

du Pérou, des populations entières vivent à 4 000 mètres et plus au-dessus du niveau de la mer. Or, malgré la diminution de tension de l'air à cette altitude, le sang des animaux qui y vivent contient l'oxygène dans la proportion normale. Les recherches de RÉGNARD, de MÜNZ, de VIAULT ont prouvé que ce fait est dû à une richesse plus grande du sang de ces animaux en hémoglobine, d'où résulte une augmentation de sa capacité d'absorption pour l'oxygène. Dans un voyage aux Andes péruviennes, VIAULT a observé que cet accroissement de la quantité d'hémoglobine du sang dans l'adaptation et l'acclimatation à la vie sur les hauts plateaux, est lié à une augmentation considérable du nombre des globules rouges du sang. Par ce procédé, le sang devient non seulement plus riche en hémoglobine, mais encore sa surface d'absorption pour l'oxygène est très augmentée.

CHAPITRE V

NUTRITION

La nutrition proprement dite consiste dans les échanges de matières qui s'établissent entre le milieu intérieur et les éléments anatomiques. Les matériaux nutritifs provenant des aliments sont fixés dans les tissus qui les utilisent pour leur fonctionnement et leur accroissement ; d'autre part les produits d'usure des éléments anatomiques, leurs matériaux de déchet sont rejetés dans le milieu intérieur pour être éliminés. Il se produit donc dans l'organisme un double mouvement de composition et de décomposition, et la nutrition intime des tissus comprend deux actes : l'un de construction organique qui est l'*assimilation*, l'autre de destruction organique, diamétralement opposé au premier et que l'on nomme *désassimilation*. Nous analyserons d'abord ces deux processus ; puis, dans un second article, nous étudierons les phénomènes de développement et de croissance que présente l'organisme.

ARTICLE PREMIER

ASSIMILATION ET DÉSASSIMILATION

Les processus chimiques suivant lesquels s'opèrent les transformations de matières dans l'organisme ne consistent pas seulement dans les oxydations (sur la nature desquelles nous nous sommes expliqué dans le chapitre précédent), mais encore en

dédoubléments, hydratations et déshydratations, réductions, et BERTHELOT a insisté sur ce fait que ces réactions ne s'opèrent pas toutes avec dégagement de chaleur (réactions exothermiques), mais qu'il en est aussi qui se font avec absorption de chaleur (réactions endothermiques). Mais il règne encore une grande obscurité sur tous les processus chimiques complexes qui s'intercalent entre le point d'arrivée et le point de sortie des matières. Nous connaissons bien, il est vrai, les matériaux qui pénètrent dans cette usine qu'est le corps d'un animal; nous connaissons aussi ceux qui en sortent; mais ce qui se fait dans l'usine elle-même nous est à peu près inconnu. Toutefois nous savons que les choses se passent comme s'il y avait simplement combustion des substances introduites, et que le résultat final est une excrétion de produits d'oxydation et, dans le domaine énergétique un dégagement de travail et de chaleur (voy. p. 42).

§ 1. — ASSIMILATION

Envisageons cet acte de nutrition successivement pour les différents matériaux mis en œuvre par l'organisme, pour l'eau et les sels minéraux, les hydrates de carbone, les graisses et les albuminoïdes.

1° Eau et sels. — L'eau et les sels solubles paraissent servir directement à la nutrition sans modifications préalables. Cependant il faut bien admettre que l'organisme fait subir certaines mutations à plusieurs substances minérales. Ainsi, le phosphate de chaux des os doit se former en grande partie à l'aide des sels de chaux (principalement carbonates) provenant de l'alimentation. D'autre part, DASTRE a montré que pendant la période fœtale il se forme dans les enveloppes de l'œuf, chez les ruminants, des plaques calcaires composées de phosphate de chaux. Ces plaques constituent de véritables réserves de sels calcaires en attendant le moment où l'organisme les utilisera pour le travail de l'ossification. Nous voyons donc d'ores et déjà par ces deux ordres de faits : 1° que les matières absorbées par l'organisme subissent des transformations dans l'acte de l'assimilation; 2° qu'après

avoir subi ces transformations elles peuvent être emmagasinées, mises en réserve, afin que l'organisme puise plus tard dans ces réserves suivant ses besoins. Ces deux faits sont d'une importance capitale, et nous allons les retrouver pour l'assimilation des autres matériaux de nutrition.

2° Hydrates de carbone. — Les hydrates de carbone de l'alimentation arrivent dans le torrent circulatoire sous forme de glycose. Ce glycose n'est pas immédiatement utilisé par les tissus; il est d'abord transformé en *glycogène* ou amidon animal; le glycogène déposé dans différents organes est ensuite retransformé en glycose selon les besoins de l'organisme. C'est le foie, comme on le verra plus loin, qui joue le rôle le plus important dans cette mutation et cet emmagasinement des hydrates de carbone. Cependant la formation du glycogène est une fonction plus générale : cette matière ne se dépose pas seulement dans les cellules hépatiques, mais aussi dans les muscles, les épithéliums et beaucoup d'autres tissus, et, pendant la période fœtale dans certaines cellules du placenta, de la membrane de l'amnios chez les ruminants. La manière dont s'opère l'assimilation des hydrates de carbone confirme donc ce que nous disions précédemment; on voit que la nutrition n'est pas directe, comme l'a fait ressortir CL. BERNARD, et qu'elle est précédée par un stade de mise en réserve. De même l'amidon est mis en réserve dans les racines ou tubercules de certains végétaux, comme la pomme de terre, avant de servir à la nutrition de la plante.

Le glycogène et le sucre de l'organisme ne dérivent pas seulement, comme nous le verrons plus loin (voy. *Fonction glycogénique du foie*, p. 385) des seuls hydrates de carbone de l'alimentation, bien que ceux-ci exercent une action prépondérante sur leur formation. Les albuminoïdes aussi peuvent sans aucun doute servir au même but : c'est ce que prouve le fait qu'un animal nourri exclusivement de viande accumule une notable quantité de glycogène dans ses tissus, et aussi cette constatation que dans le diabète à forme grave la glycosurie persiste malgré un régime exclusivement carné.

3° Graisses. — Les graisses neutres de l'organisme se présentent soit à l'état libre, sous forme de fines gouttelettes comme dans le lait, le chyle ; soit à l'état de tissu sous forme de gouttes emprisonnées dans le protoplasma des cellules.

Aux dépens de quels matériaux alimentaires se forme la graisse et dans quels tissus se dépose-t-elle de préférence ?

a. *Origine de la graisse.* — Les graisses paraissent pouvoir se former aux dépens de toutes les catégories d'aliments, graisses, hydrates de carbone, albuminoïdes, mais le mécanisme intime de leur synthèse reste inconnu.

La graisse de l'organisme se forme indubitablement aux dépens des aliments gras. Un animal qui reçoit dans sa nourriture une grande quantité de corps gras engraisse rapidement. Un fait remarquable, c'est que cet engraissement ne se fait pas par un simple dépôt dans les tissus de la graisse alimentaire. Ainsi, chez un chien nourri avec du suif de mouton, la graisse qui se forme est de la graisse de chien et non de la graisse de mouton. Chaque organisme forme donc une graisse qui lui est propre aux dépens des diverses sortes de graisse dont il peut se nourrir. Toutefois dans certaines conditions expérimentales (amaigrissement préalable des animaux par un long jeûne avant de les soumettre à un régime gras particulier), I. MUNK est parvenu à fixer dans les tissus de l'organisme une graisse ayant beaucoup de rapports avec la graisse étrangère donnée dans les aliments. Ce fait plaide bien en faveur de la formation directe de la graisse des tissus aux dépens de la graisse alimentaire.

Il n'est pas douteux non plus que les animaux puissent opérer la synthèse des graisses aux dépens des hydrates de carbone (féculents et sucres) des aliments. Comme l'a fait remarquer LIEBIG, une vache laitière sécrète journellement plus de graisse dans son lait que n'en contient le foin qu'elle consomme. Cette graisse ne peut donc provenir que des hydrates de carbone ou des albuminoïdes de l'alimentation. Des expériences d'un grand nombre d'auteurs (PERSOZ, SOXHLET, SANSON etc.), dans lesquelles on a dosé exactement les aliments ingérés, ont prouvé qu'une grande partie de la graisse emmagasinée par l'organisme ne peut provenir que de la transformation des hydrates de carbone.

L'observation vulgaire faisait prévoir ce résultat : on sait que l'on engraisse facilement les animaux en les nourrissant avec des aliments très riches en féculents.

La formation de la graisse aux dépens des albuminoïdes a été admise par VOIT et PETTENKOFER qui ont pu engraisser des animaux en les nourrissant exclusivement avec de la viande maigre. Mais nous avons en outre une preuve manifeste en faveur de ce processus dans l'expérience suivante de FR. HOFMANN. Des œufs de mouche à viande sont divisés en deux lots ; l'un est utilisé pour le dosage initial de la graisse ; l'autre est placé sur du sang dont la teneur minime en graisse a été préalablement estimée : or, quand les larves se sont développées en se nourrissant de ce sang, on peut constater que la quantité de graisse qu'elles renferment est dix fois supérieure à celle des œufs et du sang réunis. Enfin on sait, d'autre part, que dans certains processus pathologiques le protoplasma des cellules se remplit de fines granulations graisseuses, par exemple dans la dégénérescence graisseuse causée par l'empoisonnement par le phosphore, et il est très vraisemblable que dans ces cas la graisse se forme aux dépens de l'albumine. D'ailleurs tel doit être aussi, à l'état physiologique, le mode de formation de la graisse dans les cellules de la glande mammaire.

b. *Dépôt de la graisse.* — Soit que la graisse provienne directement de la graisse des aliments absorbée dans le tube digestif, soit qu'elle se forme aux dépens d'autres matériaux, on doit admettre qu'elle n'est pas consommée immédiatement, mais qu'elle se dépose d'abord dans les tissus. Cette mise en réserve est effectuée principalement par certains tissus et organes (tissu cellulaire, foie).

Dans le tissu cellulaire la graisse se dépose dans les cellules adipeuses ; elle forme non seulement une réserve importante de combustible, mais elle sert encore de matière de remplissage et joue le rôle d'un corps mauvais conducteur pour s'opposer à la déperdition du calorique. Dans le foie, la graisse s'accumule sous forme de fines granulations dans le protoplasma des cellules hépatiques ; le foie s'hypertrophie et devient très riche en graisse par la suralimentation (foie gras des oies,

canards, etc., obtenu artificiellement par le gavage des animaux).

4° Albuminoïdes. — Les matières albuminoïdes de l'organisme se forment aux dépens de celles qui sont fournies par l'alimentation; le protoplasma de la cellule animale, à l'inverse de celui de la cellule végétale, ne peut composer de toutes pièces la molécule d'albumine; il faut donc qu'elle lui soit offerte toute formée. Mais avec les albumines originelles représentées par les peptones après le travail digestif, l'organisme fabrique les différentes sortes d'albumines dont il est composé. C'est ainsi, comme nous l'avons fait observer, que la peptone est transformée en albumine du sang ou albumine circulante dans l'acte de l'absorption intestinale (page 147). Puis les différents tissus forment, aux dépens des albuminoïdes du sang, les diverses albumines qui leur sont spéciales : myosine (dans le muscle), osséine, chondrine (os, cartilage), gélatine (tissu cellulaire), etc.

§ 2. — DÉSASSIMILATION

Après avoir pendant un certain temps fait partie intégrante des tissus, les matériaux assimilés sont transformés en d'autres combinaisons inutiles à l'organisme et destinées à être éliminées. Tel est l'acte de la désassimilation qui est intimement lié au fonctionnement des organes et au dégagement de force vive.

1° Hydrates de carbone. — Le glycogène et le glucose sont oxydés dans les tissus et principalement dans les muscles, et leurs produits ultimes de combustion sont CO^2 et H^2O . Mais il est probable que l'acide carbonique et l'eau sont précédés par la formation de certains corps intermédiaires comme l'acide lactique. (Voy. *Glycogénie hépatique*, p. 391).

2° Graisses. — Une petite partie des graisses du corps peut être éliminée en nature par diverses sécrétions (glandes sébacées, glande mammaire), mais la plus grande partie est brûlée dans l'organisme et forme CO^2 et H^2O , peut-être après s'être dédoublée

préalablement en glycérine et acides gras. En s'oxydant, les graisses dégagent beaucoup de chaleur; 100 grammes de graisses dégagent autant de chaleur que 211 grammes d'albuminoïdes et 240 grammes de fécule : ce qui explique pourquoi sous les climats froids l'homme recherche les corps gras pour son alimentation.

3° Albuminoïdes. — La présence de l'azote et du soufre dans divers produits d'excrétion, et principalement dans l'urine, indique qu'il y a continuellement destruction d'albumine dans le corps. A jeun, la destruction de l'albumine et l'excrétion de l'azote persistent, quoique réduits à un minimum. Pour compenser cette perte, il ne suffirait pas, d'après Voit, de fournir à l'animal une quantité d'albumine correspondant au minimum détruit; il faudrait que cette quantité soit au moins deux fois et demi supérieure à celle qui est détruite à jeun pour obtenir un équilibre de l'azote dans le corps. Il y aurait donc dans l'organisme une sorte de gaspillage de l'albumine, une *consommation de luxe*.

Quoi qu'il en soit, la quantité d'albumine détruite dans le corps se règle étroitement sur la quantité d'albumine de l'alimentation. Chez un organisme en voie de croissance, une fraction de l'albumine ingérée se fixe dans le corps et y demeure pour contribuer au développement des organes, et par conséquent tout l'azote des *ingesta* ne reparait pas dans les *excreta*. Mais il n'en est pas de même pour l'adulte, dont l'équilibre d'azote est atteint : chez lui tout l'azote des albuminoïdes ingérés reparait intégralement dans l'urine, dans les fèces et diverses autres excréctions, et l'azote par conséquent ne fait que traverser le corps sans s'y fixer.

Les produits de la désassimilation des albuminoïdes sont fort nombreux. Outre l'acide carbonique et l'eau, terme ultime de l'utilisation du carbone et de l'hydrogène de sa molécule, l'albumine fournit encore en se décomposant des corps qui renferment son azote et son soufre. Les premiers de ces produits de destruction (CO^2 et H^2O), de même que l'acide carbonique et l'eau dérivant de l'oxydation des hydrates de carbone et des graisses, sont

éliminés par la voie pulmonaire. Mais les seconds sortent de l'organisme par les reins : les corps azotés sont représentés par l'urée principalement qui contient presque tout l'azote de la molécule d'albumine détruite, et par des corps similaires (acide urique, bases xanthiques, etc.), que nous retrouverons à propos de la sécrétion urinaire ; les produits sulfurés par des sulfates, les acides sulfo-conjugués et divers autres corps comme la taurine.

Les processus chimiques qui conduisent ainsi l'albumine jusqu'à ses stades ultimes de décomposition ne sont pas encore connus. A la vérité, le résultat final est bien une oxydation, mais il n'est pas probable que l'albumine se transforme du premier coup par combustion directe en eau, acide carbonique et urée. Il est plus vraisemblable que la molécule d'albumine subit préalablement une série de décompositions qui la scinde en groupes atomiques plus simples. Par exemple, on peut admettre qu'elle se *dédouble* en deux sortes de corps : les uns dépourvus d'azote, mais riches en carbone, comme la graisse, le glycogène ; les autres pauvres en carbone, mais riches en azote et représentés par l'urée et les corps azotés de la même famille. Les premiers de ces corps, qui constituent une réserve considérable d'énergie, sont mis en dépôt dans les organes, puis transformés par *oxydation* en acide carbonique et eau, proportionnellement aux besoins de l'organisme. Quand aux corps azotés, bien qu'ils renferment encore une certaine quantité d'énergie, l'organisme animal est incapable de les utiliser et les rejette tels quels.

Dans certaines maladies les actes intimes de la nutrition sont troublés comme s'il se produisait un ralentissement de la désassimilation ou une insuffisance des combustions. Ainsi, la formation de la graisse devient surabondante dans l'obésité ; dans le diabète la combustion des hydrates de carbone est plus ou moins entravée ; dans la goutte l'acide urique s'accumule dans l'organisme.

§ 3. — BILAN DE LA NUTRITION

On peut établir une balance exacte entre les recettes et les dépenses d'un organisme en dosant méthodiquement tous les

ingesta et tous les excréta, et il est possible de régler l'alimentation d'un animal de telle façon que le poids de son corps ne varie pas. Avant de fixer ce que doit être la *ration d'entretien*, voyons quels sont les effets de la privation d'aliments sur l'organisme.

1° Inanition. — L' inanition est l'état dans lequel, les aliments faisant défaut, l'organisme vit en empruntant à sa propre substance ses matériaux de combustion. L' inanition peut résulter soit de la privation absolue d'aliments, soit seulement de la privation de certains d'entre eux.

Inanition totale. — Le temps pendant lequel les animaux peuvent résister à la privation absolue d'aliments est très variable suivant les espèces et la taille, et d'une façon plus générale suivant l'intensité des combustions et l'état des réserves nutritives de l'animal au moment où commence le jeûne. Tandis que le cobaye ne résiste pas plus de six jours à un jeûne complet, un chien peut vivre jusqu'à trente-cinq jours sans aliments. Les animaux à sang froid présentent une résistance bien plus considérable : ils peuvent vivre plusieurs mois sans manger et certains d'entre eux pendant deux ou trois années. On admet que l'homme peut supporter l'abstinence pendant une vingtaine de jours ; mais ce temps est singulièrement abrégé ou accru suivant diverses circonstances ; il est abrégé par l'activité du système musculaire ou nerveux qui augmente l'usure des tissus, par l'abaissement ou l'élévation de la température, comme c'est le cas pour les mineurs ensevelis dans un puits par un éboulement, pour les naufragés, etc. ; il est accru au contraire quand le corps est soumis à un repos complet et dans certains états du système nerveux (hystérie) qui permettent un ralentissement considérable des combustions, de la même façon que chez les animaux hibernants ; c'est ainsi que l'on doit expliquer la longue durée du jeûne chez les hystériques qui présentent des *crises d'abstinence*, chez les fakirs indiens qui demeurent *enterrés* pendant plusieurs semaines. Dans ces cas, en effet, les quantités de CO_2 exhalé par le poumon et d'urée excrétée par le rein tombent à un chiffre extraordinairement faible, ce qui prouve que les combustions sont réduites à un minimum. C'étaient probable-

ment des hystériques que ces jeûneurs exhibitionnistes, TANNER, SUCCEI, etc., qui se sont privés volontairement d'aliments, (sauf d'eau) pendant quarante et cinquante jours. Les animaux auxquels on permet de boire de l'eau peuvent aussi supporter un plus long jeûne.

Les effets de l'inanition consistent principalement dans la perte de poids, la diminution de la température du corps et différents troubles nerveux. La diminution du poids du corps résulte nécessairement des pertes que fait incessamment l'organisme, car les sécrétions (bile, urine, etc.) ne sont point abolies, et l'animal continue à exhaler CO_2 et H_2O . La perte de poids est d'abord brusque et assez forte au début du jeûne, l'organisme se débarrassant des produits excrémentitiels qui proviennent de l'alimentation antérieure; puis elle suit une courbe régulière et progressivement décroissante jusqu'aux derniers moments qui précèdent la mort où elle présente de nouveau une chute plus rapide. Les mammifères succombent lorsqu'ils ont perdu 40 p. 100 de leur poids, d'après les recherches de CHOSSAT. Tous les tissus et organes ne participent pas pour une part égale à cette perte de poids. C'est le tissu adipeux qui perd le plus; 97 p. 100 de la graisse ont disparu au moment de la mort; autant vaut dire qu'il n'en existe plus. On expliquera facilement cette disparition de la graisse, si on réfléchit que l'organisme puise dans cette réserve pour entretenir sa chaleur. La réserve de glycogène des tissus est aussi rapidement épuisée dans l'inanition. Parmi les organes, le foie et la rate perdent beaucoup (50 p. 100 de leurs poids); le système musculaire 30 p. 100. Mais le cœur, de même que le système nerveux, ne perdent pour ainsi dire rien; c'est grâce au maintien de leur intégrité que la vie se soutient; lorsqu'ils commencent à participer à la déchéance des autres tissus, l'animal meurt.

Ces différences dans la rapidité du dépérissement des divers organes proviennent évidemment de la résistance plus ou moins grande de leurs éléments cellulaires à la privation de nourriture. Mais on peut aussi, pour les expliquer, faire intervenir un autre facteur et admettre, avec LUCIANI, qu'il s'établit entre les éléments cellulaires des différents tissus une sorte de lutte pour la

nourriture, de manière que certains d'entre eux, pour s'entretenir, s'emparent avec plus d'avidité des matières de réserve du corps et même, après l'épuisement de celles-ci, de la substance des autres cellules. En fait, nous avons des preuves indiscutables d'un transport de matériaux nutritifs de tissu à tissu. Un des plus remarquables exemples à ce sujet est celui que MIESCHER a signalé pour le saumon du Rhin. Lorsque ce poisson émigre de la mer dans le Rhin, il est en bon état de nutrition et ses muscles sont très développés; or, après avoir jeûné pendant un séjour de six à neuf mois dans le fleuve, ses muscles et particulièrement ceux du dos se sont atrophiés, mais, à leurs dépens, les organes sexuels ont pris un développement extraordinaire.

La température du corps s'abaisse pendant l'inanition d'abord rapidement de $0^{\circ},3$ à 1° , puis lentement et d'une façon progressive jusqu'à l'approche de la mort, où se manifeste une nouvelle chute brusque. La courbe de l'abaissement de température est en un mot superposable à celle de la diminution de poids. Le système nerveux semble lutter pendant toute la durée de l'inanition contre la dénutrition et le refroidissement, et ne perd son pouvoir de régulateur de la nutrition que dans les derniers moments. Outre l'amaigrissement et le refroidissement, signalons encore, comme symptômes de l'inanition, la perte des forces, les syncopes et différents troubles nerveux consistant en vertiges, hallucinations, délire, aberrations de l'intelligence allant jusqu'à la folie.

b. *Inanition partielle.* — La privation de certains aliments ou l'alimentation exclusive avec une seule catégorie d'aliments amène la mort des animaux, tout comme le jeûne complet. Dans les expériences de M. FOSTER, des animaux nourris avec des aliments artificiellement dépouillés de leurs sels, dépérissaient rapidement et finissaient par mourir. Les matières minérales contenues normalement dans les aliments sont donc indispensables à l'entretien de la vie; tels sont les sels de chaux dont le rôle est si important chez l'enfant au moment du travail de l'ossification, le chlorure de sodium dont la plupart des animaux, surtout les herbivores, sont, par instinct, si friands, etc. La vie ne pourrait être maintenue par un régime alimentaire exclusive-

ment composé de graisses ou de féculents. Un animal ainsi nourri ne tarde pas à succomber à l'inanition. Les albuminoïdes seuls feraient exception et suffiraient à entretenir la vie, à l'exclusion des autres aliments, d'après PFLÜGER.

2° Ration d'entretien. — Pour que l'animal puisse tirer le meilleur parti des aliments, il est nécessaire que ceux-ci soient mélangés dans des proportions déterminées. Ainsi, il est reconnu que l'addition d'hydrates de carbone ou de graisse à un régime de viande, diminue la décomposition protéique du corps et favorise la fixation de l'azote dans les tissus, en d'autres termes *épargne* les albuminoïdes du corps. Au contraire, dans un régime exclusif de viande tout l'azote absorbé reparaît dans l'urine, et pour qu'il en soit fixé une petite partie dans ces conditions, il faudrait pouvoir ingérer des quantités considérables de viande. La gélatine, qui a elle seule ou mélangée à la graisse ou aux féculents serait insuffisante pour la nutrition, devient aussi très utile quand on l'associe à la viande, et constitue, d'après Vorr, un important aliment d'épargne.

Les proportions suivant lesquelles doivent être ingérées les différentes espèces d'aliments pour que le budget entre les recettes et les dépenses soit équilibré, représentent ce qu'on appelle la ration d'entretien. Le régime établi par les différents expérimentateurs pour arriver à ce résultat chez l'homme adulte est le suivant (pour vingt-quatre heures) :

| | D'après : VIERORDT | RANKE | MOLESCHOTT |
|------------------------|--------------------|---------|------------|
| Albuminoïdes | 120 gr. | 100 gr. | 130 gr. |
| Graisse | 90 — | 100 — | 84 — |
| Amylacés | 330 — | 240 — | 404 — |
| Eau | 2 800 — | 2 600 — | 2 800 — |
| Sels | 32 — | 25 — | 30 — |

Il en résulte qu'il faut à un adulte environ par jour 18 à 20 grammes d'azote et 280 grammes de carbone. Certains auteurs pensent que cette ration est beaucoup trop élevée et qu'en réalité l'homme mange trop. De fait, la ration d'entretien chez certains peuples est beaucoup moins considérable que celle des

Européens. Du reste elle doit varier nécessairement suivant certaines circonstances relatives à l'âge, la taille de l'individu, à la somme de travail effectué, etc.

La ration d'entretien ne doit pas être envisagée seulement du point de vue matériel, mais aussi du point de vue énergétique. La *valeur énergétique* des aliments s'apprécie en cherchant par la calorimétrie quelle quantité de chaleur dégage chacun des principes immédiats en brûlant complètement; car la valeur énergétique d'un aliment se confond avec sa *valeur thermogène*. On voit ainsi que la ration d'entretien qui réalise, en même temps que l'équilibre matériel, l'équilibre énergétique doit fournir à un homme adulte travaillant modérément (bourgeois) 2 500 calories en vingt-quatre heures. Pour un ouvrier exécutant un travail mécanique modéré cette ration est plus élevée : 3 000 à 3 500 calories, et chez certains ouvriers exécutant un travail fatigant, la consommation d'énergie s'élève à plus de 4 000 calories.

Les principes immédiats des aliments peuvent d'ailleurs être remplacés les uns par les autres dans la ration d'entretien, si l'on tient compte de leur valeur énergétique, c'est-à-dire si l'on en fournit à l'animal des quantités *équivalentes* au point de vue de l'énergie qu'ils contiennent. De la sorte RUBNER est arrivé à cette conclusion que 100 grammes de graisse = 243 grammes de viande sèche = 232 grammes d'amidon ou 256 grammes de glycose. En un mot, ces quantités de principes immédiats sont *isodynames*, et peuvent être substituées les unes aux autres dans la ration d'entretien (la quantité d'albumine nécessaire pour l'entretien de l'équilibre de l'azote dans le corps, et dont aucun animal ne saurait se passer, étant, bien entendu, mise à part). Mais, d'après CHAUVEAU, ce serait là une fausse conception de l'*isodynamie*, et celle-ci devrait être calculée d'après les poids d'hydrates de carbone qui peuvent être fournis par l'albumine et la graisse, car ce sont des hydrates de carbone exclusivement (glycose et glycogène) que consomment les muscles pendant le travail, et non de l'albumine ou de la graisse (voy. p. 449). Or, lorsque l'albumine et la graisse se transforment dans le corps en hydrates de carbone, cette transformation ne peut se faire que par une

hydratation pour l'albumine, une oxydation partielle pour la graisse, tous processus consommant une certaine quantité d'énergie qui est perdue pour le muscle. Si donc on veut remplacer les hydrates de carbone par la graisse ou l'albumine dans la ration d'entretien, les poids de ces derniers principes immédiats doivent être calculés d'après la quantité d'hydrates de carbone qu'ils sont aptes à fournir; et ce calcul s'éloigne notablement de celui de RUBNER, car par exemple 100 grammes de graisse (en s'oxydant partiellement pour se transformer en hydrates de carbone) = 161 grammes de glycose (au lieu de 251 grammes, comme l'indiquerait la comparaison de leur chaleur de combustion).

ARTICLE II

DÉVELOPPEMENT ET CROISSANCE

Si l'assimilation et la désassimilation se balancent exactement chez l'adulte, il n'en est plus de même pour un organisme qui se développe et s'accroît. Dans ce dernier cas l'assimilation l'emporte nécessairement sur la désassimilation, les recettes sur les dépenses. Le développement progressif du corps, surtout en hauteur (d'où résulte la taille), se fait d'une façon très inégale suivant les différents âges; d'abord très rapide, il va ensuite en diminuant jusqu'à l'âge adulte. Dans la première année la croissance est d'environ 29 centimètres, c'est-à-dire $\frac{1}{6}$ de l'accroissement total; dans la deuxième année elle est moitié moins rapide, et de quatre à cinq ans jusqu'à la puberté elle ne représente plus par année que de $\frac{1}{24}$ de l'accroissement total. Par contre, le développement du corps humain suivant les autres dimensions (largeur et épaisseur) est plus lent dans les premières années qu'à la puberté; c'est vers quarante à cinquante ans qu'il atteint son maximum.

Les tissus ou organes peuvent augmenter de masse de deux façons, soit par accroissement de volume des éléments déjà existants, soit par adjonction à ceux-ci d'éléments de nouvelle formation, par multiplication cellulaire en d'autres termes. C'est

ce dernier mode d'accroissement qui est le plus important. A ce point de vue le développement des os présente certaines particularités physiologiques d'un haut intérêt. Pour ce motif nous le décrirons brièvement.

Considérons l'accroissement d'un os long suivant deux dimensions, la longueur et l'épaisseur. L'accroissement en longueur se fait à chaque extrémité de l'os, à la jonction de la diaphyse et de l'épiphyse, aux dépens du cartilage épiphysaire. Cette notion, que l'on trouvera amplement développée dans les traités d'histologie, a été établie expérimentalement par DUHAMEL; ayant pratiqué des trous dans l'épaisseur de la diaphyse d'un os long chez le poulet et enfoncé dans ces trous des chevilles métalliques comme points de repère, cet expérimentateur vit, après avoir sacrifié l'animal au bout d'un certain temps, que la distance qui séparait les chevilles était restée la même. Au contraire, des chevilles enfoncées d'une part dans l'épiphyse, d'autre part dans la diaphyse, se trouvaient après quelques jours séparées par un intervalle plus considérable. Cette expérience prouvait donc que le corps de l'os ne s'accroît pas en longueur par une augmentation interstitielle de sa masse, comme les autres organes, mais bien par une édification ayant pour siège les deux extrémités de la diaphyse, c'est-à-dire le cartilage épiphysaire. Ce travail d'ossification dure jusqu'à ce que l'os ait atteint sa longueur définitive; alors le cartilage épiphysaire disparaît et la diaphyse se soude à l'épiphyse.

L'accroissement en épaisseur se fait au moyen du périoste par additions successives à la surface de l'os de nouvelles couches osseuses. DUHAMEL ayant enserré transversalement le corps d'un os long au moyen d'un fil métallique passé sous le périoste, constata après un certain temps que le fil était logé dans l'épaisseur de l'os et plus tard encore se trouvait dans le canal médullaire. FLOURENS pour étudier la même question mit à profit ce fait que la garance introduite dans les aliments d'un animal a la propriété de colorer le tissu osseux en rouge. Après avoir nourri pendant plusieurs jours un animal avec de la garance, il vit que les lames externes de l'os, voisines du périoste, étaient colorées en rouge; si l'on sacrifiait l'animal un