	Sur	Sur 1000 parties.		
	Ca	Mg	PO4H3	
Asperges	1,27	0,14	1,13	
Carottes	2,33	0,64	2,17	
Amandes	4,2	8,42	20,79	
Figues	6,48	3,16	0,44	
b. Aliments animaux.				
Albumine de l'œuf	0,10	0,10	0,22	
Viande de veau	0,13	0,15	3,73	
Viande de bœuf	0,51	0,23	4,35	
Viande de porc	0,83	0,54	4,94	
Jaune d'œuf	1,63	0,26	6,57	
Fromage	5,23	0,20	9,06	
			OF STREET	

On voit donc que l'alimentation ordinaire introduit dans l'organisme une quantité de phosphates terreux sufisante pour remplacer celle qui est éliminée journellement (4 gramme environ chez l'adulte). Il est d'ailleurs bien démontré que, dans l'organisme même, aussi bien dans l'intestin que dans le sang, il se forme des phosphates terreux, provenant d'une réaction réciproque des carbonates terreux et des phosphates alcalins; et, d'un autre côté, il serait bien possible (Diaconow) que le phosphate de chaux qui existe dans le fœtus dût en partie sa formation à la lécithine, laquelle, à l'air humide, met en liberté de l'acide phosphorique, ou tout au moins de l'acide phospho-glycérique, et se trouve toujours, dans le jaune d'œuf, accompagnée d'un composé calcique soluble dans l'alcool et dans l'éther. Les œufs non couvés contiennent toujours moins de phosphate de chaux que ceux qui ont été longtemps couvés ou que les embryons qui viennent d'éclore; les jeunes os sont aussi plus riches en carbonate de chaux qu'en phosphate de chaux, lequel ne domine que plus tard.

Les troubles digestifs qui ont été observés à la suite d'une alimentation exclusive par les pommes de terre, par exemple, ont pu être attribués, au moins en partie, à ce que cet aliment renferme une trop faible quantité de phosphates terreux (Beneke); cependant des expériences directes faites sur des porcs tendent à faire admettre que les éléments terreux contenus dans l'eau de la boisson peuvent suppléer complètement à cette insuffisance de phosphates terreux dans l'alimentation (Boussingault).

Les phosphates terreux introduits dans l'estomac sont décomposés, de même que les phosphates alcalins, par les acides du suc gastrique; il se forme sans doute, en même temps que du chlorure de calcium, etc., de l'acide phosphorique libre et des phosphates acides, dont une partie pénètre dans le sang, tandis que l'autre partie repasse dans l'intestin, à l'état de sels basiques.

Il est certain, en tout cas, qu'il pénètre journellement dans la circulation de petites quantités de phosphates terreux. C'est la muqueuse intestinale des herbivores et des oiseaux qui est le mieux disposée pour l'absorption des sels de chaux et de magnésie : une poule peut, en un jour, absorber plus de

calcium qu'un homme adulte. L'opinion contraire de Gorup, relativement aux herbivores, paraît reposer sur une erreur. Chez les carnivores et chez l'homme, la quantité de phosphates terreux absorbée est bien moindre: Körber a trouvé que, à égalité d'alimentation (lait et pain), 4 kilogramme de lapin éliminait avec les urines onze fois plus de phosphates (12 fois plus de Ca et 40 fois plus de Mg) que 4 kilogramme de chien, bien que la quantité d'urine, pour 4 kilogramme de ces deux animaux, fût à peu près exactement la mème. Chez les carnivores, la plus grande partie des phosphates terreux ingérés reste intacte, ou se transforme en carbonate, puis s'élimine avec les selles; mais les sels terreux, une fois reçus dans la circulation, ne reviennent plus dans l'intestin; ils apparaissent tous dans l'urine, ainsi que Körber l'a démontré directement, au moins pour le sulfate de magnésie qu'il injectait dans le sang.

Presque tous les observateurs s'accordent à dire qu'un homme adulte, à l'état de santé, élimine, tous les jours, avec les urines, en moyenne, 1 gramme de phosphates terreux; la quantité moyenne de phosphate de chaux éliminée journellement est de 0⁹⁷,31 jusqu'à 0⁹⁷,37; celle de phosphate de magnésie, de 0⁹⁷,64. Sur 100 parties, il y a donc 33 parties de phosphate de chaux et 67 parties de phosphate de magnésie (Neubauer et Vogel). C'est toujours à la présence des phosphates acides qu'est due l'acidité normale de l'urine humaine.

Quand les phosphates terreux sont ingérés en grande quantité, ce n'est, a-t-on dit, que chez les herbivores qu'il se produit une augmentation correspondante de la quantité de ces sels absorbée et de la quantité éliminée par les urines; il n'en serait plus de même pour les carnivores et pour l'homme, et nous relevons expressément cette donnée, à cause de l'importance qu'elle aurait, si elle était juste, au point de vue du traitement du rachitisme. Il nous semble cependant que la balance penche plutôt en faveur de ceux qui admettent que chez les carnivores et chez l'homme, aussi bien que chez les herbivores, la quantité de phosphates terreux absorbée augmente avec la quantité ingérée.

Buchheim et Körber fournissaient à des chiens et à des lapins une alimentation parfaitement égale, consistant en pain et en lait, et à laquelle ils ajoutaient un excès de phosphates terreux, des os aux chiens et les sels purs aux lapins. Ils constataient que, dans ces conditions, les lapins absorbaient, et éliminaient par les urines, beaucoup plus de phosphates que lors de leur alimentation habituelle; mais le contraire se produisait chez les chiens: chez eux, les phosphates ingérés en excès étaient évacués avec les selles, et l'absorption physiologique des phosphates terreux des aliments était même entravée. On pourrait objecter que les phosphates donnés aux chiens, sous forme d'os, étaient peut-être dans un état moins favorable à l'absorption que les sels purs administrés aux lapins.

Neubauer, après avoir exactement déterminé, chez quatre hommes jeunes, la quantité de chaux contenue normalement dans leur urine, leur fit

76 PHOSPHATES DE CHAUX ET DE MAGNÉSIE. — IMPORTANCE PHYSIOLOGIQUE. prendre, au moment où ils allaient au lit, 4 gramme de divers sels de chaux, et voici les résultats qu'il obtint :

1. Quantité normale de Ca dans les urines	0,303
Après 1 gramme CaCl	0,397
2. Quantité normale de Ca dans les urines	0,267
Après 1 gramme CaO,CO ²	0,310
3. Quantité normale Ca dans les urines	0,282
Après 1 gramme CaO, A	0,324
4. Quantité normale Ca dans les urines	0,387
Après 1 gramme 3CaO,PO5	0,489

L'administration des sels alcalins a donc donné lieu, dans les quatre cas, à une augmentation de la quantité de calcium dans l'urine.

Riesell a fait, sous la direction de Hoppe-Seyler, des expériences intéressantes sur la transformation, dans l'organisme, des carbonates en phosphates. Il pensait pouvoir faire disparaître entièrement l'acide phosphorique de l'urine en ingérant du carbonate de chaux; mais il est arrivé à un résultat tout contraire. Quand il ingérait une quantité considérable de carbonate de chaux (10 grammes à chaque repas), il voyait bien, au début, la quantité d'acide phosphorique diminuer dans l'urine; mais cette quantité s'élevait ensuite au-dessus de la normale, après quoi elle s'en rapprochait peu à peu. Il observa aussi que, dans ces conditions, la proportion des phosphates alcalins et terreux, dans l'urine, devenait inverse de celle à l'état normal. Normalement, en effet, avant l'ingestion du carbonate de chaux, l'acide phosphorique de l'urine était principalement uni aux alcalis; à la suite de l'usage du carbonate de chaux, au contraire, la quantité d'alcali dans l'urine était devenue beaucoup moindre et tout l'acide phosphorique était combiné avec les oxydes terreux, principalement avec la chaux. Riesell conclut de ces expériences, corroborées par d'autres, que l'absorption du phosphate de chaux, par suite de sa difficile solubilité dans l'organisme, ne se fait que difficilement; que, quand il s'en forme en abondance, une petite partie seulement s'absorbe, la plus grande partie s'éliminant avec les selles; mais que la présence persistante de quantités considérables de ce sel, telles que celles qui proviennent, dans ses expériences, de la transformation du carbonate. finit par vaincre petit à petit les résistances qui s'opposent à l'absorption, et que le phosphate de chaux s'absorbe alors et passe dans les urines en quantités de plus en plus considérables.

Soborow a aussi trouvé, dans ses expériences sur des hommes jeunes et sur des chiens, qu'une augmentation de la quantité de carbonate de chaux absorbée était suivie d'une augmentation de la quantité de ce sel éliminée par les urines. Lehmann avait déjà auparavant observé que, avec l'alimentation ordinaire, il y avait 1⁹⁷,09 de phosphates terreux éliminés avec les urines, tandis que, avec une alimentation exclusivement animale, la quantité de phosphates terreux s'élevait à 3⁹⁷,56.

Zalesky a fait, sous la direction de Hoppe-Seyler, les expériences sui-

vantes, sur de jeunes pigeons. Il donnait aux uns un supplément de chaux, aux autres, de l'acide phosphorique sans chaux (phosphate de soude); il leur fournissait d'ailleurs une alimentation parfaitement égale, et il les tenait en observation pendant 103 jours. Pendant tout ce temps, ces animaux conservèrent leur santé et leur vivacité; leur poids et leur embonpoint augmentèrent. Enfin, il les mit à mort, fit de la manière la plus exacte l'analyse de leurs os, et ne constata, dans leur composition, aucune différence. D'où il conclut que l'augmentation de la quantité de chaux ou d'acide phosphorique dans l'alimentation n'exerce aucune influence, ni sur les rapports des sub-

stances organiques avec les substances inorganiques des os, ni sur les proportions relatives de la chaux et de l'acide phosphorique.

Mais nous manquons encore de recherches comparatives exactes qui établissent, d'une manière parfaitement précise, quelle est la quantité de phosphates terreux éliminée avec les excréments et les urines, relativement à la quantité absorbée. Il faudrait aussi des recherches positives pour démontrer s'il est vrai, comme le prétendent plusieurs médecins, que les fractures guérissent plus rapidement, et avec un cal plus solide, chez les hommes, ou les cochons d'Inde, auxquels on fait prendre un supplément de phosphate de chany.

Il y a, dans les excréments des herbivores, plus de phosphate de magnésie que de phosphate de chaux, et la quantité de phosphate de magnésie est aussi plus grande dans les excréments des animaux exclusivement carnivores. D'où l'on avait cru pouvoir tirer cette conclusion, que la muqueuse intestinale avait un pouvoir d'absorption plus considérable pour le phosphate de chaux que pour le phosphate de magnésie. Mais, dans l'urine aussi, on trouve de grandes quantités de phosphate de magnésie. L'excès de ce phosphate dans les excréments peut donc être attribué beaucoup mieux à ce que le phosphate de magnésie est très propre à former, avec l'ammoniaque de l'intestin, un sel cristallisé difficilement soluble, le phosphate ammoniacomagnésien (PO*Mg NH* + 6 H²O), et c'est ce phosphate qui constitue la masse principale des concrétions intestinales qu'on trouve fréquemment chez les herbivores (Lehmann).

Toutes les expériences s'accordent à démontrer l'importance des phosphates terreux dans la nutrition générale, et surtout dans le développement des os; mais la même concordance est loin d'exister dans les résultats obtenus au sujet des effets produits, chez l'homme et les animaux, par la soustraction des phosphates terreux de l'alimentation. Théoriquement, la chose paraît bien simple: Dans quelques maladies osseuses, le rachitisme et l'ostéomalacie, on constate une diminution notable du phosphate de chaux dans les os; ainsi, d'après Valentin, tandis qu'un os sain, chez un homme, renfermait 84 pour 100 de phosphate de chaux, un os carié n'en contenait que 77 pour 100; d'après Davis, il existait, dans un os sain, 66 pour 100 d'éléments inorganiques, tandis que, dans un os pathologique, on ne trouvait que 16 pour 100 de phosphate de chaux, 4 pour 100 de phosphate de magnésie

et de carbonate de chaux. Or, on a expliqué cette modification de la composition du tissu osseux dans ces cas, en disant que la quantité de phosphate de chaux ingérée était insuffisante (rachitisme), ou bien que la consommation de ce sel était exagérée (ostéomalacie), et l'on a fait remarquer, à l'appui de cette manière de voir, que le rachitisme s'observe le plus fréquemment chez les enfants, à l'époque de la dentition, alors qu'ils ont besoin, par conséquent, de plus grandes quantités de phosphate de chaux, et que l'ostéomalacie se développe chez les femmes enceintes, à l'organisation desquelles le phosphate de chaux est soustrait pour le développement des os du fœtus.

Mais on observait assez fréquemment que ces processus morbides persistaient malgré l'administration de quantités considérables de phosphate de chaux; force fut donc de recourir à d'autres hypothèses, et l'on admit alors que, dans ces cas, ou bien le phosphate de chaux n'était absorbé que difficilement par l'intestin, ou bien que des acides organiques (acides lactique, oxalique), se développant en excès dans l'organisme, enlevaient aux os la chaux qui entre dans leur composition. Mais la démonstration directe fait ici entièrement défaut. On peut laisser de côté, comme non démontrée ou même directement réfutée, l'opinion d'après laquelle l'acide lactique ou d'autres acides donneraient lieu au rachitisme et à l'ostéomalacie, en dissolvant le phosphate calcaire. L'analyse anatomique des os malades nous apprend, en effet, qu'il ne s'agit nullement ici d'une simple soustraction des phosphates, mais bien d'une altération de la trame organisée de l'os. De plus, il n'a jamais été parfaitement prouvé que, dans ces affections osseuses, il y ait, dans l'urine et les matières fécales, plus de phosphates terreux qu'il n'en a été ingéré ou qu'il ne s'en trouve chez un individu sain, à alimentation égale. On peut aussi être certain que les acides, que les anciens observateurs trouvaient dans l'urine et prenaient pour de l'acide lactique, n'étaient pas autre chose que de l'acide phosphorique; d'ailleurs, la matière gélatineuse qui s'écoule des os atteints d'ostéomalacie, loin d'être acide, est au contraire fortement alcaline. Enfin, la prétention de Heitzmann, de pouvoir faire naître le rachitisme chez les animaux en leur injectant de l'acide lactique, a été victorieusement réfutée par Heiss.

Quant aux expériences qui consistent à soustraire les phosphates terreux de l'alimentation des animaux, elles sont tout à fait contradictoires. Dans l'impossibilité où nous sommes d'arriver à une conclusion certaine, nous nous contenterons de noter, en quelques mots, les divers résultats obtenus, en nous abstenant toutefois de parler de ceux qui ont été nettement réfutés, par exemple de ceux de Mouriès, qui prétend avoir vu une femme bien portante rendre, en vingt-quatre heures, la quantité étonnante de 5 grammes de phosphate de chaux par les urines, de 1 gramme par la desquamation épithéliale, et qui prétend aussi démontrer une certaine connexion entre la température du corps et la quantité de chaux contenue dans l'organisme.

Chossat, après avoir longtemps soustrait les sels de chaux à l'alimentation,

PHOSPHATES DE CHAUX ET DE MAGNÉSIE - IMPORTANCE PHYSIOLOGIQUE. 79 chez des pigeons, a vu ces animaux être pris de diarrhée, dépérir, en même temps que leurs os devenaient fragiles; mais il n'indique pas si la résorption portait seulement sur les sels de chaux ou sur la totalité du tissu osseux. — Dusart a observé, chez un pigeon auquel il ne fournissait qu'une quantité insuffisante de chaux, que la proportion de chaux, dans l'organisme, subissait une diminution : en lui en faisant prendre par jour seulement 0gr,039, il s'en éliminait journellement 0gr,098. — Roloff (de Halle) a publié des observations faites sur des vaches qu'il nourrissait avec du foin pauvre en chaux et en acide phosphorique, et chez lesquelles il vit se produire, consécutivement, des troubles nutritifs marqués, en même temps que les os devinrent fragiles. Après les avoir maintenues ainsi malades pendant toute une année, il leur fournit une nourriture qui contenait en abondance de la chaux et de l'acide phosphorique, et, au bout de quatre semaines, ces animaux étaient entièrement guéris; ils parcouraient vivement le pâturage, où ils ne pouvaient auparavant qu'avec peine mettre un pied devant l'autre. Du reste, dans la contrée en question, les vaches devenaient rachitiques, alors même qu'elles recevaient une nourriture riche en acide phosphorique, ce qui fait croire à Roloff que ce n'est pas le défaut d'acide phosphorique, mais bien l'insuffisance de chaux, qui donne lieu à la production du rachitisme. Et cette manière de voir, dit-il, ne serait point renversée par le fait que les vaches paissant sur un sol calcaire peuvent aussi devenir rachitiques; en effet, ayant analysé un foin qui avait pourtant poussé sur un sol calcaire, il aurait trouvé dans ce foin très peu de chaux (0,56 pour 100) et d'acide phosphorique (0,18 pour 100). - Milne Edwards donna une nourriture très pauvre en chaux à de jeunes pigeons n'ayant pas encore atteint tout leur accroissement. Ces pigeons, au bout de trois mois, furent pris de diarrhée et devinrent tout à fait chétifs. Les ayant sacrifiés, il trouva que leurs os avaient un volume beaucoup moindre que le volume ordinaire, et qu'ils étaient près d'un tiers plus petits que ceux d'autres pigeons sains servant de terme de comparaison. La composition des os eux-mêmes n'avait subi aucune altération. — Weiske et Wildt, dans une série de recherches très exactes, sont arrivés aux résultats suivants : 1. La soustraction de la chaux ou de l'acide phosphorique à l'alimentation des animaux adultes (chèvres) fait maigrir ces animaux et finit par les faire mourir, mais elle est sans influence sur la composition des os et ne les rend nullement fragiles. L'acide phosphorique ayant été éliminé en plus grande quantité qu'il n'avait été absorbé, cet excès d'acide phosphorique éliminé devait donc provenir simplement des tissus mous, celui qui était combiné avec les substances minérales, dans les os, y étant resté pour en assurer la solidité. --2. L'insuffisance de la chaux et de l'acide phosphorique dans l'alimentation des animaux jeunes, en voie d'accroissement, ne donne lieu à aucune altération appréciable de la composition des os; cette composition est en général indépendante de la nourriture. Le développement des masses osseuses est, il est vrai, plus faible qu'avec une alimentation normale; mais il ne se proNous ferons remarquer que, parmi les recherches qui précèdent, celles qui sont le plus exemptes de reproches, c'est-à-dire celles de Milne Edwards et de Weiske, mentionnent, comme résultat du défaut de phosphates terreux dans l'alimentation, seulement des troubles de la nutrition générale, et conséquemment la mort, mais nullement des altérations morbides des os euxmêmes.

PHOSPHATE DE CHAUX. — Il existe trois composés résultant de la combinaison de l'acide phosphorique avec le calcium:

1º Phosphate neutre, (PO¹)²Ca²; 2º phosphate acide simple, PO¹HCa + 2H²O; 3º phosphate acide double (PO¹H²)²Ca + H²O (1). Quel est celui de ces trois composés qui est admis par la Pharmacopée allemande? On ne le sait pas trop; mais il est probable que c'est le sel neutre On l'obtient en traitant une solution de 20 parties de carbonate de chaux sur 50 parties d'eau et 50 parties d'acide chlorhydrique par une solution de phosphate de soude (50:300). Le précipité qui se forme constitue une poudre blanche, légère, insoluble dans l'eau, un peu soluble dans une eau chargée d'acide carbonique.

Action physiologique. —Le phosphate de chaux introduit dans l'estomac n'est absorbé qu'en petite partie; la plus grande partie est évacuée avec les selles. Le seul phénomène qui soit observé, après l'ingestion de doses élevées, est la sécheresse des matières fécales (excréments blancs des chiens nourris avec des os).

Emploi thérapeutique. — Récemment encore on a, se fondant sur des considérations purement théoriques, vivement recommandé le phosphate de chaux dans certaines affections osseuses, surtout dans le rachitisme. L'expérience est loin d'être d'accord avec les vues théoriques; il serait au moins très difficile de citer un seul cas de rachitisme qui ait guéri par l'administration seule du phosphate de chaux, tandis que les cas sont nombreux où la simple observation des mesures diététiques et hygiéniques a pu amener la guérison, sans qu'il ait été besoin de prescrire 1 centigramme de sel calcaire. L'organisme reçoit sans doute avec les aliments toute la quantité de chaux qui lui est nécessaire; il suffit seulement d'éloigner toutes causes qui troublent l'absorption et la nutrition. — Ce que je viens de dire s'applique encore mieux à l'ostéomalacie. Nous ne connaissons aucun cas où cette maladie ait pu être arrêtée dans sa marche par l'administration du phosphate de chaux. — On a dit encore que la formation du cal, dans les fractures, chez les personnes d'ailleurs saines, pouvait être hâtée par l'usage du phosphate de chaux; mais cette assertion aurait besoin d'être vérifiée. — On a encore recommandé ce médicament dans les affections scrofuleuses, dans la

81

carie, dans les ulcères à sécrétion abondante; mais, dans tous ces cas encore, il faudrait des expériences confirmatives. Clarus préconise l'usage, dans l'anémie, d'une combinaison du fer avec le phosphate de chaux.

Ce médicament a l'avantage de pouvoir être donné pendant longtemps, et à doses assez considérables, sans qu'il détermine des effets fâcheux, surtout si l'on a soin de l'associer à d'autres substances appropriées, telles que les amers, les aromates (1).

Doses. — 0,5-2,0 pro dosi, plusieurs fois par jour, sous forme de poudre. Chez les enfants, on en fait prendre une pincée dans une cuillerée de soupe.

Phosphate de magnésie. — Autrefois recommandé dans le rachitisme. Il est entièrement superflu.

SUPPLÉMENT AUX ALCALINO-TERREUX.

Les composés de baryum ne [sont plus employés en thérapeutique; il a déjà été question, dans les généralités, de leurs propriétés toxiques. Le chlorure de baryum est officinal (jusqu'à 0,12 pro dosi l jusqu'à 1,5 pro die l).

La pharmacopée allemande continue encore à considérer comme officinal le sulfate de chaux, qui n'est plus employé que pour la confection des bandages plâtrés.

CHAPITRE II

MÉTAUX TERREUX

Des six métaux terreux (aluminium, beryllium, zirconium, yttrium, erbium et thorium), il n'y a que le premier dont quelques composés aient été étudiés au point de vue physiologique et soient usités en médecine.

L'aluminium, qui constitue la base des matières argileuses, est un des éléments les plus répandus dans la nature. Ses composés oxygénés sont des bases beaucoup plus faibles que les oxydes alcalins et alcalino-terreux, à l'égard desquels ils peuvent même jouer le rôle d'acides faibles.

Aluminium. — Parmi les nombreux composés de ce métal, il n'y a guère que l'alun de potasse qui soit employé en médecine; c'est d'ailleurs le composé aluminé dont les propriétés physiologiques paraissent être le plus actives, de sorte qu'il rend absolument superflus les autres aluns.

SULFATE D'ALUMINE ET DE POTASSE. — Alun de potasse. — Ce sel, $(S0^4)^2AlK + 12H^2O$, se présente sous la forme de volumineux octaèdres, incolores et transparents, d'un goût douceâtre et styptique. Il se dissout facilement dans l'eau, surtout dans l'eau chaude. Il a une réaction faiblement acide. La calcination lui fait perdre toute son eau de cristallisation, et le transforme en une poudre blanche, volumineuse, qui se dissout très lentement dans l'eau, et qui est connue sous le nom d'alun calciné.

(1) [Pour que son usage prolongé et à hautes doses soit sans inconvénient, il faut, bien entendu, que ce sel soit parfaitement pur; il ne faudrait pas qu'il contint, comme le phosphate de chaux officinal analysé par Duquesnel, 0,66 pour 100 de plomb, c'est-à-dire à peu près 0,06 centigrammes de ce métal pour 10 grammes de phosphate.]

NOTHNAGEL et ROSSBACH. - Thérap.

^{(1) [}Le premier est notre phosphate tribasique de chaux, celui qui est employé en médecine; en équivalents : $Ph0^5$, 3CaO. Le second est notre phosphate neutre ou dicalcique, $Ph0^5$ CaO . Le troisième est notre phosphate acide ou monocalcique, $Ph0^5$ CaO .