sulphur-containing amino acids and main enzymes involved. | 99 |
| Figure 26: Glutathione formula. | 108 |
| Figure 27: Creatine phosphate formula. | 112 |

| | |
|--|-----|
| Figure 28: L-carnitine formula | 114 |
| Figure 29: Inter-organ metabolism, diagram of biosynthesis of ornithine and citrulline | 118 |
| Figure 30: The carbon-containing skeletons of several amino acids are involved in the Krebs cycle via different pathways..... | 121 |
| Figure 31: Consequences of a reduction in the availability of carbohydrates (CHO) on the utilisation of nitrogen compounds estimated by urea loss in perspiration | 181 |
| Figure 32: Influence of the intake of glucose during exercise on oxidation of leucine | 183 |
| Figure 33: Evaluation of total protein synthesis by the body (A) and oxidation of leucine (B) in athletes trained in a strength sport and subjected to a low-protein (LP: 0.9 g.kg ⁻¹ .d ⁻¹), moderate-protein (MP: 1.4 g.kg ⁻¹ .d ⁻¹) and high-protein (HP: 2.4 g.kg ⁻¹ .d ⁻¹) diet..... | 190 |
| Figure 34: Maintenance time for exercise on an ergocycle after the intake, during exercise, of a placebo (control), tryptophan (Trp), low (f-BCAA) or high quantities of branched-chain amino acids (F-BCAA) | 191 |
| Figure 35: The start of training is characterised by an initial period of negative nitrogen balance followed by adaptation, characterised by nitrogen balance equilibrium in subjects in whom nitrogen intakes are constant..... | 198 |
| Figure 36: Prevalence of probably inadequate, adequate, high or very high protein intakes relative to protein requirements in children aged 3 to 10 years in France (according to INCA1 consumption data) | 218 |
| Figure 37: Prevalence of probably inadequate, adequate, high or very high protein intakes relative to protein requirements in adolescents aged 11 to 18 years in France (according to INCA1 consumption data) | 219 |
| Figure 38: Prevalence of probably inadequate, adequate, high or very high protein intakes relative to protein requirements in adults (19-59 years and over 60 years) in France (according to INCA1 consumption data) | 220 |
| Figure 39: Period of use of infant formulae and follow-on formulae according to the regulations..... | 239 |
| Figure 40: Regulatory requirements for the composition of FPNUs for energy-restricted diets for weight reduction | 241 |

SIGLES ET ABRÉVIATIONS CITÉS DANS LA SYNTHÈSE

ACRONYMS AND ABBREVIATIONS CITED IN THE EXECUTIVE OVERVIEW

| | | | |
|--------------------------|---|--------------------------|---|
| AAI | Acide aminé indispensable | Afssa | Agence française de sécurité sanitaire des aliments (<i>French Food Safety Agency</i>) |
| AESA | Apport énergétique sans alcool | Afssaps | Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (<i>French Health Products Safety Agency</i>) |
| AET | Apport énergétique total | ANC | Apport nutritionnel conseillé (<i>nutritional recommendations for the French population</i>) |
| Afssa | Agence française de sécurité sanitaire des aliments | ATLA | Association de la transformation laitière française (<i>French dairy processing association</i>) |
| Afssaps | Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé | BCAA | <i>Branched-chain amino acids</i> |
| ANC | Apport nutritionnel conseillé (<i>nutritional recommendations for the French population</i>) | BCOADH (or BCKAD) | <i>Branched-chain ketoacid dehydrogenase or Branched-chain 2-oxo-acid dehydrogenase</i> |
| ATLA | Association de la transformation laitière française | BV | <i>Biological value</i> |
| BCAA | Acides aminés à chaîne ramifiée AACR (<i>Branched-chain amino acids</i>) | CES | Comité d'experts spécialisé (<i>Scientific Panel</i>) |
| BCOADH (ou BCKAD) | Deshydrogénase des céto-acides à chaîne ramifiée (<i>Branched-chain ketoacid dehydrogenase</i> ou <i>Branched-chain 2-oxo-acid dehydrogenase</i>) | CHU | Centre hospitalier universitaire (<i>Teaching Hospital</i>) |
| CE | Communauté européenne | CI | <i>Chemical index</i> |
| CEP | Coefficient d'efficacité protéique (<i>Protein Efficiency Ratio PER</i>) | CiquaI | Centre d'information sur la qualité des aliments (Afssa) (<i>French Information Centre on Food Quality</i>) |
| CES | Comité d'experts spécialisé | CIV | Centre d'information des viandes (<i>French Meat Information Centre</i>) |
| CHU | Centre hospitalier universitaire | CRSSA | Centre de recherche du service de santé des armées (<i>French Military Health Department research centre</i>) |
| CiquaI | Centre d'information sur la qualité des aliments (Afssa) (<i>French Information Centre on Food Quality</i>) | DGCCRF | Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (<i>Directorate General for Competition, Consumer Affairs and Fraud Control</i>) |
| CIV | Centre d'information des viandes | DRV | <i>Dietary reference value</i> |
| CRSSA | Centre de recherche du service de santé des armées | EC | <i>European Community</i> |
| DDAP | Denrées destinées à une alimentation particulière | EE | <i>Energy expenditure</i> |
| DE | Dépense énergétique | ENSIA | École supérieure des industries agricoles et alimentaires (<i>Graduate School for agricultural and food processing industries</i>) |
| DGCCRF | Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes | FAO | <i>Food and agriculture organisation of the United Nations</i> |
| ENSIA | École supérieure des industries agricoles et alimentaires | FNB | <i>Food and Nutrition Board</i> |
| ERO | Espèce réactive de l'oxygène | FPNU | <i>Foodstuff intended for particular nutritional use</i> |
| FAO | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (<i>Food and agriculture organisation of the United Nations</i>) | | |

| | | | |
|----------------|--|----------------|---|
| FNB | <i>Food and Nutrition Board</i> | GEPV | Groupe d'études et de promotion des protéines végétales (<i>Group for the study and promotion of plant proteins</i>) |
| GEPV | Groupe d'études et de promotion des protéines végétales | IAA | <i>Indispensable amino acid</i> |
| IC | Indice chimique | INAPG | Institut national agronomique de Paris - Grignon (<i>Paris-Grignon National Agronomic Institute</i>) |
| INAPG | Institut national agronomique de Paris - Grignon | INCA | Enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires (<i>French individual and national survey on food consumption</i>) |
| INCA | Enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires | INRA | Institut national de la recherche agronomique (<i>French National Institute for Agricultural Research</i>) |
| INRA | Institut national de la recherche agronomique | INSERM | Institut national de la santé et de la recherche médicale (<i>French National Institute for Health and Medical Research</i>) |
| INSERM | Institut national de la santé et de la recherche médicale | IOM | <i>Institute of Medicine</i> |
| IOM | <i>Institute of Medicine</i> | MPV | Matière protéique végétale |
| MPV | Matière protéique végétale | NHANES | <i>National Health and Nutrition Examination Survey</i> |
| NHANES | <i>National Health and Nutrition Examination Survey</i> | NO | Monoxyde d'azote (nitric oxide) |
| NO | Monoxyde d'azote (nitric oxide) | OCA | Observatoire des consommations alimentaires (Afssa) (<i>Dietary Survey Unit</i>) |
| OCA | Observatoire des consommations alimentaires (Afssa) (<i>Dietary Survey Unit</i>) | OMS | Organisation mondiale de la santé (<i>World Health Organisation WHO</i>) |
| OMS | Organisation mondiale de la santé (<i>World Health Organisation WHO</i>) | PASER | Pôle d'appui scientifique à l'évaluation des risques (Afssa) (<i>Office of Scientific Support for Risk Assessment</i>) |
| PASER | Pôle d'appui scientifique à l'évaluation des risques (Afssa) (<i>Office of Scientific Support for Risk Assessment</i>) | PCS | Profession et catégorie sociale |
| PCS | Profession et catégorie sociale | PD-CAAS | Indice corrigé de la digestibilité (<i>Protein digestibility corrected amino-acid score</i>) |
| PD-CAAS | Indice corrigé de la digestibilité (<i>Protein digestibility corrected amino-acid score</i>) | PER | <i>Protein Efficiency Ratio</i> |
| PM | <i>Psoas major</i> (muscle) | PM | <i>Psoas major</i> (muscle) |
| SDCA | Syndicat de la diététique et des compléments alimentaires | PP | <i>Plant protein</i> |
| SFAED | Syndicat français des aliments de l'enfance et de la diététique | PSC | <i>Profession and social category</i> |
| SMp | <i>Semimembranus propius</i> (muscle) | ROS | <i>Reactive oxygen species</i> |
| UENRN | Unité d'évaluation sur la nutrition et les risques nutritionnels (Afssa) (<i>Nutritional risk assessment unit</i>) | SDCA | Syndicat de la diététique et des compléments alimentaires (<i>dietetic foods and food supplements association</i>) |
| UPN | Utilisation protéique nette (<i>Net Protein Utilisation NPU</i>) | SFAED | Syndicat français des aliments de l'enfance et de la diététique (<i>French children's food and dietetic food association</i>) |
| USDA | <i>United States Department of Agriculture</i> | SMp | <i>Semimembranus propius</i> (muscle) |
| VB | Valeur Biologique | TEI | <i>Total energy intake</i> |
| VNR | Valeur nutritionnelle de référence | UENRN | Unité d'évaluation sur la nutrition et les risques nutritionnels (Afssa) (<i>Nutritional risk assessment unit</i>) |
| | | USDA | <i>United States Department of Agriculture</i> |
| | | WHO | <i>World Health Organisation</i> |

Création et mise en page : Parimage
Impression : Bialec, Nancy (France)
N°
2 000 exemplaires

27-31, avenue du Général Leclerc
94701 MAISONS-ALFORT Cedex
www.afssa.fr

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE