CONTRIBUTION A LA DETERMINATION D'UNE FUMURE RATIONNELLE DES AGRUMES PAR L'ANALYSE FOLIAIRE

M. NADIR *

SOMMAIRE

Aperçus généraux sur le diagnostic foliaire des agrumes

Propositions pour établir les modalités du diagnostic foliaire appliqué aux agrumes du Maroc

Résultats obtenus pendant l'année 1964

Etat nutritif du sol en rapport avec les éléments minéraux et le pH

Aperçus généraux sur le diagnostic foliaire des agrumes

Les teneurs des feuilles en éléments minéraux varient toujours en fonction de l'âge, et ceci quelle que soit l'alimentation de la plante.

D'après les travaux américains, les variations sont minimales pour les feuilles du cycle printanier et lorsqu'elles ont de 4 à 7 mois.

EMBLETON et JONES [1] basent leurs normes sur des feuilles de 4 à 7 mois du cycle printanier, prises aux extrémités de rameaux non-fructifères. Or, il semble qu'il y ait peu de différence, en critère d'analyse

---

* Chef du Laboratoire général de Chimie.

Al Awamia, **16**, pp 123-147, juillet 1965.

foliaire, que les feuilles proviennent des extrémités fructifères ou qu'elles proviennent des extrémités non-fructifères. Si CHAPMAN [2] propose d'utiliser les feuilles cueillies aux extrémités de rameaux fructifères, c'est que, dans la pratique, il est plus simple de choisir les feuilles sur ce type d'extrémité, où l'on est sûr de l'âge de la feuille, que sur les extrémités non-fructifères où il est plus compliqué de déterminer l'âge avec certitude.

Les chercheurs sud-africains ont adopté, comme normes, les extrémités de rameaux fructifères, mais ils se servent des feuilles âgées de 10 à 11 mois.

En Israël, l'échantillonnage est pratiqué à la fin du mois de novembre èt en décembre, car on a noté que les changements de composition sont faibles pendant cette période.

D'après BAR AKIVA [3] « les feuilles destinées à l'analyse foliaire sont prélevées en décembre sur le côté nord de l'arbre, sur des branches fruitières et près du fruit, à hauteur moyenne de l'arbre, elles doivent être de taille moyenne ».

La teneur en azote des feuilles varie également avec l'orientation de celles-ci sur l'arbre [3].

Proposition pour établir les modalités du diagnostic foliaire chez les agrumes au Maroc

Situation des feuilles

Pour ne pas faire une erreur d'âge, nous avons décidé de faire les prélèvements de feuilles sur les branches fruitières. Il est en effet difficile de préciser l'âge des feuilles sur rameaux ordinaires — à moins de les avoir marquées — car il y a plusieurs poussées végétatives en cours d'année et, après quelques mois, les feuilles sont toutes très semblables entre elles.

Pour comparer les feuilles sur rameaux végétatifs et sur rameaux fructifères, nous avons marqué sur le même arbre les feuilles qui apparaissaient au cycle printanier (mars-avril) aux extrémités des rameaux non-fructifères. Fin mai, nous avons marqué d'autres feuilles qui venaient d'apparaître et qui n'appartenaient pas au cycle printanier. Au début d'octobre, nos prélèvements ont porté à la fois sur ces différentes sortes de feuilles et sur d'autres se trouvant à côté des fruits, c'est-à-dire, appartenant au cycle printanier ; ces dernières ont donc le même âge que le fruit.

TABLEAU I

EMPLACEMENT des feuilles prélevées	AGE DES FEILLES	POURCENTAGE DES ÉLÉMENTS PAR RAPPORT AU Pds SEC DES FEUILLES							
		N	P_2O_5	P	K_2	K	Cao	Ca	Cendres
sur branches non-fruitières	4 mois*	2,76	0,28	0,12	1,12	0,93	7,4	5,3	16,2
	6 mois**	2,38	0,20	0,09	0,79	0,66	8,5	6,1	17,2
sur branches fruitières	6 mois**	2,37	0,23	0,10	0,67	0,56	9,0	6,4	17,2

* prélèvement à la fin du mois de mai.
** prélèvement au début du mois d'octobre.

A l'analyse de ces différentes feuilles (TABLEAU I), on a constaté que les feuilles âgées de 4 mois et les feuilles âgées de 6 mois n'appartenant pas au même cycle présentent entre elles des différences importantes (14 % pour N, 29 % pour P, 30 % pour K, 13 % pour Ca et enfin 6 % pour les cendres), alors qu'en apparence elles sont semblables et pouvaient facilement être confondues par l'échantillonneur.

Par contre, sur les rameaux fruitiers, on peut dater les feuilles avec certitude. On remarque toutefois que, dans certain cas, les fruits se trouvent immédiatement sur le bois plus vieux ; les feuilles se trouvant à côté de ces fruits sont plus âgées que les fruits, il faut donc éviter de prélever ces feuilles que l'on peut reconnaître par un examen attentif.

Il convient donc de prélever les feuilles uniquement sur les rameaux fructifères et de bien vérifier qu'elles se trouvent sur la pousse de l'année.

Age des feuilles

Pour fixer la date à laquelle il convient d'effectuer les prélèvements, nous avons étudié tout d'abord les variations des teneurs foliaires en N, P, K, Ca, etc., au cours du cycle annuel au Maroc, de façon à déterminer l'époque où ces variations sont les plus faibles.

Depuis le début de l'année 1964, nous sommes en train d'étudier dans deux vergers — un situé dans la région côtière et l'autre dans le centre — les variations des éléments minéraux dans les feuilles pendant le cycle annuel. Mais il faudra plusieurs années d'études pour arriver à établir des normes propres au Maroc. Aussi, pour avoir une idée des niveaux d'éléments, et surtout pour voir les carences ou les excès des éléments minéraux dans plusieurs vergers d'agrumes au Maroc, nous nous sommes référé aux normes du CHAPMAN [2], et nous avons prélevé les feuilles âgées de 4 à 10 mois.

Nous avons adopté les normes de CHAPMAN car la composition minérale des feuilles d'une même variété, greffée sur le même porte-greffe, ne varie pas beaucoup d'un pays de culture à l'autre. Ainsi, malgré des différences importantes de climat, de la nature des sols, etc., qui existent entre la Floride et la Californie, les chiffres trouvés dans ces deux régions pour les seuils extrêmes — carences ou excès — correspondent très bien entre eux pour les éléments majeurs, sauf pour le potassium (d'après REUTHER & SMITH [4], carence : taux inférieur à 0,60 % ; optimum 1,2 à 1,7 %, et enfin excès : taux supérieur à 2,40 % par rapport au poids sec des feuilles).

Nous nous sommes également référé aux normes de CHAPMAN [5] parce que les principales variétés d'agrumes plantées au Maroc sont les mêmes que celles sur lesquelles CHAPMAN a établi ses normes. De plus, les conditions géographiques et climatiques du Maroc sont assez semblables à celles de la Californie.

Orientation des feuilles

L'orientation des feuilles par rapport au tronc pourrait avoir aussi une influence sur les teneurs en éléments. Il importe de préciser si cette influence existe et dans quelle mesure elle peut agir. Nous avons également commencé cette étude dont les résultats seront publiés ultérieurement, dans différentes régions agrumicoles du Maroc.

Actuellement, nous prélevons les feuilles sur tout le pourtour de l'arbre, à une hauteur comprise entre 0,80 et 1,80 m environ.

Méthodes d'échantillonnage

Le succès ou l'échec de l'analyse foliaire est lié à des techniques adéquates d'échantillonnage, manipulation, nettoyage et analyse.

Le procédé à adopter dépend du but. Si le but n'est que de confirmer un diagnostic basé sur des symptômes visuels, de déterminer par exemple si un symptôme foliaire est causé par un excès d'un élément ou représente des désordres provoqués par un élément, ou si l'on désire vérifier un soupçon de carence en fer, zinc, manganèse, etc., le procédé consiste alors simplement à réunir 100 à 200 feuilles présentant le symptôme visuel particulier que l'on se propose de confirmer.

Si on recherche le niveau alimentaire d'un verger d'agrumes, on doit d'abord vérifier l'homogénéité des parcelles ; l'échantillonneur traversant ensuite le bloc en diagonale, cueillera 2 à 4 feuilles à portée de main, à un arbre sur deux, tant à sa droite qu'à sa gauche.

Pour reconnaître l'influence de la fumure sur la teneur en éléments nutritifs des feuilles, il semblait, à première vue, que plus ce nombre serait grand, plus nous nous rapprocherions de la réalité. CHAPMAN [6] recommande de prélever de 20 à 25 feuilles. Le travail de STEYN [7] aboutit au même chiffre.

Ce dernier, en effet, divisa un total de 800 feuilles en trois groupes de 25, 100 et 165 unités; sur chacun de ces échantillons, il détermina les principaux macro- et micro-éléments et il arriva à la conclusion qu'un échantillon de 25 feuilles représentait la valeur véritable d'un élément dans un arbre avec une marge d'erreur acceptable.

A mesure que les feuilles sont cueillies, elles sont placées dans un sac en papier, sur lequel est marquée l'identité des feuilles, et immédiatement acheminées au laboratoire central en glacière portative. La moindre exposition directe ou indirecte (coffre de la voiture pour le transport) de l'échantillon au soleil doit être évitée. On peut garder les échantillons une ou deux nuits dans un réfrigérateur sans toutefois les geler. Les feuilles doivent être lavées au moins trois fois avec de l'eau distillée. Si elles ont reçu une pulvérisation de fumure liquide ou de produit antiparasitaire, elles seront lavées avec un détergent approprié, puis rincées à l'eau distillée, au moins trois fois ; enfin elles seront séchées dans un four à courant d'air de 50 à 60°C.

Résultats obtenus au cours de l'année 1964

Pour avoir une idée générale avant d'entreprendre le diagnostic foliaire à une grande échelle pour les vergers marocains, nous avons fait des prélèvements de feuilles âgées de 4 à 10 mois et se trouvant sur des rameaux fruitiers, dans différentes régions agrumicoles du Maroc.

TABLEAU II

	+ →				— ←
ELÉMENTS	Carence	Faible	Optimum	Fort	Excessif
N	0,60-1,90	1,90-2,10	**2,20-2,70**	2,80-3,50	3,60 ?
P	0,07	0,07-0,11	**0,12-0,18**	0,19-0,29	0,30 ?
K	0,15-0,30	0,40-0,90	**1,00-1,70**	1,80--1,90	2,00 ?
Ca	2,0	2,0 -2,9	**3,0 -6,0**	6,1 -6,9	7,0 ?
Mg	0,05-0,15	0,16-0,20	**0,30-0,60**	0,70-1,0	1,0 ?
Na		0,01-0,06	**0, 1-0,15**	0,20-0,25	0,25

A défaut des normes marocaines qui demanderaient plusieurs années, nous nous sommes référé aux normes de CHAPMAN [2].

Le TABLEAU II présente les normes de CHAPMAN pour certains éléments majeurs dans les feuilles âgées de 4 à 10 mois se trouvant sur des rameaux fruitiers.

1. Région de Rabat

Verger d'agrumes se trouvant à Sidi Abdallah des Ameurs. Les prélèvements sont faits sur des arbres de la variété Doublefine, âgés de 10 ans ; il y a 250 arbres par hectare. Ces arbres ont reçu chaque année 50 tonnes de fumier.

Apports de fumure minérale

1961 : en janvier, 500 g d'urée ; juin-juillet, 300 g d'urée ; septembre, 300 g d'urée par arbre ; tandis qu'au mois de décembre, chaque arbre avait reçu 500 g de superphosphate et 500 g de sulfate de potasse.

1962 : mars, 300 g d'urée par arbre ; vers la fin octobre, 500 g d'engrais phospho-potassique par arbre sous forme d'hyperphosphate (22-22).

1963 : au cours d'avril une pulvérisation des oligoéléments (Zn, Mn) et de soufre ; au mois de juillet, un traitement contre les cochenilles, et en même temps 250 g par arbre sous forme d'urée ; vers fin novembre, 1 kg d'engrais phospho-potassique (21-21) par arbre.

1964 : février, 600 g d'urée par arbre ; au cours d'avril une pulvérisation des oligoéléments (Zn, Mn) ; au mois de mai, un traitement au soufre ; au mois de juillet, un traitement contre les cochenilles.

Le verger est irrigué par cuvette, environ 6 fois par an. L'analyse de l'eau d'irrigation montre l'existence de 85 mg de Ca par litre.

Au mois de janvier 1964, nous avons fait une analyse des feuilles sur des arbres sains pour connaître les niveaux de N, P, K, et Ca dans ce verger. Cette analyse nous a permis de nous limiter ultérieurement à l'examen de quatre arbres, représentant le type moyen du verger.

Au mois d'avril, c'est-à-dire en pleine floraison, nous avons fait des prélèvements sur ces quatre arbres choisis. Les résultats des analyses sont consignés dans le TABLEAU III. Au mois d'octobre, c'est-à-dire lorsque les feuilles ont environ 6 mois, nous avons fait les mêmes prélèvements, sur les mêmes arbres, les résultats des analyses sont également portés sur le TABLEAU III.

La comparaison entre les résultats des deux prélèvements nous montre que dans les feuilles jeunes, le pourcentage des cendres est moins important que dans les feuilles âgées ; ceci est dû principalement au calcium qui représente environ le 1/3 de cendres dans les deux cas.

TABLEAU III

Mois	Pourcentage des éléments minéraux par rapport au pds sec des feuilles											
	Cendres	N	P_2O_5	P	K_2O	K	CaO	Ca	MgO	Mg	Na_2O	Na
Avril 64	11,0	2,72	0,46	0,20	1,57	1,30	4,4	3,1	0,62	0,37	0,24	0,09
Octobre 64	19,3	2,21	0,31	0,14	0,93	0,77	9,4	6,7	0,59	0,36	0,27	0,10
Octobre 64*	19,5	2,22	0,30	0,13	0,94	0,78	9,4	6,7	0,60	0,36	0,30	0,11

* Résultats d'un prélèvement fait en diagonale dans le même carré de verger et le même jour que le précédent.

Mais le pourcentage de N, P, K, dans les feuilles jeunes est plus important que dans les feuilles âgées.

La comparaison des résultats des 2 prélèvements d'octobre montre que les 4 arbres représentent bien le niveau moyen du verger.

Les résultats des prélèvements d'octobre du TABLEAU III, comparés avec les normes de CHAPMAN, mettent en évidence que le niveau du calcium est fort, tandis que les niveaux N, P, Mg et Na sont optimaux ; par contre, le niveau de potassium est faible. Etant donné que le sol de ce verger est léger, la migration en profondeur des éléments se fait facilement.

2. Région de Meknès

Le verger se trouve à Sebaâ Aïoun. Il y a 256 arbres par hectare. La production moyenne par arbre et par an, pendant 5 ans, est de 100 kg.

Apports en fumure minérale

1961 : chaque arbre a reçu 2 000 g d'engrais phospho-potassique (15-30) ; phosphore sous forme bicalcique, épandage en surface et irrigation par bassin ; la même année, chaque arbre a reçu de l'azote sous forme d'urée : 1 000 g au mois de mars, 500 g au mois de mai, et 500 g au mois de juillet.

1962 : Irrigation par aspersion, et procédé non-culture avec couverture verte. Fumure phospho-potassique (15-30), 2 000 g par arbre, mise un rang sur deux à une profondeur de 40 cm avec un sous-soleur ; l'azote est apporté, pour chaque arbre, par 1 000 g d'urée en février, 500 g d'urée en mai, et par 1 000 g de sulfate d'ammoniaque en juillet.

1963 : Irrigation toujours par aspersion. Fumure phospho-potassique (15-30), 1 500 g à une profondeur de 40 cm, et 500 g en surface. L'azote est apporté sous forme d'urée en trois fois : au mois de mars 1 500 g, au mois de mai 500 g, et enfin au mois de juillet 800 g par arbre.

1964 : pas d'engrais phospho-potassique. L'azote est apporté sous forme d'urée en trois fois : février 1 500 g, début juin 800 g, et enfin juin 400 g par arbre.

L'analyse de l'eau d'irrigation montre l'existence de 75 mg de calcium par litre.

Le prélèvement des feuilles est fait en diagonale au mois d'octobre, dans un carré d'orangers Washington Navel (âgés de 30 ans). Les résultats d'analyse de ces feuilles sont rapportés dans le TABLEAU IV.

TABLEAU IV

POURCENTAGE DES ÉLÉMENTS PAR RAPPORT AU PDS SEC DES FEUILLES											
Cendres	N	P_2O_5	P	K_2O	K	CaO	Ca	MgO	Mg	Na_2O	Na
18,4	2,45	0,23	0,10	0,57	0,47	9,1	6,5	0,50	0,30	0,11	0,04

Ici, on voit que le niveau du Ca est fort tandis que le niveau de N est optimum ; cela est dû à un apport massif d'azote au cours de l'année 1964 ; mais les niveaux de P, K, et Na sont faibles.

3. *Région de Marrakech*

Verger du Tensift, Souihla près de Marrakech. Arbres de la variété orange Washington Navel, âgés de 25 ans. La production moyenne par an et par arbre pendant 5 ans est de 170 kg. Parmi les 5 vergers étudiés, c'est Tensift qui a donné le rendement le plus élevé pendant 5 ans.

Apports de fumure

1959 : Superphosphate de Ca : 1,5 tonne par hectare. Azote sous forme de sulfate d'ammoniaque : 1500 g par arbre, en deux fois.

1960 : pas de phosphate. Azote sous forme de sulfate d'ammoniaque : 1500 g par arbre, en deux fois ; au mois d'août, 3 kg de nitrate de potasse par arbre.

1961 : azote 1 500 g : en février, 3/4 sous forme de 12-12-16, en mai 1/4 sous forme de sulfate d'ammoniaque ; et enfin, 4 kg d'hyperphosphate Reno (34 %) par arbre.

1962 : 1500 g d'azote par arbre : 1/2 en février sous forme de 12-12-16, 1/4 en avril et 1/4 en juillet sous forme de sulfate d'ammoniaque ; et enfin 2 kg par arbre d'hyperphosphate Reno. En avril, un traitement avec Zinc Versenol.

1963 : comme l'année 1962.

1964 : en février, 900 g d'azote sous forme de nitrate de potasse. Un traitement avec zinc Versenol en avril.

L'analyse de l'eau d'irrigation montre l'existence de 94 mg de Ca par litre.

Le prélèvement est fait au mois d'octobre 1964, le résultat des analyses est le suivant :

TABLEAU V

POURCENTAGE DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX PAR RAPPORT AU Pds SEC DES FEUILLES

Cendres	N	P_2O_5	P	K_2O	K	CaO	Ca	MgO	Mg	Na_2O	Na
16,7	2,48	0,27	0,12	0,62	0,51	8,0	5,7	0,68	0,41	0,11	0,04

Dans le TABLEAU V est inscrite la moyenne de 12 arbres du verger Tensift. C'est le premier verger qui n'accuse pas une quantité forte de calcium, et où les niveaux de N, P, et Mg sont optimaux.

Parmi les vergers étudiés, le pourcentage des cendres du verger Tensift est le moins élevé, c'est-à-dire 16,7 contre 18,4 à Sebaâ Aïoun, 18,5 à Bouderbala, 19,5 à Sidi Abdallah des Ameurs, et 21,2 à Ouled M'Barek (région de Beni-Mellal).

En augmentant le niveau K, on arrivera à améliorer la qualité et la quantité des fruits, et ce verger pourrait être pris comme verger type pour la région de Marrakech.

4. *Région de Sidi Allal Tazi*

Verger de Bouderbala. Arbres de la variété Washington Navel âgés de 17 ans. La production moyenne par an et par arbre, pendant 5 années, est de 166 kg.

Apports de fumure minérale

1959 : 600 g d'azote par arbre en deux fois, mars et mai.

1960 : 660 g d'azote par arbre en deux fois, mars et avril. En plus 300 kg de fumier de douar, en mai.

1961 : 600 g d'azote en mars, et 300 g de sulfate de potasse par arbre.

1962 : 1 kg d'azote sous forme d'ammonitrate au mois de mars : 2 kg de superphosphate de Ca par arbre (sous-solage sur 4 faces) ; et enfin 300 kg de fumier de douar.

1963 : 1 kg par arbre d'azote sous forme de sullfate d'ammoniaque au mois de mars ; 2 kg de superphosphate de Ca par arbre (sous-solage sur 4 faces).

TABLEAU VI

POURCENTAGE DES ÉLÉMENTS PAR RAPPORT AU Pds SEC DE FEUILLES											
Cendres	N	P_2O_5	P	K_2O	K	CaO	Ca	MgO	Mg	Na_2O	Na
18,5	2,12	0,20	0,09	0,55	0,45	9,3	6,6	0,61	0,36	0,16	0,06

Le TABLEAU VI montre, qu'à part le calcium qui a un niveau fort et le magnésium qui est optimum, les autres éléments ont des niveaux faibles.

5. Région de Beni-Mellal

Domaine de S.M.E.A. à Ouled M'Barek ; nous avons fait des prélèvements sur des arbres de la variété Washington Navel, âgés de 12 ans. Dans le carré où nous avons fait le prélèvement, il y a 312 arbres par hectare. La production moyenne par an et par arbre, pendant 5 ans est de 100 kg.

Apports de fumure minérale

L'épandage de la fumure se fait avant ou après l'aspersion.

On fournit chaque année 100 g d'azote pur, par arbre et par année d'âge ; l'épandage d'azote se fait en deux fois : en février sous forme de nitrate de calcium, et en juin sous forme de sulfate d'ammoniaque. Des engrais phospho-potassiques sont épandus en surface : 200 g de P_2O_5 par arbre sous forme de superphosphate ; et 240 g de K_2O par arbre sous forme de sulfate de potasse.

L'irrigation se fait par aspersion ; l'analyse de l'eau montre 98 mg de Ca et 37 mg de Mg par litre.

Prélèvements faits en diagonale au mois d'octobre dans le carré de Washington Navel, les résultats sont inscrits dans le TABLEAU VII.

TABLEAU VII

POURCENTAGE DES ÉLÉMENTS PAR RAPPORT AU Pds SEC DE FEUILLES											
Cendres	N	P_2O_5	P	K_2O	K	CaO	Ca	MgO	Mg	Na_2O	Na
21,2	2,04	0,20	0,09	1,10	0,9	10,2	7,3	0,62	0,37	0,11	0,04

A part le niveau du calcium qui est excessif, et celui du magnésium qui est optimum, le niveau des autres éléments majeurs est faible.

Conclusion

1. Le TABLEAU suivant (TABLEAU VIII) est destiné à mettre en comparaison, avec les normes de CHAPMAN (page 127), les résultats d'analyses des vergers étudiés. Il montre que malgré l'apport régulier d'engrais, les niveaux de phosphore, potassium et sodium sont faibles, et que, par contre, le niveau du calcium est fort et semble même, parfois, anormalement élevé. Nous verrons les raisons de ces faibles pourcentages de P et K dans le chapitre suivant.

2. Certains chercheurs ont démontré que la quantité de Ca est environ le 1/3 des éléments minéraux (cendres). Nos résultats confirment cette proportion.

3. Etant donné que le calcium représente le tiers des éléments minéraux contenus dans le système foliaire des agrumes, le pourcentage des cendres des feuilles par rapport au poids sec est important, car la teneur en calcium est très élevée. Ces cendres constituent une réserve en sels minéraux pour la plante, et on pense généralement que le rendement est d'autant meilleur que le pourcentage de sels minéraux dans la feuille est élevé. Cependant, dans la plupart des cas des vergers marocains, il n'en est rien, car bien que le pourcentage de cendres soit fort, il est constitué pour un tiers environ par du calcium, dont l'excès n'est pas nécessaire pour la plante, alors que le phosphore, le potassium et le sodium n'augmentent pas dans les mêmes proportions. D'ailleurs, des analyses sont en cours pour rechercher sous quelle forme le calcium se trouve dans les tissus.

On peut penser que cet excès de calcium provoque un déséquilibre préjudiciable au rendement et à la qualité des fruits (gaufrage et épaisseur excessive de la peau).

Si on pouvait corriger ce déséquilibre, soit en diminuant le taux de calcium, soit en augmentant le taux des autres éléments, il serait possible d'obtenir une amélioration de la production, même avec une réduction du pourcentage des cendres.

Nous essayons de vérifier cette hypothèse par des essais entrepris dans plusieurs vergers.

4. Le niveau du magnésium dans les vergers étudiés est optimal. Donc, les vergers marocains ne semblent pas craindre une carence en cet élément.

Etat nutritif du sol en rapport avec les éléments minéraux et le pH.

La fertilité du sol est déterminé par l'ensemble de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. L'état nutritif est plus particulièrement influencé par la valeur du pH, la teneur en matière organique humifiée et la présence d'éléments nutritifs accessibles.

Il n'existe cependant aucune mesure absolue de l'état nutritif du sol ; pour l'exprimer d'une façon concrète, il est indispensable d'avoir recours à des données analytiques. Il s'agit de savoir dans quelle mesure ces données se prêtent à formuler une expression de l'état nutritif.

Plusieurs auteurs [8, 9, 10] ont attiré l'attention sur le fait que l'absorption d'ions par les plantes est surtout fonction des activités ioniques du milieu. On ne dispose cependant pas encore de méthodes suffisamment perfectionnées pour la détermination de ces activités dans le sol.

Nous allons étudier les éléments minéraux et particulièrement leur effet antagoniste et surtout l'action du pH du sol. Nous espérons en dégager quelques notions pratiques pour l'emploi de la fumure.

L'azote

L'azote est un des constituants fondamentaux de la matière organique des plantes. En son absence la croissance est impossible. Parmi les autres constituants de la matière organique, le carbone, l'oxygène et l'hydrogène qui sont fournis en quantité suffisante par l'air et l'eau, seul l'azote provient en presque totalité du sol, aussi l'azote de la fumure joue-t-il un rôle important.

Dans les vergers d'agrumes on apporte des engrais azotés sous forme ammoniacale ou nitrique. Les sols riches en contiennent de 1,5 à 2,0 $^0/_{00}$.

La forme sous laquelle on doit fournir l'azote aux agrumes a une importance capitale, surtout pour les vergers marocains.

Dans le cas du chlorure d'ammoniaque (NH_4Cl) et du sulfate d'ammoniaque $(NH_4)_2SO_4$, l'ion NH_4^+ est absorbé plus vite que les ions Cl^- et SO_4^{--} ; il se produit donc une acidification du sol.

Pour le carbonate d'ammoniaque $(NH_4)_2CO_3$, l'ion NH_4^+ est absorbé plus vite que l'ion CO_3^{--} ; l'acidification du sol est plus légère.

TABLEAU VIII

POURCENTAGE DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX PAR RAPPORT AU POIDS SEC DES FEUILLES *

VERGERS ÉTUDIÉS	N			P			K			Ca			Mg			Na		
	Faible	Optimum	Fort	Faible	Optimum	Fort	Faible	Optimum	Fort	Faible	Optimum	Fort**	Faible	Optimum	Fort	Faible	Optimum	Fort
Sidi Abdallah des Ameurs (Rabat-Salé)		2,22			0,13		0,78					6,7		0,36			0,11	
Sebaâ Aïoun (Meknès)		2,45		0,10			0,47					6,5		0,30		0,04		
Tensift (Marrakech)		2,48			0,12		0,51				5,7			0,41		0,04		
Bouderbala (Sidi Allal Tazi)		2,12		0,09			0,45					6,6		0,36		0,06		
Ouled M'Barek (Beni-Mellal)	2,04			0,09			0,90					7,3 excessif		0,37		0,04		

* comparaison avec les normes de CHAPMAN (page 127).
** Fort ou excessif.

Etant donné qu'au Maroc, dans beaucoup de vergers d'agrumes, le pH est nettement alcalin, il est préférable d'utiliser comme engrais azotés le sulfate d'ammoniaque (qui contient environ 21 % N), ou le chlorure d'ammoniaque (qui contient environ 26 % N). Dans les vergers où il y a beaucoup de chlorures, il ne faut évidemment pas utiliser le chlorure d'ammoniaque.

Quant au nitrate d'ammoniaque NH_4NO_3, (contenant environ 34 % N), l'azote s'y trouve sous forme mi-ammoniacale et mi-nitrique. En milieu acide, l'ion NO_3^- est absorbé plus vite que l'ion NH_4^+ ; il se produit alors une alcalinisation du sol ; par contre, en milieu alcalin, c'est l'inverse qui a lieu, c'est-à-dire qu'il y a acidification du sol.

L'urée $(NH_4)_2CO$ contient environ 45 % d'azote, il semble qu'elle provoque une légère acidification du sol.

Nous déconseillons l'emploi du nitrate de chaux qui contient environ 14 % de N et 26 % de CaO, pour les vergers marocains, nous en verrons la raison quand nous étudierons le calcium et le pH des sols au Maroc.

Il est à remarquer, ainsi que nous l'avons mentionné, que l'emploi des engrais ammoniacaux provoque une acidification du sol, surtout leur emploi massif.

Les différentes formes sous lesquelles l'azote est employé comme engrais ont une importance considérable suivant la nature des sols.

La distinction fondamentale à retenir est celle qui classe les engrais azotés en engrais ammoniacaux et en engrais nitriques. A ces deux formes également assimilables correspondent des propriétés spécifiques, l'ion nitrique se caractérisant par sa mobilité dans le sol, tandis que l'ion ammonium est fixé par le complexe absorbant. La comparaison de ces deux formes peut, sans qu'il existe entre elles un rapport constant, être à l'avantage de l'une ou de l'autre selon le milieu, sa réaction, la plante cultivée, le caractère pluviométrique des années. Les engrais ammoniacaux épandus en surface peuvent donner lieu à des pertes d'azote dans les sols alcalins [11].

Nous conseillons l'utilisation d'engrais ammoniacaux pour les vergers d'agrumes marocains, pour les raisons suivantes :

1. les sols des vergers ayant un pH alcalin, dans la plupart des cas, les engrais ammoniacaux tendent à acidifier le milieu ; afin d'éviter

la perte par volatilisation, il faut enfouir les engrais ammoniacaux à certaines profondeurs.

2. comme les ions ammonium se fixent sur le complexe absorbant, l'efficacité des engrais ammoniacaux est plus durable que celle des engrais nitriques, qui peuvent être lessivés par les eaux de pluie et d'irrigation.

Pour déterminer l'optimum de rendement, il faut tout d'abord rechercher quelle forme d'azote convient dans le verger, puis augmenter progressivement les doses. Mais il faut aussi vérifier que les éléments minéraux assimilables — se trouvant au niveau des racines — sont suffisants pour les arbres. S'ils ne le sont pas, par suite de déséquilibre alimentaire, l'optimum réel ne sera pas obtenu.

Le phosphore

Le phosphore a un rôle très important dans la vie et la reproduction des plantes.

La plante absorbe essentiellement le phosphore sous forme d'ions PO_4^{---} dans la solution du sol. La teneur des solutions du sol est faible en acide phosphorique : 0,2 à 0,5 mg par litre (200 g à 400 g à l'hectare).

TRUOG [12] a étudié l'influence du pH des sols sur la disponibilité des phosphates, et distingue plusieurs cas : les meilleures conditions semblent réalisées pour des pH de 6,5 et 7,5. A des pH inférieurs à 6,5, la situation est peu favorable, la formation éventuelle de phosphate de fer pouvant causer la rétrogradation bien connue. A partir du pH 6,5 les phosphates seraient surtout présents sous forme de phosphate calcique, plus soluble dans l'acide carbonique et par conséquent plus accessible aux racines. Enfin, si le pH atteint des valeurs de 7,5 à 8, les grandes quantités de carbonate de calcium ($CaCO_3$) empêcheraient les phosphates de calcium de réagir suffisamment avec l'acide carbonique (CO_3H_2), d'après cette réaction :

$$Ca_3\,(PO_4)_2 + 2\,Co_3H_2 \rightleftharpoons Ca_2H_2\,(PO_4)_2 + Ca\,(HCO_3)_2$$

mais la réaction : $CaCo_3 + Co_3H_2 \rightleftharpoons Ca\,(HCO_3)_2$ (bicarbonate de Ca) dominerait.

Comme nous venons de le voir, l'absorption du phosphore a lieu sous forme d'ions Po_4^{---} dans la solution du sol ; il semble que la plante puisse assimiler des ions Po_4^{---} directement sur les phosphates insolubles sans passer par le stade dissolution. Ce processus semble prouvé par les résultats positifs obtenus par utilisation des phosphorites pratiquement insolubles ; avec le système radiculaire plus développé, l'absorption est

plus importante ; l'explication doit en être trouvée dans l'acidité de la rhizosphère.

Comment appliquer le phosphore dans un verger d'agrumes ? Le problème du déplacement dans le sol des éléments nutritifs provenant des engrais est particulièrement important en culture fruitière. Le système radiculaire des arbres fruitiers se développe en effet à une certaine profondeur, qui varie notamment avec le sujet porte-greffe, le type du sol et le niveau aquifère. Là où le sol est travaillé en surface et la fumure apportée en épandage, la présence des racines est impossible dans une épaisseur plus ou moins grande de la couche arable (10 à 15 cm) dans laquelle l'effet d'engrais phospho-potassiques se fait surtout sentir. Pour que les phosphates provenant des fumures soient efficaces, il doivent être placés dans la zone du sol exploitée par le système radiculaire des arbres.

Les essais de fumure effectués par le Comité national pour l'étude de la culture fruitière [13] ont montré que les arbres fruitiers sont très peu sensibles à un apport en surface de phosphore et même de potasse. L'absence ou la lenteur de la réponse des arbres fruitiers à ces fumures peut en partie s'expliquer par le fait que ces éléments n'atteindraient pas ou que très lentement leurs organes d'absorption. Quant à l'application en surface du phosphore marqué, elle n'a provoqué aucun mouvement en profondeur ; du phosphore radioactif fut seulement retrouvé à quelques centimètres de la surface du sol. L'arrosage contrôlé n'a pas favorisé le mouvement descendant dans la couche arable [14].

Beaucoup de chercheurs ont étudié le mouvement du phosphore dans le sol ; il est toujours estimé particulièrement lent. Les propriétés du sol, en particulier, ont une influence sur lui. La diffusion est moins étendue dans les sols calcaires que dans les sols acides [15]. T. Ushioda [16] confirme cette notion : le phosphore radioactif atteint seulement 5 cm environ en 21 jours dans un sol sablonneux. La plus grande partie du P^{32} (phosphore radioactif) appliqué, est transformée en phosphate insoluble : 7 % se trouvent encore à l'état hydrosoluble après 21 jours. Cet auteur confirme ainsi utilement que les engrais phosphatés, même sous forme hydrosoluble, doivent être appliqués aussi près que possible du système radiculaire. La faible mobilité du phosphore dans un sol limoneux explique le peu d'efficacité des fumures phosphatées sur le comportement des arbres fruitiers qui explorent principalement les horizons inférieurs.

Au Maroc les analyses de terres que nous avons faites dans certains vergers à différents niveaux, montrent qu'entre 0 et 20 cm la quantité de P assimilable est suffisante, tandis qu'au-delà de 20 cm de profondeur la quantité de phosphore est faible. Ceci s'explique par le fait que l'épandage des engrais phosphatés, qui se fait en surface, laisse le phosphore inutilisable pour les orangers. Les enquêtes faites auprès des agrumiculteurs ont montré que la quantité de phosphore employée chaque année

sous forme d'engrais doit être suffisante ; mais malheureusement cette quantité n'est pas utilisée par les agrumes. Nous verrons que dans la majorité des vergers le pH est alcalin, pour cette raison, les phosphates solubles appliqués seront insolubilisés en surface, sans que les agrumes puissent les utiliser. Le diagnostic foliaire fait dans ces vergers, montre bien que le niveau de P est très faible dans les feuilles, malgré les apports d'engrais phosphatés.

Pour corriger le pH alcalin des vergers et en même temps continuer à leur fournir utilement l'engrais phosphaté, nous conseillons l'emploi d'engrais phosphatés sous forme de phosphate d'ammoniaque $(NH_4)_3\ PO_4$ qui contient environ 40-50 % de $P_2\ O_5$ et 20 % de N ammoniacal. Cet engrais est acidifiant parce que l'ion NH_4^+ est absorbé plus vite que l'ion Po_4^{---} ; il provoque donc une acidification du sol.

Le potassium

Ce que nous venons de voir pour le phosphore est valable aussi pour le potassium.

Le potassium joue essentiellement un rôle catalytique dans les synthèses et les diverses transformations organiques qui se produisent dans la plante. Il diminue la transpiration des plantes et tend donc à empêcher leur flétrissement en cas de sécheresse [17]. Cette deuxième fonction du potassium est importante sous le climat du Maroc, surtout en période de chergui, le potassium pourra ainsi préserver les agrumes contre une perte intensive de l'eau par évapo-transpiration.

Au point de vue de la migration et de la mobilité, le potassium se comporte comme le phosphore. Dans le phénomène de rétrogradation, les ions K^+ échangeables se transforment en ions non échangeables ; nous savons que la plante utilise le K^+ échangeable.

L'humus associé à l'argile augmente la capacité d'échange du sol, donc la capacité d'absorption vis-à-vis des ions K^+. D'autre part, CHAMINADE [18] a mis en évidence l'action favorable de l'humus sur la nutrition des plantes en pratiquant des essais de NEUBAUER en solution nutritive et en vases de végétation.

Au Maroc, les analyses de terre que nous avons faites dans certains vergers d'agrumes montrent que la couche superficielle du sol est fortement enrichie en potassium échangeable, tandis qu'en profondeur la teneur est faible. Le diagnostic foliaire fait dans ces vergers montre que les feuilles sont mal pourvues en potassium malgré les apports d'engrais potassiques.

Deux phénomènes peuvent influencer la mobilité et la migration du potassium dans le sol :

1. rétrogradation du potassium : le potassium ajouté aux sols dans la fumure est susceptible d'être rétrogradé, c'est-à-dire de passer de l'état échangeable à l'état non échangeable [19] ;

2. antagonisme entre Ca et K : d'après LUNDEGARD, [20] quand le rapport K/Ca est inférieur à 1, l'absorption de K s'effectue plus difficilement, le K n'exerçant pas d'influence sur celle du Ca. D'après YORK, BRADFIELD et PEECH [21], le besoin en potassium des plantes est plus élevé sur des sols chaulés, et les phénomènes de déficience en potassium y apparaissent plus vite.

Le rapport K/Ca dans les vergers marocains est nettement inférieur à 1.

« On peut affirmer que les sols ayant un rapport $100 \frac{K}{Ca}$ supérieur à 4 sont suffisamment pourvus en potasse. Pour des valeurs de ce rapport comprises entre 3 et 4, une fumure potassique d'entretien semble nécessaire. Pour des valeurs inférieures à 3, les besoins des cultures sont appréciables. » [22]

Les agrumiculteurs marocains apportent chaque année une quantité non négligeable de potassium dans leurs vergers ; malgré cet apport, nous avons vu que les feuilles ne montrent pas une teneur élevée en K ; en général, dans beaucoup de vergers, le K se trouve à un niveau faible pour les raisons suivantes :

— une partie du potassium est rétrogradée,

— le potassium fourni comme engrais n'arrive pas au niveau des racines,

— étant donné la quantité importante de calcium par rapport au potassium, Ca freinerait la pénétration de l'ion K^+ dans la plante, malgré la sélectivité de la plante vis-à-vis des ions.

Nous verrons, après l'étude des éléments minéraux, comment prémunir les vergers marocains pour que les engrais apportés soient utilisés convenablement par les agrumes.

Il est incontestable que le potassium est un élément très important au point de vue de la qualité des agrumes.

Le calcium

Nous verrons qu'au Maroc l'eau d'irrigation apporte une quantité très importante de calcium.

Le rôle du calcium est très important chez les agrumes ; le calcium intervient dans la migration des hydrates de carbone, et il agit pour neutraliser certains acides organiques se trouvant dans la plante.

Le calcium représente le tiers des éléments minéraux contenus dans les feuilles d'agrumes.

En ce qui concerne l'économie de l'eau, le calcium ralentit son absorption et accroît la transpiration, jouant ainsi un rôle opposé à celui du potassium, d'où un mécanisme de régulation lié aux variations du rapport K/Ca [23].

Calcium, magnésium et pH des sols au Maroc

Des mesures faites dans les terres des vergers marocains ont donné des valeurs de pH comprises entre 7,3 et 8,2, donc nettement alcalines [24].

Cette alcalinité est due à la présence de calcaire, mais dans les sols où il n'y a pas de calcaire, nous pensons qu'elle est due à la présence de calcium et de magnésium, surtout de calcium.

En effet, le diagnostic foliaire fait sur les orangers se trouvant dans les sols où il n'y a pas de calcaire, mais où le pH est alcalin, a montré également un pourcentage très important de calcium dans les feuilles âgées de 4 à 10 mois. Cette quantité, d'après les normes de CHPMAN, est anormalement élevée. En l'absence de calcaire, le pH alcalin s'explique par le fait que le complexe absorbant de ces sols est saturé en calcium et magnésium.

« Le complexe absorbant de la quasi-totalité des sols marocains est en majorité saturé en Ca et Mg » [25].

D'où vient le calcium dans ces sols ? D'une part, nous pensons qu'une quantité importante de cet élément est apportée chaque année sous forme d'engrais ; d'autre part, l'analyse des eaux d'irrigation dans plusieurs vergers d'agrumes, révèle une teneur moyenne de 40 à 100 mg de calcium, et de 20 à 40 mg de magnésium par litre. Voyons quelle est la quantité de calcium apportée, par an, dans un hectare ; en général, dans les zones peu pluvieuses, on irrigue pendant un an les vergers d'agrumes marocains avec 10 000 m^3 par hectare ; ces 10 000 m^3 d'eau apportent de 400 kg à 1 000 kg de Ca ; ces quantités de Ca constituent un véritable chaulage par irrigation de ces vergers qui n'ont pas besoin d'être chaulés.

D'après WEARN [26] une application de 2 000 kg de carbonate de calcium par hectare entraîne une diminution considérable de la teneur du sorgho en zinc. Le pH du sol passe alors de 5,7 à 6,6 et la teneur

en calcium de la plante passe de 0,78 à 1,09 pour 100. La diminution de l'absorption du zinc par la plante est due à l'augmentation du pH et non au calcium.

Nous voyons qu'un apport de 2 000 kg de carbonate de calcium, qui correspond à 800 kg de Ca, fait augmenter le pH d'environ une unité ; au Maroc, dans beaucoup de vergers d'agrumes, l'eau apporte de 400 à 1 000 kg de Ca par an, ce qui augmente évidemment le pH ; il faut donc éviter les engrais qui apportent du calcium car celui-ci y est déjà en excès.

Nous avons déjà vu les inconvénients des sols à pH alcalin vis-à-vis des éléments majeurs se trouvant dans ces sols ou apportés sous forme d'engrais. Nous verrons aussi l'effet néfaste des sols alcalins sur les oligo-éléments.

Bien que les plantes cultivées puissent tolérer dans le sol une proportion élevée de calcaire, le surchaulage a une action dépressive sur la nutrition et sur le rendement [23].

Les oligo-éléments

Le pH alcalin et la présence de calcium ont une influence très importante sur les oligo-éléments existant dans les sols. En effet, les carences en oligo-éléments apparaissent quand le pH des sols est trop bas ou trop haut.

Au Maroc, comme la plupart des vergers ont un pH alcalin, la cause des carences en oligo-éléments, surtout en zinc et en fer, nous semble devoir être cherchée dans l'alcalinité des sols, mais non dans le manque de ces éléments dans les sols. Les arguments ci-dessous sont en faveur de cette thèse.

Au même titre que les opérations d'assainissement, il semble admis que le chaulage est une pratique fondamentale dans l'établissement et l'entretien des prairies en terrains acides. Cependant, depuis quelque temps, il est recommandé de ne pas trop relever le pH afin d'éviter de rendre peu soluble l'acide phosphorique et certains oligo-élémnts tels que le bore, le manganèse, le cuivre et le zinc [27]. La chaux diminue la concentration de Mn aisément réductible du sol [28].

Les carences en Zn peuvent être provoquées ou aggravées par des chaulages excessifs, et réciproquement, atténuées dans certains cas par un abaissement du pH du sol [29].

Conclusion

L'alimentation de la plante en éléments mineurs ou majeurs peut être freinée sur certains sols par des processus chimiques ou physico-chimiques, fixant ou faisant rétrograder les sels accessibles, même ceux appliqués sous forme d'engrais solubles. L'épandage de solutions contenant un sel (ou un complexe) de l'élément permettra de procurer à la plante l'élément déficient, tout en évitant le déroulement de processus chimiques ou physico-chimiques indésirables dans le sol ; mais en plus, l'incorporation de ces éléments s'effectuera souvent bien plus rapidement dans les tissus après application sur les feuilles [30].

Suggestions en vue de l'amélioration du rendement et de la qualité des agrumes

Avant tout, il faut combattre l'alcalinité des sols des vergers marocains qui est due au calcium. Aussi, nous recommandons d'employer de préférence les engrais acidifiants, à savoir : sulfates, chlorures, nitrates, phosphates d'ammoniaque, soufre, sang desséché et les engrais ammoniacaux. Pour les mêmes raisons, il faut éviter l'apport d'engrais riches en calcium. On arrivera ainsi à mobiliser au mieux le phosphore, le potassium et les oligo-éléments.

Pour que les agrumes puissent utiliser le phosphore, le potassium et les oligo-éléments, il est préférable d'adopter le système « non culture permanente avec couverture verte » [31]. Par ce procédé, les racines ont tendance à remonter en surface, et, de ce fait, utilisent mieux les éléments minéraux des horizons supérieurs. L'emploi de l'humus a aussi une action favorable, surtout sur le potassium.

Etant donné que la migration des engrais phospho-potassiques est lente, si ces engrais ne sont pas fournis auprès des racines, il est indiqué de faire des pulvérisations foliaires d'engrais phospho-potassiques.

En ce qui concerne les engrais azotés, le problème de leur apport ne présente aucune difficulté par suite de leur grande mobilité dans le sol. Cependant, les formes sulfate d'ammoniaque et ammonitrate nous semblent préférables aux autres, car elles contribuent à améliorer l'alcalinité des sols des vergers.

Manuscrit déposé le 28.4.65

سماد الحوامض والتحليل الورقي

يعيد المؤلف النظر في انواع عينات اوراق الحوامض بالمقارنة مع التحليل الورقي، ويظهر محاسن الطريقة المفضلة من طرف CHAPMAN. ويعطى بالتالي نتائج التحاليل الورقية المحصل عليها بالمغرب. هذه النتائج تظهر بوضوح افراطا في الكلسيوم بالاوراق بالنسبة للعناصر الاخرى. هذا الافراط يصير حقا من جهة في الاراضي الكلسية ومن جهة اخرى في ماء السقي الذي يحمل كمية مهمة من هذا العنصر. وقد درس كذلك دور الكلسيوم بالنسبة للامتصاص وتشابه العناصر. وفي الاخير يامر المؤلف باستعمال الاسمدة الحمضية في الحقول المغربية قصد تحسين pH القلوى.

RÉSUMÉ

L'auteur passe en revue les modalités d'échantillonnage des feuilles d'agrumes en vue de l'analyse foliaire, et montre l'avantage de la méthode préconisée par CHAPMAN. Il donne ensuite les résultats des analyses foliaires obtenus au Maroc. Ces résultats mettent en évidence un excès de calcium dans les feuilles par rapport aux autres éléments ; cet excès serait dû, d'une part aux sols calcaires, d'autre part à l'eau d'irrigation qui apporte une quantité importante de cet élément. Le rôle du calcium dans l'absorption et l'assimilation des autres éléments est également étudié. Enfin l'auteur recommande l'emploi des engrais acidifiants pour les vergers marocains en vue d'améliorer le pH alcalin.

RESUMEN

Abono de agrios y análisis foliar

Haciendo la reseña de los métodos para tomar muestras de hojas de agrios para el análisis foliar, el autor expone las ventajas del método recomendado por CHAPMAN. Presenta luego los resultados de análisis foliar obtenidos en Marruecos, que hacen resaltar un exceso de calcio en las hojas en comparación de los otros elementos, exceso que sería debido no solamente a los suelos calizos sino también al agua de riego, la cual trae cantidades importantes de este elemento. Estudiando además la influencia del calcio sobre la absorpción y la asimilación de los otros elementos, el autor concluye recomendando el empleo de abonos acidificantes para los vergeles marroquíes al fin de corregir el pH alcalino.

SUMMARY

Citrus fertilisation and foliar analysis

Sampling methods for citrus leaves are surveyed with a view to foliar analysis and the suitability of the method proposed by CHAPMAN is shown. The results of foliar analysis obtained in Morroco and presented here reveal an excess of calcium in the leaves as compared with other nutrients. This excess would seem to be due on the one hand to the calcareous nature of the soils, on the other hand to the irrigation water containing this element in considerable amounts. Taking into account, moreover, the effect of calcium on the uptake and assimilation of other nutrients, the use of acidifying fertilizers is recommended for the Maroccan citrus orchards in order to correct the alcaline pH.

BIBLIOGRAPHIE

1. EMBLETON, T.W. & W.N. JONES — 1963. Leaf analysis fertiliser program for oranges. — California Citrograph, **48**, pp. 339-350.

2. CHAPMAN, H.D. — 1960. Leaf and soil analysis in citrus orchards. — Univ. Calif. Div. Agr. Sci. Manuel, **25**, 53 p.

3. BAR AKIVA — 1962. Colloque sur le diagnostic foliaire, les fumures et les carences chez les Citrus — Nice, 17 et 18 mai.

4. REUTHER, W. & P.F. SMITH — 1954. Leaf analysis of citrus. Mineral nutrition of fruit crops. — N.F. Childers Ed. Somers & press, chap. 7.

5. CHAPMAN, H.D. — 1952. Studies on the nutrition of citrus — Congrès International d'Horticulture, Londres.

6. CHAPMAN, H.D. — 1961. Methods of analysis for soils, plants and Waters — Univ. of California Division of Agric. Sci, août.

7. STEYN, W.J.A. — 1957. A Statistical study of the errors involved in the Sampling and chemical analysis of soils and plants, with particular reference to citrus and pineapples. — Ph. D. Dissertation, Rhodes University, Grahamstown, South Africa.

8. ELGABALY, M. — 1952. Transactions of the soil fertility meeting. — Dublin, **I**, p. 195.

9. RUSSELL, E.W. & G.A. COX — 1952. Transactions of the 4th Int. Congress of soil science, I, p. 138.

10. SCHUFFELEN, A.C. — 1952. Transactions of the soil fertility meeting, Dublin, **I**, p. 180.

11. DEMOLON, A. — 1956. Croissance des végétaux cultivés, p. 211 — Dunod, Paris.

12. TRUOG, E. — 1946. Proceed. Amer. Soil Sci., vol. 11, p. 305.

13. TRZCINKI, T. & M.T. FERAUGE — 1962. Conclusions de dix années de recherches sur la fumure des arbres fruitiers. 1961. — Comptes rendus de recherches d'I.R.S.I.A., vol. 1, **28**.

14. FERAUGE, M.Th. PICARD — 1962. Contribution de la couverture du sol des vergers au transport des éléments nutritifs dans la zone de sol explorée par le système radiculaire des arbres fruitiers. — Comptes rendus de recherches d'I.R.S.I.A., vol. 1, **28**.

15. DEAN, L.A. — 1955. Application des radio-isotopes à l'étude du sol et des engrais : Vue d'ensemble de la question. — Actes de la Conférence Internationale de Genève, août.

16. USHIODA, T. — 1955. Etude de la nutrition végétale des engrais et des sols au moyen des radio-isotopes, présentée par S. MITSUI. — Actes de la Conférence Internationale sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, Genève.

17. BLANCHET, R., R. STUDER & C. CHAUMONT — 1962. Quelques aspects des interactions entre l'alimentation potassique et l'alimentation hydrique des plantes. Ann. Agron. 13, **2**, pp. 93-110, Paris.

18. CHAMINADE, R. — 1955. Le potassium et la matière organique. — Symposium du potassium, Berne, pp. 157-201.

19. CHAMINADE, R. — 1936. La rétrogradation du potassium dans les sols. — Ann. Agron., **6**.

20. LUNDEGARDH, H. — 1945. Die Blattanalyse, G. Ficher, Jena.

21. YORK, E., R. BRADFIELD & M. PEECH — 1953. Calcium - potassium - interactions in soils and plants : II. Reciprocal relationship between calcium and potassium in plants. — Soil. Sci. vol. 76, **6**, p. 481.

22. STRASMAN, A., P. QUIDET & R. BLANCHET — 1958. Dynamique du potassium dans le sol et alimentation potassique des plantes. — Ann. Agron., 9e année, **5**, pp. 637-660, Paris.

23. DEMOLON, A. — 1956. Croissance des végétaux cultivés. — Dunod, Paris.

24. VILARDEBO, A. — 1964. Etude sur *Tylenchulus semipenetrans* COBB. au Maroc — 2e partie. — Al Awamia, **11**, pp. 31-49.

25. HESS, C., G. MISSANTE & U. SCHOEN — 1964. Etude minéralogique des argiles de quelques roches-mères et sols des Beni-Moussa (Tadla) — Al Awamia, **10**, pp. 115-139.

26. WEARN, J.I. — 1956. Effect of soil pH and calcium on uptake of zinc plants. — Soil Science, vol. 81, **4**, avril, pp. 311-315.

27. BARBIER, G. — 1951. C.R. des Journées d'Etudes sur l'alimentation à la Prairie, Paris, p. 8.

28. CHRISTENSEN, P.D., S.J. TOTH & F.E. BEAR — 1950. The statuts ol soil manganese as influenced by moisture, organic matter and pH. — Proc. Soil Sci. of America, vol. 15, p. 278.

29. BEYERS, E.F. & J.F. JOIBERT — 1952. Mineral deficiencies in citrus in the citrusdal area. — Fmg. S. Afr., 27, p. 320.

30. NADIR, M. — 1963. Aspects nouveaux de la fertilisation phosphatée. Pédologie, Gand, XIII, pp. 110-119.

31. BLONDEL, L. — 1954. L'entretien du sol et la non culture dans les orangeraies. — Extraits de la Revue Agricole de l'Afrique du Nord, Alger.

ACHEVÉ D'IMPRIMER SUR LES PRESSES
DES « EDITIONS MAROCAINES ET INTERNATIONALES »
11, AV. DE RABAT A TANGER
LE 10 AOÛT 1965

محتويات العدد

يونيسكو، و.ش. صوفاج ـ مرجع انواع الطقس 1

ل ـ طيكي ـ بعض الملاحظات حول تحسين الزرع..... 23

ب. ريوف ـ مشاهدة فطر على جيرانيوم روزاط بالمغرب..... 43

ز ـ ڤوحلي ـ مراجعة انواع Asolcus بالمغرب المشتمل على خطوط parapsidaux 99

م. نادير ـ سماد الحوامض والتحليل الورقي..... 123

فيما يخص جميع المعلومات حول : انجازات البحث الزراعي وكذا مجلة العوامية، اكتبوا الى :
قسم الطبع والنشر والتوزيع
المعهد الوطني للبحث الزراعي
صندوق البريد 415 الرباط البريد المركزي

الاداء عن الحساب الجاري بالبريد تحت عنوان« مصلحة الموارد لقسم الطبع والنشر والتوزيع بالمعهد الوطني للبحث الزراعي بالرباط» الحساب الجاري رقم45288

المملكة المغربية

16

العواميد

مجلة مغربية للبحث الزراعي

المعهد الوطني للبحث الزراعي

ـ الرباط ـ

يوليوز 1965