

les qualités sur nutritionnelles des protéines lactières



Les protéines: généralités

1. Comment sont-elles définies et à quoi servent-elles ?
2. Quelles en sont les principales sources alimentaires ?
3. Sont-elles toutes de qualité équivalente ?
4. Comment sont-elles assimilées ?

Les protéines lactières: spécificités

5. Quelles protéines composent le lait ?
6. Que dire de leurs qualités nutritionnelles ?
7. Quid de leurs propriétés biologiques ?

Annexe 1: Glossaire des termes en italique & Rappels

Les protéines lactières et la santé

8. Santé osseuse ?
9. Santé dentaire ?
10. Les phénomènes d'allergies ?
11. Les autres pathologies ?

Consommations et recommandations

12. Les Français consomment-ils assez de protéines ?
13. Quelle place pour les protéines lactières ?

En résumé & Pour en savoir plus

Annexe 2: Les questions du grand public

Les protéines: généralités

1. Comment sont-elles définies et à quoi servent-elles ?

«Protéine» vient du grec «protos» qui signifie premier, fondamental, d'importance capitale.

Toutes les protéines, qu'elles soient corporelles ou alimentaires, comportent de l'azote et se composent d'un enchaînement d'*acides aminés* (AA)*. Dans l'organisme, les protéines (10 à 12 kg du poids du corps) ont des fonctions très variées. Elles entrent dans la constitution des cellules (muscles, peau, nerfs, os, vaisseaux etc.) et sont indispensables à son fonctionnement (certaines hormones, anticorps, enzymes sont des protéines). Elles ont cependant une durée de vie limitée et doivent être renouvelées en permanence. Le maintien de la masse des protéines corporelles résulte d'un équilibre entre leur synthèse (anabolisme) et leur dégradation (catabolisme), qui dépend pour une bonne part des protéines apportées par l'alimentation**. Alors que les glucides et les lipides sont les principales sources d'énergie de l'organisme, les protéines alimentaires (qui apportent 4 kcal/g) doivent donc plutôt être considérées comme des fournisseurs indispensables de matières premières à l'organisme (AA, azote)***.

*Il existe 20 AA dont 9 indispensables à l'homme (l'organisme ne sait pas les synthétiser et ils doivent être apportés par l'alimentation). Le nombre d'AA, les proportions relatives de chacun d'eux, leur ordre d'enchaînement (*structure primaire*) et leur agencement dans l'espace (*structures secondaire, tertiaire et quaternaire*) donnent à la protéine l'essentiel de ses spécificités (nutritionnelle, biologique et/ou fonctionnelle). La taille des protéines varie: de quelques centaines à plusieurs millions de kilodaltons. Les protéines comportant moins de 50 AA sont appelées *peptides*.

** Chaque jour 300 g de protéines sont renouvelées (celles du foie ou de l'intestin se renouvellent en 3 ou 4 jours, celles des muscles ou des os en plusieurs mois). Ce renouvellement est modulé par des facteurs hormonaux (insuline, hormone de croissance etc...) et nutritionnels (apports énergétiques, jeûne) mais aussi par diverses situations (croissance, grossesse, vieillissement, sport, maladies etc...) (*schéma- Annexe 1*)

***Les protéines (appelées aussi protides) sont la seule source d'azote de l'organisme, élément indispensable à la vie. Elles fournissent également des AA aux fonctions multiples (*Annexe 1 et Q7*). À noter: si les apports énergétiques sont très insuffisants, les protéines peuvent être utilisées comme substrats énergétiques, ce qui n'est pas leur rôle...

2. Quelles sont les principales sources de protéines alimentaires ?

Dans l'alimentation de l'homme, les protéines sont d'origine animale (viande, poisson, œufs, produits laitiers) et/ou végétale (produits céréaliers, légumineuses...). À l'échelle de la planète, les apports protéiques sont couverts à environ 1/3 par les protéines animales et aux 2/3 par les protéines végétales. Mais il existe de grandes variations selon la disponibilité alimentaire et les habitudes de consommation*. La richesse en protéines des aliments varie considérablement (pain 2,7 g/100 g ; viande ou poisson 18 g/100 g ; fromage et légumes secs crus 25 g/100 g)**. Mais plus que la quantité de protéines, c'est leur qualité qui importe.

*En Asie ou en Afrique les protéines consommées sont essentiellement d'origine végétale (céréales) alors qu'en Europe, en Amérique ou en Océanie, les protéines animales (viande surtout) dominent... En France, les produits laitiers et la viande sont parmi les principales sources de protéines alimentaires (*Q13*).

**D'un point de vue quantitatif, il y a autant de protéines (20 g) dans 100 g de viande ou de poisson, 2 œufs, 1/2 l de lait, 1 assiette de légumes secs ou encore 3 baguettes...

3. Sont-elles toutes de qualité équivalente?

Plusieurs indices permettent de comparer la qualité nutritionnelle des protéines. Mais la plupart d'entre eux ne donnent qu'un pâle reflet de la réalité. Basés sur des tests de croissance chez le rat (*VB, UPN, CEP*), des méthodes chimiques (*IC, PD-CAAS*) et/ou des tests de digestibilité (*CUD*), ils ne tiennent en effet pas compte du devenir des protéines dans l'organisme ni de l'utilisation des acides aminés qui les composent. Seule l'expérimentation humaine (utilisant des protéines marquées avec des isotopes stables) apparaît comme une méthode de choix (mais elle est difficile à mettre en œuvre et son coût est important). Ceci dit, et quelles que soient les méthodes utilisées, les protéines d'origine animale s'avèrent de meilleure qualité nutritionnelle que les protéines d'origine végétale* (*Annexe 1*).

*Les protéines animales sont généralement plus riches en AA indispensables (les céréales manquent de lysine et les légumineuses d'acides aminés soufrés). De plus, des facteurs anti-nutritionnels (inhibiteurs d'enzymes protéolytiques (trypsine), lectines, tanins...) réduisent l'assimilation de bon nombre de protéines végétales. Une étude comparant chez l'homme caséine et protéines de soja montre qu'une proportion importante des protéines de soja absorbées est en fait dégradée alors que les protéines du lait sont beaucoup mieux utilisées par l'organisme.

4. Comment sont-elles assimilées?

Pour être assimilées et utilisées par l'organisme, les protéines alimentaires doivent être transformées en AA et peptides. Leur digestion commence dans l'estomac (grâce à des enzymes comme la pepsine et la chymosine) mais elle a surtout lieu dans l'intestin (enzymes pancréatiques et intestinales: trypsine, chymotrypsine, entéropeptidases, etc...) où sont libérés et absorbés des AA mais aussi des di et tripeptides. En fonction des besoins de l'organisme, le foie régule ces « entrées » notamment en dirigeant les acides aminés excédentaires vers des voies de dégradation*.

*En excès, l'azote peut être très toxique (cerveau). Il est éliminé à 80 % sous forme d'urée (produite par le foie) et sous forme d'acide urique, de créatine et d'ammoniaque (rein).

5. Quelles protéines composent le lait?

À la traite, la teneur en protéines du lait est d'environ 30 à 35 g/L*. Classiquement, on distingue 2 sortes de protéines:

- **les caséines** (80 % environ des protéines) avec 4 composantes majeures appelées α_1 , α_2 , β et κ (respectivement 9,5; 2,7; 9 et 3,5 g/L) et de nombreux variants se distinguant par un ou plusieurs AA.

- **les protéines sériques** (20 %) dont la β -lactoglobuline, l' α lactalbumine, la sérum-albumine et les immunoglobulines (respectivement: 2,7; 1,2; 0,25 et 0,65 g/L). D'autres protéines du lactosérum (comme la lactoferrine ou la lactoperoxydase), dites mineures car en faibles concentrations, font l'objet d'un intérêt croissant du fait de propriétés biologiques particulières (Q 7).

*Pour obtenir la teneur en protéines du lait, on multiplie sa teneur en azote par le coefficient de conversion 6,38 [l'azote du lait est d'origine protéique à plus de 95 %; le taux d'azote non protéique (urée, créatine...) y est négligeable]. Dans le lait de consommation, la teneur en protéines est d'environ 32 g/L. Le colostrum est particulièrement riche en protéines (immunoglobulines surtout).

6. Que dire de leurs qualités nutritionnelles?

Globalement, la qualité nutritionnelle des protéines laitières est excellente. Elle repose sur leur forte digestibilité (>95%) et sur une composition en AA indispensables particulièrement bien équilibrée permettant de satisfaire les besoins de l'homme (*Annexe 1*). Plus spécifiquement, les caséines se caractérisent par une teneur élevée en proline et un taux relativement faible en AA soufrés (cystéine notamment). Elles sont également riches en phosphore, ce qui leur confère une capacité particulière à fixer certains minéraux et oligo-éléments (fer, calcium, zinc...) sous une forme particulièrement assimilable. Les protéines sériques quant à elles, ont une teneur élevée en AA essentiels, AA branchés et en AA soufrés avec une teneur moindre en AA aromatiques. Du point de vue de la digestibilité, les protéines sériques sont dites « rapides » car rapidement libérées par l'estomac, elles passent vite dans l'intestin, où leurs AA sont absorbés immédiatement en quantité importante et sur une brève durée. A l'inverse, les caséines sont dites « lentes » car elles précipitent dans l'estomac et leurs AA sont libérés et absorbés beaucoup plus lentement et de manière prolongée sur plusieurs heures. Ces spécificités permettent une utilisation très ciblée des protéines laitières et leur confèrent une étonnante complémentarité*.

*Ainsi, les protéines sériques trouveront des applications dans les produits destinés aux personnes âgées et les caséines dans ceux destinés aux plus jeunes... Lorsque les protéines laitières sont considérées dans leur globalité, le déficit en cystéine des caséines est compensé par la richesse en cystéine des protéines sériques, elles ont de toute façon des teneurs en méthionine intéressantes...

7. Quid de leurs propriétés biologiques?

Les protéines laitières et certains peptides* issus de leur digestion ont des propriétés biologiques allant bien au-delà du simple apport nutritionnel. Ainsi des expérimentations réalisées surtout *in vitro* et *in vivo* chez l'animal** ont mis en avant des activités concernant le système cardiovasculaire (activités anti-thrombotique et anti-hypertensive), le système nerveux (activités opioïde et anti-opioïde, activité anti-stress), la défense de l'organisme (activités antimicrobienne, immunomodulatrice), le transport des minéraux (fer et calcium notamment) ou encore le système digestif. Plus de 180 peptides possédant une ou plusieurs de ces activités ont été répertoriés à partir de l'ensemble des produits laitiers (lait, laits fermentés, yaourts, fromages).

*appelés biopeptides ou peptides à activité biologique (*ils feront l'objet d'un prochain « questions sur »*).

** De nombreux peptides et aliments fonctionnels utilisant les propriétés biologiques des peptides du lait sont déjà sur le marché. Leur expansion se trouve cependant freinée par la difficulté de réaliser des études tests chez l'homme. Quelques exemples: Antimicrobienne (lactoferrine, peptides des caséines α_1 et α_2 ...); Antihypertensive (peptides des caséines α_1 , α_2 , β (casokinines), de l' α et de la β lactalbumine...); Immunomodulatrice (peptides des caséines α_1 , β et κ ...); Opioïdes ou anti (peptides des caséines α_1 , β et κ lactalbumine, lactoferrine); Antithrombotiques (peptides de la caséine κ , CMP, casoplateline...); Antistress (peptides de la caséine α_1).

8. Quel rôle pour les protéines lactières sur la santé osseuse ?

D'une manière générale, les protéines exercent un effet positif sur l'os* (Ⓢ10). Elles stimulent la production d'IGF-1, facteur de croissance qui, à son tour, stimule la formation osseuse. De plus, le risque de fracture liée à l'ostéoporose est plus faible chez les gros consommateurs de protéines**. Des études montrent une association positive entre la consommation de protéines lactières et l'augmentation de la masse osseuse chez l'enfant (action d'autant plus favorable que les apports de calcium sont adéquats). Chez des personnes âgées déjà victimes de fracture (fémur), il a été montré qu'un supplément de 20 g de protéines de lait par jour augmentait la production du facteur de croissance IGF-1 et ralentissait la perte osseuse... Par le biais de différents facteurs, les protéines - et notamment les protéines lactières- agissent donc sur la formation osseuse et freinent la résorption osseuse. Elles sont donc indispensables à la santé des os...

* Les études récentes réalisées chez l'homme ne montrent pas de supériorité des protéines végétales par rapport aux protéines animales.

** Une alimentation carencée en protéines est fréquente chez les personnes âgées qui font des fractures. La carence protéique est associée à une diminution de la densité minérale osseuse. Elle aggrave le risque de fracture en diminuant la force musculaire ce qui favorise les chutes et atténue le rôle protecteur des tissus mous.

9. La santé dentaire ?

Diverses études ont montré un rôle protecteur du lait et des produits laitiers (fromage notamment) sur la carie dentaire. Différents constituants du lait seraient impliqués, notamment les lipides, les minéraux et les protéines. L'action anticariogène des protéines lactières serait essentiellement due à la caséine et surtout à la caséine α . En effet, la caséine diminuerait l'adhérence à la dent de *Streptococcus mutans*, la bactérie responsable de la carie dentaire. Elle renforcerait également l'action protectrice de la salive. De plus, il semble que des dérivés de la caséine (caséinates) ainsi que certains de ses peptides puissent s'incorporer à la plaque dentaire et en augmenter la concentration de calcium et de phosphate, ce qui pourrait contribuer à protéger l'émail.

10. Les phénomènes d'allergies ?

L'allergie aux protéines du lait est une réaction immunitaire qui touche des sujets génétiquement prédisposés. Elle est rare chez l'adulte et concerne essentiellement les enfants de moins de 2 ans* (elle guérit généralement après)... Elle peut se traduire par des symptômes variés : troubles digestifs, cutanés, respiratoires... Son diagnostic est établi à partir de tests médicaux spécifiques et un régime d'éviction est alors prescrit** (Ⓢ2). Les protéines les plus souvent en cause dans les réactions allergiques sont les caséines et la β lactoglobuline mais toutes les protéines lactières peuvent être impliquées***.

*Elle représente la 3^e allergie alimentaire chez les moins de 15 ans avec 8 % des cas derrière l'œuf (34 %) et l'arachide (23 %).

** Tous les produits laitiers et les aliments industriels contenant des protéines lactières sont exclus de l'alimentation.

***Il existe une grande homologie de structure entre les protéines du lait de vache et celles d'autres espèces (chèvre, brebis, jument...) qui sont donc également déconseillées chez les enfants allergiques tout comme d'ailleurs les protéines de soja.

11. Les autres pathologies ?

Le rôle des protéines lactières a été suggéré dans diverses maladies dites multifactorielles (impliquant des facteurs génétiques et de nombreux facteurs environnementaux) dont les origines sont généralement mal connues. Le rôle des protéines dans leur développement et/ou même dans leur prévention est donc particulièrement difficile à évaluer.

• **Cancer**: Les protéines sériques (lactoferrine, lactoferricine, α lactalbumine surtout) pourraient jouer un rôle dans la prévention de certains cancers (côlon, foie, poumon...) en augmentant la réponse immunitaire et /ou en favorisant l'apoptose (mort cellulaire) (Ⓢ6).

• **Maladies cardiovasculaires**: Certaines études, réalisées chez l'animal, ont suggéré que la caséine (comparée aux protéines de soja) pouvait avoir un effet hypercholestérolémiant*. Mais les résultats s'avèrent assez contradictoires selon les animaux (espèce, sexe, âge...), la durée de l'expérience et le régime donné (quantités de protéines, nature des lipides, quantité de cholestérol, minéraux etc...). Par ailleurs, chez l'homme sain, 11 études sur 13 ne montrent aucune différence de cholestérolémie entre des sujets recevant de la caséine ou du soja**... Difficile donc de conclure, d'autant plus que d'autres protéines comme la lactoferrine, ou encore certains peptides à activité antithrombotique auraient au contraire des effets plutôt bénéfiques (Ⓢ13).

*Parmi les mécanismes évoqués : \uparrow de l'absorption du cholestérol, \downarrow de la synthèse des acides biliaires, rapport lysine/arginine trop élevé mais aussi teneur trop importante en méthionine. Cet acide aminé pourrait favoriser la production d'homocystéine, facteur de risque supposé d'athérosclérose chez certains sujets (prédisposés génétiquement et/ou déficients en folates et vitamine B12)...

** Les résultats sont beaucoup moins tranchés chez les sujets hypercholestérolémiques.

• **Obésité**: Chez l'enfant, une étude épidémiologique française a montré une relation positive entre la part d'énergie apportée par les protéines à 2 ans et un rebond d'adiposité précoce, indicateur d'une augmentation du risque d'obésité à l'âge adulte. D'où l'hypothèse qu'une quantité importante de protéines dans l'alimentation du jeune enfant (notamment lactières) pourrait favoriser l'obésité (via notamment une production plus importante de facteurs de croissance qui agissent à différents niveaux et notamment sur les cellules adipeuses)*. Cette étude, très controversée, n'a cependant pas été validée à ce jour (une étude européenne est en cours) (Ⓢ7). Chez l'adulte, l'apport de protéines et notamment de protéines lactières aurait au contraire des effets plutôt bénéfiques sur le poids, sur la répartition entre masse grasse et maigre (muscle) mais aussi sur le maintien de la perte de poids après régime**.

*Cette étude a également montré des apports lipidiques trop faibles chez les enfants d'un an (~ 28 % de l'énergie, alors qu'ils représentent 50 % de l'énergie dans le lait maternel). Or, dans la prévention de l'obésité, le point essentiel (en dehors de l'adéquation entre les apports énergétiques et les dépenses) est une répartition de l'énergie correcte entre protéines, lipides et glucides. L'augmentation de la part des protéines semble donc être une conséquence de la réduction de la part des lipides. Les pédiatres s'accordent d'ailleurs pour dire que les recommandations de réduction des lipides, valables chez l'adulte, ne devraient pas s'appliquer aux jeunes enfants. À noter: la teneur en protéines des laits infantiles a cependant été réduite.

** Ainsi, une étude récente a montré qu'après régime, un apport de 30 g de protéines lactières conduisait à une moindre reprise de poids et que celle-ci était essentiellement due à un gain de masse maigre (muscle).

• **Diabète et autres:** Les protéines laitières (et notamment le peptide ABBOS*) ont été mises en cause dans la survenue du diabète insulino-dépendant (de type I). Les résultats des études, très contradictoires, n'ont cependant pas permis d'établir un quelconque lien de causalité. Plus récemment, c'est le variant A1 de la caséine β qui s'est retrouvé au centre de débats très médiatisés notamment en Nouvelle Zélande**. Cependant, les arguments pseudo-scientifiques avancés n'ont pas été validés par les comités d'experts qui ont conclu «qu'il n'existait aucune relation entre les protéines A1 et la survenue d'une quelconque maladie» (5).

*Issu de l'hydrolyse de la sérualbumine, ce peptide présente une certaine homologie de structure avec les cellules β du pancréas qui produisent l'insuline.

**Le lait contient un mélange de caséines β (variants) - notamment A1, A2, B - qui diffèrent par leur contenu en acides aminés. La rumeur suggérerait un lien entre le variant A1 et le risque de diabète mais aussi d'autres maladies (cardiovasculaires, schizophrénie, autisme...).

12. Les Français consomment-ils assez de protéines?

Les recommandations concernant la répartition des apports énergétiques sont de 11 à 15 % de protéines, 30 à 35 % de lipides et 50 à 55 % de glucides. Selon l'étude CCAF 2004 (5), les adultes français consomment en moyenne 2200 kcal par jour avec 45,5 % des calories apportés par les glucides, 37,5 % par les lipides et 17 % par les protéines. Chez les enfants (3-15 ans), l'apport énergétique est d'environ 1875 kcal par jour avec 49,5 % des calories d'origine glucidique, 35,5 % d'origine lipidique et 15 % d'origine protéique. En moyenne, l'apport de protéines des Français semble donc correct chez les enfants et légèrement excédentaire chez les adultes*.

*Ces moyennes cachent cependant des variations importantes notamment selon le sexe et/ou l'âge. Ainsi la plupart des études montrent que beaucoup d'enfants consomment trop de protéines et qu'un grand nombre de personnes âgées (surtout des femmes) n'en consomment pas assez pour satisfaire leurs besoins. Chez les personnes âgées les experts conseillent une consommation quotidienne de 1g de protéines par kg de poids corporel pour lutter contre la perte d'os (ostéoporose), de muscles (ostéopénie) et les risques de malnutrition qui peuvent survenir très vite en cas de pathologies associées.

13. Quelle place pour les protéines laitières?

Toujours selon les résultats de l'étude CCAF 2004 (5), les produits laitiers (tous cumulés) sont la principale source de protéines de l'alimentation des enfants comme de celle des adultes (avec respectivement 24 et 18 % des apports). Chez les enfants, le lait (avec 10 % des apports) arrive en 2^e place après la viande, l'ultra frais en 5^e place et les fromages en 8^e. Chez les adultes, les fromages figurent au 3^e rang des apports (derrière la viande et le pain), l'ultra frais au 8^e rang et le lait au 9^e.

Les protéines laitières constituent une source de protéines particulièrement intéressante pour l'alimentation humaine. Elles sont hautement digestibles et possèdent une très grande valeur nutritionnelle. De plus, elles pourraient exercer de nombreuses activités biologiques (anti-thrombotique, anti-hypertensive, opiacée, antimicrobienne, immunomodulatrice etc..). Les produits laitiers représentent la principale source de protéines dans l'alimentation des Français.

POUR EN SAVOIR PLUS

- Lait, nutrition et santé – G Debry coordonnateur – Tec et doc Lavoisier 2001
- Les protéines dans tous leurs états – JF Boudier, P Cayot, G Letourneur, D Lorient, D Tomé – Cidil 1999
- Les biopeptides du lait – Programme nutrition santé Bretagne – ITG ouest 2003
- Lactoprotéines et lactopeptides: propriétés biologiques – P Jouan – INRA 2002
- Métabolisme protéique – Y Boirie, B Beaufrère+ – Cah Nutr diet 2005 ; 40 (1) : 53-64

Questions sur Produits laitiers &

- 5. Sel (2002) 2. Allergie (2002) 3. Trans et CLA (2003) 4. Intolérance au lactose (2003)
- 5. Diabète insulino-dépendant (2003) 6. Cancer (2004) 7. Obésité (2004) 8. Qualités nutritionnelles du lait (2004)
- 9. Calcium laitier (2004) 10. Ostéoporose (2004) 11. Fromage, nutrition, santé (2004)
- 12. Lipides (2005) 13. Cholestérol et athérosclérose (2005) 14. Beurre et crème (2005)
- 15. les produits laitiers dans l'alimentation des Français (2005)

Pour des informations complémentaires, une bibliographie ou des dossiers en nombre :

Yvette Soustre, Dr ès Sc. - nutritionssante@maisondulait.fr
42 rue de Châteaudun - 75314 PARIS CEDEX 09 - Tél. : 01 49 70 72 24

Acides Aminés (AA): les AA sont les éléments constitutifs des protéines. Ils sont appelés ainsi car ils possèdent à la fois une fonction amine (NH_2) et une fonction acide (COOH). Ils répondent à la formule: $\text{NH}_2 - \text{CHR} - \text{COOH}$.

Au nombre de 20, ils se distinguent par la nature chimique de leur chaîne latérale (R). On peut les classer en AA **neutres** (Glycine, Alanine, Valine, Leucine, Isoleucine), **acides** (Ac. Aspartique et Glutamique et leurs amides Asparagine et Glutamine), **alcools** (Thréonine, Sérine), **basiques** (Lysine, Arginine, Histidine), **soufrés** (Cystéine, Méthionine), **phénoliques** (Tyrosine), **aromatiques** (Phénylalanine, Tryptophane) et enfin en AA avec un **azote intracyclique** (Proline). Les nutritionnistes ont cependant l'habitude de les classer en AA **indispensables** et non **indispensables** (*voir verso*). Les AA peuvent être métabolisés et fournir des éléments indispensables à l'organisme (azote) ou entrer directement dans l'édification de peptides et protéines. Ainsi par ex : la cystéine intervient dans la formation du coenzyme A, la méthionine participe à la synthèse d'adrénaline ou de choline, le tryptophane est métabolisé en sérotonine etc... Les AA **branchés** ou ramifiés (Isoleucine, Leucine, Valine) ont un intérêt particulier pour le travail musculaire.

CEP (Coefficient d'efficacité protéique): il mesure le gain de poids de rats en croissance alimentés avec la protéine testée CEP (g/g prot ingérée): œuf 3,9; lait 2,8-3,2; caséine 2,5-3; lactosérum 3,2; viande 2,3-3; céréales 1,1 - 2,3; légumineuses 0,9-2,1; soja 2,3... Limites: le rat n'a pas les mêmes besoins en AA que l'homme notamment les rats en croissance...

Digestibilité (D): capacité à absorber effectivement l'azote ingéré
D: lait 95 %; viande 94 %; œuf, soja et blé 91 %; maïs 87 %; riz 75 %.

$$D = \frac{\text{azote ingéré} - \text{azote fécal}}{\text{azote ingéré}} \times 100$$

Facteur de conversion: 6,38 est le facteur utilisé pour transformer la concentration en azote des protéines laitières en taux de protéines. Pour les autres protéines (et en nutrition), on utilise 6,25. Des discussions sont en cours au sein du Codex pour l'utilisation d'un taux unique de 6,25 (qui avantagerait les protéines végétales).

IC (Indice chimique): ce pourcentage limité à 100, est calculé en faisant le rapport entre la teneur de l'AA *indispensable* le moins présent dans la protéine (limitant) et la teneur de cet AA dans la protéine de référence. Limites: on part du principe que les AA de la protéine sont libérés et absorbés, ce qui peut ne pas être le cas...

Liaison peptidique: liaison $\text{CO} - \text{NH}$ entre 2 acides aminés ($\text{NH}_2 - \text{CHR}_1 - \text{CO} - \text{NH} - \text{CHR}_2 - \text{COO}$)

PDCAAS (Protein Digestibility-corrected Amino Acid Score): c'est l'indice chimique corrigé de la digestibilité. Le PDCAAS devrait être de 155 % pour le lait, de 138 % pour l'œuf et de 99 % pour le soja. Mais cet indice étant limité par définition à 100 % on obtient: lait, viande et œuf 100 %; soja 99 %; maïs 84 %; riz 57 %, blé 43 %. Limites: plafonnement à 100 % (voir aussi IC, digestibilité et profils de ref en cours de discussion FAO/OMS).

Peptides: ils résultent de l'hydrolyse partielle des protéines et sont constitués d'une combinaison d'AA liés par des liaisons peptidiques. On distingue les oligopeptides (2 à 10 AA) et les polypeptides (plus de 10 AA). Leurs fonctions biologiques sont nombreuses (peptides hormonaux, facteurs de croissance etc...).

Protéines: macromolécules polypeptidiques résultant de l'association de nombreux AA (+ de 50). Les holoprotéines sont formées exclusivement d'AA et les hétéroprotéines associent d'autres molécules chimiques (phosphoprotéines, lipoprotéines, métalloprotéines, glycoprotéines etc...).

Protéine et profils de référence: la protéine de référence a longtemps été l'albumine de l'œuf. Elle a été remplacée depuis plusieurs années par différents profils de références (OMS) s'appliquant aux nourrissons, aux enfants ou aux adultes. La méthodologie de mise au point de ces profils et les profils eux-mêmes font l'objet de nombreuses discussions (groupes de travail FAO/OMS) qui devraient conduire à leur prochaine réévaluation.

Qualité ou valeur nutritionnelle: efficacité avec laquelle une protéine satisfait au besoin en azote et en AA *indispensables* en quantité adéquate.

Structure: le nombre d'AA et leur ordre d'enchaînement définissent la structure **primaire** d'une protéine. Suivant leurs positions et leurs affinités chimiques les AA adoptent une disposition particulière qui détermine la structure **secondaire** (hélice, feuillet, pelote statistique...). La structure **tertiaire** résulte de l'organisation dans l'espace de différentes structures secondaires. Enfin, si plusieurs chaînes protéiques s'associent entre elles, elles donnent naissance à la structure **quaternaire**. Ces structures déterminent les propriétés et les fonctions spécifiques de chaque protéine.

UPN (Utilisation Protéique Nette): elle représente la fraction d'azote ingérée et retenue par l'organisme. Elle reflète donc à la fois la valeur biologique et la digestibilité.
UPN: œuf 94, lait 77-82, caséine 79, lactosérum 95, viande 67- 70, céréales 40-55, légumineuses 50-60, soja 61...
$$\text{UPN} = \text{VB} \times \text{D}$$

Variants: formes génétiques d'une même protéine très proches par leurs propriétés, structure et poids moléculaire. Ainsi, les variants d'une même caséine ne diffèrent que par quelques AA.

VB (Valeur Biologique): fraction d'azote absorbée par l'intestin et retenue par l'organisme. Elle est calculée en mesurant chez l'animal la différence entre l'azote ingérée (I) et l'azote excrétée dans les fèces (F) et les urines (U).
VB: œuf 94, lait 84, caséine 85, lactosérum 100, viande 74, céréales 50 à 75, légumineuses 45-70, soja 73...
$$\text{VB} = \frac{I - (F + U)}{I - F} \times 100$$

LES ACIDES AMINÉS INDISPENSABLES

Les nutritionnistes classent les 20 acides aminés (*cf. verso*) en 2 groupes :

9 acides aminés indispensables qui ne peuvent être synthétisés par l'homme et doivent donc être apportés par l'alimentation : Isoleucine, Leucine, Valine, Thréonine, Phénylalanine, Tryptophane, Méthionine, Lysine et l'Histidine chez le nourrisson,

11 acides aminés non indispensables : Alanine, Glutamine, Acide Aspartique, Acide Glutamique, Asparagine, Cystéine, Proline, Glycine (ou Glycocolle), Arginine, Tyrosine, Sérine.

D'un point de vue nutritionnel il est d'usage de compter ensemble méthionine + cystéine et phénylalanine+ tyrosine car un déficit en méthionine peut être corrigé par un apport en cystéine et un déficit en phénylalanine par un apport en tyrosine (et vice-versa).

PROFIL EN AA INDISPENSABLES DE DIFFÉRENTES SOURCES DE PROTÉINES

mg/g de protéine	Référence FAO 1991		Lait	Caséine	Lactosérum	Œuf	Viande	Soja	Blé
	Enfants	Adultes							
Histidine	26	19	28	29	22	32	34	28	25
Isoleucine	46	28	64	57	68	54	48	50	35
Leucine	93	66	104	104	111	86	81	85	72
Lysine	66	58	83	83	99	70	89	70	31
Met + Cys	42	25	33	31	48	57	40	28	43
Phe + Tyr	72	63	105	111	73	93	80	88	80
Thréonine	43	34	51	46	80	47	46	42	31
Tryptophane	17	11	14	14	21	17	11	14	12
Valine	55	35	68	68	68	66	50	53	47

Source : Le lait nutrition et santé p. 59

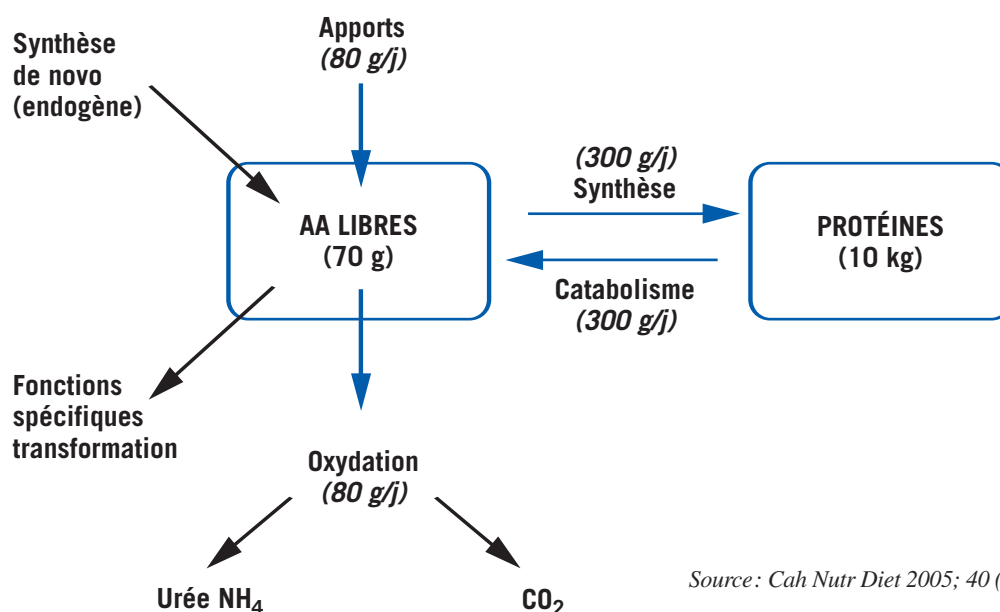
LES APPORTS NUTRITIONNELS CONSEILLÉS EN PROTÉINES

Apports journaliers conseillés (en g de protéines de bonne qualité par kg de poids corporel) :

Enfants : 3-10 ans (0,9) - **Adolescents** 10 à 18 ans (de 0,8 à 0,9 selon le sexe et l'âge) - **Adultes** (0,8) - **Femmes enceintes** (0,8 + 0,1g/kg/j à certaines périodes) - **Femmes allaitantes** (1,4) - **Sportifs** (0,8) sauf pour les sports d'endurance (1,5 à 1,7) et de force (1 à 1,2 g) - **Personnes âgées** (1g).

Source : ANC - AFSSA - p37-62

LE MÉTABOLISME DES PROTÉINES CHEZ L'HOMME



Source : Cah Nutr Diet 2005; 40 (1) : 54

a. Est-il vrai que la couleur du lait vient de ses protéines?

Oui tout à fait vrai ! Le lait doit l'essentiel de sa couleur opaline à ses protéines, et plus spécifiquement à ses micelles de caséine! Récemment, des chercheurs viennent de créer un lait sans couleur, pratiquement transparent à l'aide d'enzymes qui réduisent la caséine en petits morceaux...

b. Les protéines laitières sont-elles acidifiantes et mauvaises pour les os?

D'après certains : «un régime riche en protéines animales - notamment laitières - provoquerait une surcharge acide qui aurait pour effet de dissoudre le minéral osseux alors éliminé en excès dans les urines... ». Et bien c'est faux ! Par des mécanismes complexes, notamment au niveau du rein, un organisme en bonne santé est toujours capable de maintenir son équilibre « acido-basique ». De plus, les protéines animales n'ont pas un pouvoir plus acidifiant que les protéines végétales et si elles peuvent entraîner, à court terme, une élimination légèrement plus importante de calcium dans les urines, cela n'a aucune conséquence sur l'os à plus long terme. En effet, un régime riche en protéines augmente l'absorption intestinale du calcium et n'affecte donc ni le bilan calcique (différence entre les 'entrées' et les 'sorties' de calcium) ni le bilan osseux (estimé par des dosages qui permettent d'apprécier les processus de destruction et de formation de l'os). Les protéines laitières sont même plutôt bénéfiques aux os (🌀10) !

c. Les protéines du lait peuvent-elles aider à dormir?

Du lait chaud sucré ou additionné de miel, pris le soir avant de se coucher, aiderait à mieux dormir... Et ce remède de grand-mère a même trouvé une possible explication scientifique ! Le lait apporte en effet en abondance un acide aminé appelé tryptophane*. Le sucre ajouté entraîne une légère sécrétion d'insuline qui aide le tryptophane à atteindre le système nerveux et à se transformer en sérotonine, substance qui favoriserait le sommeil.

**Une étude récente a montré que de l'alpha-lactalbumine enrichie en tryptophane donnée au dîner pourrait améliorer les troubles du sommeil et agir favorablement sur les capacités d'attention le matin suivant.*

d. Peut-on devenir allergique aux protéines laitières quand on en mange trop?

La quantité de protéines consommée n'a rien à voir dans les phénomènes d'allergies.... L'allergie est une réaction immunitaire qui touche des sujets génétiquement prédisposés et qui peut même se déclencher avec des traces de protéines. L'allergie aux protéines du lait est rare chez l'adulte et concerne essentiellement les enfants de moins de 2 ans (elle guérit généralement ensuite) (🌀2).

e. En cas d'allergie au lait de vache, peut-on donner aux enfants du lait de chèvre ou de brebis?

Les experts déconseillent formellement l'utilisation de lait de chèvre ou de brebis en cas d'allergie au lait de vache. En effet, les trois espèces ont des structures protéiques très comparables, augmentant les risques de réactions croisées chez les sujets allergiques* (🌀2).

** Les produits à base de riz, d'amande ou de châtaigne sont également déconseillés (ils sont nutritionnellement inadaptés à la croissance du nourrisson et pourraient favoriser le développement secondaire d'autres allergies). Le comité de nutrition de la Société française de Pédiatrie déconseille également l'utilisation de préparations à base de protéines de soja non hydrolysées chez les enfants allergiques ou à risque.*

f. Que se passe-t-il si les apports en protéines sont insuffisants ou au contraire excessifs?

- Un manque de protéines peut s'avérer particulièrement néfaste lorsque les besoins sont élevés (croissance, grossesse, allaitement, vieillissement, maladies...). Dans les pays en développement, la carence en protéines (appelé « kwashiorkor » et qui touche essentiellement les enfants) se manifeste par un retard de croissance, des oedèmes et une plus grande vulnérabilité vis-à-vis des infections. Dans les pays développés des régimes particuliers mal conduits comme le végétalisme* (qui n'apporte que des protéines végétales) peuvent parfois poser problèmes (notamment chez les enfants).

- En excès, les protéines sont éliminées par l'organisme (l'excès peut s'avérer néfaste chez les personnes souffrant d'insuffisance rénale).

**Les régimes végétariens dans lesquels les protéines laitières et celles des œufs ont une place de choix ne posent pas de problème d'apport en protéines.*

g. Les personnes âgées ont-elles besoin de moins de protéines?

Non, au contraire. En vieillissant, l'organisme arrive moins bien à synthétiser ses protéines et freine moins bien leur dégradation. De plus, les personnes âgées souffrent souvent d'états inflammatoires aigus ou chroniques qui nécessitent une synthèse accrue de protéines. Chez les personnes âgées, un manque de protéines peut avoir des conséquences multiples plus ou moins graves: amaigrissement, fonte musculaire, fatigue, moindre résistance aux infections, fragilisation osseuse etc... L'alimentation doit donc satisfaire à l'augmentation des besoins. Les protéines laitières sont particulièrement bien adaptées aux besoins des personnes âgées: un bol de lait apporte presque 10 g de protéines soit environ 15 % des apports qui leur sont conseillés*.

* Les recommandations sont de 1g de protéines par kg de poids corporel et par jour. Une personne âgée pesant 60 kg devrait donc consommer environ 60 g de protéines par jour (en pratique: un bol de lait, 100 g de viande ou de poisson, 1 œuf, 1 portion de fromage, 1 yaourt, des légumes secs et du pain).

h. On parle souvent de la lactoferrine. Pourquoi? Y-en a-t-il dans le lait?

La lactoferrine est une protéine du lait. Sa concentration varie de 0,1 à 0,3 g/l dans le lait de vache à 2 à 5 g/l dans le colostrum. Le lait humain est particulièrement riche en lactoferrine (1,5g/l et jusqu'à 7g/l pour le colostrum). Depuis bien longtemps les chercheurs se sont intéressés à cette protéine et aux peptides qui la composent. En effet, ils lui prêtent de nombreuses propriétés: elle jouerait un rôle de transporteur du fer mais aurait aussi des propriétés antibactériennes, antifongiques, antivirales et même anti-inflammatoires. Récemment son rôle potentiel sur l'os a été étudié in vitro et in vivo chez l'animal... La lactoferrine serait capable de stimuler la formation des ostéoblastes (les cellules qui construisent l'os), de ralentir leur destruction et aussi de diminuer la formation des ostéoclastes (les cellules qui détruisent l'os). Une protéine laitière vouée à un grand avenir...

i. Les protéines de lait supportent-elles bien un chauffage au micro-onde?

Faire chauffer le lait au micro-onde ne modifie pas les qualités nutritionnelles de ses protéines ni d'ailleurs celles de ses autres constituants. Seule précaution à prendre: vérifier la température du lait qui est souvent plus chaud que le biberon ou le bol. Attention aussi à ne pas mettre les briques de lait directement dans le micro-onde car elles contiennent une sous-couche métallique qui risque de détériorer le four.

j. Les traitements technologiques modifient-ils la valeur nutritionnelle des protéines laitières?

Les traitements technologiques utilisés pour la préparation des produits laitiers sont variés. Ils peuvent être physiques (thermiques, mécaniques etc...), chimiques (acidification) ou biologiques (enzymatiques, fermentation...). S'en suivent certaines modifications qui restent cependant relativement mineures, notamment en ce qui concerne la valeur nutritionnelle des protéines. Ainsi par exemple, les protéines sont susceptibles de subir des modifications de leur structure spatiale (dénaturation) avec des conséquences - généralement positives - sur leur digestibilité et leur allergénicité. Ces traitements peuvent également conduire à des interactions entre les protéines et divers autres constituants du lait: vitamines, lipides, glucides* etc.

*La réaction de Maillard entre protéines et glucides (après chauffage) se traduit notamment par un brunissement du lait, la libération de molécules odorantes, mais aussi par une baisse de la disponibilité de certains AA (lysine en particulier).

k. Les protéines laitières sont-elles complètes?

Les protéines laitières (comme généralement les protéines d'origine animale) contiennent tous les acides aminés indispensables, que l'organisme ne sait pas fabriquer. Elles peuvent donc être considérées comme complètes. En revanche, les protéines d'origine végétale ne contiennent pas tous les acides aminés indispensables. Celles des céréales sont déficitaires en lysine, celles des légumes secs en méthionine*.

*Le déficit ne portant pas sur le même acide aminé, ces aliments peuvent néanmoins se compléter; semoule et pois chiches, maïs et haricots, riz et lentilles.

l. Tous les produits laitiers apportent-ils des quantités de protéines comparables?

Le lait, qu'il soit entier, 1/2 écrémé ou écrémé apporte toujours à peu près la même quantité de protéines (3,2 g/100 ml). La teneur en protéines des produits laitiers dérivés (yaourts, fromages blancs et fromages) est généralement plus importante au 100 g mais généralement moindre lorsqu'on raisonne par portion (sauf pour certains fromages: véritables concentrés de protéines...).

Quantité de protéines (g)	pour 100 g ou 100 ml	par portion
Lait	3,2 g	8 g (pour 250 ml)
Yaourt	4 à 4,5 g	5 à 5,5 g (pot de 125 g)
Fromage frais	8 g	8 g (pot de 100 g)
Camembert, Munster, Cantal	20 à 23 g	6 à 7g (pour 30 g)
Emmental	30 g	9 g (pour 30 g)