

Guide Des Oligoéléments Chez l'Olivier

RÔLE ET DIAGNOSTIC
DES CARENCES



apni
INSTITUT
AFRICAIN DE LA
NUTRITION
DES PLANTES



Guide Des Oligoéléments Chez l'Olivier

RÔLE ET DIAGNOSTIC
DES CARENCES

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



Website : www.apni.net

e-mail : info@apni.net

© 2022 BY 4.0

Remerciements

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





Le présent document est élaboré pour servir de guide pouvant aider dans le diagnostic des carences en oligoéléments chez l'olivier. Il relate également et de manière succincte, le rôle des microéléments dans les plantes comme rappel. Cette version est principalement basée sur la bibliographie, une seconde version avec un complément d'informations émanant des plateformes d'essais du projet de collaboration APNI-OCP-AI Moutmir. Ce guide est normalement dédié aux microéléments, néanmoins et comme les signes de carence peuvent parfois être similaires entre Macro et Micro, nous avons préféré introduire les Macro pour faciliter la distinction.



Table des matières

Introduction.....	1
1. Les principaux éléments nutritifs pour les plantes.....	2
2. Rôle des éléments nutritifs chez l'olivier	4
3. Carences en éléments nutritifs	12
4. Analyses foliaires	23
5. Procédure d'échantillonnage des feuilles	26
6. Symptômes de carence en nutriments.....	29
7. Références bibliographiques.....	34

Introduction

L'enjeu de la fertilisation raisonnée réside dans le fait d'apporter les éléments fertilisants au bon moment et avec la juste dose afin de répondre le mieux possible aux besoins de la culture. Un équilibre est alors exigé pour le fonctionnement optimum du complexe sol-plante-atmosphère. Le maintien et le rétablissement de cet équilibre doivent passer par la connaissance de l'effet du facteur nutritif sur le développement, la croissance et la productivité de la plante. L'évaluation d'un déséquilibre nutritif sur ces processus pourrait sans doute ramener à une meilleure information sur l'application pratique de la fertilisation.

L'objectif de la fertilisation chez l'olivier est d'ajuster les apports aux besoins de l'arbre, en fonction de son stade de développement, afin d'obtenir un rendement en fruits adéquat en quantité et en qualité, et d'assurer la rentabilité économique du verger. Pour cela, il faut ajuster les apports en fertilisants à l'arbre en restituant au moins ce qui est perdu annuellement.

Si l'olivier est connu pour sa rusticité, sa production est tout de même liée à des facteurs sur lesquels les oléiculteurs peuvent intervenir. Dans les systèmes irrigués, la gestion de l'eau d'irrigation et la fertilisation (Fertigation) sont les deux points les plus importants pour la culture de l'olivier dans un contexte de climat méditerranéen. L'efficacité de l'eau d'irrigation ainsi que la dose et l'époque d'application des minéraux sont très importants pour la production mais surtout pour la qualité finale de l'huile d'olive. En milieu pluvial où la variabilité des pluies intra- et inter-annuelle est trop fréquente, la gestion des apports en fertilisants et largement dépendante de la pluviométrie.

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), et le Molybdène (Mo). Pour certains auteurs, ces éléments sont classés en deux catégories seulement à savoir les macros et les microéléments.

Les nutriments minéraux sont normalement absorbés par les racines sous forme d'ions dans la solution 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 structurales 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 micronutriments 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 de micronutriments 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 finit par entraîner une baisse de croissance, du rendement et de la qualité des fruits des cultures.

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 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.

Rôle des éléments nutritifs chez l'olivier

Azote

L'azote est l'un des nutriments essentiels dont les plantes ont besoin, principalement comme élément constitutif de toutes les protéines du cytoplasme et des enzymes de l'organisme, et pour l'accumulation de chlorophylle associée à l'activité photosynthétique. L'absorption et le métabolisme de l'azote sont un facteur clé pour que les racines d'olivier modifient le pH de leur solution environnante, ce qui facilite l'absorption des nutriments en augmentant leur disponibilité pour la plante. L'azote est l'un des principaux nutriments absorbés par les racines d'olivier, de préférence sous la forme d'ion nitrate (NO_3^-). L'azote est un constituant des acides aminés, des amides, des protéines, des acides nucléiques, des nucléotides et des coenzymes.

Ce nutriment est également essentiel à la bonne division cellulaire, à la croissance et à la respiration. Parce que les olives ont généralement besoin de plus grandes quantités d'azote que d'autres nutriments minéraux, c'est l'élément fertilisant le plus couramment appliqué dans les oliveraies.

La composition de



l'huile d'olive vierge est affectée par le cultivar, la maturité des fruits, les conditions agro-climatiques et les techniques de culture.

Plusieurs études ont montré les effets de la fertilisation azotée sur la composition de l'huile. Les applications annuelles d'azote influencent la qualité de l'huile d'olive, en particulier la composition en acides gras et les composés antioxydants.

Potassium

Le potassium est nécessaire comme cofacteur pour plus de 40 enzymes. Il a un rôle dans les mouvements stomatiques en maintenant l'électro-neutralité des cellules végétales. Il est nécessaire à de nombreuses autres fonctions physiologiques, telles que la formation de sucres et d'amidons, la synthèse de protéines, la division et la croissance cellulaires et la neutralisation des acides organiques. Le potassium affecte le taux de transpiration en régulant l'ouverture et la fermeture des stomates, où un taux de transpiration élevé augmente l'absorption des nutriments. La régulation de l'ouverture et de la fermeture des stomates régule également l'apport de dioxyde de carbone et améliore l'efficacité de l'utilisation du sucre, augmente l'absorption d'eau et est par conséquent utile à l'expansion cellulaire. Il augmente également la résistance des plantes aux stress biotiques et abiotiques tels que la tolérance au gel, en diminuant le potentiel osmotique de la sève cellulaire en raison d'un rapport plus élevé d'acides gras insaturés/saturés. Les oliviers ont un besoin significatif en potassium. Des déficits en cet élément affectent négativement l'absorption de l'azote. Une fertilisation potassique régulière est nécessaire pour maximiser le rendement et la qualité, en particulier dans les vergers où aucun engrais potassique n'a été ajouté depuis plusieurs années.

Phosphore

Le phosphore est l'un des trois principaux nutriments essentiels à la nutrition des oliviers. Il est absorbé par les racines d'olivier principalement sous forme d'orthophosphate (H_2PO_4^-). Un apport adéquat de phosphore aux premiers stades de croissance est important pour produire un rhizome sain et un système racinaire solide, la croissance des racines et le développement des organes reproducteurs. Il joue un rôle clé dans les réactions impliquant l'ADP et l'ATP, essentiels pour le stockage et le transfert d'énergie pour une utilisation ultérieure dans les processus de croissance et de reproduction. En fait, presque toutes les réactions métaboliques importantes chez les plantes se déroulent via des dérivés de phosphate. Le phosphore est également un composant structurel important, car il est un composant des phosphates de sucre, des acides nucléiques, des nucléotides, des coenzymes, des phospholipides, de l'acide phytique. Cet élément est nécessaire à de nombreux processus vitaux tels que la photosynthèse et le métabolisme des glucides. Il aide les plantes dans leur croissance et développement, accélère le processus de maturité et augmente la résistance aux maladies et à la sécheresse. Il influence également la nouaison et la croissance végétative générale.

La fertilisation phosphatée est particulièrement nécessaire dans les sols acides et les sols contenant de grandes quantités de carbonate de calcium. Il en va de même pour les vergers plantés dans des sols peu fertiles ou dans de nouvelles oliveraies irriguées (âgées de 1 à 10 ans) dans lesquelles une grande quantité d'azote est utilisée chaque année.

Calcium

Le calcium est également l'un des éléments nutritifs secondaires des plantes, absorbé par les racines sous forme de Ca^{2+} . Il est requis comme cofacteur par certaines enzymes impliquées dans l'hydrolyse

de l'ATP et des phospholipides. C'est un élément important pour le développement et le fonctionnement des racines, un constituant des parois cellulaires et nécessaire à la flexibilité des chromosomes et à la division cellulaire.

Magnésium

Le magnésium est un nutriment végétal secondaire, absorbé sous forme de Mg^{2+} . Il est un constituant essentiel de la chlorophylle. Il est requis, de manière non spécifique, par un grand nombre d'enzymes impliquées dans le transfert de phosphate. Il est impliqué dans la photosynthèse, le métabolisme des glucides, la synthèse des acides nucléiques, liés au mouvement des glucides des feuilles vers les parties supérieures.

Soufre

Le soufre, également un élément nutritif secondaire des plantes, est essentiel à la formation des protéines en tant que constituant des trois acides aminés cystines, cystéine et méthionine. Le soufre est nécessaire à la formation de la chlorophylle et à l'activité de l'ATP-sulfurylase. Ses fonctions essentielles permettent la production de plantes saines et productives, conditions préalables à des rendements élevés et à une qualité supérieure.

Bore

Le bore joue un rôle dans le développement de la paroi cellulaire et est important dans la pollinisation, le développement des fruits et la translocation des sucres. Un apport adéquat en bore est important pour la floraison. La qualité des olives est affectée si le bore est déficient.

Dans les plantes, le bore est relativement immobile. Il n'est pas facilement déplacé des vieux aux jeunes tissus végétaux. Les plantes dépendent donc d'une absorption continue de bore pendant la saison de croissance. A cet égard, son comportement dans les plantes

est très proche du calcium (les deux sont immobiles) et les symptômes de carence peuvent être confondus.

Le bore est un nutriment très important dans les oliveraies. Il est impliqué dans les processus hormonaux de croissance et dans l'exportation des sucres des structures sources vers les structures consommatrices de sucre.

Pour les plantes, de faibles niveaux se traduisent par des distorsions de croissance, avec des pousses courtes qui ont des feuilles courtes, qui finissent par mourir et former des "balais de sorcière".

Il affecte sévèrement les fruits noués, car ce nutriment est fortement impliqué dans l'importation de photoassimilats par les jeunes olives en croissance. Si le niveau de bore est bas dans la plante entre le moment où les fruits nouent et le moment où le noyau durcit, de nombreux fruits non mûrs tombent et une grande partie de la récolte sera perdue.

Le bore dans le sol est très sensible aux lixiviations, qui se produisent en milieu acide. C'est le genre d'endroit où l'on trouve les problèmes de bore les plus graves.

En général, après une grosse récolte, les oliviers se retrouvent avec peu de bore, c'est donc une bonne idée d'appliquer régulièrement du bore dans la fertilisation, pour maintenir une production constante et élevée.

Utiliser trop de bore dans le bosquet est rarement toxique, mais s'il est utilisé en excès dans la nouaison, il peut entraîner un plus grand nombre de petits fruits suivis d'une mauvaise récolte. Il doit donc être appliqué en gardant à l'esprit à la fois la teneur des feuilles, la récolte antérieure, et la récolte à venir.

Zinc

Le zinc active un certain nombre d'enzymes et joue un rôle important dans la biosynthèse des auxines, telles que l'IAA. Les processus physiologiques les plus déterminants liés au zinc sont: la longueur de la pousse, la distance inter-nodale et taille de la feuille, la taille des fruits et le rendement gras.

Les niveaux de zinc sont adéquats dans l'olivier si la concentration en zinc est supérieure à 10 ppm sur une base de poids sec (Escobar et al., 2015).

Manganèse

Le manganèse est nécessaire à l'activité des déshydrogénases, des décarboxylases, des kinases, des oxydases, des peroxydases et, de manière non spécifique, par d'autres enzymes activées par des cations divalents. Il est nécessaire à l'évolution photosynthétique de l'O₂, en plus de son implication dans la production d'acides aminés et de protéines. Le manganèse a également des rôles essentiels dans la photosynthèse, la formation de chlorophylle et la réduction des nitrates.

La concentration de métallo-enzyme peroxydase dans la feuille est considérée comme le meilleur marqueur de carence en Mn.

Cuivre

Le cuivre joue un rôle actif dans certaines enzymes exerçant des fonctions clés telles que la respiration et la photosynthèse, entre autres la cytochrome oxydase, la diamine oxydase, l'ascorbateoxydate, la phénolase, la plastocyanine, l'activité ribulosebiphosphate oxygénase, lasuperoxydedismutase, l'acyanine

végétale et la quinol oxydase. Le cuivre est également un constituant de la cytochrome oxydase. Les protéines Cu sont impliquées dans la lignification, le métabolisme anaérobie, le mécanisme de défense cellulaire et le métabolisme hormonal. Les protéines de cuivre présentent un transfert d'électrons et une activité oxydase. Il agit également comme un accepteur d'électrons terminal de la voie oxydative mitochondriale.

Molybdène

Les carences sont rares mais plus probables dans les sols acides en raison de la faible biodisponibilité. Les symptômes consistent souvent en une chlorose interveinale des feuilles plus âgées. Les jeunes feuilles peuvent être sévèrement tordues.

Chlorure

Le chlorure est requis par toutes les plantes en quantités infimes, semblables au fer, dont la concentration normale est d'environ 100 ppm (Al-Absi et al., 2002). Le chlorure est essentiel au bon fonctionnement des stomates de la plante, contrôlant ainsi l'équilibre hydrique interne. Il fonctionne également dans la photosynthèse, en particulier le système de fractionnement de l'eau. Il fonctionne dans l'équilibre et le transport des cations au sein de la plante. La recherche a démontré que le chlorure diminue les effets des infections fongiques d'une manière indéfinie. Il est bien documenté que le chlorure entre en compétition avec l'absorption des nitrates, tendant à promouvoir l'utilisation de l'azote ammoniacal. Cela peut être un facteur dans son rôle dans la suppression des maladies, puisque des niveaux élevés de nitrates chez les plantes ont été associés à la gravité de la maladie. Bien que le chlorure soit classé comme un micronutriment, il est généralement appliqué à des doses très élevées par l'eau d'irrigation.

Il a été également démontré que l'augmentation de la salinité de la solution du sol entraîne une accumulation de Na et de Cl dans les tissus des feuilles, des pousses et des racines des oliviers. Simultanément, les concentrations de K et de Ca sont diminuées, mais la teneur en Mg n'est pas affectée par le stress de salinité (Al-Absi et al., 2002).

Fer

Le fer fait partie de la molécule de chlorophylle, donc s'il est déficient, il est très facile de le voir sous forme de chlorose sur les feuilles, en particulier les nouvelles feuilles. Le fer n'est pas très mobile dans la plante, il est donc très difficile de l'exporter des vieilles feuilles vers les nouvelles en cas de carence, c'est pourquoi les symptômes sont surtout perceptibles dans les jeunes feuilles.



3.

Carences en éléments nutritifs

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.

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).

Le tableau 1 résume les carences visuelles les plus communes chez l'olivier et certaines possibilités de remède pour lever ces carences.



Tableau 1 : Signes de carences visuels en nutriments chez l'olivier et possibilités de remède.

Éléments nutritifs	Signes de carences	Possibilité de remède
Azote	<ul style="list-style-type: none"> • Petites feuilles jaunâtres • Mauvaise croissance des pousses • Floraison sporadique • Mauvaise nouaison 	<p>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.</p>
Phosphore	<p>Certains symptômes de carence en phosphore sont similaires à ceux de la carence en azote, tels que la petite taille des feuilles (mais sans déformation des feuilles), feuille rouge, extrémités des feuilles vert clair ou couleur vert foncé.</p>	<p>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.</p>

Éléments nutritifs	Signes de carences	Possibilité de remède
Potassium	<p>Le potassium est un nutriment mobile et, par conséquent, la carence se manifeste le plus clairement dans les feuilles plus âgées. Elles présentent des taches chlorotiques pâles avec l'apparition de "brûlures" (nécrose) aux extrémités et aux bords des feuilles. Ces zones de tissu mort progressent de la pointe à la base et du bord de la feuille vers la zone interveineuse. La pointe des feuilles a tendance à se courber vers le bas.</p> <p>Le diagnostic de carence en potassium ne compte pas uniquement sur les symptômes mais il doit être confirmé par une analyse des feuilles.</p>	<p>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.</p>

suite page suivante

Éléments nutritifs	Signes de carences	Possibilité de remède
Calcium	<p>Le principal symptôme de la carence en calcium est la chlorose commençant à l'extrémité des feuilles, comme dans la carence en bore (voir ci-dessous), mais dans ce cas, les nervures de la zone chlorotique des feuilles plus âgées deviennent blanches.</p> <p>D'autres symptômes de carence sont une mauvaise croissance générale, en particulier des racines et des pousses. Contrairement à la carence en bore, il y a un manque de jeunes pousses.</p>	<p>La carence en calcium est corrigée assez facilement en ajoutant 5 à 10 kg d'oxyde de calcium par arbre. Pour éviter une carence en calcium, le pH du sol doit être déterminé avant de planter un nouveau verger. La quantité de calcium ajoutée doit être déterminée après analyse du sol.</p> <p>Le nitrate de calcium est un engrais calcique facultatif qui, en raison de son excellente solubilité, peut être utilisé dans les systèmes de fertigation.</p>
Magnésium	<p>Le principal symptôme d'une carence en magnésium est la chlorose des feuilles qui commence par le haut ou les bords de la feuille et s'étend progressivement à toute la surface foliaire.</p> <p>D'autres symptômes incluent une chute importante des feuilles et un mauvais cycle végétatif.</p>	<p>La carence en magnésium est mieux contrôlée par l'application au sol ou par pulvérisation foliaire de sulfate de magnésium ou de nitrate de magnésium.</p>

Éléments nutritifs	Signes de carences	Possibilité de remède
Fer	<p>Les carences en fer affecteront la croissance des plantes et, avec cela, affecteront la récolte de l'année suivante. Pour son année en cours, cela affectera la récolte car les fruits seront plus petits et auront un rendement en matières grasses plus faible.</p>	<p>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.</p>
Bore	<p>Les principaux symptômes sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les feuilles autour du bourgeon terminal virent au vert clair à leur extrémité et finissent par tomber. • Progressivement, le même symptôme apparaît sur les feuilles proches de la base des pousses, qui paraissent sèches sur leurs bords. • La croissance ultérieure montre des feuilles petites et déformées qui sont rabougries, fragiles et finissent par tomber. Si un petit 	<p>La carence en bore est corrigée en répandant 113 à 225 g d'un engrais à 14% - 20% de bore par arbre, ou 28 à 56 kg / ha sur la surface du sol dans le goutte à goutte pendant l'hiver. Un traitement durera plusieurs années, mais en raison de sa mobilité dans le sol et de sa sensibilité au lessivage, des applications annuelles de bore sont recommandées dans la plupart des situations. Des applications fréquentes à faible taux minimisent également le risque de toxicité.</p>

Éléments nutritifs	Signes de carences	Possibilité de remède
Bore (cont'd)	<p>morceau de la tige est coupé avec un couteau bien aiguisé, une décoloration brune apparaît en raison de la nécrose du cambium.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chlorose (jaunissement) et mort des points végétatifs. • Les arbres souffrant d'une carence en bore apparaissent chlorotiques de loin et tardent à entrer dans le stade végétatif. • Distorsion, épaissement et fissuration des tiges. Les tiges peuvent être creuses ou cassantes. • Formation de rosettes, croissance de bourgeons auxiliaires (pousse latérale), croissance touffue et ramification multiple. Entre-nœuds raccourcis et production de pousses secondaires à la base de l'arbre. 	

Éléments nutritifs	Signes de carences	Possibilité de remède
Bore (cont'd)	<ul style="list-style-type: none"> • Épaississement, torsion et incapacité des racines à s'étaler ou à se développer correctement. Dans certains cas, les racines peuvent présenter une ramification excessive. • Chute de bourgeons ou de fleurs. • Mauvaise nouaison. • Les fruits et les graines peuvent également être affectés. Des zones brunes enfoncées peuvent se développer dans les fruits, dans un symptôme appelé "visage de singe". 	
Zinc	Des taches jaunes peuvent apparaître sur les feuilles adultes, petites feuilles vert pâle, avec chlorose internervaire. Sinon, les signes sont similaires à ceux d'une carence en fer et en manganèse - une croissance réduite des pousses entraînant la formation de rosettes.	La carence en zinc peut être corrigée par des apports au sol : épandage de 4 à 6 kg de Zn/ha, peu de temps avant ou au moment du semis (engrais localisé contenant du Zn).

Éléments nutritifs	Signes de carences	Possibilité de remède
Manganèse	<p>Les symptômes de carence en manganèse commencent par l'apparition de marbrures chlorotiques entre les nervures des feuilles immatures, similaires à celles observées en cas de carence en fer. Souvent, les boutons floraux ne se développent pas complètement, jaunissent et avortent.</p> <p>En cas de carence sévère, la nouvelle croissance est de couleur jaune mais, contrairement à la carence en fer, des taches nécrotiques apparaissent généralement dans le tissu internervaire.</p>	<p>Le manganèse est absorbé par les racines des plantes sous forme de Mn^{2+}. La carence en manganèse peut être corrigée par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Application d'engrais acidifiants tels que le soufre élémentaire et le sulfate d'ammonium. • Pulvérisation foliaire de sulfate de manganèse à 0,2% ou de fongicides contenant du manganèse. • L'engorgement du sol qui épuise l'oxygène du sol, libérant de grandes quantités de cations ferreux et de manganèse solubles, pourrait être envisagé, mais des concentrations excessives peuvent être toxiques pour les racines. De plus, les oliviers ne tolèrent pas les sols gorgés d'eau, cette méthode est donc à proscrire !

Éléments nutritifs	Signes de carences	Possibilité de remède
Cuivre	<p>Les symptômes de carence en cuivre se retrouvent souvent dans les sols sablonneux. Ce problème est exacerbé si des quantités excessives d'engrais phosphorés sont utilisées. Les symptômes de carence en cuivre sont un retard de croissance, des feuilles déformées, des rosettes de feuilles et des feuilles jaune-blanc pâle.</p>	<p>Application de sulfate de cuivre à raison de 0,25 – 0,5 kg/arbre au sol, ou pulvérisations foliaires de sulfate de cuivre à 0,05 %.</p> <p>Méfiez-vous de l'application excessive de cuivre. Il peut être toxique pour l'arbre et les micro-organismes du sol.</p>
Molybdène	<p>Les carences sont rares mais plus probables dans les sols acides en raison de la faible biodisponibilité. Les symptômes consistent souvent en une chlorose inter-veinale des feuilles plus âgées. Les jeunes feuilles peuvent être sévèrement tordues.</p>	<p>Le molybdène est plus susceptible d'être déficient dans les sols acides. Le chaulage pour amener le pH au-dessus de 5,5 corrige généralement la carence en molybdène à long terme. L'application d'un engrais au molybdène peut corriger plus rapidement les symptômes de carence en molybdène chez les plantes.</p>

Éléments nutritifs	Signes de carences	Possibilité de remède
Chlore	<p>Il a été découvert dans une expérience que l'augmentation de la salinité de la solution du sol entraîne une accumulation de Na et de Cl dans les tissus des feuilles, des pousses et des racines des oliviers.</p> <p>Simultanément, les concentrations de K et de Ca sont diminuées, mais la teneur en Mg n'est pas affectée par le stress de salinité.</p> <p>Les symptômes typiques de la toxicité du chlore sont le dessèchement du bord des feuilles, la chute des feuilles et la nécrose de l'extrémité de la tige. Les symptômes de toxicité apparaissent au-dessus de 50 mM de NaCl et deviennent plus sévères à des niveaux de salinité élevés.</p>	<p>Si une carence en chlorure est suspectée, la première étape consiste à éliminer les autres sources potentielles du problème, comme les taches foliaires ou les maladies fongiques. Tester le sol pour le chlorure est difficile car la plupart des tests de sol standard n'incluent pas le chlorure comme variable de test, car une véritable carence n'est pas courante. Après avoir éliminé d'autres possibilités, si une carence en chlorure apparaît toujours probable dans votre sol, un engrais qui comprend spécifiquement du chlorure comme ingrédient peut aider. Le KCl est une alternative. Toutefois, il faut éviter les excès de potassium.</p>

4.

Analyses foliaires

L'interprétation des résultats d'analyse des feuilles est basée sur la relation entre la concentration en éléments nutritifs des feuilles et la croissance ou le rendement. La comparaison de la concentration réelle des nutriments foliaires aux valeurs de référence permet de diagnostiquer une carence, une suffisance ou un excès de nutriments. Une nutrition optimale des arbres pourrait être obtenue en combinant ces informations avec les facteurs pédologiques et environnementaux qui affectent la croissance des arbres et les symptômes de carence ou d'excès de nutriments.

L'analyse foliaire interprétée comme indiqué dans les pays méditerranéens (**tableau 2**) est un guide utile pour la gestion des engrais dans les oliveraies et peut promouvoir une utilisation plus respectueuse de l'environnement des engrais dans les oliveraies.



Tableau 2 : Importantes gammes de niveau de nutriments dans les feuilles d'olive (analyse de tissu en MS).

Nutriment	Déficient	Optimum	Optimum
Azote	< 1.4%	1.5 – 2.0%	> 2.55%
Phosphore	< 0.05%	0.1 – 0.3%	> 0.34%
Potassium	< 0.4%	0.8 – 1.0%	> 1.65%
Calcium	< 0.6%	1.0 – 1.43%	> 3.15%
Magnésium	< 0.08%	0.1 – 0.16%	> 0.69%
Soufre	< 0.02%	0.08 – 0.16%	> 0.32%
Fer	< 40 ppm	90 – 124 ppm	> 460 ppm
Zinc	< 8 ppm	10 – 24 ppm	> 84 ppm
Bore	< 14 ppm	19 – 150 ppm	> 185 ppm
Manganèse	< 5 ppm	20 – 36 ppm	> 164 ppm
Cuivre	< 1.5 ppm	4 – 9 ppm	> 78 ppm
Sodium			> 0.20%
Chlore		100 ppm	> 0.50%

Sources : Connell et Vossen, 2007 ; Kailis et Harris, 2007.

L'analyse initiale des feuilles doit être effectuée lorsque les arbres ont deux ans, puis régulièrement tous les 1 à 2 ans. Idéalement, un échantillon devrait être prélevé sur des arbres similaires. Différentes variétés ou parties du verger avec des sols, des microclimats ou des systèmes d'irrigation différents doivent être échantillonnées séparément. Les échantillons doivent être constitués de quelques feuilles d'autant d'arbres similaires que possible, choisis au hasard dans tout le verger. Évitez de prélever des feuilles sur des arbres anormaux, à moins que ce ne soit le problème spécifique à résoudre. Dans ce cas, les feuilles ou les arbres anormaux doivent devenir un échantillon séparé.



5.

Procédure d'échantillonnage des feuilles

Différentiation de la parcelle

Le type de sol et le système de culture de l'olivier ont une influence importante sur l'état nutritionnel de l'arbre, pour avoir des résultats fiables il est nécessaire de différencier la parcelle plantée par type de sol et par type de système de culture.

Choix des arbres

Les arbres d'olivier doivent être homogènes du point de vue âge et variété cultivée. Il faut choisir plusieurs arbres de chaque parcelle de manière aléatoire le long d'un parcours soit en Zig-Zig ou en diagonale.

Au niveau d'une parcelle donnée il faut dénombrer les arbres élus pour faire les analyses selon les critères cités précédemment choisir un échantillon de 10 arbres sur 100.



Prélèvement des feuilles

Prélever 4 échantillons par arbre, de pousses représentatives situées vers le centre de la frondaison, orientées dans des directions différentes



(Nord, Sud, Est, Ouest) et de vigueur normale, en ignorant les plus vigoureuses, celles de faible croissance et celles situées à l'intérieur de la frondaison.

Choisir des feuilles de l'année, totalement épanouies, avec pétiole, et âgées de 3 à 5 mois. Ces caractéristiques correspondent aux feuilles centrales à basales de la pousse de l'année au mois de juillet. Ne pas prélever de feuilles d'arbres atypiques ou présentant des anomalies. Dans ce cas, choisir les feuilles apparemment sans symptômes.

Prélever environ 100 feuilles de chaque parcelle homogène. S'il existe d'autres parcelles différentes soit par le type de sol soit par type de variété faire l'échantillonnage de la même façon avec un prélèvement de 100 feuilles de chaque parcelle.

Période de prise des échantillons

Réaliser l'échantillonnage pendant la période estivale vers la mi-juillet. Le stade de l'olive correspond à la sclérification du noyau.

Conservation des échantillons de feuilles

Introduire chaque échantillon de feuilles avec références portant sur le n° de la parcelle, la variété, le nom de l'exploitation, dans un sac en papier qui sera conservé dans un réfrigérateur portable durant l'échantillonnage.

En cas de test de bore, les échantillons de fruits mûrs peuvent être plus fiables que les échantillons de feuilles.

L'interprétation des résultats d'analyse des feuilles est basée sur la relation entre la concentration en éléments nutritifs des feuilles et la croissance ou le rendement. La comparaison de la concentration réelle des nutriments foliaires aux valeurs de référence permet de diagnostiquer une carence, une suffisance ou un excès de nutriments. Une nutrition optimale des arbres pourrait être obtenue en combinant ces informations avec les facteurs pédologiques et environnementaux qui affectent la croissance des arbres et les symptômes de carence ou d'excès de nutriments.



6. Symptômes de carence en nutriments

CARENCE EN CALCIUM



Chlorose commençant à l'extrémité des feuilles et peut s'étendre jusqu'au milieu de la feuille. Les symptômes apparaissent d'abord sur les jeunes feuilles.

CARENCE EN MAGNÉSIIUM



Chlorose des feuilles qui commence par le haut ou les bords de la feuille et s'étend progressivement à toute la surface foliaire.

Photos offertes par Dr. Bouyezgaren Abdelaziz ; INRA-Marrakech.

CARENCE EN SOUFRE



Feuilles présentant une carence en soufre commencent souvent par devenir vert pâle, puis jaunâtres à vertes. Elles finissent entièrement jaunes, avec souvent une décoloration violette des tiges. Ces symptômes peuvent facilement être confondus avec ceux d'une carence en azote.

CARENCE EN ZINC

Taches jaunes peuvent apparaître sur les feuilles adultes, petites feuilles vert pâle, avec chlorose internervaire.



Photos offertes par Dr. Bouyezgaren Abdelaziz ; INRA-Marrakech.

CARENCE EN BORE



Feuilles proches de la base des pousses, qui paraissent sèches sur leurs bords.

Des zones brunes enfoncées peuvent se développer dans les fruits, dans un symptôme appelé "visage de singe".



Photos offertes par Dr. Bouyezgaren Abdelaziz ; INRA-Marrakech.

CARENCE EN CUIVRE



Feuilles déformées, des rosettes de feuilles et des feuilles jaune-blanc pâle.

CARENCE EN MANGANÈSE



Apparition de marbrures chlorotiques entre les nervures des feuilles immatures.

Photos offertes par Dr. Bouyezgaren Abdelaziz ; INRA-Marrakech.

CHLORE



Petites taches nécrotiques blanches le long des bords des feuilles de la plante. Contrairement aux maladies des taches foliaires, les taches associées à une carence en chlorure ont tendance à avoir des limites distinctes entre les marques et le reste du tissu foliaire sain.

Photos offertes par Dr. Bouyezgaren Abdelaziz ; INRA-Marrakech.

Références bibliographiques :

- Al-Absi, K., M. Qrunfleh and T. Abu-Sharar. 2002. Mechanism of salt tolerance of two olive *olea europaea* L. cultivars as related to electrolyte concentration and toxicity. Vol : Acta Hort. 618. ISHS : 2281-2290.
- Connell, J.H. and P.M. Vossen. 2007. Organic Olive Orchard Nutrition. In: Vossen, P.M., Ed., Organic Olive Production Manual, Publication 3505, University of California, Oakland, California, 37-43.
- Fernandez Escobar, R., M.A. Sanchez Zamora, J.M. Garcia Novelo, and C. Molina Soria. 2015. Nutrient removal from olive trees by fruit yield and pruning. Hortscience 50(3):474-478.
- Kailis, S. and D.J. Harris. 2007. Producing Table Olives, Landlinks Press, 328 pages.

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 diversifiés 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.



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