COMPOSITION DE DIVERS ALIMENTS.	MATIÈRES ALBUMINOÎDES (fibrine, cassine, albumine, gluten, légumine).	HYDRATES DE CARBONE (graisse, sucre ou fécule).
Lait Lentilles Fèves Pois Chair de mouton (gras). Chair de porc (gras) Bœuf Froment Avoine. Seigle Oorge Pommes de terre. Riz Sarrasin		3,0 2,1 2,2 2,3 2,0 3,0 2,0 4,6 5,0 5,7 5,7 9,0 12,0

§ 201.

Rôle des sels dans la nutrition. — Parmi les condiments dont l'homme fait usage dans son alimentation, le sel marin (chlorure de sodium) tient le premier rang ¹. Les aliments et les boissons que l'homme consomme en 24 heures n'en contiennent guère en moyenne plus de 2 à 4 grammes, mais il y ajoute environ, par la préparation culinaire, une dizaine de grammes de sel en nature. Le sel est d'un usage général, et les animaux eux-mêmes le recherchent. Il y a dans le corps de l'homme de 200 à 250 grammes de chlorure de sodium ou de sels équivalents. Il ne faut pas oublier que, parmi les sels du sang, le chlorure de sodium est le plus répandu, et que son intervention paraît nécessaire à la constitution de ce liquide, en entretenant son alcalinité et en maintenant à un degré déterminé le point de coagulation de l'albumine.

La suppression du sel dans l'alimentation est promptement suivie d'une altération grave de la santé. Lorsqu'à l'exemple de MM. J. Forster et E. Bischoff on nourrit un chien avec de la viande et du pain, qu'on a privés de leurs sels, les animaux ne tardent pas à succomber. Quoique constituant l'un des éléments incombustibles du sang, le sel n'en est pas moins un élément nécessaire.

L'augmentation modérée du sel dans la ration alimentaire accélère les phénomènes de la nutrition et augmente le poids des animaux auxquels on l'administre. Il est vrai que le sel ajouté à la ration alimentaire des animaux développe le sentiment de la faim et de la soif, de sorte que la quantité des aliments mangée par l'animal est généralement plus considérable. Mais si l'on ramène la quantité en poids gagnée par l'animal à la quantité d'aliments consommée, on constate que l'accroissement proportionnel est plus considérable chez les animaux soumis au régime salé. Des expériences nombreuses, continuées pendant des

mois, ont été entreprises sur ce point par MM. Boussingault, Fartmann, Kaufmann, Mathieu de Dombasle, Dailly, Daurier, Lequin, etc. Il en résulte que, si un lot de bestiaux augmente en moyenne, en une année, de 6 kilogrammes par 100 kilogrammes de foin consommé sans sel, un autre lot, soumis au régime du foin salé, augmente dans le même temps de 7 kilogrammes par 100 kilogrammes de foin consommé.

§ 202.

De l'eau dans les phénomènes de nutrition. — L'eau, partout répandue dans le corps humain, forme la base de toutes les humeurs et fait partie constituante de tous les tissus. Le corps humain contient environ 75 parties d'eau et 25 parties de substances solides supposées desséchées. L'eau est la menstrue liquide de toutes les absorptions, des sécrétions, de l'exhalation et des diverses opérations chimiques qui s'accomplissent dans l'organisme animal. L'eau maintient le sang dans l'état de liquidité nécessaire à la circulation, et les divers tissus dans l'état de souplesse ou de mollesse en rapport avec l'accomplissement de leurs fonctions. La vie animale (comme la vie végétale) n'est possible qu'à la condition que les tissus soient continuellement pénétrés de parties liquides. Tout ce qui est solide et sec est inerte ou privé de vie. L'eau dissout et met en présence les substances qui doivent réagir les unes sur les autres. Les expériences de MM. Bischoff, Voit et Kaupp ont démontré que la proportion de l'eau que boivent les animaux a une grande influence sur l'activité de la nutrition en favorisant l'absorption et en mettant plus aisément en contact les liquides et les tissus de l'économie.

L'eau est d'ailleurs, dans les diverses réactions de la chimie vivante, incessamment formée et incessamment détruite, ses éléments concourant aux métamorphoses des diverses combinaisons organiques.

L'eau a encore des usages physiques ou mécaniques. Comme elle est incompressible ou sensiblement incompressible, elle maintient le volume et la situation des parties et résiste avec énergie aux diverses causes de com-

L'eau contenue dans le corps humain est incessamment renouvelée par les boissons et incessamment évacuée par les diverses voies d'excrétion. La masse d'eau qui passe journellement dans le corps humain est considérable. L'eau qui s'échappe par les exhalations et les sécrétions n'est pas tout entière représentée par les boissons et l'eau des aliments. Si l'on additionne la quantité d'eau rendue en moyenne, dans les vingt-quatre heures, par la sécrétion urinaire, par l'évaporation cutanée et pulmonaire et par les selles, on constate que cette quantité est supérieure à la quantité d'eau introduite en nature avec les aliments et les boissons. L'eau qui s'échappe par ces diverses voies peut être évaluée à 2k,5, tandis que la quantité d'eau avalée avec les boissons et les aliments 2 n'est guère en moyenne que de 2 kilogrammes. L'excédant de l'eau des exhalations et des sécrétions est dû à la formation de l'eau, dans les

¹ Le rôle des condiments acides, tels que vinaigre, citron, acides végétaux; celui des condiments âcres ou aromatiques, tels que oignon, ciboule, poivre, girofle, moutarde, câpres, cannelle, vanille, persil, cerfeuil, etc., n'est pas suffisamment déterminé; il est probable qu'ils agissent surtout en excitant la sécrétion du suc gastrique; quelques-uns d'entre eux (les acides) agissent peut-être en favorisant directement la dissolution des matières albuminoïdes (voy. §§ 40, 42, 43).

¹ Pour l'évaporation pulmonaire, voy. § 143; pour l'évaporation cutanée, voy. § 157; pour la sécrétion urinaire, voy. § 179; évacuée avec les selles, voy. § 186.

sécrétion urinaire, voy. § 119; evacuée avec les selles, voy. § 100.

2 Les aliments, quelque consistants qu'ils soient, contiennent une grande quantité d'eau, qu'on peut évaluer en les soumettant à l'évaporation. La viande de bœuf et de mouton que nous consommons contient 75 p. 100 d'eau; le pain, 40 p. 109; les légumes, 80, 90, ou 95 p. 100.

métamorphoses de la nutrition, aux dépens de l'oxygène de la respiration et de l'hydrogène des substances organiques. L'eau formée dans le corps humain aux dépens de l'oxygène absorbé par la respiration et de l'hydrogène des substances organiques est, au même titre que l'acide carbonique, l'un des produits ultimes de la nutrition et l'une des sources de la chaleur animale.

La quantité d'eau ou la quantité de boissons que l'homme avale journellement est beaucoup plus variable en apparence qu'en réalité. L'homme qui fait usage d'une alimentation presque exclusivement végétale boit peu, il est vrai, mais les végétaux dont il se nourrit sont riches en eau, et l'équilibre se trouve ainsi rétabli. La quantité des boissons est d'ailleurs soumise à des fluctuations nombreuses, qui dépendent de l'activité plus ou moins grande des évacuations, lesquelles, nous l'avons dit, développent, lorsqu'elles augmentent, le sentiment de la soif (§5). Dans les chaleurs de l été, les transpirations abondantes qui se font par la peau font sentir le besoin de remplacer l'eau expulsée et de maintenir le sang dans sa densité normale. Dans cette saison la masse d'eau qui traverse le corps en un temps donné est notablement augmentée. Dans certaines maladies (polyurie), elle peut s'élever au double, au triple et beaucoup plus haut encore, mais alors surviennent des désordres graves.

ARTICLE II.

STATIQUE CHIMIQUE DE LA NUTRITION.

§ 203.

Calcul des ingesta et des excreta. - Lorsque les animaux vivent pendant un certain temps sans augmenter ou diminuer de poids, il est évident que le poids de la nourriture consommée pendant ce laps de temps, ajouté à ce ui de l'oxygène inspiré, est égal à celui des diverses excrétions et exhalations. De plus, l'équation peut être établie non seulement sur l'ensemble des substances consommées et sur celui des substances évacuées par les diverses voies d'expulsion; mais on peut aussi la poursuivre sur les éléments composants des ingesta et des excreta. Les évaluations dont nous parlons ont une certaine importance. Pour que l'homme et l'animal conservent leur poids et se maintiennent dans un état satisfaisant de santé, il faut que la réparation moyenne en vingt-quatre heures égale la perte moyenne faite dans le même laps de temps. La connaissance de ce rapport conduit naturellement à la fixation de la ration moyenne d'entretien, ou, en d'autres termes, à la quantité d'aliments nécessaire à l'homme pour entretenir convenablement sa vie. A cet égard, les chiffres empiriques les plus divers ont été tour à tour proposés. Tandis que Cornaro affirme qu'il ne faut à l'homme, dans les vingt-quatre heures, que 400 grammes de nourriture solide et 500 grammes de liquide, Haller pense qu'il faut environ 3 kilogrammes de nourriture solide et liquide, et Sanctorius prétend que l'homme en doit consommer 4 kilogrammes. Les déterminations réellement scientifiques ne sont venues que de nos jours.

M. Boussingault est le premier qui ait cherché à résoudre le problème par

expérience. La voie ouverte par M. Boussingault a été suivie depuis par MM. Valentin, Barral, Vierordt, Bidder et Schmidt, Hildesheim, Laun, Henneberg et Stohmann, Heynsius, Volz, Bischoff, Pettenkofer, Voit, Haughton, Ranke, Speck, etc.

M. Boussingault nourrit un animal, pendant un laps de temps déterminé, avec un poids connu de nourriture, et il dose les matières fécales, l'urine et les autres produits de sécrétion. Pour que les expériences soient rigoureuses, il faut, autant que possible, que l'expérience soit prolongée de manière que le poids final de l'animal concorde avec le poids initial. La nutrition n'est pas direcle, si on peut ainsi parler. On ne peut guère établir, pour un moment donné, le bilan exact de l'organisme avec un parallélisme parfait de recettes et de dépenses. Ce bilan ne peut guère s'établir qu'au mois ou à la semaine. Dans ses expériences, M. Boussingault soumettait, pendant un mois au moins, l'animal à un régime composé des mêmes aliments, pour l'accoutumer en quelque sorte à l'épreuve qu'il voulait tenter. Ces conditions préliminaires une fois accomplies, il procédait à l'expérience. Le table u nº 1 contient les résultats d'une épreuve faite par M. Boussingault sur le cheval, et qui dura trois jours et trois nuits. Le poids de l'animal était pris avant et après l'expérience, et aussi à un grand nombre de reprises pendant la durée de l'observation, afin d'évaluer les pertes de l'exhalation pulmonaire et cutanée. Tout était disposé pour recevoir, sans perte, les urines et les excréments.

TABLEAU Nº 1

ALIMENTS CONSOMMÉS par	PRODUITS RENDUS PAR LE CHEVAL EN 24 HEURES				
AVOINE ET REGAIN (ét oxygène inspiré).	Urine et excréments (ou pertes sensibles).	Eau, acide carbonique et azote de l'exhalation cutanée et pulmonaire (ou pertes insensibles).	Rapport entre les pertes sensibles et les pertes insensibles.		
Poids	15 ^k ,480	10 ^k ,190	1:0,6		
and to one and those sa ob	siff M. musd 25	*,670	100 and 100 an		

Il résulte de ce tableau que sur le cheval (animal herbivore) les pertes sensibles (urine, excréments) sont un peu plus élevées que les pertes insensibles (vapeur d'eau et acide carbonique). La différence est d'un tiers en sus. M. Valentin, qui a répété les mêmes expériences sur le cheval, est arrivé à un résultat à peu près analogue. Un cheval, qui recevait par jour 42 kilogrammes de nourriture solide et liquide (30 kilogrammes eau, 12 kilogrammes nourriture sèche), perdait 22k,5 par les excréments et les urines, et 19k,5 par les pertes insensibles

MM. Henneberg et Stohmann ont fait leurs expériences sur les bœufs. Le tableau n° 2 donne le résultat d'une de ces expériences entreprise sur un jeune bœuf de trois ans et demi. Cet animal, soumis au régime du trèfle ¹ depuis le 27

¹ La ration était chaque jour de 20 livres de foin de trèfle et de 50 litres d'eau (contenant

février jusqu'au 27 mars, présentait, à la fin de l'expérience, exactement le poids du début, c'est-à-dire 1,003 livres 1.

TABLEAU Nº 2

INGESTA		EXCRETA			
Aliments consommés par l'animal en 24 heures. 70 livres	Oxygène absorbé en 24 heures. 10 livres	Urine et excréments (pertes sensibles) en 24 heures. 56 livres (dont 40 l. d'excréments).	Acide carbonique exhalé (pertes insensibles) en 24 heures.	Eau exhalée (pertes insensibles) en 24 heures.	
80	March College		80		

Dans le tableau n° 2, les pertes sensibles sont beaucoup plus grandes que les pertes insensibles, ce qui tient surtout à la proportion considérable des matières fécales, ou, en d'autres termes, à la proportion plus considérable des matières réfractaires à la digestion (ligneux) contenues dans le foin qui a servi de nourriture exclusive aux animaux en expérience.

Le poids des pertes n'est pas toujours égal au poids de la nourriture consommée; l'excédant correspond alors à une augmentation de poids de l'animal².

Remarquons encore que dans le calcul on doit tenir compte (dans la colonne des aliments) du poids de l'oxygène inspiré, combiné plus tard, sous forme d'eau et d'acide carbonique, aux matières oxydées des pertes sensibles et insensibles. En ne tenant compte que de la nourriture solide et liquide ingérée pendant un certain temps, les pertes faites dans le même temps par les diverses voies d'excrétion et de sécrétion seraient toujours supérieures (alors même que l'animal n'aurait pas changé de poids) à la première quantité, parce que les produits exhalés à l'état d'acide carbonique et d'eau comprennent l'oxygène introduit dans le sang par la respiration.

M. Valentin, M. Barral, le major Laun, M. Ranke, se sont pris eux-mêmes comme sujets d'expérience. Ils pesaient avec soin les aliments qu'ils consommaient, recueillaient leurs urines et leurs excréments, et se pesaient un grand nombre de fois par jour pour apprécier les pertes insensibles.

La quantité d'oxygène absorbé en vingt-quatre heures par la respiration représente chez l'homme (d'après les recherches de M. Valentin et celles de M. Barral) environ le quart de la proportion des aliments solides ou liquides, ou 25 pour 100.

En représentant par 400 les ingesta (comprenant les aliments solides et liquides et l'oxygène absorbé) pendant l'espace de vingt-quatre heures, voici (tableau nº 3), suivant M. Barral, la proportion correspondante des excreta chez l'homme:

TABLEAU Nº 3

ING	ESTA	EXCRETA			
Nourriture solide et liquide.	Oxygène absorbé.	Urine et excréments (pertes sensibles).	Acide carbonique exhalé (pertes insensibles).	Eau exhalée (pertes insensibles).	
75	75 25		30	35	
1	00	2017	100		

Comme on le voit dans ce tableau, le rapport entre les pertes insensibles et les pertes sensibles n'est pas le même chez l'homme que chez le cheval et le bœuf, ce qui tient à ce que chez le cheval et le bœuf (animaux herbivores) la partie réfractaire de l'aliment non attaquée dans l'intestin et rejetée avec les fèces est beaucoup plus considérable que chez l'homme. M. Barral faisait usage d'une alimentation mixte, composée de viande, pommes de terre, pain, lait, fromage, sucre, vin, eau-de-vie.

L'équation dont nous parlons peut être poursuivie, non seulement dans les proportions prises en masse des substances introduites et des substances expulsées, mais dans leurs composants. MM. Bidder et Schmid ont fait à cet égard une série d'expériences sur des chats, auxquels ils donnaient de la viande maigre. La viande maigre contient 75 pour 100 d'eau, 20 pour 100 de matières albuminoïdes (fibrine, albumine, créatine), 4 pour 100 de matières grasses (infiltrant la substance des muscles), et 1 pour 100 de matières salines. Les chats consommaient en moyenne, en l'espace de vingt-quatre heures, une quantité de viande qu'on peut évaluer à 50 grammes par kilogramme de poids du corps (un chat de 5 kilogrammes, par exemple, consommait 250 grammes de viande). Les tableaux 4 et 5 représentent l'ensemble des résultats obtenus.

TABLEAU Nº 4

TABLEA	U DES I	NGESTA		
CONSOMMATION PAR KILOGRAMME DE POIDS D'ANIMAL	EAU	MATIÈRES ALBUMINOÏDES et dérivées.	MATIÈRES GRASSES	SELS
50 ^F ,000 viande	37,350 "	9,780	2,370	0,510
71sr,125, total des ingesta.				

Dans les tableaux 4 et 5, la somme de l'eau des excreta l'emporte sur celle des ingesta; l'excédant représente l'eau formée dans les phénomènes chimiques de la nutrition.

⁵⁰ grammes de sel). L'animal restait à l'étable. Le séjour à l'étable est nécessaire dans toutes ces expériences; ce n'est qu'ainsi qu'on peut recueillir et réunir, à l'aide d'un sol asphalté, les urines et les matières fécales.

¹ La livre allemande (pfund) est de 467 grammes, à Brunswick.

² Il suffit d'ailleurs, pour amener cet excédant, qu'une certaine proportion de matières fécales soit retenue dans l'intestin.

TABLEAU Nº 5

TABLEA	U DES	EXCRETA			
MATIÈRES EXCRÉTÉES OU EXHALÉES par kilogramme de poids d'animal.	EAU	ACIDE CARBONIQUE	URÉE	SELS	BILE
39 ^{sr} ,468 produits d'exhalation	16,445 26,839 0,681	23,023	» 3,53 »	0,569 0,039	» » 0,531

MM. Pettenkofer et Voit ont exécuté avec leur appareil perfectionné un certain nombre d'expériences du même genre sur des animaux divers. Ils renfermaient dans leur chambre à respiration les animaux qui pouvaient y vivre, c'est-à-dire manger, boire, dormir, se mouvoir. Les aliments qu'on leur donnait étaient pesés; les gaz de l'expiration, les excrétions de toute nature étaient recueillis et dosés. Les résultats d'une expérience sur le chien sont consignés dans les tableaux n°s 6 et 7. Cette expérience avait duré 3 jours.

TABLEAU Nº 6

CONSOMMATION DU CHIEN pendant trois jours.	CARBOXE	HYDROGÈNE	AZOTE	OXYGĚZE	SELS
Viande 1500s,0 Oxygène inspiré. 477.,2 Total 1917s,2 Oxygène absorbé	. 1138 ,5 1500 ^g ,0	25,95	51,00	77,25	19,5 »

TABLEAU Nº 7

DES	TOTAL MATIÈRES EXCRÉTÉES (2011sr,8).	CARBONE	HYDROGÈNE	AZOTE	OXYGÈNE	SELS
	Urée	21,6	7,2	50,4	28,8	»
MATIÈRES	l'urine	9,6	2,5))	15,9	16,3
sèches	Fèces (sèches)	4,9	0,7	0,7	1,5	3,4
704,7	Acide carbonique	146,7	»	»	391,5	
	Hydrogène carboné	1,2	1,8	D	»	*
	Eau de l'urine 922.8	D	102,5	n	820,3))
Eau 1307.1	Eau des fèces 29,5	"	3,2	D	26,3	"
EAU 1301,1	Eau, évaporation pulmo- naire et cutanée 354,8))	39,4	»	315,4	»
2011,8,	Tomas					

Dans les analyses consignées au tableau n° 7 tout l'azote de l'urine est porté au compte de l'urée; d'autre part il n'est pas fait mention de l'azote de l'expiration pulmonaire. Les rectifications modifieraient peu les résultats. Les excreta l'emportaient de 34 grammes sur les ingesta, et cet excès portait principalement sur l'eau, ainsi qu'on peut le voir en comparant les deux tableaux.

M. Ranke s'est pris lui-même comme sujet d'expérience (il pesait 70 kilogrammes). Chaque jour il prenait 300 grammes de viande (contenant 10^{sr},2 d'azote et 37^{sr},56 de carbone), 400 grammes de pain (contenant 5^{sr},4 d'azote et 97^{sr},4 de carbone), 20 grammes de graisse (contenant 13^{sr},6 de carbone), 200 grammes de sucre (contenant 84^{sr},2 de carbone), 10 grammes de sel marin et 1,900 grammes d'eau. Il résulte des analyses des excreta que l'azote contenu dans les principes azotés de l'urine et des excréments était sensiblement (à 1 ou 2 grammes près) le même que dans les aliments ingérés. M. Ranke tire de toutes ses expériences la conclusion que, quand la proportion d'azote se balance exactement dans ce qui entre ou dans ce qui sort, il y a aussi balance exacte pour le carbone¹.

De ces diverses expériences, et aussi des diverses données fournies par l'observation directe sur les proportions d'acide carbonique formé par la respiration de l'homme, sur la quantité d'urée et des autres matières azotées expulsées par la voie des sécrétions, on peut tirer les principes généraux suivants:

L'homme bien portant rend en vingt quatre heures et en moyenne 30 grammes d'urée dans l'urine (voy. § 176). Il expulse donc par cette voie environ 13 grammes d'azote. A cette quantité il faut ajouter l'azote expiré par les poumons ou avec les matières azotées de la transpiration cutanée. Ce n'est pas tout : il y a encore dans l'urine de l'acide urique et d'autres matières extractives azotées variables en quantité ; il y a environ 20 grammes de matériaux biliaires (acides glycocholique, taurocholique modifiés, matières colorantes) expulsés dans les vingt-quatre heures par l'intestin. Ajoutons pour ces divers produits 4 ou 5 grammes d'azote. Il en résulte qu'une nourriture qui contient 20 grammes d'azote suffit amplement à la réparation normale.

L'acide carbonique expulsé par les poumons et par la peau peut être estimé en moyenne, en comptant largement, à 10 grammes de charbon brûlé par heure, c'est-à-dire 240 grammes dans les vingt-quatre heures. Mais ces 240 grammes ne représentent pas tout le carbone éliminé, car les matières organiques azotées des déjections solides ou liquides (fèces, urine, sueur) renferment aussi du carbone (surtout les matériaux de la bile qui sont riches en carbone). Cette quantité de carbone ne dépasse pas 50 ou 60 grammes. La ration alimentaire doit donc contenir 300 grammes de carbone en vingt-quatre heures.

¹ Les substances alimentaires (matières albuminoïdes et hydrates de carbone) renferment aussi de l'hydrogène et de l'oxygène. L'oxygène et l'hydrogène sont contenus dans les produits expulsés, soit à l'état de combustion binaire, c'est-à-dire à l'état d'eau, soit à l'état de combinaison organique avec l'urée, l'acide urique, les principes extractifs de l'urine, les éléments modifiés de la bile contenus dans les excréments et les éléments de la transpiration cutanée. On peut en déterminer la proportion par différence, lorsqu'on a directement dosé l'acote et le carbone. Ces deux derniers éléments (azote et carbone), constituant les parties fondamentales des principes alimentaires et des produits d'excrétion (urée et acide carbonique), ont généralement servi de base à tous les calculs qui ont été faits sous ce rapport.