

# Guide Des Oligoéléments Chez le blé

RÔLE ET DIAGNOSTIC  
DES CARENCES



apni  
INSTITUT  
AFRICAIN DE LA  
NUTRITION  
DES PLANTES



# Guide Des Oligoéléments Chez le blé

RÔLE ET DIAGNOSTIC  
DES CARENCES

Publié par : Institut Africain de la Nutrition des Plantes (APNI)



Website : [www.apni.net](http://www.apni.net)

e-mail : [info@apni.net](mailto:info@apni.net)

© 2022 BY 4.0

## Remerciements

Le support de cette publication a été assuré par OCP Group.



# INTRODUCTION

Le présent document est élaboré pour servir de guide pouvant aider dans le diagnostic des carences en oligoéléments chez les plantes cultivées notamment le blé. Il relate également et de manière succincte, le rôle des oligoéléments dans les plantes comme rappel. C'est une version préliminaire basée sur la bibliographie, et qui sera sujette à des améliorations et sera complétée par les résultats obtenus à travers le projet de collaboration APNI-OCP-AI Moutmir relatif aux études sur les oligoéléments. Ce guide est normalement dédié aux oligoéléments, néanmoins et comme les signes de carence peuvent parfois être similaires entre Macro et Micro, nous avons préféré introduire les Macro au niveau de certains paragraphes pour faciliter la distinction.



# 1.

## Les principaux éléments nutritifs pour les plantes

La nutrition minérale des plantes intègre l'ensemble des mécanismes impliqués dans l'absorption par les racines, le transport et l'utilisation des nutriments nécessaires au métabolisme et à la croissance des plantes. Dans les nutriments essentiels on distingue les macroéléments : azote (N), phosphore (P), et potassium (K) ; les éléments secondaires : magnésium (Mg), calcium (Ca) et soufre (S) et les oligoéléments comme le fer (Fe), le manganèse (Mn), le bore (B), le cuivre (Cu), le zinc (Zn), le molybdène (Mo), le chlore (Cl), le cobalt (Co) et le nickel (Ni). Pour certains auteurs, ces éléments sont classés en deux catégories seulement à savoir les macros et les oligoéléments.

Les nutriments minéraux sont normalement absorbés par les racines sous forme d'ions dans l'eau du sol. Leur association au dioxyde de carbone et l'eau au niveau des feuilles les transforme en substances telles que les lipides et les protéines, le sucre et l'amidon, ainsi qu'en substances structurelles de constitution des différents organes de la plante : feuilles, tiges, fleurs, fruits et graines.

La disponibilité des nutriments dans le sol dépend de la quantité et de la nature de





ces éléments dans la solution du sol et leur association avec les nutriments adsorbés ou contenu dans la phase solide de ce sol. Leur biodisponibilité est également influencée par les caractéristiques chimiques du sol tel le pH et EC. Les sols présentant un pH fortement acide ou alcalin sont sujets aux carences. Certains nutriments deviennent alors insolubles et ne peuvent pas être absorbés.

Les oligoéléments sont indispensables à la croissance et au développement des plantes en très petites quantités. Cependant, les plantes doivent les avoir au moment du besoin pour une bonne croissance et un bon rendement. La plupart des sols contiennent généralement des quantités suffisantes d'oligoéléments et n'ont souvent pas besoin d'être appliqués sous forme d'engrais. Toutefois, une déficience en ces éléments provoque des carences chez les plantes et fini par entraîner une baisse de croissance, du rendement et de la qualité des récoltes.

Les autres oligoéléments, cobalt, nickel, iode, sélénium sont présents à des concentrations très faibles dans les plantes (inférieure ou égale au mg/kg de matière sèche soit quelques grammes/ha). Cependant, ces nutriments peuvent avoir des rôles très spécifiques et indispensables pour certaines espèces végétales. Au-dessus de certains seuils, ils peuvent devenir toxiques.

# 2.

## Le rôle des oligoéléments dans les plantes

### Le fer

Le fer est un élément constitutif de nombreuses enzymes. Il joue un rôle dans la respiration, la synthèse de la chlorophylle et dans la photosynthèse. Il est absorbé par les racines sous forme d'ion ferreux  $\text{Fe}^{2+}$ . Cet élément a un rôle particulier associé à la fixation d'azote de l'air par la symbiose entre légumineuses et *Rhizobium*. On le trouve dans la ferrédoxine et d'autres enzymes comme les cytochromes et les peroxydases. La biodisponibilité du fer diminue fortement en sols basiques par insolubilisation.

### Le manganèse

Le manganèse est un activateur de plusieurs enzymes et participe à la synthèse des protéines, de la chlorophylle et dans la photosynthèse. Il est absorbé par les racines sous forme du cation  $\text{Mn}^{2+}$ . Son absorption est difficile en conditions oxydantes ou de pH alcalin car il se transforme en oxyde insoluble. En cas de carence, les applications foliaires apportent un remède généralement adaptée.



## **Le cuivre**

Le cuivre, entre dans la composition de différentes enzymes responsables de certains processus métaboliques dans la plante. Il favorise la synthèse des hydrates de carbone et des protéines. La stérilité du pollen est un effet particulier de la carence en cuivre. Elle affecte la fécondation et le remplissage des épis chez les céréales à paille, c'est la maladie des « bouts blancs », marquée par des épis vides et des repousses après récolte. Le cuivre est absorbé par les racines sous forme du cation  $\text{Cu}^{2+}$ .

## **Le zinc**

Le zinc est un activateur d'enzymes ; il favorise la synthèse de la chlorophylle et des hormones de croissance. La plante absorbe le zinc sous forme de cation  $\text{Zn}^{2+}$ .

## **Le bore**

Le bore est l'un des oligoéléments essentiels aux plantes et influence plusieurs processus métaboliques tel que le métabolisme des sucres et leur translocation dans les plantes. Le besoin des différentes plantes cultivées est très variable. Les graminées nécessitent moins de bore que les dicotylédones. L'absorption racinaire prend principalement la forme de borate  $\text{BO}_3^{3-}$  associée à l'acide borique  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Le bore peut devenir toxique au-delà d'une concentration peu supérieure à celle jugée adéquate pour la plante.

## **Le molybdène**

Le molybdène joue un rôle important dans le métabolisme de l'azote dans la plante. Il est une composante essentielle dans deux enzymes qui convertissent le nitrate en nitrite puis en ammoniac, avant qu'il ne soit utilisé pour la synthèse des acides aminés. Il intervient également

dans la fixation de l'azote chez les légumineuses. La plante prélève l'anion molybdate  $\text{MoO}_4^{2-}$  dans le sol. Les besoins sont faibles de quelques grammes à dizaines de grammes mais les fonctions du molybdène sont très spécifiques.

Selon des références étrangères, les valeurs habituellement relevées dans les analyses de végétaux sont les suivantes:

Oligoélément	Fer	Bore	Mn	Zinc	Cuivre	Chlore	Mo
Teneur/matière sèche (ppm)	40-250	10-500	15-400	5-200	5-30	5-20	< 1

## Le cobalt

Le cobalt est un oligoéléments qui fait partie intégrante de la vitamine B12 et intervient dans la formation des bactéries des nodosités fixatrices d'azote dans les légumineuses. Il améliore la croissance et le développement des plantes par l'interaction des hormones lors du métabolisme de l'auxine. Il contribue également à une meilleure assimilation de l'azote, du potassium, du phosphore et du magnésium du sol. Le cobalt est absorbé sous forme du cation  $\text{Co}^{2+}$ . Les cultures céréalières et légumineuses sont les plus sensibles à la carence en cobalt dans le sol.

## Le nickel

Le nickel est une composante de certaines enzymes végétales, plus particulièrement l'uréase. Il aide les légumineuses dans la fixation de l'azote de l'air. Il est absorbé sous forme du cation  $\text{Ni}^{2+}$  et le besoin des plantes est très faible. C'est pourquoi la déficience est très rarement observée. Le nickel est aussi classé dans les métaux lourds qui sont surveillés pour éviter leur accumulation dans les sols.

# 3.

## Symptômes de carence des nutriments dans les plantes

Les symptômes de carence signalent que l'approvisionnement des plantes en un ou plusieurs éléments nutritifs est très nettement insuffisant pour subvenir aux besoins physiologiques de ces plantes. Ces symptômes prennent généralement différentes formes et varient en fonction du type d'espèce, de l'âge de la plante et de la période et des conditions de leur apparition.

### Symptômes primaires et secondaires

Les symptômes primaires sont les premiers symptômes à apparaître dès que la carence passe d'une phase latente à une phase aiguë. Si les tissus sont durablement endommagés, apparaissent alors les symptômes secondaires.

Souvent, ces derniers ne sont pas spécifiques. Les signes décrits dans les tableaux ci-après sont ceux que l'on nomme symptômes primaires.





### Symptômes non spécifiques pour l'apparence générale des plantes

Symptômes	Description	Carence
Croissance généralement faible	Feuilles vert pâle	N, Mg, K, S
Croissance compacte	Feuilles gris vert pâle, nécrose sur le bord des feuilles	K
Signes de flétrissement	Fleurs fanées / symptômes de flétrissement	K, Cu
Port rigide	Feuilles dressées reposant sur la tige, croissance trapue	N, P, S

## Symptômes isolés sur les feuilles

Symptômes	Description	Carence	
		Feuilles anciennes	Jeunes feuilles
Chlorose			
Chlorose régulière	L'ensemble de la feuille y compris les nervures devient vert pâle à jaune	N, P, K	S
Chlorose avec nervures vertes	Feuille entièrement jaune citron ; seules les nervures restent vertes, souvent uniquement sur quelques rameaux	Mn	Fe
Rayures chlorotiques	Sur les feuilles à nervures parallèles (monocotylédones) telles que les graminées et les céréales, rayures plus claires entre les nervures	Mg	Fe
Points chlorotiques	Chloroses claires, en forme de points, entre les nervures	-	Mn

suite page suivante

Symptômes	Description	Carence	
		Feuilles anciennes	Jeunes feuilles
<b>Nécrose</b>			
Nécrose du bord des feuilles	Le tissu meurt progressivement depuis le bord de la feuille, souvent au début avec une ligne de séparation jaune vif par rapport au tissu sain (démarcation chlorotique)	K (B)	-
Nécrose de la pointe des feuilles	Nécrose progressive depuis la pointe des feuilles	Zn	Ca, B
Nécrose en pointillé	Points de tissu mort (diamètre 0,5 à 1 mm)	-	K, Mn
Nécrose en points/tâches	Tâches tissulaires rondes, desséchées, parfois perforées	-	Mn
Nécrose intercostale	Tissu brun et mort entre les nervures (P : plus grandes taches)	Mg, P	Mo

suite page suivante

Symptômes	Description	Carence	
		Feuilles anciennes	Jeunes feuilles
Changements de couleur			
Coloration vert foncé	Couleur des feuilles bleu vert fané / pourpre à bronze	P	-
Couleur pourpre	Formation d'anthocyanes à la suite de l'accumulation d'hydrates de carbone	N, P	-
Couleur brun foncé-noir	Couleurs brunes à noires, sans que les endroits concernés ne commencent à se nécroser	P	-

Adapté et modifié de <https://hauert.com>

# 4.

## Diagnostic des symptômes de carence

Le diagnostic d'une carence en nutriments est un exercice difficile. Pour cela il est primordial d'adopter une démarche rigoureuse en envisageant toutes les hypothèses possibles. Au niveau du champ, le diagnostic doit commencer par l'observation de la parcelle pour déterminer l'étendue et la distribution des symptômes du fait que les carences se manifestent généralement en foyers répartis au hasard dans l'espace. Ce constat est suivi de l'examen de la plante et la localisation des symptômes au niveau de ses organes. Cette observation doit être complétée par une analyse foliaire. L'analyse d'échantillons de plantes peut également fournir une indication des nutriments dont les plantes sont déficientes. Cette analyse aide à confirmer un diagnostic visuel des symptômes de carence en éléments nutritifs et d'identifier également la carence cachée où aucun symptôme n'apparaît.

Pour cette analyse, il faut choisir des feuilles qui ne montrent encore aucun ou presque aucun symptôme. Les feuilles déjà fortement endommagées donnent peu de renseignements sur les causes originelles. Pour



comparer, il est conseillé d'ajouter des feuilles saines poussant dans les mêmes conditions.

L'analyse du sol aide également à déterminer si le nutriment en question est déficient dans le sol ou devenu insoluble à cause d'autres paramètres. Les paramètres à contrôler le plus fréquemment sont le pH et l'EC du fait qu'ils influencent la disponibilité pour les plantes de certains nutriments. Cette analyse du sol peut également renseigner sur l'état des nutriments dans le sol et orienter vers la méthode de correction de la déficience (engrais au sol ou application foliaire).

Au cours du diagnostic, la prise en considération de certains processus ou caractéristiques des nutriments aide à mieux cerner le nutriment à l'origine de la carence. A ce niveau on peut citer :

## **1. Antagonisme**

Les symptômes de carence peuvent être dus à un apport insuffisant mais également excédentaire d'un nutriment. Cet effet est appelé antagonisme : la présence excessive d'un élément inhibe l'absorption d'un autre.

## **2. Mobilité des nutriments dans la plante**

Les nutriments ont une mobilité différente aussi bien dans le sol que dans la plante. La mobilité dans la plante peut donner une indication de la déficience d'un élément ou d'un autre selon la localisation du symptôme. Il faudrait donc examiner si le symptôme apparaît plutôt sur les jeunes feuilles ou sur les anciennes.

### **Nutriments mobiles :**

Dans le cas de ces nutriments, les symptômes foliaires apparaissent généralement d'abord sur les feuilles anciennes. C'est le cas de : N, Cl, K, P, Mg



### **Nutriments moyennement mobiles :**

Les symptômes de déficience de ces nutriments apparaissent sur les feuilles jeunes et anciennes tels que : Mn, Zn, S

### **Nutriments peu mobiles :**

Pour cette catégorie d'éléments, les symptômes apparaissent habituellement d'abord sur les feuilles les plus jeunes, à savoir : B, Cu, Ca, Fe, Mo

### **3. Autres causes des symptômes visuels**

Les déficiences en nutriments ne sont pas toujours les sources de symptômes qui peuvent endommager les plantes. Pour cela il faudrait toujours envisager certaines autres causes qui pourront être à l'origine de la symptomatologie pour mieux appréhender les carences en éléments nutritifs. Certaines de ces causes sont:

1. Dégâts phytopathogènes (maladies, ravageurs)
2. Déséquilibres physiologiques (climat, sol)
3. Produits de traitement des plantes

# 5.

## Les oligoéléments dans la culture du blé

Une fertilisation raisonnée constitue un pilier principal, permettant de réaliser des gains de productivité appréciables. Cette fertilisation dite raisonnée n'est possible que par une bonne connaissance de la disponibilité et des besoins en éléments essentiels : les macroéléments et les oligoéléments. Ces derniers sont désignés par plusieurs appellations dont on cite : éléments mineurs, oligoéléments et éléments traces.

Bien que ces oligoéléments soient utilisés en faibles quantités par les plantes, ils ne sont pas moins indispensables que les macroéléments. En effet, les besoins en oligoéléments diffèrent d'une culture à une autre. Ceci est dû principalement à la composition des organes des plantes (fruits, tiges, feuilles). Selon Castillon et Le Souder (2011), pendant une campagne, un hectare de blé absorbe en moyenne 800 g de Mn, 600 g de Zn, 150 g de Cu, 100 g de B, et 10 g de Mo. Lorsque ces oligoéléments font défaut dans le sol, les carences peuvent se traduire par une diminution du rendement et de la qualité de la récolte, ainsi que par l'inefficacité globale des





autres engrais ajoutés. Ces symptômes de carences en oligoéléments prennent différentes formes : chloroses (décolorations), nécroses (dépérissements de certaines parties végétales), changements de coloration, anomalie de croissance. Sans oublier le surdosage de l'élément apporté qui peut engendrer des effets de toxicité. Les tableaux ci-dessous résumant les principaux symptômes des nutriments dans les plantes.

## Symptômes de certaines carences en oligoéléments chez le blé et possibilités de remède.

Oligoéléments	Symptômes	Remède
Cuivre	Les symptômes apparaissent surtout à la sortie de l'hiver, par ronds irréguliers. Seules les jeunes feuilles sont atteintes : étranglement puis dessèchement de l'extrémité : maladie des « bouts blancs ».	L'apport de cuivre se réalise de préférence au sol, durant le tallage, à la dose de 5 kg/ha de cuivre (sulfate ou oxychlorure), ce qui assure un niveau de fertilité satisfaisant pour une durée de 5 à 10 ans sur l'ensemble de la rotation. Attention, il est inutile voire dangereux de répéter de tels apports chaque année.
Fer	Coloration jaune (chlorose) des feuilles, les nervures des feuilles forment des lignes vertes	Traiter les plantes concernées avec un engrais à teneur en fer/du chélate de fer. La carence en fer survient notamment en cas de sols riches en calcaire présentant un pH trop élevé.
Zinc	Important pour l'élongation de la plante. Comme symptômes typiques d'une carence, on aura le nanisme et la petite taille des feuilles. Dans le cas du blé, un manque de zinc se manifeste par des tâches blanchâtres, pouvant former des stries sur l'ensemble du limbe.	La carence en zinc peut être corrigée par des apports au sol : épandage de 4 à 6 kg de zinc/ha, peu de temps avant ou au moment du semis (engrais localisé contenant du zinc).

## CARENCE EN CUIVRE



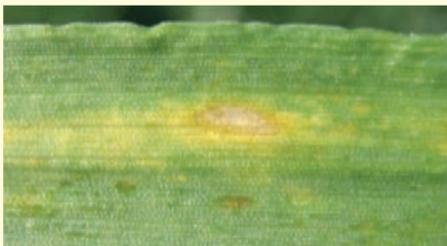
Source : APNI

## CARENCE EN FER



Source : APNI

## CARENCE EN ZINC



Sources : APNI; arvalis-infos.fr

## Symptômes de certaines carences en oligoéléments chez le blé et possibilités de remède.

Oligoéléments	Symptômes	Remède
Soufre	Plantes peu développées, feuilles variant du vert pâle au jaune (sur toutes les feuilles, alors que dans les cas de carence en azote, la décoloration est d'abord visible sur les feuilles anciennes), maturation retardée	A côté des engrais soufrés, un apport de matières organiques ou d'algues permet également de rehausser les quantités de soufre du sol.
Magnésium	Altérations sur les bords et les nervures des feuilles	En situation de sol peu pourvu en magnésium échangeable, un apport de 30 à 50 kg/ha environ est conseillé. Il peut être fait avec un engrais minéral contenant du magnésium ou avec un amendement basique contenant du magnésium pour les sols acides.
Manganèse	Les extrémités des pousses rabougrissent	Sa disponibilité est d'autant moins bonne que le pH augmente. La sécheresse ou une bonne aération du sol diminuent la disponibilité du manganèse. Dans la plupart des cas, seule une fertilisation foliaire apporte un remède efficace et immédiat.

## CARENCE EN SOUFRE



Source : APNI

## CARENCE EN MAGNÉSIUM



## CARENCE EN MANGANÈSE



Sources : APNI; arvalis-infos.fr

## Symptômes de certaines carences en macroéléments chez le blé et possibilités de remède.

Macroéléments	Symptômes	Remède
Azote	Feuilles jaunies, rétrécissement des feuilles, faible croissance. Si la plante manque d'azote, elle jaunit, les feuilles sont petites et présentent une mauvaise coloration.	Utiliser des engrais à teneur en azote, du compost ou du fumier bien décomposé.
Phosphore	Coloration vert foncé à pourpre des feuilles, croissance ralentie.	L'absorption du phosphore dépend fortement de la nature du sol. Utiliser des engrais spéciaux à teneur en phosphore. Une teneur trop élevée en phosphore empêche l'absorption des oligoéléments et se traduit par des rabougrissements et des retards de croissance.
Potassium	Coloration jaune à rouge marron des feuilles, bords des feuilles marron et secs. Mauvaise croissance et/ou dépérissement rapide.	L'absorption du potassium dépend fortement de la nature du sol. Utiliser des engrais spéciaux à teneur en potassium. Une teneur trop élevée en potassium empêche l'absorption d'azote, de calcium et de magnésium.

## CARENCE EN AZOTE



Source : APNI

## CARENCE EN PHOSPHORE



Source : APNI

## CARENCE EN POTASSIUM



Source : APNI

# Comment détecter les carences d'oligoéléments les plus importants pour la culture de blé ?

L'état de fertilité des sols doit être correctement diagnostiqué à travers une analyse des sols et une bonne compréhension des interactions qui existent entre les oligoéléments, le sol et les plantes. En effet, ce diagnostic doit être modulé en fonction des spécificités du sol. D'ailleurs les sols varient largement dans leur teneur en oligoéléments et dans leur capacité à fournir ces oligoéléments en quantité suffisante pour une croissance optimale des cultures.

Les teneurs totales ne sont pas indicatives de leur disponibilité, parce que cette dernière dépend du pH du sol, de la teneur en matière organique des surfaces absorbantes, et d'autres propriétés physiques, chimiques et biologiques dans la rhizosphère.

À titre d'exemple, un apport non justifié de manganèse et surtout de cuivre ou de zinc peut aggraver l'effet de la carence d'un autre de ces trois éléments. Un diagnostic préalable s'impose avant d'effectuer tout apport d'oligoélément sur céréales à paille. Les carences en manganèse sont avant tout le fait de sols



originellement acides dont les apports d'amendements basiques ont excessivement relevé le pH (pH eau  $\geq 6,5$ ) et des sols « creux » dans lesquels l'oxydation du manganèse le rend peu soluble. Les meilleurs moyens pour diagnostiquer le risque de carence en manganèse sont l'observation des symptômes sur les plantes ou l'analyse des feuilles (teneur en Mn  $< 20$  mg/kg). L'analyse du sol est, en revanche, le meilleur outil pour détecter les carences en cuivre et en zinc. Celles-ci sont d'abord le fait de leur faible disponibilité dans le sol, aggravé par une teneur en matière organique élevée pour le cuivre. Un pH corrigé à l'excès dans les sols originellement acides ainsi qu'une fertilisation phosphatée trop abondante sont des facteurs aggravants.

Les seuils critiques de certains oligoéléments, pour le blé, ont été rapportés dans la littérature et se résument dans le tableau suivant :

### Seuils critiques d'oligoéléments dans le sol :

	<b>Seuils critiques</b>	<b>Source</b>
Cuivre	0.4 – 1.6 ppm	Drissi et al. (2018)
Zinc	1.0 ppm	Nicolás Martínez et al. (2021)
Magnésium	150 ppm	Univ. of Minn. Extension. (2016)

**Pour mieux appréhender l'origine d'une carence, certains paramètres doivent également être gardés en vue tels que :**

1. L'historique cultural de la parcelle où les observations sont faites
2. Comment la parcelle a été fertilisée
3. La pluviométrie et température
4. Le stade ou la phase de développement de la culture
5. Les traitements pesticides appliqués
6. La variété utilisée et la source des semences
7. La distribution des symptômes dans la parcelle
8. L'état de la culture au moment de l'observation
9. La date de semis et la dose de semis
10. Culture en pluvial ou en irrigué
11. Localisation par GPS du site où le diagnostic a été fait

## Références :

- Arvalis Institut du végétal. 2013. <https://www.arvalis-infos.fr/bien-diagnostiquer-une-carence-@/view-12301-arvarticle.html>. (Dernier accès en jan. 2022).
- Castillon, P. et C. Le Souder. 2011. Fertilisation des cultures, évitez les cocktails d'oligo-éléments. Perspectives Agricoles N°367. p 46.
- Drissi, S., A. AïtHoussa, F. Amlal, K. Dhassi, M. Lamghari, en A. Maataoui. 2018. Barley responses to copper foliar spray concentrations when grown in a calcareous soil, Journal of Plant Nutrition 41(17), pp. 2266-2272. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1509993>
- Hauert. 2021. <https://www.hauert.com/ch-fr/offre/professionnels/guide/detail/diagnostic-des-symptomes-de-carence-sur-les-plantes>. (Dernier accès en jan. 2021).
- Hausinfo. 2021. <https://hausinfo.ch/fr/jardin-balcon/entretien-jardin/maladies-nuisibles-jardin/symptomes-carence-plantes.html>. (Dernier accès en jan. 2021).
- Martínez, N.C., W. Carciochi, F. Salvagiotti, H.S. Rozas, N. Wyngaard, M. López de Sabando, en P. Barbieri. 2021. DTPA-extractable zinc threshold for wheat grain yield response to zinc fertilization in Mollisols. Soil Sci. Soc. Am J. 85(5), pp. 1858-1862. <https://doi.org/10.1002/saj2.20295>
- University of Minnesota Extension. 2016. Magnesium for crop production. <https://extension.umn.edu/micro-and-secondary-macronutrients/magnesium-crop-production>. (Dernier accès en jan. 2022).





## À PROPOS DE L'APNI

Les activités de recherche et de sensibilisation de l'Institut Africain de la Nutrition des Plantes sont centrées sur l'amélioration de la compréhension de la variabilité spatiale et temporelle des besoins en éléments nutritifs pour les systèmes de cultures diversifiées en Afrique. L'APNI contribue à la promotion de la gestion équilibrée des éléments nutritifs et de manière spécifique à chaque site pour un meilleur rendement et une meilleure qualité des récoltes. Il développe les stratégies de gestion des nutriments pour améliorer la santé des sols, réduire les empreintes environnementales, et améliorer l'adaptation aux changements climatiques.

**apni!**  
INSTITUT  
AFRICAIN DE LA  
NUTRITION  
DES PLANTES

### Bureaux APNI :

Siège : Benguerir, Maroc

Afrique du Nord : Settat, Maroc

Afrique de l'Ouest : Yamoussoukoro, Côte d'Ivoire

Afrique de l'Est et de Sud : Nairobi, Kenya

[www.apni.net](http://www.apni.net)