

RAPPORTS ENTRE LES ELEMENTS MINERAUX EXPORTES PAR LES FRUITS ET PAR LES FEUILLES DANS LES CITRUS

M. NADIR *

Introduction

Le but essentiel de cette étude, c'est de connaître les pourcentages et les quantités d'éléments minéraux dans la totalité des fruits et des feuilles d'un même arbre.

Cette recherche a été réalisée dans deux régions, sur cinq arbres, comprenant deux Washington-sanguine, deux Valencia dans le Gharb et une Doublefine dans le Tadla. Il est à signaler que les deux Washington sanguine et les deux Valencia, se trouvant dans la même parcelle, ont reçu les mêmes soins.

Tout d'abord, sur chaque arbre, nous avons récolté et pesé tous les fruits ; puis nous avons ramassé et pesé sur place la totalité des feuilles.

Pour chaque arbre, nous avons prélevé des échantillons représentatifs en vue de la détermination du poids sec et des éléments minéraux.

* Chef du laboratoire générale de chimie à la DRA.
Al wamia, 39, pp. 25-38, avril 1971.

Analyse du sol et de l'eau d'irrigation

Analyse mécanique et pH du sol

Vergers	Profondeur en cm	Argiles %	Limons %	Sables fins %	Sables grossiers %	Calcaire total %	pH H ₂ O	pH KCl
Gharb	0 - 25	22,8	28,0	26,1	1,4	20,3	8,3	7,5
	25 - 60	22,8	27,0	27	0,8	21,6	8,5	7,6
Tadla	0 - 25	38,6	15,6	22,1	2,9	15,3	8,3	7,4
	25 - 60	48,3	12,6	16,2	1,3	14,1	8,6	7,5

Analyse chimique

Vergers	Profondeur en cm	N ‰	P ₂ O ₅ ‰	K ₂ O ‰
Gharb	0 - 25	1,69	assimilable 0,038	total 2,67
	25 - 60	0,82	traces	assimilable 1,53
Tadla	0 - 25	0,59	traces	total 1,31
	25 - 60	0,57	traces	assimilable 0,98

Analyse du complexe absorbant en méq. pour 100 g de terre

Vergers	Profondeur en cm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Capacité d'échange
Gharb	0 - 25	18,33	2,16	0,94	0,96	23,47
	25 - 60	16,95	2,19	1,46	0,71	21,53
Tadla	0 - 25	21,83	12,78	1,17	0,53	35,72
	25 - 60	21,36	10,25	1,15	0,41	33,64

Analyse des eaux d'irrigation

Vergers	Potas- sium	Calcium	Magné- sium	Sodium	Bicarbo- nates	Chloru- res	Sulfates
Gharb (oued Sebou)	5,0	52,0	36,5	143,0	262,3	187,4	51,8
Tadla (barrage de Bin-el-Ouidane)	traces	53,0	15,8	23,5	189,1	35,5	42,4

Le verger du Gharb est irrigué avec de l'eau de l'oued Sebou alors que le verger de Tadla est irrigué par l'eau du barrage de Bin-el-ouidane.

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

La différence de concentration des éléments minéraux des eaux d'irrigation d'une part la variabilité des quantités d'eaux apportées suivant les saisons et les années d'autres part, ne permettent pas de fixer d'une manière exacte les quantités d'éléments minéraux apportées par l'eau d'irrigation, à l'hectare.

Néanmoins, il est possible de déterminer une moyenne de ces éléments minéraux fournis par l'eau d'irrigation, à un hectare de verger.

Kilogrammes par ha

Vergers	Potassium	Calcium	Magnésium	Sodium	Bicarbonates	Chlo- rures	Sulfates
Gharb	25,0	260,0	182,5	715,0	1311,5	937,0	259,0
Tadla	—	265,0	79,0	117,5	945,5	177,5	212,0

Taux des éléments minéraux des fruits et des feuilles de cinq arbres

Sur le tableau I « Eléments minéraux des fruits et des feuilles de cinq arbres figurent de gauche à droite : variétés, provenance, dates d'échantillonnage, rendement en kg de fruits par arbre, poids total des feuilles en kg, poids sec total des feuilles en kg, pourcentage du poids sec des fruits et enfin, pourcentage des éléments minéraux par rapport au poids frais des fruits et au poids sec des feuilles.

D'après ce tableau, on constate que :

1°) Dans les fruits des trois arbres demi-sanguine, *l'azote est l'élément dominant après c'est le potassium*, tandis que le calcium arrive au 3^{ème} rang.

2°) Dans les fruits des deux arbres Valencia, on remarque que l'élément prioritaire est le potassium ; l'azote se place en 2^{ème} position alors que le calcium garde toujours le même rang.

A la suite de cette étude, la question que l'on se pose est celle-

TABLEAU I

Éléments minéraux des fruits et des feuilles de 5 arbres

Variétés, provenance et dates d'échantillonnage	Echantillons	Rendement en kg de fruits par arbre	Poids total des feuilles des fraîches en kg	Poids total des feuilles sèches en kg	% de la matière sèche des fruits	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Cendres
Demi-sanguine Gharb 8.2.68	Fruits frais	157			17,0	0,150	0,014	0,130	0,059	0,010	—
	Feuilles sèches		27,2	12,35		2,26	0,10	0,54	5,80	0,13	15,3
Demi-sanguine Gharb 8.2.68	Fruits frais	184			16,0	0,160	0,0132	0,142	0,069	0,011	—
	Feuilles sèches		27,5	12,32		2,28	0,10	0,50	6,27	0,15	18,6
Doublefine Tadla 14.3.68	Fruits frais	167,4			14,4	0,170	0,0158	0,143	0,071	0,012	—
	Feuilles sèches		31,0	14,14		2,07	0,09	0,43	7,72	0,24	19,4
Valencia Gharb 3.4.68	Fruits frais	192			17,0	0,173	0,017	0,192	0,095	0,0136	—
	Feuilles sèches		27,5	12,51		1,84	0,09	0,41	8,44	0,15	21,7
Valencia Gharb 3.4.68	Fruits frais	193			14,1	0,158	0,0155	0,202	0,065	0,0113	—
	Feuilles sèches		46,6	19,62		1,83	0,10	0,57	7,40	0,15	19,4

ci : pourquoi dans la même parcelle, existe-il cette différence ? est-elle variétale ou d'autre forme.

Nous allons essayer d'y répondre.

Les analyses des fruits provenant des différentes régions agrumi-cales et comprenant plusieurs variétés, ont révélé, d'une part, que le pourcentage de la partie comestible des oranges Valencia était plus élevé par rapport au pourcentage de la partie comestible des oranges demi-sanguine ; d'autre part, le taux d'azote domine celui du potassium dans l'écorce (sauf dans certains Clémentiniers).

En conséquence, le taux élevé de la partie comestible des Valencia en potassium fait augmenter le pourcentage de celui-ci, par rapport à l'azote, dans les fruits entiers.

Nous signalons que les analyses des fruits Valencia provenant des autres régions ont fait apparaître, dans certains cas, des taux presque égaux et, dans d'autres cas l'azote domine le potassium.

Dans les vergers où l'on apporte uniquement de l'azote et rarement du potassium nous avons remarqué que l'azote prédomine dans les fruits.

D'une manière générale, comme nous l'avons déjà vu, l'élément le plus important du fruit, au Maroc, c'est l'azote.

Ce phénomène confirmerait la faiblesse des taux de potassium dans les feuilles de Citrus (3).

Les analyses des fruits de Clémentiniers traités avec du sulfate de potassium comparées avec celles des témoins non traités (pour la recherche des interactions K - Ca), ont révélé des taux d'azote supérieurs dans les fruits des arbres témoins alors que les taux de potassium prédominaient dans ceux traités au sulfate de potassium.

Les pourcentages sont les suivants :

<i>Clémentiniers</i>	% N	% K
Témoins	1,20	1,10
Traités au sulfate de potassium	1,15	1,66

Dans le verger de Rabat-Salé, l'étude sur l'évolution des éléments minéraux des oranges des arbres traités au sulfate de potassium et non traités, au cours de leur croissance, montre que les niveaux du potassium des oranges des arbres traités se rapprochaient des niveaux d'azote.

TABLEAU II
Rapport entre les éléments minéraux exportés par les fruits et par les feuilles

Variétés, provenance et dates d'échantillonnage	Echantillons	N		P		K		Ca		Mg
		Rendement en kg de fruits par arbre	exporté en g par la totalité de l'arbre	rapport fruits/feuilles	exporté en g par la totalité de l'arbre	rapport fruits/feuilles	exporté en g par la totalité de l'arbre	rapport fruits/feuilles	exporté en g par la totalité de l'arbre	
Demi-sanguine Gharb 9.2.68	Fruits	157	235	0,84	22,0	1,8	204	92,6	10	15,7
	Feuilles		279		12,3		67	716	77 (0,13)	16,0
Demi-sanguine Gharb 9.2.68	Fruits	184	294	1,04	24,3	2,0	261	127	10	20,2
	Feuilles		281		12,3		62	772	61 (0,16)	18,5
Doublefine Tadra 14.3.68	Fruits	167,4	284	0,97	26,4	2,1	239	119	10	20,1
	Feuilles		293		12,7		44	1 092	92 (0,11)	33,9
Valencia Gharb 3.4.68	Fruits	192	332	1,44	19,6	2,9	369	182	10	26,1
	Feuilles		230		29,9		52	1 056	58 (0,17)	18,7
Valencia Gharb 3.4.68	Fruits	193	305	0,85	11,3	1,5	390	125	10	21,9
	Feuilles		359		32,6		113	1 452	116 (0,09)	29,4
Rapport moyen fruits/feuilles des exportations			1,03		2,06		4,64	$\frac{1}{8}$	(0,13)	0,96

Incontestablement, l'apport de potassium fait monter son taux dans les fruits à condition qu'il arrive suffisamment au niveau des racines.

Les analyses effectuées sur les fruits des vergers à haut rendement montrent que très souvent, les % du potassium sont supérieurs ou égaux à ceux de l'azote dans les fruits.

Par contre, les fruits des vergers à faible rendement ou médiocre rendement accusent des taux de potassium inférieurs à ceux de l'azote.

Actuellement, nous avons certaines difficultés pour l'établissement de normes propres au Maroc, par l'analyse foliaire, en particulier pour le potassium ; l'analyse de ce dernier et de l'azote, dans les fruits, permettra probablement de corriger la faiblesse du niveau de potassium dans les Citrus.

Revenons au tableau : « Eléments minéraux des fruits et des feuilles de cinq arbres ».

3°) Dans les feuilles de ces cinq arbres, l'élément prédominant est le calcium puis l'azote, le potassium se place en 3^{ème} position.

Dans les feuilles adultes de Citrus en production, cet ordre : Ca, N, K est quasi général au Maroc. L'importance quantitative des feuilles sur l'arbre n'influence aucunement cet ordre de grandeur.

Rapport entre les éléments minéraux exportés par les fruits et par les feuilles

Le but essentiel de cet étude, c'est de voir s'il existe une relation entre le rendement et la concentration des éléments minéraux dans les feuilles et les réserves disponibles dans les sols.

Dans la colonne de l'azote du tableau II : « Rapport entre les éléments minéraux exportés par les fruits et par les feuilles » on constate que le rapport moyen fruits sur feuilles est de l'ordre de 1 : dans la colonne du phosphore, ce rapport est de l'ordre de 2 : dans celle du potassium, il est de l'ordre de 4, dans celle du calcium de l'ordre de 0,13 : et enfin dans celle du magnésium, ce rapport est de l'ordre de 1.

Les exemples d'analyses foliaires que nous avons cités à propos de l'évolution du poids sec et des éléments minéraux dans les oranges au cours de leur croissance, ainsi que d'autres analyses, révèlent qu'il n'existe pas de corrélation positive entre la concentration des éléments minéraux dans les feuilles et l'importance du rendement, en particulier

pour le potassium. Ce phénomène peut être expliqué par deux exemples schématisés.

1^{er} exemple : Le sol d'un verger de Citrus est bien approvisionné en éléments fertilisants, donc les réserves du sol sont suffisantes pour les besoins de la plante ; alors il peut y avoir une corrélation positive entre la concentration des éléments fertilisants dans les feuilles et le rendement. C'est le cas des vergers de Citrus à haut rendement aux Etats-Unis et dans d'autres pays.

2^{me} exemple : Le sol d'un verger de Citrus n'est pas suffisamment approvisionné en éléments fertilisants, ou bien il existe un déséquilibre dans le sol(par suite d'une carence ou d'un excès d'un ou de plusieurs éléments). Dans ces conditions, deux cas peuvent se présenter :

1^{er} cas : si ce verger donne un rendement faible par suite des chutes de fruits ou pour d'autres raisons, l'analyse foliaire révélera des niveaux élevés d'éléments minéraux.

2^{me} cas : par contre, si ce même verger donne un rendement moyen, l'analyse foliaire indiquera des niveaux faibles en éléments minéraux, principalement le potassium.

Ces deux cas du deuxième exemple peuvent s'expliquer ainsi :

— Dans le premier cas, l'exportation des éléments minéraux par les fruits étant modérée par suite d'un faible rendement, celui-ci influencera moins les niveaux des éléments dans les feuilles.

TABLEAU III

Pourcentages des éléments minéraux par rapport à la matière sèche des feuilles

Exemple : Wilking

Dans une même parcelle	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Cen- dres	Rendement en kg par arbre	Date de planta- tion
Wilking (très chargés)	2,03	0,09	0,47	6,9	0,70	19,5	200	—
Wilking (peu chargés)	2,18	0,10	1,00	4,9	0,50	15,0	50	—

Exemple : Navel

Dates de prélèvement	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Cendres	Rendement en kg par arbre
Octobre 1964	2,45	0,10	0,47	6,5	—	18,4	100
Octobre 1965	2,45	0,11	0,85	5,1	—	15,3	100
Octobre 1966	2,36	0,19	0,67	6,4	—	17,6	100
Octobre 1967	2,39	0,12	1,22	4,5	—	14,0	25

— Dans le deuxième cas, par contre, l'exportation des éléments minéraux par les fruits est plus importante et se traduit par une baisse plus ou moins grande de la concentration de ces mêmes éléments dans les feuilles.

Nous venons de voir, à propos des rapports des éléments minéraux exportés par les fruits et par les feuilles, que le potassium avait un rapport moyen de 4 ; cela signifie que les fruits prendront environ 4 fois plus de potassium que les feuilles. Dans le deuxième cas du deuxième exemple, nous avons supposé que le sol était insuffisamment approvisionné en éléments fertilisants ; en conséquence, la concentration des éléments minéraux, en particulier celle du potassium, deviendra faible dans les feuilles.

Parmi les quatre exemples d'analyses foliaires cités dans le cadre de « L'évolution du poids sec et des éléments minéraux dans les oranges au cours de leur croissance », deux peuvent aisément s'expliquer par le phénomène que nous venons de mentionner (Voir tableau III).

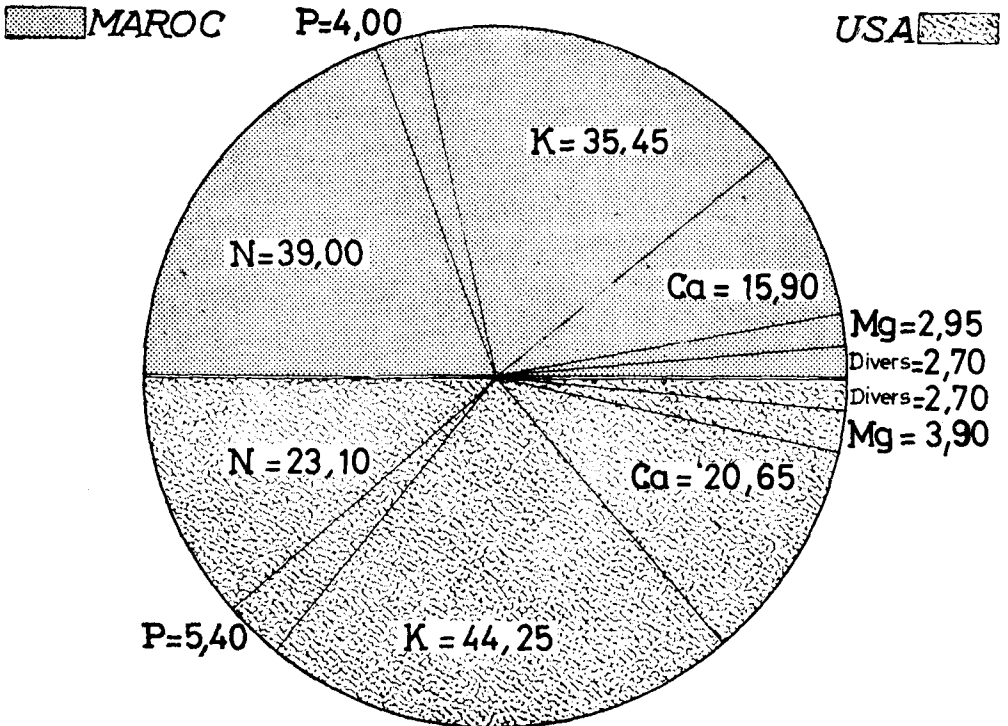
— Exemple sur Wilking : les feuilles des arbres très chargés ont des niveaux d'éléments plus faibles que ceux peu chargés. Donc, l'importance de la production en a fait baisser les taux dans les feuilles.

— Exemple sur Navel : les prélèvements périodiques effectués depuis 1964 ont porté sur les mêmes arbres. Jusqu'en 1966, ce verger a donné régulièrement une production moyenne de 100 kg par arbre ; mais en 1967, par suite de traitements négligés, le rendement par arbre est tombé à 25 kg. L'analyse foliaire des échantillons de feuilles de 1967 a montré des niveaux élevés en éléments minéraux. La comparaison avec les taux de 1966 fait ressortir une augmentation de 23 % pour l'azote, 44 % pour le phosphore et plus de 80 % pour le potassium. Cela montre bien que l'importance du rendement influence considérablement la concentration des éléments dans les feuilles. Mais il est manifeste que celle du potassium est beaucoup plus affectée.

FIGURE 1

Répartition des pourcentages moyens des éléments minéraux dans un fruit d'agrumes

	N	P	K	Ca	Mg	Divers
% MOYEN PAR RAPPORT AU POIDS SEC	1,148	0,118	1,044	0,468	0,087	-
REPARTITION DES % AU MAROC	39,00	4,00	35,45	15,90	2,95	2,70
REPARTITION DES % AUX USA	23,10	5,40	44,25	20,65	3,90	2,70



Ces exemples mettent en évidence la difficulté de déterminer les niveaux optima de potassium dans les feuilles d'agrumes.

Avant de clore cette étude, examinons la figure I, sur la répartition des pourcentages moyens des éléments minéraux dans un fruit de Citrus : dans la colonne du % moyen par rapport au poids sec, nous donnons la moyenne des analyses de fruits des principales variétés de Citrus existant au Maroc.

Nous tenons à signaler que tous nos prélèvements sont faits dans des vergers apparemment sains et bien entretenus du point de vue phyto-sanitaire ; dans des vergers mal soignés, on ne peut savoir si les anomalies constatées proviennent d'un manque de traitement phyto-sanitaire ou d'un déséquilibre alimentaire.

Sur la figure I, le demi-cercle supérieur représente la répartition des pourcentages d'éléments minéraux d'un fruit de Citrus au Maroc ; le demi-cercle inférieur, cette même répartition aux Etats-Unis (2).

On remarque l'importance du potassium aux Etats-Unis et, par contre, la prédominance de l'azote dans les fruits de Citrus au Maroc.

Ici, un fait très curieux est à signaler, c'est la faiblesse du niveau de calcium dans les fruits malgré l'excès de cet élément dans les feuilles. Pour le moment, nous ne pouvons pas interpréter cette faiblesse du calcium dans les fruits.

Néanmoins, on observe qu'en réalité, le pourcentage de calcium dans la matière sèche ou dans la matière humide des fruits de Citrus au Maroc n'est pas faible ; la moyenne de ce pourcentage est de l'ordre de 0,468 par rapport à la matière sèche et de 0,072 par rapport à la matière humide.

Les données publiées par CHAPMAN, KELLY (1) et SMITH et REUTHER (2) montrent une très grande variation du pourcentage de calcium dans les fruits de Citrus.

Nous donnons ci-dessous la moyenne des résultats d'analyses des fruits de Citrus obtenue par ces auteurs ainsi que la nôtre.

En réalité, le pourcentage moyen de 0,072 par rapport à la matière fraîche n'est pas faible, compte tenu des valeurs trouvées par les chercheurs américains précités (Voir résultats ci-après).

Les pourcentages de calcium, par rapport à la matière humide, pour les fruits de Citrus au Maroc, varient de 0,029 (Clémentiniers) à 0,136 (Valencia).

Auteurs	Variétés	% de Ca par rapport à la matière humide des fruits
CHAPMAN et KELLY	Oranges	0,082
CHAPMAN et KELLY	Citrons	0,122
SMITH et REUTHER	Oranges	0,036
NADIR	Citrus	0,072

Ce qui est vrai, c'est que la part du calcium, en moyenne, dans un fruit au Maroc, est faible par rapport aux autres éléments ; en particulier, nous pensons que le pourcentage élevé d'azote dans les fruits, au Maroc, fait baisser la part du calcium dans ceux-ci.

La comparaison du niveau du phosphore et du magnésium dans les fruits au Maroc, et aux Etats-Unis, ne révèle pas de différences significatives étant donné que leurs pourcentages sont faibles, les analyses ne permettent pas des précisions suffisamment grandes.

Nous allons comparer les quantités moyennes d'éléments minéraux exportées en kg par tonne d'oranges récoltées, au Etats-Unis et au Maroc.

Auteurs	Pays	N	P	K	Ca	Mg
CHAPMAN et KELLY	Etats-Unis	1,18	0,27	2,61	1,04	0,19
SMITH et REUTHER	Etats-Unis	1,29	0,20	1,87	0,36	0,18
NADIR	Maroc	1,77	0,18	1,61	0,72	0,13

Ce tableau montre que l'exportation d'azote par les oranges, au Maroc est plus importante, étant donné qu'on apporte souvent et uniquement de l'azote. Par contre, l'exportation faible du phosphore et de potassium confirme les niveaux faibles de ces éléments dans les feuilles, au Maroc, par suite d'un mauvais approvisionnement des Citrus en engrais phospho-potassique (3 et 4).

Pour concrétiser l'importance de l'exportation du potassium par les fruits, nous avons choisi, parmi les 5 arbres étudiés, 2 arbres à production extrême (157 et 193 kg par arbre), puis nous avons calculé le potassium exporté par les fruits de ces deux arbres. Ces exportations sont exprimées en sulfate de potassium : l'arbre demi-

sanguine (157 kg) a exporté un demi-kilogramme environ de sulfate de potassium, tandis que l'oranger Valencia (193 kg) a exporté environ un kilogramme de sulfate de potassium.

Les renseignements recueillis auprès des agrumiculteurs marocains ne font pas état de l'apport de un kilogramme de sulfate de potassium par an et par arbre, pour des arbres produisant environ 200 kilog.

En conclusion, nous pouvons déduire que le besoin des Citrus en potassium est aussi important que celui de l'azote et, dans certains cas, davantage pour certaines variétés. En conséquence, l'apport régulier de potassium, pour les Citrus en production est indispensable.

ملخص

أتاحت دراسة العلاقات بين مختلف المواد المعدنية التي تصدرها أثمار وأوراق الحوامض التأكسد أن أهم مادة كيميائية تدخل من تركيب الاثمار بالمغرب هي في الغالب الازوط .

وان سمك القشرة المحيطة بالثمرة تلعب دورا مهما في هيمنة مادة الازوط على المواد الاخرى في الثمار .

ونلاحظ أيضا أن ثمار الحوامض تضم من البوتاسيوم ضعفي ما تضمه أوراق تقريبا .

هذا ما يؤدي بنا أن نستخلص أن أهمية الانتاج يمكن أن يؤثر نسبيا في انضمام البوتاسيوم في الاوراق وخاصة فيما اذا قلت ذخيرة هذه المادة في النبات وأما انضمام المواد الاخرى فان المرود لا يؤثر عليها الا قليلا .

RÉSUMÉ

L'étude des rapports entre les éléments minéraux exportés par les fruits et par les feuilles de Citrus a permis de confirmer, qu'au Maroc, l'élément le plus important dans les fruits est souvent l'azote.

L'épaisseur de l'écorce joue un grand rôle dans cette prédominance de l'azote des fruits.

Les fruits de Citrus prennent environ quatre fois plus de potassium que les feuilles ; en conséquence, l'importance de la production peut influencer la concentration de celui-ci dans les feuilles, en particulier, dans le cas d'une réserve insuffisante de cet élément pour la plante.

La concentration des autres éléments est beaucoup moins influencée par le rendement.

RESUMEN

El estudio de las relaciones entre los elementos minerales exportados por los frutos y por las hojas del citrus ha permitido confirmar, que en Marruecos, el elemento de más importancia en los frutos es frecuentemente el nitrógeno.

El espesor de la corteza juega un papel muy importante en esta predominancia del nitrógeno en los frutos.

Los frutos del citrus cogen alrededor de 4 veces más potasio que las hojas, en consecuencia, la importancia de la producción puede influenciar la concentración de éste en las hojas, en particular en el caso de una reserva insuficiente de este elemento para la planta.

La concentración de los otros elementos está mucho menos influenciada por el rendimiento.

SUMMARY

The study of the relations between the mineral elements taken up by citrus fruits and leaves, has permitted to confirm that in Morocco, the most important element in the fruits is often nitrogen.

The thickness of the peel plays a prominent part in this prevalence of fruits nitrogen.

The citrus fruits take up about four times much more potassium than the leaves.

Consequently, the importance of the production can influence its concentration in the leaves, in particular, in the case of an insufficient reserve of this element in the plant.

The concentration of other elements is not so much influenced by the yield.

BIBLIOGRAPHIE

1. CHAPMAN, H.D. et W.P. KELLY — 1948. The mineral nutrition of citrus. The Citrus Industry, Vol. I, chap. 7. University of California Press.
2. SMITH, P.F. and W. REUTHER — 1953. Mineral content of oranges in relation to fruit age and some fertilization practices — Proc. Fla. hort. Soc., 66 p.
3. NADIR, M. — 1957. Contribution à la détermination d'une fumure rationnelle des agrumes par l'analyse foliaire — Al Awamia, n° 16, pp. 123-147, Rabat.
4. NADIR, M. — 1968. Les différentes formes de calcium et les antagonismes K-Ca K-Mg et Ca-Mg dans les feuilles d'agrumes — II colloque Européen et Méditerranéen sur le contrôle de l'alimentation des plantes cultivées — 1968, Séville.