

# Enquête sur les analyses chimiques de diagnostic foliaire réalisées par huit laboratoires

par **P. PRÉVOT**

avec la collaboration de **M<sup>lle</sup> Beley, C. Egoumenides, J. Lévy, A. Loué, C. Pinazzi, M. Pinta, L. Richard, M. Servant**

Au Colloque « Nutrition Minérale et Engrais » tenu à Abidjan en 1959, il avait été décidé de réaliser une enquête sur les analyses chimiques utilisées pour le diagnostic foliaire. Les résultats rapportés ici sont une manifestation de la collaboration et de la coordination du travail entre les diverses institutions.

Huit laboratoires (désignés par les lettres de A à H) <sup>(1)</sup> ont analysé des échantillons foliaires de neuf plantes : arachide, bananier, café, coton, hévéa, maïs, olivier, palmier, riz.

## 1) Conditions de l'enquête.

Chaque laboratoire a constitué un échantillon de poudre foliaire des cultures qui le concernent. Cet échantillon a été homogénéisé et réparti entre les divers laboratoires.

Sur chaque échantillon foliaire, on a réalisé dix déterminations de N, P, K, Ca, Mg par les méthodes de routine du laboratoire. Chaque participant s'est engagé :

- à ne pas répéter de dosage,
- à répartir les analyses dans ses séries normales, de telle sorte que les causes habituelles de variation interviennent dans le résultat final.

## 2) Techniques analytiques.

Sans entrer dans le détail des méthodes employées, on peut signaler les points suivants :

1) La *minéralisation* des échantillons a présenté quelques variantes :

— calcination simple par élévation très progressive de la température jusqu'à 450° C (E, H) ou par action directe de hautes températures (A = 450° C ; B, C et D = 500-520° C) et calcination double à 450° puis 600° C (G).

— Minéralisation par voie humide avec mélange nitro-perchlorique (F).

— Insolubilisation de la silice (A, C, G, H) ou non (B, D, E, F).

2) *Azote* : les différents laboratoires utilisent la méthode de Kjeldahl, mais font varier la composition du liquide d'attaque ou du catalyseur, et la durée de la digestion (jusque 12 h pour E).

3) *Phosphore* : tous les laboratoires emploient la méthode au vanado-molybdate d'ammonium.

4) *Potassium* : tous les laboratoires ont appliqué la photométrie de flamme, deux laboratoires employant le mélange air-acétylène (A, G), d'autres oxygène-acétylène (B, E, H) ou oxygène-hydrogène (C).

(1) Institut d'Enseignement et de Recherches Tropicales (Laboratoire de Spectrographie, Bondy, Seine) — Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer — Institut Français du Café, du Cacao et autres plantes stimulantes — Institut Français du Caoutchouc — Institut de Recherches du Coton et Textiles exotiques (Laboratoire Coopératif de Diagnostic foliaire, Montpellier) — Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux — Institut de Recherches sur le Caoutchouc au Viet-Nam — Centre technique d'Agriculture Tropicale, Nogent.

L'ordre d'énumération des huit laboratoires n'est pas le même que l'ordre des lettres A à H.

5) *Calcium* : A, C, E, G, H, utilisent la photométrie de flamme, D aussi mais après séparation du Ca à l'état d'oxalate, B, F, la manganimétrie à l'état d'oxalate.

6) *Magnésium* : A, B, C, dosent par photométrie de flamme D, E, F, H, par complexométrie et G par la méthode à l'oxinate.

### 3) Résultats.

Les résultats sont exprimés en grammes d'éléments pour cent grammes de matières sèches.

Ils sont résumés dans les tableaux 1 à 5 qui donnent :

- 1) la moyenne
- 2) l'écart type
- 3) le coefficient de variation.

Pour les laboratoires B et H, on ne donne que les valeurs moyennes, les dosages n'ayant pas été réalisés sur les dix échantillons prévus. De plus, dans certains cas, on ne trouve pas l'écart type, les dix dosages ayant la même valeur.

### 4) Analyse des résultats.

#### a) Comparaison des moyennes.

Sur l'ensemble des participants, six seulement ont exécuté les dix dosages prévus par élément et par plante. L'un de ces six laboratoires n'a pas fourni de résultats pour l'hévéa. On ne peut donc, pour comparer entre elles les moyennes de ces six laboratoires, utiliser que les résultats obtenus sur huit plantes.

Ces moyennes n'ont évidemment aucune signification biologique, elles ne servent qu'à la comparaison et au classement des laboratoires. Dans une première approximation, on peut considérer les variations des quarante-huit résultats correspondant à chaque élément comme soumis à deux causes contrôlées : la plante et le laboratoire et effectuer une analyse de la variance selon le schéma classique (blocs de Fisher). Ce faisant, on suppose que les variances des causes aléatoires sont les mêmes pour

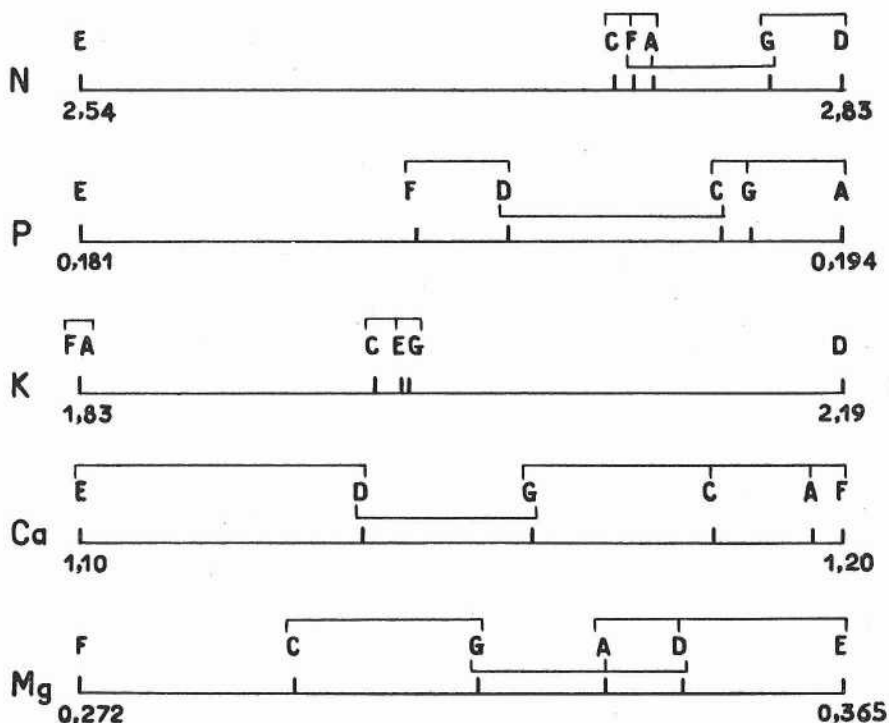


FIG. 1. — Les résultats réunis par un trait ne sont pas significativement différents.

tous les laboratoires, ce qui n'est pas démontré. Ces analyses conduisent au tableau 6. La classification des laboratoires d'après leur moyenne par élément est réalisée dans la figure 1. On a utilisé le test de Duncan pour relier entre eux les laboratoires dont les moyennes ne diffèrent pas significativement.

Par rapport à la moyenne générale, on constate que les variations sont les plus fortes pour Mg et K. Les variations sont relativement faibles pour N, P et Ca (sauf pour le laboratoire N).

Même pour les éléments où les variations par rapport à la moyenne générale sont peu importantes (N, P, Ca) il existe de nombreuses différences significatives entre laboratoires, ceci indique que ces différences sont dues à des causes de variations systématiques.

#### b) Précision des dosages.

La comparaison des coefficients de variation est délicate. En effet, il arrive que les dix valeurs correspondant à une plante et un élément soient identiques, ce qui empêche tout calcul du coefficient de variation. De plus, si la majorité des résultats comporte trois chiffres significatifs, certains n'en comportent que deux, c'est pourquoi on n'a pas fait d'analyse statistique.

Le tableau 7 donne les coefficients de variation (moyenne de huit plantes) pour les différents laboratoires. Ces moyennes doivent être interprétées avec prudence, car elles résultent assez souvent de résultats très divergents. Par exemple, dans le cas du laboratoire E, la moyenne de 2,07 pour N résulte de valeurs allant de 0,67 à 4,90 (tableau 1) et la moyenne de 2,88 pour Ca, de valeurs allant de 0,57 à 5,28 (tableau 4). Dans l'ensemble, la valeur moyenne des coefficients de variation se tient aux environs de trois, sauf pour le laboratoire F où la valeur est nettement plus faible (1,83). On constate aussi que, d'une manière générale, ce sont les dosages en N qui ont le coefficient de variation le plus faible (1,41) et ceux en Mg le plus élevé (4,96).

L'étude des corrélations des éléments entre eux peut donner une bonne image de la précision des dosages. En effet, l'élargissement de l'ellipse de corrélation entre deux éléments indique des erreurs de dosage pour l'un ou l'autre élément (1). On ne peut ici étudier les corrélations des alcalins et alcalino-terreux, car ces corrélations sont variables selon les plantes. L'existence d'une corrélation générale N-P a été démontrée pour de nombreux végétaux dans une autre publication (fig. 2).

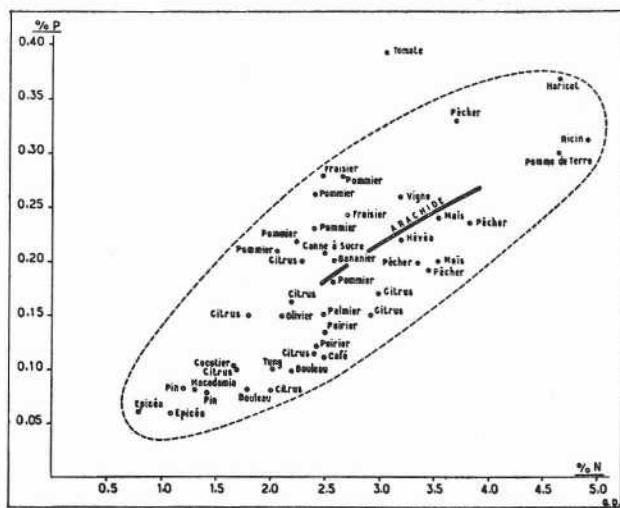


FIG. 2. — Relation entre N et P pour diverses cultures.

Extrait de : La fumure potassique dans les régions tropicales et subtropicales par P. Prévost et M. Ollagnier (Potassium Symposium 1958).

La corrélation générale N-P, calculée par les moyennes par plante pour les divers laboratoires A, C, D, E, F, G est élevée et significative :  $r = + 0,795$ . On retrouve cette corrélation pour les résultats de chaque laboratoire. On a :

$$A : r = + 0,799^*$$

$$C : r = + 0,789^*$$

$$D : r = + 0,780^*$$

$$E : r = + 0,815^*$$

$$F : r = + 0,814^*$$

$$G : r = + 0,772^*$$

(1) Il s'agit bien ici d'erreurs de dosage puisque tous les échantillons ont été homogénéisés.

Tableau 2 - P -

	A	B	C	D	E	F	G	H
Arachide .....	0,251	0,231	0,242	0,233	0,224	0,240	0,248	0,169
Bananier .....	0,251	0,241	0,250	0,241	0,224	0,227	0,256	0,221
Café .....	0,0019	0,0011	1,39	1,15	4,20	3,45	3,19	0,103
Coton .....	0,264	0,247	0,257	0,251	0,25	0,253	0,255	0,221
Hévéa .....	0,190	0,181	0,190	0,187	0,183	0,183	0,180	0,212
Mais .....	0,238	0,227	0,234	0,234	0,22	0,229	0,240	0,160
Olivier .....	0,0161	0,116	0,120	0,121	0,11	0,113	0,120	0,107
Palmier .....	0,178	0,167	0,176	0,171	0,16	0,172	0,166	0,160
Riz .....	0,138	0,135	0,146	0,142	0,13	0,132	0,141	0,122

Tableau I - N -

	A	B	C	D	E	F	G	H
Arachide .....	4,14	4,13	4,14	4,21	3,89	4,14	4,19	4,12
Bananier .....	3,38	3,36	3,34	3,45	3,00	3,38	3,34	3,36
Café .....	2,56	2,50	2,51	2,58	2,26	2,49	2,64	2,49
Coton .....	4,17	4,13	4,09	4,24	3,79	4,08	4,16	4,20
Hévéa .....	2,67	2,74	2,71	2,76	2,73	2,73	2,78	2,48
Mais .....	2,38	2,44	2,41	2,46	2,22	2,41	2,43	2,48
Olivier .....	1,65	1,71	1,64	1,72	1,52	1,66	1,70	1,70
Palmier .....	2,30	2,38	2,32	2,41	2,25	2,36	2,41	2,38
Riz .....	1,48	1,57	1,50	1,57	1,42	1,50	1,55	1,50

Tableau 3 - K -

	A	B	C	D	E	F	G	H
Arachide .....	2,33 0,010 1,36	2,43	2,33 0,0232 3,15	2,82 0,0171 1,92	2,53 0,0190 2,39	2,40 0,0104 1,37	2,62 0,0195 2,35	2,48
Bananier .....	3,88 0,0412 3,35	3,59	4,26 0,0216 1,60	4,36 0,032 2,32	3,96 0,0164 1,31	3,80 0,00447 0,37	4,01 0,0227 1,79	3,83
Café .....	1,95 0,016 2,60	2,02	2,02 0,0188 2,94	2,35 0,0148 1,99	2,14 0,0109 1,61	2,01 0,00365 0,58	2,12 0,0152 2,27	2,05
Coton .....	1,74 0,008 1,45	1,94	1,94 0,0222 3,62	2,21 0,0184 2,63	2,01 0,0134 2,11	1,86 0,00505 0,86	2,00 0,0122 1,93	1,95
Hévéa .....	0,759 0,0117 4,87	0,77	0,862 0,00848 3,11	0,96 0,0164 5,40		0,725 0,00211 0,92	0,82 0,00471 1,82	
Maïs .....	1,58 0,0118 2,35	1,66	1,75 0,0205 3,70	1,95 0,0126 2,04	1,76 0,0060 1,08	1,58 0,00882 1,76	1,76 0,00650 1,17	1,65
Olivier .....	0,848 0,0058 2,16	0,95	1,00 0,0120 3,79	1,11 0,0138 4,52	0,94 0,00628 2,11	0,854 0,00221 0,82	0,92 0,0110 3,78	0,93
Palmier .....	0,549 0,0074 4,27	0,61	0,615 0,00942 4,84	0,73 0,00919 3,98	0,64 0,00305 1,51	0,542 0,00237 1,38	0,63 0,00989 4,96	0,6
Riz .....	1,73 0,010 1,83	1,69	1,81 0,0102 1,78	1,98 0,0144 2,30	1,84 0,00789 1,36	1,56 0,00586 1,19	1,79 0,0339 5,99	1,97

Tableau 4 - Ca -

	A	B	C	D	E	F	G	H
Arachide .....	1,55 0,013 2,65	1,57	1,61 0,0159 3,12	1,51 0,00972 2,04	1,39 0,00249 0,57	1,63 0,00548 1,06	1,62 0,00577 1,13	1,41
Bananier .....	0,604 0,0080 4,17	0,544	0,549 0,00641 1,69	0,560 0,0185 10,4	0,51 0,0119 7,37	0,586 0,00279 1,51	0,56 0,00675 3,81	0,67
Café .....	1,55 0,010 2,04	1,41	1,50 0,0153 3,23	1,43 0,0113 2,50	1,38 0,0138 3,16	1,47 0,00365 0,78	1,48 0,00596 1,27	1,41
Coton .....	2,13 0,0197 2,93	2,19	2,20 0,0313 4,50	2,10 0,0162 2,44	2,11 0,0111 1,67	2,20 0,00211 0,30	2,10 0,0234 3,51	1,92
Hévéa .....	0,698 0,0065 2,94	0,59	0,588 0,00696 3,74	0,630 0,0157 7,88		0,631 0,00658 3,29	0,63 0,00258 1,30	
Maïs .....	1,07 0,0348 10,3	1,03	1,07 0,00557 1,65	1,04 0,0165 5,02	0,96 0,00426 1,41	1,10 0,00527 1,51	1,02 0,00809 2,51	0,99
Olivier .....	1,59 0,0071 1,41	1,51	1,54 0,00920 1,89	1,42 0,0133 2,96	1,50 0,00482 1,02	1,55 0,00577 1,18	1,94 0,00558 1,14	1,47
Palmier .....	0,794 0,0067 2,67	0,71	0,728 0,0113 4,91	0,756	0,69 0,00554 2,54	0,797 0,00502 1,99	0,69 0,00422 1,93	0,72
Riz .....	0,319 0,0099 9,80	0,292	0,305 0,00331 3,45	0,30 0,0039 4,11	0,27 0,00452 5,28	0,506 0,00128 1,32	0,29 0,00422 4,6	0,20

Tableau 5 - Mg -

	A	B	C	D	E	F	G	H
Arachide .....	0,483 0,0070 4,59	0,52	0,462 0,00916 6,27	0,531 0,00167 0,99	0,61 0,00991 5,12	0,423 0,00359 2,68	0,50 0,00258 1,63	0,495
Bananier .....	0,377 0,0026 2,18	0,38	0,357 0,00666 5,90	0,356 0,0032 2,84	0,39 0,0135 11,04	0,295 0,00414 4,44	0,33 0 0	0,3
Café .....	0,363 0,0056 4,87	0,39	0,335 0,00726 6,85	0,390 0,00312 2,53	0,35 0,0103 9,30	0,322 0,00510 5,00	0,36 0,00394 3,46	0,328
Coton .....	0,350 0,0033 2,98	0,36	0,296 0,00760 8,12	0,344 0,00126 1,16	0,35 0,00857 7,75	0,238 0,00219 2,91	0,30 0,00333 3,51	0,369
Hévéa .....	0,325 0,0065 6,32	0,30	0,289 0,00538 5,88	0,341 0,00118 1,09		0,286 0,00528 5,85	0,32 0,00279 2,76	
Maïs .....	0,343 0,0076 7,02	0,306	0,273 0,00342 3,96	0,333 0 0	0,34 0,00389 3,61	0,257 0,00362 4,46	0,31 0,00236 2,41	0,288
Olivier .....	0,242 0,003 3,92	0,22	0,165 0,00640 12,27	0,195 0,0031 5,03	0,22 0,00742 10,66	0,163 0,00207 4,02	0,17 0,00211 3,92	0,105
Palmier .....	0,432 0,0092 6,74	0,416	0,390 0,00535 4,34	0,470 0,00285 1,92	0,46 0,00452 3,11	0,363 0,00436 3,79	0,47 0,00365 2,46	0,388
Riz .....	0,135 0,0047 11,0	0,13	0,107 0,00244 7,21	0,143 0,00232 5,13	0,20 0,00379 5,98	0,113 0,00255 7,15	0,12 0,00258 6,80	0,119

Tableau 6

Valeurs moyennes par laboratoire pour huit plantes : arachide, bananier, café, coton, maïs, olivier, palmier, riz.

Laboratoires	N	P	K	Ca	Mg
A .....	2,76	0,194	1,83	1,20	0,341
C .....	2,74	0,192	1,97	1,19	0,298
D .....	2,83	0,189	2,19	1,14	0,345
E .....	2,54	0,181	1,98	1,10	0,365
F .....	2,75	0,187	1,83	1,20	0,272
G .....	2,80	0,193	1,99	1,16	0,320
Moyenne Générale .....	2,74	0,189	1,96	1,17	0,324
Ecart-type de l'erreur pour la moyenne	0,0182	0,00134	0,0270	0,0138	0,00856
Hors analyse statistique (5 dosages seulement)					
B .....	3,17	0,210	2,13	1,32	0,389
H .....	3,18	0,188	2,21	1,26	0,342

Tableau 7

Coefficients de variations - Moyenne par laboratoire (pour 8 plantes)

	N	P	K	Ca	Mg	Moyenne générale par laboratoire
A .....	0,96	2,86	2,42	4,50	5,42	3,24
C .....	1,81	1,75	3,18	3,43	6,74	3,38
D .....	1,32	4,77	2,71	4,21	2,80	3,16
E .....	2,07	3,69	1,69	2,68	7,07	3,48
F .....	0,87	1,71	1,05	1,21	4,31	1,85
G .....	1,40	3,43	3,03	2,49	3,45	2,76
Moyenne générale par élément ....	1,41	3,03	2,35	3,12	4,96	2,99



# LA SOCIÉTÉ COMMERCIALE DES POTASSES D'ALSACE & L'OFFICE NATIONAL INDUSTRIEL DE L'AZOTE



mettent à votre disposition

## POUR LA FUMURE DE VOS PLANTATIONS

toute la gamme des engrais simples dont vous pouvez avoir besoin et un choix incomparable d'engrais complets

*Pour tous renseignements, adressez-vous à :*



**FORT DE FRANCE :** 3, rue Schoelcher.  
**SOCIÉTÉ POTASSE ET ENGRAIS D'ALGÉRIE :**  
**ALGER :** rue de Foix. — **ORAN :** 39, bd Marceau. —  
**PHILIPPEVILLE :** 3, rue de Constantine.  
**CASABLANCA :** STÉ MAROCAINE DE POTASSE  
 ET D'ENGRAIS : 72, rue Mohammed Diouri.  
**TUNIS :** SOCIÉTÉ TUNISIENNE DE POTASSE  
 ET D'ENGRAIS : 100, rue de Serbie.  
**DAKAR :** SOCIÉTÉ SÉNÉGALAISE DE POTASSE  
 ET D'ENGRAIS : 30, avenue Jean-Jaurès. B. P. 656.  
**SAINT DENIS-RÉUNION :** B. P. 2.

**CONAKRY :** SOCIÉTÉ GUINÉENNE DE POTASSE  
 ET D'ENGRAIS : Km 4, B. P. 284.  
**ABIDJAN :** SOCIÉTÉ DE POTASSE ET D'ENGRAIS  
 DE LA CÔTE D'IVOIRE : bd Antonnetti. B. P. 107.  
**DOUALA :** SOCIÉTÉ CAMÉROUNAISE DE PO-  
 TASSE ET D'ENGRAIS : rue Joffre. B. P. 130.  
**TANANARIVE :** STÉ DE POTASSE ET D'ENGRAIS  
 DE MADAGASCAR : av. de la Libération. B. P. 134.  
**SAIGON :** STÉ INDOCHINOISÉ DE POTASSE ET  
 D'ENGRAIS CHIMIQUES D'EXTREME-ORIENT :  
 119, Dai Lo Le Loi. B. P. 407.

**Direction : 11, avenue Friedland, Paris (8<sup>e</sup>)**