

D'autre part, il suffit de songer à la multiplicité des dédoublements subis dans l'économie par les substances protéiques pour se rendre compte des difficultés presque insurmontables pour établir pratiquement et théoriquement d'après ces considérations les rations alimentaires (1).

Les recherches de Voit et Pettenkofer, dit M. Lapique auquel nous empruntons les lignes suivantes (2), semblaient avoir fixé d'une manière définitive le minimum d'aliments azotés, nécessaire à l'homme, pour maintenir son organisme en bon état. Les expériences de ces physiologistes avaient même paru si concluantes, qu'on leur avait donné la généralisation la plus large, et l'on regardait comme impossible qu'aucun homme, chez aucun peuple, vécût et travaillât sans consommer journellement au moins 118 grammes d'albuminoïdes. Un certain nombre de travaux de physiologie récents ont montré que cette conception était trop exclusive, et qu'il fallait à nouveau reprendre la question.

Observations ethnographiques. — Tout d'abord on s'est trouvé en présence d'un fait d'observation ethnographique : il y a des peuples qui se nourrissent exclusivement d'aliments riches en hydrates de carbone et pauvres en albuminoïdes ; pour trouver dans leur nourriture la ration d'azote indiquée, ils seraient obligés d'absorber des quantités de substances alimentaires si considérables, qu'on peut les traiter d'absurdes. Pour se procurer seulement 100 grammes d'albuminoïdes, un Irlandais devrait manger 5 kilogrammes de pommes de terre, un paysan japonais, 1400 grammes de riz cru, c'est-à-dire environ 3400 grammes de riz cuit. En fait, ils n'absorbent pas cette quantité, personne ne l'a jamais soutenue, et pourtant il en est beaucoup qui ne prennent aucun autre aliment plus riche en azote. Le fait semble surtout bien établi pour les Japonais, chez lesquels la question a été étudiée avec soin. Les travaux de *Botho Scheube* (3), de *Y. Mori*

(1) Pouchet (Gabriel). Transformation des matières albuminoïdes de l'économie, Paris, 1880.

(2) Lapique. De la ration azotée. *Méd. Mod.*, 1890, n° 19.

(3) Die Nahrung der Japaner, in *Arch. f. Hygiene*, t. 1^{er}.

et *Kellner* (1) ne laissent pas de doute sur ce point. Depuis des siècles, les générations successives des Japonais ont eu un régime alimentaire insuffisant, eu égard à la théorie classique, et pourtant ils sont restés de vigoureux et robustes travailleurs.

Faut-il en conclure qu'il existe une physiologie spéciale pour les Japonais? Mais ils ne constituent pas une race à part. Outre les Irlandais dont nous parlions plus haut, bien des paysans européens ont une ration azotée inférieure à la ration théorique, et sont pourtant capables de fournir un travail musculaire considérable. On est donc conduit par l'observation des faits spontanés, à mettre en doute l'exactitude de la théorie.

Expériences de laboratoire. — Les expériences de laboratoire, instituées spécialement dans le but de contrôler cette théorie, sont venues de leur côté l'ébranler considérablement. La méthode dont Voit et Pettenkofer se sont servis pour déterminer la ration minima d'azote, reposait, somme toute, sur le postulat suivant : la quantité d'albuminoïdes qui doit être fournie journellement à un animal, pour le maintenir dans son intégrité, est au moins égale à la quantité qu'il en consomme sur sa propre substance pendant un jour de jeûne. Or, ce postulat n'est pas vérifié par l'expérience. Il est parfaitement vrai que, si on donne à un animal une ration exclusive d'albuminoïdes, correspondant exactement au chiffre d'azote qu'il excrétaient quotidiennement pendant le jeûne, on voit monter le chiffre de cet azote excrété ; donc cette ration ne suffit pas et l'animal continue à se nourrir, pour une partie, aux dépens, de ses muscles. Mais ce fait, qui au premier examen semble décisif, en réalité ne prouve nullement que la quantité des albuminoïdes consommée pendant le jeûne soit plus petite que celle qui est strictement nécessaire pour constituer une ration d'entretien avec adjonction de graisses et d'hydrates de carbone. Déjà on savait fort bien que la gélatine et toutes les matières collagènes, qui ne suffisent point à

(1) Untersuchungen über die Ernährung der Japaner, in *Z. f. Biologie*, t. XXV.

entretenir la vie par elles-mêmes, peuvent remplacer une partie plus ou moins grande de la ration d'albumine. Voit et Pettenkofer eux-mêmes avaient bien constaté que l'adjonction des aliments ternaires aux aliments azotés est indispensable, et que plus on donne des premiers, moins il est nécessaire de donner des seconds. Mais la question est précisément de savoir jusqu'à quelle limite on peut abaisser la quantité des albuminoïdes en élevant corrélativement celle des graisses et hydrates de carbone. Les données du problème sont donc différentes des conditions où se trouve l'animal inanitié, et l'on ne peut affirmer *a priori* que la quantité d'azote excrétée (c'est-à-dire d'albuminoïdes consommées) pendant le jeûne soit minima.

En fait, cette quantité diminue si l'on donne à l'animal des hydrates de carbone. C'est ce que montrent nettement les expériences de *Rübner* (1). Nous citerons la suivante. Un chien pesant 1 kil. 500 excréta à l'état d'inanition 1 gr. 90 et puis 1 gr. 97 d'azote; on lui donne du sucre; le chiffre d'azote tombe à 1,64, 1,25, 1,10, finalement à 1,04.

L'expérience suivante de *Munk* (2) est non moins nette pour montrer l'influence des hydrates de carbone sur les animaux dont la ration d'albuminoïdes est insuffisante.

Un chien, qui était tombé après un jeûne au poids de 26 kilogrammes, reçoit une ration composée de 200 grammes de viande et 250 grammes d'hydrates de carbone; il consomme encore de son albumine musculaire. On élève la ration d'hydrates de carbone de 250 à 500 grammes sans changer la ration de viande: au lieu de perdre de l'azote, il en assimile.

Dès lors, la notion du minimum d'azote, telle que Voit l'avait fixée, ne peut plus être admise. *Rübner* a proposé pour la remplacer une théorie qui peut se formuler brièvement de la façon suivante.

Ce qui importe dans une ration alimentaire, c'est la somme d'énergie chimique qu'elle comprend dans son ensemble;

(1) *Z. f. Biologie*, t. XXI.

(2) *Archives de Virchow*, t. CI.

elle doit fournir à un homme d'un poids déterminé une quantité donnée de calories, pour maintenir son organisme en équilibre. Ces calories nécessaires seraient fournies par les trois catégories d'aliments, en proportions diverses pour les divers individus, suivant les climats, les habitudes nationales, les goûts et les aptitudes digestives individuelles. La proportion d'albuminoïdes ne peut pas être réduite à zéro, mais elle peut être très petite, si les autres aliments sont fournis en quantité suffisante.

Vérification directe sur l'homme. — Cette théorie paraît s'approcher bien près de la vérité, si l'on se reporte aux expériences que nous citons plus haut à titre d'exemple. Les expériences faites directement sur l'homme montrent également la possibilité d'obtenir dans les échanges azotés l'équilibre entre les entrées et les sorties, avec une très petite quantité d'albuminoïdes, et une riche quantité de graisses et d'hydrates de carbone. *Hirschfeld*, dans une expérience faite sur lui-même et qui dura huit jours, obtint cet équilibre pendant les quatre derniers jours, avec une ration qui ne renfermait que 42 gr. 04 de substances azotées, mais qui possédait une énergie chimique considérable, correspondant à 3460 calories.

Enfin la démonstration complète de cette possibilité, au moins pour un temps limité, vient d'être donnée par deux travaux parus l'année dernière en Allemagne. L'un est dû à *Muneo Kumagawa* (1) qui, en sa qualité de Japonais, s'est inquiété surtout de démontrer physiologiquement que le riz pouvait suffire à l'alimentation; l'autre à *G. Klemperer* (2) qui s'est plutôt occupé des moyens cliniques d'épargner la dénutrition des albuminoïdes.

Passant sur les premières séries d'expériences de *Kumagawa*, qui étudient le régime que l'auteur suivait en Europe, et un régime de fantaisie, japonais par les éléments, mais relativement riche en azote, nous nous arrêterons aux deux dernières.

(1) *Archives de Virchow*, 1889, t. CXVI.

(2) *Archives de Dubois-Reymond*, 1889.

Dans la série IV, le régime, comprenant le thé, était exclusivement japonais (K. y ajoutait seulement un peu de bière); il possédait une énergie potentielle de 1940 calories. La quantité d'albumine introduite dans l'estomac étant par jour de 44 grammes, il s'en perdait 10 grammes par les fèces, et l'urine éliminait une quantité d'azote correspondant à 44 grammes. L'organisme perdait donc chaque jour 10 grammes d'albuminoïdes.

Pour la série V, l'auteur établit alors un régime de même nature, mais fournissant une énergie totale de 2478 calories. L'albumine de la nourriture quotidienne étant égale à 54 gr. 7, il s'en perdait 12 grammes par les fèces, et l'urine éliminait une quantité d'azote correspondant à 38 grammes. Il y avait donc assimilation de 4 grammes environ.

Dans cette expérience remarquable, la dépense de l'organisme en albuminoïdes était ainsi réduite à 38 grammes, correspondant à 6 grammes d'azote.

Il est vrai que le sujet ne pesait que 48 kilogrammes; si l'on veut donc ramener ce chiffre, en admettant la proportionnalité exacte, aux 70 kilogrammes pour lesquels calculait Voit, il faut l'élever approximativement à 53 grammes d'albuminoïdes correspondant à 8 grammes d'azote.

Ce chiffre est à peine égal à la moitié du chiffre *classique*.

Klempereur, dans ses expériences, est arrivé à un chiffre bien autrement bas encore, puisque chez deux sujets de poids moyen, il a obtenu pendant quelques jours l'équilibre physiologique avec une circulation journalière d'environ 3 grammes d'azote.

Mais le régime des sujets, composé principalement de pain, de beurre et de glucose, comprenait 280 centimètres cubes de cognac chaque jour, ce qui fait, en y ajoutant une bouteille de bière, 199 grammes d'alcool éthylique.

Or, l'alcool ne peut pas être considéré comme un simple aliment, et son action consiste évidemment en toute autre chose que dans l'apport d'un certain nombre de calories disponibles.

Avec ces fortes doses d'alcool, nous sortons ici des conditions de la nutrition normale et physiologique. C'est ce qui

fait que ces chiffres ne peuvent pas être mis sur la même ligne que ceux des expériences précédentes (1).

Il n'est pas moins intéressant de constater que l'addition de cet agent médicamenteux à un régime de graisses et d'hydrocarbonés peut réduire à un taux aussi bas les échanges azotés, et cette action peut être appliquée avec succès, comme l'a fait Klempereur, dans les maladies qui provoquent une dénutrition active des albuminoïdes.

À la suite de ces recherches, on s'est demandé si les résultats obtenus pendant le temps toujours limité de l'expérience étaient valables pour une longue période, et s'ils pouvaient réellement servir de base à une nouvelle conception du régime alimentaire. N'est-il pas possible, par exemple, que les facultés digestives soient affaiblies par un régime si peu azoté et qu'il se produise une assimilation de plus en plus mauvaise. C'est la question que Rosenheim (2) a cherché à résoudre directement. Il a nourri un chien avec des rations journalières tantôt riches, tantôt pauvres en azote, et il a constaté que la proportion de graisse et de matières azotées contenues dans les excréments étaient relativement plus élevées dans les séries où la nourriture contenait moins d'azote. Ces expériences sont en trop petit nombre et ont porté sur de trop petits espaces de temps pour donner lieu à des conclusions fermes.

De nouvelles recherches sont nécessaires dans cette voie.

Ration hydrocarbonée et travail. — Dans tout ce qui précède, nous avons envisagé la ration alimentaire sans tenir compte du travail que le sujet peut avoir à fournir. Pour le travail musculaire, il n'y a point en effet à s'en préoccuper quand on cherche à déterminer la ration d'azote strictement nécessaire. Tout le monde presque est d'accord pour admettre que le travail musculaire normal, régulier, ne consomme que

(1) Il faut noter que dans les expériences de Hirschfeld aussi, l'alcool intervenait pour une part considérable. Dans celles de Kumagawa, au contraire, nous trouvons fort peu d'alcool; il est vrai qu'il prenait du thé contenant un peu de caféine; mais outre que cette quantité de caféine est faible, son action devait en grande partie être annihilée par le fait d'une longue habitude.

(2) *Archives de Pflüger*, décembre 1889.

des aliments ternaires. Il suffit donc d'augmenter ceux-ci en proportion du travail à accomplir.

Voit déjà avait reconnu qu'il lui fallait donner la même quantité d'albuminoïdes à son sujet, que celui-ci travaillât ou ne travaillât pas. Tout récemment pourtant, M. Argutinsky (1), à la suite d'expériences faites sur lui-même, a cru pouvoir conclure que la force vive dégagée par les muscles était empruntée aux albuminoïdes. Mais ce mémoire, qui est passible de graves reproches, ne suffit pas à détruire toute la masse des recherches qui, depuis 30 ans, ont abouti au résultat inverse.

Mais si les albuminoïdes ne servent pas directement au travail musculaire, il faut probablement leur attribuer un pouvoir d'excitation générale, lorsque la quantité absorbée est supérieure à celle qui est nécessaire. Ce que l'on a appelé la *consommation de luxe* joue sans doute un rôle, assez mal défini encore, tant dans son mécanisme que dans ses effets, mais important au point de vue de l'aptitude au travail musculaire, plus encore de l'aptitude au travail intellectuel. Faut-il rapporter ce pouvoir excitant aux divers composés de la série urique (créatine, xanthine, etc.), qui se formeraient dans l'organisme à la suite d'une alimentation richement azotée? Cette explication est peu vraisemblable après les travaux de Bleibtreu et de Schultze (2), qui ont démontré que le régime mixte fournissait dans l'urine une plus grande quantité de ces produits que le régime exclusivement azoté.

La question reste à étudier.

Valeur nutritive des différents aliments

Les éléments constitutifs de la nourriture (déduction faite des principes minéraux) se divisent, comme nous l'avons vu, en trois groupes :

- 1° *Matières azotées* (albuminoïdes) ;
- 2° *Matières grasses* ;
- 3° *Matières hydrocarbonées* (alcools, sucres, farineux) ;

(1) *Archives de Pflüger*, janvier 1890.

(2) *Archives de Pflüger*, 1889.

Nous avons supposé, comme le fait Koënic (1), que :

5 parties d'hydrates de carbone sont isodynames avec 3 parties de graisse et 1 partie d'albuminoïdes.

Pour avoir la valeur nutritive d'un aliment ; nous multiplierons donc le chiffre trouvé à l'analyse pour les matières albuminoïdes par le coefficient 5 ; celui des graisses par 3, et celui des hydrates de carbone par 1. La somme de ces produits partiels donnera la *valeur nutritive en unités*.

Exemple : 1000 gr. de lait de vache contiennent :

39 gr. matière albuminoïde,	soit $39 \times 5 = 195$ unités
35 gr. matière grasse	soit $35 \times 3 = 105$ —
46 gr. hydrates de carbone,	soit $46 \times 1 = 46$ —

La valeur nutritive du lait en unité sera de $U = 346$ —

De même, 1000 gr. de pain blanc contiennent :

88 gr. matière azotée,	soit $88 \times 5 = 440$ unités
10 gr. matière grasse,	soit $10 \times 3 = 30$ —
550 gr. hydrates de carbone,	soit $550 \times 1 = 550$ —

La valeur nutritive de pain sera de $U = 1.020$ —

Nous ferons remarquer, toutefois, que l'on ne peut comparer que des aliments de composition analogue.

RATION JOURNALIÈRE

Nous avons vu qu'à chaque classe d'individus, à chaque âge, etc., correspond une certaine ration journalière.

Par exemple, un homme de trente ans, pesant 70 kilogrammes, et travaillant moyennement, a besoin d'après Voit, de :

Matière azotée...	130
Graisse.....	85
Hydrates de carbone.....	320

Si nous multiplions ces différents chiffres par les nombres

(1) Koënic, *l. c.*