

Ce rapport exprime les vues collectives d'un groupe international d'experts et ne représente pas nécessairement les décisions ou la politique officiellement adoptées par l'Organisation mondiale de la Santé.

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ
SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES

N° 230

BESOINS EN CALCIUM

Rapport d'un groupe d'experts FAO/OMS



Publié conjointement
par la FAO et l'OMS.
A paru également sous le N° 30
de la série de rapports consacrés aux
Réunions de la FAO sur la nutrition



ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ

GENÈVE

1962

© FAO/OMS 1962

IMPRIMÉ EN SUISSE

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Introduction	5
1. Méthode de travail adoptée	6
2. Enquête sur les apports et les sources alimentaires de calcium	8
3. Possibilité d'états pathologiques dus à une insuffisance ou à un excès d'apport de calcium	10
4. Etudes cliniques et thérapeutiques qui peuvent concerner les besoins en calcium	13
5. Métabolisme du calcium	14
6. Interdépendance du calcium alimentaire et des autres nutriments	15
7. Méthodes d'estimation des besoins en calcium	17
8. Estimation des besoins minimums en calcium	20
9. Besoins en calcium et métabolisme du calcium chez les animaux	22
10. Apport de calcium et radiostrontium	24
11. Recommandations concernant les besoins en calcium	25
12. Recherches recommandées	29
Appendice 1. Teneur en calcium des aliments dans certains pays, d'après les bilans alimentaires de la FAO	34
Appendice 2. Apports calciques dans divers groupes de population de certains pays, d'après des enquêtes alimentaires	36
Appendice 3. Apports calciques dans divers groupes de population de certains pays, suivant l'âge et le sexe, d'après des enquêtes alimentaires individuelles	38
Appendice 4. Application des recommandations	40
Appendice 5. Liste des participants	43
Bibliographie	44

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

BESOINS EN CALCIUM

Rapport d'un groupe d'experts FAO/OMS

INTRODUCTION

Améliorer la nutrition est l'un des principaux objectifs de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) ; aussi, dans les programmes des deux organisations, une place importante a-t-elle été réservée aux efforts destinés à élever les niveaux de nutrition dans le monde entier. Cependant pour savoir si ces efforts sont couronnés de succès il est indispensable de connaître exactement les besoins nutritionnels de populations différentes, vivant et travaillant dans des conditions extrêmement variées. En l'absence de normes alimentaires valables, il est impossible non seulement d'orienter les programmes vers une amélioration de la nutrition à la fois dans les domaines de l'alimentation, de l'agriculture et de la santé publique, mais encore d'évaluer l'efficacité de ces programmes. C'est pourquoi, depuis plusieurs années, la FAO et l'OMS se sont continuellement intéressées aux besoins nutritionnels. Avec l'aide des comités réunis par la FAO, l'un pour étudier les besoins en calories et l'autre les besoins en protéines,^{48, 49} des progrès considérables ont déjà été accomplis dans l'étude de ces deux problèmes.

Il a semblé qu'après avoir examiné ces deux problèmes il fallait aborder sans tarder celui des besoins en calcium, en raison surtout des incertitudes qui subsistent et des opinions contradictoires qui ont cours dans ce domaine. Si, d'une part, le calcium est l'élément nutritif dont les rations habituellement préconisées sont le plus rarement atteintes, d'autre part il faut bien admettre que l'existence de maladies réellement imputables à un manque de calcium alimentaire n'est guère prouvée. Ce fait n'a peut-être d'intérêt immédiat que par ses répercussions sur les programmes de grande envergure destinés à améliorer la nutrition. Dans de nombreuses parties du monde, particulièrement dans les régions en cours de développement, il n'existe que des possibilités limitées de rendre, rapidement et de façon peu coûteuse, les apports de calcium conformes aux normes courantes par le biais des aliments habituels. On en est ainsi arrivé naturellement à l'idée de généraliser l'addition de calcium aux aliments. Des opérations d'une telle envergure peuvent cependant être onéreuses, difficiles à organiser de manière efficace et à exécuter du point de vue technique, même si l'on dispose de sources relativement économiques de calcium. D'ailleurs, les améliorations nutritionnelles doivent être réalisées,

à la longue, grâce à une meilleure alimentation de base et non par un apport complémentaire de divers éléments nutritifs. Ces considérations montrent bien la nécessité de parvenir à des conclusions valables sur les besoins en calcium des différents groupes de population.

Le Groupe avait conscience de l'insuffisance de nos connaissances actuelles ; il savait qu'elles ne permettent pas de répondre avec précision aux nombreuses questions qui se posent dans ce domaine et de spécifier les quantités de calcium qui peuvent être nécessaires à l'organisme dans différentes conditions physiologiques et mésologiques. Néanmoins, il lui a paru utile de réexaminer les données connues, ne serait-ce que pour dégager les lacunes essentielles que comporte notre connaissance des faits, pour indiquer les moyens possibles d'y remédier et pour finalement proposer provisoirement des rations de calcium à utiliser au cours d'opérations pratiques, en attendant que l'ensemble du problème soit revu lorsque les résultats des recherches recommandées seront connus.

1. MÉTHODE DE TRAVAIL ADOPTÉE

Faire l'historique des publications sur le métabolisme du calcium et les besoins en calcium dépassait manifestement les limites de ce rapport. Pour s'acquitter de son mandat, le Groupe s'est aidé des documents de travail préparés spécialement à son intention et qui résumaient les données disponibles sur les questions qu'il avait à étudier. Certains travaux analytiques récents^{15, 29, 32, 36, 41, 46} traitant des besoins en calcium et de questions connexes ont beaucoup facilité la préparation de ces documents dont le contenu a fait l'objet des discussions du Groupe. Le présent rapport reflète l'ensemble des points de vue alors exprimés. Bien que quelques publications aient été citées, on n'a pas essayé de fournir la liste complète des travaux qui sont à la base des conclusions auxquelles est parvenu le Groupe. Cette façon de faire a rendu inévitable l'omission de nombreux auteurs de divers pays qui ont participé aux recherches dans ce domaine. C'est pourquoi on a souvent adopté le procédé qui consiste à renvoyer à des travaux analytiques, de manière à tirer parti des textes qu'ils contiennent tout en évitant la tâche souvent ingrate d'avoir à choisir, parmi des publications éventuellement d'égale valeur, un ou deux articles à citer.

En 1936, la Commission technique du Comité d'Hygiène de la Société des Nations⁵⁸ avait formulé des recommandations quantitatives sur les besoins en calories et en protéines ; la consommation d'« aliments protecteurs » appropriés était vivement conseillée pour les sels minéraux et les vitamines qu'elle pouvait procurer. Aucune tentative n'avait cependant été faite pour fixer les besoins en certains sels minéraux ou en vitamines, et aucune recommandation n'avait été formulée à ce sujet. Depuis lors,

dans de nombreux pays, on a dressé des tableaux indiquant les besoins, les rations ou les normes nutritionnels et dans lesquels figurent des indications chiffrées concernant le calcium. Certains de ces tableaux sont bien connus et ont été largement utilisés.

En général, les normes relatives aux adultes ont été surtout calculées d'après les quantités de calcium jugées nécessaires pour maintenir l'équilibre calcique. Des indications analogues ont été établies pour les enfants, pour les femmes enceintes et pour les mères qui allaitent, compte tenu des quantités de calcium qui peuvent être nécessaires à la formation du squelette ou à la sécrétion du lait. Ces calculs obligent à faire plusieurs suppositions. Les données disponibles sur le bilan calcique et les chiffres auxquels on est parvenu (dépendant des suppositions faites) présentent de telles différences que leur valeur est diversement interprétée. La plupart des données expérimentales ont été recueillies dans des pays où la consommation de calcium est relativement élevée ; en général, l'apport de calcium habituel chez les sujets étudiés n'a guère retenu l'attention. Malheureusement, la plupart des études ont été assez courtes et ont souvent donné des chiffres de rétention calcique beaucoup trop élevés si on les extrapole à des périodes prolongées.

Adaptation

Dans ce rapport, il est souvent question d'« adaptation ». Dans un sens général on entend par ce terme l'aptitude de l'homme et des animaux à vivre et à se développer dans des conditions mésologiques extrêmement différentes, régime alimentaire y compris. Il faut noter que l'adaptation du régime alimentaire est une condition nécessaire à la survie, quelles que soient les circonstances, et le terme s'applique aussi bien à des apports élevés, faibles ou modérés, qu'à une alimentation dans laquelle la quantité de nutriments essentiels peut être initialement faible. Ainsi, le terme adaptation n'implique pas en soi l'existence d'un processus indésirable. Il n'apparaît d'état morbide que dans les cas où la ration d'un nutriment est trop élevée ou trop faible pour que l'organisme puisse s'adapter complètement.

Il y a également adaptation, quoique dans un sens plus restreint, à l'égard du calcium. Quand l'apport de calcium est abaissé, l'aptitude de l'organisme à absorber et à retenir cet élément augmente, alors que s'il est augmenté son utilisation peut être réduite. Ce pouvoir d'adaptation est mesurable par des études du bilan calcique convenablement conçues. Cependant, il est évident que de telles études, dont la durée est assez courte par rapport à celle de la vie humaine, ne peuvent pas donner d'indications sur l'adaptation complète, considérée dans un sens large comme étant la faculté de parvenir à un état de santé optimum quel que soit l'apport grâce auquel l'équilibre calcique est atteint.

2. ENQUÊTE SUR LES APPORTS ET LES SOURCES ALIMENTAIRES DE CALCIUM

Les bilans alimentaires et les enquêtes sur l'alimentation de groupes, représentatifs, de foyers et d'individus peuvent fournir des données sur les types et les niveaux de consommation alimentaire. Les statistiques de consommation données dans les bilans alimentaires ont trait à des ensembles de population de pays ou de territoires.⁵¹ Elles sont obtenues en tenant compte non seulement des quantités d'aliments produits mais également des importations et des exportations, de l'évolution des stocks et des quantités qui, pour d'autres raisons, deviennent inutilisables pour la consommation humaine directe. Les valeurs ainsi calculées, divisées par le nombre d'habitants, représentent les rations individuelles disponibles pour la consommation humaine, sur le marché du détail, c'est-à-dire les aliments quittant le magasin dans le panier de la ménagère, ou parvenant de toute autre façon au stade de la préparation pour être cuisinés.

Pour connaître la consommation par habitant de divers aliments et nutriments parmi divers groupes de population, par exemple suivant la région, le niveau économique ou social, l'âge, le sexe et la profession, il est nécessaire d'enquêter directement auprès des ménages ou des personnes constituant ces groupes.

Les statistiques provenant des bilans alimentaires ne donnent que peu de renseignements sur l'apport de calcium, car les chiffres concernant certaines des sources les plus importantes de cet élément, à savoir les produits laitiers, le poisson et les légumes, sont souvent très incomplets. Par ailleurs, la ventilation des différents groupes d'aliments en produits déterminés est insuffisante pour permettre le calcul des teneurs en calcium avec une certitude suffisante. Par exemple, la différence de teneur en calcium entre les légumes verts et les autres légumes, ou entre les poissons assez petits pour être consommés avec les arêtes et les poissons plus gros, est importante, mais les statistiques dont on dispose n'en tiennent généralement aucun compte. De même, les estimations basées sur les bilans alimentaires font le plus souvent abstraction des effets de la préparation et du traitement des aliments, par exemple addition de carbonate de calcium (craie préparée) à la farine (Royaume-Uni) ou utilisation de chaux pour confectionner les « tortillas » de maïs (Mexique et Amérique centrale).⁷

Néanmoins, les bilans alimentaires nationaux peuvent donner une indication approximative des quantités de calcium fournies par les principaux groupes d'aliments. L'appendice 1 indique les chiffres récemment obtenus relativement à une période d'un an dans 17 pays. On constate non seulement que l'apport total de calcium varie largement de pays à pays mais encore que les apports calciques des différents groupes d'aliments ne sont pas partout les mêmes. Les pays en question peuvent être

groupés en quatre catégories principales — la *première* englobe la majeure partie des pays d'Europe, d'Amérique du Nord et d'Océanie, où la ration quotidienne de calcium par habitant atteint 900 mg ou plus, dont 70 à 90 % proviennent du lait et de ses dérivés ; la *deuxième* comprend quelques pays d'Europe méridionale, tels que l'Italie, et d'Amérique Latine, comme l'Argentine, où la ration quotidienne par habitant est de 650 à 800 mg, dont 50 à 70 % proviennent du lait et des produits laitiers, mais à laquelle les légumes contribuent plutôt plus que dans les pays de la première catégorie ; dans la *troisième* se trouvent l'Afrique du Sud, le Chili, l'Inde, la République Arabe Unie et la Turquie, où l'apport de calcium est plus faible, environ 350 à 500 mg par jour et par habitant, provenant en grande partie du lait et de ses dérivés (30 à 65 %), mais auquel contribuent de façon appréciable les céréales, les légumineuses, les noix et les légumes ; la *quatrième* comprend des pays comme le Japon dont la ration quotidienne, d'environ 350 mg ou moins par habitant, provient à parties à peu près égales des céréales, des légumineuses, des noix et des légumes, mais à laquelle le lait ne contribue pas beaucoup. Le poisson semble fournir un apport important dans quelques pays seulement, comme le Chili et le Japon.

On peut obtenir des indications semblables sur les quantités et les sources de calcium d'après les résultats des enquêtes familiales de consommation alimentaire, dont certains figurent à l'appendice 2. La ration de calcium diffère considérablement, non seulement d'un pays à l'autre, mais également entre diverses couches de la population d'un même pays. Dans les classes économiques supérieures, la ration calcique est en général plus élevée et, quel que soit leur niveau économique, les populations rurales paraissent avoir une ration calcique plus forte que celles des régions urbaines quoique ces différences aient tendance à s'atténuer quand les pays atteignent un meilleur stade de développement économique et industriel. Dans tout pays, on constate d'importantes variations entre familles et entre sujets de sexe différent, particulièrement après la première enfance. Aux Etats-Unis, par exemple, la ration de calcium des adolescentes et des femmes serait considérablement plus faible que celle des garçons et des hommes, en partie parce que leur ration alimentaire totale est plus faible après l'âge de 12 ans et en partie parce qu'elles consomment moins de lait (appendice 3).

Des habitudes alimentaires exceptionnelles ou certains traitements et modes de préparation des aliments en usage dans différentes parties du monde peuvent augmenter de façon inattendue l'apport alimentaire de calcium. A certains endroits, l'eau de boisson ou l'eau utilisée dans certains breuvages et préparations alimentaires peut améliorer sensiblement la ration calcique. Dans quelques pays, il existe également des produits de consommation particulièrement riches en calcium, comme le *ragi* (*Eleusine coracana*), le quinoa (*Chenopodium quinoa*) et les espèces voisines.

et la graine de sésame (*Sesamum indicum*). La mastication de feuilles de bétel additionnées de chaux peut aussi augmenter considérablement la ration de calcium. A l'inverse, il peut y avoir perte de calcium plus ou moins importante pendant le traitement et la préparation domestique des aliments avant consommation, par exemple par mouture des grains, épluchage des légumes avant de les mettre au feu, ou cuisson des aliments dans de grandes quantités d'eau pauvre en calcium.

Il est évident que pour évaluer avec certitude la quantité de calcium contenue dans l'alimentation, il faut obtenir des informations précises à la fois sur la consommation alimentaire, de préférence par des enquêtes directes, et sur la teneur en calcium des aliments consommés.

3. POSSIBILITÉ D'ÉTATS PATHOLOGIQUES DUS À UNE INSUFFISANCE OU À UN EXCÈS D'APPORT DE CALCIUM

Dans le monde entier, la plupart des sujets apparemment sains — enfants et adultes — se développent et vivent de façon satisfaisante avec un apport alimentaire de calcium qui varie de 300 mg à plus de 1000 mg par jour. Il n'est absolument pas prouvé qu'en l'absence de désordres nutritionnels — et en particulier quand l'apport de vitamine D est suffisant — une ration de calcium inférieure à 300 mg ou supérieure à 1000 mg par jour, soit nocive. Théoriquement, il semble néanmoins qu'une ration très inférieure à 300 mg par jour doive avoir des répercussions néfastes.

Quand l'alimentation est très pauvre en un ou plusieurs des éléments nutritifs essentiels, comme les protéines, quelques vitamines et certains sels minéraux, on sait quelles en seront les conséquences et le traitement consiste à administrer les éléments nutritifs qui manquent. Ceci devrait également s'appliquer au déficit en calcium, mais les signes cliniques et anatomo-pathologiques de ce déficit ne sont pas bien connus chez l'homme, même lorsque l'apport est très faible (inférieur à 300 mg par jour). Le meilleur moyen d'aborder le problème des carences calciques semble donc d'étudier dans quelle mesure les processus physiologiques dans lesquels le calcium entre en jeu restent normaux lorsque l'apport de calcium est faible et quels sont les effets d'une addition de sels calciques.

Effets sur le squelette

Période de croissance

1. La croissance des enfants étant relativement lente dans les régions en cours de développement, on peut se demander si une telle lenteur est nécessairement néfaste chez des enfants par ailleurs en bonne santé. On

ignore jusqu'à quel point un retard de croissance peut être particulièrement dû à un faible apport de calcium. L'étude de populations centre-américaines, dont la ration de calcium est augmentée par la consommation de tortillas traitées à la chaux,⁷ et de certains groupes bantous d'Afrique du Sud, dont l'eau de boisson est très saline, donnent à penser qu'il n'y a pas de niveau critique d'apport de calcium. Cependant, Aykroyd & Krishman² ont observé que des suppléments de lactate de calcium administrés à des enfants indiens pauvres stimulaient leur croissance pendant quelques mois. Il ne faut cependant pas oublier qu'une croissance satisfaisante ne renseigne utilement sur l'apport d'un nutriment donné que si tous les autres facteurs (alimentaires et non alimentaires) sont suffisamment contrôlés. Il est manifeste qu'un tel contrôle est pratiquement impossible lorsque l'on compare différents groupes de population comme des Américains, des Européens, des Bantous et des Indiens, en raison des différences de race, d'alimentation, de mode de vie et de conditions mésologiques. Il est indispensable d'être mieux renseigné sur ces questions. Cependant, en se basant sur des données théoriques et en tenant compte des doses d'appoint en calcium nécessaires à la croissance, le Groupe pense que l'apport quotidien de calcium ne devrait pas tomber à moins de 400 mg par jour. Pour autant que cet apport joue un rôle dans la croissance, il devrait être tel qu'un arrêt de croissance soit impossible. Il faudrait entreprendre de nouvelles recherches pour savoir s'il est souhaitable que la croissance ait lieu à un rythme très rapide et que le développement soit maximum.

2. On est maintenant certain que l'apparition de rachitisme et de caries dentaires est en grande partie indépendante de l'apport de calcium. En effet, le rachitisme est extrêmement fréquent en Europe et aux Etats-Unis chez des enfants nourris surtout au lait de vache, et les populations à faible ration de calcium ont souvent une excellente dentition.

Age adulte

Hommes. Aucun signe manifeste de déficit calcique n'a été décrit dans aucune partie du monde, même chez des populations où l'apport de calcium est habituellement faible.

Femmes. Dans les groupes de population où l'apport de calcium est habituellement faible, les grossesses répétées et les allaitements prolongés sont fréquents. Dans des régions limitées, on a observé l'apparition d'ostéomalacie en cas d'allaitement prolongé. Ce fait n'est certainement pas lié seulement au taux d'apport calcique. Ainsi, dans certaines parties de l'Inde septentrionale, l'ostéomalacie est fréquente malgré de fortes rations de calcium alors qu'en Inde méridionale, où cette ration est plus faible, l'ostéomalacie est rare.⁵⁹ De plus, la maladie n'a été signalée ni dans le centre ni dans le sud de l'Afrique. Apparemment, si l'apport de vitamine D

est suffisant, il n'y a pas d'ostéomalacie, même quand le taux de calcium absorbé est bas. Bien qu'il soit généralement admis que ce type d'ostéomalacie est dû essentiellement à une carence en vitamine D, il est impossible d'exclure que l'insuffisance d'apport calcique soit un facteur favorisant.

Vieillesse

S'il est nécessaire d'entreprendre de nombreuses études, les quelques faits dont on dispose font penser que ni la composition de l'os ni sa densité physique ne souffrent d'une ration calcique habituellement faible. L'ostéoporose sénile, maladie très fréquente de la vieillesse,⁶⁴ est parfois associée à une absorption insuffisante de calcium. Certains auteurs pensent qu'elle peut être causée ou favorisée par une carence en calcium.^{47, 69} D'autres pensent que cette affection est surtout due à un trouble endocrinien.^{1, 53} Malheureusement, on ignore la fréquence de cette maladie dans des populations où les apports de calcium sont extrêmement différents.

Effets généraux

Calcium sérique

Si le taux de calcium sérique des populations de certaines régions en cours de développement est nettement plus faible que la normale (d'environ 10 %), on ignore à quel point cet abaissement est lié à un apport insuffisant.⁶³ Il serait intéressant de savoir si, en augmentant la teneur en calcium des régimes alimentaires pauvres en cet élément, on agirait sur le taux de calcium sérique, et quelles en seraient les conséquences physiologiques. Dans ces groupes de population, on a réussi à augmenter ce taux grâce à une alimentation prolongée selon un régime analogue à celui des pays occidentaux, riche entre autres en calcium.

Lait maternel

Plusieurs études ont montré que la concentration moyenne en calcium était normale dans le lait de mères ayant habituellement une alimentation pauvre en cet élément.¹⁷

Ce que l'on sait actuellement des différents processus physiologiques de l'homme auxquels participe directement ou indirectement le calcium, ne semble pas indiquer qu'une faible ration calcique soit nécessairement préjudiciable au fonctionnement normal de l'organisme. Par ailleurs, les études à long terme de Sherman et de ses collaborateurs sur des rats ne peuvent être passées sous silence ; elles ont montré, en effet, que dans les conditions expérimentales utilisées, un apport de calcium important était bénéfique à bien des égards, y compris la reproduction et la longévité.⁵⁷

Apports calciques élevés

Le Groupe n'a eu connaissance d'aucune étude de population ayant mis en évidence des effets fâcheux d'un apport excessif de calcium. On ne sait donc pas si, dans des groupes importants de population, l'absorption de calcium à doses trop élevées peut être néfaste.

Il existe cependant des groupes restreints chez lesquels l'apport habituel de calcium dépasse 2 à 3 g par jour, comme les consommateurs de ragi dans l'Inde,⁵⁹ certaines tribus nomades d'Afrique orientale et de Mauritanie, qui se nourrissent presque exclusivement d'aliments lactés et, dans les pays occidentaux, les personnes buvant de grandes quantités de lait. Le groupe ne disposait d'aucune donnée prouvant que de telles rations de calcium seraient préjudiciables à la santé sauf, probablement, chez les sujets ayant tendance à la lithiase rénale.^{22, 37} Il faudrait recueillir d'autres informations sur les effets somatiques d'apports calciques habituellement élevés, atteignant et même dépassant 2 g par jour.

4. ÉTUDES CLINIQUES ET THÉRAPEUTIQUES QUI PEUVENT CONCERNER LES BESOINS EN CALCIUM

Il existe certains états pathologiques, rares cependant pour la plupart, dans lesquels il est possible qu'un apport de calcium supérieur aux chiffres habituels soit à conseiller. Une nouvelle étude de ces affections est extrêmement nécessaire et pourrait révéler qu'elles sont plus fréquentes qu'on ne le croit à présent. C'est pourquoi les considérations suivantes ont été présentées.

Affections dans lesquelles une carence calcique peut intervenir

a) ostéopathie pouvant survenir chez des prématurés nourris au sein ayant à la naissance un poids compris entre 800 et 1200 g;⁵⁴

b) divers syndromes de l'enfant et de l'adulte dans lesquels l'absorption du calcium par l'intestin est très inférieure à la normale, comprenant de nombreuses maladies héréditaires,⁹ le vaste groupe des stéatorrhées⁴⁰ et différentes formes de lésions rénales avec ou sans hypercalciurie;¹⁰

c) l'ostéoporose sénile, extrêmement fréquente, parfois associée à un défaut d'absorption du calcium,⁶⁴ que certains auteurs, d'après quelques constatations, attribuent à un apport insuffisant de calcium, et qui pourrait être guérie par un apport calcique de l'ordre de 2 g par jour.²⁰

Affections dans lesquelles un excès de calcium peut intervenir

a) hypercalcémie idiopathique de l'enfance^{4, 13, 34, 55} dans laquelle un apport normal de calcium se montre toxique alors qu'une réduction de la ration à 100 mg par jour ou moins, tant que la maladie persiste, constitue un bon traitement ;

b) sarcoïdose et hypothyroïdie dans lesquelles l'absorption du calcium est souvent exagérée ;^{29, 56}

c) hypercalciurie idiopathique, qui se manifeste habituellement comme une lithiase rénale chronique, dans laquelle l'absorption du calcium est souvent augmentée et où l'hypercalciurie est extrêmement sensible aux modifications de la ration calcique.^{22, 23}

Au cours du traitement médical de sujets atteints de maladies du squelette, de tétanie et d'autres affections, l'apport alimentaire de calcium doit être de l'ordre de 600 à 800 mg par jour, indépendamment du traitement spécifique prescrit.

Jusqu'à ce que l'on connaisse mieux les syndromes cliniques résultant d'un apport excessif ou insuffisant de calcium chez les sujets normaux ou chez les sujets particulièrement sensibles mentionnés plus haut, des précautions sont nécessaires quand on envisage de modifier l'apport calcique.

5. MÉTABOLISME DU CALCIUM

Le processus d'ostéof ormation et d'ostéolyse du squelette se poursuit pendant toute la vie.^{41, 46} Il existe un équilibre dynamique entre le calcium du plasma sanguin et celui du squelette. Le contrôle homéostatique du calcium dans le plasma est principalement assuré par les glandes parathyroïdes et la vitamine D, qui exercent sur le tissu osseux une action directe probablement liée au métabolisme d'oxydation des cellules actives, la vitamine D influant également sur le taux de calcium plasmatique, en agissant sur l'absorption du calcium par l'intestin.

Pendant la croissance et à l'état adulte, l'organisme doit recevoir, outre une certaine dose de calcium d'entretien, un excès de calcium proportionnel au développement du squelette. Les dimensions finales de celui-ci, donc son volume et sa teneur totale en calcium, sont déterminées génétiquement mais influencées par la nutrition et par l'activité physique. Cependant, on peut supposer qu'un supplément de calcium par rapport aux besoins réels ne conduira pas à une nouvelle ostéof ormation importante.

A l'âge adulte, l'absorption du calcium et son excrétion urinaire sont étroitement liées.³⁰ Avec un bilan calcique équilibré, certains adultes excrètent trois à quatre fois plus de calcium par les urines que d'autres sujets, ce qui signifie qu'ils absorbent trois à quatre fois plus de calcium.

Les facteurs responsables de cette corrélation sont inconnus et l'on ignore également si la régulation s'effectue surtout par les reins ou par l'intestin.

Le calcium urinaire est en moyenne peu influencé par les variations de l'apport calcique quotidien. Malm³⁶ a observé au cours de ses études à long terme que si l'apport quotidien était abaissé de 900 à 450 mg le calcium urinaire ne diminuait que de 32 mg en moyenne. Mais on observe d'importantes variations : chez certaines personnes le débit de calcium urinaire peut ne pas diminuer, alors que chez d'autres il est presque réduit de moitié. Les groupes de population dont l'alimentation est habituellement pauvre en calcium ont également une excrétion urinaire moyenne faible.

L'absorption du calcium dépend de plusieurs facteurs. Le principal régulateur est la vitamine D.⁴⁵ Dans les carences en vitamine D, même si l'apport de calcium est suffisant, l'absorption brute de calcium est diminuée et le bilan calcique peut devenir négatif.

Un autre facteur important par ses répercussions sur les besoins en calcium, est le pouvoir d'adaptation à un apport calcique faible (voir chapitre 1). La base physiologique de ce mécanisme n'est pas encore connue, mais son existence est certaine.^{16, 21, 26, 36, 44, 67} Si le bilan calcique devient négatif chez l'enfant ou chez l'adulte après abaissement de l'apport calcique ou par suite de l'ingestion d'une substance qui s'oppose à l'absorption du calcium, celle-ci augmente, le calcium fécal diminue et après un certain délai le bilan redevient positif ou atteint un stade d'équilibre. Le mécanisme d'adaptation agit indépendamment de la concentration du calcium plasmatique.

Ce pouvoir d'adaptation joue un rôle important chez les populations dont l'alimentation est habituellement pauvre en calcium. Dans de telles conditions, il semble que l'adaptation entraîne également une réduction de l'excrétion urinaire du calcium. Cependant, on ne possède pas de renseignements directs sur le rapport qui existe entre l'apport de calcium et le calcium urinaire chez des populations adaptées à un faible apport. Ces renseignements seraient cependant utiles puisqu'ils permettraient de faire une comparaison avec les observations faites par Malm³⁶ et par Knapp³⁰ parmi des populations dont la ration de calcium est élevée.

6. INTERDÉPENDANCE DU CALCIUM ALIMENTAIRE ET DES AUTRES NUTRIMENTS

Les interactions qui existent entre le calcium et les autres facteurs alimentaires ou physiologiques sont connues depuis longtemps. La tâche principale du Groupe n'était pas de commenter les nombreuses études expérimentales faites sur ce sujet, mais d'évaluer leur intérêt en ce qui concerne les besoins de l'homme en calcium.

Facteurs qui influent sur l'absorption et la rétention calciques

Vitamine D

Il est certain qu'un métabolisme calcique satisfaisant dépend d'un apport suffisant en vitamine D, fourni soit par l'alimentation soit par l'exposition aux rayons ultraviolets.⁴⁵ Le présent rapport n'a pour but ni de définir ce qu'on entend par apport « suffisant » de vitamine D, ni de discuter des fonctions de cette vitamine, bien que les besoins en vitamine D et en calcium soient certainement interdépendants.

Il est donc important de noter que, dans la discussion du rôle possible des différents facteurs qui peuvent influencer le métabolisme calcique, on suppose que l'apport en vitamine D est suffisant.

Rapport calcium/phosphore

De nombreuses études, effectuées en particulier chez des animaux carencés en vitamine D, ont montré que le rapport calcium/phosphore est un des éléments essentiels pour évaluer les besoins en calcium. Les régimes alimentaires humains, en particulier ceux qui consistent surtout en produits végétaux, contiennent presque toujours plus de phosphore que de calcium. De plus, on possède la preuve, obtenue chez l'homme, que l'addition d'une quantité assez importante de phosphate à l'alimentation, n'a pour ainsi dire aucun effet sur l'absorption du calcium.³⁵ C'est pourquoi le Groupe pense que les variations du rapport calcium/phosphore dans les régimes alimentaires habituels n'ont aucun effet pratique sur la nutrition humaine.

Acide phytique

Si de nombreuses expérimentations à court terme chez l'homme et chez l'animal ont montré que l'administration d'acide phytique, ou de substances riches en acide phytique, peut contrarier l'absorption du calcium,¹⁹ il existe également de nombreuses preuves d'une adaptation rapide à ce type d'alimentation.^{27, 29, 67}

Ces constatations ont été faites chez des populations consommant de grandes quantités de céréales complètes ou légèrement moulues et d'autres substances végétales dont l'acide phytique devrait théoriquement précipiter tout le calcium alimentaire. Dans la plupart de ces populations, l'apport de calcium est habituellement faible. Bien que l'acide phytique puisse, à très fortes doses, inhiber l'absorption du calcium pendant un certain temps, propriété qui a été utilisée en thérapeutique, il y a peu de raisons de croire que les quantités habituellement contenues dans les aliments humains influent sur les besoins en calcium.

Protéines, oxalates, acides gras, acide citrique et lactose

Des études expérimentales effectuées chez l'animal ont montré que les oxalates et, à un moindre degré, les acides gras saturés, en quantités relativement importantes, peuvent entraver l'absorption du calcium ; celle-ci peut être également modifiée si la teneur de l'alimentation en protéines, lactose, acide citrique et divers autres acides varie. Les études à long terme ne semblent pas indiquer qu'il faille vraiment prendre en considération les quantités habituelles de ces substances dans l'alimentation quotidienne pour estimer les besoins normaux en calcium.^{61, 62}

On peut en conclure que l'absorption ou la rétention de calcium peuvent être temporairement modifiées par les variations de la teneur de l'alimentation en certaines substances. Des mécanismes d'adaptation, qui peuvent être très divers, améliorent ou annulent rapidement les effets produits par ces substances, à moins que celles-ci n'aient été absorbées en quantités excessives. Il est donc peu probable que les besoins en calcium soient réellement influencés par les proportions dans lesquelles ces substances sont habituellement consommées.

Effets du calcium sur les autres nutriments

L'enrichissement des rations d'animaux de laboratoire ou de ferme par de fortes doses de sels calciques a parfois des effets défavorables.^{8, 60} On a signalé l'obtention rapide chez ces animaux de carences en manganèse, zinc, fer et iode, auxquelles on peut remédier par addition à la ration alimentaire de l'élément nutritif voulu. Aucune donnée comparable n'est disponible en ce qui concerne l'homme.

Etant donné l'extrême fréquence de l'anémie hypochrome dans de nombreuses parties du monde, le rapport possible entre la ration calcique et l'utilisation du fer mérite d'être étudié davantage, en particulier dans les régions où il est prévu d'augmenter l'apport de calcium. Il n'y a cependant, à l'heure actuelle, aucune raison de croire que chez les sujets dont l'alimentation est habituellement riche en calcium, un tel apport favorise l'apparition de cette anémie.

On a également signalé que l'utilisation des protéines, des graisses et de l'énergie totale pouvait être perturbée chez des animaux recevant des quantités importantes de calcium.

7. MÉTHODES D'ESTIMATION DES BESOINS EN CALCIUM

Environ 99 % du calcium somatique se trouve dans le squelette. On pourrait donc penser que le métabolisme du calcium est fortement influencé par la croissance du squelette, sa teneur minérale et sa masse totale. Malheureusement, on sait peu de chose de la teneur en calcium du corps à

la naissance et l'on ignore si les quelques analyses pratiquées sur des corps adultes sont valables pour l'ensemble de la population occidentale d'où ils provenaient. On ne possède aucun renseignement digne de foi concernant l'influence que pourraient exercer sur la masse squelettique la race, le climat et le milieu, bien qu'il soit logique de supposer que, si la nutrition est suffisante, la morphologie et la taille du squelette subissent surtout des influences génétiques.

Les données dont on dispose permettent de supposer que le corps à la naissance contient 25 à 30 g de calcium et que, chez des adultes de 50 à 70 kg de poids corporel, il en contient de 850 à 1400 g.^{32, 46} Chez le nouveau-né, le squelette n'est que partiellement minéralisé; il est raisonnable d'admettre que le corps ne contient, à ce moment, qu'environ 0,8 % de calcium contre 1,7 % à maturité. Les rythmes de croissance et de minéralisation du squelette, par rapport à la croissance corporelle totale, ont été évalués; mais aucune précision n'est possible tant que l'on ne dispose pas de données valables sur la composition du corps et sa teneur en calcium dans des populations très différentes, à toutes les phases de la croissance.^{28, 32} Abstraction faite des variations du processus de croissance, la fixation de 1200 g de calcium, chiffre que l'on pense être valable pour des occidentaux bien nourris pendant la période de 20 ans qui va de la naissance à l'âge adulte, demanderait une rétention journalière moyenne de 165 mg. Ce chiffre doit être très proche de celui de la fixation journalière moyenne chez un enfant ou un adolescent.

Pour chiffrer le besoin minimum, il faut tenir compte d'une absorption incomplète* et des pertes urinaires et cutanées. L'ampleur de ces pertes ne pourra être évaluée qu'après de nouvelles investigations. On sait, naturellement, que le calcium ne s'accumule pas à un rythme uniforme puisque la vitesse de croissance varie avec l'âge et peut se faire par poussées.

Quelques-unes des imperfections du bilan calcique, au cours duquel on mesure l'absorption et l'élimination du calcium, ont déjà été soulignées et les erreurs cumulatives inhérentes font qu'on obtient en général des chiffres de rétention anormalement élevés.**¹¹ Néanmoins, cette méthode a été et restera la méthode de choix tant qu'on ne disposera pas de meilleures techniques. Elle peut en tout cas être utile pour rechercher le point d'équilibre, à savoir la situation dans laquelle l'apport en calcium est équivalent à l'élimination chez l'homme adulte. La ration calcique ainsi

* Il s'agit ici de l'absorption apparente, c'est-à-dire de la différence entre le calcium ingéré et le calcium fécal. Ce dernier comprend à la fois du calcium d'origine alimentaire et du calcium d'origine endogène.

** Par exemple, si la quantité mesurée de calcium ingéré était de 600 mg et celle de calcium excrété de 500 mg, la rétention était de 100 mg. Si 2 % des aliments analysés n'ont pas été ingérés, l'absorption réelle n'a été que de 588 mg. Si 2 % de tous les excréta n'ont pas été recueillis, ceux-ci contiendront en réalité 510 mg de calcium. La rétention nette réelle était donc de 78 mg au lieu de 100 mg. Une erreur de 2 % dans les chiffres du bilan a donc introduit une erreur de près de 30 % dans le calcul de la rétention vraie.

calculée représentait, jusqu'à présent, le besoin minimum en calcium de cet homme.³⁸

Cette méthode a été minutieusement étudiée et a servi de base au calcul des rations alimentaires de calcium recommandées.¹⁴ Mitchell et Curzon,³⁸ après un examen attentif des données disponibles, ont exprimé le besoin en calcium en fonction du poids corporel. Ils ont alors prouvé que la disparité des résultats n'était pas moins accentuée quand la ration calcique était rapportée à d'autres paramètres, tels que la surface ou la taille du corps.

Ces dernières années, d'importantes publications ont fait douter davantage de la validité de la méthode d'estimation basée sur des bilans à court terme. Ainsi, on a constaté que les Péruviens, dont les apports calciques sont habituellement faibles, ont des besoins très inférieurs à ceux qui ont été calculés aux Etats-Unis ; si l'on ajoute à cela les observations expérimentales faites sur des Norvégiens, il apparaît nettement que les mécanismes d'adaptation du corps peuvent réaliser un état d'équilibre calcique même lorsque l'apport de calcium est considérablement inférieur aux besoins antérieurement calculés.^{21, 36} Il est donc impossible de nier davantage que les chiffres des besoins en calcium calculés par cette méthode sont influencés par la ration calcique habituelle du sujet étudié.

Le Groupe tient à souligner que les connaissances actuelles ne permettent pas de savoir s'il y a réellement intérêt, pour la santé d'une population donnée, à maintenir l'équilibre calcique par des apports relativement faibles ou élevés. Le point important est que les populations ayant habituellement des rations calciques faibles soient dans un état d'équilibre à des niveaux inférieurs à ceux que l'on supposait nécessaires jusqu'à présent et que des populations habituées à des rations relativement élevées maintiennent un équilibre si celles-ci diminuent.

D'autres techniques ont été utilisées pour étudier le métabolisme du calcium. Le calcium radio-actif (⁴⁵Ca) a permis de calculer les quantités de calcium fécal d'origine endogène chez l'animal et quelques études de ce type ont été effectuées chez l'homme. Il est douteux cependant que ce traceur devienne d'un emploi courant chez l'homme en raison de ses dangers. Les mesures radiologiques de la structure et de la densité osseuses se sont également montrées intéressantes au cours d'études expérimentales. Il est cependant permis de douter que ces méthodes, dans leur état actuel, soient suffisamment pratiques pour servir à des études sur le calcium dans une population. Par ailleurs, les mesures quantitatives de la densité osseuse ne sont faciles à effectuer que sur certains os des extrémités.

Des méthodes utilisant des marqueurs inertes ont été largement utilisées depuis des années dans des études de digestibilité chez les ruminants. Elles peuvent servir à l'étude du métabolisme calcique chez des animaux possédant un système digestif simple, si l'on prend soin de bien mélanger et de répartir uniformément le marqueur dans les aliments.

Les études sur la croissance ont longtemps servi à évaluer les nutriments nécessaires à la croissance de l'homme et de l'animal. Cette méthode devrait être reprise et appliquée dans des conditions expérimentales soigneusement contrôlées pour étudier le calcium chez l'enfant, particulièrement dans des groupes de population où les apports calciques sont faibles. Finalement, des études épidémiologiques effectuées avec soin dans des populations absorbant des doses de calcium très variables, en utilisant des techniques cliniques et biologiques appropriées, devraient parfaire les données actuelles sur les besoins calciques de l'homme.

8. ESTIMATION DES BESOINS MINIMUMS EN CALCIUM

Les besoins minimums en calcium des hommes

Aucune maladie précise due à une carence calcique n'a jamais été décrite chez des humains du sexe masculin. Des maladies par carence peuvent être provoquées expérimentalement chez des animaux, mais les chiffres fournis par ces expériences ne sont pas applicables à la nutrition humaine. De ce fait, les estimations actuelles des besoins minimums de l'homme s'appuient sur des études de bilan et sur d'autres méthodes indirectes. Les études de bilan sont les plus courantes. L'expérimentation parfaite, si elle est théoriquement concevable, serait à peu près impossible à réaliser chez l'homme. C'est pourquoi le Groupe a dû se contenter des travaux effectués jusqu'à présent. Les expériences de bilan réalisées avec des taux élevés de calcium alimentaire présentent manifestement peu d'intérêt pour déterminer les besoins minimums. Cependant, deux études effectuées dans les dernières années ont permis de fixer approximativement le taux le plus faible de calcium admissible dans l'alimentation ; la première est celle de Hegsted *et al.*,²¹ réalisée dans les prisons péruviennes ; la seconde, due à Malm,³⁶ a été faite dans les prisons d'Oslo. Les résultats obtenus sont les suivants :

Hegsted *et al.* ont calculé que, des dix adultes étudiés par eux, cinq avaient besoin de moins de 200 mg de calcium par jour, quatre de 300 à 400 mg et un de 600 mg. Ce dernier avait reçu des injections de calcium avant l'expérimentation ; son élimination de calcium urinaire était cependant à peine plus élevée que celle des autres — en fait, elle était identique à celle d'un autre sujet et un peu supérieure à celle d'un deuxième.

Dans l'étude effectuée à Oslo, la dose de calcium d'entretien a été estimée à une valeur comprise entre 337 et 398 mg chez neuf sujets, 410 et 492 mg chez douze, 544 et 617 mg chez quatre et 890 mg chez un seul.

Il est vraisemblable que les chiffres les plus faibles auxquels on est parvenu dans ces études sont proches du besoin minimum ; en effet, à Ceylan, en 1939, Nicholls & Nimalasuriya⁴² ont également constaté que

les adultes cingalais du sexe masculin paraissent avoir un squelette presque normal, malgré la faiblesse de leur ration calcique dans l'enfance.

Il est probable que la taille du squelette influe sur les besoins quotidiens minimums en calcium, bien que les données dont on dispose ne permettent pas de calculer les chiffres précis. Il est également probable que l'activité physique exerce une certaine influence, dans la mesure où, si elle est très poussée, elle augmente le poids du squelette, ce qui n'a pas encore été prouvé.

On sait que la sueur contient du calcium ; les expériences effectuées sur des hommes dans des conditions provoquant une sudation importante pendant plusieurs heures ont montré que les déperditions calciques peuvent être considérables.³⁹ Il faudrait cependant procéder à de nouvelles investigations pour déterminer à quel point les déperditions calciques sudorales prolongées peuvent influencer sur le besoin minimum en calcium.

Les besoins minimums en calcium des femmes

Le poids moyen du squelette féminin est inférieur à celui du squelette masculin et il est probable que les besoins en calcium de la femme sont proportionnellement moindres que ceux de l'homme. Cependant, aucune donnée ne permet de faire une distinction entre les besoins calciques des deux sexes.

Grossesses et allaitements augmentent plus ou moins, suivant leur nombre, les besoins en calcium de la femme. La quantité de calcium transmise au fœtus est d'environ 30 g ; un phénomène d'adaptation^{32, 46} permet en partie de remédier à cette déperdition. Toutefois, un allaitement de six mois provoque la sécrétion dans le lait d'une quantité de calcium qui peut atteindre 50 g et il est douteux que l'adaptation puisse totalement compenser une telle perte, même chez une femme dont l'alimentation est riche en calcium.

Aucune maladie nettement définie, due à une carence calcique, n'a jamais été décrite chez la femme. Mais par ailleurs, il faut admettre qu'une alimentation pauvre en calcium peut favoriser l'apparition d'une ostéomalacie chez les femmes dont l'alimentation est également pauvre en vitamine D.

Les besoins minimums en calcium des enfants

Il semble qu'aucun effet pathologique bien net, attribuable à une carence calcique, n'ait jamais été signalé chez l'enfant qui ne reçoit habituellement que peu de calcium alimentaire. Le rapport de Nicholls & Nimalasuriya, de Ceylan,⁴² bien qu'incomplet à certains égards, montre que les enfants de 4 à 7 ans recevant une ration journalière moyenne de 200 mg de calcium se développent assez bien. Ces auteurs ont constaté

que par jour la rétention moyenne était de 115 mg et l'excrétion urinaire moyenne de 15 mg. Des études effectuées en Inde³¹ ont montré que les enfants de 9 à 11 ans auxquels l'alimentation apporte habituellement environ 350 mg de calcium par jour, en retiennent environ 120 mg (l'excrétion urinaire moyenne étant environ de 50 mg par jour).

Les nombreuses observations faites sur les enfants bantous sud-africains montrent également qu'un apport de calcium un peu supérieur à 200 mg suffit à prévenir une carence calcique évidente.^{65, 66}

Les besoins minimums en calcium des vieillards

Certaines études du bilan calcique montrent que l'organisme des gens âgés retient avec avidité du calcium pendant quelques mois, lorsqu'on en ajoute aux aliments ; cette constatation a été utilisée à l'appui de l'hypothèse selon laquelle l'ostéoporose de la sénescence pourrait être due en partie à une insuffisance de l'apport calcique. Des observations récentes montrent que l'ostéoporose est fréquemment une maladie de carence en calcium.^{47, 69} Cependant, les faits avancés ne sont pas suffisamment convaincants. Il faudrait que des observations dignes de foi viennent les confirmer et que la question soit réexaminée complètement.

9. BESOINS EN CALCIUM ET MÉTABOLISME DU CALCIUM CHEZ LES ANIMAUX

Les besoins en calcium du cheptel sont à peu près aussi mal connus que ceux de l'homme. Rares sont les régions où des expériences ont été effectuées et où des rations de base ont été recommandées par des groupes scientifiques après examen des données obtenues.⁶⁶ Ces rations sont périodiquement révisées, la situation reflétant l'indigence des connaissances actuelles. L'emploi du terme « besoins »³³ dans ce contexte est peut-être mal venu, car en ce qui concerne la production animale la situation dépend surtout des demandes de l'homme.

Le travail expérimental effectué sur l'animal de laboratoire et le processus physiologique unique que constitue la production de lait et d'œufs peuvent donner d'intéressantes suggestions sur la façon d'étudier les besoins en calcium de l'homme. Par exemple, il a été amplement démontré que la rétention de calcium chez les rats dépend de leurs réserves somatiques.^{12, 43, 44} D'autres expériences faites sur le rat²⁶ et le chien¹⁶ ont montré que ces animaux possèdent un pouvoir élevé d'adaptation à de faibles apports calciques ; d'autre part, de nombreux travaux confirment que des apports relativement élevés n'ont aucune conséquence néfaste, à condition que les autres nutriments soient correctement équilibrés. On sait que les animaux adaptés à de faibles apports en calcium ont finalement,

à l'âge adulte, un développement squelettique semblable à celui d'animaux soumis à un régime plus riche en calcium. Les études approfondies de Sherman^{5, 57} montrent clairement que l'animal peut atteindre un stade d'ossification satisfaisant avec des apports de calcium extrêmement différents. Il faut noter que la teneur calcique alimentaire de 0,34 % avec laquelle les rats de Sherman parvenaient au stade optimum de nutrition est approximativement le tiers de celle du lait de rate.

Dans tout essai d'extrapolation à l'homme des données obtenues sur le cheptel, il faut tenir compte du fait qu'une forte production de lait ou d'œufs impose à l'animal des contraintes anormales. Par exemple la production de lait d'une vache laitière au cours d'une lactation peut être de 10 tonnes métriques, et l'on sait que dans des cas exceptionnels des vaches ont pu produire jusqu'à 20 tonnes de lait. Or 10 tonnes de lait contiennent 12 kg de calcium, c'est-à-dire le double de la teneur moyenne en calcium d'une carcasse de vache. Cependant, bien qu'il soit toujours hasardeux de procéder à des comparaisons, il est possible qu'une forte production de lait implique des contraintes qui se retrouvent dans le métabolisme du calcium chez les êtres humains. Il est prouvé que la fièvre du lait, une maladie caractéristique des vaches laitières fortes productrices, peut être tempérée par une diminution de l'apport calcique pendant quelques semaines avant la parturition. Ce régime stimule et améliore la mobilisation du calcium par les parathyroïdes.³ Les études effectuées avec des traceurs viennent confirmer cette hypothèse ; cependant les expériences de courte durée ou réalisées avec une seule dose de traceur ont un intérêt limité car l'absence d'équilibre du traceur dans les tissus ou les liquides somatiques peut conduire à des erreurs d'interprétation.

Il est à noter que les vaches laitières puisent sur leurs réserves osseuses de calcium pendant les périodes de forte lactation et reconstituent leurs réserves pendant la dernière phase du cycle de reproduction. On ignore si la déplétion des réserves calciques suivie de leur reconstitution constitue chez la femme qui allaite un phénomène physiologique normal.

L'expérimentation sur l'animal a montré que le processus de mobilisation du calcium était surtout assuré par l'os spongieux ou médullaire. Chez l'animal soumis à un régime soigneusement contrôlé, les mesures de la densité osseuse ne permettent pas de déceler la déplétion calcique sauf si celle-ci excède 20 %. Ce degré de précision n'a guère d'intérêt lorsqu'il s'agit de mesurer la densité osseuse et les effets de l'apport calcique dans une population humaine hétérogène.

Les études du bilan calcique effectuées sur du bétail aboutissent à des erreurs cumulatives qui toutes tendent à une surestimation des rétentions calciques.¹¹ Il semble que chez l'homme les mesures de bilan à court terme donnent lieu aux mêmes erreurs.

Finalement, le rythme de croissance des animaux d'expérience ou des animaux domestiques les oppose nettement à l'homme. Par exemple les

bovins parviennent à maturité en deux ans, alors que ce processus prend vingt ans chez l'homme. Il est nécessaire de tenir compte de ces faits lorsque l'on compare les taux d'accumulation du calcium chez l'animal et chez l'homme.

10. APPORT DE CALCIUM ET RADIOSTRONTIUM

Parmi les nombreux produits de fission dus aux explosions nucléaires, le strontium-90 présente un intérêt particulier en raison de sa longue période : 28 ans. Etant émetteur de rayons bêta, le strontium-90 ne participe guère à l'irradiation externe d'une partie quelconque du corps. Cependant, lorsqu'il a pénétré dans l'organisme, il s'incorpore à l'os en raison de sa similitude chimique avec le calcium, élément ostéo-formateur.

Compte tenu de cette analogie chimique et métabolique, et particulièrement de l'acheminement identique de ces deux éléments dans la

chaîne alimentaire (sol → plante → animal → homme), il faut envisager, lorsqu'on étudie les besoins en calcium, la possibilité de diminuer la fixation et la rétention de radiostrontium en augmentant l'apport de calcium.

Les ressemblances chimiques du strontium et du calcium permettent d'utiliser le rapport $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ pour suivre les étapes parcourues par le ^{90}Sr depuis le milieu ambiant jusqu'à l'os humain. Cependant, le comportement chimique du strontium n'est pas identique à celui du calcium et de ce fait l'utilisation de ces deux éléments dans des processus biologiques comme l'assimilation et l'excrétion n'est pas la même.

Cette différence de comportement du strontium et du calcium tient à divers facteurs physiologiques dont les plus importants sont probablement : l'absorption préférentielle du calcium par le tractus gastro-intestinal ; l'excrétion préférentielle du strontium par les urines ; le transfert préférentiel du calcium du sang vers le lait ; et le transfert préférentiel du calcium à travers la barrière placentaire.

Elle a été exprimée par le rapport observé (RO) strontium-calcium, défini comme suit :

$$\text{RO échantillon/précurseur} = \frac{^{90}\text{Sr}/\text{Ca de l'échantillon}}{^{90}\text{Sr}/\text{Ca du précurseur}}$$

L'utilité de ce rapport est illustrée par son application à l'emploi des aliments, où :

$$\text{RO os/alimentation} = \frac{^{90}\text{Sr}/\text{Ca de l'os}}{^{90}\text{Sr}/\text{Ca de l'alimentation}}$$

Les études effectuées chez l'animal d'expérience avec le radiostrontium ont montré que le RO os/alimentation est plus élevé : a) chez les animaux

jeunes ; b) avec une alimentation pauvre en calcium. De nombreux investigateurs ont montré que l'addition de calcium aux aliments diminuait le RO os/alimentation.^{18, 52, 68}

D'après ce que l'on sait actuellement, il semble donc qu'un apport important de calcium par les aliments constitue une mesure de protection possible contre l'absorption et l'accumulation excessive de radiostrontium dans le squelette humain, particulièrement pendant la période où le taux d'absorption du calcium est élevé et quand l'apport habituel en calcium est faible. Il faut souligner cependant que si l'addition de calcium aux aliments peut réduire l'absorption du radiostrontium, il y a peu de chance de faire diminuer ainsi la quantité de radiostrontium déjà incorporée à l'os.

Le lait constituant la principale source de calcium dans bien des pays, il faut citer certaines expériences dans lesquelles des régimes alimentaires contenant la même quantité de calcium provenant de sources lactées et non lactées, ont abouti à des résultats contradictoires. Ainsi Comar *et al.*⁶ ont conclu, à la suite d'études à court terme sur le rat, que l'absorption de calcium et la fixation de strontium étaient plus élevées avec un régime dans lequel le calcium alimentaire provenait du lait qu'avec un régime fournissant un calcium alimentaire d'origine différente. Des résultats semblables ont été obtenus chez l'homme par Lengemann *et al.*³³ Cependant au cours d'études prolongées chez le rat, Gran a observé que l'absorption et la rétention de radiostrontium n'étaient pas modifiées quand on remplaçait le lait, considéré comme source de calcium, par des produits non lactés.¹⁸ D'après ce que l'on sait de la physiologie et du métabolisme du calcium, on pourrait penser que le fait de modifier la source du calcium alimentaire au cours d'expériences à long terme n'a aucune conséquence particulière.

Des recherches prolongées, beaucoup plus poussées, doivent être entreprises pour déterminer quelles sont l'absorption et la rétention de radiostrontium quand l'alimentation est riche en calcium. Le Groupe a noté avec satisfaction que ce sujet retient déjà l'attention de groupes d'experts réunis spécialement pour en examiner les différents aspects.⁵⁰

11. RECOMMANDATIONS CONCERNANT LES BESOINS EN CALCIUM

Le Groupe a défini le *besoin minimum* en calcium d'un adulte comme étant la plus faible quantité de ce nutriment qui maintient cet adulte en bon état général et équilibre son bilan calcique pendant un délai assez long, si par ailleurs son organisme reçoit une alimentation et une dose de vitamine D suffisantes.

Le Groupe avait conscience de l'insuffisance des données dont il disposait pour chiffrer avec précision le besoin minimum de l'adulte. D'ailleurs, sa tâche consistait plutôt à formuler des recommandations sur les besoins de groupes de population. Dans ce domaine les conclusions auxquelles il a abouti ont été limitées non seulement parce qu'il manquait de données sur le besoin minimum, mais également parce que l'on n'a observé ni trouble, ni maladie dus essentiellement à un manque de calcium alimentaire dans les nombreuses populations dont les rations calciques habituelles sont de 300 à 400 mg par jour. Récemment certaines études prolongées du bilan calcique ont montré que les adultes peuvent parfaitement s'adapter à un apport en calcium de 400 à 500 mg par jour et même moins. Ces chiffres sont encore supérieurs à ceux qui ont été observés dans certaines parties du monde où aucun effet pathologique attribuable à une carence en calcium n'a été décrit. Ces faits, déjà mentionnés dans ce rapport, sont à nouveau cités ici pour ouvrir la discussion sur la question des besoins en calcium.

Ration proposée dans la pratique

Etant donné la difficulté de chiffrer le besoin minimum en calcium, le Groupe a pensé que l'emploi du terme « besoin minimum moyen » ne se justifiait pas dans ce rapport. Il a donc décidé de formuler des recommandations comportant une certaine marge, plutôt que d'indiquer un chiffre unique qui aurait pu donner une impression de précision injustifiée dans l'état actuel de nos connaissances. En ce qui concerne les besoins en calcium, les recommandations sont donc basées sur des considérations différentes de celles qui ont servi au Comité des besoins en protéines.⁴⁹ C'est pourquoi le Groupe n'a pas essayé de définir des termes comme « besoin moyen » et « besoin optimum », comme l'avait fait ce Comité. Il a préféré adopter le terme de « ration proposée dans la pratique ». Dans ce rapport, cette ration représente la quantité qui permet de satisfaire les besoins de la grande majorité des personnes appartenant à tout groupe de population défini. On peut la considérer comme une ration de sécurité au-dessous de laquelle des manifestations pathologiques peuvent toujours apparaître, à la longue, dans une population. Si l'expérimentation sur l'animal peut nous indiquer quelle est la nature de ces manifestations, il est en revanche impossible de prévoir avec certitude au-dessous de quel niveau d'apport calcique elles peuvent apparaître chez l'homme.

Adultes

Etant donné la rareté des données actuelles, il est impossible de fixer raisonnablement à une seule valeur la ration minimum dans la pratique. De l'avis du Groupe, des apports de 400 à 500 mg par jour pourraient

représenter la ration proposée dans la pratique pour les adultes. Mais puisque des groupes importants de population vivent, sans en souffrir, avec des rations de calcium inférieures, il était impossible au Groupe de conclure qu'il y a intérêt à ce que l'apport de calcium soit supérieur à la ration proposée.

On sait que, dans plusieurs pays, la ration moyenne de calcium est considérablement supérieure à 500 mg par jour. Des moyennes de 800 à 1000 mg par jour ont été relevées dans quelques pays; parmi certains groupes de population elles atteignent même 1000 à 1500 mg par jour. Le Groupe n'a découvert aucun fait prouvant qu'une ration quotidienne de 1500 mg de calcium était excessive. Aussi n'a-t-il pas proposé de modifier la dose de calcium absorbée par de nombreux groupes de population dont les habitudes alimentaires leur procurent un tel apport. Il pense cependant qu'une ration de calcium supérieure à 1 g ne présente sans doute aucun intérêt du point de vue physiologique.

La rareté des renseignements actuels (voir chapitre 3) n'a pas permis au Groupe de faire de suggestions sur la ration limite au-delà de laquelle apparaîtraient des signes de toxicité. A cet égard, pour les sujets présentant une sensibilité spéciale, ceux qui ont une tendance à la lithiase rénale, par exemple, des précautions spéciales peuvent s'imposer.

Enfants et adolescents

Pour recommander les rations de nutriments que demande la croissance depuis la petite enfance jusqu'à l'adolescence, il faut tenir compte non seulement des besoins d'entretien, mais également de l'apposition continue de calcium, nécessaire au développement du squelette. Malheureusement de nombreuses incertitudes subsistent encore sur le rythme de ce développement chez l'enfant; il n'est pas constant pendant toute la période de croissance, si l'on en juge d'après les variations de la taille et du poids, qui augmentent rapidement pendant la première année de la vie. Pendant les huit à dix années suivantes, avant la puberté, l'augmentation du poids est relativement lente mais la taille augmente relativement plus. De même le pourcentage de calcium somatique s'élève beaucoup (d'environ 0,8 % à la naissance, il atteint environ 1,7 % à l'âge adulte) pendant la croissance.

La quantité annuelle de calcium nécessaire au squelette pour parvenir à l'état adulte a souvent été calculée; ²⁸ les travaux les plus récents sont ceux de Leitch & Aitken.³² Ces auteurs supposent que l'accumulation du calcium est proportionnelle à l'augmentation du poids et a lieu au même rythme. D'après leur calcul, un apport élevé de calcium serait nécessaire à la poussée de croissance qui a lieu à la puberté. Mais par ailleurs, puisque la taille augmente à un rythme très différent de celui du poids, il semblerait tout aussi logique de lier les besoins en calcium aux variations de la taille.

Compte tenu de ces considérations, et puisqu'il est prouvé que des enfants ayant une alimentation relativement pauvre en calcium ont une croissance satisfaisante, le Groupe a pensé qu'il ne serait pas judicieux de diviser la période de croissance en plusieurs groupes d'âge. De plus, pour des raisons qui ont déjà été examinées, il a décidé de recommander, plutôt qu'un chiffre de besoin minimum, un intervalle de rations proposées dans la pratique, comme suit :

<i>Age</i>	<i>Rations proposées dans la pratique (mg/jour)</i>
0-12 mois (non nourris au sein)	500 à 600
1-9 ans	400 à 500
10-15 ans	600 à 700
16-19 ans	500 à 600

On a supposé que les nourrissons convenablement allaités au sein reçoivent de leur mère une quantité de calcium répondant à leurs besoins. Les quantités recommandées pour les enfants nourris artificiellement sont basées sur les chiffres les plus faibles que donnent les procédés habituels d'alimentation dans les pays occidentaux. Il est certain que des enfants et des adolescents peuvent bénéficier d'un apport en calcium plus élevé que celui indiqué ci-dessus, pouvant atteindre 1500 mg par jour suivant l'âge, les habitudes alimentaires et d'autres facteurs. De l'avis du Groupe, rien n'indique qu'un apport aussi élevé soit néfaste (comme cela a déjà été mentionné à la page 13). De ce fait il n'a pas été proposé de modifier les habitudes alimentaires responsables de tels apports.

Sexe

Le Groupe considère que rien ne permet de recommander des doses différentes pour les garçons et pour les filles, ou pour les hommes et pour les femmes non enceintes et n'allaitant pas.

Grossesse et lactation

La croissance du fœtus peut nécessiter environ 30 g de calcium qui doivent surtout lui être fournis pendant le dernier trimestre de la grossesse. Pendant la lactation, l'organisme maternel doit faire face à des prélèvements supplémentaires. Dans le rapport du Comité des besoins en calories et dans celui du Comité des besoins en protéines, il est admis qu'une femme qui allaite donne 850 ml de lait par jour, ce qui nécessite un apport quotidien à l'organisme de 300 mg de calcium. Pour une période de lactation de six mois, le besoin supplémentaire en calcium atteindrait ainsi 50 g et peut augmenter si la lactation se prolonge davantage. Ainsi pendant la grossesse et la lactation le besoin supplémentaire total en calcium serait de 80 à 100 g, ou même plus, suivant la quantité de lait produite. Si l'on tient

compte également de la possibilité d'une utilisation plus efficace du calcium alimentaire pendant la lactation, le Groupe pense que la ration proposée dans la pratique pourrait être de 1000 à 1200 mg de calcium par jour. Un apport de cet ordre devrait être assuré pendant les trois derniers mois de la grossesse et pendant toute la période de lactation. Le Groupe admet cependant que dans certaines populations, des grossesses et des lactations répétées n'entraînent aucun incident, même lorsque l'apport de calcium est bien inférieur à la ration proposée. Il serait évidemment nécessaire de déterminer, à l'aide d'observations très complètes, si dans ces conditions la santé de la mère peut être altérée.

Vieillesse

Des travaux récents donnent à penser qu'une carence en calcium alimentaire pourrait être l'une des causes de l'ostéoporose sénile, affection relativement fréquente dans certains pays parmi les sujets de plus de 60 ans. Cependant, les données dont on dispose n'ont pas été jugées suffisantes pour que soit fixée une ration spéciale pour ce groupe d'âge. Cette question devrait être reprise une fois obtenus les résultats de nouvelles recherches.

Activité physique

Le Groupe n'a pas recommandé que l'apport en calcium soit augmenté en fonction de l'activité physique étant donné le manque de données prouvant la nécessité d'une telle augmentation.

12. RECHERCHES RECOMMANDÉES

Le contenu des chapitres précédents de ce rapport met en évidence qu'on possède très peu d'informations précises permettant d'évaluer les besoins en calcium. Comme il est indiqué dans l'introduction, le Groupe a jugé utile de souligner l'insuffisance des données actuelles avec l'espoir que les recherches voulues pourraient être stimulées dès que possible. Des études réalisées directement sur l'homme seraient vraisemblablement les plus utiles ; il faudrait en particulier profiter de l'« expérimentation naturelle » que permettent de vastes groupes de population consommant des quantités différentes de calcium. Cependant, la plupart des données nécessaires ne peuvent être obtenues que sur l'animal et il faudrait encourager les études expérimentales. Le Groupe tient en particulier à souligner la nécessité d'encourager des recherches sur les différents primates voisins de l'homme, leurs besoins nutritionnels pouvant être plus proches des besoins humains que ceux des animaux de laboratoire habituellement utilisés.

Composition du corps humain, notamment en ce qui concerne le calcium

La teneur totale en calcium du corps humain et la proportion de calcium par rapport aux autres constituants de l'organisme devraient être mieux connues. Il faudrait également obtenir des données sur différents groupes de population en fonction de l'âge, de la race et de la teneur en calcium de divers régimes.

Études sur l'os

1. Des recherches fondamentales sur l'histologie, la biochimie et la physique de l'os et sur l'influence de l'âge et de l'alimentation devraient être encouragées.

2. Le Groupe recommande particulièrement que des efforts concertés soient faits pour collecter et examiner soigneusement des os de tous groupes d'âge provenant de différentes régions du monde. Une attention particulière devrait être consacrée aux os, comme les vertèbres, dont on sait que le calcium est rapidement renouvelé.

Consommation et composition des aliments, notamment en ce qui concerne le calcium

1. L'établissement et l'évaluation des programmes de nutrition demandent que soient connus les niveaux et les types de consommation alimentaire.

2. On manque d'informations précises sur la composition des aliments tels qu'ils sont consommés. Dans la mesure où il y a interdépendance entre le calcium et les autres nutriments, les analyses ne devraient pas être limitées au calcium seul. Il faut noter que l'introduction de nouvelles races et de nouvelles pratiques agricoles peut contribuer à modifier la composition des aliments. Par conséquent, l'analyse des aliments devrait faire l'objet d'efforts soutenus.

3. Il faudrait s'intéresser particulièrement aux sources inhabituelles de calcium, à la fois au cours des enquêtes alimentaires et des études sur la composition des aliments. Ce calcium supplémentaire peut provenir de l'eau de consommation et de certaines méthodes de préparation des aliments, ainsi que des aliments naturellement riches en calcium.

4. Le Groupe ne croit guère que la nature de l'alimentation puisse influencer beaucoup sur les besoins en calcium. Néanmoins les études sur les quantités de calcium fournies par les aliments devraient être encouragées. À cet égard il serait utile d'établir un régime standard de référence, permettant à différents laboratoires d'effectuer des études comparées, en partant des mêmes bases.

Détermination des besoins minimums en calcium

1. Des études à long terme du bilan calcique, au cours desquelles l'apport en calcium serait délibérément modifié, devraient être entreprises à la fois chez des enfants et chez des adultes vivant dans des conditions nutritionnelles différentes.

2. Il serait utile d'entreprendre des investigations sur la méthodologie utilisée dans les études du bilan calcique. Il faudrait s'attacher particulièrement à évaluer l'ordre de grandeur des erreurs inhérentes à ces études ; enfin la possibilité d'améliorer et de simplifier les techniques, en utilisant par exemple des marqueurs fécaux, devrait retenir l'attention.

3. Il faudrait entreprendre sur des enfants des études bien conçues de la croissance et du bilan calcique. Les populations dont l'alimentation est pauvre en calcium offrent sans doute les sujets les plus propres à l'expérimentation ; au cours de ces études la seule variable devrait être, dans la mesure du possible, l'apport de calcium.

4. Il faudrait déterminer, sur des femmes appartenant à différents groupes de population, les effets de grossesses répétées et de lactations prolongées, en fonction des différents taux de calcium contenus dans leurs aliments traditionnels.

5. L'influence de l'activité physique sur le bilan calcique et sur les besoins en calcium devrait être précisée.

Détermination du taux maximum de calcium admissible dans l'alimentation

Pour fixer les taux maximums de calcium admissibles, on se heurte aux mêmes difficultés que pour évaluer les besoins minimums. Etant donné les quantités importantes de calcium consommées par certains individus et groupes de population, il faudrait entreprendre, à la fois chez l'homme et chez l'animal, de nouvelles études dans ce domaine. Il faudrait, en particulier, examiner le rôle possible des interactions entre la quantité de calcium et celle d'autres constituants alimentaires.

Etudes de population

La nécessité d'études approfondies de groupes de population consommant habituellement de très fortes ou de très faibles quantités de calcium a déjà été soulignée. Le Groupe tient à réaffirmer l'importance de telles études, effectuées en utilisant des méthodes modernes des points de vue métabolique, clinique et histologique.

Physiologie et biochimie du métabolisme du calcium

Pour apprécier à sa juste valeur le rôle que peut jouer le calcium sur l'organisme sain ou malade, il faudrait connaître à fond le métabolisme

de ce nutriment. Le Groupe recommande donc que de nouveaux efforts soient faits dans les domaines suivants :

1. Etude des facteurs et des mécanismes responsables de l'absorption du calcium et de sa réexcrétion.
2. Détermination de l'ordre de grandeur de l'excrétion de calcium endogène dans diverses conditions.
3. Détermination du rapport existant entre l'apport calcique et le taux plasmatique du calcium et d'autres constituants du plasma pouvant influencer sur ce rapport. Cette détermination est particulièrement importante car il est reconnu que chez certaines populations, dont les apports de calcium sont habituellement faibles, le taux de calcium plasmatique est abaissé.
4. Etude de l'ordre de grandeur des pertes cutanées de calcium et des facteurs dont elles dépendent.
5. Etude des mécanismes et des facteurs dont dépend le processus d'adaptation.
6. Poursuite de l'étude des interdépendances entre le calcium et d'autres éléments de l'alimentation, en particulier le fer, le magnésium et les oligo-éléments.

Etats pathologiques et maladies intéressant le métabolisme du calcium

Les affections au cours desquelles on sait ou soupçonne que le métabolisme du calcium est anormal devraient être étudiées de façon approfondie par toutes les méthodes épidémiologiques, cliniques, histologiques et biochimiques appropriées. Ces études sont justifiées en elles-mêmes et pourraient contribuer puissamment à parfaire nos connaissances sur le métabolisme normal du calcium. Le Groupe appelle en particulier l'attention sur les sujets suivants :

1. Rôle étiologique et thérapeutique de l'apport calcique dans l'ostéoporose sénile.
2. Apport de calcium et lithiase rénale.
3. Autres états cliniques qui peuvent être dus à un excès ou à un manque de calcium alimentaire.
4. Etiologie des maladies caractérisées par la présence de calcifications dans les tissus mous.
5. Etats pathologiques particuliers dans lesquels un apport de calcium supérieur aux limites recommandées peut être utile.

Détection de la carence en calcium

Des efforts accrus devraient être faits pour rechercher des méthodes permettant de déceler la carence en calcium ou d'évaluer l'état nutritionnel en ce qui concerne le calcium. Des techniques radiologiques améliorées offrent certaines possibilités mais il faudrait mettre au point des méthodes d'évaluation biologique du calcium dans le sang, les tissus et les excréta.

Influence du calcium alimentaire sur la rétention du radio-strontium

De nouvelles recherches à long terme sont nécessaires pour déterminer l'influence que peut avoir le calcium alimentaire sur l'absorption et la rétention du radio-strontium, dans diverses conditions d'alimentation et à différents âges.

Recherches prioritaires

Il est rarement possible de prévoir avec certitude les résultats que donneront des recherches précises proposées. Néanmoins, il y a des domaines qui intéressent particulièrement la détermination des besoins en calcium, dans lesquels la recherche semble avoir plus de chance de fournir rapidement des résultats pratiques intéressants. Le Groupe tient à rappeler ici, sans toutefois les énumérer par ordre de priorité, ceux de ces domaines qui lui paraissent entrer dans cette catégorie, et par conséquent mériter une attention spéciale :

- a) études fondamentales sur l'histologie, la biochimie et la physique de l'os en fonction de l'âge et de la croissance ;
 - b) collecte et examen d'os provenant de différentes régions, particulièrement d'os comme les vertèbres, dont le calcium est rapidement renouvelé ;
 - c) relation entre l'apport de calcium, le bilan calcique et la croissance ;
 - d) étude approfondie de groupes de population consommant habituellement des quantités très élevées ou très faibles de calcium ;
 - e) relation entre, d'une part, l'apport de calcium et, d'autre part, le taux, dans le plasma, de calcium et d'autres constituants comme les protéines, dont le rôle peut être important ;
 - f) effets de différents niveaux d'apport calcique sur la santé en cas de grossesses et lactations répétées ;
 - g) rôle du calcium alimentaire dans l'étiologie et le traitement de l'ostéoporose.
-

Appendice 1
TENEUR EN CALCIUM DES ALIMENTS DANS CERTAINS PAYS,
D'APRÈS LES BILANS ALIMENTAIRES DE LA FAO

Pays et année	Céréales	Fécule- lents	Légumi- neuses Noix	Légumes	Fruits	Viande Volaille	Oeufs	Poisson	Lait Produits laitiers	Apport calcique total
EUROPE										
Danemark (1957/58) mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	61 6	25 3	13 1	94 9	17 2	16 2	9 1	16 2	749 74	1 000 100
Finlande (1958/59) mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	70 5	19 1	3 —	30 2	11 1	7 1	9 1	10 1	1 170 88	1 329 100
France (1958/59) mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	46 5	19 2	13 1	178 19	18 2	17 2	13 1	8 1	618 67	930 100
Italie (1958/59) mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	59 8	9 1	24 3	190 27	26 4	6 1	10 1	5 1	381 54	710 100
Norvège (1958/59) mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	52 5	20 2	9 1	50 5	23 2	8 1	9 1	22 2	833 81	1 026 100
AMÉRIQUE DU NORD										
Canada (1957/58) mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	34 3	13 1	12 1	64 6	24 2	17 2	21 2	6 1	856 82	1 047 100
Etats-Unis d'Amérique (1958) mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	29 3	10 1	18 2	135 12	21 2	18 2	24 2	5 —	856 76	1 116 100

AMÉRIQUE LATINE										
Argentine (1957)										
mg Ca/hab./jour	45	28	5	44	27	29	11	2	460	651
Centièmes de l'apport calcique total	7	4	1	7	4	5	2	—	70	100
Chili (1957)										
mg Ca/hab./jour	45	19	34	108	11	6	5	12	280	520
Centièmes de l'apport calcique total	9	4	7	20	2	1	1	2	54	100
PROCHE-ORIENT ET AFRIQUE										
Israël (1957/58)										
mg Ca/hab./jour	80	8	37	172	53	6	23	9	496	884
Centièmes de l'apport calcique total	9	1	4	19	6	1	3	1	56	100
Afrique du Sud (1958)										
mg Ca/hab./jour	53	3	10	54	19	11	4	8	280	442
Centièmes de l'apport calcique total	12	1	2	12	4	2	1	2	64	100
Turquie (1957/58)										
mg Ca/hab./jour	125	8	35	108	30	4	2	1	234	547
Centièmes de l'apport calcique total	23	1	6	20	6	1	—	—	43	100
République Arabe Unie (1957/58)										
mg Ca/hab./jour	87	3	31	140	35	4	2	5	142	449
Centièmes de l'apport calcique total	19	1	7	31	8	1	—	1	32	100
ASIE ET EXTRÊME-ORIENT										
Inde (1957/58)										
mg Ca/hab./jour	98	6	67	23	5	—	—	1	147	347
Centièmes de l'apport calcique total	28	2	19	7	1	—	—	—	43	100
Japon (1958)										
mg Ca/hab./jour	66	22	91	101	5	1	5	19	58	368
Centièmes de l'apport calcique total	18	6	25	28	1	—	1	5	16	100
Océanie										
Australie (1958/59)										
mg Ca/hab./jour	39	11	10	85	37	26	1	4	620	833
Centièmes de l'apport calcique total	5	1	1	10	4	3	—	1	75	100
Nouvelle-Zélande (1958)										
mg Ca/hab./jour	40	13	11	98	29	23	19	6	926	1 165
Centièmes de l'apport calcique total	3	1	1	8	3	2	2	1	79	100

Appendice 2

**APPORTS CALCIFIQUES DANS DIVERS GROUPES DE POPULATION DE CERTAINS PAYS,
D'APRÈS DES ENQUÊTES ALIMENTAIRES**

Pays	Céréales	Féculents	Légumineuses Noix	Légumes	Fruits	Viande Volaille	Oeufs	Poisson	Lait Produits laitiers	Apport calcique total	Unité d'en- quête
Note : addition aux céréales de 243 mg de craie préparée.											
EUROPE											
Royaume-Uni ¹ mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	290 28	25 2	— —	46 4	16 2	23 2	19 2	14 1	591 58	1 024 99	Ensemble du pays
AMÉRIQUE DU NORD											
États-Unis d'Amérique ² Population urbaine : mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	167 15	11 1	16 2	81 7	37 3	37 3	24 2	Englobés sous viande	716 64	1 111 ³ 99	6 000 foyers
Population rurale non agricole : mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	212 18	12 1	24 2	74 6	32 3	34 3	26 2	" "	722 62	1 160 ³ 99	" "
Population rurale agricole : mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	222 17	14 1	25 2	79 6	30 2	33 3	32 2	" "	855 65	1 320 ³ 100	" "
AMÉRIQUE LATINE											
Venezuela ⁴ mg Ca/hab./jour Centièmes de l'apport calcique total	59 7	12 1	71 8	37 4	12 1	17 2	172 20	— —	433 50	865 ³ 99	769 person- nes

¹ Origine des renseignements : *Strontium-90 in human diet in the United Kingdom 1958—Agric. Research Council Radiobiological Laboratory Report No. 1*, H.M.S.O., Londres, 1959.

² Origine des renseignements : *Dietary level of households in the US—Household Food Consumption Surveys 1955*, Report No. 6, US Department of Agriculture, Washington, D.C.

³ Ce chiffre englobe l'apport calcique de divers autres produits alimentaires.

⁴ Origine des renseignements : González, S., Una encuesta alimentaria en las familias. *Arch. Venez. de Nutrición*, Vol. VII, No. 2, p. 167, 1956.

PROCHE-ORIENT ET AFRIQUE										
Côte d'Ivoire ⁵										
Village :										
mg Ca/hab./jour	271	14	12	3	14	419	736	7 254	—	person-
Centièmes de l'apport calcique total	37	2	2	—	2	57	100	nes	—	
Camp :										
mg Ca/hab./jour	336	2	28	7	27	389	790	—	—	
Centièmes de l'apport calcique total	43	—	4	1	3	49	100	—	—	
Ethiopie ⁶										
mg Ca/hab./jour	495	32	73	—	4	—	640	Sur 6200	—	person-
Centièmes de l'apport calcique total	77	5	11	—	1	—	99	nes, 1300	—	ont four-
ASIE ET EXTRÊME-ORIENT										
Inde ⁷										
mg Ca/hab./jour	128	76	80	2	—	—	469	83 692	160	person-
Centièmes de l'apport calcique total	27	16	17	—	—	—	99	nes	34	nes
Japon ⁸										
mg Ca/hab./jour	53	101	64	9	1	55	384	Ensemble	34	du pays
Centièmes de l'apport calcique total	14	26	17	2	—	14	99		9	

⁵ Origine des renseignements : Territoire de la Côte d'Ivoire. *Enquête de nutrition—Niveau de vie. Subdivision de Bongouanou, 1955-1956.*

⁶ Origine des renseignements : *Ethiopia Nutrition Survey. A Report by I.C.N.N.D. (USA), 1959.*

⁷ Ce chiffre englobe l'apport calcique de divers autres produits alimentaires.

⁸ Origine des renseignements : Indian Council of Medical Research, Special Report Series No. 25. *A supplement to the Results of Diet Surveys in India 1935-1948* par K. Mitra, New Delhi, 1953.

⁹ Origine des renseignements : Ministère de la Santé et de l'Hygiène, Japon. *Nutrition au Japon, 1958.*

Appendice 3

**APPORTS CALCIQUES DANS DIVERS GROUPES
DE POPULATION DE CERTAINS PAYS,
SUIVANT L'ÂGE ET LE SEXE,
D'APRÈS DES ENQUÊTES ALIMENTAIRES INDIVIDUELLES**

Pays et groupe	Apport calcique alimentaire moyen (mg/hab./jour)	
	Sexe M	Sexe F
Iles Salomon britanniques ¹ (alimentation typique d'une famille de la brousse)		
Homme	777	
Femme		541
Adolescents		541
Enfants		
2-5 ans		270
5-9 ans		505
Colombie (Barranquilla) ² (alimentation d'une famille ouvrière typique)		
Homme	1 443	
Femme		870
Enfants		
Garçons (16 ans)	950	
Filles (9 ans)		1 034
Garçons (3 ans)	826	
Autres membres du foyer	950	857
Jamaïque (zones rurales) ³		
Enfants et adolescents		
7-8 ans		290
9-10 ans		280
11-12 ans	300	260
13-14 ans	290	
13-17 ans		260
15-19 ans	440	

¹ Origine des renseignements : South Pacific Health Service, 1952. *A survey of nutrition in the British Solomon Islands Protectorate*, par S. Holmes.

² Origine des renseignements : La Alimentación de la Clase Obrera en Barranquilla. *Anales de economía y estadística*, Colombia, mars 1952.

³ Origine des renseignements : Mackay, I. F. S., Stafford, D., Wilson, K. & Fox, H. C. (1958) Dietary Survey of Jamaican Children. *J. Amer. Diet. Assoc.*, Vol. 34, 603.

Appendice 3

APPORTS CALCIQUES DANS DIVERS GROUPES
DE POPULATION DE CERTAINS PAYS,
SUIVANT L'ÂGE ET LE SEXE,
D'APRÈS DES ENQUÊTES ALIMENTAIRES INDIVIDUELLES
(suite)

Pays et groupe	Apport calcique alimentaire moyen (mg/hab./jour)							
Pays-Bas ⁴	Classe sociale supérieure		Classe sociale inférieure					
	1951	1952	1951	1952				
	Enfants (7-9 ans)							
	Garçons	1 130	1 150	840	880			
	1 110	1 050	860	790				
	1 120	1 090	850	840				
Nouvelle-Guinée ⁵	Biak		Sorong					
	3-6 ans		420					
	6-10 ans		340					
	10-15 ans		196					
	Sexe M	Sexe F	Sexe M	Sexe F				
	440	359	282	201				
Nigeria ⁶	Fermiers et bouviers de Kanuri et de Shuwa	Fermiers de la tribu Otukwang	Fermiers de Camberri	Employés de Ibe et Yeruba				
	Enfants							
	4-6 ans							
	10-12 ans							
	1 100	300 400	300 400	500				
Etats-Unis d'Amérique ⁷	Ouest		Centre-Nord		Nord-Est			
	Sexe M	Sexe F	Iowa	5 autres Etats	Pennsylvanie		Rhode Island	
			Sexe F		Sexe M	Sexe F	Sexe M	Sexe F
	Années d'âge :							
	5-12		1 200 ^a	1 060 ^a				
	13-15		1 390	950				
	16-17		1 440	980				
	18-19				1 515	979		
	20-29				1 482	921		
	30-39		1 190 ^a	780 ^a	1 241	901		
	40-49							
	50-59		860	600	560	560-890		
60-69		880	630	510	200-620			
70-79		790	650	460	360-530			
80 et davantage		880	460	490	360-550			
				430	260-640			
						419-	504-	
						1 177	1 039	

⁴ Origine des renseignements : Résumé d'un rapport d'enquête sur la nutrition, 1951-52, établi par le Conseil de la Nutrition des Pays-Bas et publié par *Voeding*, 16, N° 7, 1955, pp. 636-646.

⁵ Origine des renseignements : Malcolm, S. H. (1958) *Etude des apports alimentaires dans deux zones de la Nouvelle-Guinée*, Commission du Pacifique du Sud, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

⁶ Origine des renseignements : Nicol, B. M. The Nutrition of Nigerian Children with particular reference to their energy requirements. *British J. of Nutrition*, vol. 10, N° 3, 1956, p. 181.

⁷ Origine des renseignements :

a) *Co-operative nutritional status studies in the western region. I. Nutrient Intake*. Western Regional Research Publication N° 383.

b) *Food intakes of 2189 women in five north-central states*. North Central Region Publication N° 83.

c) Fisher, K. H. & Dodds, M. L. Calcium intake of adolescents and young adults. *J. Amer. Diet. Assoc.*, Vol. 34, 392, 1958.

d) Tucker, R. E., Brine, C. L. & Wallace, M. S. (1958) Nutrition intake of older institutionalised persons. *J. Amer. Diet. Assoc.*, Vol. 34, 819.

^e Utah seulement.

Appendice 4**APPLICATION DES RECOMMANDATIONS**

(Note rédigée par les Secrétariats de la FAO et de l'OMS)

Cette note a été rédigée indépendamment du Groupe, une fois établi le texte final du rapport. Elle a pour objet de donner des exemples d'application des conclusions du Groupe d'experts à l'évaluation des besoins en calcium de groupes de population relativement importants. A cette fin, la composition de la population de trois pays hypothétiques est indiquée en annexe au présent appendice. Le besoin moyen par habitant est calculé en multipliant le pourcentage de population appartenant à chaque groupe d'âge par la ration proposée dans la pratique pour ce groupe d'âge et en divisant par 100 le produit obtenu. Dans le pays A, par exemple, la ration moyenne proposée serait comprise entre 440 et 540 mg de calcium par jour.

On voit que les populations comprenant davantage de sujets jeunes ont des besoins individuels plus élevés. Il apparaît cependant, en comparant les résultats obtenus pour les pays A, B et C, que des différences assez importantes dans la composition des populations n'ont que relativement peu d'effet sur les besoins individuels moyens. Naturellement, cette affirmation ne serait pas valable pour des groupes plus restreints — orphelins, établissements d'enseignement, etc.

La ration proposée dans la pratique pendant le dernier trimestre de la grossesse et pendant toute la lactation a été fixée à une valeur comprise entre 1000 et 1200 mg. Le Comité FAO des besoins en calories a recommandé de calculer le nombre des grossesses en majorant de 10 % le nombre des enfants de 0 à 1 an d'âge.⁴⁸ Ainsi, dans le pays A, le nombre de femmes enceintes représenterait 3,6 % de la population et dans le pays C, 1,7 %. Cependant, un supplément de calcium n'étant prévu que pendant le dernier trimestre de la grossesse, les proportions dont il faudrait tenir compte dans ces pays ne seraient que de 1,2 et 0,6 % respectivement. Même si l'on ne prenait en considération que les rations les plus élevées des intervalles proposés, les besoins de la population ne changeraient sensiblement pas si l'on omettait de procéder pour ce groupe à un ajustement particulier.

On remarquera que la ration proposée dans la pratique pour les enfants nourris artificiellement est de 500 à 600 mg, qu'elle est de 400 à 500 mg pour la femme et de 1000 à 1200 mg pour la femme qui allaite. Ainsi, les besoins totaux d'une adulte et d'un enfant nourri artificiellement sont

sensiblement les mêmes que ceux d'une femme qui allaite. Il est donc extrêmement commode, pour calculer les besoins d'un pays ou d'un groupe important de population, d'appliquer le principe adopté pour établir le tableau et de considérer tous les nourrissons comme nourris artificiellement et toutes les femmes comme n'allaitant pas.

Finale­ment, pour appliquer les recommandations du Comité des besoins en calories et du Comité des besoins en protéines, on a supposé qu'environ 10 % des calories et des protéines disponibles étaient perdus sous forme de déchets.^{48, 49} Cependant, les recommandations du Groupe d'experts des besoins en calcium prévoient un intervalle qui va de 400 à 500 mg par jour pour les adultes. En adoptant la valeur supérieure, il ne serait donc pas nécessaire de prévoir un complément d'apport calcique puisque la marge prévue est sans doute suffisante pour parer aux pertes par déchets.

Il faut souligner à nouveau (voir chapitre 2) que les bilans alimentaires ne présentent qu'un intérêt restreint en ce qui concerne le calcium, et que les déperditions de cet élément peuvent être plus élevées que celles de certains autres nutriments. Ceci est prouvé par le fait que la fraction des aliments souvent rejetée au cours des traitements commerciaux ou domestiques (mouture des céréales, épluchage des légumes, effeuillage, etc.) est peut-être celle qui est la plus riche en calcium. Il faut également insister sur la nécessité de disposer d'estimations de la teneur en calcium des approvisionnements en eau, ainsi que de renseignements sur l'addition éventuelle de sels calciques lors de la préparation des aliments.

Annexe à l'appendice 4
RATIONS QUOTIDIENNES PROPOSÉES POUR TROIS PAYS HYPOTHÉTIQUES

Groupe d'âge	Ration proposée mg	Pays A		Pays B		Pays C	
		Composition de la population %	Besoins en calcium mg	Composition de la population %	Besoins en calcium mg	Composition de la population %	Besoins en calcium mg
années	mg						
0-1	500-600	3,3	1 650- 1 980	1,9	950- 1 140	1,5	750- 900
1-9	400-500	21,8	8 720-10 900	15,6	6 240- 7 800	14,1	5 640- 7 050
10-15	600-700	14,1	8 480- 9 870	10,8	6 480- 7 560	7,7	4 620- 5 390
16-19	500-600	8,2	4 100- 4 920	6,9	3 450- 4 140	5,0	2 500- 3 000
19 et davantage	400-500	52,6	21 040-26 300	64,8	25 920-32 400	71,7	28 680-35 850
	Total	100	43 970-53 970	100	43 040-53 040	100	42 190-52 190
Valeur moyenne de la ration calcique proposée, en mg/jour			440-540	---	430-530	---	420-520

Appendice 5

LISTE DES PARTICIPANTS

Professeur C. E. DENT	Department of Medicine, University College Hospital Medical School, University Street, Londres, Angleterre
Professeur R. W. ENGEL	Head, Department of Biochemistry and Nutrition, Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, Va., Etats-Unis d'Amérique
D ^r D. M. HEGSTED	Associate Professor, Department of Nutrition, Harvard University School of Public Health, Boston, Mass., Etats-Unis d'Amérique
D ^r S. K. KON	Head, Department of Nutrition, National Institute for Research in Dairying, Shinfield, Reading, Angleterre
D ^r A. NELSON	Directeur de la Division de Médecine, Institut de Recherches de la Défense nationale, Sundyberg, Suède
Professeur R. NICOLAYSEN	Directeur, Institut de Recherches sur la Nutrition, Université d'Oslo, Blindern, Norvège
D ^r P. ROYER	Professeur agrégé à la Faculté de Médecine, Paris, France
D ^r H. K. STIEBELING	Director, Institute of Home Economics, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, Washington, D.C., Etats-Unis d'Amérique
D ^r M. SWAMINATHAN	Head, Division of Dietetics, Central Food Technological Research Institute, Mysore, Inde
D ^r R. TARJAN	Directeur, Institut de la Nutrition, Budapest, Hongrie
D ^r A. R. P. WALKER	Human Biochemistry Research Unit, South African Institute for Medical Research, Johannesburg, Afrique du Sud
Professor F. G. YOUNG (Président)	Department of Biochemistry, University of Cambridge, Angleterre

FAO

D ^r M. AUTRET	Directeur de la Division de la Nutrition
D ^r H. D. CREMER	Chef de la Sous-Division de la Nutrition appliquée, Division de la Nutrition
D ^r K. K. P. N. RAO	Chef de la Sous-Division de la Consommation et de la Planification alimentaires, Division de la Nutrition

OMS

D ^r V. N. PATWARDHAN	Chargé de recherches, Service de la Nutrition
D ^r S. K. REDDY	Service de la Nutrition

BIBLIOGRAPHIE

1. Albright, F. & Reifenstein, E. C., Jr. (1948) *The parathyroid glands and metabolic bone disease*. Baltimore, Williams and Wilkins.
2. Aykroyd, W. R. & Krishnan, B. G. (1938) *Lancet*, 2, 153
3. Boda, J. M. (1956 ; 1954) *J. Dairy Sci.* 1956 ; 37 : 360, 1954 ; 39 : 66
4. Bonham Carter, R., Dent, C. E., Fowler, D. & Harper, C. M. (1955) *Arch. Dis. Childh.*, 30 : 399
5. Campbell, H. L. & Sherman, H. C. (1945) *Amer. J. Physiol.*, 144 : 717
6. Comar, C. L., Wasserman, R. H. & Nold, M. M. (1956) *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 92 : 859
7. Craviotto, R. O., Anderson, R. K., Lockhart, E. E., Miranda, F. P. & Harris, R. S. (1945) *Science*, 102 : 91
8. Davis, G. K. (1959) *Fed. Proc.*, 18 : 1119
9. Dent, C. E. & Harris, H. (1956) *J. Bone Joint Surg.*, 38B : 204
10. Dent, C. E., Harper, C. M. & Philpot, G. R. (1961) *Quart. J. Med.*, 30 : 1
11. Duncan, D. L. (1958) *Nutr. Abstr. Rev.*, 28 : 695
12. Fairbanks, B. W. & Mitchell, H. H. (1936) *J. Nutr.*, 11 : 551
13. Fanconi, G., Girardet, P., Schlesinger, B., Butler, N. & Black, J. (1952) *Helv. paediat. Acta*, 7 : 314
14. Food and Nutrition Board, National Research Council. *Recommended dietary allowances*. Washington, D.C. Publication No. 589, 1958
15. Fourman, P. (1960) *Calcium metabolism and the bone*. Oxford, Blackwell
16. Gershoff, S. N., Legg, M. A. & Hegsted, D. M. (1958) *J. Nutr.*, 64 : 303
17. Gopalan, C. & Belavady, B. (1961) Proceedings of the fifth international congress on nutrition, *Fed. Proc.*, 20, Suppl. 7 : 177
18. Gran, F. C. (1960) *Acta physiol. scand.*, 48, Suppl. 167

19. Harris, R. S. (1955) *Nutr. Rev.*, 13 : 257
20. Harrison, M., Fraser, R. & Mullan, B. (1961) *Lancet*, 1 : 1015
21. Hegsted, D. M., Moscoso, I. & Collazos, C. (1952) *J. Nutr.*, 46 : 181
22. Henneman, P. H. (1959) *Fed. Proc.*, 18 : 1093
23. Henneman, P. H., Benedict, P. H., Forbes, A. P. & Dudley, H. R. (1958) *New Engl. J. Med.*, 259 : 802
24. Henneman, P. H., Carroll, E. L. & Albright, F. (1956) *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 64 : 343
25. Henneman, P. H., Dempsey, E. F., Carroll, E. L. & Albright, F. (1956) *J. Clin. Invest.*, 35 : 1229
26. Henry, K. M. & Kon, S. K. (1953) *Brit. J. Nutr.*, 7 : 147
27. Hoff-Jørgensen, E., Andersen, O. & Nielsen, G. (1946) *Biochem. J.*, 40 : 555
28. Holmes, J. O. (1945) *Nutr. Abstr. Rev.*, 14 : 597
29. Irving, J. T. (1957) *Calcium metabolism*. New York, Wiley
30. Knapp, E. L. (1947) *J. Clin. Invest.*, 26 : 182
31. Kurien, P. P., Narayanarao, M., Swaminathan, M. & Subrahmanyam, V. (1960) *Brit. J. Nutr.*, 14 : 339
32. Leitch, I. & Aitken, F. C. (1959) *Nutr. Abstr. Rev.*, 314 : 393
33. Lengemann, F. W., Comar, C. L. & Wasserman, R. H. (1957) *J. Nutr.*, 61 : 571
34. Lightwood, R. (1952) *Arch. Dis. Childh.*, 27 : 302
35. Malm, O. J. (1953) *Scand. J. clin. Lab. Invest.*, 5 : 75
36. Malm, O. J. (1958) *Scand. J. clin. Lab. Invest.*, 10, Suppl. 36
37. Melick, R. A. & Henneman, P. H. (1958) *New Engl. J. Med.*, 259 : 307
38. Mitchell, H. H. & Curzon, E. G. (1939) *The dietary requirement of calcium and its significance*. Paris, Herman. Actualités scientifiques et industrielles No. 771
39. Mitchell, H. H., Hamilton, T. S. & Haines, W. T. (1949) *J. biol. Chem.*, 178 : 345
40. Nassim, J. R., Saville, P. D., Cook, P. B. & Mulligan, L. (1959) *Quart. J. Med.*, 28 : 141
41. Neuman, W. F. & Neuman, M. W. (1958) *The chemical dynamics of bone mineral*. Chicago, University of Chicago Press
42. Nicholls, L. N. & Nimalasuriya, A. (1939) *J. Nutr.*, 18 : 563
43. Nicolaysen, R. (1943) *Acta physiol. scand.*, 5 : 200
44. Nicolaysen, R. (1956) *Acta physiol. scand.*, 36 : 114
45. Nicolaysen, R. & Eeg-Larsen, N. (1953) *Vitamins and Hormones*, 11 : 29
46. Nicolaysen, R., Eeg-Larsen, N. & Malm, O. J. (1953) *Physiol. Rev.*, 33 : 424
47. Nordin, B. E. C. (1960) In *Bone as a tissue*, éd. par K. Rodahl, J. T. Nicholson & E. M. Brown, pp. 46-66, New York, McGraw-Hill
48. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. *Besoins en calories*. Rome. Etudes de Nutrition de la FAO, No. 15, 1957
49. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. *Besoins en protéines*. Rome. Etudes de Nutrition de la FAO, N° 16, 1957
50. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. *Les substances radioactives dans l'alimentation et l'agriculture*. Rome. Collection FAO : Energie atomique, cahier N° 2, 1960
51. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. *Manuel pour l'établissement de bilans alimentaires*. Washington, D.C., 1949

52. Palmer, R. F., Thompson, R. C. & Kornberg, H. A. (1958) *Science*, 127 : 1505
53. Reifensstein, E. C. (1960) In *Bone as a tissue*, éd. par K. Rodahl, J. T. Nicholson & E. M. Brown. New York, McGraw-Hill
54. Rossier, A., Paupe, J., Michelin, J. & Larnaudie, L. (1958) *Arch. franç. Pédiat.*, 15 : 477
55. Royer, P. & Frederich, A. (1960) *Actualités néphrologiques de l'Hôpital Necker*, 1 : 55, Paris, Flammarion
56. Royer, P., Lestradet, H. & Habib, R. (1958) *Arch. franç. Pédiat.*, 15 : 896
57. Sherman, H. C. (1947) *Calcium and phosphorus in foods and nutrition*. New York, Columbia University Press
58. Société des Nations, Commission technique du Comité d'Hygiène. Rapport sur les bases physiologiques de l'alimentation. *Bull. Org. Hyg. S. d. N.*, 5, 1936
59. Subrahmanyam, V., Narayanarao, M., Ramarao, G. & Swaminathan, M. (1955) *Brit. J. Nutr.*, 9 : 350
60. Symposium on interaction of mineral elements in nutrition and metabolism. Davis, G. K., Chairman (1960) *Fed. Proc.*, 19 : 635
61. Tarján, R., Sándi, E. & Dénes, A. (1954) *Acta physiol. Acad. Sci. hung.*, 5 : 313
62. Tarján, R., Sándi, E. & Dénes, A. (1954) *Acta physiol. Acad. Sci. hung.*, 5 : 463
63. Trowell, H. C. (1960) *Non-infective disease in Africa*. London, Arnold
64. Urist, M. R. (1960) In *Bone as a tissue*, éd. par K. Rodahl, J. T. Nicholson & E. M. Brown, pp. 18-45, New York, McGraw-Hill
65. Walker, A. R. P. (1958) *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 69 : 989
66. Walker, A. R. P. (1961) Proceedings of the fifth international congress on nutrition *Fed. Proc.*, 20, Suppl. 7 : 328
67. Walker, A. R. P., Fox, F. W. & Irving, J. T. (1948) *Biochem. J.*, 42 : 452
68. Wasserman, R. H., Comar, C. L. & Papadopoulou, D. (1957) *Science*, 126 : 1180
69. Whedon, G. D. (1959) *Fed. Proc.*, 18 : 1112