

## Recherche de références sur les teneurs foliaires en éléments minéraux chez l'amandier

Courtial D., Froment P., Duval H.

X GREMPA Seminar

Zaragoza : CIHEAM  
Cahiers Options Méditerranéennes; n. 33

1998  
pages 75-79

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=98606167>

To cite this article / Pour citer cet article

Courtial D., Froment P., Duval H. **Recherche de références sur les teneurs foliaires en éléments minéraux chez l'amandier.** X GREMPA Seminar . Zaragoza : CIHEAM, 1998. p. 75-79 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 33)



<http://www.ciheam.org/>  
<http://om.ciheam.org/>

## Recherche de références sur les teneurs foliaires en éléments minéraux chez l'amandier

D. Courtial\*, P. Froment\*\* et H. Duval\*\*

\*Chambre d'Agriculture du Roussillon, Maison de l'Agriculture,  
19, avenue de Grande Bretagne, 66025 Perpignan Cedex, France

\*\*INRA, Station de Recherches Fruitières Méditerranéennes,  
Domaine Saint-Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9, France

---

**RESUME** - Une étude de trois ans a permis de préciser des normes de teneurs foliaires en éléments nutritifs pour l'amandier. Cette étude a été réalisée sur douze vergers situés dans une zone géographique limitée aux Pyrénées Orientales et plantés avec les trois variétés françaises Ferragnès, Ferraduel, Ferrastar. Les parcelles ont été choisies pour leur homogénéité par rapport aux techniques culturales. On a considéré comme références les valeurs comprises dans l'intervalle de confiance à 80%.

**Mots-clés** : Amandier, analyses foliaires, nutrition minérale.

**SUMMARY** - "Research on nutrient concentrations in almond leaves". A three year study has been made to determine the critical concentration of nutrients in almond leaves. This study has been made on twelve orchards located in the area of the Pyrénées Orientales in the South of France, and planted with three French varieties Ferragnès, Ferraduel, Ferrastar. The orchards were chosen for the homogeneity of their management practices. We have considered the data in the 80% confidence interval as references.

**Key words**: Almond, leaf analyses, mineral nutrition.

---

### Introduction

L'analyse foliaire est un bon moyen de détecter les carences ou les excès afin que la production ne soit pas limitée. La loi du minimum de Liebig montre en effet que si un élément est insuffisamment assimilé ou fait défaut dans le milieu, l'efficacité des autres éléments est perturbée et l'alimentation défectueuse. Il existe donc un « niveau critique » à partir duquel le taux d'un élément dans la plante ne peut baisser sans entraîner des troubles ou diminuer les rendements.

Si la notion de « niveau critique » peut être étayée par des symptômes usuels, la « zone optimum » est plus difficile à déterminer. On peut tout de même considérer que les teneurs optimales seront celles des vergers présentant une croissance et une production satisfaisante.

Jusqu'à présent aucune étude n'a été faite en France sur les teneurs foliaires chez l'amandier. C'est pour cette raison que la Chambre d'Agriculture du Roussillon en collaboration avec l'ESERCA de Toulouse, a décidé de déterminer des références sur l'amandier pour la teneur foliaire en éléments nutritifs, dans les conditions de culture des Pyrénées Orientales sur les trois variétés principales cultivées dans cette région : Ferragnès, Ferraduel, Ferrastar.

### Matériel et méthodes

L'étude a été réalisée sur un échantillon de trente-trois parcelles, situées sur 12 sites différents dans les Pyrénées-Orientales, avec 2 ou 3 variétés par site : Ferragnès, Ferraduel, Ferrastar.

Dans chaque verger, les feuilles ont été prélevées à la même époque, cent jours après la floraison et sur les mêmes parties de l'arbre, les rameaux de l'année. Les analyses ont été répétées pendant trois années consécutives : 1991, 1992, 1993.

Les analyses ont été effectuées par l'ESERCA suivant le protocole du CIIAF (Comité Inter-Instituts d'étude des techniques Analytiques du diagnostic Foliaire), (Martin-Prével *et al.*, 1984).

## Résultats

Le Table 1 représente la moyenne des analyses réalisées sur les trois variétés pendant les trois années avec les écarts maximaux (mini et maxi) et le niveau de variabilité.

Table 1. Moyenne globale des analyses foliaires. Références de nutrition de l'amandier-Moyenne et Variabilité (toutes variétés confondues)

	Moyenne	Mini	Maxi	Référence I.C. à 80%	C.V. (%)
Poids sec 1 000 feuilles (g)	111,00	44,00	201,00	70-160	31,00
Matière sèche (%)	40,50	28,80	64,40	32-52	19,00
<b>Eléments majeurs</b> (mg/g de matière sèche)					
Azote	24,10	10,30	35,70	18,5-30,5	19,00
Phosphore	1,70	1,24	2,68	1,35-2,05	17,00
Potassium	18,40	6,30	33,10	11,5-24,5	27,00
Calcium	31,80	14,60	50,10	22,5-43,5	24,00
Magnésium	4,01	2,67	6,73	3,10-5,40	22,00
<b>Oligo-éléments</b> (mg/kg de matière sèche)					
Fer	88,00	17,00	182,00	65-115	29,00
Manganèse	100,00	15,00	502,00	27-190	87,00
Zinc	29,00	13,00	55,00	15-39	31,00
<b>Equilibre des éléments</b>					
Somme des cations (mg/g M.S.)	54,00	33,80	78,00	41-69	18,00
Somme des anions (mg/g M.S.)	25,80	12,00	37,60	20-31	18,00
Anions/Cations	0,50	0,24	0,96	0,33-0,70	30,00
N/K	1,44	0,60	4,00	0,84-1,94	42,00
N/Ca	0,82	0,40	2,10	0,49-1,26	38,00
K/Ca	0,61	0,19	1,35	0,35-0,90	39,00
K/Mg	4,70	1,20	8,20	2,68-6,72	32,00
Ca/P	19,30	7,50	35,20	12,1-31,2	30,00
% K dans la somme	34,00	13,90	53,70	22,9-44,2	24,00
% Ca dans la somme	58,40	39,40	74,30	48,6-67,8	13,00
% Mg dans la somme	7,60	5,00	13,00	5,8-10	22,00

I.C. : Intervalle de confiance ; C.V. : Coefficient de variation

## Poids moyen et taux de matière sèche

Le poids sec des feuilles est une donnée très variable comme le taux de matière sèche. Ces données représentent des indications de vigueur et de niveau d'alimentation du verger et sont dépendantes de l'effet année.

## Azote (N)

Les teneurs en azote apparaissent relativement stables (C.V. 19%), cependant l'écart important entre les valeurs minimum et les valeurs maximum (de 10,3 à 35,7 mg/g) montrent que la nutrition en cet élément est encore mal maîtrisée dans quelque verger.

## Phosphore (P)

Comparativement à d'autres espèces fruitières à noyaux, l'amandier paraît fixer un niveau de nutrition en phosphore relativement bas (1,7 mg/g) et avec une variabilité assez faible (C.V. 17%).

## Potassium (K)

Le potassium est l'élément qui représente la plus grande variabilité (C.V. 27%). La teneur moyenne apparaît relativement basse en comparaison des espèces voisines (Chauvel et Courpet, 1996).

## Calcium (Ca)

Les niveaux des teneurs en calcium semblent élevés (31,80 mg/g) mais ils peuvent refléter une spécificité de l'amandier ou résulter d'un stade végétatif assez tardif lors du prélèvement des feuilles.

## Magnésium (Mg)

Les valeurs montrent peu de variabilité (C.V. 22%), étant donné que la disponibilité de cet élément n'est pas un facteur limitant, on peut considérer que ces teneurs moyennes correspondent à un niveau optimum de nutrition.

## Oligo-éléments

La variabilité du fer et du zinc (C.V. 30%) paraissent du même ordre que pour les éléments majeurs, mais elle semble plus élevée pour le manganèse (C.V. 87%). La disponibilité du Manganèse et son assimilation sont directement dépendantes des conditions de sol et les différences de mode et d'intensité d'irrigation qui modifie ces conditions sont sans doute à l'origine de cette importante variabilité.

## Equilibre des éléments

La somme des cations se révèle être une caractéristique assez stable. La somme des anions dépendant plus de la fertilisation n'apparaît pas comme caractéristique.

C'est l'équilibre des deux cations potassium et calcium qui apparaît le facteur le plus déterminant de la nutrition. Le rapport K/Ca montre une forte variabilité. Le pourcentage de chaque cation K, Ca et Mg dans la somme des cations révèle qu'il s'agit surtout d'une variation liée à la proportion du Potassium (K).

Ces derniers résultats montrent le rôle du Potassium dans la définition des caractéristiques nutritionnelles du verger d'amandier.

## Différences variétales

Il est important de regarder également si les différences variétales ne justifient pas des normes propres à chaque variété. La Table 2 présente les moyennes pluriannuelles par variété.

Table 2. Composition minérale moyenne par variété

	Composition minérale moyenne par variété					
	Ferrastar	C.V.	Ferraduel	C.V.	Ferragnès	C.V.
Poids sec 1 000 feuilles (g)	127,00	31,00	100,00	29,00	113,00	28,00
Matière sèche (%)	38,40	18,00	42,00	17,00	40,00	20,00
Eléments majeurs (mg/g de matière sèche)						
Azote	24,20	17,00	25,00	19,00	23,40	20,00
Phosphore	1,66	13,00	1,63	14,00	1,78	20,00
Potassium	21,70	23,00	15,70	25,00	19,30	23,00
Calcium	33,08	24,00	32,70	21,00	30,50	26,00
Magnésium	4,57	20,00	3,81	21,00	4,07	21,00
Oligo-éléments (mg/kg de matière sèche)						
Fer	80,60	23,00	89,40	35,00	89,20	23,00
Manganèse	124,50	97,00	83,80	78,00	102,80	80,00
Zinc	30,20	27,00	28,00	31,00	28,90	32,00
Equilibre des éléments						
Somme des cations (mg/g M.S.)	59,30	17,00	52,10	17,00	53,90	18,00
Somme des anions (mg/g M.S.)	25,90	15,00	26,60	19,00	25,20	19,00
Anions/Cations	0,45	27,00	0,53	28,00	0,49	31,00
N/K	1,20	34,00	1,73	41,00	1,29	36,00
N/Ca	0,79	36,00	0,80	32,00	0,84	44,00
K/Ca	0,70	39,00	0,50	33,00	0,68	35,00
K/Mg	4,90	31,00	4,30	35,00	4,90	30,00
Ca/P	20,30	28,00	20,40	27,00	17,70	33,00
% K dans la somme	36,70	22,00	30,20	23,00	36,20	21,00
% Ca dans la somme	55,50	14,00	62,40	10,00	56,10	13,00
% Mg dans la somme	7,90	22,00	7,40	22,00	7,70	22,00

C.V. : Coefficient de variation (%)

Alors que les teneurs en matière sèche ne montrent pas de différences significatives, les poids de 1 000 feuilles par variété se distinguent particulièrement avec un développement systématiquement supérieur de Ferrastar et inférieur de Ferraduel.

On ne note pas de différence significative en phosphore. Ferraduel présente des niveaux en azote systématiquement supérieurs, alors que pour Ferrastar et Ferragnès, l'effet année est plus important que l'effet variété.

Le potassium est l'élément qui se différencie le plus entre les variétés, avec des différences de 40% entre la moyenne en potassium foliaire de Ferraduel (la plus faible) et celle de Ferrastar (la plus forte). Ferragnès se situe toujours à un niveau intermédiaire. Ferrastar se distingue également par des niveaux notablement plus élevés en magnésium. Les niveaux en calcium sont voisins, mais une teneur très faible pour Ferragnès en 1992.

## Conclusion

Les résultats obtenus semblent en accord avec ceux publiés par l'Université de Californie (Micke, 1994) et reproduits dans la Table 3. Cela montre qu'il y a une certaine stabilité au niveau de l'espèce amandier. L'utilisation des teneurs foliaires peut être un outil pour piloter la fertilisation. Si un résultat de diagnostic foliaire n'appartient pas à l'intervalle de référence tel qu'il a été défini dans la Table 1, il indiquera un déséquilibre de nutrition en excès ou en déficit. Toutefois, le diagnostic foliaire restera un moyen assez empirique tant que l'on ne connaîtra pas précisément le cheminement des éléments nutritifs, dans les différentes parties de l'arbre.

Table 3. Seuils critiques des éléments minéraux foliaires analysés en juillet en % de matière sèche (d'après Brown et Kiyoto, 1994)

Azote (N)		Bore <sup>†</sup> (B)	
Déficient	<2,00%	Déficient	<25 ppm
Suffisant	2,2-2,5%	Suffisant	30-65 ppm
		Excessif	>85 ppm
Phosphore (P)		Cuivre (Cu)	
Suffisant	0,1-0,3%	Suffisant	>4 ppm
Potassium (K)		Manganèse (Mn)	
Déficient	<1,00%	Suffisant	>20 ppm
Suffisant	>1,40%		
Calcium (Ca)		Zinc (Zn)	
Suffisant	>2,00%	Déficient	<15 ppm
Magnésium (Mg)			
Suffisant	>0,25%		
Sodium (Na)			
Excessif	>0,25%		
Chlore (Cl)			
Excessif	>0,30%		

<sup>†</sup>Les valeurs pour la déficience et la toxicité en Bore sont en cours de révision

## Références

- Brown, P.H. et Kiyoto, U. (1994). Nutritional Deficiencies and Toxicities : Diagnosing and Correcting Imbalances. Dans *Almond Production Manual*, Micke, W.C. (ed.). University of California, Berkeley, Division Agriculture Science Publication 3364, Chap. 26.
- Chauvel, G. et Courpet, N. (1996). Carences minérales des arbres et arbustes fruitiers : Connaître les teneurs optimales pour décider des corrections, *Phytoma-La Défense des Végétaux*, 489 : 51.
- Martin-Prével, P., Gagnard, J. et Gautier, P. (1984). *L'Analyse Végétale dans le Contrôle de l'Alimentation des Plantes tempérées et Tropicales*, Techniques et Documentation (Lavoisier).