

Introduction

Malia paha he iki 'unu, pa'a ka pōhaku nui 'a'ole e ka'a

Peut-être que c'est la petite pierre qui peut empêcher le gros caillou de tomber.



Objectifs d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous serez en mesure de :

- Décrire le rôle des vitamines en tant qu'antioxydants dans le corps.
- Décrire les fonctions et les sources des micronutriments antioxydants, des substances phytochimiques et des minéraux antioxydants.
- Décrire les fonctions des vitamines dans les voies cataboliques, les voies anaboliques et le blog.

Les vitamines sont obtenues à partir des différents types d'aliments que nous consommons. Si un régime alimentaire manque d'un certain type de nutriment, une carence en vitamines peut se produire. Le régime traditionnel de Pohnpei (une île des États fédéraux de Micronésie) consistait en une alimentation riche en produits tropicaux locaux tels que les bananes, les papayes, les mangues, les ananas, les noix de coco ainsi que les fruits de mer. Cependant, en raison d'un changement des habitudes alimentaires, les aliments frais ayant été remplacés par des aliments transformés et raffinés, l'île souffre d'un grand nombre de problèmes de santé. Une étude menée par le ministère de la Santé des États fédérés de Micronésie sur des enfants âgés de deux à quatre ans à Pohnpei a montré que la prévalence de la carence en vitamine A chez les enfants âgés de 2 à 5 ans était de 53 %¹.

Pour lutter contre ce problème, l'Island Food Community of Pohnpei a contribué à encourager les citoyens de Pohnpei à augmenter la consommation de bananes karat locales. La banane karat est riche en bêta-carotène (une source de vitamine A) et l'augmentation de la consommation parmi les locaux permettra de réduire la prévalence des carences en vitamine A à Pohnpei. Pour plus d'informations sur cette question, visitez le site Web de la Island Food Community of Pohnpei à l'adresse <http://www.islandfood.org/> et regardez la vidéo à l'adresse <https://www.youtube.com/watch?v=DGVxnefqBTQ>.

Les vitamines sont des composés organiques qui sont traditionnellement classés en deux groupes : liposolubles (hydrophobes) ou hydrosolubles (hydrophiles). Cette classification détermine leur lieu d'action dans l'organisme. Les vitamines hydrosolubles agissent dans le cytosol des cellules ou dans les fluides extracellulaires tels que le sang ; les vitamines liposolubles sont en grande partie responsables de la protection des membranes cellulaires contre les dommages causés par les radicaux libres. L'organisme peut synthétiser certaines vitamines, mais d'autres doivent être obtenues par l'alimentation.

Figure 9.1 Les vitamines

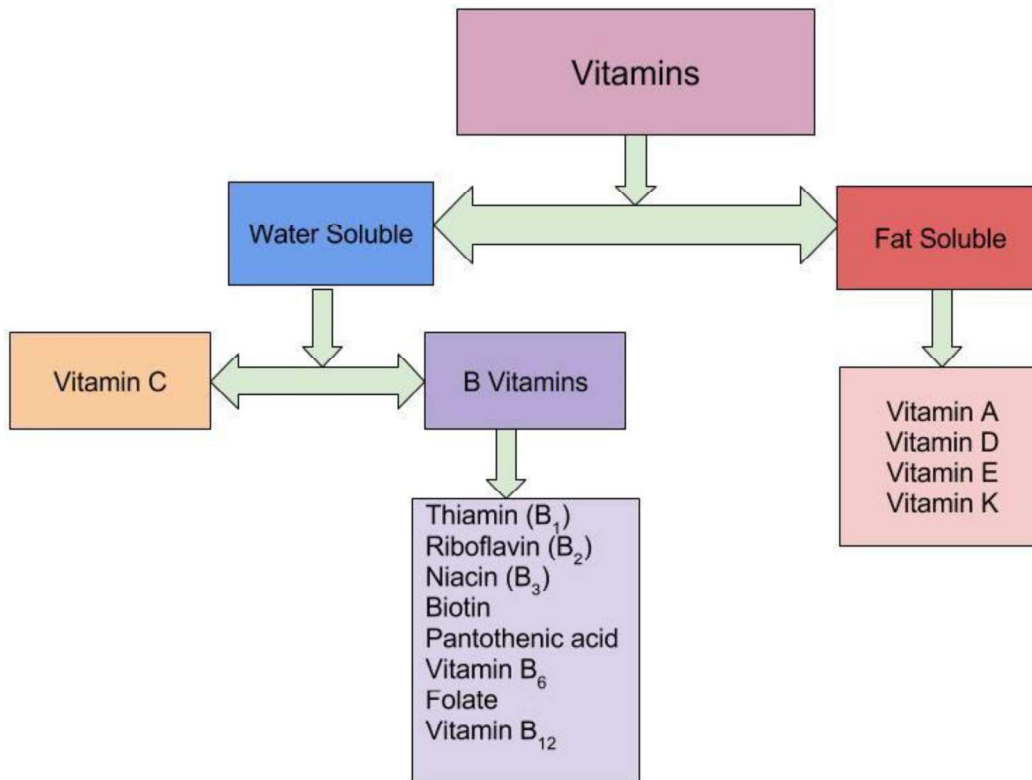


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

Une différence majeure entre les vitamines liposolubles et les vitamines hydrosolubles est la manière dont elles sont absorbées par l'organisme. Les vitamines sont absorbées principalement dans l'intestin grêle et leur biodisponibilité dépend de la composition de l'alimentation. Les vitamines liposolubles sont absorbées en même temps que les graisses alimentaires. Par conséquent, si un repas est très pauvre en graisses, l'absorption des vitamines liposolubles sera entravée. Une fois que les vitamines liposolubles ont été absorbées dans l'intestin grêle, elles sont emballées et incorporées dans des chylomicrons avec d'autres acides gras et transportées dans le système lymphatique vers le foie. Les vitamines hydrosolubles, quant à elles, sont absorbées dans l'intestin grêle mais sont transportées vers le foie par les vaisseaux sanguins. (Figure 9.2 "Absorption des vitamines liposolubles et hydrosolubles").

Figure 9.2 Absorption des vitamines liposolubles et hydrosolubles

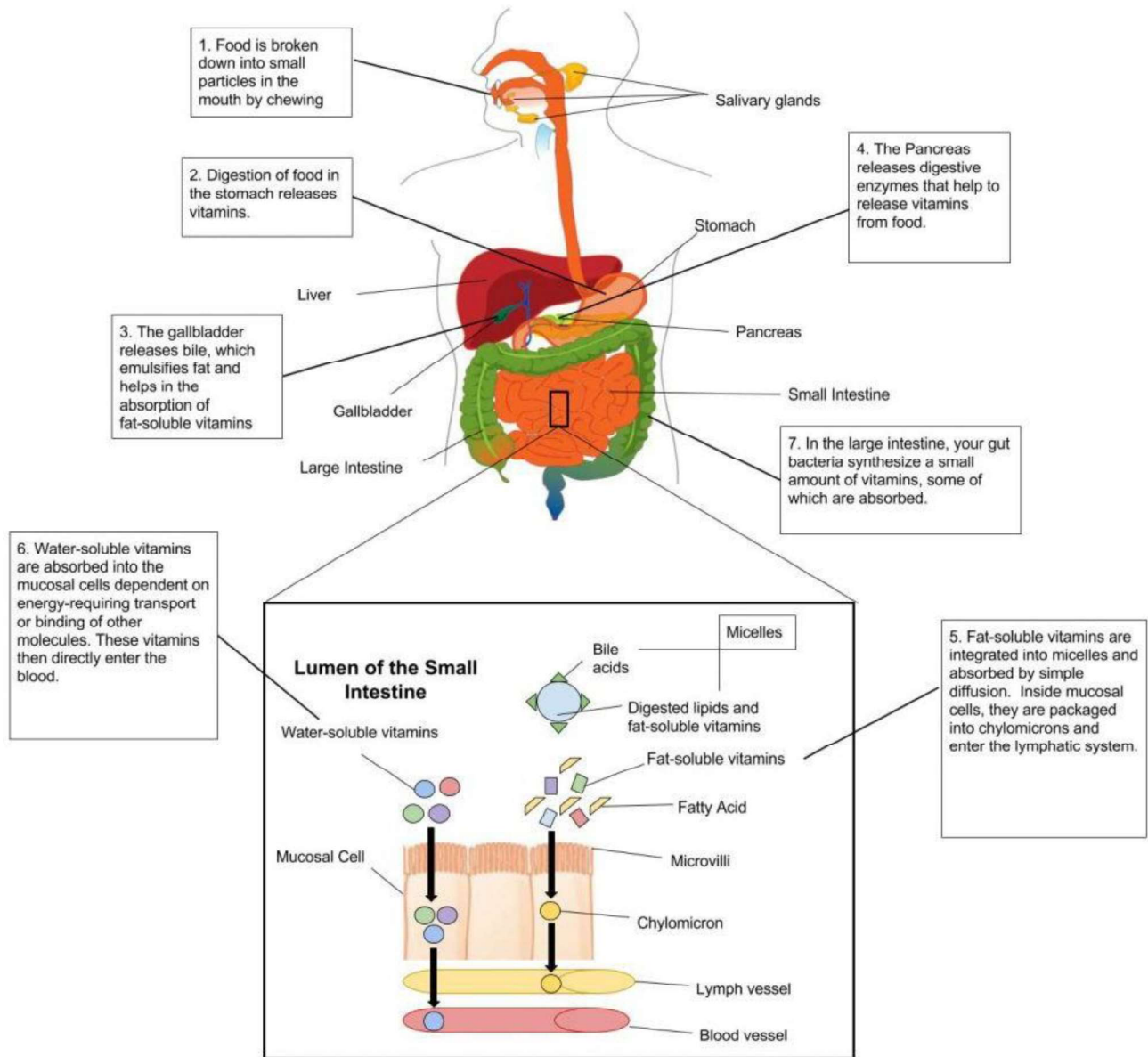


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0



Introduction par University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

Notes

1. Yamamura CM, Sullivan KM. Risk factors for vitamin A deficiency among preschool aged children in Pohnpei, Federated States of Micronesia. *J Trop Pediatr.* 2004 ; 50(1),16-9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14984164>. Consulté le 15 octobre 2017.

Vitamines liposolubles

Fonctions et avantages pour la santé de la vitamine A

La vitamine A est un terme générique pour un groupe de composés similaires appelés rétinoïdes. Le rétinol est la forme de vitamine A que l'on trouve dans les aliments d'origine animale et qui est convertie dans l'organisme en formes biologiquement actives de vitamine A : le rétinal et l'acide rétinoïque (le rétinol est donc parfois appelé "vitamine A préformée"). Environ 10 % des caroténoïdes d'origine végétale, dont le bêta-carotène, peuvent être convertis dans l'organisme en rétinoïdes et constituent une autre source de vitamine A fonctionnelle. Les caroténoïdes sont des pigments synthétisés par les plantes qui leur donnent leur couleur jaune, orange et rouge. Plus de six cents caroténoïdes ont été identifiés et, à quelques exceptions près, tous se trouvent dans le règne végétal. Il existe deux classes de caroténoïdes : les xanthophylles, qui contiennent de l'oxygène, et les carotènes, qui n'en contiennent pas.

Chez les plantes, les caroténoïdes absorbent la lumière pour l'utiliser dans la photosynthèse et agissent comme antioxydants. Le bêta-carotène, l'alpha-carotène et la bêta-cryptoxanthine sont convertis dans une certaine mesure en rétinol dans l'organisme. Les autres caroténoïdes, comme le lycopène, ne le sont pas. De nombreuses actions biologiques des caroténoïdes sont attribuées à leur activité antioxydante, mais ils agissent probablement aussi par d'autres mécanismes.

La vitamine A est liposoluble et est conditionnée en chylomicrons dans l'intestin grêle, puis transportée vers le foie. Le foie stocke et exporte la vitamine A selon les besoins ; elle est libérée dans le sang, liée à une protéine liant le rétinol, qui la transporte vers les cellules. Les caroténoïdes ne sont pas aussi bien absorbés que la vitamine A, mais comme cette dernière, ils ont besoin des graisses du repas pour être absorbés. Dans les cellules intestinales, les caroténoïdes sont emballés dans les chylomicrons contenant des lipides à l'intérieur des cellules de la muqueuse de l'intestin grêle, puis transportés vers le foie. Dans le foie, les caroténoïdes sont reconditionnés en lipoprotéines, qui les transportent vers les cellules.

Les rétinoïdes portent bien leur nom, car leur fonction la plus notable se situe dans la rétine de l'œil, où ils aident à la vision, notamment dans des conditions de faible luminosité. C'est pourquoi la cécité nocturne est le signe le plus évident d'une carence en vitamine A. La vitamine A a plusieurs fonctions importantes dans l'organisme, notamment le maintien de la vision et d'un système immunitaire sain. De nombreuses fonctions de la vitamine A dans l'organisme sont similaires aux fonctions des hormones (par exemple, la vitamine A peut interagir avec l'ADN, entraînant un changement dans la fonction des protéines). La vitamine A contribue au maintien de la santé de la peau et des revêtements des tissus ; elle régule également la croissance et le développement. En tant qu'antioxydant, la vitamine A protège les membranes cellulaires, aide à maintenir les niveaux de glutathion et influence la quantité et l'activité des enzymes qui détoxifient les radicaux libres.

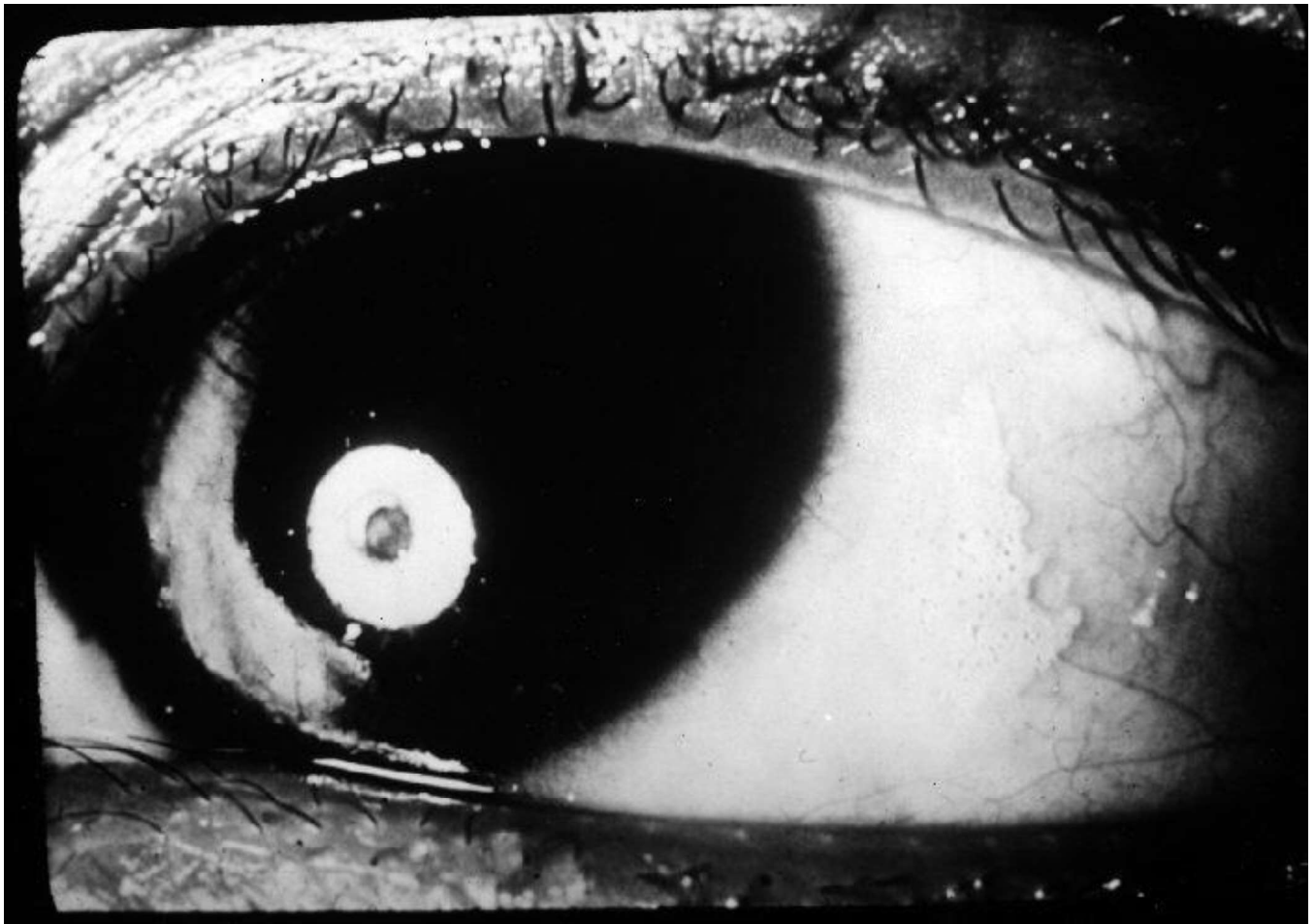
Vision

Le rétinol qui circule dans le sang est absorbé par les cellules de la rétine de l'œil, où il est transformé en rétinal et sert à aider le pigment rhodopsine, qui intervient dans la capacité de l'œil à voir dans des conditions de faible luminosité. Une carence en vitamine A se traduit donc par une diminution de la rhodopsine et une baisse de la détection de la lumière de faible intensité, ce que l'on appelle la cécité nocturne.

Un apport insuffisant en vitamine A alimentaire au fil du temps peut également entraîner une perte totale de la vision. En fait, la carence en vitamine A est la première cause de cécité évitable dans le monde. La vitamine A contribue non seulement à la fonction visuelle des yeux, mais aussi à l'entretien de leurs revêtements. Une carence en vitamine A peut entraîner un dysfonctionnement de la muqueuse et du revêtement de l'œil (par exemple, taches de bitume), provoquant une sécheresse oculaire, une affection appelée xérophtalmie. La progression de cette affection peut

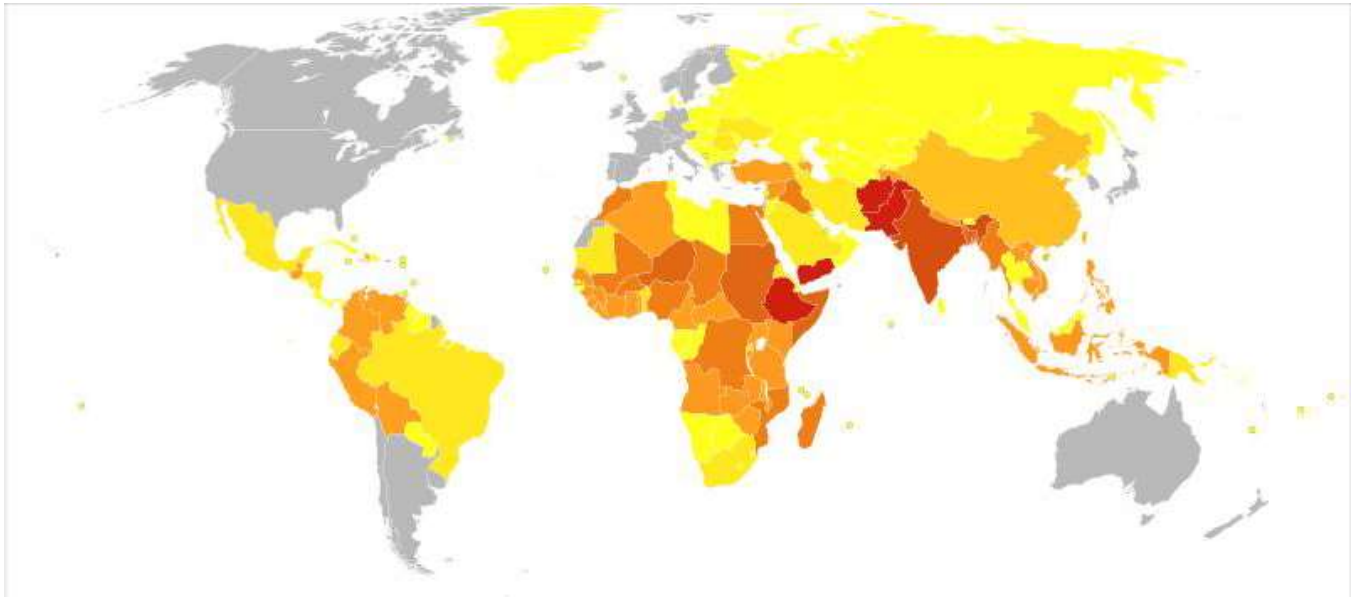
entraîner une ulcération de la cornée et, à terme, la cécité.

Figure 9.3 Tache de Bitot causée par une carence en vitamine A



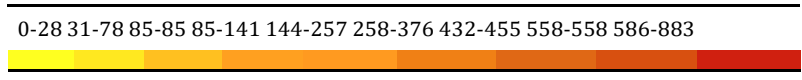
Malnutrition - Taches de Bitot / Taches de Bitot causées par une carence en vitamine A par CDC / Programme de nutrition

Figure 9.4 Carte mondiale de la carence en vitamine A



Carte par l'utilisateur Wikipedia Chris55 / CC BY-SA 4.0

Légende : Années de vie corrigées de l'incapacité (AVCI) perdues en raison d'une carence en vitamine A en 2012 par million de personnes.



Immunité

La présence fréquente d'une xérophtalmie avancée chez les enfants décédés de maladies infectieuses a conduit les scientifiques à émettre l'hypothèse que la supplémentation en vitamine A du régime alimentaire des enfants atteints de xérophtalmie pourrait réduire la mortalité liée aux maladies. En Asie, à la fin des années 1980, des populations ciblées d'enfants ont reçu des suppléments de vitamine A, et les taux de mortalité dus à la rougeole et à la diarrhée ont diminué jusqu'à 50 %. La supplémentation en vitamine A de ces populations carencées n'a pas réduit le nombre d'enfants qui ont contracté ces maladies, mais elle a diminué la gravité des maladies de sorte qu'elles ne sont plus mortelles. Peu après la communication des résultats de ces études au reste du monde, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et le Fonds des Nations unies pour l'enfance (UNICEF) ont lancé des campagnes mondiales contre la carence en vitamine A. L'UNICEF estime que la distribution de plus d'un demi-milliard de capsules de vitamine A permet d'éviter 350 000 décès d'enfants par an.¹

Au XXI^e siècle, la science a démontré que la vitamine A affecte grandement le système immunitaire. Ce qui nous manque encore, ce sont des essais cliniques portant sur les doses adéquates de vitamine A nécessaires pour aider à repousser les maladies infectieuses et sur l'ampleur de l'effet d'une supplémentation en vitamine A sur les populations qui ne présentent pas de carence en cette vitamine. Cela nous amène à l'un des thèmes communs de ce texte : les carences en micronutriments peuvent contribuer au développement, à la progression et à la gravité d'une maladie, mais cela ne signifie pas qu'un apport accru de ces micronutriments permettra à lui seul de prévenir ou de guérir la maladie. L'effet, comme d'habitude, est cumulatif et dépend, entre autres, du régime alimentaire dans son ensemble.

Croissance et développement

La vitamine A agit de manière similaire à certaines hormones en ce sens qu'elle est capable de modifier la quantité de protéines dans les cellules en interagissant avec l'ADN. C'est la principale façon dont la vitamine A affecte la croissance et le développement. La carence en vitamine A chez les enfants est liée à un retard de croissance ; cependant, elle s'accompagne souvent d'une malnutrition protéique et d'une carence en fer, ce qui rend difficile l'étude des effets spécifiques de la vitamine A sur la croissance et le développement.

Aux stades fœtaux de la vie, la vitamine A est importante pour le développement des membres, du cœur, des yeux et des oreilles. En cas de carence ou d'excès, la vitamine A provoque des anomalies congénitales. En outre, les mâles et les femelles ont besoin de vitamine A dans leur alimentation pour se reproduire efficacement.

Cancer

Le rôle de la vitamine A dans la régulation de la croissance et de la mort des cellules, en particulier dans les tissus qui tapissent et recouvrent les organes, suggère qu'elle pourrait être efficace dans le traitement de certains cancers du poumon, du cou et du foie. Certaines études d'observation ont montré que les populations carencées en vitamine A présentent un risque plus élevé de développer certains cancers. Cependant, on a constaté que les suppléments de vitamine A augmentaient le risque de cancer du poumon chez les personnes présentant un risque élevé de la maladie (c'est-à-dire les fumeurs, les anciens fumeurs, les travailleurs exposés à l'amiante). L'étude CARET (Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial), menée auprès de plus de dix-huit mille participants présentant un risque élevé de cancer du poumon, a révélé que les personnes qui prenaient des suppléments contenant des doses très élevées de vitamine A (25 000 unités internationales) et de bêta-carotène présentaient une incidence de 28 % plus élevée de cancer du poumon au milieu de l'étude, qui a donc été interrompue.²

Toxicité de la vitamine A

La toxicité de la vitamine A, ou hypervitaminose A, est rare. En général, il faut ingérer dix fois les AJR de vitamine A préformée sous forme de suppléments (il serait difficile de consommer des niveaux aussi élevés dans le cadre d'un régime alimentaire normal) pendant une longue période, bien que certaines personnes puissent être plus sensibles à la toxicité de la vitamine A à des doses plus faibles. Les signes et symptômes de l'intoxication à la vitamine A comprennent une peau sèche et des démangeaisons, une perte d'appétit, un gonflement du cerveau et des douleurs articulaires. Dans les cas graves, l'intoxication à la vitamine A peut provoquer des lésions hépatiques et le coma.

La vitamine A est essentielle pendant la grossesse, mais des doses supérieures à 3 000 microgrammes par jour (10 000 unités internationales) ont été associées à une incidence accrue de malformations congénitales. Les femmes enceintes doivent vérifier la quantité de vitamine A contenue dans toute multivitamine prénatale ou de grossesse qu'elles prennent pour s'assurer que la quantité est inférieure à l'AMT.

Apports nutritionnels de référence pour la vitamine A

Il existe plus d'une source de vitamine A dans l'alimentation. Il y a la vitamine A préformée, qui est abondante dans de nombreux aliments d'origine animale, et les caroténoïdes, que l'on trouve en forte concentration dans les fruits et légumes aux couleurs vives et dans certaines huiles.

Certains caroténoïdes sont convertis en rétinol dans l'organisme par les cellules intestinales et les cellules du foie. Cependant, seules de minuscules quantités de certains caroténoïdes sont converties en rétinol, ce qui signifie que les fruits et légumes ne sont pas nécessairement de bonnes sources de vitamine A.

L'ANR pour la vitamine A inclut toutes les sources de vitamine A. L'ANR pour la vitamine A est donné en mcg d'activité
319 | Vitamines liposolubles

requis en rétinol (EAR) pour prendre en compte les nombreuses formes différentes sous lesquelles elle est disponible. Le corps humain convertit toutes les sources alimentaires de vitamine A en rétinol. Par conséquent, 1 microgramme de rétinol équivaut à 12 microgrammes de bêta-carotène et à 24 microgrammes d'alpha-carotène ou de bêta-cryptoxanthine. Par exemple, 12 microgrammes de bêta-carotène provenant de fruits ou de légumes donneront

1 microgramme de rétinol. Actuellement, la vitamine A indiquée dans les aliments et sur les étiquettes des suppléments utilise des unités internationales (UI). Les conversions suivantes sont indiquées ci-dessous³ :

- 1 UI de rétinol = 0,3 mcg d'EAR
- 1 UI de bêta-carotène provenant de compléments alimentaires = 0,15 mcg d'EAR
- 1 UI de bêta-carotène provenant de l'alimentation = 0,05 mcg d'EAR
- 1 UI d'alpha-carotène ou de bêta-cryptoxanthine = 0,025 mcg d'EAR

L'ANR pour la vitamine A est considéré comme suffisant pour soutenir la croissance et le développement, la reproduction, la vision et le fonctionnement du système immunitaire tout en maintenant des réserves adéquates (bonnes pour quatre mois) dans le foie.

Tableau 9.1 Apports nutritionnels de référence pour la vitamine A

Groupe d'âge	RDA Hommes et femmes mcg EAR/jour	UL
Nourrissons (0-6 mois)	400*	600
Nourrissons (7-12 mois)	500*	600
Enfants (1-3 ans)	300	600
Enfants (4-8 ans)	400	900
Enfants (9-13 ans)	600	1,700
Adolescents (14-18 ans)	Hommes : 900	2,800
Adolescents (14-18 ans)	Femmes : 700	2,800
Adultes (> 19 ans)	Hommes : 900	3,000
Adultes (> 19 ans)	Femmes : 700	3,000

*indique un apport adéquat

Source : Source : Fiche d'information sur les compléments alimentaires : Vitamine A. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminA-QuickFacts/>. Mis à jour le 5 septembre 2012. Consulté le 7 octobre 2017.

Sources alimentaires de vitamine A et de bêta-carotène

La vitamine A préformée ne se trouve que dans les aliments d'origine animale, le foie étant la source la plus riche car c'est là que la vitamine A est stockée (voir tableau 9.2 "Teneur en vitamine A de divers aliments"). Les sources alimentaires de caroténoïdes seront données dans le texte suivant.

Tableau 9.2 Teneur en vitamine A de divers aliments

Alimentation	Servir	Vitamine A (UI)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Foie de bœuf	3 oz.	27,185	545
Foie de poulet	3 oz.	12,325	245
Lait, écrémé	1 c.	500	10
Lait, entier	1 c.	249	5
Cheddar	1 oz.	284	6

Source : Fiche d'information sur les compléments alimentaires : Vitamine A. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminA-QuickFacts/>. Mis à jour le 5 septembre 2012. Consulté le 7 octobre 2017.

Aux États-Unis, les caroténoïdes les plus consommés sont l'alpha-carotène, le bêta-carotène, la bêta-cryptoxanthine, le lycopène, la lutéine et la zéaxanthine. Voir le tableau 9.3 " Teneur en alpha-carotène et bêta-carotène de divers aliments " pour connaître la teneur en caroténoïdes de divers aliments.

Tableau 9.3 Teneur en alpha et bêta-carotène de divers aliments

Alimentation	Servir	Bêta-carotène (mg)	Alpha-carotène (mg)
Citrouille, en conserve	1c.	17.00	11.70
Jus de carotte	1c.	22.00	10.20
Carottes, cuites	1c.	13.00	5.90
Carottes, crues	1 moyen	5.10	2.10
Courge d'hiver, au four	1c.	5.70	1.40
Choux de Bruxelles, cuits	1c.	11.60	0.20
Tomate	1 moyen	0.55	0.10
Mandarine	1 moyen	0.13	0.09
Pois, cuits	1c.	1.20	0.09

Source : 2010. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 23. Département de l'agriculture des États-Unis, Service de recherche agricole. <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>. Consulté le 22 octobre 2017.

FONCTIONS DE LA VITAMINE D ET AVANTAGES POUR LA SANTÉ

La vitamine D fait référence à un groupe de vitamines liposolubles dérivées du cholestérol. Les vitamines D2 (ergocalciférol) et D3 (calcitriol) sont les seules connues pour avoir des actions biologiques dans le corps humain. La peau synthétise la vitamine D lorsqu'elle est exposée à la lumière du soleil. En fait, pour la plupart des gens, plus de 90 % de leur vitamine D3 provient de l'exposition occasionnelle aux rayons UVB de la lumière du soleil. Tout ce qui réduit votre exposition aux rayons UVB du soleil diminue la quantité de vitamine D3 synthétisée par votre peau. Cela inclut les hivers longs, l'altitude de votre domicile, le fait de porter ou non un écran solaire et la couleur de votre peau (y compris les peaux bronzées). Vous vous demandez parfois si le fait de passer trop de temps au soleil augmente le risque de cancer de la peau ? Ne vous inquiétez pas. Moins de trente minutes d'exposition au soleil sur les bras et les jambes augmenteront les taux sanguins de vitamine D3 davantage que la prise orale de 10 000 UI (250 microgrammes) de vitamine D3.

Figure 9.5 Les fonctions de la vitamine D

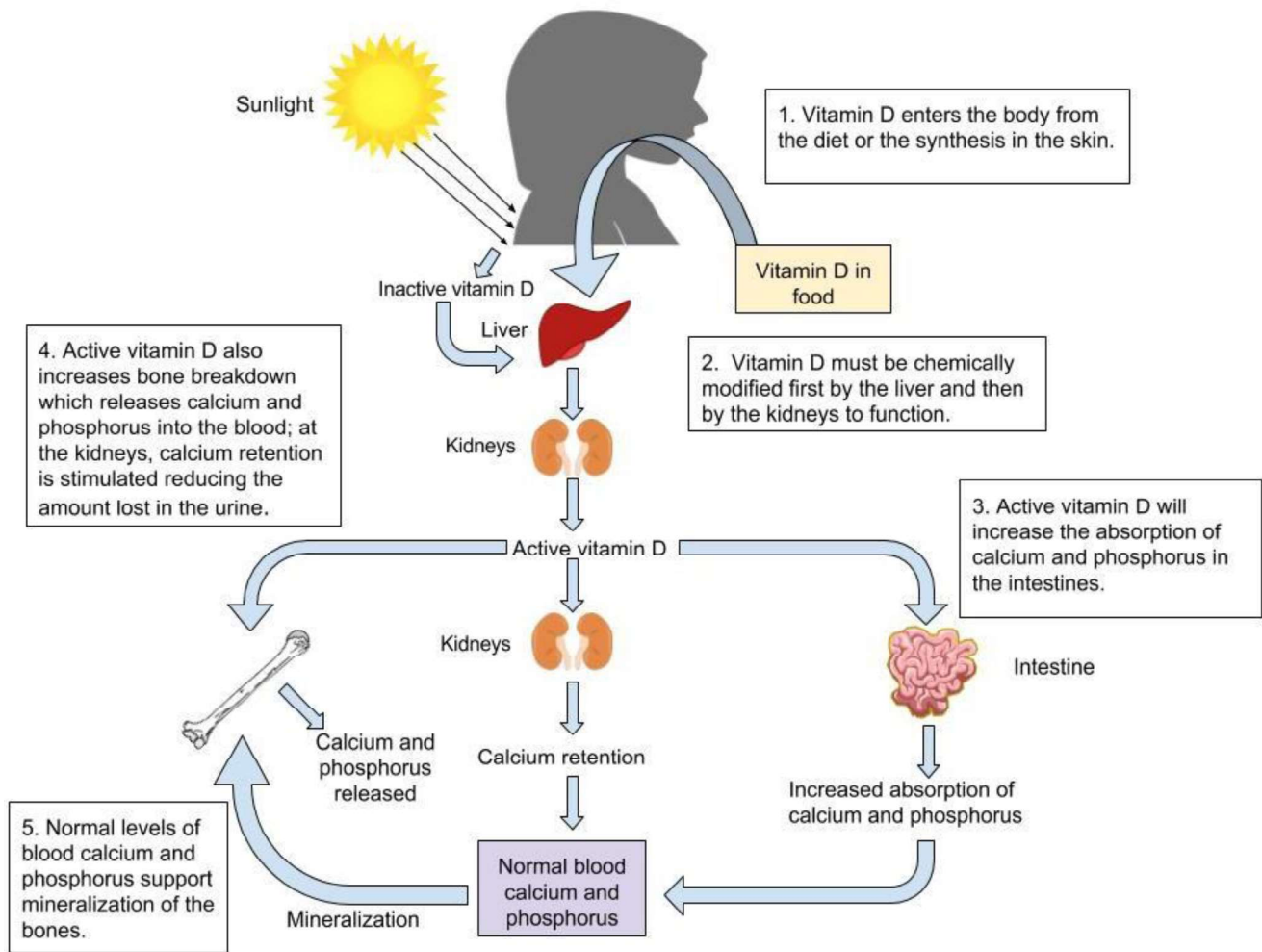


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

Le rôle fonctionnel de la vitamine D

La vitamine D3 activée (calcitriol) régule le taux de calcium sanguin de concert avec l'hormone parathyroïdienne. En l'absence d'un apport suffisant en vitamine D, moins de 15 % du calcium est absorbé à partir des aliments ou des suppléments. Les effets du calcitriol sur l'homéostasie du calcium sont essentiels pour la santé des os. Une carence en vitamine D chez les enfants provoque une maladie osseuse, le rachitisme nutritionnel. Le rachitisme est très fréquent chez les enfants des pays en développement et se caractérise par des os mous, faibles et déformés, exceptionnellement susceptibles de se fracturer. Chez les adultes, la carence en vitamine D provoque une maladie similaire appelée ostéomalacie, qui se caractérise par une faible DMO. L'ostéomalacie présente les mêmes symptômes et conséquences que l'ostéoporose et coexiste souvent avec l'ostéoporose. La carence en vitamine D est fréquente, en particulier chez les personnes âgées, les populations à la peau foncée et les nombreuses personnes qui vivent dans les latitudes nordiques où l'exposition au soleil est très réduite pendant la longue saison hivernale.

Figure 9.6 Rachitisme chez les enfants



Rachitisme, stades de développement pour les enfants de Wellcome Images / CC BY 4.0

Avantages pour la santé

Des études d'observation ont montré que les personnes ayant un faible taux de vitamine D dans le sang ont une DMO plus faible et une incidence accrue d'ostéoporose. En revanche, les régimes alimentaires comportant une forte consommation de saumon, qui contient une grande quantité de vitamine D, sont liés à une meilleure santé osseuse. Une analyse de douze essais cliniques, publiée dans le numéro de mai 2005 du Journal of the American Medical Association, a conclu que des suppléments oraux de vitamine D à des doses de 700 à 800 unités internationales par jour, avec ou sans l'administration simultanée de suppléments de calcium, réduisaient l'incidence des fractures de la hanche de 26 % et des autres fractures non vertébrales de 23 %.⁴ Une réduction du risque de fracture n'a pas été observée lorsque les personnes prenaient des suppléments de vitamine D à des doses de 400 unités internationales.

De nombreux autres avantages pour la santé ont été liés à des apports plus élevés en vitamine D, allant de la diminution des maladies cardiovasculaires à la prévention des infections. En outre, les résultats d'études de laboratoire menées sur des cellules, des tissus et des animaux suggèrent que la vitamine D empêche la croissance de certains cancers, bloque les voies inflammatoires, inverse l'athérosclérose, augmente la sécrétion d'insuline et bloque les infections virales et bactériennes, entre autres. La carence en vitamine D a été liée à un risque accru de maladies auto-immunes. Des maladies immunitaires, la polyarthrite rhumatoïde, la sclérose en plaques et le diabète de type 1 ont été observés dans des populations présentant des taux de vitamine D insuffisants. En outre, la carence en vitamine D est liée à une incidence accrue d'hypertension. En attendant les résultats de l'étude VITAL, l'essentiel des preuves scientifiques vantant les autres bienfaits de la vitamine D pour la santé proviennent d'études de laboratoire et d'observation et doivent être confirmées par des études d'intervention clinique.

Toxicité de la vitamine D

Bien que la toxicité de la vitamine D soit rare, une trop grande quantité peut entraîner des concentrations élevées de calcium ou une hypercalcémie. L'hypercalcémie peut entraîner l'excrétion d'une grande quantité de calcium par les urines, ce qui peut provoquer des lésions rénales. Des dépôts de calcium peuvent également se développer dans les tissus mous tels que les reins, les vaisseaux sanguins ou d'autres parties du système cardiovasculaire. Toutefois, il est important de savoir que la synthèse de la vitamine D à partir du soleil ne provoque pas de toxicité de la vitamine D, car la production de la vitamine D3 par la peau est un processus étroitement régulé.

Apports nutritionnels de référence pour la vitamine D

Les AJR de l'Institute of Medicine pour la vitamine D pour différents groupes d'âge sont indiqués dans le tableau 10.4 "Apports nutritionnels de référence pour la vitamine D". Pour les adultes, l'ANR est de 600 unités internationales (UI), ce qui équivaut à 15 microgrammes de vitamine D. La National Osteoporosis Foundation recommande des niveaux légèrement plus élevés et que les adultes de moins de cinquante ans reçoivent entre 400 et 800 unités internationales de vitamine D chaque jour, et que les adultes de cinquante ans et plus reçoivent entre 800 et 1 000 unités internationales de vitamine D chaque jour. Selon l'IOM, l'apport maximal tolérable (AMT) en vitamine D est de 4 000 unités internationales par jour. La toxicité d'un excès de vitamine D est rare, mais certaines maladies telles que l'hyperparathyroïdie, le lymphome et la tuberculose rendent les personnes plus sensibles aux augmentations de calcium provoquées par des apports élevés en vitamine D.

Tableau 9.4 Apports nutritionnels de référence pour la vitamine D

Groupe d'âge	AJR (mcg/jour)	UL (mcg/jour)
Nourrisson (0-6 mois)	10*	25
Nourrissons (6-12 mois)	10*	25
Enfants (1-3 ans)	15	50
Enfants (4-8 ans)	15	50
Enfants (9-13 ans)	15	50
Adolescents (14-18 ans)	15	50
Adultes (19-71 ans)	15	50
Adultes (> 71 ans)	20	50

* indique un apport adéquat

Source : Ross, A. C. et al. The 2011 Report on Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D from the Institute of Medicine : What Clinicians Need to Know. J Clin Endocrinol Metab. 2011 ; 96(1), 53-8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

pubmed/21118827. Consulté le 10 octobre 2017.

Sources alimentaires de vitamine D

Tableau 9.5 Teneur en vitamine D de divers aliments

Alimentation	Portion	Vitamine D (UI)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Espadon	3 oz.	566	142
Saumon 3 oz.	447	112	
Thon en conserve dans l'eau, égoutté	3 oz.	154	39
Jus d'orange enrichi en vitamine D	1 c.	137	34
Lait, sans matières grasses, à teneur réduite en matières grasses et entier, enrichi en vitamine D	1 c.	115-124	29-31
Margarine, enrichie	1 cuillère à soupe	60	15
Sardines en conserve dans l'huile, égouttées	2 e.	46	12
Foie de bœuf 3 oz.	42	11	
Œuf, gros	1 e.	41	10

Source : Fiche d'information sur les compléments alimentaires : Vitamine D. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminD-HealthProfessional/#h3>. Mis à jour le 5 septembre 2012.

Consulté le 22 octobre 2017.

FONCTIONS ET AVANTAGES DE LA VITAMINE E POUR LA SANTÉ

La vitamine E existe sous huit formes chimiques, dont l'alpha-tocophérol semble être la seule forme reconnue pour répondre aux besoins de l'homme. L'alpha-tocophérol et les autres constituants de la vitamine E sont liposolubles et principalement responsables de la protection des membranes cellulaires contre la destruction des lipides causée par les radicaux libres, ce qui en fait un antioxydant. Lorsque l'alpha-tocophérol interagit avec un radical libre, il n'est plus capable d'agir en tant qu'antioxydant, à moins qu'il ne soit régénéré par voie enzymatique. La vitamine C aide à régénérer une partie de l'alpha-tocophérol, mais le reste est éliminé de l'organisme. Par conséquent, pour maintenir les niveaux de vitamine E, vous devez l'ingérer dans le cadre de votre alimentation.

Les niveaux insuffisants sont rares (les signes et les symptômes de ces troubles ne sont pas toujours évidents), mais ils sont principalement le résultat d'une dégénérescence nerveuse. Les personnes souffrant de troubles de la malabsorption, comme la maladie de Crohn ou la mucoviscidose, et les bébés nés prématurément, présentent un risque plus élevé de carence en vitamine E.

La vitamine E a de nombreux autres rôles et fonctions importants dans l'organisme, comme le renforcement du système immunitaire en aidant à combattre les bactéries et les virus. Elle favorise également la dilatation des vaisseaux sanguins et inhibe la formation de caillots sanguins. Malgré les nombreuses fonctions bénéfiques de la vitamine E lorsqu'elle est prise dans les quantités recommandées, de grandes études ne soutiennent pas l'idée que la prise de doses plus élevées de cette vitamine augmente son pouvoir de prévention ou de réduction du risque de maladie.⁵⁶

Les graisses de l'alimentation sont nécessaires à l'absorption de la vitamine E, qui est conditionnée dans des chylomicrons riches en lipides dans les cellules intestinales et transportée vers le foie. Le foie stocke une partie de la vitamine E ou la conditionne dans des lipoprotéines, qui l'acheminent vers les cellules.

Maladies cardiovasculaires

La vitamine E réduit l'oxydation des LDL, et on a donc émis l'hypothèse que les suppléments de vitamine E

protégeraient contre l'athérosclérose. Cependant, les grands essais cliniques n'ont pas toujours permis de confirmer cette hypothèse. En fait, dans l'étude "Women's Angiographic Vitamin and Estrogen Study", les femmes ménopausées qui prenaient 400 unités internationales (264 milligrammes) de vitamine E et 500 milligrammes de vitamine C deux fois par jour avaient un taux de mortalité plus élevé, toutes causes confondues.⁷

D'autres études n'ont pas confirmé l'association entre un apport accru en vitamine E provenant de compléments alimentaires et une mortalité accrue. Des études d'observation ont montré de manière plus cohérente qu'un apport plus élevé en vitamine E provenant des aliments est lié à une diminution du risque de mourir d'une crise cardiaque.

Cancer

Les grands essais cliniques qui ont évalué s'il existait un lien entre la vitamine E et le risque de maladie cardiovasculaire ont également examiné le risque de cancer. Ces essais, appelés HOPE-TOO Trial et Women's Health Study, n'ont pas révélé que la vitamine E à des doses de 400 unités internationales (264 milligrammes) par jour ou de 600 unités internationales (396 milligrammes) tous les deux jours réduisait le risque de développer une forme quelconque de cancer.⁸⁹

Affections oculaires

Le stress oxydatif joue un rôle dans la perte de vision liée à l'âge, appelée dégénérescence maculaire. La dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) survient principalement chez les personnes de plus de cinquante ans et consiste en une perte progressive de la vision centrale résultant d'une atteinte du centre de la rétine, appelé macula. Il existe deux formes de DMLA, sèche et humide, l'humide étant la forme la plus grave.

Dans la forme sèche, des dépôts se forment dans la macula ; ces dépôts peuvent ou non altérer directement la vision, du moins aux premiers stades de la maladie. Dans la forme humide, la croissance anormale des vaisseaux sanguins dans la macula entraîne une perte de vision. Les essais cliniques évaluant les effets des suppléments de vitamine E sur la DMLA et les cataractes (opacification du cristallin) n'ont pas systématiquement observé une diminution du risque pour l'une ou l'autre de ces maladies. Toutefois, les scientifiques pensent que la vitamine E, associée à d'autres antioxydants tels que le zinc et le cuivre, peut ralentir la progression de la dégénérescence maculaire chez les personnes atteintes de la maladie à un stade précoce.

Démence

La forte consommation de glucose du cerveau le rend plus vulnérable que les autres organes au stress oxydatif. Le stress oxydatif a été impliqué comme l'un des principaux facteurs contribuant à la démence et à la maladie d'Alzheimer. Certaines études suggèrent que les suppléments de vitamine E retardent la progression de la maladie d'Alzheimer et le déclin cognitif, mais là encore, toutes les études ne confirment pas cette relation. Une étude récente portant sur plus de cinq mille participants et publiée dans le numéro de juillet 2010 de la revue Archives of Neurology a démontré que les personnes ayant les apports les plus élevés en vitamine E alimentaire étaient 25 % moins susceptibles de développer une démence que celles ayant les apports les plus faibles en vitamine E.¹⁰

D'autres études sont nécessaires pour mieux évaluer la dose et les besoins alimentaires en vitamine E et, d'ailleurs, pour savoir si d'autres antioxydants réduisent le risque de démence, une maladie qui non seulement dévaste l'esprit, mais fait aussi peser un lourd fardeau sur les proches, les soignants et la société en général.

Toxicité de la vitamine E

À l'heure actuelle, les chercheurs n'ont pas constaté d'effets indésirables liés à la consommation de vitamine E dans les aliments. Bien que cela puisse être le cas, la supplémentation en alpha-tocophérol chez les animaux s'est avérée provoquer des hémorragies et perturber la coagulation sanguine. Des niveaux extrêmement élevés de vitamine E peuvent interagir avec les facteurs de coagulation dépendant de la vitamine K, entraînant une inhibition de la coagulation du sang.¹¹

Apports nutritionnels de référence pour la vitamine E

Les apports nutritionnels recommandés (ANR) et les apports maximaux tolérables (AMT) en vitamine E pour différents groupes d'âge sont indiqués dans le tableau 9.6 "Apports nutritionnels de référence en vitamine E".

Tableau 9.6 Apports nutritionnels de référence pour la vitamine E

Groupe d'âge	AJR Hommes et femmes mg/jour	UL
Nourrissons (0-6 mois)	4*	-
Nourrissons (7-12 mois)	5*	-
Enfants (1-3 ans)	6	200
Enfants (4-8 ans)	7	300
Enfants (9-13 ans)	11	600
Adolescents (14-18 ans)	15	800
Adultes (> 19 ans)	15	1,000

*indique un apport adéquat

Source : Fiche d'information sur les suppléments diététiques : Vitamin E.National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminE-QuickFacts/>. Mis à jour le 11 octobre 2011. Consulté le 5 octobre 2017.

Les suppléments de vitamine E contiennent souvent plus de 400 unités internationales, soit près de vingt fois l'AJR. L'AMT de la vitamine E est fixé à 1 500 unités internationales pour les adultes. Certaines données indiquent que la prise de suppléments de vitamine E à fortes doses a des effets négatifs sur la santé. Comme nous l'avons mentionné, la vitamine E inhibe la coagulation du sang et quelques essais cliniques ont montré que les personnes prenant des suppléments de vitamine E présentaient un risque accru d'accident vasculaire cérébral. Contrairement à la vitamine E contenue dans les compléments, rien ne prouve que la consommation d'aliments contenant de la vitamine E compromette la santé.

Sources alimentaires de vitamine E

Ajoutez quelques noix à votre salade et préparez votre propre vinaigrette pour obtenir une dose diététique saine de vitamine E.



Image par rawpixel.com sur unsplash.com / CC0

La vitamine E se trouve dans de nombreux aliments, en particulier ceux qui sont riches en graisses, comme les noix et les huiles. Certaines épices, comme le paprika et le piment rouge, et des herbes aromatiques, comme l'origan, le basilic, le cumin et le thym, contiennent également de la vitamine E. (N'oubliez pas que les épices et les herbes aromatiques sont généralement utilisées en petites quantités dans la cuisine et constituent donc une source moindre de vitamine E alimentaire). Voir le tableau

10.7 "Vitamin E Content of Various Foods" pour une liste d'aliments et leur teneur en vitamine E.

Connexion au quotidien

Pour augmenter votre apport alimentaire en vitamine E à partir d'aliments d'origine végétale, essayez une salade d'épinards avec des tomates et des graines de tournesol, et ajoutez une vinaigrette à base d'huile de tournesol, d'origan et de basilic.

Tableau 9.7 Teneur en vitamine E de divers aliments

Alimentation	Portion	Vitamine E (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Graines de tournesol	1 oz.	7.4	37
Amandes	1 oz.	6.8	34
Huile de tournesol	1 cuillère à soupe	5.6	28
Noisettes 1 oz.	1 oz.	4.3	22
Beurre de cacahuète	2 Tbsp.	2.9	15
Cacahuètes 1 oz.	1 oz.	2.2	11
Huile de maïs 1 cuillère à soupe	1 cuillère à soupe	1.9	10
Kiwi	1 moyen	1.1	6
Tomate	1 moyen	0.7	4
Epinards	1 c. cru	0.6	3

Source : Fiche d'information sur les suppléments diététiques : Vitamin E. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminE-QuickFacts/>. Mis à jour le 11 octobre 2011. Consulté le 5 octobre 2017.

FONCTIONS DE LA VITAMINE K ET AVANTAGES POUR LA SANTÉ

La vitamine K fait référence à un groupe de vitamines liposolubles dont la structure chimique est similaire. La vitamine K est essentielle à la fonction sanguine, car elle agit comme coenzyme qui joue un rôle essentiel dans la coagulation du sang (alias la coagulation sanguine). Les protéines de coagulation du sang circulent en permanence dans le sang. En cas de blessure d'un vaisseau sanguin, les plaquettes se collent à la blessure pour former un bouchon. Sans vitamine K, le sang ne coagulerait pas.

Une carence en vitamine K provoque des troubles de la coagulation. Elle est relativement rare, mais les personnes souffrant d'une maladie du foie ou du pancréas, d'une maladie cœliaque ou de troubles de malabsorption sont plus exposées à une carence en vitamine K. Les signes et les symptômes comprennent les saignements de nez, les ecchymoses faciles, les ruptures de vaisseaux sanguins, les saignements de gencives et les saignements menstruels abondants chez les femmes. La fonction de la warfarine, un médicament anticoagulant, est altérée par un apport excessif en vitamine K provenant de suppléments. Le calcium joue en outre un rôle dans l'activation des protéines de coagulation du sang.

Santé des os

La vitamine K est également nécessaire au maintien de la santé des os. Elle modifie la protéine ostéocalcine, qui intervient dans le processus de remodelage osseux. Toutes les fonctions de l'ostéocalcine et des autres protéines dépendantes de la vitamine K dans le tissu osseux ne sont pas bien comprises et font l'objet d'études intenses. Certaines études montrent que les personnes dont le régime alimentaire est pauvre en vitamine K présentent également un risque accru de fractures osseuses.

Apports nutritionnels de référence et sources alimentaires de la vitamine K

L'AS de la vitamine K pour les femmes adultes est de 90 microgrammes par jour, et de 120 microgrammes par jour pour les hommes. L'AMT de la vitamine K n'a pas été fixé. Le Food and Nutrition Board (FNB) n'a pas fixé d'AMT pour la vitamine K parce qu'elle présente un faible potentiel de toxicité. Selon le FNB, "aucun effet indésirable associé à la

consommation de vitamine K provenant d'aliments ou de suppléments n'a été signalé chez les humains ou les animaux."

Institut de Médecine. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, DC : National Academy Press ; 2001.

Tableau 9.8 Apports nutritionnels de référence pour la vitamine K

Groupe d'âge	AJR (mcg/jour)
Nourrissons (0-6 mois)	2.0*
Nourrissons (6-12 mois)	2.5*
Enfants (1-3 ans)	30
Enfants (4-8 ans)	55
Enfants (9-13 ans)	60
Adolescents (14-18 ans)	75
Hommes adultes (> 19 ans)	120
Femmes adultes (> 19 ans)	90

* indique un apport adéquat

Source : Apports nutritionnels de référence en vitamine A, vitamine K, arsenic, bore, chrome, cuivre, iode, fer, manganèse, molybdène, nickel, silicium, vanadium et zinc. Institute of Medicine. <http://www.iom.edu/Reports/2001/Dietary-Reference-Intakes-for-Vitamin-A-Vitamin-K-Arsenic-Boron-Chromium-Copper-Iodine-Iron-Manganese-Molybdène-Nickel-Silicium-Vanadium-et-Zinc.aspx>. Publié le 9 janvier 2001. Consulté le 10 octobre 2017.

Sources alimentaires de vitamine K

La vitamine K est présente dans de nombreux aliments. On la trouve en plus forte concentration dans les légumes verts comme le brocoli, le chou, le chou frisé, le persil, les épinards et la laitue. En outre, la vitamine K peut être synthétisée par les bactéries du gros intestin. La quantité exacte de vitamine K synthétisée par les bactéries qui est effectivement absorbée dans la partie inférieure de l'intestin n'est pas connue, mais elle représente probablement moins de 10 % de l'apport recommandé. Les nouveau-nés ont de faibles réserves de vitamine K et il faut du temps pour que l'intestin stérile du nouveau-né acquière les bonnes bactéries dont il a besoin pour produire de la vitamine K. C'est pourquoi il est devenu courant d'injecter aux nouveau-nés une dose intramusculaire unique de vitamine K. Cette pratique a pratiquement éliminé les troubles hémorragiques dépendants de la vitamine K chez les bébés.

Tableau 9.9 Sources alimentaires de vitamine K

Alimentation	Servir	Vitamine K (mcg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Brocoli	½ c.	160	133
Asperges	4 lances	34	28
Chou	½ c.	56	47
Épinards	½ c.	27	23
Pois verts	½ c.	16	13
Fromage	1 oz.	10	8
Ham	3 oz.	13	11
Bœuf haché	3 oz.	6	5
Pain	1 tranche	1.1	<1
Orange	1 e.	1.3	1

Résumé des vitamines liposolubles

Tableau 9.10 Vitamines liposolubles

Vitamine	Sources	Apports recommandés pour les adultes	Fonctions principales	Maladies et symptômes de carence	Groupes à risque de carence	Toxicité	UL
Vitamine A (rétinol, rétinol, acide rétinoïque, carotène, bêta-carotène)	Rétinol : bœuf et foie de poulet, lait écrémé, lait entier, fromage cheddar ; Caroténoïdes : citrouille, carottes, courge, chou vert, pois.	700-900 mcg/jour	Antioxydant, vision, différenciation cellulaire, reproduction, fonction immunitaire	Xérophtalmie, cécité nocturne, infections oculaires ; mauvaise croissance, peau sèche, fonction immunitaire altérée	Les personnes vivant dans la pauvreté (en particulier les nourrissons et les enfants), les prématurés, les femmes enceintes et allaitantes les personnes qui suivent un régime pauvre en graisses ou en protéines	Hypervitaminose R : Peau sèche, démangeaisons, perte de cheveux, lésions hépatiques, douleurs articulaires, fractures, anomalies congénitales, gonflement du cerveau.	3000 mcg/jour
Vitamine D	Espadon, saumon, thon, jus d'orange (enrichi), lait (enrichi), sardines, œuf, synthèse de la lumière solaire	600-800 UI/jour (15-20 mcg/jour)	Absorption et régulation du calcium et du phosphore, maintien de l'ossature	Rachitisme chez les enfants : croissance anormale, os déformés, jambes arquées, os mous ; ostéomalacie chez les adultes.	Nourrissons allaités, personnes âgées, personnes peu exposées au soleil, personnes à la peau foncée.	Dépôts de calcium dans les tissus mous, dommages au cœur, aux vaisseaux sanguins et aux reins.	4000 UI/jour (100 mcg/jour)
Vitamine E	Graines de tournesol, amandes, noisettes et cacahuètes.	15 mg/jour	Antioxydant, protège les membranes cellulaires	Cellules rouges brisées, lésions nerveuses	Personnes ayant une mauvaise absorption des graisses, enfants prématurés		1000 mcg/jour à partir de sources complémentaires
Vitamine K	Huiles végétales, légumes verts à feuilles, synthèse par les bactéries intestinales	90-120 mcg/jour	Synthèse des protéines de coagulation du sang et des protéines nécessaires à la santé des os et à la croissance des cellules.	Hémorragie	Nouveaux-nés, personnes sous antibiotiques à long terme	Anémie, lésions cérébrales	ND



Fat-Soluble Vitamins by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, unless where otherwise noted.

Notes

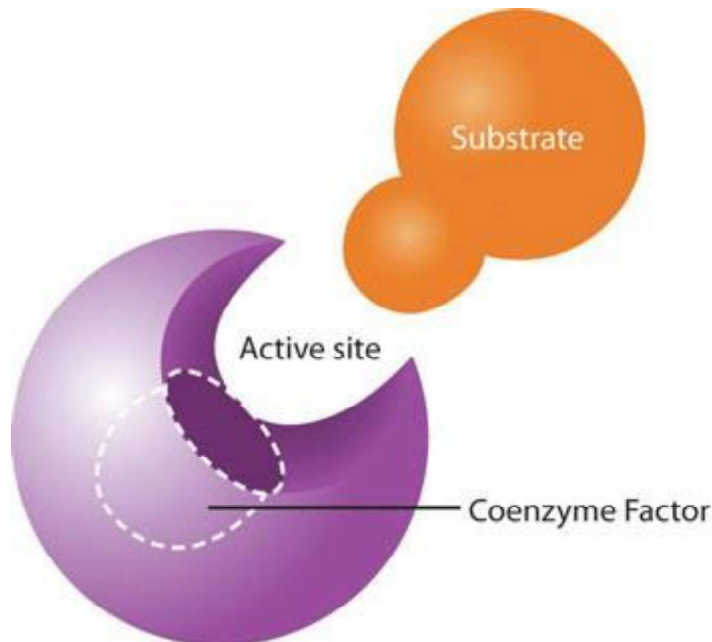
1. Sommer A. Déficit en vitamine A et maladie clinique : An Historical Overview. J Nutr. 2008 ; 138, 1835-39. <http://jn.nutrition.org/content/138/10/1835.long>. Consulté le 4 octobre 2017.
2. Goodman GE, et al. The Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial : Incidence du cancer du poumon et de la mortalité due aux maladies cardiovasculaires pendant un suivi de 6 ans après l'arrêt des suppléments de bêta-carotène et de rétinol. J Natl Cancer Inst. 2004 ; 96(23), 1743-50. <http://jnci.oxfordjournals.org/content/96/23/1743.long>. Consulté le 6 octobre 2017.
3. Fiche d'information sur les compléments alimentaires : Vitamine A. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <http://ods.od.nih.gov/>

- factsheets/VitaminA-QuickFacts/. Mise à jour le 5 septembre 2012. Consulté le 7 octobre 2017.
4. Prévention des fractures par la supplémentation en vitamine D : A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. JAMA. 2005 ; 293(18), 2257-64. <http://jama.ama-assn.org/content/293/18/2257.long>. Consulté le 12 octobre 2017.
 5. Goodman M, Bostlick RM, Kucuk O, Jones DP. Clinical trials of antioxidants as cancer prevention agents : past, present, and future. Free Radic Biol Med. 2011 ; 51(5), 1068-84. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21683786>. Consulté le 5 octobre 2017.
 6. McGinley C, Shafat A, Donnelly AE. Does antioxidant vitamin supplementation protect against muscle damage. Sports Med. 2009 ; 39(12), 1011-32. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19902983>. Consulté le 5 octobre 2017.
 7. Waters DD, et al. Effects of Hormone Replacement Therapy and Antioxidant Vitamin Supplements on Coronary Atherosclerosis in Postmenopausal Women : A Randomized Controlled Trial. JAMA. 2002 ; 288(19), 2432-40. <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/195531>. Consulté le 5 octobre 2017.
 8. Investigateurs des essais HOPE et HOPE-TOO. Effets d'une supplémentation à long terme en vitamine E sur les événements cardiovasculaires et le cancer. JAMA. 2005 ; 293, 1338-47. <http://jama.ama-assn.org/content/293/11/1338.long>, Consulté le 5 octobre 2017.
 9. Lee IM, et al. Vitamin E in the Primary Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer : The Women's Health Study. JAMA. 2005 ; 294, 56-65. <http://jama.ama-assn.org/content/294/1/56.long>. Consulté le 5 octobre 2017.
 10. Devore EE, et al. Dietary Antioxidants and Long-Term Risk of Dementia. Arch Neurol. 2010 ; 67(7), 819-25. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2923546/?tool=pubmed>. Consulté le 5 octobre 2017.
 11. Fiche d'information sur les suppléments diététiques : Vitamin E. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminE-QuickFacts/>. Mis à jour le 11 octobre 2011. Consulté le 5 octobre 2017.

Vitamines hydrosolubles

Toutes les vitamines hydrosolubles jouent un autre type de rôle dans le métabolisme énergétique ; elles sont nécessaires en tant que parties fonctionnelles des enzymes impliquées dans la libération et le stockage de l'énergie. Les vitamines et les minéraux qui font partie des enzymes sont appelés respectivement coenzymes et cofacteurs. Les coenzymes et les cofacteurs sont nécessaires aux enzymes pour catalyser une réaction spécifique. Ils aident à convertir un substrat en un produit final. Les coenzymes et les cofacteurs sont essentiels dans les voies cataboliques et jouent également un rôle dans de nombreuses voies anaboliques. En plus d'être essentiels au métabolisme, de nombreux minéraux et vitamines sont nécessaires au renouvellement et au fonctionnement du sang. Si les niveaux de ces vitamines et minéraux sont insuffisants dans l'alimentation, ils nuisent à la santé du sang et, par conséquent, à l'apport de nutriments et à l'évacuation des déchets, parmi ses nombreuses autres fonctions. Dans cette section, nous allons nous concentrer sur les vitamines qui participent au métabolisme et à la fonction et au renouvellement du sang.

Figure 9.7 Site actif de l'enzyme pour les cofacteurs



Les coenzymes et les cofacteurs sont les vitamines ou minéraux particuliers nécessaires aux enzymes pour catalyser une réaction spécifique.

Vitamine C

La vitamine C, également appelée communément acide ascorbique, est un micronutriment hydrosoluble essentiel dans le régime alimentaire de l'homme, bien que la plupart des autres mammifères puissent facilement la synthétiser. La capacité de la vitamine C à donner facilement des électrons en fait un antioxydant très efficace. Elle est efficace pour éliminer les espèces réactives de l'oxygène, les espèces réactives de l'azote et de nombreux autres radicaux libres. Elle protège les lipides à la fois en neutralisant les radicaux libres et en contribuant à la régénération de la vitamine E.

Outre son rôle d'antioxydant, la vitamine C est un élément indispensable de plusieurs enzymes, comme des molécules de signalisation dans le cerveau, certaines hormones et des acides aminés. La vitamine C est également essentielle à la synthèse et au maintien du collagène.

Le collagène est la protéine la plus abondante dans l'organisme et est utilisé pour différentes fonctions telles que la structure des ligaments, des tendons et des vaisseaux sanguins, ainsi que les cicatrices qui lient les plaies. La vitamine C agit comme la colle qui maintient les fibres de collagène ensemble et sans des niveaux suffisants dans le corps, les brins de collagène sont faibles et anormaux. (Figure 9.8 "Le rôle de la vitamine C dans la synthèse du collagène")

Figure 9.8 Le rôle de la vitamine C dans la synthèse du collagène

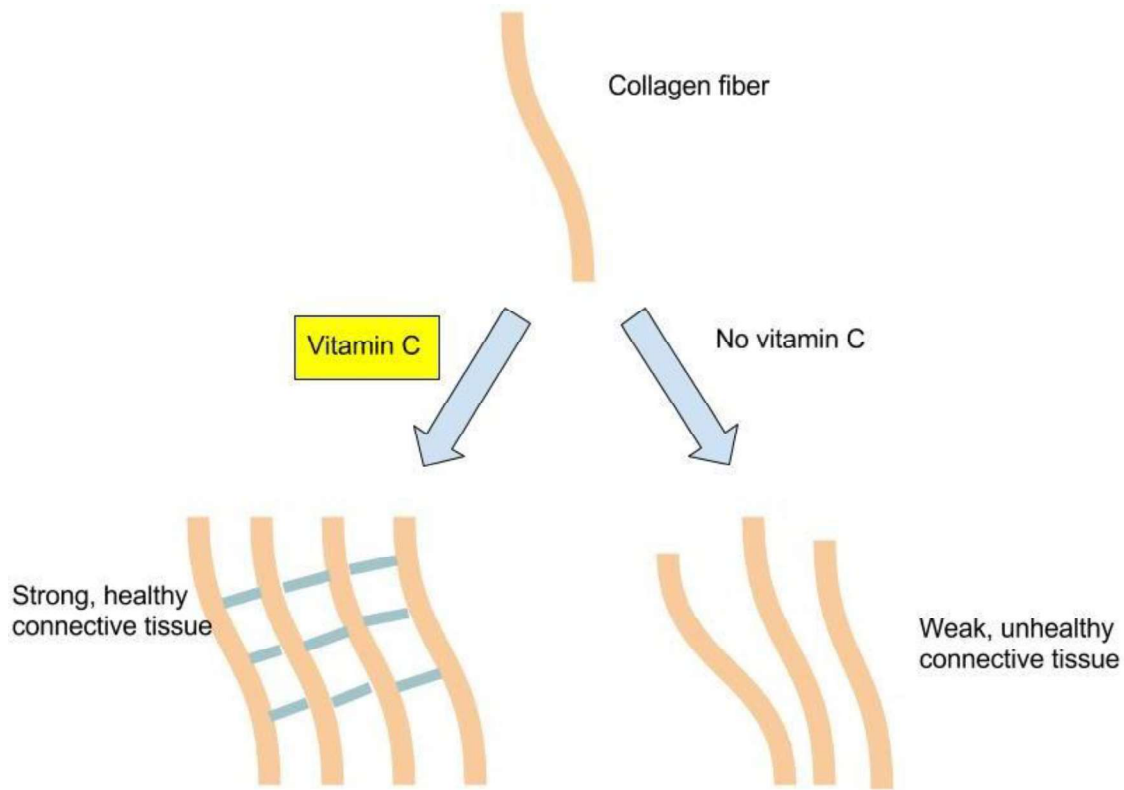


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

Les niveaux de vitamine C dans l'organisme sont affectés par la quantité de nourriture ingérée, qui influence la quantité absorbée et la quantité excrétée par les reins. Ainsi, plus la consommation est élevée, plus la vitamine C est excrétée. La vitamine C n'est pas stockée en quantité significative dans le corps, mais une fois qu'elle a réduit un radical libre, elle est très efficacement régénérée et peut donc exister dans le corps en tant qu'antioxydant fonctionnel pendant de nombreuses semaines.

L'affection classique associée à une carence en vitamine C est le scorbut. Les signes et symptômes du scorbut sont les suivants : troubles cutanés, saignement des gencives, articulations douloureuses, faiblesse, dépression et sensibilité accrue aux infections. Le scorbut peut être évité par une consommation adéquate de fruits et de légumes riches en vitamine C.

Figure 9.9 Saignement des gencives associé au scorbut



MALADIE CARDIOVASCULAIRE

La capacité de la vitamine C à prévenir les maladies fait l'objet de débats depuis de nombreuses années. Dans l'ensemble, des apports alimentaires plus élevés en vitamine C (par le biais des aliments, et non des suppléments) sont liés à une diminution du risque de maladie. Une analyse de plusieurs études publiée dans le numéro d'avril 2009 de la revue *Archives of Internal Medicine* conclut qu'il existe des preuves scientifiques modérées soutenant l'idée que des apports alimentaires élevés en vitamine C sont corrélés à une réduction du risque de maladie cardiovasculaire, mais que les preuves sont insuffisantes pour conclure que la prise de suppléments de vitamine C influence le risque de maladie cardiovasculaire.¹ Il a été démontré que les niveaux de vitamine C dans le corps sont en bonne corrélation avec la consommation de fruits et de légumes, et que des niveaux plus élevés de vitamine C dans le plasma sont liés à une réduction du risque de certaines maladies chroniques. Dans une étude portant sur plus de vingt mille participants, les personnes présentant les niveaux les plus élevés de vitamine C en circulation avaient un risque réduit de 42 % de subir un accident vasculaire cérébral.²

CANCER

Certaines données indiquent qu'un apport plus élevé en vitamine C est lié à une réduction du risque de cancer de la bouche, de la gorge, de l'œsophage, de l'estomac, du côlon et du poumon, mais toutes les études ne confirment pas cette affirmation. Comme dans le cas des études sur les maladies cardiovasculaires, la réduction du risque de cancer est le résultat de la consommation d'aliments riches en vitamine C, tels que les fruits et les légumes, et non de la prise de suppléments de vitamine C. Dans ces études, les effets protecteurs spécifiques de la vitamine C ne peuvent être séparés des nombreuses autres substances chimiques bénéfiques présentes dans les fruits et légumes.

IMMUNITÉ

La vitamine C joue plusieurs rôles dans le système immunitaire, et de nombreuses personnes augmentent leur apport en vitamine C, soit par l'alimentation, soit par des compléments, lorsqu'elles ont un rhume. Beaucoup d'autres prennent systématiquement des suppléments de vitamine C pour prévenir les rhumes. Cependant, contrairement à cette pratique populaire, rien ne prouve que la vitamine C prévient le rhume. Une analyse de plus de cinquante ans d'études, publiée en 2004 dans la Cochrane Database of Systematic Reviews, a conclu que la prise systématique de vitamine C ne prévient pas le rhume chez la plupart des gens, mais qu'elle en réduit légèrement la gravité et la durée. En outre, la prise de mégadoses (jusqu'à 4 grammes par jour) au début d'un rhume n'apporte aucun bénéfice.³

La goutte est une maladie causée par des taux élevés d'acide urique en circulation et se caractérise par des crises récurrentes d'articulations sensibles, chaudes et douloureuses. Certaines données indiquent qu'un apport plus élevé en vitamine C réduit le risque de goutte.

TOXICITÉ DE LA VITAMINE C

De fortes doses de vitamine C ont été signalées comme pouvant causer de nombreux problèmes, mais les seuls effets secondaires systématiquement constatés sont les troubles gastro-intestinaux et la diarrhée. Pour éviter ces désagréments, l'IOM a fixé l'AMT pour les adultes à 2 000 milligrammes par jour (plus de vingt fois l'AJR).

À très fortes doses, en association avec le fer, on a parfois constaté que la vitamine C augmentait le stress oxydatif, ce qui réaffirme qu'il est préférable de puiser ses antioxydants dans les aliments plutôt que dans les suppléments, car cela permet de réguler les niveaux d'apport. Il est prouvé que la prise de suppléments de vitamine C à fortes doses augmente la probabilité de développer des calculs rénaux, mais cet effet est le plus souvent observé chez les personnes qui présentent déjà plusieurs facteurs de risque de calculs rénaux.

APPORTS NUTRITIONNELS DE RÉFÉRENCE POUR LA VITAMINE C

Les AJR et les AMT de la vitamine C pour différents groupes d'âge sont indiqués dans le tableau 9.11 "Apports nutritionnels de référence pour la vitamine C". Ils sont considérés comme adéquats pour prévenir le scorbut. L'efficacité de la vitamine C en tant que piègeur de radicaux libres a incité l'Institute of Medicine (IOM) à augmenter de 35 milligrammes l'ANR pour les fumeurs, car la fumée du tabac est un facteur environnemental et comportemental contribuant à la formation de radicaux libres dans l'organisme.

Tableau 9.11 Apports nutritionnels de référence pour la vitamine C

Groupe d'âge	AJR Hommes et femmes mg/jour	UL
Nourrissons (0-6 mois)	40*	-
Nourrissons (7-12 mois)	50*	-
Enfants (1-3 ans)	15	400
Enfants (4-8 ans)	25	650
Enfants (9-13 ans)	45	1200
Adolescents (14-18 ans)	75 (hommes), 65 (femmes)	1800
Adultes (> 19 ans)	90 (hommes), 75 (femmes)	2000

*indique un apport adéquat

Source : Fiche d'information sur les compléments alimentaires : Vitamine C. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-QuickFacts/>. Mis à jour le 24 juin 2011. Consulté le 5

octobre 2017.

SOURCES ALIMENTAIRES DE VITAMINE C

Les agrumes sont d'excellentes sources de vitamine C, tout comme de nombreux légumes. En fait, dans le passé, les marins britanniques étaient souvent appelés "limeys" car ils transportaient des sacs de limes sur les navires pour prévenir le scorbut. La vitamine C ne se trouve pas en quantité significative dans les aliments d'origine animale.

La vitamine C étant soluble dans l'eau, elle s'échappe considérablement des aliments pendant la cuisson, la congélation, la décongélation et la mise en conserve. Jusqu'à 50 % de la vitamine C peut être éliminée par ébullition. Par conséquent, pour maximiser l'apport en vitamine C des aliments, vous devez consommer les fruits et légumes crus ou légèrement cuits à la vapeur. Pour connaître la teneur en vitamine C de divers aliments, consultez le tableau 9.12 " Teneur en vitamine C de divers aliments ".

Tableau 9.12 Teneur en vitamine C de divers aliments

Alimentation	Servir	Vitamine C (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Jus d'orange	6 oz.	93	155
Jus de pamplemousse	6 oz.	70	117
Orange	1 moyen	70	117
Fraises	1 c.	85	164
Tomate	1 moyen	17	28
Poivron rouge doux	½ c. brut	95	158
Brocoli	½ c. cuite	51	65
Laitue romaine	2 c.	28	47
Chou-fleur	1 c. bouillie	55	86
Pomme de terre	1 moyenne, cuite au four	17	28

Source : Fiche d'information sur les compléments alimentaires : Vitamine C. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <http://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-QuickFacts/>. Mis à jour le 24 juin 2011. Consulté le 5 octobre 2017.

Thiamine (B₁)

La thiamine est particulièrement importante dans le métabolisme du glucose. Elle agit comme un cofacteur pour les enzymes qui dégradent le glucose pour la production d'énergie (Figure 9.7 " Site actif des enzymes pour les cofacteurs "). La thiamine joue un rôle clé dans les cellules nerveuses car le glucose catabolisé par la thiamine est nécessaire comme source d'énergie. De plus, la thiamine joue un rôle dans la synthèse des neurotransmetteurs et est donc nécessaire à la synthèse de l'ARN, de l'ADN et de l'ATP.

Le cerveau et le cœur sont les plus touchés par une carence en thiamine. La carence en thiamine, également connue sous le nom de béribéri, peut entraîner des symptômes tels que la fatigue, la confusion, des troubles de la motricité, des douleurs dans les extrémités inférieures, des gonflements et une insuffisance cardiaque. Elle est répandue dans les sociétés dont le riz blanc est la principale denrée alimentaire. Lors du traitement du riz blanc, le son est retiré, ainsi que ce que l'on appelait au début du XIXe siècle les "facteurs accessoires", qui sont vitaux pour le métabolisme. Le Dr Christiaan Eijkman, médecin néerlandais, a guéri des poulets du béribéri en les nourrissant de son de riz non poli en

1897. En 1912, Sir Frederick Gowland Hopkins a déterminé, à partir de ses expériences sur des animaux, que les "facteurs accessoires", rebaptisés par la suite "vitamines", sont nécessaires dans le régime alimentaire pour favoriser la croissance, car les animaux nourris avec un régime composé uniquement de glucides, de protéines, de graisses et de minéraux ne se développent pas. ⁴Eijkman et Hopkins ont reçu le prix Nobel de physiologie (ou de médecine) en 1929 pour leurs découvertes dans la nouvelle science de la nutrition.

Une autre carence en thiamine courante, connue sous le nom de syndrome de Wernicke-Korsakoff, peut provoquer des symptômes similaires à ceux du béribéri, tels que la confusion, la perte de coordination, des modifications de la vision, des hallucinations, et peut évoluer vers le coma et la mort. Cette affection est spécifique aux alcooliques, car les régimes à forte teneur en alcool peuvent entraîner une carence en thiamine. Les autres personnes à risque sont celles qui ont une alimentation généralement pauvre en micronutriments, comme les personnes souffrant de troubles de l'alimentation, les personnes âgées et les personnes ayant subi un pontage gastrique.⁵

Figure 9.10 Le rôle de la thiamine

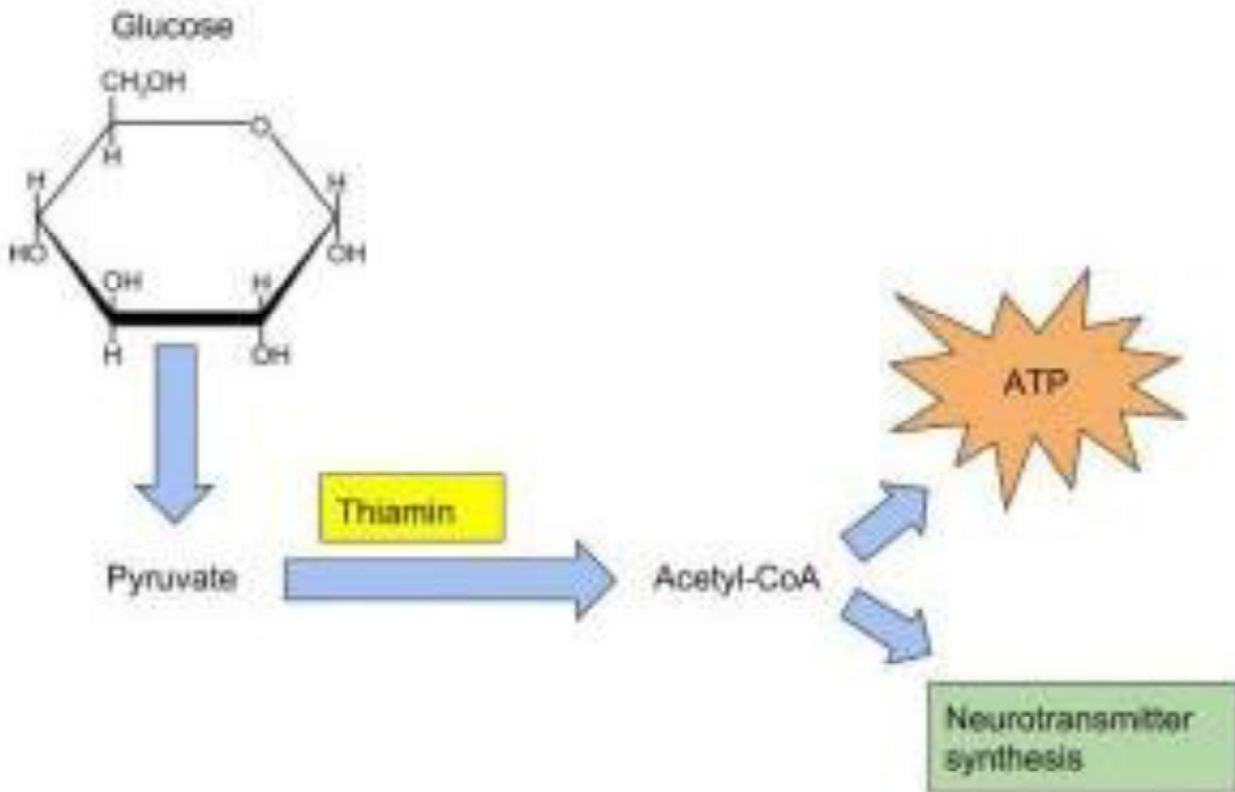
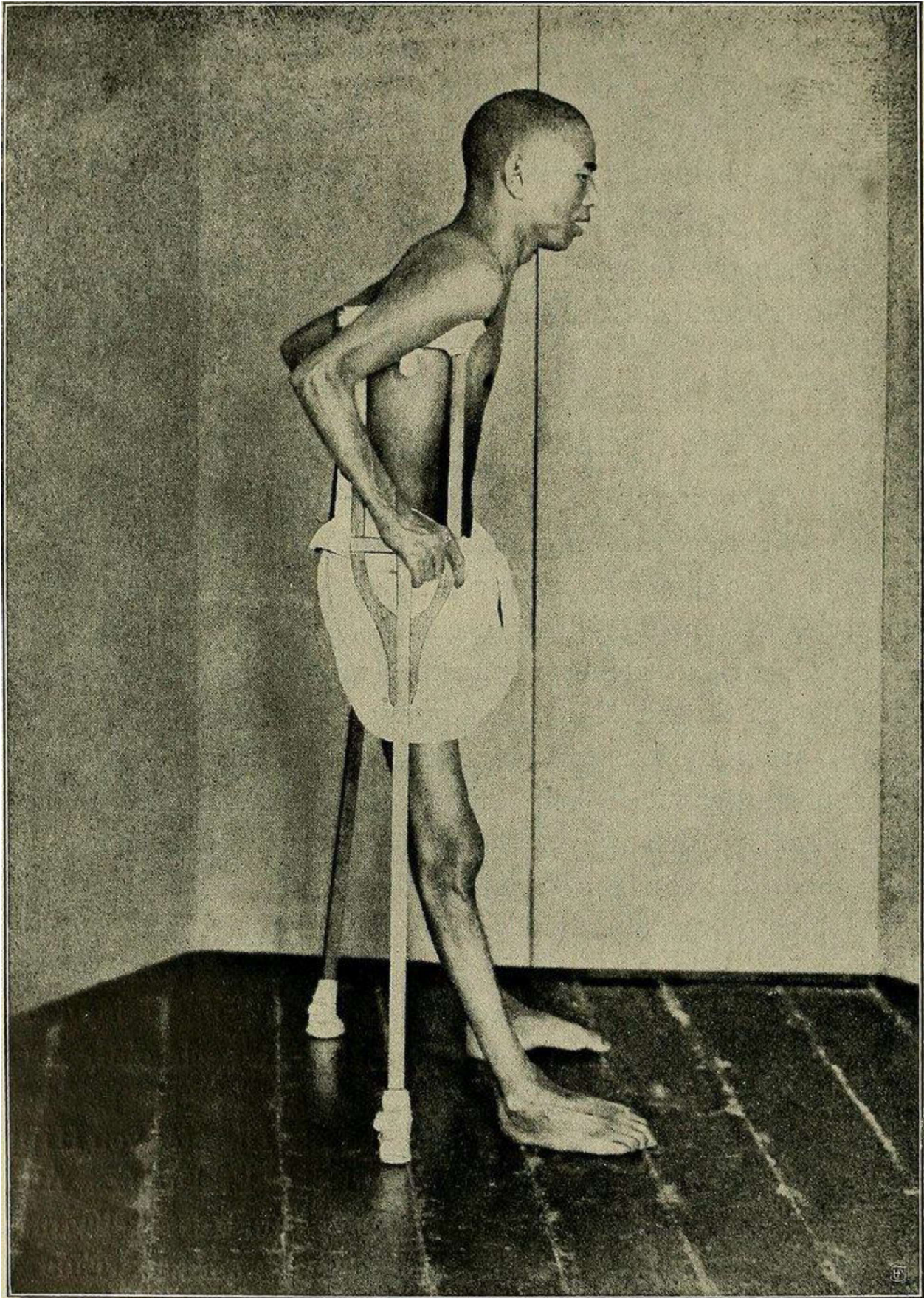


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

Figure 9.11 Béribéri, carence en thiamine



LES APPORTS NUTRITIONNELS DE RÉFÉRENCE

Les AJR et les AMT de la thiamine pour différents groupes d'âge sont indiqués dans le tableau 9.13 "Apports nutritionnels de référence pour la thiamine". Il n'existe pas d'AMT pour la thiamine car aucun rapport n'a été établi sur la toxicité d'une consommation excessive de nourriture ou de suppléments.

Tableau 9.13 Apports nutritionnels de référence pour la thiamine

Groupe d'âge	AJR Hommes et femmes mg/jour
Nourrissons (0-6 mois)	0.2 *
Nourrissons (7-12 mois)	0.3
Enfants (1-3 ans)	0.5
Enfants (4-8 ans)	0.6
Enfants (9-13 ans)	0.9
Adolescents (14-18 ans)	1,2 (hommes), 1,0 (femmes)
Adultes (> 19 ans)	1,2 (hommes), 1,1 (femmes)

*indique un apport adéquat

Fiche d'information pour les professionnels de la santé : Thiamine. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Thiamin-HealthProfessional/> . Mis à jour le 11 février 2016 . Consulté le 5 octobre 2017.

SOURCES ALIMENTAIRES

Les céréales complètes, la viande et le poisson sont d'excellentes sources de thiamine. Les États-Unis, ainsi que de nombreux autres pays, enrichissent leurs pains et céréales raffinés. Pour connaître la teneur en thiamine de divers aliments, consultez le tableau 9.14 " Teneur en thiamine de divers aliments ".

Tableau 9.14 Teneur en thiamine de divers aliments

Alimentation	Servir	Thiamine (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Céréales pour petit-déjeuner, enrichies	1 portion	1.5	100
Riz blanc, enrichi	½ c.	1.4	73
Côtelette de porc, grillée	3 oz.	0.4	27
Haricots noirs, bouillis	½ c.	0.4	27
Thon, cuit	3 oz.	0.2	13
Riz brun, cuit, non enrichi	½ c.	0.1	7
Pain de blé complet	1 tranche	0.1	7
2% de lait	8 oz.	0.1	7
Cheddar	1 ½ oz	0	0
Pomme, en tranches	1 c.	0	0

Fiche d'information pour les professionnels de la santé : Thiamine. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Thiamin-HealthProfessional/> . Mis à jour le 11 février 2016 . Consulté le 5 octobre 2017.

Riboflavine (B2)

La riboflavine est un composant essentiel des flavoprotéines, qui sont des coenzymes intervenant dans de nombreuses voies métaboliques du métabolisme des glucides, des lipides et des protéines. Les flavoprotéines contribuent au transfert des électrons dans la chaîne de transport des électrons. En outre, les fonctions d'autres coenzymes de la vitamine B, comme la vitamine B₆ et le folate, dépendent de l'action des flavoprotéines. La partie "flavine" de la riboflavine lui donne une couleur jaune vif, un attribut qui a contribué à sa découverte en tant que vitamine. Lorsque la riboflavine est prise en quantité excessive (sous forme de supplément), l'excès est excrété par les reins et apparaît dans l'urine. Bien que la couleur puisse vous alarmer, elle est inoffensive. Aucun effet indésirable de doses élevées de riboflavine provenant d'aliments ou de suppléments n'a été signalé.

La carence en riboflavine, parfois appelée ariboflavinose, s'accompagne souvent d'autres carences alimentaires (notamment en protéines) et peut être fréquente chez les personnes souffrant d'alcoolisme. Cette carence se produit généralement aussi en conjonction avec des carences en d'autres vitamines B, car la majorité des vitamines B ont des sources alimentaires similaires. Ses signes et symptômes comprennent une peau sèche et squameuse, des craquements des lèvres et des coins de la bouche, des maux de gorge, des démangeaisons oculaires et une sensibilité à la lumière.

Apports nutritionnels de référence

Les AJR de riboflavine pour différents groupes d'âge sont indiqués dans le tableau 9.15 "Apports nutritionnels de référence pour la riboflavine". Il n'existe pas d'AMT pour la riboflavine car aucune toxicité n'a été signalée lorsqu'une quantité excessive a été consommée par le biais d'aliments ou de suppléments.

Tableau 9.15 Apports nutritionnels de référence pour la riboflavine

Groupe d'âge	AJR Hommes et femmes mg/jour
Nourrissons (0-6 mois)	0.3 *
Nourrissons (7-12 mois)	0.4*
Enfants (1-3 ans)	0.5
Enfants (4-8 ans)	0.6
Enfants (9-13 ans)	0.9
Adolescents (14-18 ans)	1,3 (hommes), 1,0 (femmes)
Adultes (> 19 ans)	1,3 (hommes), 1,1 (femmes)

*indique un apport adéquat

Fiche d'information pour les professionnels de la santé, Riboflavine. National Institute of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Riboflavin-HealthProfessional/>. Mis à jour le 11 février 2016. Consulté le 22 octobre, 2017.

SOURCES ALIMENTAIRES

La riboflavine peut être trouvée dans une variété d'aliments différents, mais il est important de se rappeler qu'elle peut être détruite par la lumière du soleil. Le lait est l'une des meilleures sources de riboflavine dans l'alimentation et était autrefois livré et emballé dans des bouteilles en verre. Cet emballage a été remplacé par des récipients en plastique opaque ou en carton pour empêcher la lumière de détruire la riboflavine du lait. Pour connaître la teneur en riboflavine de divers aliments, consultez le tableau 9.16 " Teneur en riboflavine de divers aliments ".

Tableau 9.16 Teneur en riboflavine de divers aliments

Alimentation	Servir	Riboflavine (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Foie de bœuf	3 oz.	2.9	171
Céréales pour petit-déjeuner, enrichies	1 portion	1.7	100
Avoine instantanée, enrichie	1 c.	1.1	65
Yogourt nature, sans gras	1 c.	0.6	35
2 % de lait	8 oz.	0.5	29
Bœuf, filet mignon	3 oz.	0.4	24
Champignons Portabella, en tranches	½ c.	0.3	18
Amandes, grillées à sec	1 oz.	0.3	18
Œuf brouillé	1 grand	0.2	12
Quinoa	1 c.	0.2	12
Saumon, en conserve	3 oz.	0.2	12
Épinards, crus	1 c.	0.1	6
Riz brun	½ c.	0	0

Fiche d'information pour les professionnels de la santé, Riboflavine. National Institute of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Riboflavin-HealthProfessional/>. Mis à jour le 11 février 2016. Consulté le 22 octobre, 2017.

Niacine (B3)

La niacine est un composant des coenzymes NADH et NADPH, qui interviennent dans le catabolisme et/ou l'anabolisme des glucides, des lipides et des protéines. Le NADH est le transporteur d'électrons prédominant et transfère les électrons à la chaîne de transport d'électrons pour fabriquer l'ATP. Le NADPH est également nécessaire pour les voies anaboliques de la synthèse des acides gras et du cholestérol. Contrairement aux autres vitamines, la niacine peut être synthétisée par l'homme à partir de l'acide aminé tryptophane dans un processus anabolique nécessitant des enzymes dépendant de la riboflavine, de la vitamine B₆ et du fer. La niacine n'est fabriquée à partir du tryptophane qu'après que celui-ci ait satisfait tous ses autres besoins dans l'organisme. La contribution de la niacine dérivée du tryptophane aux besoins en niacine de l'organisme est très variable et quelques études scientifiques ont démontré que les régimes riches en tryptophane ont très peu d'effet sur la carence en niacine. La carence en niacine est communément appelée pellagre et ses symptômes comprennent la fatigue, la diminution de l'appétit et l'indigestion. Ces symptômes sont ensuite couramment suivis des quatre D : diarrhée, dermatite, démence et parfois mort.

Figure 9.12 Conversion du tryptophane en niacine

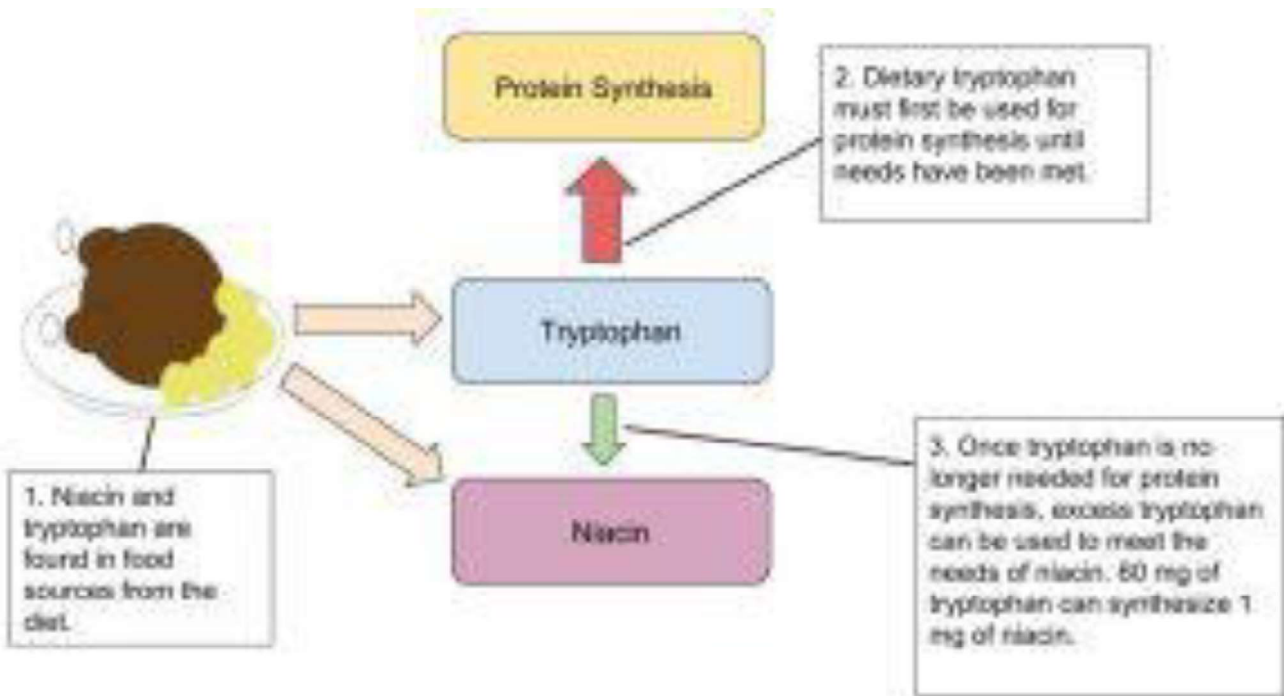


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

Figure 9.13 Carence en niacine, pellagre



Image par Herbert L. Fred, MD, Hendrik A. van Dijk / CC BY-SA 3.0

LES APPORTS NUTRITIONNELS DE RÉFÉRENCE

Les AJR et les AMT de la niacine pour différents groupes d'âge sont indiqués dans le tableau 9.17 "Apports nutritionnels de référence pour la niacine". Comme les besoins en niacine peuvent être satisfaits à partir du tryptophane, l'ANR est exprimé en équivalents niacine (EN). Les conversions des NE, de la niacine et du tryptophane sont les suivantes : 1 mg NE= 60 mg tryptophane= 1 mg niacine

Tableau 9.17 Apports nutritionnels de référence pour la niacine

Groupe d'âge	AJR Hommes et femmes mg NE/jour)	UL
Nourrissons (0-6 mois)	2 *	Impossible à établir
Nourrissons (7-12 mois)	4*	Impossible à établir
Enfants (1-3 ans)	6	10
Enfants (4-8 ans)	8	15
Enfants (9-13 ans)	12	20
Adolescents (14-18 ans)	16 (hommes), 14 (femmes)	30
Adultes (> 19 ans)	16 (hommes), 14 (femmes)	35

*indique un apport adéquat

Centre d'information sur les micronutriments : Niacine. Oregon State University, Linus Pauling Institute. <http://lpi.oregonstate.edu/mic/vitamins/niacine>. Mise à jour en juillet 2013. Consulté le 22 octobre 2017.

SOURCES ALIMENTAIRES

La niacine peut être trouvée dans une variété d'aliments différents tels que la levure, la viande, la volaille, le poisson rouge et les céréales. Dans les plantes, en particulier les céréales mures, la niacine peut être liée à des molécules de sucre, ce qui peut diminuer considérablement la biodisponibilité de la niacine. Pour connaître la teneur en niacine de divers aliments, voir le tableau 9.18 " Teneur en niacine de divers aliments ".

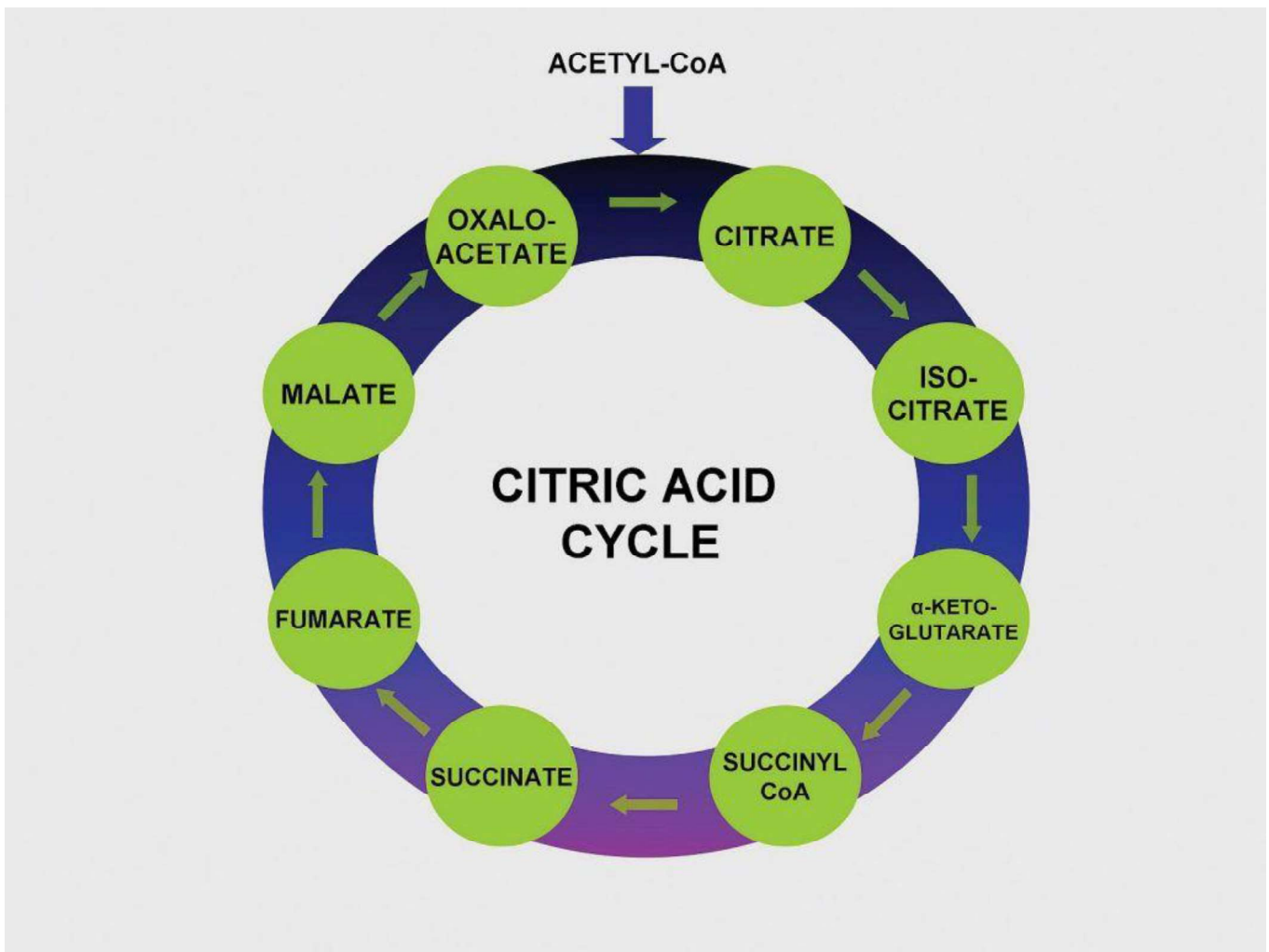
Tableau 9.18 Teneur en niacine de divers aliments

Alimentation	Servir	Niacine (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Poulet	3 oz.	7.3	36.5
Thon	3 oz.	8.6	43
Turquie	3 oz.	10.0	50
Saumon	3 oz.	8.5	42.5
Bœuf (90 % maigre)	3 oz.	4.4	22
Céréales (non enrichies)	1 c.	5	25
Céréales (enrichies)	1 c.	20	100
Cacahuètes	1 oz.	3.8	19
Pain de blé complet	1 tranche	1.3	6.5
Café	8 oz.	0.5	2.5

Centre d'information sur les micronutriments : Niacine. Oregon State University, Linus Pauling Institute. <http://lpi.oregonstate.edu/mic/vitamins/niacine>. Mise à jour en juillet 2013. Consulté le 22 octobre 2017.

Acide pantothénique (B5)

Figure 9.14 Rôle de l'acide pantothénique dans le cycle de l'acide citrique



L'acide pantothénique (vitamine B5) constitue la coenzyme A, qui transporte les carbones du glucose, des acides gras et des acides aminés dans le cycle de l'acide citrique sous forme d'acétyl-CoA.

L'acide pantothénique forme le coenzyme A, qui est le principal transporteur de molécules de carbone dans une cellule. L'acétyl-CoA est le transporteur de carbone du glucose, des acides gras et des acides aminés dans le cycle de l'acide citrique (Figure 9.14 " Rôle de l'acide pantothénique dans le cycle de l'acide citrique "). Le coenzyme A intervient également dans la synthèse des lipides, du cholestérol et de l'acétylcholine (un neurotransmetteur). Une carence en acide pantothénique est exceptionnellement rare. Les signes et symptômes comprennent la fatigue, l'irritabilité, l'engourdissement, les douleurs musculaires et les crampes. Vous avez peut-être vu de l'acide pantothénique sur de nombreuses listes d'ingrédients pour les produits de soins de la peau et des cheveux ; cependant, il n'existe aucune preuve scientifique solide que l'acide pantothénique améliore la peau ou les cheveux humains.

LES APPORTS NUTRITIONNELS DE RÉFÉRENCE

Étant donné qu'il existe peu d'informations sur les besoins en acides pantothéniques, le Food and Nutrition Board (FNB) a élaboré des apports suffisants (AS) sur la base des apports alimentaires observés dans des groupes de population en bonne santé. Les AS de l'acide pantothénique pour différents groupes d'âge sont indiqués dans le tableau 9.19 "Apports nutritionnels de référence pour l'acide pantothénique".

Tableau 9.19 Apports nutritionnels de référence en acide pantothénique

Groupe d'âge	AI mâles et femelles mg/jour)
Nourrissons (0-6 mois)	1.7
Nourrissons (7-12 mois)	1.8
Enfants (1-3 ans)	2
Enfants (4-8 ans)	3
Enfants (9-13 ans)	4
Adolescents (14-18 ans)	5
Adultes (> 19 ans)	5

Centre d'information sur les micronutriments : Acide pantothénique. Oregon State University, Linus Pauling Institute. <http://lpi.oregonstate.edu/mic/vitamins/patothenic-acid> . Mise à jour en juillet 2013. Consulté le 22 octobre 2017.

SOURCES ALIMENTAIRES

L'acide pantothénique est largement répandu dans tous les types d'aliments, c'est pourquoi une carence en ce nutriment est rare. L'acide pantothénique tire son nom du mot grec "pantothern" qui signifie "de partout". Pour connaître la teneur en acide pantothénique de divers aliments, consultez le tableau 9.20 "Teneur en acide pantothénique de divers aliments".

Tableau 9.20 Teneur en acide pantothénique de divers aliments

Alimentation	Servir	Acide pantothénique (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Graines de tournesol	1 oz.	2	20
Poissons, truites	3 oz.	1.9	19
Yogourt nature sans matières grasses	8 oz.	1.6	16
Homard	3 oz.	1.4	14
Avocat	½ fruit	1	10
Patate douce	1 moyen	1	10
Lait	8 fl oz.	0.87	8.7
Œuf	1 grand	0.7	7
Orange	1 entier	0.3	3
Pain de blé complet	1 tranche	0.21	2.1

Centre d'information sur les micronutriments : Acide pantothénique. Oregon State University, Linus Pauling Institute. <http://lpi.oregonstate.edu/mic/vitamins/patothenic-acid> . Mise à jour en juillet 2013. Consulté le 22 octobre 2017.

Biotine

La biotine est nécessaire en tant que coenzyme dans le cycle de l'acide citrique et dans le métabolisme des lipides. Elle est également nécessaire en tant qu'enzyme dans la synthèse du glucose et de certains acides aminés non essentiels. Une enzyme spécifique, la biotinidase, est nécessaire pour libérer la biotine des protéines afin qu'elle puisse être absorbée dans l'intestin. Une certaine synthèse bactérienne de la biotine a lieu dans le côlon, mais elle ne constitue pas une source importante de biotine. La carence en biotine est rare, mais elle peut être provoquée par la consommation de grandes quantités de blanc d'œuf.

sur une période prolongée. Cela est dû au fait qu'une protéine contenue dans le blanc d'œuf se lie étroitement à la biotine, ce qui rend son absorption impossible. Une maladie génétique rare provoquant un dysfonctionnement de l'enzyme biotinidase entraîne également une carence en biotine. Les symptômes de la carence en biotine sont similaires à ceux des autres vitamines B, mais peuvent également inclure la perte de cheveux lorsqu'ils sont graves.

LES APPORTS NUTRITIONNELS DE RÉFÉRENCE

Comme il existe peu d'informations sur les besoins en biotine, la FNB a élaboré des apports suffisants (AS) sur la base des apports alimentaires observés dans des groupes de population en bonne santé. Les AI pour différents groupes d'âge pour la biotine sont énumérés dans le tableau ci-dessous.

9.21 "Apports nutritionnels de référence pour la biotine".

Tableau 9.21 Apports nutritionnels de référence pour la biotine

Groupe d'âge	AI mâles et femelles mcg/jour)
Nourrissons (0-6 mois)	5
Nourrissons (7-12 mois)	6
Enfants (1-3 ans)	8
Enfants (4-8 ans)	12
Enfants (9-13 ans)	20
Adolescents (14-18 ans)	25
Adultes (> 19 ans)	30

Fiche d'information pour les professionnels de la santé : Biotine. Institut national de la santé, Bureau des compléments alimentaires. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Biotin-HealthProfessional/>. Mise à jour le 3 octobre 2017. Consulté le 10 novembre 2017.

SOURCES ALIMENTAIRES

La biotine se trouve dans des aliments tels que les œufs, le poisson, la viande, les graines, les noix et certains légumes. Pour connaître la teneur en acide pantothénique de divers aliments, voir le tableau 9.22 "Teneur en biotine de divers aliments".

Tableau 9.22 Teneur en biotine de divers aliments

Alimentation	Servir	Biotine (mcg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Œufs	1 grand	10	33.3
Saumon, en conserve	3 oz.	5	16.6
Côtelette de porc	3 oz.	3.8	12.6
Graines de tournesol	¼ c.	2.6	8.6
Patate douce	½ c.	2.4	8
Amandes	¼ c.	1.5	5
Thon, en conserve	3 oz.	0.6	2
Brocoli	½ c.	0.4	1.3
Banane	½ c.	0.2	0.6

* AI actuel utilisé pour déterminer le pourcentage
de la valeur quotidienne

Fiche d'information pour les professionnels de la santé : Biotine. Institut national de la santé, Bureau des compléments alimentaires. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Biotin-HealthProfessional/>. Mise à jour le 3 octobre 2017. Consulté le 10 novembre 2017.

Vitamine B₆ (Pyridoxine)

La vitamine B₆ est la coenzyme impliquée dans une grande variété de fonctions dans le corps. L'une de ses principales fonctions est le transfert d'azote entre les acides aminés, qui joue un rôle dans la synthèse et le catabolisme des acides aminés. Elle a également pour fonction de libérer le glucose du glycogène dans la voie catabolique de la glycolyse et est requise par les enzymes pour la synthèse de plusieurs neurotransmetteurs et de l'hémoglobine (Figure 9.15 " La fonction de la vitamine B₆ dans le métabolisme des acides aminés ").

La vitamine B₆ est également une coenzyme nécessaire à la synthèse de l'hémoglobine. Une carence en vitamine B₆ peut provoquer une anémie, mais elle est d'un type différent de celle provoquée par une insuffisance de folate, de cobalamine ou de fer, bien que les symptômes soient similaires. La taille des globules rouges est normale ou un peu plus petite, mais la teneur en hémoglobine est plus faible. Cela signifie que chaque globule rouge a une capacité moindre à transporter de l'oxygène, ce qui entraîne une faiblesse musculaire, de la fatigue et un essoufflement. D'autres symptômes de carence en vitamine B₆ peuvent provoquer des dermatites, des lésions buccales et de la confusion.

Figure 9.15 La fonction de la vitamine B₆ dans le métabolisme des acides aminés

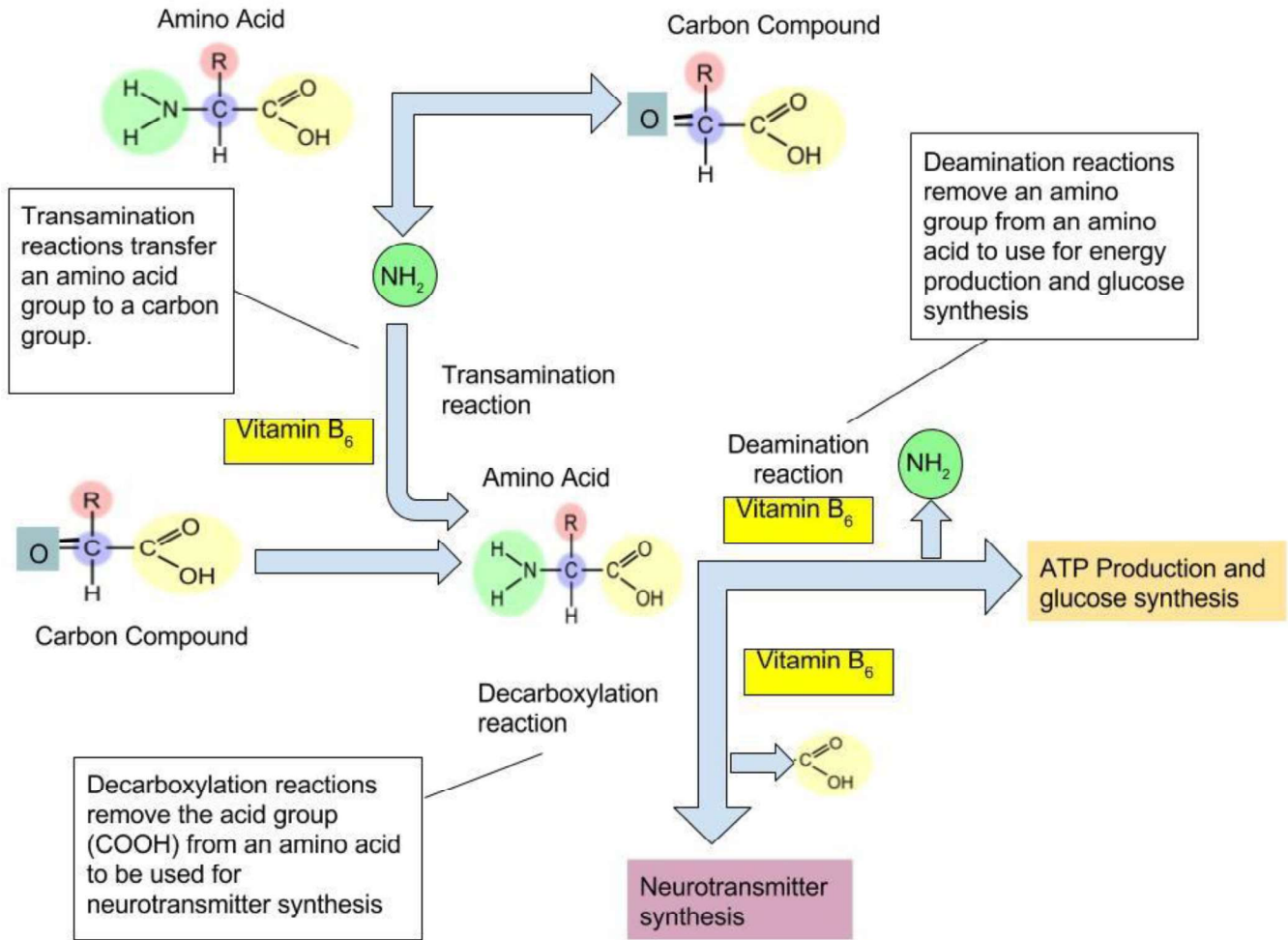


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

La coenzyme vitamine B₆ est nécessaire à un certain nombre de réactions différentes qui sont essentielles à la synthèse des acides aminés, au catabolisme énergétique et à la synthèse du glucose et des neurotransmetteurs.

Figure 9.16 Vitamine B₆ Rôle fonctionnel des coenzymes

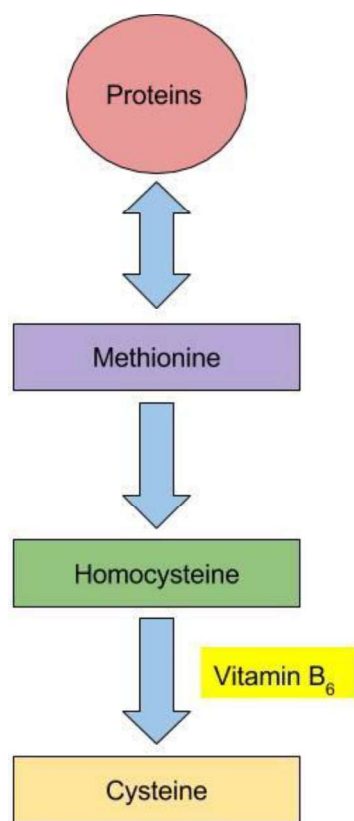


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

La vitamine B6 coenzyme est essentielle pour la conversion de l'acide aminé méthionine en cystéine. En cas de faible taux de vitamine B6, l'homocystéine s'accumule dans le sang. Un taux élevé d'homocystéine augmente le risque de maladie cardiaque.

Toxicité de la vitamine B6

À l'heure actuelle, aucun effet indésirable n'a été associé à un apport alimentaire élevé en vitamine B6, mais des doses supplémentaires importantes peuvent provoquer de graves troubles nerveux. Pour éviter cela, l'AMT pour les adultes est fixé à 100 mg/jour.

Apports nutritionnels de référence

Les AJR et les AMT pour différents groupes d'âge pour la vitamine B6 sont indiqués dans le tableau 9.23 "Apports nutritionnels de référence pour la vitamine B6".

Tableau 9.23 Apports nutritionnels de référence en vitamine B6

Groupe d'âge	AJR Hommes et femmes mg/jour	UL
Nourrissons (0-6 mois)	0.1*	Impossible à déterminer
Nourrissons (7-12 mois)	0.3*	Impossible à déterminer
Enfants (1-3 ans)	0.5	30
Enfants (4-8 ans)	0.6	40
Enfants (9-13 ans)	1	60
Adolescents (14-18 ans)	1,3 (hommes), 1,2 (femmes)	80
Adultes (> 19 ans)	1.3	100

*indique un apport adéquat

Fiche d'information sur les suppléments diététiques : Vitamine B₆. National Institute of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminB6-HealthProfessional/>. Mises à jour le 11 février 2016. Consulté le 22 octobre, 2017.

Sources alimentaires

La vitamine B₆ peut être trouvée dans une variété d'aliments. Les sources les plus riches sont le poisson, le foie de bœuf et autres abats, les pommes de terre et autres légumes et fruits riches en amidon. Pour connaître la teneur en vitamine B₆ de divers aliments, voir le tableau 9.24 "Teneur en vitamine B₆ de divers aliments".

Tableau 9.24 Teneur en vitamine B₆ de divers aliments

Alimentation	Servir	Vitamine B ₆ (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Pois chiches	1 c.	1.1	55
Thon, frais	3 oz.	0.9	45
Saumon	3 oz.	0.6	30
Pommes de terre	1 c.	0.4	20
Banane	1 moyen	0.4	20
Galette de bœuf haché	3 oz.	0.3	10
Riz blanc, enrichi	1 c.	0.1	5
Epinards	½ c	0.1	5

Fiche d'information sur les suppléments diététiques : Vitamine B₆. National Institute of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminB6-HealthProfessional/>. Mises à jour le 11 février 2016. Consulté le 22 octobre, 2017.

Folate

Le folate est une coenzyme nécessaire à la synthèse de la méthionine, un acide aminé, et à la fabrication de l'ARN et de l'ADN. Par conséquent, les cellules qui se divisent rapidement sont les plus touchées par une carence en folates. Les

globules rouges, les globules blancs et les plaquettes sont continuellement synthétisés dans la moelle osseuse à partir de cellules souches qui se divisent. Lorsque les folates sont déficients, les cellules ne peuvent pas se diviser normalement. Une conséquence de la carence en folates est l'anémie macrocytaire ou mégaloblastique. Macrocytaire et mégaloblastique signifient

"grande cellule", et l'anémie se réfère à moins de globules rouges ou à des globules rouges contenant moins d'hémoglobine. L'anémie macrocytaire se caractérise par des globules rouges plus gros et moins nombreux. Elle est causée par l'incapacité des globules rouges à produire de l'ADN et de l'ARN assez rapidement - les cellules se développent mais ne se divisent pas, ce qui les rend de grande taille. (Figure 9.17 " Les folates et la formation de l'anémie macrocytaire ")

Figure 9.17 Folate et formation de l'anémie macrocytaire

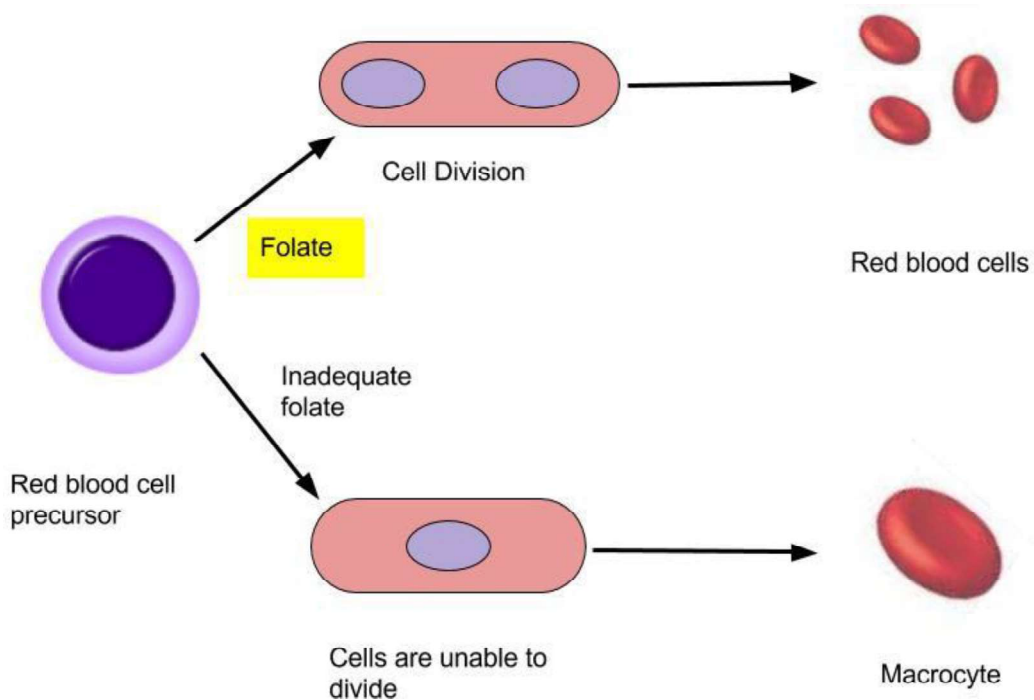


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

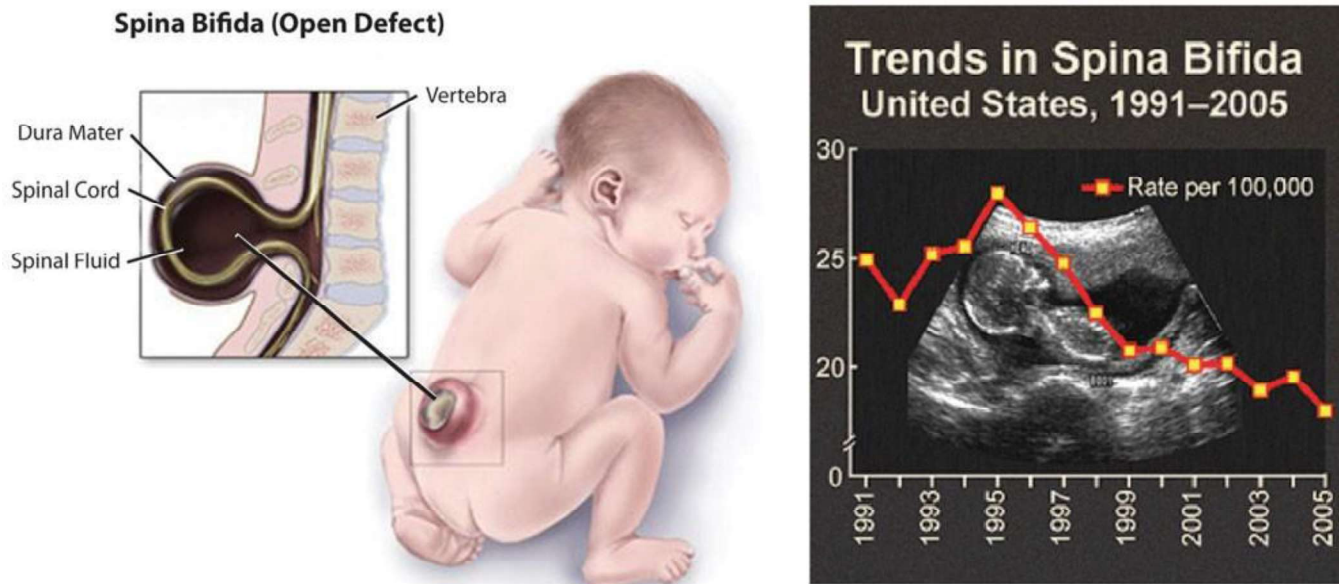
Les folates sont particulièrement essentiels à la croissance et à la spécialisation des cellules du système nerveux central. Les enfants dont la mère présentait une carence en folates pendant la grossesse ont un risque plus élevé d'anomalies du tube neural à la naissance. La carence en folates est liée au développement du spina bifida, une malformation du tube neural qui se produit lorsque la colonne vertébrale n'entoure pas complètement la moelle épinière. Le spina bifida peut entraîner de nombreux handicaps physiques et mentaux (Figure 9.18 " Le spina bifida chez le nourrisson ").

). Des études d'observation montrent que la prévalence des anomalies du tube neural a diminué après l'enrichissement en folate des produits céréaliers enrichis en 1996 aux États-Unis (et en 1998 au Canada) par rapport à ce qu'elle était avant l'enrichissement en folate des produits céréaliers.

De plus, les résultats d'essais cliniques ont démontré que les anomalies du tube neural sont significativement réduites dans le groupe de l'hormone de croissance.

la progéniture des mères qui ont commencé à prendre des suppléments de folate un mois avant de devenir enceintes et tout au long de la grossesse. En réponse aux preuves scientifiques, le Food and Nutrition Board de l'Institute of Medicine (IOM) a augmenté l'ANR pour le folate à 600 microgrammes par jour pour les femmes enceintes. Certains craignaient que des apports plus élevés en folates puissent provoquer un cancer du côlon, mais les études scientifiques réfutent cette hypothèse.

Figure 9.18 Spina Bifida chez les nourrissons



Le spina-bifida est une malformation du tube neural qui peut avoir de graves conséquences sur la santé.

LES APPORTS NUTRITIONNELS DE RÉFÉRENCE

Les AJR et les AMT des folates pour différents groupes d'âge sont indiqués dans le tableau 9.25 " Apports nutritionnels de référence pour les folates ". Le folate est un composé que l'on trouve naturellement dans les aliments. Cependant, l'acide folique est la forme de structure chimique qui est utilisée dans les compléments alimentaires ainsi que dans les aliments enrichis tels que les céréales. La FNB a développé des équivalents folates alimentaires (EFA) pour refléter le fait que l'acide folique est plus biodisponible et plus facilement absorbé que le folate présent dans les aliments. Les conversions pour les différentes formes sont indiquées ci-dessous.

1 mcg d'EFD = 1 mcg de folate alimentaire

1 mcg DFE = 0,6 mcg d'acide folique provenant d'aliments enrichis ou de compléments

alimentaires consommés avec des aliments 1 mcg DFE = 0,5 mcg d'acide folique provenant de compléments alimentaires pris à jeun

Tableau 9.25 Apports nutritionnels de référence pour les folates

Groupe d'âge	AJR Hommes et femmes mcg DFE/jour	UL
Nourrissons (0-6 mois)	65*	Impossible à déterminer
Nourrissons (7-12 mois)	80*	Impossible à déterminer
Enfants (1-3 ans)	150	300
Enfants (4-8 ans)	200	400
Enfants (9-13 ans)	300	600
Adolescents (14-18 ans)	400	800
Adultes (> 19 ans)	400	1000

*indique un apport adéquat

Diététique Supplémentaire Fiche d'information Fiche d'information : Folate. National
 Institute de santé, Bureau de Dietary Supplements.
<https://ods.od.nih.gov/factsheets/Folate-HealthProfessional/>. Mise à jour le 20 avril 2016. Consulté le 22 octobre 2017.

SOURCES ALIMENTAIRES

Les folates se trouvent naturellement dans une grande variété d'aliments, en particulier dans les légumes à feuilles sombres, les fruits et les produits animaux. Le site

La Food and Drug Administration (FDA) des États-Unis a commencé à exiger des fabricants qu'ils enrichissent les pains, céréales, farines et semoules de maïs enrichis afin d'augmenter la consommation de folate dans le régime alimentaire américain. Pour connaître la teneur en folates de divers aliments, voir le tableau ci-dessous.

9.26 "Teneur en folates de divers aliments".

Tableau 9.26 Teneur en folates de divers aliments

Alimentation	Servir	Folate (mcg DFE)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Foie de bœuf	3 oz.	215	54
Céréales pour petit-déjeuner enrichies	¾ c.	400	100
Epinards	½ c.	131	33
Riz blanc, enrichi	½ c.	90	23
Asperges	4 lances	85	20
Pain blanc, enrichi	1 tranche	43	11
Brocoli	2 lances	45	10
Avocat	½ c.	59	15
Jus d'orange	6 oz.	35	9
Œuf	1 grand	22	6

Diététique Supplémentaire Fiche d'information Fiche d'information : Folate. National
 Institute de santé, Bureau de Dietary Supplements.
<https://ods.od.nih.gov/factsheets/Folate-HealthProfessional/>. Mise à jour le 20 avril 2016. Consulté le 22 octobre 2017.

Vitamine B12 (Cobalamine)

La vitamine B₁₂ contient du cobalt, ce qui en fait la seule vitamine qui contient un ion métallique. La vitamine B₁₂ est un élément essentiel des coenzymes. Elle est nécessaire au catabolisme des graisses et des protéines, à la fonction des coenzymes du folate et à la synthèse de l'hémoglobine.

Une enzyme nécessitant de la vitamine B₁₂ est nécessaire à une enzyme dépendant des folates pour synthétiser l'ADN. Ainsi, une carence en vitamine B₁₂ a des conséquences sur la santé similaires à une carence en folates. Chez les enfants et les adultes, une carence en vitamine B₁₂ provoque une anémie macrocytaire, et chez les bébés nés de mères déficientes en cobalamine, il existe un risque accru de malformation du tube neural. Pour que le corps humain puisse absorber la vitamine B₁₂, l'estomac, le pancréas et l'intestin grêle doivent fonctionner correctement. Les cellules de l'estomac sécrètent une protéine appelée facteur intrinsèque qui est nécessaire à l'absorption de la vitamine B₁₂, qui se produit dans l'intestin grêle. Une déficience de la sécrétion de cette protéine, causée par une maladie auto-immune ou par une inflammation chronique de l'estomac (comme celle qui se produit chez certaines personnes atteintes d'une infection par H.pylori), peut entraîner la maladie de l'anémie pernicieuse, un type d'anémie macrocytaire. La malabsorption de la vitamine B₁₂ est plus fréquente chez les personnes âgées, qui peuvent présenter une altération du fonctionnement des organes digestifs, conséquence normale du vieillissement. L'anémie pernicieuse est traitée par de fortes doses orales de vitamine B₁₂ ou en plaçant la vitamine sous la langue, où elle est absorbée dans la circulation sanguine sans passer par l'intestin. Chez les patients qui ne répondent pas au traitement oral ou sublingual, la vitamine B₁₂ est administrée par injection.

RELATION ENTRE LA VITAMINE B₁₂ ET LES FOLATES ET LA VITAMINE B₆

Figure 9.19 Rôles des coenzymes des vitamines B

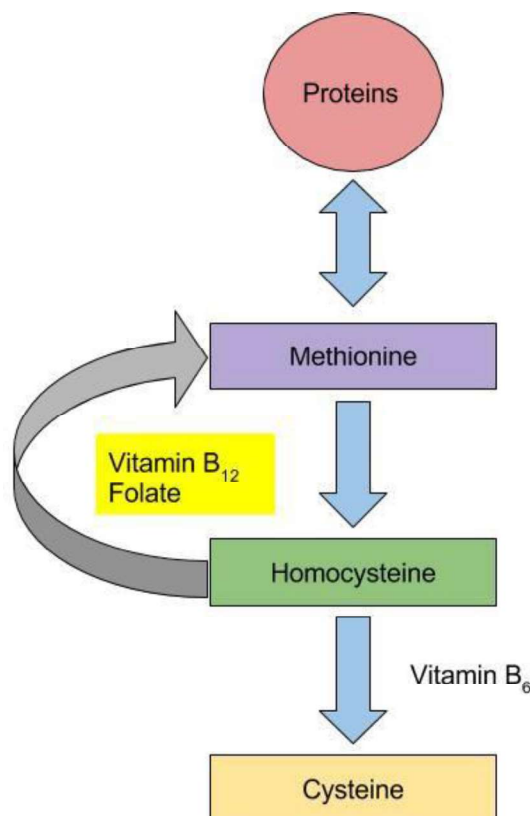


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

La vitamine B₁₂ et les folates jouent un rôle clé dans la conversion de l'homocystéine en acide aminé méthionine. Comme le mentionne la figure 9.19 " Rôle fonctionnel de la vitamine B6 en tant que coenzyme ", des taux élevés d'homocystéine dans le sang augmentent le risque de maladie cardiaque. De faibles niveaux de vitamine B₁₂ , de folate ou de vitamine B6 augmentent les niveaux d'homocystéine et donc le risque de maladie cardiaque.

Figure 9.20 La relation entre les folates et la vitamine B₁₂

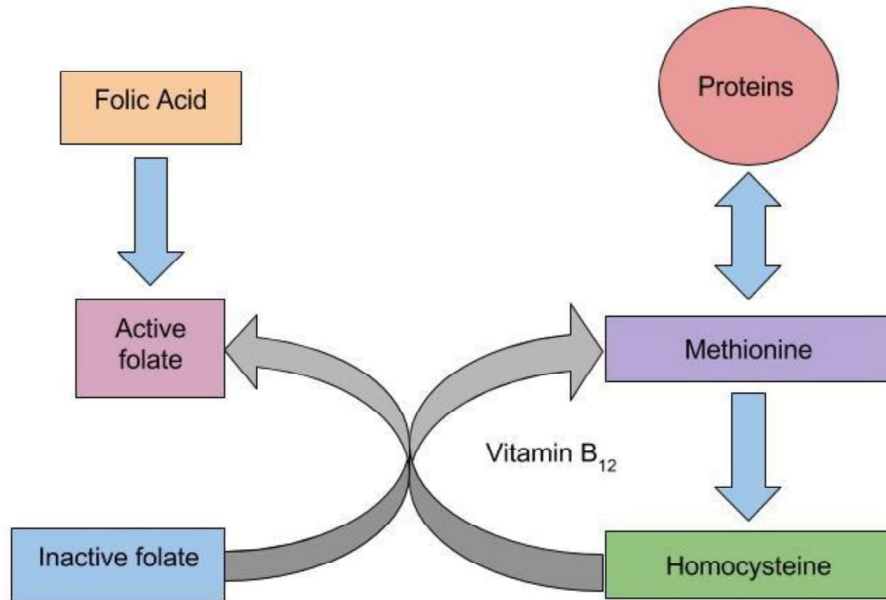


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

En cas de carence en vitamine B₁₂ , le folate inactif (provenant de l'alimentation) ne peut être converti en folate actif et utilisé dans l'organisme pour la synthèse de l'ADN. En revanche, l'acide folique (provenant de suppléments ou d'aliments enrichis) peut être utilisé comme folate actif dans l'organisme sans vitamine B₁₂ . Par conséquent, une carence en vitamine B₁₂ peut entraîner une anémie macrocytaire. Avec l'enrichissement des aliments incorporés dans le régime alimentaire des gens, le risque qu'une personne développe une anémie macrocytaire diminue.

LES APPORTS NUTRITIONNELS DE RÉFÉRENCE

Les AJR et les AMT de la vitamine B pour différents groupes d'âge¹² sont indiqués dans le tableau 9.27 "Apports nutritionnels de référence en vitamine B12".

Tableau 9.27 Apports nutritionnels de référence en vitamine B₁₂

Groupe d'âge	AJR Hommes et femmes mcg/jour
Nourrissons (0-6 mois)	0.4*
Nourrissons (7-12 mois)	0.5*
Enfants (1-3 ans)	0.9
Enfants (4-8 ans)	1.2
Enfants (9-13 ans)	1.8
Adolescents (14-18 ans)	2.4
Adultes (> 19 ans)	2.4

*indique un apport adéquat

Fiche d'information diététique : Vitamine B₁₂. National Institute of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminB12-HealthProfessional/>. Mise à jour le 11 février 2016. Consulté le 28 octobre 2017.

SOURCES ALIMENTAIRES

La vitamine B₁₂ se trouve naturellement dans les produits animaux tels que le poisson, la viande, la volaille, les œufs et les produits laitiers. Bien que la vitamine B₁₂ ne soit généralement pas présente dans les aliments d'origine végétale, les céréales pour petit-déjeuner enrichies constituent également une bonne source de vitamine B₁₂. Pour connaître la teneur en vitamine B₁₂ de divers aliments, voir le tableau 9.28 "Teneur en vitamine B₁₂ de divers aliments".

Tableau 9.28 Teneur en vitamine B₁₂ de divers aliments

Alimentation	Servir	Vitamine B ₁₂ (mcg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Palourdes	3 oz.	84.1	1,402
Saumon	3 oz.	4.8	80
Thon en conserve	3 oz.	2.5	42
Céréales pour petit-déjeuner, enrichies	1 portion	1.5	25
Bœuf, aloyau supérieur	3 oz.	1.4	23
Lait, faible en gras	8 fl oz.	1.2	18
Yogourt, allégé	8 oz.	1.1	18
Fromage, suisse	1 oz.	0.9	15
Œuf	1 grand	0.6	10

Fiche d'information diététique : Vitamine B₁₂. National Institute of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminB12-HealthProfessional/>. Mise à jour le 11 février 2016. Consulté le 28 octobre 2017.

Choline

La choline est une substance hydrosoluble qui n'est pas classée parmi les vitamines car elle peut être synthétisée par l'organisme. Cependant, la synthèse de la choline est limitée et elle est donc reconnue comme un nutriment essentiel. La choline est nécessaire pour assurer des fonctions telles que la synthèse du neurotransmetteur acétylcholine, la synthèse des phospholipides utilisés pour fabriquer les membranes cellulaires, le transport des lipides et également le métabolisme de l'homocystéine. Une carence en choline peut entraîner une perturbation du développement du cerveau chez le fœtus pendant la grossesse et, chez l'adulte, provoquer une stéatose hépatique et des lésions musculaires.

LES APPORTS NUTRITIONNELS DE RÉFÉRENCE

Les données sur la choline étant insuffisantes, la FNB a élaboré des AS pour tous les âges afin de prévenir la stéatose hépatique. L'AS et l'AM pour différents groupes d'âge en ce qui concerne la choline sont indiqués dans le tableau 9.29 " Apports nutritionnels de référence pour la choline ".

Tableau 9.29 Apports nutritionnels de référence pour la choline

Groupe d'âge	AI mâles et femelles mg/jour)	UL
Nourrissons (0-6 mois)	125	-
Nourrissons (7-12 mois)	150	-
Enfants (1-3 ans)	200	1000
Enfants (4-8 ans)	250	1000
Enfants (9-13 ans)	375	2000
Adolescents (14-18 ans)	550 (hommes), 400 (femmes)	3000
Adultes (> 19 ans)	550 (hommes), 425 (femmes)	3500

Fiche d'information pour les professionnels de la santé : Choline. National Institute of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Choline-HealthProfessional/>. Mise à jour le 25 janvier 2017. Consulté le 28 octobre 2017.

SOURCES ALIMENTAIRES

La choline peut être trouvée dans une variété d'aliments différents. Aux États-Unis, les principales sources alimentaires de choline sont principalement des produits d'origine animale. Pour connaître la teneur en choline de divers aliments, consultez le tableau 9.30 " Teneur en choline de divers aliments ".

Tableau 9.30 Teneur en choline de divers aliments

Alimentation	Servir	Choline (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Œuf	1 grand	147	27
Soja	½ tasse	107	19
Blanc de poulet	3 oz.	72	13
Champignons, shiitake	½ c.	58	11
Pommes de terre	1 grand	57	10
Haricots rouges	½ c.	45	8
Cacahuètes	¼ c.	24	4
Riz brun	1 c.	19	3

Fiche d'information pour les professionnels de la santé : Choline. National Institute of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Choline-HealthProfessional/>. Mise à jour le 25 janvier 2017. Consulté le 28 octobre 2017.

Résumé des vitamines hydrosolubles

Tableau 9.31 Vitamines hydrosolubles

Vitamine	Sources	Apports recommandés pour les adultes	Fonctions principales	Maladies et symptômes de carence	Groupes à risque de carence	Toxicité	UL
Vitamine C (acide ascorbique)	Jus d'orange, pamplemousse, jus, fraises, tomate, poivron rouge doux	75-90 mg/jour	Antioxydant, synthèse du collagène, synthèse des hormones et des neurotransmetteurs	Scorbut, hémorragie gencives, douleurs articulaires, mauvaise cicatrisation des plaies,	Fumeurs, alcooliques, personnes âgées	Rein, calculs, troubles gastro-intestinaux, diarrhée	2000 mg/jour
Thiamine (B1)	Porc, céréales enrichies et complètes, poisson, légumineuses	1,1-1,2 mg/jour	Coenzyme : participe au métabolisme du glucose, de l'ARN, de l'ADN et de l'ATP. synthèse	Béribéri : fatigue, confusion, troubles du mouvement, gonflement, insuffisance cardiaque.	Alcooliques, personnes âgées, troubles alimentaires	Aucun rapport	ND
Riboflavine (B2)	Foie de bœuf, céréales pour petit-déjeuner enrichies, yaourt, steak, champignons, amandes, œufs.	1,1-1,3 mg/jour	Coenzyme : aide au métabolisme du glucose, des graisses et des hydrates de carbone, transporteur d'électrons, les autres vitamines B sont dépendantes de	Ariboflavinose : peau sèche et squameuse, inflammation et plaies buccales, maux de gorge, démangeaisons des yeux, sensibilité à la lumière.	Aucun	Aucun rapport	ND
Niacine (B3)	Viande, volaille, poisson, cacahuètes, céréales enrichies.	14-16 NE/jour	Coenzyme : aide au métabolisme du glucose, des graisses et des protéines, transporteur d'électrons.	Pellagre : diarrhée, dermatite, démence, décès.	Alcooliques	Nausées, éruptions cutanées, picotements aux extrémités.	35 mg/jour à partir d'aliments enrichis et de compléments alimentaires
Pantothénique	Graines de tournesol, poisson,		Coenzyme : aide à la production de glucose, de graisses et de protéines. métabolisme des protéines, synthèse du cholestérol et des neurotransmetteurs	Engourdissement musculaire			
Acide (B5)	les produits laitiers, très répandus dans les aliments	5 mg/jour	Coenzyme ; aide à la synthèse des acides aminés, à la glycogénolyse, à la synthèse des neurotransmetteurs et de l'hémoglobine.	et la douleur, la fatigue, l'irritabilité	Alcooliques	Fatigue, éruption cutanée	ND
B6(Pyridoxine)	Viande, volaille, poisson, légumineuses, noix	1,3-1,7 mg/jour	Coenzyme ; aide à	Faiblesse musculaire, dermatite, lésions buccales, fatigue, confusion.	Alcooliques	Nerveux dominages	100 mg/jour
Biotine	Jaunes d'œufs, poisson, porc, noix et graines	30 mcg/jour	métabolisme du glucose, des graisses et des protéines, synthèse des acides aminés	catabolisme des graisses et des protéines,	Faiblesse musculaire, dermatite, fatigue, perte de cheveux.	anémie, anomalies du tube neural	la consommation de blancs d'œufs crus
Folate	Légumes verts à feuilles, céréales enrichies, jus d'orange	400 mcg/jour	Coenzyme ; synthèse des acides aminés, ARN, ADN et synthèse des globules rouges		Diarrhée, lésions buccales, confusion,	Faiblesse musculaire, langue douloureuse,	Femmes enceintes, alcooliques
	Les viandes,		Coenzyme ;				

Aucun rapport

ND

es

1000

Masque la carence en B12

mcg/jour

à

partir

d'

aliments

enrichis

et

de

compléments

alimentaires

B12(cobalamine)	volaille, poisson	2,4 mcg/jour	fonction des folates, synthèse des globules rouges	anémie, nerf dommages, défauts du tube neural	Végétali ens, personn es âgées	Aucun signalé	ND
---------------------	-------------------	--------------	--	--	---	------------------	----

Choline	Jaune d'œuf, blé, viande, poisson, synthèse dans l'organisme	425-550 mg/jour	Synthèse des neurotransmetteurs et des membranes cellulaires, transport des lipides	Stéatose hépatique non alcoolique, lésions musculaires, perturbation du développement cérébral du fœtus.	Aucun	Lésion hépatique, transpiration excessive, hypotension	3500 mg/jour
---------	--	-----------------	---	--	-------	--	--------------

LES SUPPLÉMENTS DE VITAMINES B DONNENT-ILS UN REGAIN D'ÉNERGIE ?

Bien que certains spécialistes du marketing prétendent que la prise d'une vitamine qui contient mille fois la valeur quotidienne de certaines vitamines B accroît l'énergie et les performances, il s'agit d'un mythe qui n'est pas étayé par la science. La " sensation " de plus d'énergie procurée par les suppléments énergétiques provient de la quantité élevée de sucres ajoutés, de caféine et d'autres stimulants à base de plantes qui accompagnent les fortes doses de vitamines B. Comme nous l'avons vu, les vitamines B sont nécessaires pour soutenir le métabolisme énergétique et la croissance, mais en prendre plus que nécessaire ne vous apporte pas plus d'énergie. Une excellente analogie de ce phénomène est l'essence dans votre voiture. Roule-t-elle plus vite avec un demi-réservoir d'essence ou un réservoir plein ? Cela n'a pas d'importance ; la voiture roule tout aussi vite tant qu'elle a de l'essence. De même, l'épuisement des vitamines B entraîne des problèmes dans le métabolisme énergétique, mais le fait d'en avoir plus que nécessaire pour faire fonctionner le métabolisme ne l'accélère pas. Les acheteurs de suppléments de vitamines B doivent se méfier : les vitamines B ne sont pas stockées dans le corps et tout excès sera jeté dans les toilettes avec l'argent supplémentaire dépensé.

Les vitamines B sont naturellement présentes dans de nombreux aliments, et beaucoup d'autres aliments en sont enrichis. Aux États-Unis, les carences en vitamines B sont rares ; cependant, au XIXe siècle, certaines carences en vitamine B ont touché de nombreuses personnes en Amérique du Nord. La carence en niacine, également connue sous le nom de pellagre, était très répandue chez les Américains les plus pauvres, dont le principal aliment de base était la farine de maïs raffinée. Ses symptômes étaient graves et comprenaient la diarrhée, la dermatite, la démence et même la mort. Certaines des conséquences de la pellagre sur la santé résultent d'un apport insuffisant en niacine pour soutenir les fonctions métaboliques de l'organisme.



Water-Soluble Vitamins by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, unless where otherwise noted.

Notes

1. Mente A, et al. A Systematic Review of the Evidence Supporting a Causal Link between Dietary Factors and Coronary Heart Disease. *Arch Intern Med.* 2009 ; 169(7), 659-69. <http://archinte.ama-assn.org/cgi/content/full/169/7/659>. Consulté le 5 octobre 2017.
2. Myint PK, et al. Plasma Vitamin C Concentrations Predict Risk of Incident Stroke Over 10 Years in 20,649 Participants of the European Prospective Investigation into Cancer, Norfolk Prospective Population Study. *Am J Clin Nutr.* 2008 ; 87(1), 64-69. <http://www.ajcn.org/content/87/1/64.long>. Consulté le 22 septembre 2017.
3. Douglas RM, et al. Vitamin C for Preventing and Treating the Common Cold. Base de données Cochrane de revues systématiques. 2004 ; 4. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15495002?dopt=Abstract>. Consulté le 5 octobre 2017.
4. Frederick Gowland Hopkins et ses facteurs alimentaires accessoires. Blogue de l'Encyclopédie Britannica. <http://www.britannica.com/blogs/2011/06/frederick-gowland-hopkins-accessory-food-factors/>. Publié le 20 juin 2011. Consulté le 1er octobre 2011.
5. Fiches d'information pour les professionnels de la santé : Thiamin. National Institute of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Thiamin-HealthProfessional/>. Mis à jour le 11 février 2016. Consulté le 22 octobre 2017.

Antioxydants

Le marché est inondé de publicités pour des suppléments "super antioxydants" regorgeant de molécules qui bloquent la production de radicaux libres, stimulent le système immunitaire, préviennent le cancer et réduisent les signes du vieillissement. Compte tenu du succès de l'industrie des suppléments antioxydants, le grand public semble croire à ces allégations de santé. Cependant, ces allégations ne sont pas étayées par des preuves scientifiques ; au contraire, certaines preuves suggèrent que les suppléments peuvent en fait être nocifs. Bien que les scientifiques aient trouvé des preuves soutenant la consommation d'aliments riches en antioxydants comme méthode de réduction du risque de maladies chroniques, il n'existe pas de "remède miracle" ; aucune pilule ou aucun supplément ne peut à lui seul procurer les mêmes avantages qu'un régime alimentaire sain. N'oubliez pas que c'est la combinaison d'antioxydants et d'autres nutriments dans des aliments sains qui est bénéfique. Dans cette section, nous examinerons le fonctionnement de certains antioxydants dans l'organisme, nous apprendrons comment ils agissent ensemble pour protéger le corps contre les radicaux libres et nous explorerons les meilleures sources alimentaires d'antioxydants riches en nutriments. Les vitamines sont une source alimentaire d'antioxydants. Dans notre discussion sur les vitamines antioxydantes, nous nous concentrerons sur les vitamines E, C et A.

Figure 9.21 Rôle des antioxydants

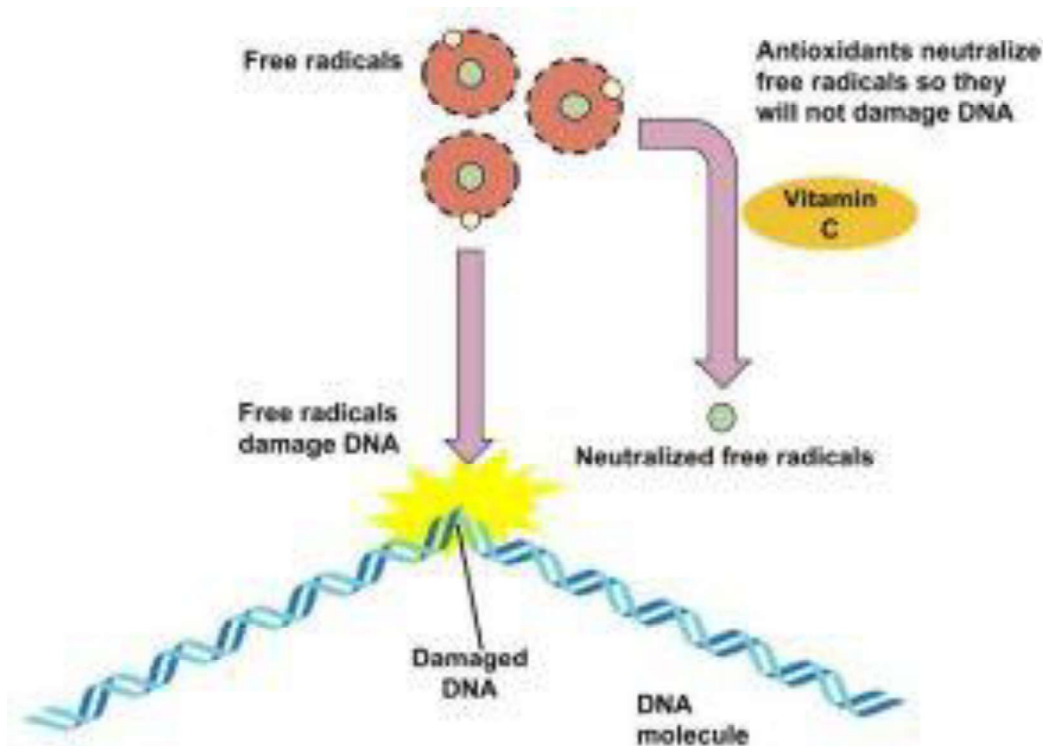


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

Produits chimiques antioxydants obtenus à partir de l'alimentation

Les aliments contiennent de nombreux antioxydants différents, dont le sélénium, qui est l'un des principaux antioxydants.

Cependant, le

Les antioxydants avec lesquels vous êtes peut-être le plus familier sont les vitamines. Les "trois grands" antioxydants vitaminiques sont les vitamines E, A et C, bien qu'il se peut qu'ils soient appelés les "trois grands" uniquement parce qu'ils sont les plus étudiés.

Tableau 9.32 Quelques antioxydants obtenus par l'alimentation et leurs fonctions associées

Fonctions antioxydantes attribuées à la capacité antioxydante	
Vitamine A	Protège les membranes cellulaires, prévient l'épuisement du glutathion, maintient les systèmes enzymatiques de détoxification des radicaux libres, réduit l'inflammation.
Vitamine E	Protège les membranes cellulaires, prévient l'épuisement du glutathion
Vitamine C	Protège l'ADN, l'ARN, les protéines et les lipides, contribue à la régénération de la vitamine E
Caroténoïdes	Piégeurs de radicaux libres
Acide lipoïque	Piégeur de radicaux libres, il aide à la régénération des vitamines C et E.
Acides phénoliques	Piégeurs de radicaux libres, ils protègent les membranes cellulaires.



Antioxydants par l'Université de Hawaï'i à Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

L'offense du corps

Si notre organisme a acquis de multiples défenses contre les radicaux libres, il utilise également les radicaux libres pour soutenir ses fonctions. Par exemple, le système immunitaire utilise les propriétés de destruction des cellules des radicaux libres pour tuer les agents pathogènes. Tout d'abord, les cellules immunitaires engloutissent un envahisseur (comme une bactérie), puis elles l'exposent à des radicaux libres tels que le peroxyde d'hydrogène, qui détruisent sa membrane. L'envahisseur est ainsi neutralisé. Des études scientifiques suggèrent également que le peroxyde d'hydrogène agit comme une molécule de signalisation qui appelle les cellules immunitaires sur les sites de blessures, ce qui signifie que les radicaux libres peuvent contribuer à la réparation des tissus en cas de coupure.

Les radicaux libres sont également nécessaires à de nombreuses autres fonctions corporelles. La glande thyroïde synthétise son propre peroxyde d'hydrogène, qui est nécessaire à la production de l'hormone thyroïdienne. On a constaté que les espèces réactives de l'oxygène et les espèces réactives de l'azote, qui sont des radicaux libres contenant de l'azote, interagissent avec les protéines des cellules pour produire des molécules de signalisation. On a découvert que le radical libre oxyde nitrique contribue à dilater les vaisseaux sanguins et agit comme un messager chimique dans le cerveau. En agissant comme des molécules de signalisation, les radicaux libres participent au contrôle de leur propre synthèse, aux réponses au stress, à la régulation de la croissance et de la mort cellulaire et au métabolisme.

Sources de radicaux libres dans l'environnement

Les substances et les sources d'énergie provenant de l'environnement peuvent augmenter ou accélérer la production de radicaux libres dans l'organisme. L'exposition à une lumière solaire excessive, à l'ozone, à la fumée, aux métaux lourds, aux rayonnements ionisants, à l'amiante et à d'autres produits chimiques toxiques augmente la quantité de radicaux libres dans l'organisme. Ils le font en étant eux-mêmes des radicaux libres ou en ajoutant de l'énergie qui provoque le déplacement des électrons entre les atomes. Une exposition excessive aux sources environnementales de radicaux libres peut contribuer à la maladie en submergeant les systèmes de détoxification des radicaux libres et les processus impliqués dans la réparation des dommages oxydatifs.

Stress oxydatif

Le stress oxydatif désigne un déséquilibre dans une cellule, un tissu ou un organe entre la quantité de radicaux libres et les capacités des systèmes de détoxification et de réparation. Les dommages oxydatifs durables ne se produisent que dans des conditions de stress oxydatif, lorsque les systèmes de détoxification et de réparation sont insuffisants. Les dommages induits par les radicaux libres, lorsqu'ils ne sont pas réparés, détruisent les lipides, les protéines, l'ARN et l'ADN, et peuvent contribuer à la maladie. Le stress oxydatif a été impliqué comme facteur contribuant au cancer, à l'athérosclérose (durcissement des artères), à l'arthrite, au diabète, aux maladies rénales, à la maladie d'Alzheimer, à la maladie de Parkinson, à la schizophrénie, au trouble bipolaire, à l'emphysème et à la cataracte.

Le vieillissement est un processus qui est déterminé génétiquement mais modulé par des facteurs environnementaux. Au cours du processus de vieillissement, la fonction des tissus décline. L'idée que le stress oxydatif est le principal facteur contribuant au déclin des tissus lié à l'âge existe depuis des décennies, et il est vrai que les tissus accumulent les dommages induits par les radicaux libres à mesure que nous vieillissons. Des preuves scientifiques récentes modifient

légèrement cette théorie en suggérant que le stress oxydatif n'est pas le déclencheur initial du déclin des tissus lié à l'âge ; il est suggéré que le véritable coupable est le dysfonctionnement progressif des processus métaboliques, qui entraîne une augmentation de la production de radicaux libres, influençant ainsi la réponse au stress des tissus au cours du vieillissement.



The Body's Offense by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, unless where otherwise noted.

Substances phytochimiques

Les substances phytochimiques sont des substances chimiques présentes dans les plantes qui peuvent présenter des avantages pour la santé. Les caroténoïdes sont un type de produit phytochimique. Les phytochimiques comprennent également les indoles, les lignanes, les phytoestrogènes, les stanols, les saponines, les terpènes, les flavonoïdes, les caroténoïdes, les anthocyanidines, les acides phénoliques et bien d'autres encore. On les trouve non seulement dans les fruits et les légumes, mais aussi dans les céréales, les graines, les noix et les légumineuses.

De nombreux composés phytochimiques agissent comme des antioxydants, mais ils ont plusieurs autres fonctions, comme imiter les hormones, modifier l'absorption du cholestérol, inhiber les réponses inflammatoires et bloquer les actions de certaines enzymes.

Les substances phytochimiques sont présentes en petites quantités dans l'alimentation et, bien que des milliers d'entre elles aient été et soient actuellement étudiées scientifiquement, leurs bienfaits pour la santé restent largement inconnus. Leur potentiel de toxicité, qui pourrait être important s'ils sont pris en grandes quantités sous forme de suppléments, est également largement inconnu. En outre, les substances phytochimiques agissent souvent en conjonction les unes avec les autres et avec des micronutriments. Ainsi, la prise d'un seul d'entre eux peut altérer les fonctions d'autres phytochimiques ou micronutriments. Comme pour les vitamines antioxydantes, c'est le mélange et la variété des substances phytochimiques dans les aliments qui sont liés aux avantages pour la santé.



Phytochemicals by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

CHAPITRE 10. MINÉRAUX MAJEURS

Introduction

He puko`a kani `aina

Un récif corallien se renforce pour devenir une terre.



Choy Sum par pxhere.com / CCO

Objectifs d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous serez en mesure de :

- Décrire le rôle fonctionnel, les recommandations d'apport et les sources des principaux minéraux.

Tout comme les vitamines, les minéraux sont essentiels à la santé humaine et peuvent être obtenus dans notre régime alimentaire à partir de différents types d'aliments. Les minéraux sont abondants dans notre vie quotidienne. De la terre de votre jardin aux bijoux que vous portez sur votre corps, nous interagissons constamment avec les minéraux. Il existe 20 minéraux essentiels qui doivent être consommés dans notre alimentation pour rester en bonne santé. La quantité de chaque minéral présent dans notre corps varie considérablement et, par conséquent, la consommation de ces minéraux aussi. Lorsqu'il y a une carence en un minéral essentiel, des problèmes de santé peuvent survenir.

Les minéraux majeurs sont classés comme des minéraux qui sont nécessaires dans l'alimentation chaque jour en quantités supérieures à 100 milligrammes. Il s'agit du sodium, du potassium, du chlorure, du calcium, du phosphore, du magnésium et du soufre. Ces principaux minéraux peuvent être trouvés dans divers aliments. Par exemple, à Guam, le principal minéral, le calcium, est consommé dans l'alimentation non seulement par le biais des produits laitiers, une source courante de calcium, mais aussi par le biais des plats composés, des desserts et des légumes qu'ils consomment. La consommation d'une alimentation variée améliore considérablement la capacité d'un individu à satisfaire ses besoins en nutriments. ¹

Figure 10.1 Les principaux minéraux

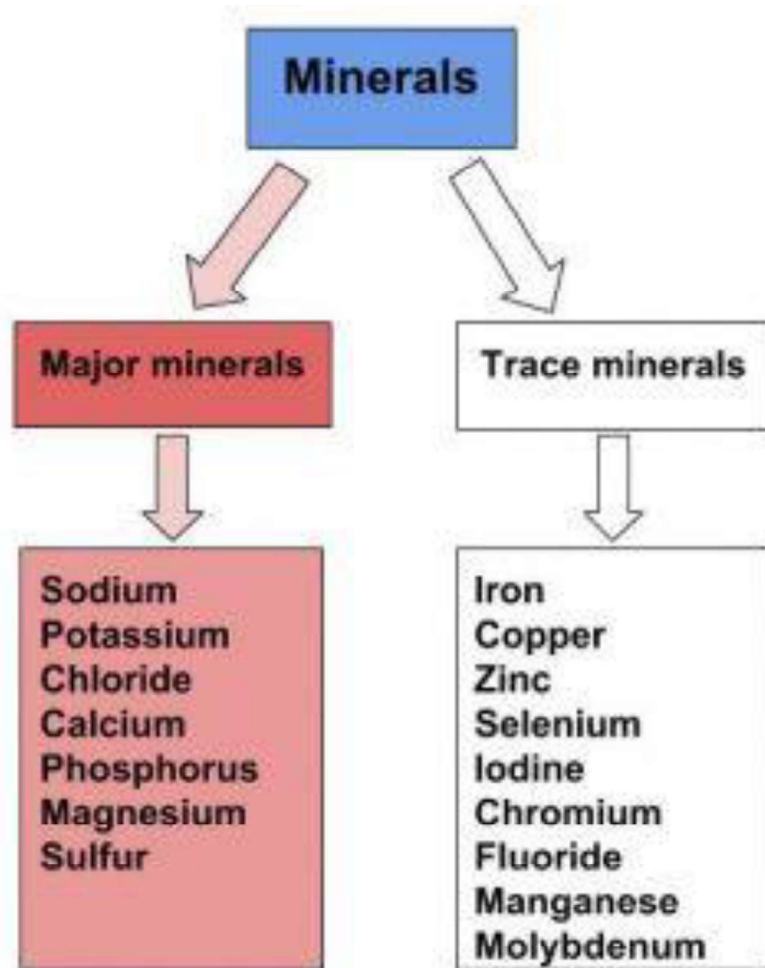


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

Biodisponibilité

Les minéraux ne sont pas absorbés aussi efficacement que la plupart des vitamines et leur biodisponibilité peut donc être très faible. Les aliments d'origine végétale contiennent souvent des facteurs, tels que l'oxalate et le phytate, qui se lient aux minéraux et inhibent leur absorption. En général, les minéraux sont mieux absorbés dans les aliments d'origine animale. Dans la plupart des cas, si l'on augmente l'apport alimentaire d'un minéral particulier, l'absorption diminue. Certains minéraux influencent l'absorption d'autres minéraux. Par exemple, un excès de zinc dans l'alimentation peut nuire à l'absorption du fer et du cuivre. À l'inverse, certaines vitamines favorisent l'absorption des minéraux. Par exemple, la vitamine C stimule l'absorption du fer, et la vitamine D stimule l'absorption du calcium et du magnésium. Comme c'est le cas pour les vitamines, certains troubles et maladies gastro-intestinaux, tels que la maladie de Crohn et les maladies rénales, ainsi que le processus de vieillissement, entravent l'absorption des minéraux, ce qui expose les personnes souffrant de malabsorption et les personnes âgées à un risque accru de carences minérales.



Introduction par University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

Notes

1. Pobocik RS, Trager A, Monson LM. Dietary Patterns and Food Choices of a Population Sample of Adults on Guam. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2008 ; 17(1), 94-100. <http://apjcn.nhri.org.tw/server/APJCN/17/1/94.pdf>. Consulté le 16 février 2018.

Calcium

Rôles fonctionnels du calcium

Le calcium est le minéral le plus abondant dans l'organisme et plus de 99 % de celui-ci est stocké dans le tissu osseux. Bien que seulement 1 % du calcium du corps humain se trouve dans le sang et les tissus mous, c'est là qu'il remplit les fonctions les plus critiques. Les taux de calcium dans le sang sont rigoureusement contrôlés de sorte que si les taux sanguins baissent, l'organisme réagit rapidement en stimulant la résorption osseuse, libérant ainsi le calcium stocké dans le sang. Ainsi, le tissu osseux sacrifie son calcium stocké pour maintenir le taux de calcium sanguin. C'est pourquoi la santé osseuse dépend de l'apport en calcium alimentaire et c'est aussi pourquoi les taux sanguins de calcium ne correspondent pas toujours à l'apport alimentaire.

Le calcium joue un rôle dans un certain nombre de fonctions différentes de l'organisme, comme la formation des os et des dents. La fonction la plus connue du calcium est la construction et le renforcement des os et des dents. Rappelons que lorsque le tissu osseux se forme pour la première fois au cours du processus de modelage ou de remodelage, il s'agit d'un tissu ostéoïde non durci, riche en protéines. Dans le processus de minéralisation osseuse dirigé par les ostéoblastes, des phosphates (sels) de calcium sont déposés sur la matrice protéique. Les sels de calcium constituent généralement environ 65 % du tissu osseux. Lorsque votre régime alimentaire est déficient en calcium, la teneur en minéraux des os diminue, ce qui les rend fragiles et affaiblis. Ainsi, un apport accru en calcium permet d'augmenter le contenu minéralisé du tissu osseux. Un tissu osseux plus minéralisé correspond à une DMO plus importante, et à une plus grande solidité des os. Le calcium restant joue un rôle dans la transmission de l'influx nerveux en facilitant la transmission des impulsions électriques d'une cellule nerveuse à une autre. Le calcium présent dans les cellules musculaires est essentiel à la contraction musculaire car le flux d'ions calcium est nécessaire à l'interaction des protéines musculaires (actine et myosine). Le calcium est également essentiel à la coagulation du sang en activant les facteurs de coagulation pour fixer les tissus endommagés.

En plus de ses quatre fonctions principales, le calcium a plusieurs autres fonctions mineures qui sont également essentielles au maintien d'une physiologie normale. Par exemple, sans calcium, l'hormone insuline ne pourrait pas être libérée par les cellules du pancréas et le glycogène ne pourrait pas être décomposé dans les cellules musculaires et utilisé pour fournir l'énergie nécessaire à la contraction musculaire.

Maintenir les niveaux de calcium

Le calcium remplissant des fonctions vitales dans l'organisme, le taux de calcium sanguin est étroitement régulé par les hormones parathormone (PTH), calcitriol et calcitonine. Lorsque le taux de calcium sanguin est faible, la PTH est sécrétée pour augmenter le taux de calcium sanguin par trois mécanismes différents. Premièrement, la PTH stimule la libération du calcium stocké dans l'os. Deuxièmement, la PTH agit sur les cellules rénales pour augmenter la réabsorption du calcium et diminuer son excrétion dans l'urine. Troisièmement, la PTH stimule les enzymes du rein qui transforment la vitamine D en calcitriol. Le calcitriol est l'hormone active qui agit sur les cellules intestinales et augmente l'absorption du calcium alimentaire. Lorsque le taux de calcium sanguin devient trop élevé, l'hormone calcitonine est sécrétée par certaines cellules de la glande thyroïde et la sécrétion de PTH s'arrête. À des concentrations non physiologiques plus élevées, la calcitonine abaisse la calcémie en augmentant l'excrétion du calcium dans l'urine, en empêchant une absorption supplémentaire du calcium dans l'intestin et en inhibant directement la résorption osseuse.

Figure 10.2 Maintien des taux de calcium dans le sang

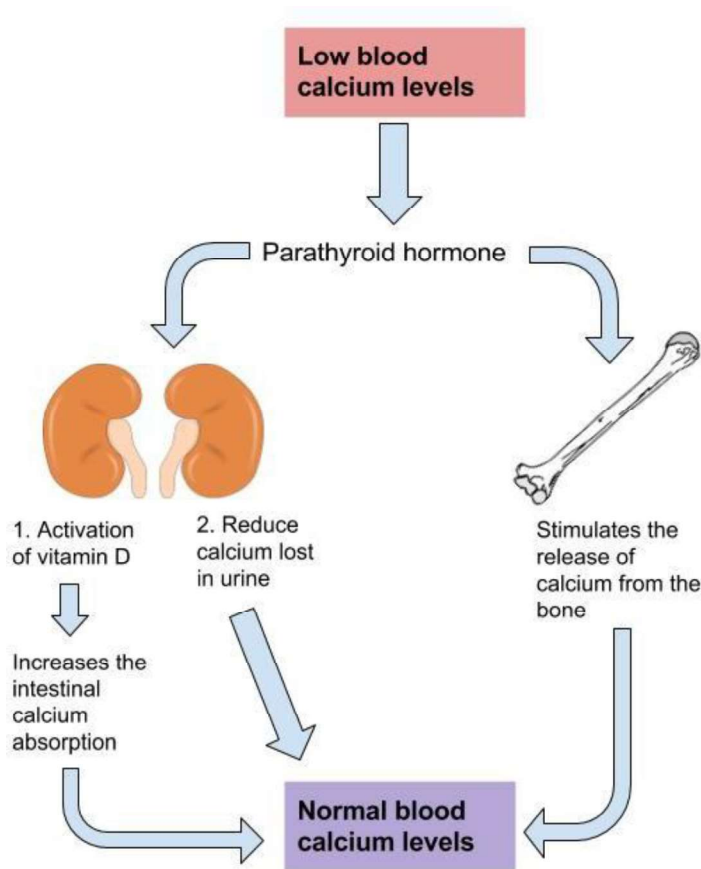


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

Autres avantages du calcium pour la santé de l'organisme

Outre la formation et le maintien d'os et de dents solides, il a été démontré que le calcium présente d'autres avantages pour la santé de l'organisme, notamment :

- **Le cancer.** Le National Cancer Institute rapporte qu'il existe suffisamment de preuves scientifiques pour conclure qu'une consommation élevée de calcium diminue le risque de cancer du côlon et peut supprimer la croissance des polypes qui précipitent souvent le cancer. Bien qu'une consommation élevée de calcium protège contre le cancer du côlon, certaines études ont examiné la relation entre le calcium et le cancer de la prostate et ont constaté qu'une consommation élevée pouvait augmenter le risque de cancer de la prostate ; toutefois, les données sont contradictoires et d'autres études sont nécessaires pour confirmer toute association négative.
- **La pression artérielle.** De multiples études fournissent des preuves claires qu'une consommation plus élevée de calcium réduit la tension artérielle. Une analyse de vingt-trois études d'observation a conclu que pour chaque tranche de 100 milligrammes de calcium consommée quotidiennement, la pression artérielle systolique est réduite de 0,34 millimètre de mercure (mmHg) et la pression artérielle diastolique est abaissée de 0,15 mmHg.¹

- **Santé cardiovasculaire.** Il existe des preuves émergentes qu'un apport plus élevé en calcium prévient d'autres facteurs de risque de maladies cardiovasculaires, comme l'hypercholestérolémie et l'obésité, mais les preuves scientifiques sont faibles ou peu concluantes.
- **Calculs rénaux.** Un autre avantage pour la santé d'un régime riche en calcium est qu'il bloque la formation de calculs rénaux. Le calcium inhibe l'absorption de l'oxalate, un produit chimique présent dans des plantes comme le persil et les épinards, qui est associé à un risque accru de formation de calculs rénaux. Les effets protecteurs du calcium sur la formation de calculs rénaux ne se produisent que lorsque le calcium provient de sources alimentaires. Les suppléments de calcium peuvent en fait augmenter le risque de calculs rénaux chez les personnes sensibles.

Figure 10. 3 L'effet du calcium sur le vieillissement



Image par James Heilman, MD / CC BY-SA 3.0

L'insuffisance de calcium est plus fréquente chez les adolescentes et les personnes âgées. Un apport alimentaire adéquat en calcium est essentiel à la bonne santé des os.

Malgré les nombreuses preuves des nombreux avantages du calcium pour la santé (en particulier pour la santé des os), le régime alimentaire moyen des Américains ne permet pas d'atteindre les apports nutritionnels recommandés en calcium. En fait, chez les femmes de plus de neuf ans, l'apport quotidien moyen en calcium ne représente qu'environ 70 % de l'apport recommandé. Nous allons ici nous intéresser de plus près à des groupes particuliers de personnes qui peuvent avoir besoin d'un apport supplémentaire en calcium.

- **Adolescentes.** Une alimentation déficiente en calcium est fréquente chez les adolescentes, car leur consommation de produits laitiers diminue souvent considérablement à l'adolescence.
- **Les femmes aménorrhéiques et la "triade de l'athlète féminin".** L'aménorrhée désigne l'absence de cycle menstruel. Les femmes qui n'ont pas de règles souffrent d'une diminution du taux d'œstrogènes, ce qui peut perturber et avoir un impact négatif sur l'équilibre calcique de leur organisme. La "triade de l'athlète féminine" est une combinaison de trois conditions caractérisées par l'aménorrhée, des habitudes alimentaires perturbées et l'ostéoporose. L'aménorrhée induite par l'exercice et l'aménorrhée liée à l'anorexie mentale peuvent diminuer la masse osseuse.²³ Chez les athlètes féminines, ainsi que chez les femmes actives dans l'armée, une faible DMO, des irrégularités menstruelles et des habitudes alimentaires individuelles, ainsi que des antécédents de problèmes de stress antérieurs sont liés à une susceptibilité accrue aux futures fractures de stress.⁴⁵
- **Les personnes âgées.** Avec l'âge, la biodisponibilité du calcium est réduite, les reins perdent leur capacité à convertir la vitamine D en sa forme la plus active, les reins ne sont plus efficaces pour retenir le calcium, la peau est moins efficace pour synthétiser la vitamine D, il y a des changements dans les habitudes alimentaires générales et les personnes âgées ont tendance à moins s'exposer au soleil. Le risque d'insuffisance de calcium est donc grand.⁶
- **Femmes ménopausées.** Les œstrogènes favorisent l'absorption du calcium. Le déclin de cette hormone pendant et après la ménopause expose les femmes ménopausées à un risque particulier de carence en calcium. La diminution de la production d'œstrogènes est responsable d'une augmentation de la résorption osseuse et d'une diminution de l'absorption du calcium. Au cours des premières années de la ménopause, la diminution annuelle de la masse osseuse varie de 3 à 5 %. Après soixante-cinq ans, les diminutions sont généralement inférieures à 1 %.⁷
- **Les personnes intolérantes au lactose.** Certains groupes de personnes, comme celles qui sont intolérantes au lactose ou qui suivent un régime évitant les produits laitiers, peuvent ne pas avoir un apport suffisant en calcium.
- **Les végétaliens.** Les végétaliens absorbent généralement des quantités réduites de calcium car leur régime alimentaire favorise les aliments d'origine végétale qui contiennent des oxalates et des phytates.⁸

En outre, comme les végétaliens évitent les produits laitiers, leur consommation globale d'aliments riches en calcium peut être moindre.

Si vous souffrez d'une intolérance au lactose, d'une allergie au lait, si vous êtes végétalien ou si vous n'aimez tout simplement pas les produits laitiers, n'oubliez pas que de nombreux aliments d'origine végétale contiennent une bonne quantité de calcium et qu'il existe également sur le marché des produits laitiers à faible teneur en lactose ou sans lactose.

Suppléments de calcium : Lequel acheter ?

De nombreuses personnes choisissent de combler leurs besoins quotidiens en calcium en prenant des suppléments de calcium. Les suppléments de calcium sont vendus principalement sous forme de carbonate de calcium, de citrate de calcium, de lactate de calcium et de phosphate de calcium, avec une teneur en calcium élémentaire d'environ 200

milligrammes par pilule. Il est important de noter que le carbonate de calcium nécessite un environnement acide dans l'estomac pour être utilisé efficacement. Bien que cela ne soit pas un problème pour la plupart des gens, cela peut l'être pour ceux qui prennent des médicaments pour réduire la production d'acide dans l'estomac ou pour les personnes âgées qui peuvent avoir une capacité réduite de sécrétion d'acide dans l'estomac. Pour

Pour ces personnes, le citrate de calcium peut être un meilleur choix. Sinon, le carbonate de calcium est le moins cher. L'organisme est capable d'absorber environ 30 % du calcium contenu dans ces formes.

SE MÉFIER DU PLOMB

La teneur en plomb de certaines marques de suppléments de calcium suscite des inquiétudes en matière de santé publique, car les suppléments dérivés de sources naturelles telles que la coquille d'huître, la farine d'os et la dolomite (un type de roche contenant du carbonate de calcium et de magnésium) sont connus pour contenir des quantités élevées de plomb. Une étude menée sur vingt-deux marques de suppléments de calcium a montré que huit d'entre elles dépassaient la limite acceptable de la teneur en plomb. C'était le cas des compléments dérivés de la coquille d'huître et du carbonate de calcium raffiné. La même étude a également révélé que les marques prétendant ne pas contenir de plomb présentaient en fait des niveaux de plomb très faibles. Comme la teneur en plomb des compléments n'est pas indiquée sur les étiquettes, il est important de savoir que les produits qui ne sont pas dérivés de coquilles d'huîtres ou d'autres substances naturelles ont généralement une faible teneur en plomb. En outre, il a également été constaté qu'une marque ne se désintérait pas comme cela est nécessaire pour l'absorption, et qu'une autre ne contenait que 77 % de la teneur en calcium indiquée.⁹

RÉGIME ALIMENTAIRE, SUPPLÉMENTS ET SUPPLÉMENTS CHÉLATÉS

En général, les suppléments de calcium sont moins performants que les sources alimentaires de calcium pour ce qui est de fournir un grand nombre des avantages pour la santé liés à un apport élevé en calcium. Ceci est en partie attribué au fait que les sources alimentaires de calcium fournissent des nutriments supplémentaires ayant des activités favorables à la santé. Les formes chélatées des suppléments de calcium seraient plus faciles à absorber car le processus de chélation protège le calcium des oxalates et des phytates qui peuvent se lier au calcium dans les intestins. Cependant, ces compléments sont plus chers et n'augmentent l'absorption du calcium que de 10 %. Chez les personnes dont les apports alimentaires en calcium sont faibles, les suppléments de calcium ont un effet bénéfique négligeable sur la santé osseuse en l'absence d'un supplément de vitamine D. Cependant, lorsque les suppléments de calcium sont pris en même temps que la vitamine D, ils présentent de nombreux avantages pour la santé osseuse : la masse osseuse maximale est augmentée au début de l'âge adulte, la DMO est maintenue tout au long de l'âge adulte, le risque de développer une ostéoporose est réduit et l'incidence des fractures est diminuée chez les personnes déjà atteintes d'ostéoporose. Il n'est pas nécessaire de prendre les pilules de calcium et de vitamine D en même temps pour qu'elles soient efficaces. Mais n'oubliez pas que la vitamine D doit être activée et présente dans le sang pour favoriser l'absorption du calcium. Il est donc important de maintenir un apport adéquat en vitamine D.

Le débat sur le calcium

Une étude récente publiée dans le British Medical Journal a révélé que les personnes qui prennent des suppléments de calcium à des doses égales ou supérieures à 500 milligrammes par jour en l'absence d'un supplément de vitamine D ont un risque accru de 30 % de subir une crise cardiaque.¹⁰

Cela signifie-t-il que les compléments de calcium sont mauvais pour la santé ? Si vous examinez l'étude de plus près, vous constaterez que 5,8 % des personnes (143 personnes) qui prenaient des suppléments de calcium ont eu une crise cardiaque, mais que 5,5 % des personnes qui prenaient des suppléments de calcium ont également eu une crise cardiaque.

(111) personnes qui ont pris le placebo. Bien qu'il s'agisse d'une étude, plusieurs autres études de grande envergure n'ont pas montré que la supplémentation en calcium augmente le risque de maladie cardiovasculaire. Alors que le

débat sur cette question se poursuit dans le domaine scientifique, nous devons nous concentrer sur ce que nous savons :

1. Il existe des preuves irréfutables que les régimes suffisants en calcium préviennent l'ostéoporose et les maladies cardiovasculaires.
2. Il est conseillé aux personnes présentant des facteurs de risque d'ostéoporose de prendre des compléments de calcium si elles ne parviennent pas à en absorber suffisamment.

de calcium dans leur alimentation. La National Osteoporosis Foundation conseille aux adultes de 50 ans et plus de consommer 1 200 milligrammes de calcium par jour. Cela inclut le calcium provenant de sources alimentaires et de suppléments.

3. Consommer plus de calcium que ce qui est recommandé n'est pas meilleur pour la santé et peut s'avérer néfaste. La consommation d'une trop grande quantité de calcium à un moment donné, qu'elle provienne de l'alimentation ou de suppléments, nuit non seulement à l'absorption du calcium lui-même, mais aussi à celle d'autres minéraux essentiels, comme le fer et le zinc. Étant donné que le tube digestif ne peut supporter qu'environ 500 milligrammes de calcium en une seule fois, il est recommandé de fractionner les doses de suppléments de calcium plutôt que d'en prendre plusieurs en une seule fois pour obtenir l'AJR de calcium.

Apports nutritionnels de référence pour le calcium

Les apports nutritionnels recommandés (ANR) pour le calcium sont indiqués dans le tableau 10.1 "Apports nutritionnels de référence pour le calcium". L'ANR est porté à 1 300 milligrammes par jour à l'adolescence, car c'est la période de la vie où la croissance osseuse est accélérée. Des études ont montré qu'un apport plus élevé en calcium pendant la puberté augmente la quantité totale de tissu osseux qui s'accumule chez une personne. Pour les femmes de plus de cinquante ans et les hommes de plus de soixante et onze ans, les AJR sont également un peu plus élevés pour plusieurs raisons, notamment parce qu'avec l'âge, l'absorption du calcium dans l'intestin diminue, l'activation de la vitamine D3 est réduite et le maintien de taux sanguins de calcium adéquats est important pour prévenir une accélération de la perte de tissu osseux (en particulier pendant la ménopause). Actuellement, l'apport alimentaire en calcium des femmes de plus de neuf ans est, en moyenne, inférieur à l'ANR pour le calcium. L'Institute of Medicine (IOM) recommande de ne pas consommer plus de 2 500 milligrammes de calcium par jour, car cela peut avoir des effets indésirables chez certaines personnes.

Tableau 10.1 Apports nutritionnels de référence pour le calcium

Groupe d'âge	AJR (mg/jour)	UL (mg/jour)
Nourrissons (0-6 mois)	200*	-
Nourrissons (6-12 mois)	260*	-
Enfants (1-3 ans)	700	2,500
Enfants (4-8 ans)	1,000	2,500
Enfants (9-13 ans)	1,300	2,500
Adolescents (14-18 ans)	1,300	2,500
Adultes (19-50 ans)	1,000	2,500
Femmes adultes (50-71 ans)	1,200	2,500
Adultes, hommes et femmes (> 71 ans)	1,200	2,500

* indique un apport adéquat

Source : Ross AC, Manson JE, et al. The 2011 Report on Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D from the Institute of Medicine : What Clinicians Need to Know. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011 ; 96(1), 53-8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21118827>. Consulté le 10 octobre 2017.

Sources alimentaires de calcium

Dans le régime alimentaire américain typique, le calcium provient essentiellement des produits laitiers, et principalement du fromage. Une tranche de cheddar ou de suisse

contient un peu plus de 200 milligrammes de calcium. Une tasse de lait écrémé contient environ 300 milligrammes de calcium, soit environ un tiers de l'ANR en calcium pour la plupart des adultes. Les aliments enrichis en calcium, comme les céréales, le lait de soja et le jus d'orange, fournissent également un tiers ou plus de l'ANR en calcium. Bien que le régime alimentaire américain typique repose principalement sur les produits laitiers pour l'obtention de calcium, il existe d'autres bonnes sources non laitières de calcium.

Les outils du changement

Si vous devez augmenter votre consommation de calcium, si vous êtes végétalien ou si vous souffrez d'une allergie alimentaire aux produits laitiers, il est utile de savoir que certains aliments d'origine végétale sont riches en calcium. Le tofu (fabriqué avec du sulfate de calcium), les feuilles de navet, les feuilles de moutarde et le chou chinois en sont de bonnes sources. Pour obtenir une liste de sources non laitières, vous pouvez trouver la teneur en calcium de milliers d'aliments en consultant la base de données nationale sur les nutriments de l'USDA (<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>). Lorsque vous obtenez votre calcium à partir d'un régime végétalien, il est important de savoir que certains aliments à base de plantes entravent considérablement l'absorption du calcium. Il s'agit notamment des épinards, des blettes, de la rhubarbe, des betteraves, des noix de cajou et des cacahuètes. En planifiant soigneusement et en faisant de bonnes sélections, vous pouvez vous assurer d'avoir un apport suffisant en calcium dans votre alimentation, même si vous ne buvez pas de lait ou ne consommez pas d'autres produits laitiers.

Tableau 10.2 Teneur en calcium de divers aliments

Alimentation	Servir	Calcium (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Yogourt, faible en gras	8 oz.	415	42
Mozzarella	1,5 oz.	333	33
Sardines en conserve avec arêtes	3 oz.	325	33
Fromage Cheddar	1,5 oz.	307	31
Lait, sans matières grasses	8 oz.	299	30
Lait de soja, enrichi en calcium	8 oz.	299	30
Jus d'orange, enrichi en calcium	6 oz.	261	26
Tofu, ferme, fabriqué avec du sulfate de calcium	½ c.	253	25
Saumon en conserve avec arêtes	3 oz.	181	18
Navet, bouilli	½ c.	99	10
Chou frisé, cuit	1 c.	94	9
Crème glacée à la vanille	½ c.	84	8
Pain blanc	1 tranche	73	7
Chou frisé, cru	1 c.	24	2
Brocoli, cru	½ c.	21	2

Fiche d'information pour les professionnels de la santé : Calcium. Institut national de la santé, Bureau des compléments alimentaires. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Calcium-HealthProfessional/>. Mise à jour le 17 novembre 2016. Consulté le 12 novembre,

2017.

Biodisponibilité du calcium

Dans l'intestin grêle, l'absorption du calcium a lieu principalement dans le duodénum (première section de l'intestin grêle) lorsque les apports sont faibles, mais le calcium est également absorbé de manière passive dans le jéjunum et l'iléon (deuxième et troisième sections de l'intestin grêle), surtout lorsque les apports sont plus élevés. L'organisme n'absorbe pas complètement tout le calcium contenu dans les aliments. Il est intéressant de noter que le calcium de certains légumes comme le chou frisé, les choux de Bruxelles et le pak-choï est mieux absorbé par l'organisme que celui des produits laitiers. Environ 30 % du calcium est absorbé dans le lait et les autres produits laitiers.

La plus grande influence positive sur l'absorption du calcium provient d'un apport adéquat en vitamine D. Les personnes déficientes en vitamine D absorbent moins de 15 % du calcium provenant des aliments qu'elles consomment. L'hormone œstrogène est un autre facteur qui améliore la biodisponibilité du calcium. Ainsi, lorsqu'une femme vieillit et passe par la ménopause, au cours de laquelle le taux d'œstrogènes chute, la quantité de calcium absorbée diminue et le risque de maladie osseuse augmente. Certaines fibres, comme l'inuline, présente dans le jicama, les oignons et l'ail, favorisent également l'absorption intestinale du calcium.

Les produits chimiques qui se lient au calcium diminuent sa biodisponibilité. Les oxalates de certaines plantes, les tannins du thé, les phytates des noix, des graines et des céréales, ainsi que certaines fibres, font partie de ces effets négatifs sur l'absorption du calcium. Les oxalates sont présents en forte concentration dans les épinards, le persil, le cacao et les betteraves. En général, la biodisponibilité du calcium est inversement proportionnelle à la teneur en oxalates des aliments. Les régimes riches en fibres et pauvres en graisses diminuent également la quantité de calcium absorbée, un effet probablement lié à la façon dont les fibres et les graisses influencent le temps de séjour des aliments dans l'intestin. Tout ce qui provoque de la diarrhée, y compris les maladies, les médicaments et certains symptômes liés à la vieillesse, diminue le temps de transit du calcium dans l'intestin et donc l'absorption du calcium. Avec l'âge, l'acidité de l'estomac diminue parfois, les diarrhées sont plus fréquentes, la fonction rénale est altérée et l'absorption et l'activation de la vitamine D sont compromises, autant de facteurs qui contribuent à une diminution de la biodisponibilité du calcium.



Calcium par University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

Notes

1. Birkett NJ. Comments on a Meta-Analysis of the Relation between Dietary Calcium Intake and Blood Pressure. *Am J Epidemiol*. 1998;148(3), 223-28. <http://aje.oxfordjournals.org/content/148/3/223.long>. Consulté le 10 octobre 2017.
2. Drinkwater B, Bruemner B, Chesnut C. Menstrual History As a Determinant of Current Bone Density in Young Athletes. *JAMA*. 1990 ; 263(4), 545-8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2294327?dopt=Abstract>. Consulté le 22 novembre 2017.
3. Marcus R. et al. Menstrual Function and Bone Mass in Elite Women Distance Runners : Endocrine and Metabolic Features. *Ann Intern Med*. 1985 ; 102(2), 58-63. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3966752?dopt=Abstract>. Consulté le 22 novembre 2017.
4. Nattiv A. Stress Fractures and Bone Health in Track and Field Athletes. *J Sci Med Sport*. 2000 ; 3(3), 268-79. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11101266?dopt=Abstract>, Accessed 22 novembre 2017.
5. Johnson AO, et al. Correlation of Lactose Maldigestion, Lactose Intolerance, and Milk Intolerance. *Am J Clin Nutr*. 1993 ; 57(3), 399-401. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8438774?dopt=Abstract>. Consulté le 22 novembre 2017.
6. Calcium et vitamine D chez les personnes âgées. International Osteoporosis Foundation. <http://www.iof.bonehealth.org/patients-public/about-osteoporosis/prevention/nutrition/calcium-and-vitamin-d-in-the-elderly.html>. Publié en 2012. Consulté le 22 novembre 2017.
7. Daniels CE. L'œstrogénothérapie pour la prévention de l'ostéoporose chez les femmes ménopausées. Institut national de la santé : Pharmacie. Mise à jour mars/avril 2000.
8. Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Washington, DC : National

Academy Press. 2010.

9. Ross EA, Szabo NJ, Tebbett IR. Lead Content of Calcium Supplements ". JAMA. 2000 ; 284, 1425-33.
10. Bolland MJ. et al. Effect of Calcium Supplements on Risk of Myocardial Infarction and Cardiovascular Events : Meta-Analysis. Br Med J. 2010 ; 341(c3691).

Phosphore

Le rôle fonctionnel du phosphore

Le phosphore est présent dans notre corps en tant que partie d'un groupe chimique appelé groupe phosphate. Ces groupes phosphates sont essentiels en tant que composant structurel des membranes cellulaires (sous forme de phospholipides), de l'ADN et de l'ARN, de la production d'énergie (ATP) et de la régulation de l'homéostasie acide-base. Cependant, le phosphore est surtout associé au calcium en tant que composant de la structure minérale des os et des dents. Les niveaux de phosphore dans le sang ne sont pas contrôlés aussi strictement que ceux du calcium, de sorte que la PTH stimule l'excrétion rénale du phosphate afin qu'il ne s'accumule pas à des niveaux toxiques.

Apports nutritionnels de référence pour le phosphore

Par rapport au calcium, la plupart des Américains ne risquent pas de souffrir d'une carence en phosphate. Le phosphate est présent dans de nombreux aliments populaires du régime alimentaire américain, notamment la viande, le poisson, les produits laitiers, les aliments transformés et les boissons. Le phosphate est ajouté à de nombreux aliments parce qu'il agit comme un agent émulsifiant, empêche l'agglutination, améliore la texture et le goût, et prolonge la durée de conservation. L'apport moyen en phosphore des adultes américains se situe entre 1 000 et 1 500 milligrammes par jour, ce qui est bien supérieur à l'ANR de 700 milligrammes par jour. L'AMT fixé pour le phosphore est de 4 000 milligrammes par jour pour les adultes et de 3 000 milligrammes par jour pour les personnes de plus de soixante-dix ans.

Tableau 10.3 Apports nutritionnels de référence pour le phosphore

Groupe d'âge	AJR (mg/jour)	UL (mg/jour)
Nourrissons (0-6 mois)	100*	-
Nourrissons (6-12 mois)	275*	-
Enfants (1-3 ans)	460	3,000
Enfants (4-8 ans)	500	3,000
Enfants (9-13 ans)	1,250	4,000
Adolescents (14-18 ans)	1,250	4,000
Adultes (19-70 ans)	700	4,000
Adultes (> 70 ans)	700	3,000

* indique un apport adéquat

Centre d'information sur les micronutriments : Phosphore. Oregon State University, Linus Pauling Institute. <http://lpi.oregonstate.edu/mic/minerals/phosphorus>. Mis à jour en juillet 2013. Consulté le 22 octobre 2017.

Sources alimentaires de phosphore

Tableau 10.4 Teneur en phosphore de divers aliments

Aliments	Servir	Phosphore (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne 1000
Saumon	3 oz.	315	32
Yogourt, sans matière grasse	8 oz.	306	31
Dinde, viande légère	3 oz.	217	22
Poulet, viande légère	3 oz.	135	14
Bœuf	3 oz.	179	18
Lentilles*	½ c.	178	18
Amandes*	1 oz.	136	14
Mozzarella	1 oz.	131	13
Cacahuètes*	1 oz.	108	11
Pain de blé complet	1 tranche	68	7
Œuf	1 grand	86	9
Boisson gazeuse au cola	12 oz.	41	4
Pain, enrichi	1 tranche	25	3

Micronutriments Information Centre : Phosphore. Oregon État Université, Linus Pauling Institute.
<http://lpi.oregonstate.edu/mic/minerals/phosphorus>. Mise à jour en juillet 2013. Consulté le 22 octobre 2017.



Phosphore par University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

Soufre

Le soufre est incorporé dans les structures protéiques de l'organisme. Les acides aminés, la méthionine et la cystéine contiennent du soufre qui est essentiel pour l'enzyme antioxydante glutathion peroxydase. Certaines vitamines comme la thiamine et la biotine contiennent également du soufre, qui joue un rôle important dans la régulation de l'acidité dans l'organisme. Le soufre est un minéral majeur sans apport recommandé ni carence lorsque les besoins en protéines sont satisfaits. Le soufre est principalement consommé dans le cadre des protéines alimentaires et des vitamines contenant du soufre.



Sulfur by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, unless where otherwise noted.

Magnésium

Le rôle fonctionnel du magnésium

Environ 60 % du magnésium présent dans le corps humain est stocké dans le squelette, constituant environ 1 % du tissu osseux minéralisé. Le magnésium ne fait pas partie intégrante des cristaux minéraux durs, mais il réside à la surface du cristal et contribue à maximiser la structure osseuse. Des études d'observation établissent un lien entre une carence en magnésium et un risque accru d'ostéoporose. Un régime pauvre en magnésium est associé à une diminution des niveaux de l'hormone parathyroïdienne et à l'activation de la vitamine D, ce qui peut entraîner une altération du remodelage osseux. Une étude menée auprès de 900 femmes et hommes âgés a montré que des apports alimentaires plus élevés en magnésium étaient corrélés à une augmentation de la DMO de la hanche.¹ Seuls quelques essais cliniques ont évalué les effets des suppléments de magnésium sur la santé osseuse et leurs résultats suggèrent des bénéfices modestes sur la DMO.

En plus de participer au maintien des os, le magnésium a plusieurs autres fonctions dans l'organisme. Dans chaque réaction impliquant la molécule d'énergie cellulaire, l'ATP, le magnésium est nécessaire. Plus de trois cents réactions enzymatiques nécessitent du magnésium. Le magnésium joue un rôle dans la synthèse de l'ADN et de l'ARN, des glucides et des lipides, et est essentiel à la conduction nerveuse et à la contraction musculaire. Un autre avantage du magnésium pour la santé est qu'il peut diminuer la pression artérielle.

De nombreux Américains ne tirent pas de leur alimentation l'apport recommandé en magnésium. Certaines études d'observation suggèrent qu'une légère carence en magnésium est liée à un risque accru de maladie cardiovasculaire. Les signes et symptômes d'une carence grave en magnésium peuvent inclure des tremblements, des spasmes musculaires, une perte d'appétit et des nausées.

Apports nutritionnels de référence et sources alimentaires pour le magnésium

Les AJR de magnésium pour les adultes âgés de 19 à 30 ans sont de 400 milligrammes par jour pour les hommes et de 310 milligrammes par jour pour les femmes. Pour les adultes de plus de 30 ans, les AJR augmentent légèrement pour atteindre 420 milligrammes par jour pour les hommes et 320 milligrammes pour les femmes.

Tableau 10.5 Apports nutritionnels de référence pour le magnésium

Groupe d'âge	AJR (mg/jour)	AMT provenant de sources non alimentaires (mg/jour)
Nourrissons (0-6 mois)	30*	-
Nourrissons (6-12 mois)	75*	-
Enfants (1-3 ans)	80	65
Enfants (4-8 ans)	130	110
Enfants (9-13 ans)	240	350
Adolescents (14-18 ans)	410	350
Adultes (19-30 ans)	400	350
Adultes (> 30 ans)	420	350

* indique un apport

adéquat

Source : Fiche d'information sur les suppléments diététiques : Magnésium. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <http://ods.od.nih.gov/factsheets/Magnesium-HealthProfessional/>. Mis à jour le 13 juillet 2009. Consulté le 12 novembre 2017.

Sources alimentaires de magnésium

Le magnésium fait partie du pigment vert, la chlorophylle, qui est indispensable à la photosynthèse des plantes ; les légumes à feuilles vertes sont donc une bonne source alimentaire de magnésium. On trouve également de fortes concentrations de magnésium dans le poisson, les produits laitiers, les viandes, les céréales complètes et les noix. En outre, le chocolat, le café et l'eau dure contiennent une bonne quantité de magnésium. La plupart des Américains ne respectent pas les AJR en magnésium dans leur alimentation. En général, les régimes occidentaux se caractérisent par une faible consommation de poisson et une consommation déséquilibrée de céréales raffinées par rapport aux céréales complètes.

Tableau 10.6 Teneur en magnésium de divers aliments

Alimentation	Servir	Magnésium (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Amandes	1 oz.	80	20
Noix de cajou	1 oz.	74	19
Lait de soja	1 c.	61	15
Haricots noirs	½ c.	60	15
Edamame	½ c.	50	13
Pain	2 tranches	46	12
Avocat	1 c.	44	11
Riz brun	½ c.	42	11
Yogourt	8 oz.	42	11
Flocons d'avoine, instantanés	1 paquet	36	9
Saumon	3 oz.	26	7
Poitrines de poulet	3 oz.	22	6
Apple	1 moyen	9	2

Source : Fiche d'information sur les suppléments diététiques : Magnésium. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. <http://ods.od.nih.gov/factsheets/Magnesium-HealthProfessional/>. Mis à jour le 13 juillet 2009. Consulté le 12 novembre 2017.



Magnesium by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, unless where otherwise noted.

Notes

1. Tucker KL, Hannan MT, et al. Potassium, Magnesium, and Fruit and Vegetable Intakes Are Associated with Greater Bone Mineral Density in Elderly Men and Women. *Am J Clin Nutr.* 1999 ; 69(4), 727-36. <http://www.ajcn.org/cgi/pmidlookup?view=long&pmid=10197575>. Consulté le 6 octobre 2017.

Résumé des principaux minéraux

Tableau 10.7 Résumé des principaux minéraux

Sources des micronutriments	Recommandé Apports pour les adultes	Fonctions principales	Maladies et symptômes de carence	Groupes à risque de carence	Toxicité	UL	
		Composante de	Aucun	Post-ménopause			
Calcium	Yogourt, fromage, sardines, lait, jus d'orange, navet	1 000 mg/jour	l'os minéralisé, qui fournit une structure et une microarchitecture	risque d'ostéoporose	les femmes, les personnes souffrant d'une intolérance au lactose ou les végétaliens.	Calculs rénaux	2,500 mg
Phosphore	Saumon, dinde, poulet, bœuf, lentilles	700 mg/jour	Composant structurel des os, de la membrane cellulaire, de l'ADN et de l'ARN, et de l'ATP.	Perte osseuse, faiblesse des os	Personnes âgées, alcooliques	Aucun	3,000 mg
Magnésium	Céréales complètes et les légumineuses, les amandes, les noix de cajou, les noisettes, les betteraves, les choux et le varech.	420 mg/jour	Composante de os minéralisé, synthèse et utilisation de l'ATP, synthèse des glucides, lipides, protéines, ARN et ADN	Tremblements, spasmes musculaires, perte d'appétit, nausées.	Alcooliques, personnes souffrant de maladies rénales et gastro-intestinales.	Nausées, vomissements, faible pression sanguine	350 mg/jour
		Aucun	Structure de certains				
Soufre protéinés	Aliments	spécifié	vitamines et acides aminés, équilibre acide-base	Aucun quand les besoins en protéines sont satisfaits	Aucun	Aucun	ND
			Major positif		Personnes consommant		
Sodium	Aliments transformés, sel de table, porc, poulet	< 2 300 mg/jour ; idéalement 1 500 mg/jour	ion extracellulaire, transmission nerveuse, contraction musculaire, équilibre des fluides	Crampes musculaires	l'excès d'eau, la transpiration excessive, les personnes souffrant de vomissements ou de diarrhée	Hypertension artérielle	2,300 mg/jour
			Ion intracellulaire positif majeur, nerf				
Potassium	Fruits, légumes, légumineuses, céréales complètes, lait	4700 mg/jour	transmission, muscle contraction, équilibre des fluides	Un rythme cardiaque irrégulier, crampes musculaires	Les personnes consommant des régimes riches en transfatés, les personnes souffrant de vomissements ou de diarrhée	Anomalie battement de cœur	ND
Chlorure	Sel de table, aliments transformés	<3600 mg/jour ; idéalement 2300 mg/jour	Ion extracellulaire négatif majeur, équilibre des fluides	Improbable	aucune	Aucune	3,600 mg/jour



Summary of Major Minerals by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, unless where otherwise noted.

CHAPITRE 11. TRACE MINERALS

Introduction

Li'ili'i ka 'ō. hiki, loloa ka lua.

Petit est le crabe, grand est le trou



Salade d'algues Wakame Cuisine par maxpixel.com / CCO

Objectifs d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous serez en mesure de :

- Décrire le rôle fonctionnel, les recommandations d'apport et les sources des oligo-éléments

Les oligo-éléments sont classés comme des minéraux nécessaires à l'alimentation chaque jour en plus petites quantités, à savoir 100 milligrammes ou moins. Ils comprennent le cuivre, le zinc, le sélénium, l'iode, le chrome, le fluor, le manganèse, le molybdène et d'autres encore. Bien que les oligo-éléments soient nécessaires en plus petites quantités, il est important de se rappeler qu'une carence en oligo-éléments peut être tout aussi préjudiciable à votre santé qu'une carence en minéraux majeurs. La carence en iode est une préoccupation majeure dans des pays du monde entier comme les Fidji. Dans les années 1990, près de 50 % de la population présentait des signes de carence en iode, également appelés goitres. Pour lutter contre ce problème national, le gouvernement fidjien a interdit le sel non iodé et n'a autorisé que le sel iodé enrichi dans le pays, dans l'espoir d'augmenter la consommation d'iode dans l'alimentation de la population. Grâce à cette loi et aux efforts de promotion de la santé encourageant la consommation de fruits de mer, de grands progrès ont été réalisés dans la diminution de la prévalence de la carence en iode aux Fidji.¹

Figure 11.1 Les oligo-éléments

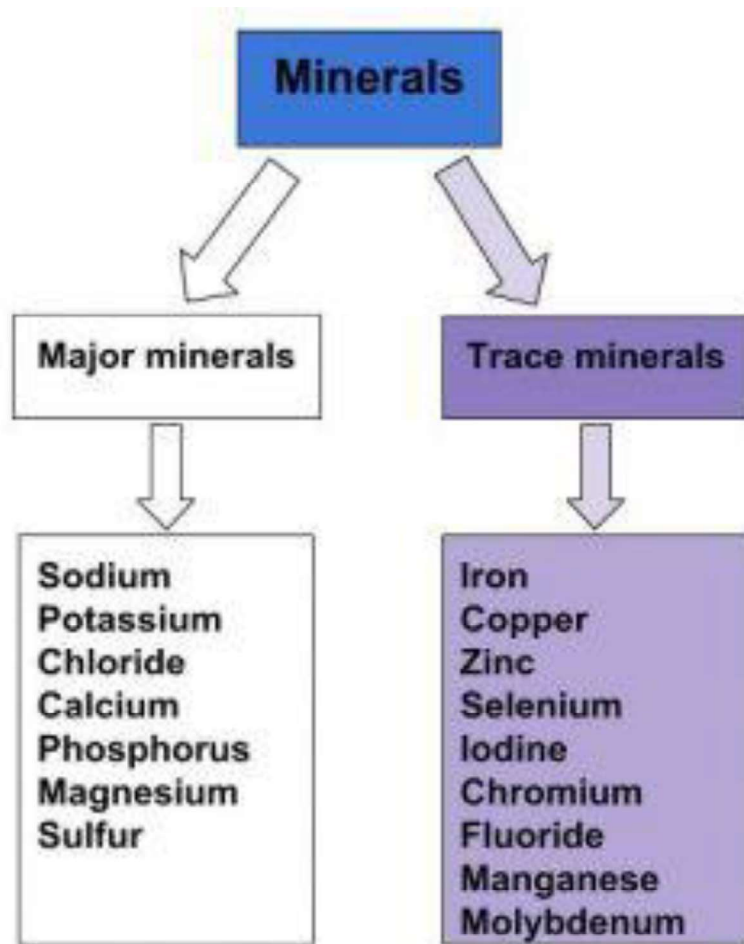


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0



Introduction par University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

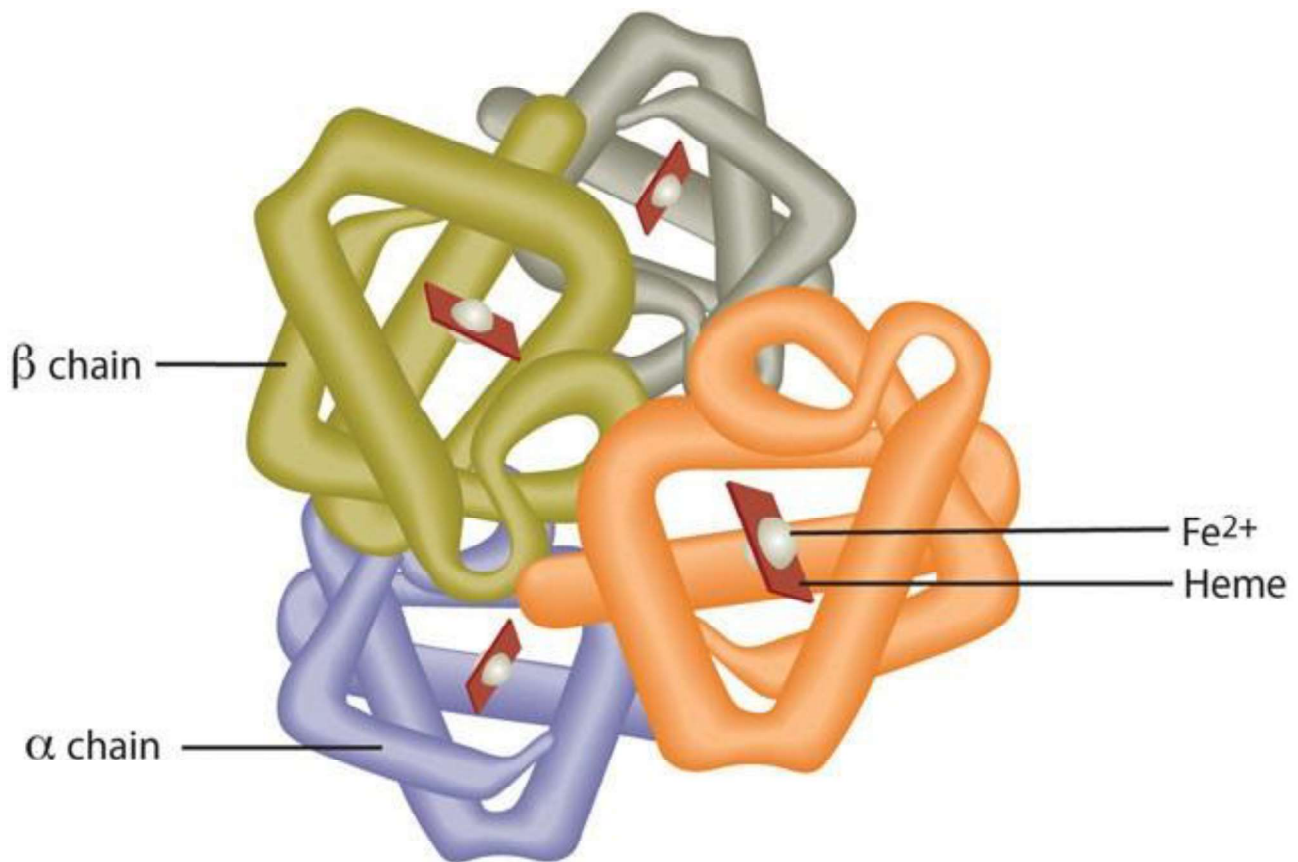
Notes

1. Déficiences en micronutriments. Ministère de la santé et des services médicaux, Shaping Fiji's Health. http://www.health.gov.fj/?page_id=1406.
Publié en 2015. Consulté le 12 novembre 2017.

Fer

Les globules rouges contiennent l'hémoglobine, une protéine porteuse d'oxygène. Elle est composée de quatre peptides globulaires, chacun contenant un complexe hémique. Au centre de chaque hème, se trouve du fer (figure 11.2). Le fer est nécessaire à la production d'autres protéines contenant du fer, comme la myoglobine. La myoglobine est une protéine présente dans les tissus musculaires qui augmente la quantité d'oxygène disponible pour la contraction musculaire. Le fer est également un composant clé de certaines d'enzymes métaboliques. De nombreuses protéines de la chaîne de transport des électrons contiennent des clusters fer-soufre impliqués dans le transfert d'électrons à haute énergie et, finalement, dans la synthèse de l'ATP. Le fer est également impliqué dans de nombreuses réactions métaboliques qui ont lieu principalement dans le foie et détoxifient les substances nocives. En outre, le fer est nécessaire à la synthèse de l'ADN. La grande majorité du fer utilisé dans l'organisme est celui recyclé lors de la dégradation continue des globules rouges.

Figure 11.2 La structure de l'hémoglobine



L'hémoglobine est composée de quatre peptides. Chacun contient un groupe hème avec du fer au centre.

Le fer contenu dans l'hémoglobine se lie à l'oxygène dans les capillaires des poumons et le transporte vers les cellules où l'oxygène est libéré. Si le taux de fer est faible, l'hémoglobine n'est pas synthétisée en quantité suffisante et la capacité des globules rouges à transporter l'oxygène est réduite, ce qui entraîne une anémie. Lorsque les niveaux de fer sont faibles dans l'alimentation, l'intestin grêle absorbe plus efficacement le fer pour tenter de compenser le faible apport alimentaire, mais ce processus ne peut pas compenser la perte excessive de fer qui se produit en cas de perte de sang chronique ou de faible apport. Lorsque les cellules sanguines sont déclassées pour être utilisées, l'organisme recycle le fer vers la moelle osseuse où sont fabriqués les globules rouges. L'organisme stocke une partie du fer dans la moelle osseuse, le foie,

la rate et les muscles squelettiques. Une quantité relativement faible de fer est excrétée lorsque les cellules qui tapissent l'intestin grêle et les cellules de la peau meurent et lors de pertes de sang, comme pendant les saignements menstruels. Le fer perdu doit être remplacé par des sources alimentaires.

La biodisponibilité du fer dépend fortement des sources alimentaires. Dans les aliments d'origine animale, environ 60 % du fer est lié à l'hémoglobine, et le fer hémique est plus biodisponible que le fer non hémique. Les autres 40 % du fer présent dans les aliments d'origine animale sont non hémiques, ce qui constitue la seule source de fer dans les aliments d'origine végétale. Certains végétaux contiennent des substances chimiques (comme les phytates, les oxalates, les tannins et les polyphénols) qui inhibent l'absorption du fer. Cependant, la consommation de fruits et de légumes riches en vitamine C en même temps que des aliments contenant du fer augmente nettement l'absorption du fer. Une étude publiée dans l'*American Journal of Clinical Nutrition* indique que, dans les pays développés, la biodisponibilité du fer provenant de régimes mixtes se situe entre 14 et 18 %, et celle provenant de régimes végétariens entre 5 et 12 %.¹ Les végétaliens présentent un risque plus élevé de carence en fer, mais une planification minutieuse des repas permet d'éviter son apparition. La carence en fer est la plus courante de toutes les carences en micronutriments.

Tableau 11.1 Améliorants et inhibiteurs de l'absorption du fer

Renforceur	Inhibiteur
Viande	Phosphate
Poisson	Calcium
Volaille	Thé
Fruits de mer	Café
Acide gastrique	Colas
	Protéines de soja
	Doses élevées de minéraux
	(antiacides) Son/fibre
	Phytates
	Oxalates
	Polyphénols

Figure 11.3 Absorption, fonctions et perte de fer

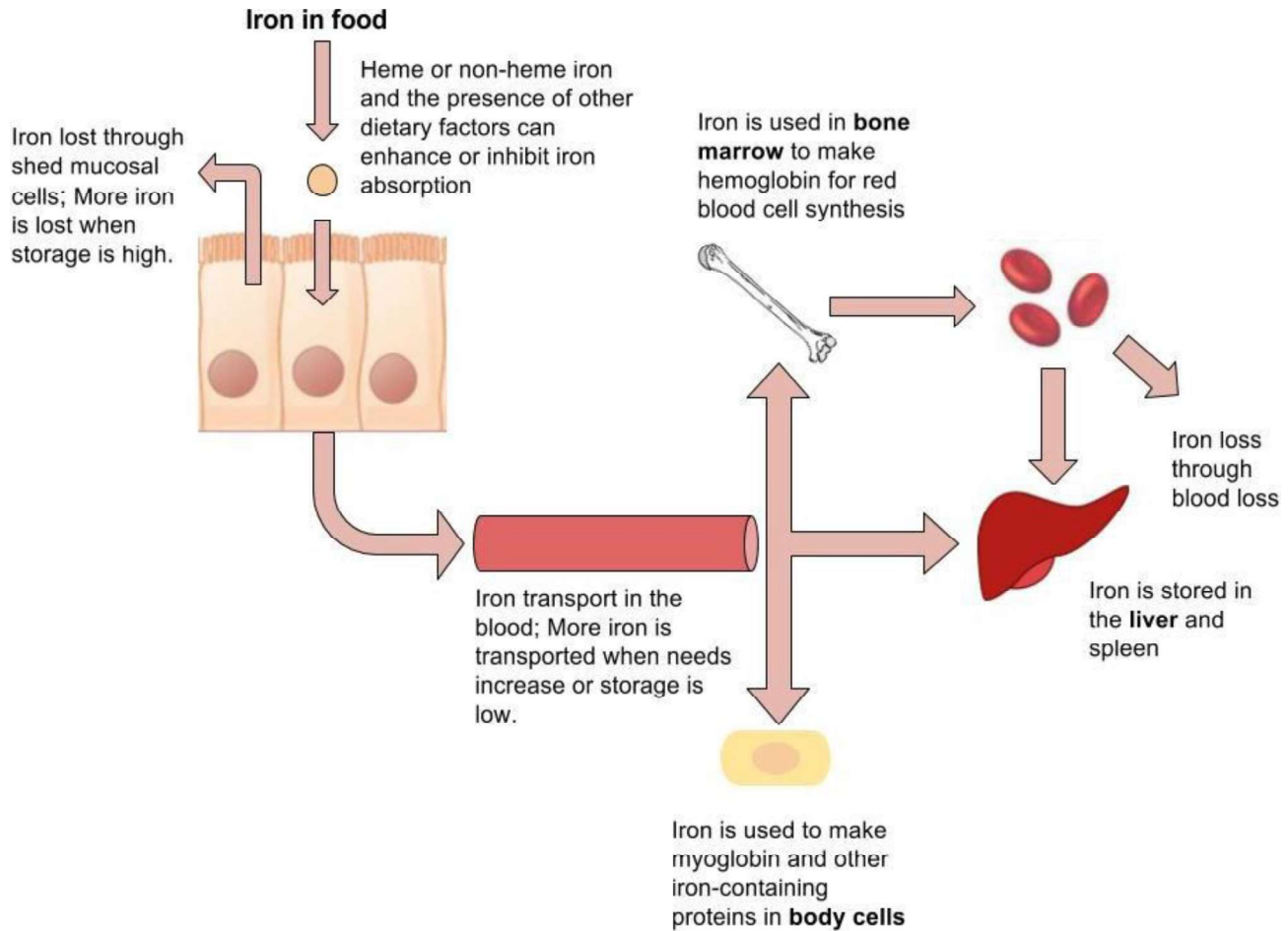


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

Toxicité du fer

Le corps excrète peu de fer et le potentiel d'accumulation dans les tissus et les organes est donc considérable. L'accumulation de fer dans certains tissus et organes peut provoquer une foule de problèmes de santé chez les enfants et les adultes, notamment une fatigue extrême, de l'arthrite, des douleurs articulaires et une toxicité grave pour le foie et le cœur. Chez les enfants, l'ingestion d'aussi peu que 200 mg de fer a entraîné la mort ; il est donc essentiel de garder les suppléments de fer hors de la portée des enfants. L'IOM a fixé des apports maximaux tolérables en fer (Tableau 11.2 "Apports nutritionnels de référence pour le fer"). Principalement une maladie héréditaire, l'hémochromatose est le résultat d'une mutation génétique qui entraîne un métabolisme anormal du fer et une accumulation de fer dans certains tissus tels que le foie, le pancréas et le cœur. Les signes et les symptômes de l'hémochromatose sont similaires à ceux de la surcharge en fer.

dans les tissus causés par un apport alimentaire élevé en fer ou par d'autres anomalies métaboliques non génétiques, mais ils sont souvent plus graves.

Apports nutritionnels de référence pour le fer

Tableau 11.2 Apports nutritionnels de référence pour le fer

Groupe d'âge	AJR (mg/jour)	UL (mg/jour)
Nourrisson (0-6 mois)	0.27*	40
Nourrissons (6-12 mois)	11*	40
Enfants (1-3 ans)	7	40
Enfants (4-8 ans)	10	40
Enfants (9-13 ans)	8	40
Adolescents (14-18 ans)	11 (hommes), 15 (femmes)	45
Adultes (19-50 ans)	8 (hommes), 18 (femmes)	45
Adultes (> 50 ans)	8	45

* indique un apport adéquat

Sources alimentaires de fer

Tableau 11.3 Teneur en fer de divers aliments

Alimentation	Servir	Fer (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Céréales pour petit-déjeuner, enrichies	1 portion	18	100
Huîtres	3 oz.	8	44
Chocolat noir	3 oz.	7	39
Foie de bœuf	3 oz.	5	28
Lentilles	½ c.	3	17
Epinards, bouillis	½ c.	3	17
Tofu, ferme	½ c.	3	17
Haricots rouges	½ c.	2	11
Sardines	3 oz.	2	11

L'anémie ferriprive

L'anémie ferriprive est une affection qui se développe en raison d'un taux de fer insuffisant dans l'organisme, ce qui entraîne une diminution du nombre et de la taille des globules rouges et une baisse de la quantité d'hémoglobine. Quelle qu'en soit la cause (qu'il s'agisse d'un apport alimentaire insuffisant en fer ou d'une perte sanguine excessive), l'anémie ferriprive présente les signes et symptômes suivants, qui sont liés aux fonctions essentielles du fer dans le métabolisme énergétique et la santé du sang :

- Fatigue
- Faiblesse
- Peau pâle
- Essoufflement
- Vertiges
- Langue enflée et douloureuse
- Fréquence cardiaque anormale

L'anémie ferriprive est diagnostiquée à partir de signes et symptômes caractéristiques et confirmée par des analyses sanguines simples qui permettent de compter les globules rouges et de déterminer la teneur en hémoglobine et en fer du sang. L'anémie est le plus souvent traitée par des suppléments de fer et par l'augmentation de la consommation d'aliments riches en fer. Les suppléments de fer ont certains effets secondaires indésirables, notamment des nausées, de la constipation, de la diarrhée, des vomissements et des douleurs abdominales. Réduire la dose dans un premier temps, puis augmenter progressivement jusqu'à la dose complète, permet souvent de minimiser les effets secondaires des suppléments de fer. Il est important pour les personnes souffrant d'anémie ferriprive d'éviter les aliments et les boissons riches en phytates, ainsi que le thé (qui contient de l'acide tannique et des polyphénols, qui nuisent tous deux à l'absorption du fer). La consommation d'une source alimentaire de vitamine C en même temps que des aliments contenant du fer améliore l'absorption du fer non hémique dans l'intestin. De plus, des composés inconnus, probablement présents dans les tissus musculaires de la viande, de la volaille et du poisson, augmentent l'absorption du fer, qu'il provienne de sources hémiques ou non. Voir le Tableau 17.2 " Facteurs favorisant et inhibant l'absorption du fer " pour d'autres facteurs favorisant et inhibant l'absorption du fer.

LA CARENCE EN FER : UN PROBLÈME DE SANTÉ NUTRITIONNEL MONDIAL

Selon les Centers for Disease Control and Prevention, la carence en fer est la carence nutritionnelle la plus courante dans le monde.² L'OMS estime que 80 % des personnes sont carencées en fer et que 30 % de la population mondiale souffre d'anémie ferriprive.³ Les principales causes de carence en fer dans le monde sont les infections par des vers parasites dans l'intestin, qui provoquent des pertes de sang excessives, et le paludisme, une maladie parasitaire qui entraîne la destruction des globules rouges. Dans les pays développés, la carence en fer résulte davantage d'une insuffisance alimentaire et/ou de pertes sanguines excessives survenant pendant les menstruations ou l'accouchement.

Populations à risque

Les nourrissons, les enfants, les adolescents et les femmes sont les populations les plus exposées au monde à l'anémie ferriprive, toutes causes confondues. Les nourrissons, les enfants et même les adolescents ont besoin de plus de fer, car celui-ci est essentiel à la croissance. Dans ces populations, la carence en fer (et éventuellement l'anémie ferriprive) peut également provoquer les signes et symptômes suivants : une croissance médiocre, un retard de croissance et de mauvais résultats scolaires, ainsi que des troubles mentaux, moteurs et comportementaux. Les femmes qui ont des saignements menstruels abondants ou qui sont enceintes ont besoin de plus de fer dans leur alimentation. Les personnes âgées constituent un autre

groupe à haut risque. Les hommes et les femmes âgés présentent une incidence élevée d'anémie, dont les causes les plus fréquentes sont une carence en fer d'origine alimentaire et des maladies chroniques telles que les ulcères, les maladies inflammatoires et le cancer. En outre, les personnes qui ont récemment subi une perte de sang traumatique, qui donnent fréquemment du sang ou qui prennent trop d'antiacides pour soigner les brûlures d'estomac ont besoin de plus de fer dans leur alimentation.

Prévention de l'anémie ferriprive

Chez les jeunes enfants, l'anémie ferriprive peut entraîner des anomalies motrices, mentales et comportementales importantes et durables. Aux États-Unis, l'incidence élevée de l'anémie ferriprive chez les nourrissons et les enfants constituait un problème de santé publique majeur avant le début des années 1970, mais cette incidence a aujourd'hui été considérablement réduite. Ce résultat a été obtenu en faisant du dépistage de l'anémie ferriprive chez les nourrissons une pratique courante dans le secteur de la santé, en préconisant l'enrichissement en fer des préparations pour nourrissons et des céréales, et en les distribuant dans le cadre de programmes d'alimentation complémentaire, comme celui des femmes, des nourrissons et des enfants (WIC). L'allaitement maternel, la supplémentation en fer et le report de l'introduction du lait de vache pendant au moins les douze premiers mois de la vie étaient également encouragés. Ces pratiques ont été mises en œuvre dans tout le spectre socio-économique et, dans les années 1980, l'anémie ferriprive chez les nourrissons avait considérablement diminué. D'autres solutions ont dû être introduites chez les jeunes enfants, qui n'étaient plus nourris au lait maternel ou aux préparations enrichies et consommaient du lait de vache. Les solutions suivantes ont été présentées aux parents : fournir une alimentation riche en sources de fer et de vitamine C, limiter la consommation de lait de vache à moins de vingt-quatre onces par jour, et une multivitamine contenant du fer.

Dans le tiers monde, l'anémie ferriprive reste un problème de santé publique important. La Banque mondiale affirme qu'un million de décès sont dus chaque année à l'anémie et que la majorité de ces décès surviennent en Afrique et en Asie du Sud-Est. La Banque mondiale énonce cinq interventions clés pour combattre l'anémie :⁴

- Fournir aux groupes à risque des suppléments de fer.
- enrichir les aliments de base en fer et autres micronutriments dont les carences sont liées à l'anémie.
- Empêcher la propagation du paludisme et traiter les centaines de millions de personnes atteintes de cette maladie.
- Fournissez des moustiquaires traitées à l'insecticide pour prévenir les infections parasitaires.
- Traiter les infestations par les vers parasites dans les populations à haut risque.

En outre, des recherches sont en cours pour déterminer si la fourniture d'ustensiles de cuisine en fer aux populations à risque est efficace pour prévenir et traiter l'anémie ferriprive.



Iron par l'Université de Hawai'i à Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

Notes

1. Centres de contrôle et de prévention des maladies. " Fer et carence en fer ". Consulté le 2 octobre 2011.
<http://www.cdc.gov/nutrition/everyone/basics/vitamins/iron.html>.
2. Le fer et la carence en fer. Centers for Disease Control and Prevention.
<http://www.cdc.gov/nutrition/everyone/basics/vitamins/iron.html>. Consulté le 2 octobre 2011.
3. L'anémie. La Banque mondiale.
<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTHEALTHNUTRITIONANDPOPULATION/EXTPHAAG/0,,contentMDK:20588506~menuPK:1314803~pagePK:64229817~piPK:64229743~theSitePK:672263,00.html>. Consulté le 2 octobre 2011.
4. L'anémie. La Banque mondiale.
<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTHEALTHNUTRITIONANDPOPULATION/EXTPHAAG/0,,contentMDK:20588506~menuPK:1314803~pagePK:64229817~piPK:64229743~theSitePK:672263,00.html>. Consulté le 2 octobre 2011.

Cuivre

Le cuivre, comme le fer, contribue au transfert des électrons dans la chaîne de transport des électrons. En outre, le cuivre est un cofacteur d'enzymes essentielles à l'absorption et au transport du fer. L'autre fonction importante du cuivre est celle d'antioxydant. Les symptômes d'une carence en cuivre légère ou modérée sont rares. Une carence en cuivre plus grave peut provoquer une anémie due à une mobilisation insuffisante du fer dans l'organisme pour la synthèse des globules rouges. Les autres signes et symptômes comprennent un retard de croissance chez les enfants et des problèmes neurologiques, car le cuivre est un cofacteur d'une enzyme qui synthétise la myéline, qui entoure de nombreux nerfs.



Copper by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

Zinc

Le zinc est un cofacteur pour plus de deux cents enzymes dans le corps humain et joue un rôle direct dans la synthèse de l'ARN, de l'ADN et des protéines. Le zinc est également un cofacteur pour les enzymes impliquées dans le métabolisme énergétique. En raison de ses rôles prépondérants dans le métabolisme anabolique et énergétique, une carence en zinc chez les nourrissons et les enfants ralentit la croissance. La dépendance de la croissance à l'égard d'une quantité adéquate de zinc alimentaire a été découverte au début des années 1960 au Moyen-Orient, où le nanisme nutritionnel des adolescents était lié à des régimes alimentaires contenant des quantités élevées de phytate. Les céréales et certains légumes contiennent des substances chimiques, dont le phytate, qui bloquent l'absorption du zinc et d'autres minéraux dans l'intestin. On estime que la moitié de la population mondiale a un régime alimentaire déficient en zinc.¹

C'est en grande partie une conséquence de l'absence de viande rouge et de fruits de mer dans le régime alimentaire et du recours aux céréales comme principale base de l'alimentation. Chez l'adulte, une grave carence en zinc peut entraîner une chute des cheveux, des diarrhées, des lésions cutanées, une perte d'appétit et une perte de poids. Le zinc est un cofacteur nécessaire à une enzyme qui synthétise la partie hémique de l'hémoglobine et les régimes alimentaires fortement déficients en zinc peuvent entraîner une anémie.

Apports nutritionnels de référence pour le zinc

Tableau 11.4 Apports nutritionnels de référence pour le zinc

Groupe d'âge	AJR (mg/jour)	UL (mg/jour)
Nourrisson (0-6 mois)	2*	4
Nourrissons (6-12 mois)	3	5
Enfants (1-3 ans)	3	7
Enfants (4-8 ans)	5	12
Enfants (9-13 ans)	8	23
Adolescents (14-18 ans)	11 (hommes), 9 (femmes)	34
Adultes (19 ans et +)	11 (hommes), 8 (femmes)	40

* indique un apport adéquat

Fiche d'information pour les professionnels de la santé : Zinc. Institut national de la santé, Bureau des compléments alimentaires. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional/>. Mise à jour le 11 février 2016. Consulté le 10 novembre 2017.

Sources alimentaires de zinc

Tableau 11.5 Teneur en zinc de divers aliments

Alimentation	Servir	Zinc (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Huîtres	3 oz.	74	493
Bœuf, rôti de paleron	3 oz.	7	47
Crabe	3 oz.	6.5	43
Homard	3 oz.	3.4	23
Longe de porc	3 oz.	2.9	19
Haricots cuits	½ c.	2.9	19
Yogourt, faible en gras	8 oz.	1.7	11
Flocons d'avoine, instantanés	1 paquet	1.1	7
Amandes	1 oz.	0.9	6

Fiche d'information pour les professionnels de la santé : Zinc. Institut national de la santé, Bureau des compléments alimentaires. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional/>. Mise à jour le 11 février 2016. Consulté le 10 novembre 2017.



Zinc by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, unless where otherwise noted.

Notes

1. Prasad, Ananda. "La carence en zinc". *BMJ* 22 février 2003 ; 326(7386) : 409-410. doi : 10.1136/bmj.326.7386.409. Consulté le 2 octobre 2011. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1125304/?tool=pmcentrez>.

Sélénium

Le sélénium est un cofacteur des enzymes qui libèrent l'hormone thyroïdienne active dans les cellules et, par conséquent, de faibles niveaux peuvent provoquer des signes et symptômes similaires à ceux d'une carence en iode. L'autre fonction importante du sélénium est celle d'antioxydant.

Fonctions et avantages du sélénium pour la santé

Environ vingt-cinq protéines connues ont besoin de sélénium pour fonctionner. Certaines sont des enzymes impliquées dans la détoxification des radicaux libres et comprennent les glutathion peroxydases et la thiorédoxine réductase. En tant que partie intégrante de ces enzymes, le sélénium contribue à la régénération du glutathion et de la vitamine C oxydée. Le sélénium, en tant que partie de la glutathion peroxydase, protège également les lipides des radicaux libres et, ce faisant, épargne la vitamine E. Ce n'est là qu'un exemple de la façon dont les antioxydants agissent ensemble pour protéger l'organisme contre les dommages induits par les radicaux libres. Parmi les autres fonctions des protéines contenant du sélénium, citons la protection des cellules endothéliales qui tapissent les tissus, la conversion de l'hormone thyroïdienne inactive en forme active dans les cellules, et la médiation des réponses du système inflammatoire et immunitaire.

Des études d'observation ont démontré que la carence en sélénium est liée à un risque accru de cancer. Une analyse de quarante-neuf études d'observation publiée dans le numéro de mai 2011 de la Cochrane Database of Systematic Reviews a conclu qu'une exposition plus élevée au sélénium réduit l'incidence globale du cancer d'environ 34 % chez les hommes et 10 % chez les femmes, mais note que ces études présentaient plusieurs limites, notamment la qualité des données, les biais et les grandes différences entre les différentes études.¹ En outre, cette revue indique que les six essais cliniques n'ont pas apporté de preuves convaincantes que les suppléments de sélénium réduisent le risque de cancer.

En raison de son rôle de protecteur des lipides, le sélénium a été soupçonné de prévenir les maladies cardiovasculaires. Dans certaines études d'observation, de faibles niveaux de sélénium sont associés à une diminution du risque de maladie cardiovasculaire. Cependant, d'autres études n'ont pas toujours confirmé cette association et les essais cliniques font défaut.

Figure 11.4 Rôle du sélénium dans la détoxification des radicaux libres

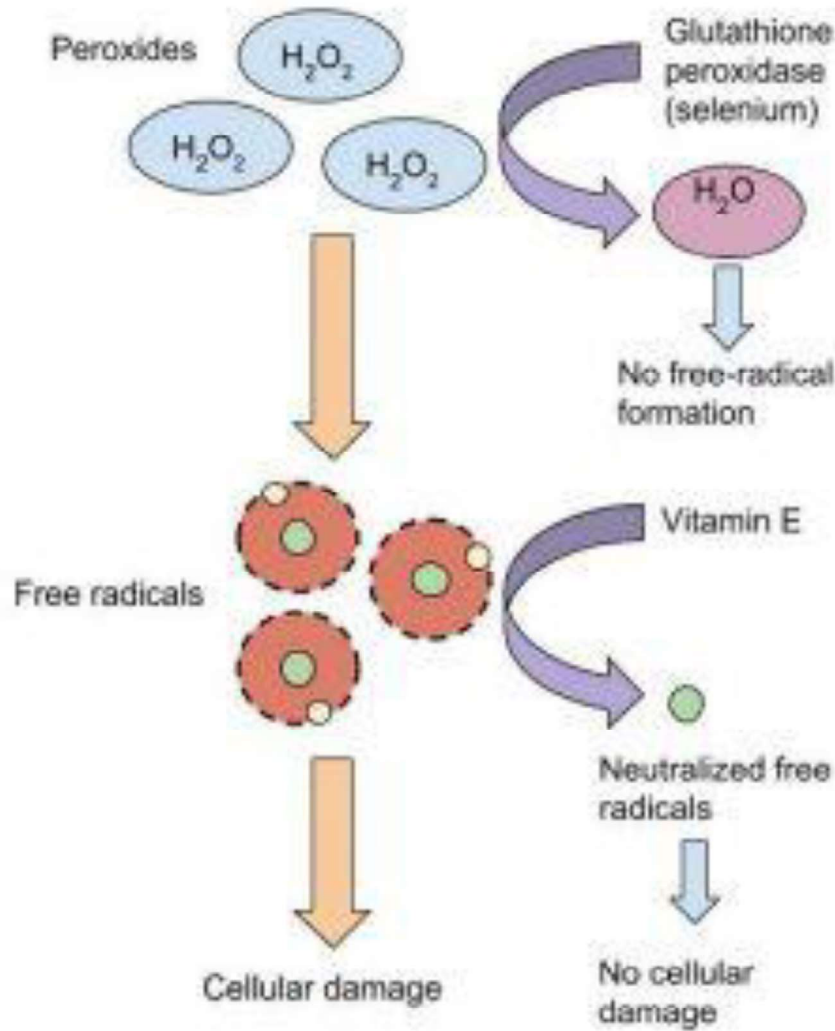


Image par Allison Calabrese / CC BY 4.0

Apports nutritionnels de référence pour le sélénium

L'IOM a fixé les AJR de sélénium sur la base de la quantité nécessaire pour maximiser l'activité des glutathion peroxydases présentes dans le plasma sanguin. Les AJR pour différents groupes d'âge sont indiqués dans le tableau 11.6 "Apports nutritionnels de référence pour le sélénium".

Tableau 11.6 Apports nutritionnels de référence pour le sélénium

Groupe d'âge	RDA Hommes et femmes mcg/jour	UL
Nourrissons (0-6 mois)	15*	45
Nourrissons (7-12 mois)	20*	65
Enfants (1-3 ans)	20	90
Enfants (4-8 ans)	30	150
Enfants (9-13 ans)	40	280
Adolescents (14-18 ans)	55	400
Adultes (> 19 ans)	55	400

*Indique un apport adéquat

Le sélénium à des doses plusieurs milliers de fois supérieures à l'AJR peut provoquer une toxicité aiguë et, lorsqu'il est ingéré en quantités de l'ordre du gramme, il peut être fatal. L'exposition chronique à des aliments cultivés dans des sols contenant des niveaux élevés de sélénium (nettement supérieurs à l'AMT) peut provoquer des cheveux et des ongles cassants, des troubles gastro-intestinaux, des éruptions cutanées, une halitose, de la fatigue et de l'irritabilité. L'IOM a fixé l'AMT du sélénium pour les adultes à 400 microgrammes par jour.

Sources alimentaires de sélénium

Les abats, les viandes musculaires et les fruits de mer sont les plus riches en sélénium. Les plantes n'ayant pas besoin de sélénium, la teneur en sélénium des fruits et légumes est généralement faible. Les animaux nourris avec des céréales provenant de sols riches en sélénium contiennent une certaine quantité de sélénium. Les céréales et certaines noix contiennent du sélénium lorsqu'elles sont cultivées dans des sols contenant du sélénium. Voir le tableau 11.7 " Teneur en sélénium de divers aliments " pour connaître la teneur en sélénium de divers aliments.

Tableau 11.7 Teneur en sélénium de divers aliments

Alimentation	Servir	Sélénium (mcg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Noix du Brésil	1 oz.	544	777
Crevettes	3 oz.	34	49
Chair de crabe	3 oz.	41	59
Fromage ricotta	1 c.	41	59
Saumon	3 oz.	40	57
Porc	3 oz.	35	50
Bœuf haché	3 oz.	18	26
Steak rond	3 oz.	28.5	41
Foie de bœuf	3 oz.	28	40
Poulet	3 oz.	13	19
Pain complet	2 tranches	23	33
Couscous	1 c.	43	61
Orge, cuit	1 c.	13.5	19
Lait, faible en gras	1 c.	8	11
Noix noires	1 oz.	5	7

Source : Département de l'agriculture des États-Unis, Service de recherche agricole. 2010. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 23. <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>.



Selenium by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, unless where otherwise noted.

Notes

1. Dennert G, Zwahlen M, et al. Selenium for Preventing Cancer. Base de données Cochrane des revues systématiques. 2011 ; 5. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21563143>. Consulté le 22 novembre 2017.

Iode

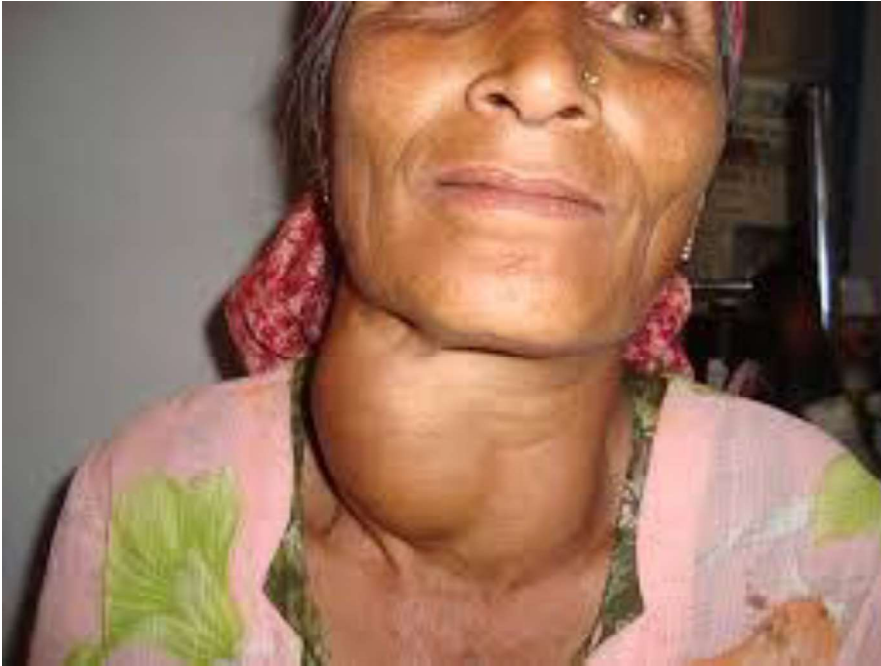
Rappelez-vous la découverte de l'iode et son utilisation comme moyen de prévention du goitre, une grossière hypertrophie de la glande thyroïde située dans le cou. L'iode est essentiel à la synthèse de l'hormone thyroïdienne, qui régule le métabolisme de base, la croissance et le développement. Un faible taux d'iode et, par conséquent, l'hypothyroïdie, s'accompagnent de nombreux signes et symptômes, notamment la fatigue, la sensibilité au froid, la constipation, la prise de poids, la dépression, la peau sèche et les démangeaisons, ainsi que la pâleur. Le développement d'un goitre est souvent le signe le plus visible d'une carence chronique en iode, mais les conséquences d'un faible taux d'hormones thyroïdiennes peuvent être graves pendant la petite enfance, l'enfance et l'adolescence, car elles affectent toutes les étapes de la croissance et du développement. L'hormone thyroïdienne joue un rôle majeur dans le développement et la croissance du cerveau. Les fœtus et les nourrissons souffrant d'une grave carence en iode développent une affection appelée crétinisme, dans laquelle les déficiences physiques et neurologiques peuvent être graves. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime que la carence en iode touche plus de deux milliards de personnes dans le monde et qu'elle est la première cause de lésions cérébrales évitables dans le monde.¹

Figure 11.5 Décès dus à une carence en iode dans le monde en 2012



Image par Chris55 / CC BY 4.0

Figure 11.6 Carence en iode : Goitre



Un gros goitre par le Dr. J.S.Bhandari, Inde / CC BY-SA 3.0

Apports nutritionnels de référence pour l'iode

Tableau 11.8 Apports nutritionnels de référence pour l'iode

Groupe d'âge	RDA Hommes et femmes mcg/jour	UL
Nourrissons (0-6 mois)	110*	
Nourrissons (7-12 mois)	130*	
Enfants (1-3 ans)	90	200
Enfants (4-8 ans)	120	300
Enfants (9-13 ans)	150	600
Adolescents (14-18 ans)	150	900
Adultes (> 19 ans)	150	1,100

*indique un apport adéquat

Fiche d'information pour les professionnels de la santé : Iode. National Institute of Health, Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iodine-HealthProfessional/>. Mis à jour le 24 juin 2011. Consulté le 10 novembre 2017.

Sources alimentaires d'iode

La teneur en minéraux des aliments est fortement influencée par le sol dans lequel ils ont poussé, et la situation géographique est donc le principal facteur déterminant de la teneur en minéraux des aliments. Par exemple, l'iode provient principalement de l'eau de mer. Plus la distance à la mer est grande, plus la teneur en iode du sol est faible.

Tableau 11.9 Teneur en iode de divers aliments

Alimentation	Servir	Iode (mcg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Algues marines	1 g.	16 à 2 984	11 à 1 989
Morue	3 oz.	99	66
Yogourt, faible en gras	8 oz.	75	50
Sel iodé	1.5 g.	71	47
Lait, à teneur réduite en matières grasses	8 oz.	56	37
Crème glacée, chocolat	½ c.	30	20
Œuf	1 grand	24	16
Thon en conserve	3 oz.	17	11
Prunes, séchées	5 pruneaux	13	9
Banane	1 moyen	3	2

Santé Professionnels Fiche d'information professionnels de la santé : Iode. National Institute de santé, Bureau de Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iodine-HealthProfessional/>. Mis à jour le 24 juin 2011. Consulté le 10 novembre 2017.



Iodine by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, unless where otherwise noted.

Notes

1. Organisation mondiale de la santé. " Statut de l'iode dans le monde ". Consulté le 2 octobre 2011. <http://whqlibdoc.who.int/publications/2004/9241592001.pdf>.

Chrome

Le fonctionnement du chrome dans l'organisme est moins bien compris que celui de la plupart des autres minéraux. Il renforce l'action de l'insuline et joue donc un rôle dans le métabolisme des glucides, des graisses et des protéines. Actuellement, les résultats des études scientifiques évaluant l'utilité d'une supplémentation en chrome dans la prévention et le traitement du diabète de type 2 sont peu concluants. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux déterminer si le chrome est utile dans le traitement de certaines maladies chroniques et, si oui, à quelles doses. Les sources alimentaires de chrome comprennent les noix, les céréales complètes et la levure. L'apport recommandé en chrome est de 35 mcg par jour pour les hommes adultes et de 25 mcg par jour pour les femmes adultes. Les preuves sont insuffisantes pour établir un AMT pour le chrome.



Chromium by University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, unless where otherwise noted.

Manganèse

Le manganèse est un cofacteur des enzymes nécessaires au métabolisme des glucides et du cholestérol, à la formation des os et à la synthèse de l'urée. L'apport recommandé en manganèse est de 2,3 mg par jour pour les hommes adultes et de 1,8 mg par jour pour les femmes adultes. Les carences en manganèse sont rares. Les meilleures sources alimentaires de manganèse sont les céréales complètes, les noix, les légumineuses et les légumes verts.



Manganèse par University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

Molybdène

Le molybdène agit également comme un cofacteur nécessaire au métabolisme des acides aminés contenant du soufre, des composés azotés présents dans l'ADN et l'ARN, et de diverses autres fonctions. L'apport recommandé en molybdène est de 46 mcg par jour pour les hommes et les femmes adultes. Les sources alimentaires de molybdène varient en fonction de la teneur du sol dans une région spécifique.



Molybdène par University of Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

Fluorure

Le rôle fonctionnel du fluorure

Le fluorure est surtout connu comme le minéral qui combat la carie dentaire. Il contribue au développement et à l'entretien des dents et des os. Le fluorure combat la carie dentaire par trois mécanismes :

1. Blocage de la formation d'acide par les bactéries
2. Prévention de la déminéralisation des dents
3. Renforcer la reminéralisation de l'émail détruit

Le fluorure a été ajouté pour la première fois à l'eau potable en 1945 à Grand Rapids, dans le Michigan ; aujourd'hui, plus de 60 % de la population américaine consomme de l'eau potable fluorée. Selon les Centers for Disease Control and Prevention (CDC), la fluoration de l'eau prévient, en moyenne, 27 % des caries chez les enfants et entre 20 et 40 % des caries chez les adultes. Les CDC considèrent la fluoration de l'eau comme l'une des dix grandes réalisations du XXe siècle en matière de santé publique¹.

La concentration optimale de fluorure dans l'eau pour prévenir la carie dentaire se situe entre 0,7 et 1,2 milligramme par litre. L'exposition au fluorure à une concentration trois à cinq fois supérieure avant la croissance des dents permanentes peut provoquer une fluorose, c'est-à-dire des taches et une décoloration des dents.

Figure 11.7 Un cas grave de fluorose



Bellingham fluorosis par Editmore / Public Domain

Les avantages du fluor pour les tissus minéralisés des dents sont bien établis, mais les effets du fluor sur les os ne sont pas aussi bien connus. Le fluorure fait actuellement l'objet de recherches en tant que traitement potentiel de l'ostéoporose. Les données sont contradictoires quant à savoir si la consommation d'eau fluorée réduit l'incidence de l'ostéoporose et le risque de fracture. Le fluor stimule l'activité de construction osseuse des ostéoblastes, et il a été démontré que le traitement au fluor chez les patients atteints d'ostéoporose augmente la DMO. En général, il semble qu'à faible dose, le traitement au fluorure augmente la DMO chez les personnes atteintes d'ostéoporose et est plus efficace pour améliorer la qualité des os lorsque les apports en calcium et en vitamine D sont adéquats. La Food and Drug Administration n'a pas approuvé le fluorure pour le traitement de l'ostéoporose, principalement parce que ses

avantages ne sont pas suffisamment connus et qu'elle

a plusieurs effets secondaires, notamment des troubles gastriques fréquents et des douleurs articulaires. Les doses de fluorure utilisées pour traiter l'ostéoporose sont beaucoup plus importantes que celles contenues dans l'eau fluorée.

Apports nutritionnels de référence

L'IOM a fixé des apports adéquats (AI) pour le fluorure, mais n'a pas encore établi d'AJR. Les AS sont basés sur les doses de fluorure qui réduisent l'incidence des caries, mais ne provoquent pas de fluorose dentaire. De la petite enfance à l'adolescence, l'AS du fluorure passe de 0,01 milligramme par jour pour les enfants de moins de six mois à 2 milligrammes par jour pour les enfants âgés de 14 à 18 ans. À l'âge adulte, l'AS est de 4 milligrammes par jour pour les hommes et de 3 milligrammes par jour pour les femmes. L'AMT pour les jeunes enfants est fixé à 1,3 et 2,2 milligrammes par jour pour les filles et les garçons, respectivement. Pour les adultes, l'AMT est fixé à 10 milligrammes par jour.

Tableau 11.10 Apports nutritionnels de référence pour le fluorure

Groupe d'âge	IA (mg/jour)	UL (mg/jour)
Nourrissons (0-6 mois)	0.01	0.7
Nourrissons (6-12 mois)	0.50	0.9
Enfants (1-3 ans)	0.70	1.3
Enfants (4-8 ans)	1.00	2.2
Enfants (9-13 ans)	2.00	10.0
Adolescents (14-18 ans)	3.00	10.0
Hommes adultes (> 19 ans)	4.00	10.0
Femmes adultes (> 19 ans)	3.00	10.0

Source : Institut de Médecine. Apports nutritionnels de référence pour le calcium, le phosphore, le magnésium, la vitamine D et le fluorure. 1er janvier 1997. <http://www.iom.edu/Reports/1997/Dietary-Reference-Intakes-for-Calcium-Phosphorus-Magnesium-Vitamin-D-and-Fluoride.aspx>.

Sources alimentaires de fluorure

Plus de 70 % du fluorure d'une personne provient de la consommation d'eau fluorée lorsqu'elle vit dans une communauté dont l'eau potable est fluorée. Les thés et le jus de raisin sont d'autres boissons contenant une grande quantité de fluorure. Les aliments solides ne contiennent pas une grande quantité de fluorure. La teneur en fluorure des aliments varie selon qu'ils ont été cultivés dans des sols et une eau contenant du fluorure ou qu'ils ont été cuits avec de l'eau fluorée. Les viandes et poissons en conserve qui contiennent des arêtes contiennent un peu de fluorure.

Tableau 11.11 Teneur en fluorure de divers aliments

Alimentation	Servir	Fluorure (mg)	Pourcentage de la valeur quotidienne
Jus de fruits	3,5 fl oz.	0.02-2.1	0.7-70
Crabe, en conserve	3,5 oz.	0.21	7
Riz, cuit	3,5 oz.	0.04	1.3
Poisson, cuit	3,5 oz.	0.02	0.7
Poulet	3,5 oz.	0.015	0.5

* AI actuel utilisé pour déterminer le pourcentage de la valeur quotidienne

Centre d'information sur les micronutriments : Fluorure. Oregon State University, Linus Pauling Institute. lpi.oregonstate.edu/mic/minerals/fluoride . Mis à jour le 29 avril 2015. Consulté le 22 octobre 2017.



Fluorure par l'Université de Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

Notes

1. 10 grandes réalisations en matière de santé publique au 20e siècle. Centers for Disease Control, Morbidity and Mortality Weekly Report. 1999 ; 48(12), 241-43. <http://www.cdc.gov/about/history/tengpha.htm>. Consulté le 22 novembre 2017.

Résumé des oligo-éléments

Tableau 11.12 Résumé des oligo-éléments

Sources des micronutriments	Recommandé Apports pour les adultes	Fonctions principales	Maladies et symptômes de carence	Groupes à risque de carence	Toxicité	UL
Fer	Viande rouge, jaune d'œuf, légumes à feuilles sombres, fruits secs, aliments enrichis en fer. 8-18 mg/jour	Aide à la production d'énergie, à la synthèse de l'ADN nécessaire au fonctionnement des globules rouges.	Anémie : fatigue, pâleur, accélération du rythme cardiaque.	Nourrissons et enfants d'âge préscolaire, adolescents, femmes, femmes enceintes, sportifs, végétariens	Dommages au foie, risque accru de diabète et de cancer	45 mg/jour
Cuivre	Noix, graines, céréales complètes, fruits de mer 900 mcg/jour	Aide à la production d'énergie, au métabolisme du fer	Anémie : fatigue, pâleur, accélération du rythme cardiaque.	Les personnes qui consomment des suppléments de zinc de manière excessive	Vomissements, douleurs abdominales, diarrhée, lésions hépatiques.	10 mg/jour
Zinc	huîtres, germe de blé, graines de citrouille, courge, haricots, graines de sésame, tahini, bœuf, agneau 8-11 mg/jour	Participe à la production d'énergie, à la synthèse des protéines, de l'ARN et de l'ADN ; nécessaire à la synthèse de l'hémoglobine.	Retard de croissance chez les enfants, perte de cheveux, diarrhée, plaies cutanées, perte d'appétit, perte de poids. Fatigue, muscles	Végétariens, personnes âgées Populations où le sol est pauvre en sélénium	Dépression de la fonction immunitaire Nausées,	40 mg/jour 400
Sélénium	œufs, noix 55 mcg/jour	Indispensable pour l'activité des hormones thyroïdiennes	douleur, faiblesse, maladie de Keshan	Populations où le sol est pauvre en iode et où le sel iodé n'est pas utilisé.	diarrhée, vomissements, fatigue	mcg/jour
Iode	Sel iodé, algues, produits laitiers 150 mcg/jour	Fabrication de l'hormone thyroïdienne, métabolisme, croissance et développement	Goitre, crétinisme, autres signes et symptômes : fatigue, dépression, prise de poids, démangeaisons de la peau, rythme cardiaque faible.		Hypertrophie de la thyroïde	1110 mcg/jour
Chrome	25-35 mcg/jour	Aide l'insuline dans le métabolisme des glucides, des lipides et des protéines	métabolisme anormal du glucose	Enfants malnutris	Aucun	ND
Fluorure	Fluorée l'eau, les aliments préparés dans de l'eau fluorée, les fruits de mer verts à feuilles 3-4 mg/jour	Composant de l'os minéralisé,	fournit la structure et la microarchitecture, stimule la nouvelle croissance osseuse	Populations catabolisme des acides aminés	Fluorose Risque accru de caries dentaires	anomalies du métabolisme du glucose.
Manganèse	Légumineuses, noix, légumes 1,8-2,3 mg/jour		Synthèse du glucose,		Troubles de la croissance, anomalies du squelette,	

avec de l'eau non fluorée	dents tachetées, lésions rénales	10 mg / jour					
Aucun	Lésion nerveuse						
		11 mg / jour					
Molybdène céréales,	Lait, légumineuses	pour un 45 mcg/jour	Cofacteur nombre de enzymes	Inconnu	Aucun	L'arthrite, inflammation des articulations	2 mg/jour



Résumé des oligo-éléments par l'Université de Hawai'i at Mānoa Food Science and Human Nutrition Program est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, sauf mention contraire.

