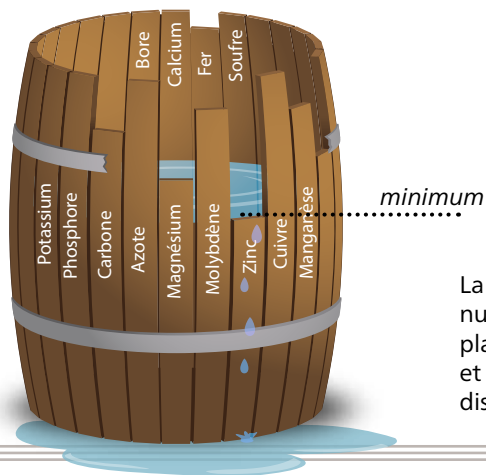


UNE LIAISON COMPLEXE : LA SCIENCE DERRIÈRE LA NUTRITION FOLIAIRE



Le rendement des cultures dépend de la fertilité du sol.

La « loi du minimum » de Liebig décrit comment la carence en un élément nutritif limite en conséquence le potentiel de rendement d'une culture. Les plantes utilisent des éléments essentiels en proportions relatives variables, et l'élément qui est apporté en proportion la plus faible déterminera la disponibilité de tous les autres éléments.

« La croissance des plantes est limitée par l'élément dont la concentration dans le milieu est inférieure à une valeur minimum sous laquelle les synthèses ne peuvent plus se faire. »

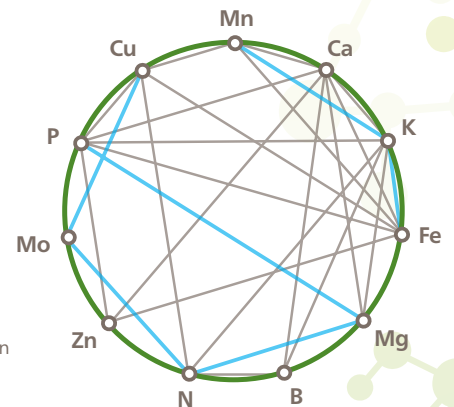
— Justus von Liebig, 1840

La complexité des interactions entre nutriments

Le diagramme de Mulder illustre le défi complexe que constitue un apport équilibré d'éléments nutritifs. L'augmentation d'un élément peut déclencher une réaction synergique, augmentant la disponibilité de certains éléments, ou une réaction antagoniste, réduisant la disponibilité d'autres.

— Synergie : Une augmentation d'un nutriment augmente la disponibilité d'un autre nutriment

— Antagoniste : Une augmentation d'un nutriment réduit la disponibilité d'un autre nutriment



Les micro-nutriments peuvent aussi interagir avec d'autres éléments chimiques dans les sols, ce qui affecte grandement leur absorption et limite leur disponibilité pour les plantes. Une solution alternative est l'application foliaire des nutriments. L'absorption au travers de la surface de la feuille étant très effective, les nutriments liquides foliaires peuvent fournir un haut degré d'efficacité. Même une petite quantité d'un nutriment obtenue via application foliaire peut avoir le même effet dans la plante qu'une quantité bien plus importante obtenue par le sol.⁹

Nutriment	Culture	Foliaire	Sol	Source
Zinc	annuelles	1	12	Lingle & Holmberg (1956)
Phosphore	haricots, tomates	1	20	Wittwer, et al. (1957)
Fer	sorgho	1	25	Withee & Carlson (1959)
Magnésium	sorgho	1	100	Krantz (1962)

Quantités relatives de nutriment recommandées pour un effet comparable sur la plante

Les sources de micro-nutriments peuvent être organisées en trois classes primaires :¹³

1 Chélates inorganiques
Sulphates, sels métalliques

2 Chélates synthétiques
comme l'EDTA

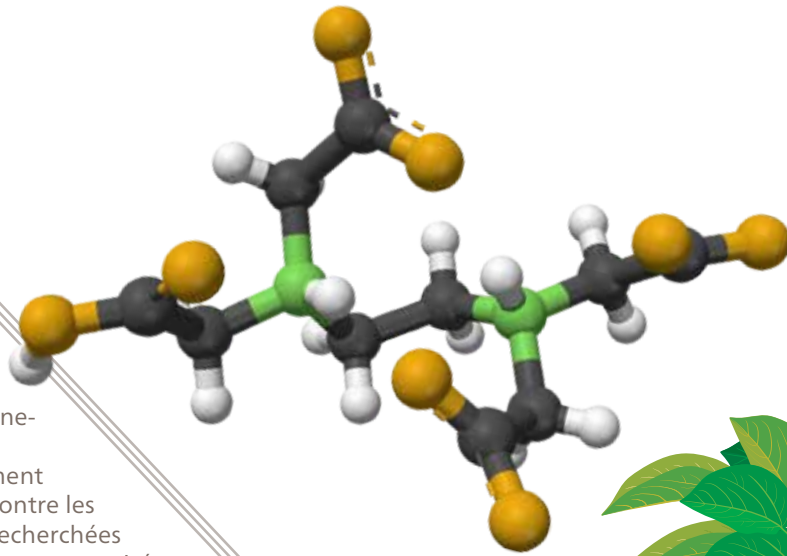
3 Complexes organiques
comme les acides aminés

Qu'est-ce qu'un chélate ?

La chélation est un procédé d'encapsulation qui lie un élément minéral à une protéine.¹⁶ Le terme vient du grec khêlê qui signifie "pince".⁹

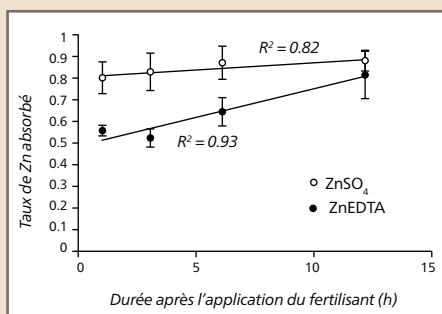
(EDTA)

L'agent de liaison des minéraux le plus commun est l'EDTA (acide éthylène-diamine-tétra-acétique), illustré ici. Ces molécules larges et synthétiques se lient très solidement aux minéraux, ce qui aide à la résistance contre les interactions chimiques - caractéristiques recherchées pour les chélates utilisés dans le sol. Mais cette capacité à créer des liaisons fortes peut être un attribut négatif une fois que l'EDTA est dans la plante. Par exemple, le fer-EDTA aidera à corriger une carence en fer des plantes, mais pour que l'EDTA libère l'atome de fer, il pourra se lier à un autre élément. Parfois, l'EDTA récupérera le manganèse afin de libérer le fer, créant potentiellement une carence en manganèse.⁹

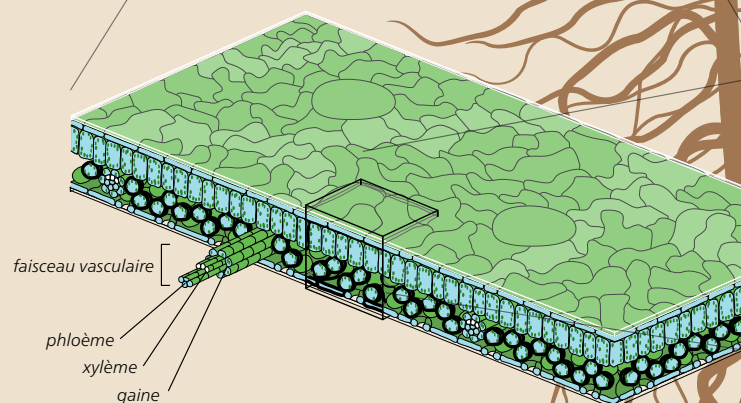


« L'EDTA peut à la fois résoudre une carence nutritive et en provoquer une autre. L'EDTA a une sorte d'angoisse de la séparation; il faut toujours qu'il se raccroche à quelque chose. »

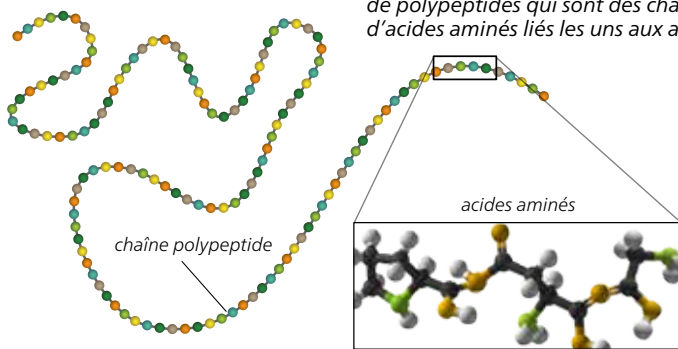
—Donald Lester



Une étude de 2007 (Arkansas) révèle qu'un plus grand taux de sulfate de zinc appliqué de manière foliaire a été absorbé au fur et à mesure du temps, en comparaison au zinc chélaté par l'EDTA.¹⁴



Les protéines sont construites à partir de polypeptides qui sont des chaînes d'acides aminés liés les uns aux autres.



ACIDES AMINÉS CLÉS

GLYCINE

Pouvoir complexant élevé, aide à la photosynthèse, précurseur de la chlorophylle.⁵

LYSINE

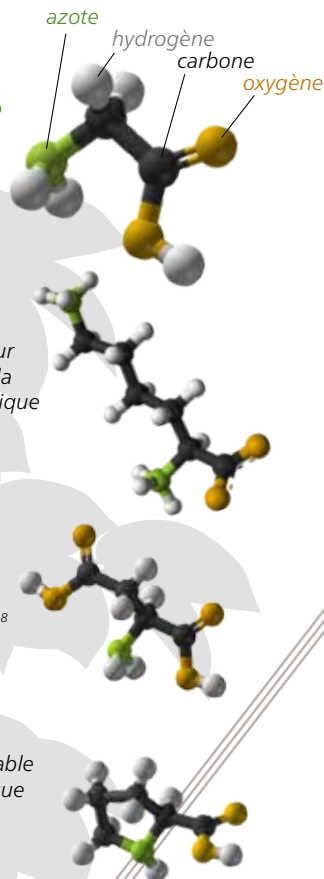
Réserve importante d'azote pour la plante, aide à l'activation de la chlorophylle, régulation stomatique et développement du pollen.³

ACIDE ASPARTIQUE

Source d'azote, essentiel à la synthèse d'autres acides aminés, important pendant les premières étapes de croissance.⁸

PROLINE

Associée à la résistance aux infections fongiques, indispensable pour surmonter des stress tels que la sécheresse, les températures extrêmes et la salinité.¹



Qu'est-ce qu'un complexe ?

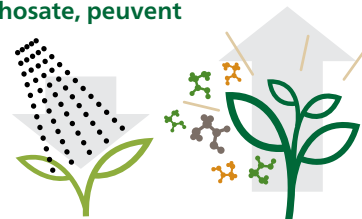
Les agents complexants sont des molécules qui peuvent se lier avec des minéraux. En agriculture, ils peuvent être utilisés pour protéger les oligo-éléments des réactions chimiques indésirables dans l'environnement, avant d'atteindre la plante. Lorsqu'un seul ligand se lie à un cation, ce cation est considéré "complexé".¹⁰

Que sont les acides aminés ?

Les acides aminés sont des molécules organiques, souvent désignés comme les blocs de construction des protéines. Ils se lient les uns aux autres pour former de longues chaînes polypeptiques, qui à leur tour forment les protéines présentes dans chaque organisme vivant.

Les plantes doivent continuellement synthétiser les 22 acides aminés protéinogéniques (qui forment des protéines) afin de grandir et de se développer.

Certains herbicides, comme le glyphosate, peuvent empêcher la synthèse des acides aminés et diminuer le développement de la plante. Il a été démontré que la supplémentation d'acide aminé participe au rétablissement après ce stress.¹⁵



Les acides aminés peuvent également servir d'agents complexants, en fournissant des oligo-éléments dans un format hautement biodisponible et respectueux de l'environnement. Ces minéraux complexes solubles dans l'eau peuvent être rapidement absorbés, transloqués et métabolisés par les plantes, à travers la surface de la feuille.^{4,15}

« Nous voulons protéger ces minéraux ; nous voulons les cacher - comme des ninjas - afin qu'ils puissent arriver là où ils peuvent être utilisés. »

— Steve Elliott, Directeur mondial, Management Minéral Alltech

Le Voyage Commence par la Cuticule

La cuticule (couche cireuse d'acides gras) sert de barrière physique et chimique. La plus importante qualité requise d'une molécule nutritive dans cette situation est la neutralité électrique. Les acides gras possèdent des charges électriques négatives qui attireront des espèces chargées positivement. Les minéraux complexés avec des acides aminés ont une charge neutre, ce qui leur permet de contourner la surface de la feuille. En arrivant à la membrane cellulaire, ils sont rapidement absorbés puisque les acides aminés sont des sources d'azote organique solubles dans l'eau. Ces molécules restent intactes pendant leur voyage à travers la cuticule, avec un minimum d'interférences. De là, ils peuvent être absorbés et utilisés par les cellules de la feuille, ou continuer à voyager jusqu'au phloème (le système vasculaire utilisé par les plantes pour le transport), en général jusqu'à de nouvelles feuilles, fleurs, fruits et autres parties à croissance rapide de la plante.⁷

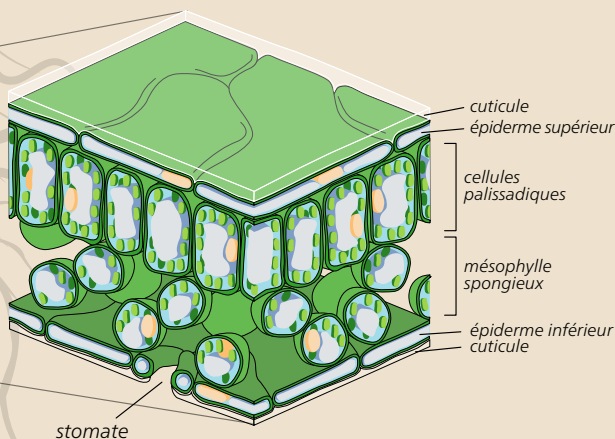


Image by Zephyris. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons

Qu'est-ce que la biodisponibilité ?

La biodisponibilité correspond au degré et au niveau auxquels une substance est absorbée dans un système vivant, ou est rendue disponible sur le site de l'activité physiologique. En fertilisation foliaire, les chélates d'acides aminés émergent comme la technologie de pointe pour l'apport sélectif d'oligo-éléments offrant le maximum de biodisponibilité, de tolérance et de sécurité.¹³

1 H Hydrogène 1.0079	Les minéraux habituellement chélatés/ complexés incluent le calcium, le cobalt, le cuivre, le fer, le magnésium, le manganèse, le potassium et le zinc. ¹⁶ Certains minéraux comme le bore et le molybdène n'ont qu'un seul lien chimique et sont donc limités à ne former qu'un complexe. ⁹		5 B Bore 10.811	6 C Carbone 12.011	7 N Azote 14.007	8 O Oxygène 15.999
3 Li Lithium 6.941	4 Be Béryllium 9.0122		13 Al Aluminium 26.982	14 Si Silicium 28.086	15 P Phosphore 30.974	16 S Soufre 32.065
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnésium 24.305	19 K Potassium 39.098	25 Mn Manganèse 54.938	26 Fe Fer 55.845	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Cuivre 63.546
	20 Ca Calcium 40.078	30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.732	32 Ge Germanium 72.610	33 As Arsenic 74.922	34 Se Sélénium 78.96

« Les véritables chélates d'acides aminés émergent comme la technologie de pointe pour l'apport d'oligo-éléments avec le maximum de biodisponibilité, de tolérance et de sécurité. »

—Dr. B.S. Sekhon, Université Agricole Punjab

APPROFONDIR LE SUJET :

- Ashraf, M. and Foolad, M.R. "Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance" *Environmental and Experimental Botany*, 2007
- El-Ghamry, A.M. et al. "Amino and Humic Acids Promote Growth, Yield and Disease Resistance of Faba Bean Cultivated in Clayey Soil." *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2009.
- Galiai, G. et al., "Lysine catabolism: a stress and development super-regulated metabolic pathway" *Current Opinion in Plant Biology*, 2001.
- Ghasemi, Somayeh et al. "Synthesis, Characterization, and Theoretical and Experimental Investigations of Zinc (II)-Amino Acid Complexes as Ecofriendly Plant Growth Promoters and Highly Bioavailable Sources of Zinc." *Journal of Plant Growth Regul.*, 2013.
- Giri, J. "Glycinebetaine and abiotic stress tolerance in plants" *Plant Signaling & Behavior*, 2011.
- Jie, Mu et al. "Preparation and Optimization of Amino Acid Chelated Micronutrient Fertilizer by Hydrolyzation of Chicken Waster Feathers and the Effects on Growth of Rice." *Journal of Plant Nutrition*, 2008.
- King, Bradley. "A description of Amino Acid Chelate Fertilizers and their Mode of Action." *Modern Plant Nutrition*, 2010.
- Kirma, M. et al., "The multifaceted role of aspartate-family amino acids in plant metabolism" *Journal of Experimental Botany*, 2012.
- Lester, Donald. "Chelated Micronutrients" *Maximum Yield USA*, September 2010.
- Meister, A. "Biochemistry of the Amino Acids." New York: Academic Press, 1965.
- Plummer, G.L. et al. "Foliar Absorption of Amino Acids, Peptides, and Other Nutrients by the Pitcher Plant, *Sarracenia flava*." *Botanical Gazette*, 1964.
- Possingham, J.V. "The Effect of Mineral Nutrition in the Content of Free Amino Acids and Amides in Tomato Plants." *Australian Journal of Biological Sciences*, 1956.
- Sekhon, B.S. "Chelates for Micronutrient Nutrition Among Crops." *Resonance* July 2003.
- Stacey, S.P. and D.M. Oosterhuis. "Effect of EDTA on the Foliar Absorption of Trace Element Fertilizers." *Arkansas Soil Fertility Studies*, 2007.
- Zobiole, L.H.S. et al. "Amino Acid Application Can Be An Alternative To Prevent Glyphosate Injury in Glyphosate-Resistant Soybean." *Journal of Plant Nutrition*, 2012.
- "Proteinated and Chelated Mineral Complexes." *CFNP Technical Advisory Panel Review*, 2002.
- "Bioavailability" *Merriam Webster Online*, 23 Dec 2015.



Alltech est un **leader mondial en biotechnologie** dont la mission est d'améliorer la **santé et les performances des Hommes, des Animaux et des Végétaux** à travers la nutrition naturelle et l'innovation scientifique.



Alltech, plus grand producteur de minéraux organiques au monde, dépense plus de 2 millions de dollars chaque année dans la sélection et le criblage de tous les matériaux entrants pour garantir qu'ils sont exempts de toxines, tels les métaux lourds, les dioxines et les PCB.

ALLTECH CROP SCIENCE **DÉCOUVERTE** est une initiative pour rendre la science accessible.

Alltech[®]
CROP SCIENCE
AlltechCropScience.com