

ÉCHANTILLONNAGE DES AGRUMES POUR LE DIAGNOSTIC FOLIAIRE

I. REVUE DES PRINCIPALES MÉTHODES UTILISÉES DANS LE MONDE

par **J. Del BRASSINNE**

Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (I. F. A. C.).

Les lecteurs de Fruits ont reçu fréquemment la primeur de résultats d'études réalisées par l'Institut Français de Recherches Fruitières Outre-mer (I. F. A. C.) sur le « contrôle de nutrition » au moyen de l'analyse foliaire.

Jusqu'à présent ces travaux concernaient le bananier et l'ananas, et les articles publiés par Fruits sur le diagnostic foliaire des arbres fruitiers relataient des expériences extérieures à l'I. F. A. C. En effet, nous l'indiquions dès 1960 en présentant l'un de ces mémoires d'auteurs étrangers, les recherches sur la nutrition de l'ananas et du bananier accaparaient tout le potentiel de notre laboratoire de physiologie végétale. Depuis fin 1963, l'automatisation des analyses, mentionnée à diverses reprises dans ces colonnes, a permis d'en accroître suffisamment la cadence pour aborder à son tour le diagnostic foliaire des agrumes ; et cela sans ralentir les travaux sur bananier et ananas, bien au contraire.

L'article de J. Del Brassinne, qui inaugure cette nouvelle rubrique, répond en premier lieu à un vœu exprimé par le Comité de Liaison de l'Agrumiculture Méditerranéenne (C. L. A. M.) lors de son colloque sur la nutrition minérale, tenu à Nice en mai 1962. Le Comité désirait une mise au point bibliographique sur les méthodes d'échantillonnage pratiquées de par le monde, en préambule à l'instauration préconisée d'un système de diagnostic foliaire général pour l'ensemble du Bassin méditerranéen (cf. Fruits, vol. n° 17, n° 7, p. 314-315).

En même temps l'auteur démontre la nécessité de réaliser quelques tests d'échantillonnage chaque fois que l'on songe à appliquer le diagnostic foliaire dans une nouvelle zone agrumicole. Il ne s'agit nullement de remettre en cause a priori les résultats acquis par d'autres chercheurs ; mais la comparaison de leurs propres résultats indique que les principaux facteurs conditionnent la validité d'un mode d'échantillonnage (âge et position des feuilles, etc.) agissent avec une intensité différente, voire dans un sens opposé, lorsqu'ils sont soumis à l'influence de conditions locales qui ne sont plus les mêmes.

Actuellement, comme on le lira ci-dessous, c'est aux conditions locales de la Corse que nous nous efforçons d'adapter la technique du diagnostic foliaire. Par la suite, il faut espérer que le climat de la coopération technique entre notre Institut et d'autres pays agrumiculteurs permettra d'y entreprendre le même genre d'études.

P. MARTIN-PRÉVEL.

Le développement d'une agrumiculture soulève le problème de la fertilisation. A l'heure actuelle, les formules d'engrais proposées pour la Corse découlent de l'expérience acquise, notamment en Afrique du Nord. La transposition de données valables pour d'autres conditions de milieu constitue un appoint appréciable

qui permet de parer au plus pressé. Cependant, il est nécessaire qu'une connaissance approfondie des sols et surtout des réactions des diverses variétés d'agrumes introduites, vienne préciser les besoins de la plante en éléments minéraux et leur évolution au cours des différentes phases physiologiques. C'est pourquoi

l'I. F. A. C., dans le cadre de la Station expérimentale d'agrumiculture de Corse, où des essais de fertilisation en champ sont poursuivis, a entamé en 1964 l'étude de l'échantillonnage en vue de l'application du diagnostic foliaire aux agrumes. Cette méthode d'investigation sera de nature à fournir plus rapidement des indications pour améliorer les formules empiriques et les adapter au cas particulier de la Corse.

Dans cette étude, nous aurons à tenir compte de l'interaction des maladies à virus. En effet, le dépistage des viroses effectué en Corse (4) par la Section de virologie, révèle que la plupart des vergers en place, dont

la rentabilité est, dans une certaine mesure, satisfaisante, sont atteints à des degrés divers.

Un programme de fumure guidé par le diagnostic foliaire se doit d'étudier ces particularités en attendant que les recherches sur la nutrition minérale puissent être conduites, au niveau du verger commercial, sur un matériel totalement indemne.

Préalablement à l'exposé des résultats de nos premiers essais réalisés en Corse sur l'échantillonnage, il nous est apparu utile de mentionner quelques méthodes de prélèvement employées par les spécialistes des différentes régions agrumicoles.

PRINCIPES DE L'APPLICATION DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE AUX AGRUMES

Après avoir été surtout utilisé pendant longtemps comme instrument de recherche pour l'étude des principes de base régissant la nutrition minérale des plantes, le diagnostic foliaire a débordé, depuis quelques années, le cadre de l'expérimentation proprement dite pour retrouver sa vocation initiale et s'appliquer aux problèmes pratiques de la fertilisation.

C'est ainsi que, dans la plupart des pays agrumicoles, l'analyse des feuilles, qui a complété et souvent supplanté l'analyse du sol, est devenue une aide précieuse pour déterminer les besoins des arbres en éléments nutritifs et fixer les programmes de fumure.

Chez de nombreuses espèces végétales, ce sont les feuilles qui, judicieusement choisies, situent le niveau alimentaire de la plante à différents stades physiologiques et expriment le mieux, pour la plupart des éléments minéraux, les variations induites par les facteurs extérieurs, climatiques et pédologiques.

Certains éléments, toutefois, bien que présents dans la feuille, s'accumulent dans d'autres organes dont seule l'analyse peut révéler certaines anomalies. C'est le cas, par exemple, du sodium et de certains métaux lourds dont la toxicité est mise en évidence, chez les agrumes, par l'analyse de l'écorce des racines (21).

Le but de l'analyse foliaire est tout d'abord de déterminer quels sont les éléments qui, dans la plante, font défaut ou se trouvent en excès tout en n'extériorisant pas de symptômes mais en agissant sur le rendement ou la qualité des fruits. Si des symptômes foliaires apparaissent, certains sont spécifiques, tels ceux qui sont

induits par l'absence de Zinc, et ne nécessitent pas une confirmation par l'analyse foliaire car l'élément responsable peut être déterminé aisément. Mais en général ces symptômes ne se manifestent que tardivement tout en ayant déjà affecté le rendement et la qualité. Par ailleurs, le même symptôme peut être causé par la superposition des déficiences en plusieurs éléments sans qu'il soit possible de les déterminer par l'observation ; seule l'analyse permet alors de fournir un diagnostic exact. La connaissance de la composition minérale ainsi que des rapports entre les éléments nutritifs dans les feuilles d'un verger dont on étudie la fumure, permet encore d'en donner une estimation chiffrée du point de vue nutritionnel et de remédier par exemple, à une insuffisance en apportant au sol les éléments nutritifs qui font défaut. Sur le plan pratique, l'établissement d'un programme de fumure découle de l'interprétation des résultats de l'analyse foliaire comparée aux données sur les réserves disponibles traduites par l'analyse du sol.

Les données fournies par l'analyse foliaire sont évidemment sans valeur pratique si les arbres échantillonnés croissent dans de mauvaises conditions à la suite, notamment, d'une défectuosité du système racinaire.

La présence de viroses est susceptible aussi bien de modifier la composition minérale des feuilles que d'être la cause de l'inaptitude de la plante à répondre à l'application d'engrais. C'est ainsi que, au Brésil, l'oranger 'Pera' ne réagit pas d'une manière satisfaisante à la

fertilisation (30). Dans certains cas, des applications de fertilisants à des orangers malades peuvent n'avoir qu'un effet temporaire (33). Malgré ces réserves, la méthode telle qu'elle est appliquée s'est révélée d'une

utilité incontestable sur le plan pratique ; on ne peut toutefois en attendre que des indications d'une portée limitée et non la détermination d'un « bilan nutritif » au sens strict.

L'ÉCHANTILLONNAGE

L'utilisation du diagnostic foliaire comme guide pratique suppose que soit résolu au préalable le problème de l'échantillonnage. En effet, la composition minérale d'une feuille n'est valable que si l'on connaît exactement l'origine du matériel végétal soumis à l'analyse. Seuls les résultats d'analyses d'un échantillon représentatif, prélevé sur un rameau caractéristique, à une époque déterminée, — en principe le choix se porte, chez les agrumes, sur des feuilles de l'année ayant terminé leur croissance — sont susceptibles *d'être comparés à des valeurs de référence établies selon le même mode de prélèvement bien défini*. Ces normes de référence, mise au point à la suite d'observations et d'essais portant sur plusieurs années, dans une région et sur une variété déterminées (8), sont désignés dans la littérature de langue anglaise sous le nom de « standards ». Ceux-ci sont établis par l'analyse d'une feuille caractéristique choisie en considérant d'une part tous les facteurs qui peuvent modifier sa composition minérale en dehors des éléments disponibles dans le sol ou ap-

portés par les engrais, d'autre part, la reproductibilité des relations entre ces variations de composition minérale, quelles qu'en soient la cause, et le rendement qualitatif et quantitatif de l'arbre.

Les facteurs interférant sur l'alimentation minérale sont multiples et leur énumération, bien connue (29), donne un aperçu de la difficulté de définir une méthode de prélèvement des échantillons foliaires destinés à la fixation de « standards ». Ensuite, la valeur de l'interprétation des données analytiques dépendra de la précision avec laquelle la même méthode aura été suivie lors du prélèvement d'échantillons à comparer.

On a établi pour les principales régions, des courbes de variations saisonnières pour différentes émissions foliaires. Aux U. S. A., des différences « régionales » sensibles ont été mises en évidence entre la Californie (20) (6) et la Floride (35). L'âge des feuilles prélevées (6) (25), la variété (14), le porte-greffe (18) dont l'aptitude à l'absorption des ions est spécifique, la position du rameau sur l'arbre, celle des feuilles sur le



PHOTO 1. — Jeune mandarinier. Le prélèvement est opéré tout autour de la frondaison à un niveau situé aussi près que possible de part et d'autre de son plan équatorial.

rameau modifient leur composition minérale (22) (28). Celle-ci peut différer d'une année à l'autre et il suffit par exemple que les disponibilités en eau soient différentes pour induire des modifications importantes. L'incidence du type de sol et de l'alternance des récoltes, de l'effet momentané des applications d'engrais sont également à considérer (20). L'état sanitaire des plantes est un facteur de variations non négligeable : au Brésil, la Tristeza est en partie responsable des carences en zinc et manganèse sur oranger 'Pera' (26).

Ces « standards », qui fixent les niveaux de carence, d'optimum et d'excès au moyen de critères expérimentaux variant selon les auteurs — rendement, qualité des fruits (29), symptômes de malnutrition (8) — reflètent en quelque sorte, la composition minérale du verger type, chez une même variété (ou des variétés voisines), pour l'ensemble d'une région caractérisée par un climat et un type de sol bien définis. Ils sont toutefois établis avec une marge de tolérance suffisamment large pour pouvoir répondre à la précision attendue d'un échantillonnage réalisé au niveau du verger commercial.

Si l'on fait l'inventaire des travaux ayant trait aux différentes phases de l'échantillonnage des agrumes, on constate que *les techniques de prélèvement utilisées dans les pays agrumicoles pour l'établissement des normes de référence diffèrent selon les chercheurs* (8) (29) (27) (2), etc. Il est donc essentiel, pour se servir utilement d'un tableau de « standards », de connaître avec précision les critères d'échantillonnage considérés par l'auteur de façon à les reproduire, lors des tests comparatifs, avec le plus d'exactitude possible. Des teneurs ne sont comparables qu'entre feuilles de même âge physiologique, de plantes de la même espèce et variété, croissant dans des conditions identiques.

Par ailleurs, les diverses possibilités offertes pour le prélèvement d'échantillons foliaires dans une région agrumicole nouvelle imposent de choisir, parmi ces techniques, ou même en dehors d'elles, la mieux appropriée aux conditions régionales et à cet effet de mesurer par des études de base le degré d'importance des facteurs de variation passés en revue, sur la composition minérale. Le choix d'une technique doit tenir compte de ces particularités régionales et de la réaction de la plante, en évitant toutefois au maximum la tentation d'une originalité inutile.

La note présente passe brièvement en revue les méthodes appliquées dans différentes zones agrumicoles en signalant les caractéristiques qui les différencient, principalement en Afrique du Sud, en Israël et aux États-Unis. Le diagnostic foliaire des agrumes est ou a été également pratiqué dans d'autres pays : Italie (32)

(37), Espagne (3) (7), Afrique du Nord (17) (23), Amérique latine (31), etc. Mais à notre connaissance, il n'y a pas eu d'études traitant spécifiquement des problèmes d'échantillonnage dans ces régions, hormis celle de Pralaran (28) au Maroc.

Afrique du Sud.

Pour Bathurst (2) l'échantillon doit être constitué de feuilles de la pousse de printemps prélevées sur rameaux porteurs de fruits, ce qui permet de fixer assez exactement l'âge des feuilles et d'éviter qu'elles n'appartiennent au cycle végétatif précédent.

Les prélèvements sont opérés pendant la période hivernale, après la pousse d'automne, époque où les fluctuations dans la composition minérale sont moins importantes. Les feuilles sont alors âgées de 10 à 11 mois. Toutefois, afin de prolonger la période d'échantillonnage, le Dr BREWER (5) estime qu'il n'y a pas d'inconvénients à échantillonner dès l'âge de 5 mois 1/2. De VILLIERS et BEYERS (14) ont adapté pour les prélèvements faits sur feuilles de 5 mois, les « standards » établis antérieurement pour des feuilles de 10 mois. Les feuilles sont prélevées tout autour de la couronne, entre 0,3 m et 2 m de hauteur et non en un secteur déterminé. On prélève des feuilles de dimensions moyennes, surtout s'il s'agit de l'analyse du potassium dont la teneur est plus élevée dans les petites feuilles. STEYN (36), dans une étude statistique sur l'échantillonnage des agrumes, a précisé les erreurs à éviter lors des prélèvements foliaires ; il conseille d'opérer toujours à la même heure, de préférence entre 8 et 10 heures, par temps ensoleillé.

L'auteur estime qu'un prélèvement de 25 à 50 feuilles par arbre (36) est suffisamment représentatif pour la plupart des éléments minéraux ; ce nombre doit toutefois être plus élevé si l'analyse porte sur certains oligo-éléments (zinc, cuivre). En principe, 30 p. cent des arbres d'un verger doivent être échantillonnés. S'il s'agit d'un verger en mauvaises conditions de végétation ou dans le cas de prélèvements en parcelles d'essais, ceux-ci sont à opérer sur toutes les plantes.

Pour les grandes exploitations, STEYN (36) préconise également de former des unités de 1 000 ou 2 000 arbres ; dans chacune d'elles, on constitue deux ou quatre échantillons portant sur 10 p. cent des arbres, soit respectivement 100 ou 200 arbres.

DE VILLIERS et BEYERS (14) composent des échantillons de 200 feuilles prélevées sur le plus grand nombre d'arbres possible. La préparation consiste à laver les feuilles dans une solution détergente de 0,5 p.



PHOTO 2. — Trois types de rameaux → repérés sur le mandarinier de la photo 1.

Au centre, rameau fructifère. On prélève les deux ou trois premières feuilles (1-2-3) de dimensions normales; celles-ci sont issues de la pousse de printemps. En haut, à droite (en clair), les feuilles (a, b) sur rameau en voie de croissance, de la pousse d'été, ne peuvent pas convenir dans le cas d'un prélèvement sur rameau non fructifère. Sur le même rameau, les deux feuilles (c, d) de la pousse de printemps peuvent être prélevées en l'absence de feuilles terminales.

↑ PHOTO 3. — Rameau d'oranger fructifère. Le prélèvement porte sur les deux ou trois premières feuilles immédiatement derrière le fruit (1-2-3).

cent teepool + 0,25 p. cent acide acétique; rinçage, essuyage sont suivis d'un séchage à l'étuve à 60° (5). Après broyage, la poudre de feuilles est stockée en flacons de verre de 100 g, placés au réfrigérateur.

Israël.

Les travaux sur les applications pratiques du diagnostic foliaire ont été entrepris dès 1944 (27).

La technique utilisée pour la prise d'échantillons s'inspire des travaux sud-africains. Néanmoins, H. R. OPPENHEIMER, postulant l'influence de l'exposition des feuilles à la lumière sur leur composition minérale, modifia quelque peu la méthode de BATHURST en ne prélevant que les feuilles exposées au nord.

Cette hypothèse de l'influence de l'exposition a ensuite été vérifiée par S. P. MONSELISE et L. HERSCHBERG (25) sur orangers 'Shamouti'. C'est ainsi que les auteurs ont pu mettre en évidence l'influence de l'âge des feuilles échantillonnées et, bien que les différences ne fussent pas nettes entre secteurs du prélèvement, les teneurs en N et P tendaient à décroître pour les rameaux ombragés. Elles étaient plus faibles pour les feuilles âgées de 12 mois. Ces faits sont confirmés par STEYN (36) qui a noté des différences non négligeables dans la composition minérale des feuilles au



cours d'une journée ensoleillée; par contre, par temps couvert, les valeurs étaient sensiblement les mêmes à 12 heures et à 16 heures.

L. HERSCHBERG souligna que les différences relevées entre secteurs exposés au nord, à l'est, au sud et à l'ouest, nécessitaient de tenir compte de l'orientation en ne prélevant les feuilles que dans un secteur déterminé. En Israël, le secteur nord, aux teneurs plus faibles en N et P a été retenu pour les prélèvements.

Il est loisible évidemment de choisir des feuilles dans l'un des autres secteurs, à l'intérieur ou à l'extérieur de la frondaison, le point important étant, lors des travaux préparatoires, de mettre en évidence celui dont l'analyse foliaire présente des caractéristiques constantes dues à la position des feuilles. C'est ainsi que PRALORAN (28) dans un essai de fertilisation, a constaté à l'inverse que, au Maroc, les feuilles exposées au nord étaient plus riches en N.

Aux États-Unis, KOO et SITES (22), tout en confirmant l'influence de l'exposition des feuilles à la lumière, sensible pour K et Mg, n'ont trouvé aucune différence significative de composition entre les secteurs N. E. S. O. Les auteurs signalent toutefois que les feuilles provenant du secteur où les pousses annuelles sont les plus abondantes présentent un niveau minéral différent tout en conservant sensiblement les mêmes variations.

En Corse, signalons que dans notre étude préliminaire sur l'échantillonnage, on a noté des différences dans la composition minérale en fonction de la position de la feuille sur l'arbre mais aucun secteur d'orien-

tation (N. S. E. O.) ne prédominait systématiquement par rapport aux autres, bien que l'essai portât sur plusieurs variétés, en deux situations distinctes (24). Dans ce cas, l'influence des micro-climats est incontestable en raison des conditions locales et davantage au niveau de la petite exploitation. Il apparaît donc que l'on ne puisse pas considérer une orientation déterminée comme critère de base dans la définition d'une méthode de prélèvement qui doive convenir dans des conditions les plus diverses.

Néanmoins, pratiquant cette technique d'échantillonnage, H. R. OPPENHEIMER (27) a trouvé des valeurs de N, P, K, Ca et Mg sensiblement identiques à celles de BATHURST, en Afrique du Sud, sur orangers 'Valencia'. Les feuilles proviennent de rameaux du cycle printanier, porteurs de fruits. L'âge des feuilles échantillonnées est de 10 à 11 mois : c'est sur cette base que les premières études ont fixé les « standards ». Pour des raisons d'ordre pratique, les auteurs opèrent actuellement sur feuilles de 7-8 mois (1). Mais l'étude des courbes de variations saisonnières a révélé que les « standards » fixés antérieurement ne pouvaient être utilisés pour des feuilles plus jeunes de 3 mois et de nouvelles valeurs ont dû être établies. Les différences notées sont particulièrement sensibles pour l'azote et le magnésium. BAR AKIVA (1) souligne que, en ce qui concerne le potassium, le diagnostic exprime mieux l'état nutritif lorsque les prélèvements sont faits sur rameaux de 7-8 mois.

Les échantillons se composent de 100 feuilles, à raison de 10 feuilles prélevées sur 10 arbres caractéristiques à une hauteur de 1 à 2 mètres au-dessus du sol (27).

États-Unis.

Les diverses phases de l'échantillonnage des agrumes ont été particulièrement étudiées par CHAPMAN et BROWN (13) en Californie, REUTHER et SMITH en Floride (29), CAMERON et Coll. (6), WALLACE et Coll. (38).

Le professeur CHAPMAN a déjà traité dans *Fruits* (10) du principe de l'application du diagnostic foliaire à la recherche des besoins en engrais ; il a publié également une étude détaillée sur les méthodes d'échantillonnage préconisées pour diverses espèces végétales (11).

Les méthodes de prélèvement utilisées diffèrent quelque peu selon les chercheurs, en Californie et en Floride.

Les points communs aux méthodes actuellement pratiquées dans ces deux zones agrumicoles concernent l'époque d'apparition des rameaux (pousses de prin-

temps), et le prélèvement effectué à la périphérie, tout autour de la frondaison. CAMERON (6) a observé que les feuilles de la pousse d'été sont plus grandes que celles du printemps mais mettent moins de temps pour arriver à maturité ; l'auteur précise que le facteur qui influence le plus la composition minérale est l'âge des feuilles. Celui-ci doit être respecté quelle que soit l'époque d'émission, pousses de printemps, d'été ou d'automne. Dans ces deux derniers cas, la comparaison des résultats d'analyse sera toutefois moins précise, les « standards » étant établis pour des feuilles de la pousse de printemps. Un échantillon composé d'un mélange de feuilles provenant de différentes pousses est évidemment sans valeur, car ces feuilles, prises à une même date, seraient d'âges très différents.

Des études effectuées en verger et en culture hydroponique ont montré que la croissance d'une feuille est particulièrement rapide pendant les trois premiers mois au cours desquels la composition minérale présente des variations importantes ; puis les teneurs tendent à se stabiliser jusqu'à 7 à 10 mois pour varier à nouveau par la suite. C'est cette période du cycle, où les changements dans la composition minérale sont minimes et concordent assez bien d'une région à l'autre, qui a été choisie par les chercheurs pour fixer l'âge des feuilles à échantillonner.

Sur la base de ces travaux, CHAPMAN (6) a établi un tableau de standards pour des feuilles âgées de 4 à 10 mois. REUTHER et SMITH en Floride, limitent la période d'échantillonnage à des feuilles dont l'âge varie de 4 à 7 mois. Cette limitation du temps possible de prélèvement est imposée par le fait que les variations mensuelles sont plus importantes en Floride qu'en Californie. EMBLETON et JONES (15), en Californie, prélèvent des feuilles de 4 à 6 mois d'âge.

Par ailleurs, la différenciation des techniques utilisées dans ces deux zones agrumicoles des États-Unis repose sur la nature du rameau sur lequel sont prélevées les feuilles. Pour CHAPMAN (8), le choix se porte sur les feuilles issues de rameaux porteurs de fruits ; ce prélèvement est certes plus aisé et l'âge des feuilles peut être immédiatement fixé ; on évite également de prélever des feuilles du cycle précédent. Par contre, REUTHER et SMITH (29) échantillonnent sur rameaux non fructifères car ceux-ci représentent généralement le type prédominant de rameaux présents ; ces auteurs estiment, d'autre part, que les variations de composition minérale dues au drainage des éléments vers le fruit sont, en ce cas, moins importantes. EMBLETON et Coll. (15) échantillonnent également sur rameaux non fructifères.

Les conséquences de cette conception différente au

sujet du type de rameau à choisir avaient déjà été précisées par H. R. OPPENHEIMER (27) qui releva des teneurs en azote plus faibles de 0,2 à 0,5 p. cent dans les feuilles provenant de rameaux fructifères.

HARDING (19) signale des différences significatives très élevées entre les feuilles des deux types de rameaux, pour tous les éléments, sauf Na. Pour N, P et K les teneurs étaient respectivement de 0,4, 0,2 et 0,002 p. cent plus élevées pour les feuilles issues de rameaux ne portant pas de fruits.

Ces différences sont également confirmées par EMBLETON et Coll. (16).

En ce qui concerne le nombre de feuilles à échantillonner par arbre, REUTHER et SMITH (29) préconisent de prélever pour le diagnostic d'excès ou de déficience

10 feuilles terminales, à la périphérie, tout autour de la couronne entre 0,9 et 2,4 m de hauteur. Des échantillons de 50 à 100 feuilles par groupe de 5 arbres, sont recommandés.

En grande exploitation, les mêmes auteurs travaillent sur groupes de 20 arbres par unité de 2 à 5 hectares.

CHAPMAN (8) préconise de constituer des échantillons de 100 à 200 feuilles provenant de 25 à 50 arbres. Le bloc est subdivisé en unités homogènes (2 à 3 hectares). Dans chaque unité, 40 à 20 % des arbres doivent être échantillonnés à raison de 4 feuilles par arbre prélevées suivant les quatre directions cardinales. Les feuilles d'arbres carencées ou malades sont à échantillonner séparément.

CONCLUSIONS

Depuis quelques années le diagnostic foliaire est utilisé, dans la plupart des pays agrumicoles, pour servir de guide à la pratique de la fertilisation.

Des études de base ont permis de fixer dans des conditions bien particulières — milieu, variété, porte-greffe — des tableaux de valeurs « standards » qui reflètent le niveau nutritif optimum auquel on compare celui des vergers dont on désire étudier ou corriger les formules de fumure.

Mais la comparaison des données analytiques suppose au préalable la connaissance de la technique d'échantillonnage employée pour la mise au point des valeurs de référence. Cette technique qui tient compte d'un certain nombre de facteurs agissant sur la composition minérale, varie selon les chercheurs. L'application de l'analyse foliaire dans une région agrumicole nouvelle nécessite donc de faire un choix parmi les méthodes de prélèvement classiques, utilisées dans les différentes zones d'agrumiculture. Dans cette étude, nous avons cité les principales méthodes couramment employées en Afrique du Sud, en Israël et aux États-Unis, en signalant les caractéristiques qui les différencient. Toutefois, les réactions de la plante aux facteurs susceptibles d'agir sur la composition foliaire étant différentes d'une région à l'autre, il est indispensable d'en acquérir la connaissance par des études préliminaires. C'est le but des essais d'échantillonnage entrepris en Corse ; les résultats du premier de ces essais ont été présentés (24) au premier colloque européen sur le contrôle de la nutrition minérale et le diagnostic foliaire, dont *Fruits* donnera sous peu un compte rendu ; ils feront l'objet du prochain article de cette série.

(A suivre.)

BIBLIOGRAPHIE

- (1) BAR AKIVA, A. — Mise au point du diagnostic foliaire pour l'étude de la fumure des agrumes. *Fruits*, vol. 18, n° 8, 1963.
- (2) BATHURST, A. C. — Method for sampling citrus leaves for diagnosis purposes. *Farm. in South Africa*, 1944, 19, p. 329-330.
- (3) BOTELLA SOTO, C., ROYO IRANZO, J. et PRIMO YUFERA, E. Diagnostico foliar. I. — Relacion entre ciertos caracteres anormales observados en algunas zonas de cultivo del naranjo y el contenido en oligo-elementos de las hojas. *Bol. Inst. nac. Invest. agron.*, Jun 1959, vol. 19, n° 40, p. 51-66.
- (4) BOVÉ, J. M. et VOGEL, R. — L'état sanitaire des agrumes en Corse. *Fruits*, 1961, vol. 16, n° 3, p. 137-142 ; 1962, vol. 17, n° 4, p. 163-169 ; n° 8, p. 351-356 ; vol. 18, 1963, n° 2, p. 53-59 ; n° 3, p. 115-121 ; n° 4, p. 185-187.
- (5) BREWER. — Method de prélèvement pratiquée à la Station de Nelspruit, Rép. Sud-Afr. Rapport de mission J. Praloran, p. 130.
- (6) CAMERON, H. S., MUELLER R. Y., WALLACE A. et SARTORI E. — Influence of age of leaf, Season of Growth and Fruit Production on the Size and Inorganic composition of Valencia orange Leaves. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1952, 60, p. 42-50.
- (7) CAPENA, O., ABRISQUETA, C., SANCHEZ, J. A. et GUILLEN, M. G. — Composicion quimica de hojas de citrus. I. Limonero. *An. Edafol. Fisiol. veg.*, 1957, vol. 16, p. 59-75.

TABLEAU COMPARATIF DES PRINCIPALES MÉTHODES D'ÉCHANTILLONAGE

Pays	Auteurs	Age des feuilles Cycle de printemps	Secteur d'orientation	Nature des rameaux choisis	Nombre de feuilles par arbre	Nombre de feuilles par échantillon	% ou nombre d'arbres échantillonnés par bloc homogène	Nombre d'arbres par unité homogène (ou étendue)	Nombre d'échantillons par bloc homogène	Manutention et préparation des échantillons
AFRIQUE DU SUD	. BATHURST (2)	9 à 10 mois	tout autour de la fron- daison	Fructifères et périphé- riques	10 à 16	± 100	5 à 10 p. cent	-	Deux : l'un pour les arbres sains, l'autre pour les arbres ca- rencés	. Enlever les poussières et sécher à l'air
	. DE VILLIERS et BEYERS (12)	5 à 10 mois	"	"	4	200	30 p. cent	500 arbres	Un, prélevé sur les diagonales à raison de quatre feuilles par arbre	. Lavage à l'acide acétique 2 p. cent + un détergent à 0,2 p. cent ; rinçage à l'eau déméralisée Séchage 48 h à 70°C
	. BREWER (4)	5 ½ à 10 ½ mois	"	"	-	-	-	-	-	. Lavage eau distillée + 0,5 p. cent isopel + 0,25 p. cent acide acétique - Rinçage - essuyage Séchage à 60° C Stockage en bouteille de verre de 100 g à 4° C
	. STEYN (30)	9 à 10 mois	"	"	25	1.000	. si verger commercial 10 p. cent . cas des essais : tous les arbres . cas de carence : tous les arbres.	1.000 à 2.000 arbres	Deux et quatre échantillons pour 1.000 et 2.000 arbres	-
ISRAËL	. OPPENHEIMER (23) . HERSCHBERG L. (21) . BAR AKIVA (1)	9 à 10 mois	Secteur Nord	"	15		10 p. cent			. Feuilles lavées, séchées à 70° C . Feuilles lavées, séchées à 65° C - 80° C
ETATS UNIS										
Californie	. CHAPMAN (6)	4 à 10 mois	tout autour de la fron- daison hauteur de 0,3 à 2 m.	"	4	150 à 200	20 p. cent	5 à 25 ha au début, puis unités de 2,5 ha	Un. Si arbres ca- rencés, constituer un échantillon séparé. 4 feuilles par arbre en suivant la diagonale du bloc	. Cf "FRUITS" (Juillet-août 1964)
	. JONES et EMBLETON (13)	4 à 6 mois	tout autour de la fron- daison	non fruc- tifère	4	75 à 100 feuilles	20 arbres	2,5 à 5 ha selon l'état d'homogénéité	Un:	. Lavage à l'eau courante ; puis à l'eau distillée Séchage à 60° C
Floride	. REUTHER et SMITH (25)	4 à 7 mois	tout autour de la fron- daison hauteur en- tre 0,9 et 2,4 mètres	non fruc- tifères et péri- phériques	10	200 pour contrôle de la nutrition d'un ver- ger homo- gène, si contrôle de la nu- trition des ar- bres, ou déficien- ce ou ex- cès ; 2 échantil- lons de 50 feuil- les (10 fe x 5 arbres x 2 unités)	20 arbres par unité	2,5 à 5 ha	Un. Si contrôle de déficience ou d'excès = deux	. Enlever les poussières Laver dans une solution détergente Pour le dosage des métaux lourds : solution déter- gente vérifiée - Rinçage Séchage à 50-65° C
ITALIE	. TOMBESI L. CALE M.T. FIGORELLI E. (37) . RUSSO F. (32)	6 à 7 mois		non fruc- tifère						
ESPAGNE	. BOTTELA (3) . CAPENA (7)	7 à 10 mois	tout autour de la fron- daison		10	60	10 arbres pour 0,25 ha			. Lavage eau + détergent ; séchage à 70° 3 - 4 heures poudre conservée en flacons de verre

- (8) CHAPMAN, H. D. — Leaf and soil analysis in Citrus orchards. *Manuel 25. California Agricultural Experiment Station*, 1960.
- (9) CHAPMAN, H. D. — Tentative leaf analysis standards. *Cal. Citrograph*, 1949, n° 34, p. 518.
- (10) CHAPMAN, H. D. — Le diagnostic foliaire et l'analyse du sol des plantations d'agrumes comme moyen de guider les pratiques de fertilisation du sol. *Fruits*, 1960, vol. 15, n° 10, p. 435-441.
- (11) CHAPMAN, H. D. — Techniques proposées pour le prélèvement et la manutention des échantillons foliaires en vue de déterminer l'état nutritif de quelques productions agricoles, horticoles et arbustives. *Fruits*, 1964, vol. 19, n° 7, p. 367-377.
- (12) CHAPMAN, H. D. et BROWN, S. M. — Leaf analysis reveals needs. New method of estimating the fertilizer needs of citrus trees. *Citrus leaves*, 1943, 23, 11, 9.
- (13) CHAPMAN, H. D. et BROWN, S. M. — Analysis of orange leaves for diagnosing nutrient status with reference to potassium. *Hilgardia*, 1950, 19, p. 501-540.
- (14) DE VILLIERS, J. I. et BEYERS, C. J. — Leaf analysis as a guide to fertilisation in commercial orange growing. *Plant analysis and fertilizer Problems*. Ed. W. Reuther, 1961, p. 107-119.
- (15) EMBLETON, F. W., JONES, W. W. et LABANAUSKAS, C. K. — Sampling orange leaves. Leaf position important. *Cal. Citrograph*, sep. 1962, vol. 47, n° 11, p. 382-396.
- (16) EMBLETON, F. W., LABANAUSKAS, C. K., JONES, W. W. et CREE, C. B. — Interrelation of leaf sampling methods and nutritional status of orange trees and their influence on the macro and micro-nutrient concentration in orange leaves. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, jun. 1963, vol. 82, p. 131-141.
- (17) GEORGES LEVI, F. — Les applications du diagnostic foliaire aux agrumes. *Fruits*, 1958, vol. 13, n° 9-10, p. 378-394.
- (18) HAAS, A. R. C. — Effects of the rootstock on the Composition of Citrus trees and Fruit. *Pl. Phys.* 1948, 23, p. 309-330.
- (19) HARDING, R. B., RYAN, T. M. et BRADFORD, G. R. — A comparison of the macroelement composition of orange leaves from non fruiting and fruiting terminals. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1962, 80, p. 255-258.
- (20) JONES, W. W. et PARKER, E. R. — Seasonal variations in mineral composition of orange leaves as influenced by Fertilizer Practices. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1950, 55, p. 92-100.
- (21) JONES, W. W., PEARSON, H. E., PARKER, E. R. et HUBERTY, M. R. — Effects of sodium in Fertilizer and in Irrigation water on concentration in leaf and Root tissues of Citrus trees. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1952, vol. 60, p. 65-70.
- (22) KOO, R. J. C. et SITES, J. W. — Mineral Composition of Citrus leaves and fruit as associated with position on the tree. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1956, 68, p. 245-252.
- (23) MAILLARD, S. — Note sur les variations de composition des feuilles d'orangers en Tunisie. Rapport présenté au IV^e Congrès international de l'agrumiculture méditerranéenne. *Fruits et Primeurs*, 1957, vol. 27, n° 289, p. 147-152.
- (24) MARTIN, PREVEL P., DEL BRASSINNE, J., LOSOIS P., et LA-COEUILHE, J. J. — Échantillonnage foliaire des agrumes en Corse : influence de la position des feuilles sur l'arbre. Communication présentée au Colloque européen sur le Contrôle de la Nutrition minérale, Montpellier, octobre 1964.
- (25) MONSELISE, S. P. and HEYMANN-HERSCHBERG, L. — Influence of exposure and age on dry matter content, area and mineral composition of Shamouti orange leaves. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1953, 62, p. 67-74.
- (26) MOREIRA, S. — Un novo problema para nossa citricultura. *Rev. Agr. Piracicaba* 35, 1960 p. 77-82.
- (27) OPPENHEIMER, A. C. — Method for sampling citrus leaves for diagnosis purposes. *Farm. in South Africa*, 1944, 19, p. 329-330.
- (28) PRALORAN, J. C. — Premières recherches sur le diagnostic foliaire des agrumes. *Bull. Soc. Sci. nat. phys. du Maroc*, 1955, Tome XXXV, 2^e trim.
- (29) REUTHER, W. et SMITH, P. — Leaf analysis of citrus, in fruit nutrition. Ed. by Childers, 1954, p. 257-294.
- (30) RODRIGUEZ, O. — Problème du stem-pitting dans une expérience de fertilisation d'orangers 'Pera'. Communication résumée dans *Fruits*, déc. 1963, vol. 18, n° 11, p. 512.
- (31) RODRIGUEZ, O. et ROMANO GALLO. — Levantamento do estado nutricional de pomares citricos de Sao Paulo pela analise foliar. *Bragencia*, déc. 1961, vol. 20, n° 48, p. 1183-1202.
- (32) RUSSO. — Extrait du compte rendu du II^e Colloque sur les problèmes du diagnostic foliaire, de la nutrition azotée et des carences dans la nutrition des agrumes. Secrétariat du C. L. A. M., Madrid, 1962.
- (33) SALIBE, A. A. et VICTORIA ROSSETTI. — Stem pitting et dépérissement de l'orange 'Pera' dans l'état de Sao Paulo. Communication résumée dans *Fruits*, déc. 1963, vol. 18, n° 11, p. 510.
- (34) SMITH, P. F., REUTHER, W. et SPECHT, A. W. — The influence of rootstock on the mineral composition of Valencia orange leaves. *Plant Physiology*, 1949, 24, p. 455-461.
- (35) SMITH, P. F. et REUTHER, W. — Seasonal changes in Valencia Orange trees. I. Changes in leaf dry weight, ash, and macro-nutrient elements. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1950, 55, p. 61-72.
- (36) STEYN, W. J. A. — The errors involved in the sampling of citrus and pineapple plants for leaf analysis purposes. *Plant analyses and fertilizer problems*. Ed by Reuther AIBS Washington D. C., 1961, p. 409-430.
- (37) TOMBESI, L., CALE, H. T., et FIORELLI, E. — Ricerche orientative di diagnostica foliare su aranceti dell'agro di fondi compinte nel 1957. *Ann. Staz. Chim. agrar.*, 1956, 57, Série III, Publ. n° 132.
- (38) WALLACE, A. R. T., MUELLER et SQUIER, M. G. — Variability in orange leaves of the same age and collected from a single tree. *Proc. Am. Hort. Soc.* 1952, 60, p. 51-54.

RÉSUMÉ. — La composition minérale des feuilles d'agrumes varie en fonction de nombreux facteurs : la région, l'âge des feuilles, la variété, le porte-greffe...

C'est pourquoi l'utilisation de l'analyse foliaire pour la fixation des programmes de fumure impose, au préalable, le choix d'une méthode d'échantillonnage qui tienne compte de ces particularités.

L'application d'une méthode ainsi définie doit servir à déterminer la composition minérale du verger type (valeurs « standards ») à laquelle seront comparés les résultats d'analyses de feuilles prélevées de façon identique dans un verger dont on désire établir ou modifier la fumure.

La présente étude passe en revue les méthodes d'échantillonnage utilisées par différents chercheurs.

Un tableau comparatif donne les caractéristiques qui différencient les techniques de prélèvement pratiquées dans les principales régions agrumicoles, en Europe, en Afrique du Sud et aux États-Unis.

Avant de définir une méthode valable dans une région agrumicole nouvelle, il est toutefois indispensable de connaître les réactions de la plante dans ces conditions de milieu.

C'est le but des études préliminaires entreprises en Corse ; les résultats de ces essais feront l'objet d'un prochain article.

