

Les minéraux : bons pour notre santé et celle des plantes

Les minéraux jouent un rôle essentiel dans notre organisme : ils assurent des fonctions essentielles, de la formation d'os solides à la transmission de l'influx nerveux, pour une vie longue et en bonne santé. Leur présence permet non seulement de produire différentes hormones, mais aussi de réguler le rythme cardiaque.

Certains macro- et micro-éléments se trouvent dans la structure des dents (Ca, P et F) et des os (Ca, Mg, Mn, P, B et F), tandis que la plupart des micro-éléments (Cu, Fe, Mn, Mg, Se et Zn) jouent un rôle essentiel en tant que partie structurelle de nombreuses enzymes. Les minéraux interviennent également dans le système immunitaire (Ca, Mg, Cu, Se et Zn) et cérébral (Cr et Mn) [1] (Tableau 1).

Par ailleurs, les plantes utilisent ces minéraux pour fabriquer des sources d'énergie sous forme de macronutriments (glucides, protéines et lipides) et de micronutriments essentiels. Ces micronutriments comprennent les vitamines (A, B complexe, C, E et K), des acides gras essentiels (l'acide linoléique et l'acide linolénique) et les acides aminés, histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, le tryptophane et la valine. **L'ensemble de ces micronutriments doivent être obtenus à partir de l'alimentation car ils ne peuvent pas être synthétisés par l'homme** et à l'exception des vitamines B12 et D, un apport alimentaire d'origine végétale peut assurer un apport adéquat. Tout comme pour les minéraux, une carence alimentaire pour ces micronutriments essentiels peut avoir à long terme des impacts négatifs sur la santé humaine [2].

Tableau 1. Éléments minéraux indispensables pour l'alimentation humaine. Adapté de Huang et al. (2020) [3]

Éléments minéraux	Apport journalier recommandé pour l'alimentation humaine (mg)	Symptômes typiques de carence
P	800-1000	Rachitisme ; Ostéomalacie
K	2000-2500	Arythmie cardiaque
Ca	550-650	Rachitisme ; Ostéomalacie ; Ostéoporose
Mg	230-310	Vasodilatation ; Arythmie cardiaque
Fe	5,5-6,5	Anémie
Mn	3,5-4	
Cu	0,6-0,7	Anémie ; Maladies osseuses
Zn	7-9	Dysgueusie
Cl	750	
Na	600	Hyponatrémie
Si	10-25	Malformations osseuses
F	1,5-4,0	Caries dentaires
Mo	0,020-0,025	Goutte
I	0,095	Goiitre
Se	0,020-0,025	Maladie de Keshan Maladie de Kashin-Beck

L'ensemble des minéraux sont principalement prélevés dans le sol par les racines sous forme d'ions inorganiques (Lire [Le système racinaire des plantes : de l'ombre à la lumière](#)). Ils pénètrent dans les cellules via des protéines qui leurs permettent de traverser les membranes cellulaires hydrophobes. Ces protéines sont soit :

- Des systèmes de transport à forte ou faible affinité, qui permettent respectivement de prélever les ions lorsqu'ils sont présents dans le sol en faible ou forte concentration ;

- Des canaux ioniques.

Une fois dans le *symplasme* racinaire, les ions inorganiques sont transportés vers les feuilles et les parties comestibles destinées à la consommation humaine, via le xylème. Ces étapes constituent un système complexe et très finement régulé : il adapte les quantités d'ions prélevées aux besoins de la plante en fonction de leur disponibilité dans le sol et des conditions environnementales. En effet, les minéraux jouent un rôle crucial pour les fonctions métaboliques de la plante. Ils sont impliqués dans la synthèse de molécules organiques essentielles comme par exemple, les acides aminés et les protéines, les acides gras ou encore les acides nucléiques. Toute carence de l'un ou l'autre de ces minéraux a donc un fort impact sur la croissance des plantes et affecte le taux et la qualité nutritionnelle de la production végétale (Tableau 2).

Tableau 2. Fonctions biologiques des nutriments dans les plantes et symptômes de carence associés. Adapté de El-Ramady et al. [4]

Éléments minéraux	Formes absorbées par les plantes	Fonctions biologiques des éléments minéraux dans les plantes	Symptômes typiques de carence
N	NH_4^+ et NO_3^-	Constituent des acides aminés, protéines, acides nucléiques, etc.	Inhibition de la croissance, chlorose des feuilles
P	H_2PO_4^- ; HPO_4^{2-}	Constituent des acides nucléiques et des membranes lipidiques, ATP, etc.	Feuilles violacées et malformées avec des points de nécrose
K	K^+	Contrôle plus de 60 enzymes impliqués principalement dans la photosynthèse et la respiration	Chlorose des feuilles âgées, entro-nervure plus courte au niveau des tiges, inhibition de la synthèse protéique
Ca	Ca^{2+}	Constituant de la paroi cellulaire, contrôle l'allongement et la division cellulaire, active de nombreux enzymes	Feuilles petites, déformées et chlorotiques, noyau amer pour les pommes et cœur noir pour le céleri
Mg	Mg^{2+}	Constituant de la chlorophylle et des polyribosomes ; co-facteur d'enzymes	Chlorose des nervures et effets striés ou irréguliers sur les feuilles
S	SO_4^{2-}	Composant des acides aminés, du CoA et des vitamines. Constituant des glucosides des oignons	Chlorose interne et externe de toutes les feuilles de manière simultanée ; vert-jaunâtre
B	H_2BO_3^-	Impliqué dans de nombreux processus : synthèse des protéines, respiration, transport des sucres, métabolisme de l'ARN, des hormones végétales et des glucides.	Apparaît principalement sur les jeunes feuilles ; malformées et vert bleutées ; altération de la formation des fleurs et des fruits ; pourriture du cœur de la betterave, cœur brun des navets ou tige creuse du chou-fleur
Cu	Cu^{2+}	Essentiel pour la respiration cellulaire, la photosynthèse et l'absorption de N	Nécrose et dépérissement des extrémités des feuilles, pointes blanches
Cl	Cl^-	Essentiel à l'assimilation et à la photosynthèse ; augmente la résistance des plantes aux maladies (riz, orge, maïs)	Chlorose foliaire, enroulement des feuilles, flétrissement de la plante et ramification restreinte du système racinaire
Fe	Fe^{2+}	Essentiel à la respiration ; assimilation de N, mitochondries, photosynthèse ; biosynthèse des hormones ; cytochromes, protéines contenant du fer (hème)	Chlorose interne et externe des jeunes feuilles ; les bords et les nervures des feuilles restent vertes
Ni	Ni^{2+}	Essentiel pour les enzymes prokaryotiques telles que les hydrogénases et les déshydrogénases ; composant de l'enzyme uréase	Nécrose de l'extrémité des feuilles ; accumulation de nitrate dans les feuilles
Mn	Mn^{2+}	Présent dans plusieurs enzymes de cellules végétales ; implique de nombreuses enzymes (lyses, hydrolyses) ; protéines Mn-SOD	Chlorose interne chez les dicotylédones ; les plus petites nervures des feuilles restent vertes ; mouchetures jaunes chez la betterave sucrière
Mo	MoO_4^{2-}	Essentiel pour l'assimilation de N, la biosynthèse des phytohormones, et le métabolisme S ; contrôle les enzymes d'assimilation de N	Chez les jeunes plantes : plantes noires, marbrures, tainries grises, feuilles bombées et feuilles flasques
Zn	Zn^{2+}	Composant des enzymes de synthèse protéique ; catalyseur essentiel pour plus de 300 enzymes, Zn-Cu-SOD	Chlorose interne et externe ; entre nœuds courts, feuilles plus petites et malformées, en rosette

Notes et références

Vignette : *L'été (Tableau de la série Les quatre saisons) de Giuseppe Arcimboldo* [Daté de 1563, Domaine public, via Wikimedia Commons]

[1] Gharibzahedi, S.M.T. & Jafari, S.M. (2017) The Importance of Minerals in Human Nutrition: Bioavailability, Food Fortification, Processing Effects and Nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 119-132. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.017>

[2] Grusak MA & DellaPenna D. (1999) Improving The Nutrient Composition Of Plants To Enhance Human Nutrition And Health. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.* 50:133-161. doi: 10.1146/annurev.arplant.50.1.133.

[3] Huang et al. (2020)

[4] El-Ramady H, Hajdú P, Törös G, Badgar K, Llanaj X, Kiss A, Abdalla N, Omara AE-D, Elsakhawy T, Elbasiouny H, et al. (2022) Plant Nutrition for Human Health: A Pictorial Review on Plant Bioactive Compounds for Sustainable Agriculture. *Sustainability* 14(14):8329. <https://doi.org/10.3390/su14148329>

L'Encyclopédie de l'environnement est publiée par l'Université Grenoble Alpes.

Les articles de l'Encyclopédie de l'environnement sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.
