

Les applications du diagnostic foliaire aux agrumes

par

F. GEORGES-LÉVI

Ingénieur agricole.

Plusieurs études assez générales sur le diagnostic foliaire des agrumes ont été publiées au cours de ces dernières années. Nous citerons, en particulier, les travaux de H. D. CHAPMAN, le chapitre très important de W. REUTHER et P. F. SMITH sur ce sujet dans l'ouvrage « Fruit Nutrition », les communications de ces auteurs, de L. HERSHBERG et de J. C. PRALORAN aux colloques de l'I. R. H. O. de 1954 et 1956 et donnons in fine une liste de références plus étendue.

Bien que le problème ait donc été approfondi il nous a paru utile d'en faire brièvement le point dans une revue de langue française en insistant sur quelques applications pratiques du diagnostic foliaire dans les pays du bassin méditerranéen.

RAPPEL DES PRINCIPES GÉNÉRAUX

Outre leur fonction chlorophyllienne, les feuilles agissent comme réservoir des hydrates de carbone et des éléments minéraux et l'on peut considérer que leurs teneurs en ces éléments reflètent l'état alimentaire de la plante entière. Cette fonction d'organe de réserve est mise en évidence par l'étude des teneurs foliaires au cours du cycle végétatif : accumulation de réserves utilisées à partir de la floraison et de la nouaison.

On est donc amené à établir, pour des feuilles prises dans des conditions données et à un stade donné de

leur développement, des normes analytiques qui permettent de juger dans quelle mesure la plante est dans un état alimentaire adéquat pour l'obtention de rendements maxima.

Le problème serait ainsi aisé à résoudre si l'absorption des éléments minéraux se faisait en toute indépendance. Tel n'est pas le cas, puisque l'assimilation des éléments nutritifs dépend non seulement de leurs concentrations respectives dans les solutions du sol, mais aussi des proportions relatives dans lesquelles ils se trouvent présents dans ces solutions.

TABLEAU I.

Comparaison des teneurs foliaires de diverses espèces et variétés de Citrus, d'après W. Reuther et P. F. Smith.

	TENEURS % M. S. DES FEUILLES				
	N	P	K	Ca	Mg
Californie Oranges Valencia (1).....	2,20	0,096	0,42	6,75	0,44
Oranges Navel.	2,79	0,120	0,80	5,43	0,37
Floride Oranges Valencia (2).....	2,39	0,129	1,15	5,03	0,35
Grapefruit Marsh.	2,16	0,131	1,46	4,87	0,39

(1) CHAPMAN et BROWN (1950).

(2) REITZ et LONG (1952).

Par conséquent, l'état alimentaire d'une plante par rapport à un élément donné doit être suivi par la détermination des teneurs absolues en cet élément dans les feuilles en même temps que par l'étude des rapports dans lesquels il se trouve avec d'autres constituants minéraux.

PRINCIPAUX FACTEURS INTERVENANT SUR LA COMPOSITION MINÉRALE DES FEUILLES

Un certain nombre de facteurs, indépendants des quantités d'éléments nutritifs mis à la disposition de la plante et dont il y aura lieu de tenir compte pour la détermination des méthodes d'échantillonnage et des critères pour l'interprétation du diagnostic foliaire, interviennent sur la composition minérale des feuilles de Citrus.

Espèce, Variété et Porte-greffe.

D'après les travaux des auteurs américains cités par W. REUTHER et P. F. SMITH (19), on constate des différences importantes dans les teneurs foliaires de diverses espèces ou variétés de Citrus cultivées sur un même porte-greffe.

Le tableau 1 reprend quelques-uns des chiffres de ces auteurs. Il en ressort nettement que l'on doit adopter des normes assez différentes pour chaque espèce, si ce n'est pour chaque variété.

Par exemple, les feuilles de Washington Navel sont systématiquement plus riches en N, P et K et plus pauvres en Ca que les feuilles de Valencia. De même, L. HERSCHBERG (12) constate que les teneurs foliaires N, P, K des grapefruits Marsh sont toujours plus basses et les teneurs Ca plus élevées que celles des oranges Shamouti en Israël.

Le porte-greffe aurait une influence plus marquée sur les teneurs foliaires en oligo-éléments que sur les teneurs en éléments majeurs.

W. H. FULLER et R. H. HILGERMAN (7) ne trouvent ainsi pas de différences entre les teneurs foliaires N et P d'orangers Navel greffés sur C. Lemon et sur C. aurantium. Toutefois, B. S. GORTON et al. (8), travaillant sur grapefruit, notent une action du porte-greffe sur les teneurs foliaires Ca, K et Mg. Les teneurs Ca et Mg sont plus élevées et les teneurs K plus basses quand cette espèce est greffée sur « sour orange », par rapport aux teneurs sur mandarines Cléopâtre.

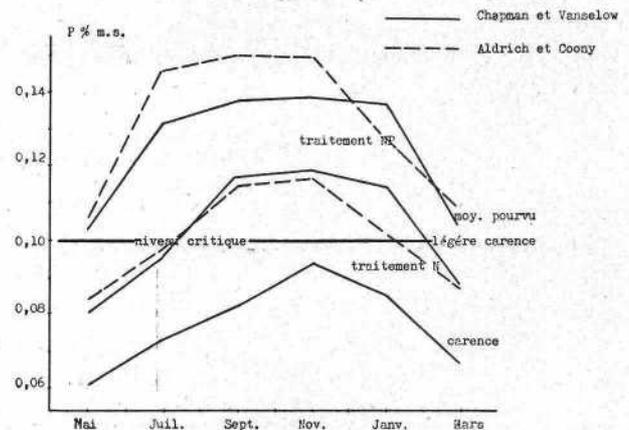
Ce sont les notions d'alimentation globale et de balance nutritive. En général, on considère que les interactions des constituants minéraux peuvent être négligées quand il s'agit de définir des normes pratiques pour l'interprétation du diagnostic foliaire des agrumes, mais les travaux les plus récents paraissent insister davantage sur ces notions.

On explique ces variations par des différences dans le métabolisme des feuilles des diverses espèces ou variétés, une action du sujet sur la sélectivité des tissus radiculaires du porte-greffe ou, quand il s'agit directement de celui-ci, des différences spécifiques dans cette sélectivité.

Age des feuilles.

Les teneurs foliaires varient toujours dans le même sens en fonction de l'âge de la feuille et quelle que soit l'alimentation de la plante. Pour une alimentation plus riche en un élément, on constatera que la courbe correspondante se déplace vers le haut mais sans que son allure soit modifiée.

Graphique 1 - Variations des teneurs foliaires P avec l'âge des feuilles et pour divers niveaux alimentaires, d'après H.D. Chapman et P. Vanselow et d'après D.G. Aldrich et J.J. Coony.



Un très bon exemple de ces variations en fonction de l'âge est donné par H. D. CHAPMAN et P. VANSELOW (5) qui en ont fait l'étude mois par mois sur des orangers Valencia diversement pourvus en phosphates. Leurs observations sont reportées sur le gra-

phique 1 où l'on a également fait figurer les courbes obtenues par D. G. ALDRICH et J. J. COONY (1) sur citronniers Eureka.

On voit sur ce graphique que la valeur de 0,10 P % m. s. des feuilles, choisie comme niveau critique, peut se trouver dépassée dans le cas d'arbres carencés et ne s'applique donc qu'à un âge déterminé des feuilles.

Les courbes de variation pour les autres éléments nutritifs sont différentes, elles sont particulièrement changeantes pour l'azote en raison de la très grande mobilité de cet élément, mais, d'une façon générale, les variations sont, minima quand les feuilles sont âgées de 4 à 7 mois.

Les variations des teneurs foliaires N, P et K au cours de l'année ont été étudiées également par J. C. PRALORAN et F. MINOT (17) au Maroc. Leurs travaux confirment que le rythme alimentaire d'un élément donné ne change pas quelle que soit son importance dans la fumure.

Enfin, le rythme alimentaire paraît être le même

quelle que soit la poussée foliaire à laquelle on s'intéresse mais les études des auteurs américains, reprises dans les autres pays, ont presque toujours porté sur des feuilles de la pousse de printemps.

Position des feuilles sur l'arbre.

D'après J. C. PRALORAN (15), les teneurs foliaires en azote dépendent de la position des feuilles sur les rameaux, de leur orientation et de la position des rameaux sur l'arbre.

Par exemple, pour des feuilles prélevées respectivement au Nord, au Sud, à l'Est et à l'Ouest, les teneurs foliaires trouvées par cet auteur ont été de 2,156, 2,153, 1,974 et 1,823, en moyenne.

On constate également certaines variations dans les teneurs des autres éléments minéraux en fonction des mêmes facteurs. Ainsi, d'après Oppenheimer cité par L. HERSCHBERG (11), les teneurs foliaires P d'orangers Shamouti peuvent varier de 0,117 à 0,138 en fonction de l'orientation.

MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

En fonction des facteurs précédents, on s'accorde généralement pour recommander le prélèvement au hasard des feuilles de la pousse de printemps, normalement développées, âgées de 4 à 7 mois, situées à une hauteur comprise entre 0,80 et 1,80 m environ.

Suivant les auteurs, le prélèvement doit avoir lieu sur des rameaux fructifères ou non, sur tout le pourtour de la frondaison ou sur un seul côté, toujours le même.

Les auteurs américains recommandent ainsi le prélèvement sur tout le pourtour de l'arbre alors que, d'après L. Herschberg, il est préférable d'échantil-

lonner toujours suivant la même exposition, celle-ci ayant une influence importante.

Enfin, suivant les pays, les chercheurs font porter l'échantillonnage sur 10 ou 25 feuilles par arbre, à raison d'une feuille par rameau, et sur 5 à 25 arbres représentatifs de l'état moyen d'un verger d'une même variété.

La précision des résultats doit varier suivant la méthode utilisée mais notons que, les critères du diagnostic foliaire étant essentiellement comparatifs, l'échantillonnage peut différer dans ses détails, pourvu que l'on procède toujours de la même façon au cours d'une étude donnée.

NORMES D'INTERPRÉTATION

Les critères reliant l'état alimentaire d'une espèce ou d'une variété de Citrus avec ses teneurs foliaires peuvent être établis :

— Par des études en vases de végétation, avec des solutions nutritives dans lesquelles on fait varier les teneurs en un ou plusieurs éléments. Ces études portant sur des sujets jeunes, on s'intéresse généra-

lement aux symptômes externes de carence ou d'excès, au développement de la plante, etc...

— Par des essais d'engrais en plein champ, simples ou factoriels. Ce sont alors les rendements et la qualité des fruits produits qui sont examinés au premier chef.

— Par l'étude systématique des vergers d'une région déterminée, que l'on classe en groupes suivant

leur productivité et la qualité des fruits qu'ils produisent.

Dans le cas des agrumes, en effet, outre les critères de rendements, il y a lieu de faire intervenir la qualité des fruits pour l'établissement des normes du diagnostic foliaire : l'état alimentaire peut être adéquat pour l'obtention des rendements maxima, alors que la qualité des fruits laisse à désirer par défaut ou excès d'un ou plusieurs éléments nutritifs.

C'est pourquoi on s'est attaché à définir, en plus des seuils classiques « carence » et « excès » en deçà ou en delà desquels les rendements sont affectés, des niveaux intermédiaires pour lesquels les modifications interviennent surtout dans la qualité des fruits (calibre, épaisseur de l'écorce, etc...).

H. D. CHAPMAN et F. FULLMER (4) définissent ainsi 6 niveaux critiques pour le potassium et 4 niveaux pour le phosphore.

TABLEAU 2.

État alimentaire et niveaux critiques K et P pour les orangers, d'après H. D. Chapman et F. Fullmer.

	% M.S.	NUTRITION DU VERGER	PROBABILITÉ DE RÉPONSE A L'ÉLÉMENT		
			RENDEMENTS	CALIBRE	QUALITÉ
<i>Potassium</i>	inf. 0,25	carence	bonne	excellente	aucune
	0,25-0,40	faible carence	faible	bonne	aucune
	0,40-0,60	douteux	?	bonne	aucune
	0,60-1,30	assez satisfaisante	très douteuse	faible	aucune
	1,30-2,50	satisfaisante	aucune	très faible	aucune
	sup. 2,50	excessive	aucune	aucune	inverse (1)
<i>Phosphore</i>	inf. 0,07	carence	bonne	aucune	très forte
	0,07-0,10	faible carence	moyenne	aucune	bonne
	0,10-0,14	satisfaisante	aucune	aucune	faible
	sup. 0,14	excessive	inverse (1)	inverse (1)	inverse (1)

(1) Rendements, calibre ou qualité peuvent être affectés.

W. REUTHER et P. F. SMITH (20) classent tous les éléments suivant 5 niveaux : carence, bas, optimum, élevé, excès. Dans le cas de carence ou d'excès, l'élément étudié est le principal ou l'un des principaux facteurs limitatifs. Les niveaux bas et élevé peuvent correspondre à un déséquilibre nutritif par suite d'excès ou de carence d'un ou plusieurs autres éléments.

Les chiffres trouvés par W. REUTHER et P. F. SMITH en Floride pour les seuils extrêmes « carence » ou « excès » correspondent très bien pour les éléments majeurs, à l'exception du potassium, avec ceux de H. D. CHAPMAN (2) en Californie. Les normes de ces auteurs sont comparées dans le tableau 3, en omettant les niveaux intermédiaires. Les optima cités par H. D. CHAPMAN correspondent aux moyennes des analyses

faites sur des vergers hauts producteurs de Californie.

Ces normes diffèrent quelque peu des critères fournis par d'autres pays. C'est ainsi que les niveaux de carence, en ce qui concerne respectivement N et P, sont estimés à 1,8 et 0,10 en Israël. Ces chiffres diffèrent d'environ 10 et 24 % de ceux des auteurs américains. Il est vrai que les méthodes d'échantillonnage ainsi que les principales variétés sur lesquelles ont porté les analyses sont différentes.

D'une façon générale, on reconnaît d'ailleurs que les normes du diagnostic foliaire ne peuvent avoir une valeur universelle et, chaque fois que cette technique est mise en pratique dans une région de culture nouvelle, ce doit être après que des études préliminaires aient confirmé les critères de base dans les conditions locales de variété, pratiques culturales, etc.

TABLEAU 3.

Normes générales pour le diagnostic foliaire des orangers, d'après W. Reuther et P. F. Smith (a) et d'après H. D. Chapman (b).

ÉLEM. % M. S.	CARENCE (inf. à)		OPTIMUM		EXCÈS (sup. à)	
	a	b	a	b	a	b
N	2,00	2,00	2,4 -2,9	2,45	3,60	3,50
P	0,08	0,075	0,12-0,16	0,13	0,30	0,30
K	0,60	0,35	1,2 -1,7	0,71	2,40	2,00
Ca	1,50	1,50	3,0 -5,5	4,70	7,00	7,00
Mg	0,15	0,15	0,3 -0,6	0,30	0,60	0,60

INTERACTIONS ENTRE LES TENEURS EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX

Les interactions des divers éléments minéraux entre eux sont complexes et sont loin d'être complètement élucidées, bien que certains auteurs aient été jusqu'à étudier les actions réciproques de certains oligo-éléments. Nous nous bornerons à examiner les principales interactions des éléments majeurs.

Azote. — D'après A. R. C. HAAS et J. N. BRUSCA (9), travaillant sur des solutions nutritives avec des concentrations en azote nitrique croissantes, les teneurs foliaires N élevées sont liées avec des teneurs fortes en Ca, réduites en P et K et réciproquement. D'autres auteurs, qui confirment ces observations, relèvent en outre des interactions importantes avec Mg et S. Le diagnostic foliaire pour les autres éléments ne paraît ainsi possible que dans la mesure où la nutrition azotée est satisfaisante.

Phosphore. — Les variations des teneurs foliaires P sont liées à celles des teneurs Ca, N et K. Les teneurs Ca suivent une évolution parallèle, les teneurs N et K, inverse des teneurs foliaires. P. H. D. CHAPMAN et P. VANSELOV (5) trouvent ainsi, pour des teneurs P de 0,082 et 0,168, correspondant respectivement à des arbres carencés et bien pourvus, des teneurs Ca de 3,82 et 4,82, des teneurs N de 3,47 et 2,72 et des teneurs K de 1,30 et 1,18.

Potassium. — On associe généralement les variations des teneurs K et celles des teneurs Ca et Mg, avec une évolution inverse. Ces interactions ont été étudiées dans le détail par P. F. SMITH et al. (22)

dans un essai factoriel N-K-Mg en vases de végétation. Les auteurs concluent que le total des teneurs foliaires Ca + K + Mg est pratiquement constant dans les conditions de l'étude, mais que l'interaction K-Mg est assez peu marquée pour que ces deux éléments puissent être étudiés séparément.

Calcium. — Une élévation des teneurs foliaires en Ca correspond à une diminution des teneurs K, les teneurs Mg ne paraissent pas affectées, dans les conditions d'une étude entreprise par B. S. GORTON et al. (8). Par ailleurs, les fortes teneurs en Ca sont généralement obtenues sur des sols très calcaires et où l'assimilation des autres bases et de certains métaux (Fe, Cu) se fait difficilement. Les teneurs foliaires en ces éléments seront donc réduites.

Magnésium. — Les interactions du magnésium sont pratiquement inverses de celles des éléments précédents. En reprenant les études de P. F. SMITH et al., pour des niveaux N faibles, les fortes teneurs foliaires Mg correspondent à une dépression des teneurs K et P. Pour des niveaux K faibles, les fortes teneurs Mg correspondent à une dépression des teneurs Ca, etc...

Suivant les proportions relatives K, Ca et Mg, il est d'ailleurs reconnu pour d'autres plantes que le sens des interactions entre ces éléments peut changer.

Ces exemples contribuent à illustrer la relativité des normes classiques du diagnostic foliaire et l'importance de la notion de balance nutritive.

APPLICATIONS PRATIQUES DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE DES AGRUMES

Malgré ses limitations, le diagnostic foliaire peut être utilisé avec profit dans la plupart des études sur la nutrition des agrumes. Ses principales applications sont de trois ordres :

Recherches préliminaires sur les déséquilibres nutritifs ;

Mise au point des pratiques de fumure ;

Surveillance de l'état alimentaire et conduite de la fumure d'un groupe de vergers.

Quelques exemples de ces applications, choisis dans les pays du bassin méditerranéen, sont donnés ci-dessous.

Recherches préliminaires sur les déséquilibres nutritifs.

Ces études mettent en comparaison des sujets sains avec des sujets présentant les symptômes externes d'un déséquilibre nutritif. Ces symptômes peuvent être un aspect particulier du feuillage, une ou plusieurs caractéristiques indésirables des fruits et ou une baisse de rendements.

La comparaison des teneurs foliaires de ces deux groupes de sujets permet de déterminer les éléments qui sont assimilés dans des proportions anormales par les sujets affectés et qu'on fera généralement intervenir dans un essai d'engrais ultérieur pour confirmer le diagnostic de carence ou d'excès ainsi porté.

Les travaux de G. CHEVALIER (6) sur la boursouffure des agrumes en Algérie l'ont ainsi amené à relier ce phénomène à un déséquilibre du rapport Ca/K+Mg, c'est-à-dire à un excès de calcium et une carence en potassium.

En comparant deux parcelles de mandariniers du même âge et de même variété, présentant l'une des fruits soufflés et l'autre des fruits sains, l'auteur trouve, en effet, les résultats ci-contre, tableau 4

Dans le cas des fruits soufflés, le sol est riche en Ca et pauvre en K, la plante absorbe moins de K et plus de Ca, ce qui se retrouve dans ses teneurs foliaires en ces éléments.

En appliquant, au cours d'essais ultérieurs, une fumure de 1,5 kg de chlorure de potasse par arbre le coefficient de soufflure des fruits produits a été ramené de valeurs excessives à des valeurs normales, ce qui a confirmé les données obtenues par l'analyse du sol et l'analyse foliaire.

M. WINNECK (23), en comparant les teneurs foliaires d'orangers Jaffa cultivés en lysimètres sur un

TABLEAU 4

Résultats des analyses de sol et des analyses foliaires mettant en comparaison deux parcelles de mandariniers, d'après G. Chevalier.

	FRUITS SAINS		FRUITS SOUFFLÉ
Analyse des sols (éléments solubles à pH=2)	Ca ‰	33	39
	Mg ‰	3,8	2,1
	K ppm	43	22
	P ₂ O ₅ ppm	448	441
	Ca/K	1 500	3 500
	Ca/K+Mg	5,3	11,2
Analyse foliaire	Ca % m.s.	4,15	4,93
	Mg	0,22	0,17
	K	2,45	1,47
	P ₂ O ₅	0,82	0,42
	Ca/K	2,3	6,6
	Ca/K+Mg	2,6	4,4

sol de la plaine côtière d'Israël avec divers traitements fertilisants, a pu diagnostiquer une forte carence en P qui entravait complètement la production.

Les teneurs foliaires du témoin et celles des lysimètres ayant reçu une fumure complète s'établissaient respectivement à 0,165 et 0,234 P₂O₅ % m. s.

D'une façon générale, c'est pour la recherche de déséquilibres nutritifs que le diagnostic foliaire a été le plus souvent appliqué aux agrumes et cette technique est utilisée maintenant dans la plupart des études sur le sujet.

Mise au point des pratiques de fumure.

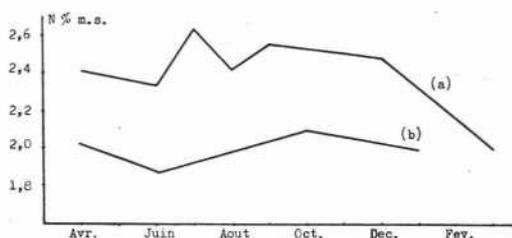
De nombreux auteurs se sont efforcés de déterminer les meilleures époques d'application des fumures azotées en suivant le rythme alimentaire de cet élément, tel qu'il ressort des variations des teneurs foliaires. Les résultats ne sont pas toujours concordants.

Si l'on s'attache aux conclusions de J. C. PRA-LORAN (16) au Maroc et de S. MAILLARD (14) en Tunisie, les besoins saisonniers en azote ne correspondent pas avec les disponibilités du sol. Les teneurs foliaires

sont, en effet, maxima en septembre-octobre, minima en juin, alors que c'est en juillet-août que la nitrification est la plus intense.

D'après J. C. Praloran, comme d'après S. MAILLARD, il conviendrait donc de corriger le déséquilibre entre les besoins de la plante et les disponibilités du sol par des apports fractionnés aux époques les mieux appropriées, c'est-à-dire :

Graphique 2 - Variations des teneurs foliaires en azote, d'après J.C. Praloran (a) et d'après S. Maillard (b).



— Fin janvier, début février : lors de la pousse de printemps, avant la floraison.

— Fin juin : lors de la croissance des fruits, après la chute de juin.

— Fin août-début septembre : lors de la pousse d'automne, après la chute d'été.

Le diagnostic foliaire peut être utilisé pour anticiper sur les résultats d'essais de fumure ou confirmer ces résultats : dans un essai factoriel mettant en jeu plusieurs doses de divers éléments, il est intéressant de vérifier que la combinaison produisant les meilleurs rendements correspond aux teneurs foliaires optima, c'est-à-dire qu'aucun autre facteur limitatif n'est venu perturber l'action des fumures.

Surveillance de l'état alimentaire et conduite de la fumure d'un groupe de vergers.

La conduite de la fumure d'un groupe de vergers par le diagnostic foliaire suppose que les normes d'interprétation ont été établies préalablement de façon précise dans la région correspondante.

Il est alors possible de suivre l'état alimentaire moyen de ces vergers par des analyses faites à intervalles réguliers et d'adapter qualitativement et quantitativement les fumures en conséquences.

En Israël, L. HERSCHBERG (12) a ainsi fait une étude générale de la nutrition azotée des vergers.

TABLEAU 5.

Résultats des analyses foliaires sur un groupe de vergers recevant diverses fumures azotées, d'après L. Herschberg.

SULFATE D'AMMONIAQUE APPLIQUÉ (KG/HA)	NOMBRE DE VERGERS	N % M.S. FEUILLES	RENDEMENTS MOYENS (KG/HA)
48-84	14	2,13	1 400
90-114	13	2,15	1 350
120-144	17	2,37	1 346
150 et plus	7	2,37	1 240 (1)

(1) Rendements en caisses par hectare.

Ces chiffres permettent à l'auteur de conclure que, dans les conditions locales, des apports d'azote modérés sont suffisants puisque à ces apports correspondent, non seulement les meilleurs rendements, mais aussi les teneurs foliaires optima.

Le diagnostic foliaire est utilisé par la conduite des fumures des vergers d'agrumes en Californie, en Floride, en Afrique du Sud, etc...

Soulignons à nouveau que si cette technique est d'un maniement relativement aisé quand il s'agit d'études comparatives, les possibilités d'erreurs d'interprétation sont alors limitées puisqu'on analyse des traitements réalisés dans des conditions identiques, il n'en va pas de même quand on veut l'utiliser par rapport à des critères absolus.

Il est nécessaire pour cela de définir à nouveau ces critères dans les conditions locales, car la transposition pure et simple des normes adoptées dans d'autres pays est sans valeur pratique.

L'application du diagnostic foliaire aux agrumes implique donc de longues mises au point mais dont la difficulté est largement compensée par les résultats que l'on peut attendre de la méthode.

RÉFÉRENCES

(1) ALDRICH (D. G.) et COONY (J. J.). — A field response of citrus to phosphorus and potassium fertilization. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1952, vol. 59.

(2) CHAPMAN (H. D.). — Studies on the nutrition of citrus, 13th Internl. Hortic. Congress, Londres 1952.

(3) CHAPMAN (H. D.) et BROWN (S. M.). — Analysis of orange leaves

- for diagnosing nutrient status with reference to potassium, *Hilgardia*, vol. 19° n° 7.
- (4) CHAPMAN (H. D.) et FULLMER (F.). — The potassium and phosphorus question, *California Citrograf*, vol. 36, n° 6.
- (5) CHAPMAN (H. D.) et VANSELOW (A. P.). — Phosphorus deficiency and excess, *California Citrograf*, vol. 48, n° 1 et 2.
- (6) CHEVALIER (G.). La boursoflure des agrumes. *Fruits et Agrumes*, vol. 22, n° 239.
- (7) FULLER (W. H.) et HILGERMAN (R. H.). — The absorption of fertilizer phosphorus by Navel oranges as influenced by root stock and time of application. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1955, vol. 66.
- (8) GORTON (B. S.) et al. — Relation of calcium and potassium accumulation as influenced by rootstock and salinity of irrigation water. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1954, vol. 63.
- (9) HAAS (A. R. C.) et BRUSCA (J. N.). — Nitrate and potassium levels. *California Citrograf*, vol. 40, n° 8.
- (10) HARDING (R. B.). — Soil phosphorus in California orange orchards in relation to yield, fruit size and phosphorus in leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1953, vol. 61.
- (11) HEYMANN-HERSCHBERG (L.). — Leaf composition in relation to nitrogen and phosphorus requirements of citrus trees in Israel. *I. R. H. O.*, 1954.
- (12) HEYMANN-HERSCHBERG (L.). — A survey of the effect of fertilizing practices on the macronutrient composition of citrus leaves in Israel, *Ktavim*, 1956, vol. 6.
- (13) JONES (W. W.) et al. — Leaf analysis, a guide to fertilizer need, *California Citrograf*, vol. 40, n° 9.
- (14) MAILLARD (S.). — Extrait du rapport présenté au IV^e Congrès de l'Agrumiculture Méditerranéenne sur le diagnostic foliaire. *Fruits et Primeurs*, vol. 27, n° 289.
- (15) PRALORAN (J. C.). — Premières recherches sur le diagnostic foliaire des agrumes. *Bull. Soc. Sci. Nat. et Phys. du Maroc*, vol. 35.
- (16) PRALORAN (J. C.). — Note préliminaire sur les besoins saisonniers en azote des orangers d'après les teneurs foliaires en cet élément. *Fruits et Primeurs*, vol. 25, n° 268.
- (17) PRALORAN (J. C.) et MINOT (F.). — L'alimentation minérale des orangers d'après l'analyse des feuilles. *I. R. H. O.*, 1956.
- (18) REUTHER (W.) et SMITH (P. F.). — Relation of nitrogen, potassium and magnesium fertilization to some fruit qualities of Valencia oranges. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1952, vol. 59.
- (15) REUTHER (W.) et SMITH (P. F.). — Leaf analysis of citrus. *Fruit Nutrition*, Sommerset Press, 1954.
- (20) REUTHER (W.) et SMITH (P. F.). — Leaf analysis as a guide to the nutritional status of orchard trees. *L. R. H. O.*, 1954.
- (21) SITES (J. W.) et al. — The effect of fertilizer timing and rates of application on fruit quality and production of Hamlin oranges. *Univ. Fla. St. Hort. Soc.*, 1953, vol. 66.
- (22) SMITH (P. F.) et al. — Effect of differential nitrogen, potassium and magnesium supply to young Valencia orange trees in sand culture on mineral composition especially of leaves and fibrous roots. *Plant Physiology*, vol. 29, n° 4.
- (23) WINNECK (M.). — Some effects of P and K deficiencies on orange tree growth, composition and fruit quality, *Trans. 4th Internl. Congress Soil Sci.*, Amsterdam 1950.

PIERREFITTE

Sté Glé d'Engrais et Produits Chimiques
4, avenue Vélazquez PARIS 8^e

AMMONITRATES

NITRATE DE CHAUX
ET DE MAGNÉSIE

“ LE GAULOIS ”

TOUT L'APPAREILLAGE DE LABORATOIRE

Anciens É^{ts} BREWER

P. HOULIER, succ^r

BALANCES - POIDS - TRÉBUCHETS - ÉTUVES
PECTINOMÈTRES

THERMOS PIQUEURS ET ENREGISTREURS
APPAREILS A pH AU 1/100^e
AGITATEURS, DIVERS, etc...

ATELIER DE SOUFFLAGE PYREX

76, bd Saint-Germain — PARIS (5)
Tél. ODÉON 34-04