

LE LABORATOIRE DE DIAGNOSTIC FOLIAIRE DE L'I.R.H.O.

ORGANISATION ET ACTIVITÉS

A. BONVALET et M. SERVANT

Ing. ENSCR, Ing. ESPCI
Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux, Paris

Depuis sa création en 1949 et devant le succès rencontré par l'application de la méthode du diagnostic foliaire à l'étude des carences et des besoins en engrais de l'arachide, puis du palmier et du cocotier, la demande d'analyses et le nombre des éléments à déterminer n'ont cessé de croître, ce qui a conduit le laboratoire spécialisé de l'I. R. H. O. à modifier à plusieurs reprises ses techniques analytiques.

Un article publié en 1952 [1] a donné sommairement le principe des méthodes utilisées alors, ainsi que l'organisation adoptée pour réaliser en 1951 environ 3 500 déterminations de N, P, K, Ca et Mg.

En 1972, le laboratoire a traité plus de 8 500 échantillons sur lesquels il a effectué environ 35 000 dosages d'éléments majeurs, Na compris, et près de 15 000 déterminations de Cl et de S et des oligoéléments suivants : Fe, Cu, Mn, Zn, Al, B, Mo.

Le présent article se propose de décrire dans les grandes lignes l'organisation actuelle de cette section des laboratoires de l'I. R. H. O., qui comprend essentiellement, outre des salles de broyage et de stockage, une salle des balances, des laboratoires spécialisés, l'un pour les éléments majeurs, l'autre pour les oligoéléments, S et Cl, et un laboratoire pour la photométrie de flamme et la spectrophotométrie d'absorption atomique.

Il a semblé intéressant de suivre pour cela le cheminement de l'échantillon depuis sa réception par le laboratoire jusqu'à l'envoi des résultats des mesures au service de calcul du Département Statistique de l'I. R. H. O., dont le fonctionnement et en particulier l'intervention dans le calcul et le contrôle des analyses ont été récemment décrits [2].

TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS AVANT ANALYSE

Les prélèvements foliaires, qui ont été séchés sur place pour des raisons de conservation, sont à leur arrivée à l'I. R. H. O. enregistrés par le Département Statistique. Ils se présentent en petits paquets de morceaux de folioles, pour le palmier et le cocotier, en sachets contenant des feuilles entières pour les arachides, accompagnés d'une fiche signalétique. Leur poids peut varier de 5 à 50 g.

Après un séchage complémentaire réalisé dans une étuve à 60° et destiné à en faciliter le broyage, les échantillons sont réduits en une poudre fine au moyen d'un broyeur à marteaux Gondard (tamis 5/10 mm) pour les plus importants d'entre eux et d'un broyeur

à couteaux Wiley (tamis 40 mesh) ou d'un simple moulin à café pour les autres.

Le produit obtenu est transvasé — avec sa fiche signalétique — dans une enveloppe en papier kraft sur laquelle on reporte le n^o de l'échantillon suivi d'une lettre rappelant la nature de la plante, palmier, cocotier ou arachide, ou de l'indication complète, s'il s'agit de cendres, de racines, etc...

Les échantillons en attente d'analyse sont classés dans des meubles à tiroirs placés dans la salle des balances. En fin d'analyse, ils sont entreposés dans un autre local où ils sont conservés en général pendant 5 années.

N, P, K, Ca, Mg sont déterminés de façon systématique sur tous les prélèvements foliaires, Na sur le cocotier et dans certains cas pour le palmier, Cl sur une grande partie des échantillons, S sur 1/3 environ. Quant aux oligoéléments, ils ne sont demandés que sur un nombre limité d'échantillons.

ORGANISATION DU TRAVAIL

Le laboratoire reçoit tous les 15 jours un programme de travail comportant la liste des échantillons à analyser ainsi que les éléments à doser.

En ce qui concerne les éléments majeurs, N est dosé par un premier chimiste, qui procède en outre à la détermination du p. 100 de matière sèche sur environ 5 p. 100 des échantillons — plus pour les expériences ne comportant qu'un petit nombre de prélèvements — taux qui servira au calcul des teneurs sur sec ; P est dosé par un second chimiste, qui prépare les solutions sur lesquelles un troisième chimiste fera les dosages de K, Na, Ca et Mg.

Les autres analyses sont effectuées par l'ingénieur responsable de la section diagnostic foliaire assisté d'un chimiste.

Les techniciens disposent de cahiers munis d'un papier carbone et comptant 15 lignes par feuillet détachable — ce qui représente une série — sur lesquels, pour chacun des éléments, ils inscrivent en regard des numéros des échantillons, les mesures effectuées : pesées, longueurs des pics ou densités optiques, volumes des aliquotes, dilutions, etc... Lorsque les analyses sont terminées, on détache les feuillets correspondants pour les remettre au bureau de calcul.

L'exécution d'un nombre élevé d'analyses a nécessité, comme nous le verrons plus loin, l'adoption de méthodes rapides faisant appel à des appareils automatisables et d'un fonctionnement sûr. Mais il a fallu

aussi créer, pour ce travail en série, tout un petit équipement destiné à faciliter la manipulation de nombreuses pièces de verrerie, fioles jaugées, ballons Kjeldahl, tubes à essai, capsules et certaines opérations telles que la filtration. On a donc réalisé des supports, casiers, plateaux, bancs à filtrer, dont la capacité unitaire est en général de 15 échantillons (ou série élémentaire), avec le cas échéant, 3 à 5 places supplémentaires pour les standards.

Afin de réduire le lavage de vaisselle, on a été conduit à remplacer, chaque fois que cela était possible, la verrerie par des récipients en matière plastique à jeter après usage.

Les échantillons ne sont en principe analysés qu'une fois. Cependant, afin de contrôler en permanence la qualité du travail et de déceler sur le champ certaines erreurs, on introduit de façon systématique dans les séries à analyser des échantillons « témoins » qui suivent le cycle complet des opérations. Ces derniers sont obtenus à partir de lots de quelques kilogrammes de feuilles soigneusement broyées et homogénéisées avant répartition dans des enveloppes en papier kraft qui sont remises aux chimistes en même temps que les échantillons à analyser. On distingue d'ailleurs les témoins « journaliers », toujours les mêmes, utilisés à raison de 1 pour 30 échantillons, et les témoins dits de « stations » de même nature que les prélèvements foliaires à analyser auxquels on les ajoute sur la base de 1 pour 20 échantillons, avec un minimum de 1 par expérience agronomique.

Ces témoins sont les seuls échantillons pour lesquels les techniciens calculent immédiatement des teneurs en les divers éléments afin de les comparer aux résultats antérieurement obtenus. Ils sont en outre utilisés par le bureau de calcul pour l'établissement et la surveillance des coefficients de variation.

Rappelons que la détection des résultats aberrants est effectuée en construisant des diagrammes de corrélation entre les divers éléments et que des analyses de contrôles sont refaites pour les échantillons dont les points représentatifs sortent des ellipses de corrélation [1].

ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

1. — Dosage de l'azote.

C'est la méthode de Kjeldahl qui a été adoptée pour la minéralisation. La prise d'essai — 100 à 150 mg de poudre végétale — est introduite dans un ballon Kjeldahl au moyen d'une cuillère à long manche. On ajoute 1 g de catalyseur au sélénium, 3 ml d'acide sulfurique concentré et laisse en contact 30 mn avant de porter sur une grille de minéralisation à 20 places équipée de petits brûleurs Bunsen, où l'on maintient l'ébullition pendant 1 h.

Après refroidissement le résidu de l'attaque est dilué avec de l'eau purifiée sur colonne échangeuse d'ions SAGEI. L'addition d'eau est faite en série avec un jaugeur automatique à piston.

Les solutions obtenues sont soigneusement homogénéisées et stockées dans des pots en matière plastique munis de couvercles, groupés par séries de 15 dans des caissettes sur lesquelles sont reportés les n^{os} de série figurant sur chacun des feuillets du cahier N, ainsi que la date.

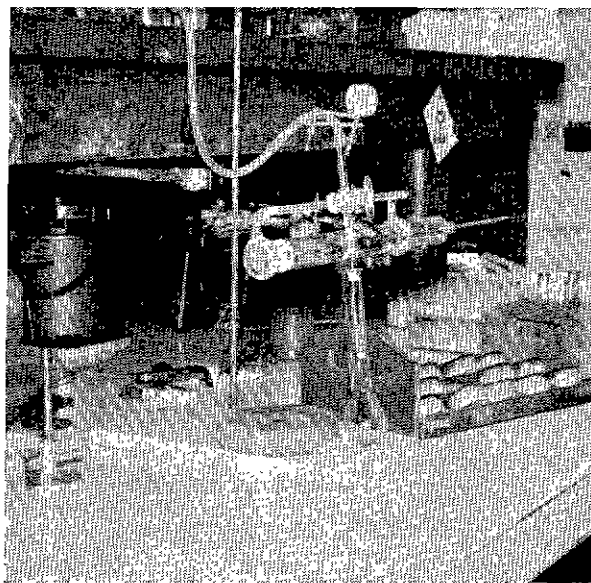


Fig. 1. — Appareil à diluer pour l'azote. A l'arrière-plan, bain-marie et colorimètre de l'auto-analyseur Technicon.

Le dosage proprement dit basé sur la réaction de Berthelot — coloration au bleu d'indophénol — est réalisé au moyen d'un auto-analyseur Technicon.

Cet appareil à flux continu qui est utilisé depuis plusieurs années au laboratoire de l'I.R. H. O. pour les dosages colorimétriques comporte essentiellement :

- un plateau distributeur d'échantillons (godets plastiques de 2 ml) à 40 places, muni d'une aiguille de prélèvement, dit « Sampler IV » ;
- une pompe à galets qui, en écrasant des tubes plastique calibrés, provoque l'aspiration des solutions à doser et des divers réactifs, leur mélange par passage dans de petites bobines en verre, et la séparation des portions de solutions par des bulles d'air ;
- un bain thermostatique, contenant une bobine dite de délai, où s'effectue et se complète la réaction colorée ;
- un photocalorimètre à filtres relié à
- un enregistreur.

Le plateau distributeur dont la vitesse est réglable au moyen d'une came, tourne ici à la vitesse de 40 échantillons à l'heure. Cette came fixe en même temps que la vitesse, le temps de prélèvement de l'échantillon et le temps de rinçage.

Chaque série de 15 godets — dans lesquels on a versé les solutions à doser — est séparée de la suivante par 1 godet d'eau, 3 godets contenant des solutions standards, et à nouveau 1 godet d'eau.

La vitesse pratique de passage des échantillons est ainsi ramenée à 30/h.

Les standards sont préparés à partir d'une solution de $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ à 2 000 $\mu\text{g N/ml}$.

Le technicien, qui au cours de la journée d'utilisation de l'appareil alimente le plateau distributeur, calcule les résultats concernant les échantillons témoins et reporte sur son cahier les densités optiques correspondant aux pics lues sur l'enregistrement.

En une journée, il est ainsi possible de faire quelque 200 à 225 déterminations environ. Cela suppose évidemment qu'on a pu préparer les solutions correspondantes, ce qui demande 3 jours de travail.

2. — Dosage du phosphore.

La minéralisation des échantillons est faite par voie sèche. Les poudres (300 à 500 mg) pesées dans de petites capsules de silice à fond plat numérotées sont calcinées pendant 30 mn dans un four à moufle réglé à 500-520° dont la capacité est de 12 capsules.

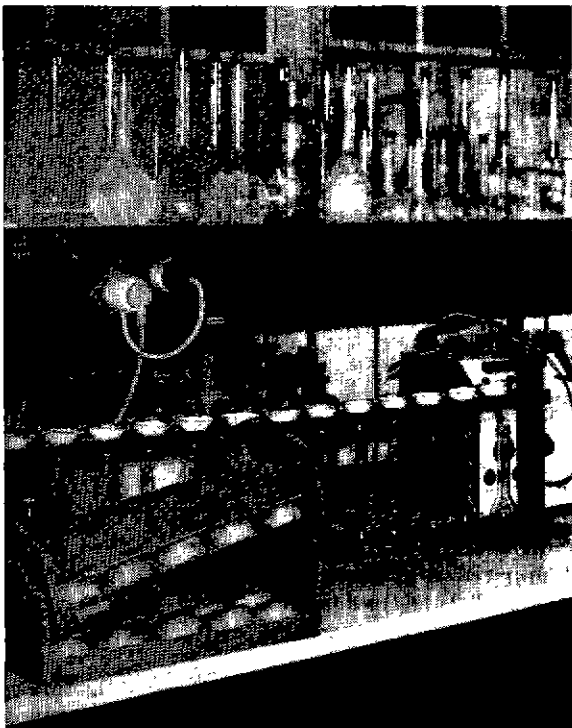


FIG. 2. — Banc à filtrer ; plateaux pour la manipulation des capsules de silice.

La silice est insolubilisée par traitement chlorhydrique, évaporation à sec au bain-marie et séjour à l'étuve à 105° pendant une heure. Cette façon d'opérer donne la certitude que P est présent sous la forme orthophosphate. Après reprise par de l'acide chlorhydrique dilué et filtration dans une fiole jaugée de 50 ml, des prélèvements sont faits dans des tubes à essais disposés dans des portoirs de 15 tubes sur lesquels est indiqué le n° de série figurant sur le cahier P. Ces tubes sont bouchés en attendant la détermination de P d'une part, et de K, Ca, Mg, Na, d'autre part.

C'est la réaction colorée jaune du phosphovanadomolybdate qui est mise à profit pour le dosage automatique de P dans les solutions ainsi obtenues au moyen de l'auto-analyseur Technicon.

La cadence de passage des solutions est de 60/h, donc nettement plus élevée que celle adoptée pour N et le rapport des temps de prélèvement et de rinçage est de 1/1. Compte tenu des solutions standards et des godets d'eau qui séparent les séries entre elles, la vitesse pratique est de 45 échantillons/h.

Les standards sont préparées à partir d'une solution de phosphate monopotassique à 1 000 $\mu\text{g P/ml}$ et contiennent la même quantité d'HCl que les solutions d'échantillons.

Au cours de la journée d'utilisation le technicien alimente le plateau distributeur en solutions à analyser, calcule les résultats concernant les témoins et inscrit sur le cahier P les densités optiques lues sur l'enregistreur pour les échantillons et les standards.

3. — Dosage du potassium et du sodium.

Ces deux éléments ont été dosés pendant un certain nombre d'années au moyen d'un spectrophotomètre Beckman muni d'un dispositif de flamme butane-oxygène, puis hydrogène-oxygène [1-3] utilisé également pour Ca et Mg. La nécessité d'automatiser les analyses a conduit à séparer ces deux catégories de dosages et à adopter pour K et Na un photomètre à flamme air-butane Electrosynthèse, modèle Ph F 62, équipé de filtres sélectifs.

Cet appareil, qui comportait à l'origine un passeur d'échantillons avec un plateau à 60 places tournant à la vitesse de 90 éch./h, est relié à un enregistreur SEFRAM modèle Servotrace.

Afin de préparer une automatisation plus poussée, on a substitué au passeur initial un distributeur « Sampler II » rendu disponible par une modernisation partielle de notre chaîne autoanalyseur Technicon, et la vitesse de passage des godets a été portée à 100/h avec un rapport des temps de prélèvement et de rinçage de 2/1.

Compte tenu des solutions standards et des godets d'eau nécessaires pour le rinçage et la définition de la ligne de base, la cadence pratique est ramenée à 75-80 éch./h, ce chiffre comprenant les échantillons témoins.

Le principe du dosage lui-même est très simple ; les solutions à analyser sont pulvérisées finement dans la flamme et les radiations émises par les divers éléments qui sont excités sont filtrées par des filtres interférentiels avant de frapper une cellule photo-électrique. On compare les signaux donnés par les échantillons à ceux des solutions standards.

A cause de la très grande sensibilité de cette technique dans le cas du potassium et du sodium, il est nécessaire de travailler à de faibles concentrations. On procède donc à une dilution à l'aide d'un auto-diluteur à seringues MK II (Hook et Tucker) réglé pour prélever 1 ml et le diluer avec 19 ml d'eau. Notons incidemment que le réglage des volumes n'a pas besoin d'être rigoureux puisque l'appareil est utilisé également pour la préparation des standards, à partir des solutions mères, mais il doit permettre une excellente répétabilité.

Pour K, on opère généralement avec des standards 0-2,5-5 et 10 $\mu\text{g/ml}$ et pour Na, à 0-2,5 et 5 $\mu\text{g/ml}$, concentrations pour lesquelles les réponses sont proportionnelles.

Etant donné la vitesse de passage élevée des solutions, il est préférable de travailler avec des séries importantes, ici 200 à 225 échantillons. Il est par contre impossible de relever au fur et à mesure les longueurs des pics obtenus sur les enregistrements et les 400 à 500 pics correspondant à ces échantillons doivent être dépouillés ultérieurement.

Cette partie du travail est fastidieuse et prend beaucoup de temps. Des essais sont actuellement en cours pour la supprimer grâce à l'utilisation d'un compteur digital et d'une imprimante.

4. — Dosage du calcium et du magnésium.

Ces deux déterminations sont faites par absorption atomique avec un spectrophotomètre à simple faisceau Perkin Elmer 290 B. Les radiations émises par une lampe à cathode creuse réalisée avec l'élément

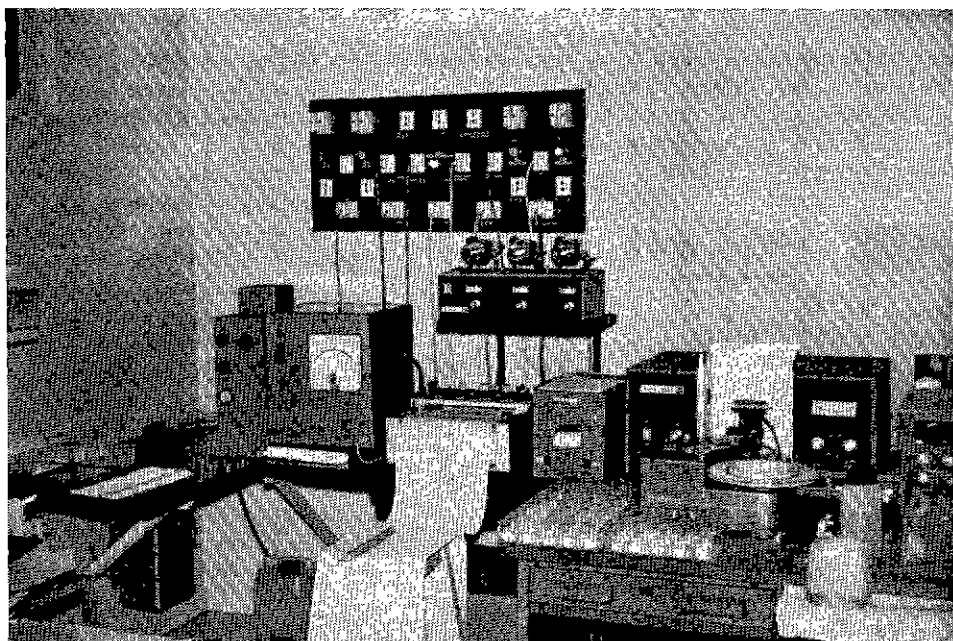


FIG. 3. — Installation de photométrie de flamme et de spectrophotométrie d'absorption atomique.

à doser traversent une flamme acétylène-air dans laquelle, comme en émission, on pulvérise la solution de l'échantillon à analyser.

Les éléments dissociés de leurs composés chimiques et à l'état fondamental absorbent les radiations provenant de la lampe à cathode creuse, d'où un abaissement de l'intensité de la lumière reçue par le photomultiplicateur de l'appareil.

Le dosage de Mg est effectué sur les dilutions mêmes préparées pour K et Na et la gamme des standards utilisés couvre l'intervalle 0-2,5 $\mu\text{g/ml}$, intervalle dans lequel le signal est proportionnel à la concentration.

Pour Ca, il est nécessaire d'opérer en présence d'un tampon spectral, le lanthane, destiné à éliminer les interférences dues à P. La dilution, également au 1/20, est réalisée avec une solution de chlorure de lanthane, de façon à ce que les solutions passées au spectrophotomètre contiennent 0,3 p. 100 de La. La gamme de standards utilisée est 0-5 et 10 $\mu\text{g/ml}$.

Le passeur d'échantillons « Sampler II » Technicon est utilisé avec une came 120 donnant un temps de prélèvement égal à celui du rinçage. La vitesse de passage des solutions est de 120/h, ce qui correspond à une cadence pratique de 90 échantillons par heure.

Le spectrophotomètre est relié au même enregistreur que le photomètre. Les longueurs des pics mesurés sur les enregistrements sont reportés sur le cahier Ca-Mg.

Comme pour les autres éléments, seuls sont calculés au laboratoire les résultats concernant les échantillons témoins.

De même que pour K et Na la mise en service d'une imprimante permettra de réduire le temps nécessaire au dépouillement des enregistrements.

5. — Dosage du chlore.

Cet élément est déterminé depuis quelques années par potentiométrie sur la presque totalité des prélèvements foliaires de palmier et sur quelques-uns des

échantillons de cocotier reçus au laboratoire, plus rarement sur les feuilles d'arachide.

L'appareil utilisé est un potentiomètre millivoltmètre TTT 2 de Radiometer, équipé de 2 électrodes, l'une d'argent, l'autre servant de référence, au sulfate mercurieux.

Le nitrate d'argent (N/15) est ajouté à la solution à doser au moyen d'une autoburette ABU 11 couplée avec le potentiomètre, qui stoppe la burette en même temps qu'un voyant rouge s'allume lorsque le point d'équivalence — que l'on a déterminé au préalable en établissant la courbe du titrage de NaCl par NO_3Ag — est atteint.

L'extraction des chlorures est réalisée par agitation pendant 5 mn, sur un agitateur magnétique, d'un g d'échantillon de feuilles sèches pulvérisées, en présence de 50 ml d'acide nitrique dilué 0,3 N.

Un opérateur expérimenté peut analyser ainsi 60 à 80 échantillons par jour.

6. — Dosage du soufre.

Cette détermination qui est assez souvent demandée au laboratoire comporte une mise en solution dans des conditions telles que S est oxydé sous forme de sulfate et une turbidimétrie de SO_4Ba .

L'échantillon est traité par de l'acide nitrique concentré, puis après addition de nitrate de magnésium, il est chauffé au bain marie et au bain de sable, et enfin calciné 3/4 h dans un four à moufle porté à 500° environ.

La silice est insolubilisée par l'acide chlorhydrique et séparée par filtration.

Le dosage proprement dit peut être réalisé par une méthode manuelle ou au moyen de l'auto-analyseur Technicon.

Dans le premier cas, SO_4Ba est précipité en présence de Tween 20 et, après un temps d'attente bien déterminé, on mesure la densité optique à 400 nm au spectrophotomètre Jean et Constant. Les solutions standards titrent 0 — 5 — 10 et 15 $\mu\text{g S}$ (sulfate)/ml

et contiennent la même concentration en Cl_2Mg que les solutions à analyser.

Pour le dosage automatique, on remplace le Tween 20 par de la gélatine très pure. Une vanne électrique spéciale est nécessaire pour réaliser le rinçage des tubes calibrés avec de l'EDTA entre chaque échantillon et éviter l'encrassement rapide de la cuve du colorimètre par le précipité de SO_4Ba .

Quelques essais ont été faits pour doser S (SO_4) soluble des feuilles par extraction avec de l'acide acétique dilué et S (SO_4) résiduel contenu dans les cendres.

7. — Dosage des oligoéléments.

a) Fe, Mn, Zn, Cu.

Il est relativement facile et rapide de doser le fer, le manganèse, le zinc et le cuivre par spectrophotométrie d'absorption atomique. Il est toutefois nécessaire de modifier la technique de minéralisation utilisée pour les éléments majeurs afin d'éviter les pertes par volatilisation, par adsorption sur la silice et le carbone, ou par formation de silicates insolubles.

La calcination est réalisée dans le platine pour permettre un traitement par l'acide fluorhydrique qui élimine la silice. Par ailleurs, on effectue une précalcination sur bain de sable avant de porter au four à moufle et le traitement par FH est précédé d'une extraction des constituants solubles dans l'acide chlorhydrique dilué.

Les modes opératoires utilisés pour la détermination de chacun de ces oligoéléments sont très proches de ceux décrits dans un article paru il y a quelques mois [4].

Notons que ce mode de minéralisation très laborieux convient également pour la détermination des éléments majeurs. Pour le cuivre, dont les teneurs dans les plantes oléagineuses étudiées à l'I. R. H. O. sont en moyenne de 6 à 8 ppm (sur sec), il est préférable de procéder à une concentration avant la spectrophotométrie : on évapore à sec une aliquote et reprend par un volume réduit d'acide chlorhydrique dilué. Les conditions opératoires sont les suivantes :

	Fe	Mn	Zn	Cu
Longueur d'onde (Å)	2 483	2 798	2 138	3 247
Fente (Å)	2	7	7	7
Domaine de concentration (µg/ml)	0 à 20	0-20	1-5	1-5

b) Al.

La calcination est réalisée à 500° dans les capsules de silice. Le dosage utilise la formation d'une laque rouge avec l'Eriochrome cyanine en présence d'un tampon, dont le maximum d'absorption est à 535 nm ; l'interférence du fer est supprimée par addition d'acide ascorbique et celle de P compensée par l'emploi de standards complexes adéquats.

c) Mo.

Le dosage de cet élément est particulièrement délicat du fait de sa très faible teneur dans les feuilles (souvent

inférieure à 1 ppm). La prise d'essai est calcinée sur bain de sable, puis au four à moufle à 500°. On insolubilise la silice et reprend par de l'acide chlorhydrique dilué.

Le molybdène est extrait de la solution obtenue par de l'alcool isoamylique sous forme d'un complexe vert formé avec le dithiol.

La mesure de la densité optique est faite à 680 nm ; la gamme de standards couvre l'intervalle de concentration 0-0,05-0,15 µg Mo/ml.

d) B.

Cet élément est dosé par colorimétrie, soit avec la quinalizarine en milieu acétique, soit avec la dianthrimide en solution sulfurique.

Dans le premier cas, l'échantillon précalciné au bain de sable est additionné d'eau de chaux destinée à fixer le bore et après calcination à 520°, les cendres sont reprises directement par de l'acide acétique.

La coloration du complexe formé avec la quinalizarine varie du jaune au violet en passant par le rose.

Le dosage peut être fait par comparaison visuelle avec une gamme appropriée ou par spectrophotométrie à 525 nm. La gamme utilisée s'échelonne de 0 à 5 µg B/ml.

La méthode à la dianthrimide comprend une calcination en présence de magnésie, suivie d'une reprise des cendres par de l'acide acétique dilué. Le dosage colorimétrique peut être facilement automatisé au moyen de l'auto-analyseur Technicon. La coloration du complexe formé en présence de B varie du bleu au vert ; la densité optique est mesurée à 630 nm.

* * *

Nous avons vu les précautions prises pour contrôler en permanence, au sein même du laboratoire, la qualité des analyses. Mais il était par ailleurs indispensable pour les recherches agronomiques de pouvoir comparer nos résultats avec ceux mentionnés dans la littérature. C'est une des raisons pour lesquelles le laboratoire de l'I. R. H. O. a participé activement aux travaux entrepris par un Comité Inter-Instituts d'Etude des Techniques d'Analyses du Diagnostic Foliaire qui regroupait, en 1951, les laboratoires de 8 Instituts spécialisés et dont l'objectif était de confronter les techniques analytiques utilisées par ses membres et d'améliorer l'exactitude et la précision des résultats. Les conclusions d'une première enquête furent publiées en 1961 [5]. Depuis, le nombre des membres de ce Comité s'est considérablement accru par l'adhésion de laboratoires d'Etat et privés, français et étrangers. Il rassemble actuellement les spécialistes de 24 organismes [4] qui se rencontrent deux fois par an pour examiner les résultats des analyses portant sur des échantillons foliaires qui leur ont été adressés.

Ces travaux ont abouti à la publication en 1969 [6] d'un article donnant des modes opératoires détaillés utilisables comme méthodes de référence pour la détermination des éléments majeurs, ainsi que les écarts types et les coefficients de variation obtenus pour l'ensemble des participants sur 4 plantes.

Plus récemment, un nouvel article a été [4] consacré cette fois à l'application de la spectrophotométrie d'absorption atomique au dosage de Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu. Des améliorations sensibles ont ainsi été

apportées à la détermination de Ca et Mg. Des progrès sont encore nécessaires pour Zn et Cu. Mais il reste encore un important travail de mise au point à faire pour le dosage de B, S, Mo, Na, etc...

Le Comité Inter-Instituts d'Etude des Techniques d'Analyses du Diagnostic Foliaire est en train de constituer des échantillons foliaires de diverses plantes qui, après avoir été analysés par l'ensemble de ses membres, pourront être mis à la disposition des laboratoires intéressés.

Le laboratoire de diagnostic foliaire de l'I. R. H. O. participe aussi, depuis plusieurs années, à une chaîne d'analyse internationale organisée par l'Université d'Agronomie de Wageningen. Créé tout d'abord pour aider les laboratoires régionaux d'agronomie hollandais, le Laboratoire Central des Sols et des Engrais Néerlandais, qui était chargé primitivement de tous les problèmes techniques, (recherche de méthodes, contrôle des laboratoires régionaux, entraînement de techniciens divers), a étendu son action sur le plan international. Le principe de fonctionnement de cette chaîne est simple. Chaque participant — ils sont actuellement au nombre de 54 [7] — reçoit tous les 2 mois, 6 échantillons de plantes sur lesquels il détermine par ses propres méthodes les éléments qui l'intéressent. Il envoie ses résultats et a communication très rapide-

ment de l'ensemble des résultats obtenus dans la chaîne sous forme d'un bulletin comportant, au regard des résultats, les noms des laboratoires responsables. Il est ainsi à même de tirer d'utiles enseignements quant au fonctionnement de son propre laboratoire. Ajoutons que des commentaires peuvent être éventuellement demandés au Laboratoire Central des Sols et des Engrais.

CONCLUSION

Afin de répondre aux besoins en analyses toujours croissants de la Recherche agronomique, le laboratoire de Diagnostic Foliaire de l'I. R. H. O. a été amené à déterminer de nouveaux éléments et à modifier à plusieurs reprises ses méthodes pour en augmenter la précision, les simplifier et les automatiser.

Cependant, bien que les méthodes actuellement utilisées donnent, pour la plupart, satisfaction, des améliorations sont souhaitables. Ces améliorations peuvent être attendues des progrès incessants réalisés dans le domaine des méthodes instrumentales et des recherches effectuées en collaboration avec les divers laboratoires membres du Comité Inter-Instituts d'Etude des Techniques d'Analyses du Diagnostic Foliaire.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] VALANTIN G., BESSUAND J., ESTIENNE A., 1952. — *Oléagineux*, t. 7, n^o 6, p. 363-365.
 [2] BACHY A., 1971. — *Oléagineux*, t. 26, n^o 12, p. 747-752.
 [3] SERVANT M., BESSUAND J., 1950. — *Oléagineux*, t. 5, n^o 8-9, p. 494-496.
 [4] PINTA M. et coll., 1973. — *Oléagineux*, t. 28, n^o 2, p. 87-92.
 [5] PREVOT P. et coll., 1961. — *Oléagineux*, t. 16, n^o 4, p. 241-245.
 [6] C. I. I., 1969. — *Oléagineux*, t. 24, n^o 8-9, p. 497-504.
 [7] Liste des membres de la chaîne d'analyse de l'Université d'Agronomie de Wageningen :

- Benin City Nigerian Inst. for Oil Palm Research, Benin City Nigeria.
 East Malling East Malling Research Station, Maidstone (Kent), England.
 Kuala Lumpur The Rubber Research Institute of Malaya Soils Division, Kuala Lumpur, Malaya.
 London Plantations Group Laboratory Unilever Ltd., London, England.
 Ekona Cameroons Development Corporation Res. Unit, Ekona, Cameroon.
 I. R. H. O.-Paris Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux, Paris, France.
 Penang M. T. L. Malayan Testing Laboratory, Penang, Malaysia.
 Erevan Research Institute for Soil Science and Agrochemistry, Erevan, Armenian-S. S. R.
 Bedong Uniroyal Malaysian Plantations Sdn. Bhd. Process Department, Bedong, Kedah, Malaysia.
 Kottayam The Rubber Research Institute of India, Kottayam, India.
 CNARBRL Laboratoire de la CNARBRL, Nîmes (Gard) France.
 Thairub Rubber Research Station, Haadyai, Thailand.
 RISPA Balai Penelitian Perkebunan Medan. Research Institute of the S. P. A. Medan, Indonesia.
 SASMA Société Agricole de Services au Maroc, Casablanca, Maroc.
 OPRS Oil Palm Research Station, Banting, Malaysia.
 Kampen IJsselmeerpolders, Authority, Soil Research Laboratory, Kampen, The Netherlands.
 Nicosia Laboratory of the Department of Agriculture, Nicosia, Cyprus.
 Maastricht State Experimental Laboratory for Agriculture, Maastricht, The Netherlands.
 Bogor Soil Research Institute, Bogor, Indonesia.
 Akko Sherut Hasadeh Misrad Hahaklout, Akko, Doar Na Oshrat, Israel.
 MARDI Malayan Agricultural Research and Development Institute, Kuala Lumpur, Malaysia.
 Verwoerdburg Leaf Analyses Service, Citrus Exchange Ltd., Verwoerdburg, South-Africa.
 Kuching Agricultural Research Centre, Semongok, Kuching, Serawak, East Malaysia.
 Konedobu Department of Agriculture, Stock and Fisheries, Konedobu, Papua/New-Guinea.
 CELOS Centre for Agricultural Research in Suriname, Paramaribo, Suriname.
 Volcani National University Institute of Agriculture, Institute of Agricultural Research Organisation, The Volcani Centre, Head Department of Subtropical, Horticulture, Bet Dagan, Israël.
 IBS Institute for Biological and Chemical Research on Agricultural crops, Wageningen, The Netherlands.
 Paramaribo Agricultural Experimental Station, Paramaribo, Suriname.
 Rubberbank Technology Department. Socfin Company Berhad, Kuala Lumpur, Malaysia.
 Wonji Agricultural Service Wonji/Shoa, Addis Abeba, Ethiopia.
 Caroni Caroni Research Station, Carapichaima, Trinidad.

Code	Noms
Aalsmeer	Research Station for Floriculture at Aalsmeer, The Netherlands.
Goes	Research Station for Fruit growing in the open at Goes The Netherlands.
Naaldwijk	Research Station for Fruit and vegetable growing under glass at Naaldwijk, The Netherlands.
Oosterbeek	Laboratory for Soil and Crop Testing at Oosterbeek, The Netherlands.
Tropen	Royal Institute for the Tropics at Amsterdam, The Netherlands.
Kalkbureau	Netherlands Agricultural Lime Foundation at De Bilt, The Netherlands.
Leeuwarden	Laboratory for Agriculture in Friesland at Leeuwarden, The Netherlands.
Bosbouw	Research Station for Forestry at Wageningen, The Netherlands.
I. C. W.	Experimental Farm of the Institute for Soil and Water Management at Renkum, The Netherlands.
Vleuten	Experimental Farm of the Horticultural extension service Utrecht at Vleuten, The Netherlands.
S. and F.	Laboratory for Soil and Fertilizers of the State Agricultural Univ., Research Laboratory at Wageningen, The Netherlands.
Wageningen	Lab. for Soils and Fertilizers of the State Agric. Univ., control Laboratory at Wageningen, The Netherlands.
Groningen	Institute for Soil Fertility, Central Laboratory, Haren, The Netherlands.
S. A. S.	Syndicat pour l'Amélioration des Sols et des Cultures, Gargenville (S et O), France.
Montpellier	Laboratoire Coopératif Agricole et Viticole, Montpellier, France.
Galilee	District Laboratory Extension Service Upper Galilee, Kiryat Shmonah, Israël.
Emek Hefer	Central Laboratory of the Fields Extension Service, Ministry of Agriculture, Emek Hefer, Israël.
Ramalaim	Yakhin Hakal, Ramataim, Israël.
Kuala Lumpur Dept.	Department of Agriculture, Kuala Lumpur, Malaysia.
Seremban	Chemara Research Station, Seremban, Malaysia.
Batang Melaka	Dunlop Research Centre, Batang Melaka, Negri Sembilan Malaysia.
Sabah	Agric. Research Centre Tuaran, Sabah, Malaysia.