

CHAPITRE I : NUTRIMENTS

Introduction

L'alimentation a pour but premier d'assurer la couverture des besoins énergétiques (macronutriments) et des besoins qualitatifs (micronutriments).

I. Les nutriments

Ce sont les substances de base constituant les aliments qui permettent à l'homme de se développer et de se reproduire.

Les nutriments sont des composés chimiques définis, représentés essentiellement par:

1. Eau

Constituant essentiel des organismes vivants, l'eau est un nutriment indispensable. La suppression de son apport entraîne la mort en quelques jours.

1.1. Teneur en eau

Elle varie d'un tissu à l'autre : 83 % pour le sang, 70 à 75 % pour le muscle, 40 à 60 % pour le squelette et 15 à 35 % pour le tissu adipeux.

La proportion globale en eau des organismes humains varie donc en fonction de la composition en différents tissus (ceci différant selon l'adiposité, l'âge, le sexe) ; elle est en moyenne de 60 %.

1.2. Rôle de l'eau

L'eau est nécessaire à la vie car :

- elle assure l'équilibre osmotique ;
- elle transporte les substances dissoutes et les déchets du métabolisme ;
- elle fournit les ions H^+ ou OH^- , donc contribue au maintien du pH optimum et intervient comme donneuse d'ions dans les réactions de synthèse ou de dégradation.

1.3. Besoins en eau

Les pertes fécales : elles sont faibles (100 à 150 g/24 h), mais peuvent devenir très importantes en cas de diarrhée ; la perspiration insensible par la peau (sueur), les muqueuses, la respiration.

Cette perte d'eau est estimée à 800 à 1 000 g/24 h, en fait très variable selon l'humidité et la chaleur ambiante, l'exercice physique, la température du corps, la polyurie ;

- les pertes urinaires qui constituent la fraction ajustable : la diurèse quotidienne moyenne se situe autour de 1 400 mL, résultat de la filtration glomérulaire qui atteint 140 L/jour, mais dont 99 % sont réabsorbés.

En fait, les besoins peuvent varier en fonction de nombreux paramètres :

- l'âge : le nourrisson est très sensible au manque d'eau et ses besoins sont proportionnellement deux à trois fois ceux de l'adulte ;
- la teneur en sodium de l'alimentation ;
- enfin, les besoins en eau sont parallèles au niveau calorique des ingesta : en moyenne, le besoin se situe à 1 mL d'eau pour 1 calorie alimentaire.

1.4. Apports

Ils proviennent de trois sources :

- l'eau de constitution des aliments : une alimentation quotidienne variée (avec légumes verts, fruits notamment) fournit environ 1 200 g d'eau ;
- l'eau de combustion ou eau métabolique ou eau endogène, produite par les réactions chimiques des nutriments, représente environ 300 g/24 h ;
- l'eau de boisson est la part ajustable des apports hydriques, en moyenne de 1 000 g/24 h, en fait très variable entre 300 et 10 000 g/24 h.

1.5. Régulation

Pertes : l'organisme ne contrôle pas les pertes insensibles. L'élimination urinaire peut être influencée, non au niveau du tube proximal (où sont réabsorbés la majeure partie de l'eau et du Na), mais au niveau du tube distal et du tube collecteur grâce à l'intervention de deux hormones :

- l'aldostérone qui favorise la réabsorption du Na et donc de l'eau ;
- l'hormone anti-diurétique (ADH) qui favorise la réabsorption de l'eau libre au niveau du tube collecteur.

Apports : le besoin en eau est signalé à l'organisme par la sensation de soif, déclenchée par la déshydratation intracellulaire.

2. PROTIDES

Les protides sont des nutriments particulièrement importants, représentant 15 à 25 % de la matière sèche des aliments. L'homme consomme chaque jour environ 60 à 100 g de protides. De composition et de structure très variées, les protides ont comme caractéristique commune la présence, à côté du carbone et de l'hydrogène, d'une proportion importante d'azote (en moyenne 1 g d'azote pour 6,25 g de protéine).

Les protéines de l'organisme, qui ont des rôles particulièrement importants dans tous les domaines de la vie (en particulier toutes les enzymes sont des protéines), sont en permanence dégradées et re-synthétisées.

Les pertes d'azote et d'acides aminés indispensables sont compensées par leur apport alimentaire.

Chez l'homme, on dénombre une vingtaine d'acides aminés.

L'organisme est capable de synthétiser douze d'entre eux, mais certains acides aminés, dits indispensables (ou essentiels), doivent être présents dans l'alimentation.

D'autres sont potentiellement indispensables dans certaines circonstances physiologiques ou pathologiques.

Acides aminés strictement indispensables :			
Isoleucine	Leucine	Lysine	Méthionine
Phénylalanine	Thréonine	Tryptophane	Valine
Acides aminés potentiellement indispensables :			
Histidine (en période de croissance)			
Cystine	Tyrosine	Taurine	Glycine
Arginine	Glutamine	Proline	
Acides aminés non indispensables :			
Acide aspartique	Acide glutamique	Alanine	
Asparagine	Ornithine	Sérine	Cystéine

L'organisme synthétise les acides aminés non indispensables, et toutes les protéines complexes, à condition de trouver dans l'alimentation les acides aminés essentiels, et dans des proportions correctes, d'où la notion de « facteur limitant ».

En effet, non seulement les acides aminés essentiels doivent être présents, mais il faut encore que les proportions de chacun d'eux soient correctes pour une assimilation satisfaisante.

2.1. Rôle

Les protéines ont de multiples rôles dans l'élaboration et le maintien du tissu vivant, le principal étant de constituer les enzymes qui réalisent toutes les activités métaboliques de l'organisme.

On trouve aussi de nombreuses protéines de structure des cellules et des espaces intercellulaires. Certaines protéines sont des transporteurs d'ions et de divers substrats (hémoglobine, ferritine, apolipoprotéines).

D'autres permettent le transport transmembranaire des ions et de nombreuses molécules (glucose notamment).

Certaines protéines assurent la défense immunitaire (anticorps).

La glycine est utilisée pour la synthèse du noyau cyclique des purines.

Certaines protéines ont un rôle contractile (myosine, actine).

Il faut souligner que :

Le rôle énergétique des protides est très secondaire : l'oxydation des acides aminés jusqu'au stade d'urée (stade ultime chez les mammifères), fournit en moyenne 4,31 Cal/g ; compte tenu de la digestion, on estime qu'un gramme de protide fournit 4 Cal. L'apport alimentaire moyen de protides étant en moyenne de 60 à 100 g/24 h, ce ne sont donc pas plus de 240 à 400 Cal qui sont fournies par ces nutriments ;

Il n'y a pas de forme de réserve des protides, contrairement aux lipides (stockés en grande quantité dans le tissu adipeux : environ 90 000 Cal), et aux glucides (glycogène hépatique et musculaire).

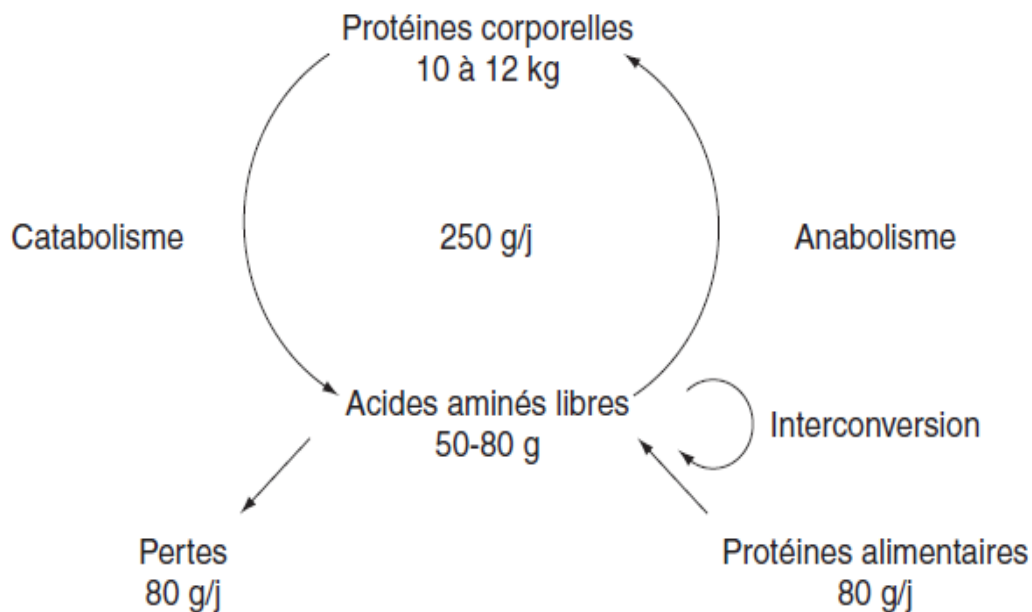


Figure 1. Schéma général du métabolisme des protéines.

Chez l'adulte sain il y a un équilibre entre synthèse des protéines (anabolisme) et protéolyse (catabolisme). Chez l'enfant et l'adolescent, l'anabolisme l'emporte (phase de croissance) ; il en est de même lors de la reprise de poids chez un convalescent amaigri. Les pertes se font :

- un peu sous forme d'azote non uréique (sueurs, peau, selles) : elles sont faibles (2 g/24 h) ;
- soit sous forme d'urée excrétée par le rein (fraction adaptable des pertes azotées) :

Pour maintenir un équilibre entre les grandes fonctions de l'organisme, on estime le besoin à 0.7g/kg de poids corporel chez l'adulte et à 2.4g/kg chez le nouveau-né.

Les protéines sont classées en deux grands groupes:

- les holoprotéines (ou protéines simples) : associant des polypeptides mais constituées uniquement d'acides aminés ;
- les hétéroprotéines (ou protéines conjuguées) : constituées de polypeptides associés à d'autres composés.

A. Les holoprotéines

***Les protamines et les histones**

Sont des protéines de faible poids moléculaire qui contiennent des AA basiques.

Les protamines sont riches en arginine, ne possèdent pas de tyrosine et de tryptophane et sont hydrolysées par la trypsine.

Les histones ne contiennent pas de tryptophane et sont hydrolysées la trypsine et la pepsine.

Ces protéines se combinent aux acides nucléiques pour donner les nucléoprotéines.

***Les albumines**

Solubles dans l'eau coagulables par la chaleur ne contiennent que peu de glyco-colle.

Parmi elles les plus importantes sont l'ovalbumine de l'œuf, le sérum albumine abondante dans le plasma et le serum sanguin, la lactalbumine du lait, la légumine du pois.

***Les globulines**

Sont coagulable par la chaleur et pour certaines insolubles dans l'eau. Elles sont riches en glyco-colle, a.glutamique et aspartique.elles sont tres répandues dans les liquides biologiques comme les alpha, béta et gamma-globulines du sérum sanguin. On en trouve également dans le muscle (la myosine), le jaune d'œuf (ovo-globuline) et les plantes comme le haricot, le pois et les légumes verts.

***Les prolamines et les glutélines**

Les prolamines sont riches en a.glutamique, proline, glutamine et asparagine mais pauvres en lysine et en tryptophane.

Les glutélines sont proches des prolamines et sont riches en arginine, proline et a. glutamique.

Ces protéines sont très présentes dans les céréales comme la gliadine et la gluténine du blé dont le mélange constitue le gluten, la zeine du maïs, l'hordenine de l'orge.

B. Les hétéroprotéines

Ce sont des protéines qui ont un groupement prosthétique de nature glucidique, lipidique ou métal liés à la chaîne polypeptidique; parmi elles on distingue:

***Les phosphoprotéines**

Comme la caséine du lait ou la vitelline du jaune d'œuf qui contiennent de l'acide orthophosphorique uni par une liaison ester à la sérine ou à la thréonine. Elles sont hydrolysables par la pepsine et la trypsine.

***Les glycoprotéines**

Résultent de la liaison covalente d'une fraction glucidique et d'une fraction protéique. Elles ont une importance biologique considérable si l'on songe que l'on en trouve dans le plasma, l'urine et le mucus, le tissu conjonctif, dans les membranes cellulaires et extracellulaires. On peut citer parmi les plus importantes: les immunoglobulines.

***Les chromoprotéines**

Contiennent divers pigments et comprennent l'hémoglobine, résultant de l'union d'une fraction non protéique (hème) avec une fraction protéique (la globine) la myoglobine du muscle, les cytochromes, la rhodopsine et certains enzymes tels que la catalase et la peroxydase.

***Les lipoprotéines**

Résultent de l'association d'une fraction protéique (globulines) et d'une fraction lipidique. Elles représentent la forme circulante des lipides dans le sérum sanguin et sont définies en plusieurs classes selon leur mobilité électrophorétique

Les nucléoprotéines

Résultent de l'association de l'acide nucléique avec des protamines ou des histones.

3. LES LIPIDES

Les lipides constituent un groupe hétérogène de substances insolubles dans l'eau, mais solubles dans les solvants organiques (alcool à chaud, éther, chloroforme, benzène).

La structure de base est l'acide gras, composé d'une chaîne hydrocarbonée de diverses longueurs, terminée par un radical acide (COOH).

En fait, la grande majorité des lipides alimentaires est sous forme de glycérides (esters de glycérol et d'acides gras), qui sont les principaux vecteurs des acides gras.

Les autres lipides sont des molécules plus complexes : phospholipides, cholestérol, sphingolipides, cérides.

Les lipides jouent un rôle énergétique évident puisque, de tous les nutriments, ce sont ceux qui ont le plus fort rendement calorifique, mais aussi un rôle fonctionnel important, comme lipides de constitution et comme précurseurs de métabolites importants.

Enfin, les lipides véhiculent les vitamines liposolubles.

Parmi les acides gras, certains sont indispensables car non synthétisés dans l'organisme des mammifères.

3.1. Structure et classification

Acides gras

La plupart ont une forme linéaire répondant à la formule générale :

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$ où n est de 2 à 20, rarement plus .

Les acides gras se distinguent par un certain nombre de caractères :

La longueur de chaîne, répertoriée par le nombre d'atome de carbone (pratiquement toujours en nombre pair).

Les plus répandus chez l'homme ont 16 et 18 carbones.

L'absence ou la présence de doubles liaisons entre les carbones situés au sein de la chaîne :

- acides gras saturés : $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$;
- acides gras monoinsaturés (une double liaison) ;
- acides gras polyinsaturés :
 - avec 2 doubles liaisons,
 - ou 3 doubles liaisons,
 - ou plus (4, 5, 6 doubles liaisons).

Sources

Les aliments apportent les lipides sous deux formes :

- lipides de constitution, entrant dans la composition de nombreux aliments (viandes, poisson, jaune d'oeuf, fromages, noix...) ;
- lipides ajoutés (ou d'assaisonnement), qui permettent d'améliorer l'agrément au goût.

3.2. Rôle

▸ Rôle énergétique

Il est très important puisque, parmi les nutriments, ce sont les lipides qui ont le plus fort rendement calorique (en moyenne, 1 g de lipides produit 9 Kal).

Une petite partie de cette énergie peut être utilisée rapidement, au fur et à mesure des apports alimentaires. En fait la plupart de graisses alimentaires s'accumulent sous forme de réserves, dans le tissu adipeux. Chez un homme de corpulence moyenne, les graisses de réserve représentent environ 10 kg, soit une réserve théorique de 90 000 Kal.

▸ Rôle de précurseurs

Certains métabolites de grande importance, les eicosanoïdes, comme les prostaglandines,

le thromboxane, les leucotriènes sont des dérivés des acides gras essentiels de la famille $\omega 6$ (acide linoléique) et de la famille $\omega 3$ (acide α -linoléique)

par l'intermédiaire de leurs dérivés supérieurs (acide arachidonique).

Le cholestérol est précurseur des acides et sels biliaires et des hormones stéroïdes.

•Rôle structurel

Dans les membranes cellulaires et mitochondriales les phospholipides et le cholestérol jouent un rôle essentiel. En particulier, la fluidité des membranes biologiques, si importante pour les échanges moléculaires, est conditionnée par ces lipides.

Les glucides, ou hydrates de carbone, sont les nutriments les plus consommés (40 à 70 % de l'apport énergétique total). Leur rôle essentiel est de fournir à l'organisme des substrats pour la formation de glucose, molécule indispensable à beaucoup de cellules et source d'énergie majeure.

Ils ont souvent une saveur sucrée (le pouvoir sucrant d'un glucide se compare à celui d'un sucre simple, le saccharose).

Malgré leur importance en tant que fournisseur d'énergie, les réserves de l'organisme en glucides sont faibles (glycogène hépatique et musculaire), épuisées en quelques heures.

Les glucides sont constitués de carbone, d'oxygène et d'hydrogène et leur formule générale est toujours proche d'un multiple de CH_2O . Ce sont des polyalcools, comportant souvent d'autres fonctions (aldéhyde, cétone, acide...). Ils existent sous forme simple ou polymérique.

3.3. Sources

Les aliments d'origine animale apportent peu de glucides. Le glycogène de la viande est en très faible quantité et disparaît rapidement après l'abattage. Le lait contient environ 40 g de lactose par litre, qui persiste dans les yaourts mais disparaît lors de la fabrication des fromages. Ce sont donc les végétaux qui apportent l'essentiel des glucides alimentaires.

Le sucre simple s'agit surtout du « sucre », saccharose obtenu de la betterave ou de la canne à sucre, et fournissant 5 à 10 % de la ration énergétique de l'adulte, 20 % ou plus chez l'enfant.

Le fructose, monosaccharide, provient des fruits, des baies, du miel, du sirop d'érable et certains légumes.

Le glucose est trouvé en l'état dans les fruits (raisin), le miel, certains légumes.

Le glucose obtenu par hydrolyse de l'amidon est largement utilisé dans l'industrie alimentaire du fait de son pouvoir sucrant (70 à 80 %).

L'isoglucose, obtenu par voie enzymatique, est largement utilisé dans la préparation de boissons sucrées, glaces, pâtisseries.

L'amidon est très largement répandu dans les céréales, les tubercules, et les légumineuses. On en trouve aussi dans quelques fruits (banane, châtaigne).

3.4. Digestion et absorption

Les glucides ne sont absorbés que sous forme de monosaccharides obtenus par une hydrolyse qui débute dès l'ingestion sous l'effet de l'amylase salivaire qui rompt les liaisons α 1-4 qui unissent les radicaux glucosés de l'amylose, polymère du glucose à chaîne courte.

Les amylases salivaires et pancréatiques produisent du maltose et du maltotriose hydrolysés par l'isomaltase contenue dans la bordure en brosse intestinale qui rompt aussi les liaisons α 1-6 de l'amylopectine, polymère du glucose à chaîne longue dont la structure est comparable à celle du glycogène. D'autres enzymes intestinales (disaccharidase, lactase) complètent la digestion des disaccharides formés.

3.5. Rôle nutritionnel

▸ **Rôle énergétique**

Les glucides ont essentiellement un rôle énergétique, apportant rapidement des calories disponibles et aisément métabolisées. Le quotient respiratoire des glucides est proche de 1.

▸ **Effet sur la glycémie**

L'effet des glucides alimentaires sur la glycémie a été particulièrement étudié depuis quelque temps notamment du fait des conséquences physiopathologiques de l'hyperglycémie (le diabète).

4. FIBRES

Constituants végétaux de nature polysaccharidique, présents dans des aliments tels que céréales, légumes, fruits, qui ne sont pas hydrolysés par les enzymes digestives, mais sont en partie dégradés par la flore colique.

On a tendance actuellement à y adjoindre des produits de type oligosaccharidique, et des produits non glucidiques (tannins, cutines...) qui résistent également à la digestion enzymatique.

Le principal intérêt nutritionnel des fibres réside dans leur résistance à la digestion et à l'absorption par l'intestin de l'homme et à leur capacité hydrophile (d'où aptitude à retenir l'eau du contenu intestinal). Ces actions ont des conséquences sur le transit intestinal et la prévention du cancer colorectal, mais aussi des conséquences métaboliques favorables.

Alors que la consommation de fibres était élevée dans les alimentations traditionnelles à base de végétaux, elle a beaucoup baissé avec les changements alimentaires liés à l'industrialisation.

4.1. Classification

▸ Polysaccharides des parois des cellules végétales

Il s'agit des microfibrilles de cellulose, d'hémicellulose et de pectines.

La cellulose est un polysaccharide linéaire, formé d'unités glucose unies entre elles pour former des molécules de grande taille.

Les hémicelluloses sont formées d'une chaîne principale d'oses (pentose, hexoses) et de chaînes latérales également osidiques.

Les pectines sont des polysaccharides complexes, polymères de l'acide galacturonique avec des chaînes latérales faites de galactose et d'arabinose.

▸ Lignine

Ce n'est pas un polysaccharide mais un complexe formé par la polymérisation de trois dérivés phényl-propane.

▸ Polysaccharides cytoplasmiques

Gommes et mucilages de diverses origines : exsudats d'arbre (gomme arabique) ; algues (carragénine, agar) ; certaines graines (psyllium) ;

– amidons résistants : pour plusieurs raisons

- inaccessibilité aux enzymes, changements structuraux dus aux procédés de préparation, amidon ingéré cru non gélatinisé (banane) - une partie des amidons n'est pas digérée dans l'intestin grêle et a donc les effets physiologiques des fibres.

4.2. Sources

L'ingestion de fibres non digestibles dépend bien sûr de la nature des aliments consommés, mais aussi du degré de maturité de l'aliment végétal, et du traitement qu'il a subi avant sa consommation.

Les fruits et légumes contiennent essentiellement cellulose et pectines ; les féculents et les céréales des hémicelluloses, et les sons de blé ou d'avoine sont riches en lignine.

5. Oligoéléments et minéraux

Ces éléments dont les besoins sont extrêmement variables, de l'état de trace (éléments-trace) à plusieurs centaines de mg (macrominéraux), ont en commun d'être non organiques. Leur teneur dans les tissus où ils sont stockés est à l'avenant des besoins. Un excès d'apport ou de stockage entraîne une toxicité.

5.1. Oligoéléments

Les oligoéléments interviennent dans de nombreux processus biologiques et enzymatiques. Les plus remarquables sont le fer (besoins journaliers de 20 mg pour un stock de 4 g), dont on

connaît le rôle essentiel dans le transport de l'oxygène par l'hémoglobine, le cuivre, le zinc, l'iode, le fluor, le cobalt, le sélénium, le manganèse, le molybdène, le chrome, le nickel, le bore, l'arsenic, le vanadium et bien d'autres...

Chacun a une ou plusieurs fonction(s) plus ou moins définie(s) dont la carence aboutit le plus souvent à une maladie caractérisée, sauf peut-être pour l'arsenic et le vanadium pour lesquels il n'a pas été décrit de déficit chez l'homme.

5.2. Macrominéraux

Calcium

Le calcium a un rôle biologique considérable parce qu'il est un composant essentiel du squelette (1 kg de calcium dans l'organisme) et qu'il est nécessaire à la contraction musculaire et à bien d'autres fonctions dont la coagulation.

Les produits laitiers sont les meilleurs pourvoyeurs de calcium.

Phosphore

Intimement lié au calcium osseux sous la forme d'hydroxyapatites, le phosphore intervient également comme substrat de la synthèse des acides nucléiques, des phospholipides et dans la formation de l'ATP. Le déficit en phosphore est rare (en dehors de l'acidocétose diabétique et de l'alcoolisme chronique). Les aliments riches en protéines (produits carnés et laitiers) en sont une excellente source.

Magnésium

Élément de l'intégrité des mitochondries et cofacteur de plus de 300 enzymes, le magnésium est apporté par les légumes verts, les légumineuses, les céréales et les produits marins.

Les réserves sont de l'ordre de 20 à 30 g pour des besoins journaliers supérieurs à 400 mg.

Potassium et sodium

Le potassium est le cation principal de l'espace intracellulaire.

Outre ses fonctions sur la régulation osmotique, il joue un rôle essentiel dans la régulation acidobasique et la dépolarisation membranaire, notamment au niveau du cardiomyocyte. Le potassium est contenu en abondance dans les légumes et les fruits (surtout les agrumes).

Le sodium est le principal cation intracellulaire. Il joue un rôle majeur dans la régulation et la distribution hydrique et maintient le potentiel transmembranaire. Sa carence est responsable d'une déshydratation et d'une insuffisance rénale fonctionnelle. Son excès peut favoriser une hypertension artérielle chez les sujets dits « sensibles au sel ».

Références bibliographiques

Jean-L. Schlienger et Anne-C. Rolling, 2011. Nutrition clinique pratique. Livre, Ed. Elsevier Masson SAS. ISBN : 978-2-294-70931-9.

Jean-L. Schlienger et Anne-C. Rolling, 2014. Nutrition clinique pratique chez l'enfant et l'adulte. Livre, Elsevier Masson 2^e édition. Ebook ISBN : 978-2-294-74007-7.

Bernard Jacotot, Bernard Campillo, 2007. Nutrition humaine. Livre, Ed. Elsevier Masson SAS, ISBN : 978-2-294-08991-6 et 978-2-294-08991-6.

Anonyme, 1996. Conseil supérieur d'Hygiène publique de France. *Plomb, cadmium et mercure dans l'alimentation ; évaluation, et gestion du risque*. Tec et Doc Lavoisier, Paris.