

TENEURS EN SOUFRE ET EN OLIGOÉLÉMENTS DES FEUILLES DU CAFÉIER ROBUSTA EN LOBAYE (R.C.A.)

J. FORESTIER

Ingénieur agricole,

*Chef de la Section de chimie-physiologie du Centre
de recherches agronomiques de Boukoko (R. C. A.)*

J. BELEY

*Chef du Laboratoire de biochimie
de l'IRAT, Paris*

INTRODUCTION

Dans une précédente étude (1), on avait montré qu'il était possible de mettre en relation la composition minérale des feuilles de caféier Robusta et les caractéristiques chimiques des sols correspondants. Mais dans certains cas, en général géographiquement groupés, des exceptions, que nous pensions être dues à un ou plusieurs éléments non dosés, existaient.

Le présent travail a eu pour but de vérifier si le dosage du soufre et des oligoéléments permettait d'améliorer la compréhension des phénomènes de nutrition minérale du caféier Robusta.

Quelques études sur les teneurs en oligoéléments du caféier Robusta ont été effectuées, notamment par LOUÉ (2-3) en Côte d'Ivoire, FRANKART et GROEGAERT (4) en Uélé.

DISTRIBUTION DU SOUFRE ET DES OLIGOÉLÉMENTS

Caractéristiques générales de l'échantillonnage

L'expérience de décembre 1962 a porté sur soixante prélèvements, dont cinquante-trois correspondaient à des prélèvements effectués lors de la première enquête en 1958. Ceci a permis de cons-

tater qu'un certain nombre de carences de 1958 avaient disparu, peut-être du fait que les caféiers plus âgés explorent un plus grand volume de sol.

Les feuilles échantillonnées sont toujours celles utilisées pour le diagnostic foliaire, c'est-à-dire la troisième paire de feuilles à compter de l'extrémité des rameaux de l'année, à raison d'une cinquantaine de feuilles par échantillon.

PÉDOLOGIE

R.C.A. 66.4

Revue « Café, Cacao, Thé » vol. X, n° 1, janvier-mars 1966

17

Fonds Documentaire ORSTOM



010018732

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B* 18732 Ex: unique

TABLEAU 1

Teneurs en oligoéléments des feuilles de caféier Robusta en Lobaye

Numéros d'ordre	Cendres %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mo ppm	B ppm
A 1	9,30	2,28	0,145	2,28	1,62	0,38	0,268	60	230	77	25	2,6	70
A 2	8,84	2,59	0,122	2,11	1,68	0,36	0,295	56	165	64	17	1,1	60
A 3	9,26	2,43	0,126	2,14	1,93	0,31	0,295	38	131	36	13	1,1	65
A 4	9,19	2,73	0,116	2,03	1,90	0,36	0,288	32	84	33	11	1,1	66
A 5	9,15	2,17	0,116	1,86	2,00	0,44	0,282	42	102	44	15	2,6	72
A 6	7,49	2,36	0,121	1,89	1,42	0,34	0,254	34	98	24	14	2,9	54
A 7	7,30	2,62	0,123	1,79	1,38	0,28	0,282	55	85	25	20	2,0	57
A 8	7,84	2,36	0,139	2,17	1,28	0,30	0,185	39	103	19	22	3,4	62
A 9	7,97	2,82	0,110	2,08	1,44	0,28	0,213	46	83	24	14	2,3	65
A 10	7,90	2,96	0,115	1,69	1,68	0,44	0,206	57	86	31	20	1,0	56
B 1	8,45	2,20	0,113	1,59	1,87	0,51	0,206	95	71	27	20	0,25	86
B 2	8,04	1,97	0,087	1,42	1,76	0,49	0,165	44	70	27	17	1,7	101
B 3	7,83	1,94	0,101	1,31	1,84	0,56	0,212	76	54	39	15	4,5	103
C 1	8,65	1,59	0,112	2,11	1,55	0,41	0,234	122	102	42	12	0,55	90
C 2	8,31	2,08	0,128	1,78	1,72	0,44	0,199	57	94	39	11	4,0	98
C 3	8,95	2,68	0,115	2,19	1,73	0,35	0,275	72	85	52	13	0,30	48
D 1	9,93	2,42	0,108	2,41	1,89	0,29	0,213	190	299	28	13	0,25	58
D 2	8,30	2,41	0,086	2,25	1,29	0,33	0,199	66	111	34	12	0,55	90
D 3	7,99	2,24	0,119	1,95	1,44	0,30	0,234	62	147	34	13	0,75	71
D 4	10,64	2,74	0,134	2,59	2,08	0,37	0,240	51	212	23	18	0,50	65
AB 1	10,48	2,23	0,123	2,37	2,52	0,29	0,277	27	115	28	17	1,3	70
AB 2	9,79	2,30	0,110	2,09	1,98	0,45	0,405	68	107	39	13	2,0	90
AB 3	7,48	2,56	0,111	1,87	1,44	0,30	0,247	46	143	46	17	2,5	62
CD 1	8,62	2,99	0,143	2,03	1,91	0,32	0,179	76	201	29	13	0,55	53
CD 2	9,41	2,79	0,125	2,53	1,79	0,19	0,158	61	452	29	11	1,0	69
DE 1	9,72	2,39	0,099	2,73	1,54	0,36	0,199	70	304	38	12	0,30	63
BC 1	9,26	2,43	0,122	1,98	2,18	0,45	0,172	63	98	33	11	1,5	60
BC 2	7,83	2,27	0,126	2,13	1,20	0,33	0,234	45	76	44	11	1,5	55
BC 3	8,18	2,61	0,106	1,93	1,71	0,35	0,206	48	85	46	10	1,2	56
BC 4	7,88	2,46	0,107	2,02	1,59	0,27	0,165	74	77	45	11	2,3	74
BC 5	7,68	2,55	0,103	2,06	1,50	0,30	0,144	31	84	23	10	1,2	56
E 1	10,03	2,44	0,110	2,65	1,75	0,30	0,247	41	167	43	12	0,9	73
E 2	9,80	2,87	0,124	2,78	1,57	0,33	0,185	44	208	28	11	0,45	60
E 3	10,33	2,88	0,130	2,90	1,70	0,28	0,179	50	200	31	12	0,40	59
E 4	8,30	2,79	0,117	2,36	1,58	0,22	0,165	66	172	40	10	0,50	62
E 5	8,29	2,43	0,086	2,23	1,74	0,26	0,268	92	162	49	11	0,65	89
E 6	10,21	2,25	0,103	2,35	2,04	0,28	0,313	65	212	41	13	0,45	84
E 7	8,00	1,73	0,081	1,55	2,14	0,23	0,230	98	272	45	11	0,60	84
E 8	8,19	2,12	0,100	1,77	1,69	0,29	0,240	66	190	20	11	0,55	70
E 9	9,57	2,35	0,101	2,00	2,01	0,37	0,311	62	232	37	13	0,55	86
E 10	8,86	2,44	0,124	2,55	1,18	0,28	0,278	51	330	33	11	0,40	62
F 1	8,13	1,94	0,102	1,61	2,07	0,37	0,240	63	123	49	15	0,50	90
F 2	8,86	2,47	0,121	2,42	1,83	0,23	0,203	23	258	27	24	1,9	75
F 3	7,94	2,11	0,111	2,39	1,31	0,24	0,188	82	285	34	15	0,55	82
F 4	7,91	2,39	0,124	1,71	1,66	0,34	0,185	74	105	25	10	2,6	72
F 5	8,36	2,36	0,099	1,77	1,81	0,28	0,206	57	208	21	11	0,45	99
F 6	7,87	2,10	0,127	2,12	1,26	0,22	0,167	68	229	17	10	0,75	102
FG 1	6,30	2,66	0,091	1,74	1,16	0,25	0,155	124	117	13	9	0,55	63
FG 2	7,61	2,53	0,103	2,21	1,14	0,20	0,150	138	123	33	9	0,80	82
FG 3	7,37	2,39	0,101	2,20	1,01	0,17	0,198	67	239	38	13	1,4	62
FH 1	7,76	2,38	0,114	2,08	1,22	0,24	0,205	86	215	21	14	0,45	50
EF 4	8,82	2,36	0,108	2,18	1,82	0,26	0,319	29	170	37	13	3,3	57
EF 3	6,06	2,84	0,114	0,73	1,69	0,44	0,194	76	80	45	10	0,50	31
EF 2	8,14	2,44	0,131	2,33	1,16	0,25	0,216	57	76	16	12	0,70	16
EF 1	7,53	2,49	0,121	2,20	1,10	0,15	0,222	45	86	18	14	0,55	16
BF 1	8,80	2,57	0,080	1,93	2,07	0,33	0,267	66	697	16	15	0,50	58
BF 2	7,86	2,47	0,101	1,96	1,38	0,31	0,250	54	128	25	12	1,7	59
BF 3	7,15	1,83	0,092	1,90	1,30	0,25	0,190	74	122	20	14	0,60	63
AL 8	3,62	0,113	1,96	0,87	0,29	0,123	0,123	140	113	33	12	traces	traces
AL 9	3,60	0,122	2,25	0,90	0,26	0,098	0,098	140	115	40	14	traces	traces

Les analyses de soufre et d'oligoéléments ont été effectuées par le Laboratoire de biochimie de l'I.R.A.T. à Nogent-sur-Marne (M^{lle} Beley)

Les teneurs en potassium sont comprises entre 0,73 et 2,90 % de la matière sèche, la valeur médiane est de 2,08 %.

Les teneurs en magnésium varient de 0,15 à 0,56 % (valeur médiane, 0,30 %), celles du calcium de 1,01 à 2,52 % (valeur médiane, 1,68 %).

Pour le phosphore, les valeurs extrêmes sont de 0,080 et 0,145 % de la matière sèche et la valeur médiane est de 0,114 %.

Toutes ces valeurs médianes pour les quatre éléments majeurs habituellement dosés sont représentatives d'une bonne nutrition minérale. Les échantillons nettement carencés ou avec teneurs excessives ne représentent pas plus de 10 % du nombre total des échantillons à chaque extrémité de la distribution des valeurs.

Il est admissible de prendre des pourcentages semblables pour fixer les teneurs anormales en oligoéléments.

Teneur en soufre

Les teneurs en soufre des feuilles de caféiers ont varié de 0,098 à 0,405 % de la matière sèche (valeur médiane, 0,213 %). Il apparaît donc que la feuille du caféier contient une proportion en soufre plus importante qu'en phosphore, et légèrement moindre qu'en magnésium.

Les taux normaux de soufre dans la troisième feuille d'un rameau de l'année du caféier Robusta pourraient être fixés entre 0,18 et 0,26 % en première approximation. Une déficience existerait à un taux inférieur à 0,16 % et un excès à un taux supérieur à 0,29 %.

Le taux le plus bas, 0,098 % S, correspondait à une carence très nette, l'ensemble des feuilles du caféier étant jaune très pâle, presque blanchâtre, limbe et nervures ne se différenciant pas et les bords des feuilles étant nécrosés. Cette carence en soufre est associée à des carences en calcium, bore et molybdène, à des excès d'azote et de manganèse. Un grand nombre de caféiers meurent. La carence est la plus marquée d'avril à juin pendant la première partie de la saison des pluies.

Le taux de 0,123 % S correspondait à une carence marquée avec jaunissement centripète de la feuille. De plus, le bord de celle-ci est nettement ondulé souvent déchiré et nécrosé. L'aspect de la feuille correspond exactement à la planche VII (figure du haut) des carences en soufre au champ dans le livre de MALAVOLTA (5).

Pour le caféier Arabica, HAAG et MALAVOLTA (6) notent des teneurs en soufre foliaires, optimum, insuffisante et excessive de 0,25 %, 0,10 % et 0,36 % de matière sèche.

Teneur en fer

Les teneurs en fer varient dans notre échantillonnage de 54 à 697 ppm de la matière sèche (valeur médiane de 123 ppm). On peut considérer comme normales les teneurs allant de 90 à 200 ppm ; comme représentatives de carences les teneurs inférieures à 75 ppm, et comme excessives les teneurs au-dessus de 300 ppm.

LOUÉ avait fixé la déficience en fer à 285 ppm d'abord (2), puis à 70 ppm (3), ce qui se rapproche des valeurs trouvées pour l'Arabica par MUELLER (7) : 70 ppm, et CIBES et SAMUELS (8) : 81 ppm.

Teneur en manganèse

Dans nos échantillons, les teneurs en manganèse ont varié de 23 à 190 ppm de la matière sèche (valeur médiane de 62 ppm). On peut considérer comme normales des valeurs allant de 45 à 75 ppm, comme déficientes, les teneurs inférieures à 35 ppm et comme excessives celles dépassant 120 ppm.

LOUÉ (3) situe les déficiences marquées aux taux inférieurs à 20 ppm et les teneurs normales à 40-60 ppm, tandis que FRANKART et CROEGAERT (4) situent les déficiences aux taux inférieurs à 30 ppm, les taux normaux étant compris entre 40 et 80 ppm.

Les teneurs excessives en manganèse se trouvent le plus souvent dans les caféiers poussant sur sols très acides, dégradés et très appauvris, et sont accompagnées de nombreuses carences.

Teneur en bore

Le bore existe à l'état de traces jusqu'à une teneur de 103 ppm ; la teneur médiane est de 65 ppm.

Les carences commencent aux taux inférieurs à 30 ppm et les excès aux taux supérieurs à 95 ppm, les teneurs normales allant de 55 ppm à 85 ppm.

LOUÉ (2) a situé les déficiences à 17 ppm, la bonne nutrition à 65 ppm et les teneurs normales à 20-100 ppm, puis il a modifié légèrement ces valeurs (3), prenant 25 ppm comme teneur insuffisante et 40 à 150 ppm, comme teneurs normales.

Teneur en cuivre

Les teneurs en cuivre varient de 13 à 77 ppm, la valeur médiane est de 33 ppm.

Les teneurs peuvent être considérées comme déficientes au-dessous de 20 ppm et excessives au-dessus de 50 ppm, les valeurs normales allant de 25 ppm à 40 ppm.

Loué (2) estime normales les teneurs de 34 à 52 ppm et déficientes les teneurs inférieures à 10 ppm (3).

Teneur en zinc

La distribution des teneurs en zinc est plus resserrée, les teneurs extrêmes sont de 9 et 25 ppm et la valeur médiane de 13 ppm.

Les déficiences pourraient commencer en dessous de 10 ppm et les excès à partir de 20 ppm, les teneurs considérées comme normales allant de 11 à 15 ppm.

Loué (2) avait considéré comme normales les teneurs en zinc allant de 9 à 23 ppm, puis (3) avait restreint la zone de teneur normale de 12 à 18 ppm et situé le niveau critique à 10 ppm et la déficience à 7 ppm.

Teneur en molybdène

Le molybdène existe de l'état de traces jusqu'à une teneur de 4,5 ppm, la teneur médiane est de 0,75 ppm.

Les déficiences pourraient commencer à 0,3 ppm avec comme limite inférieure des teneurs normales 0,5 ppm.

Pour le *C. arabica*, MALAVOLTA et JOHNSON (9) fixent la teneur en molybdène des feuilles déficientes de caféiers en solution nutritive à 0,9 ppm, tandis que CULOT et collaborateurs (10) trouvaient comme teneur moyenne des arbres normaux, 0,8 ppm en croissance naturelle.

En résumé, les différentes valeurs remarquables pour le soufre et les oligoéléments dans la feuille de caféier Robusta habituellement prise pour le diagnostic foliaire seraient, au début de la saison sèche, les suivantes :

TABLEAU 2

Teneurs remarquables des feuilles de caféier Robusta en oligoéléments et en soufre

Eléments	Teneur insuffisante	Teneur normale	Teneur excessive possible	Auteurs
Soufre	0,16 %	0,18-0,26 %	0,29 %	Forestier-Beley
Fer	75 ppm 70 ppm*	90-200 ppm 80-180 ** ppm	300 ppm	Forestier-Beley * Loué ** Frankart
Manganèse	35 ppm 20 30	45-75 ppm 40-60 40-80	120 ppm	Forestier-Beley Loué Frankart
Bore	30 25	55-85 ppm 40-150	95	Forestier-Beley Loué
Cuivre	20 10	25-40 ppm 34-52	50	Forestier-Beley Loué
Zinc	10 10	11-15 ppm 12-18	20	Forestier-Beley Loué
Molybdène	0,3	0,5		Forestier-Beley

LES INTERACTIONS

Les éléments minéraux agissent les uns par rapport aux autres à différents stades des mécanismes physiologiques des plantes, soit au moment de l'absorption, soit pendant le déplacement, soit pendant les phénomènes de synthèse, d'accumu-

lation ou de dégradation des produits organiques.

Il en résulte des actions dites antagonistes lorsque l'accroissement de la teneur en un élément défavorise un autre élément, des actions synergiques lorsque la présence d'un élément favorise

l'accroissement de la teneur ou l'effet d'un autre, des actions parallèles lorsque deux éléments concourent au même but, au moins pour certaines fonctions. D'autres cas peuvent se présenter, par exemple un élément peut être nécessaire au métabolisme normal d'un autre élément.

Selon le mécanisme physiologique de ces actions antagonistes, synergiques ou parallèles, les teneurs et les effets des éléments minéraux dans la plante sont très divers.

Si l'action antagoniste a lieu au moment de l'absorption, une forte teneur en un élément dans la plante entraîne une teneur faible pour l'élément antagoniste, comme c'est le cas général pour l'antagonisme potassium-magnésium. Si au contraire l'action antagoniste est indirecte, les actions respectives des deux éléments présents simultanément se neutralisent, l'action antagoniste ne se manifestant que si l'un est à teneur élevée et l'autre à faible teneur.

Si un élément est nécessaire au métabolisme normal d'un autre élément, on peut en cas de déficience se trouver en présence de deux cas : soit une déficience simultanée des deux éléments (liaison P-Mg par exemple), soit la déficience de l'un et l'accumulation de l'autre, par exemple l'absence de bore entraîne l'accumulation de phosphore, le déplacement ou l'utilisation de ce dernier ne s'opérant plus ou se trouvant réduit (BOVAY 11, MAISTRE 12).

Nous avons tenté d'établir pour le caféier Robusta les principales liaisons pouvant exister entre les oligoéléments, ou leurs actions sur les éléments majeurs.

Les liaisons entre oligoéléments ne sont pas étroites et les graphiques obtenus représentent plutôt des tendances que des relations mathématiques.

Les liaisons que nous avons établies n'impliquent pas obligatoirement des actions réciproques entre les éléments. Il peut s'agir simplement de variations parallèles ou de sens opposé. Pour avoir une certitude sur l'existence des actions réciproques des éléments, il serait nécessaire d'apporter l'un des éléments et d'analyser les effets sur la plante, comme nous l'avons fait pour le cuivre et le potassium.

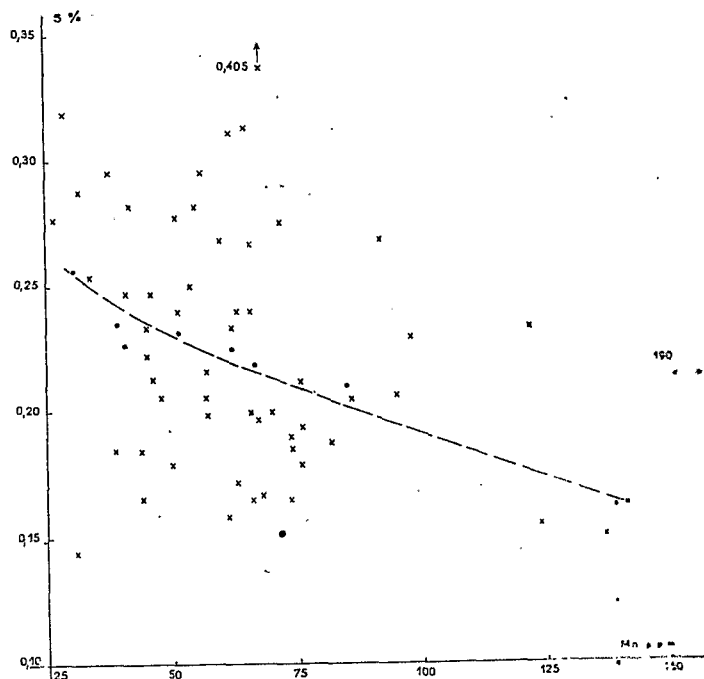
Cependant, ces liaisons établies devraient permettre d'orienter les futures recherches sur l'influence des oligoéléments.

Enfin, rappelons que la plupart des cas de nutrition minérale du caféier pour des populations de descendance illégitime s'expliquent par les rapports entre éléments échangeables et les teneurs en éléments fins. L'influence des oligoéléments n'entre en jeu que dans une proportion approximative d'un cinquième des cas étudiés.

Le manganèse et les autres éléments

Relation soufre-manganèse

Il apparaît que l'absorption du soufre a tendance à diminuer lorsque celle du manganèse est élevée. Les terrains acides, appauvris par les cultures porteraient donc des caféiers assez fréquemment carencés en soufre. D'autre part, les plantes carencées en manganèse présentent nettement des teneurs élevées en soufre. Aussi pour quatre des plants contenant moins de 35 ppm de manganèse, la moyenne des teneurs en soufre est de 0,28 % (graphique 1).

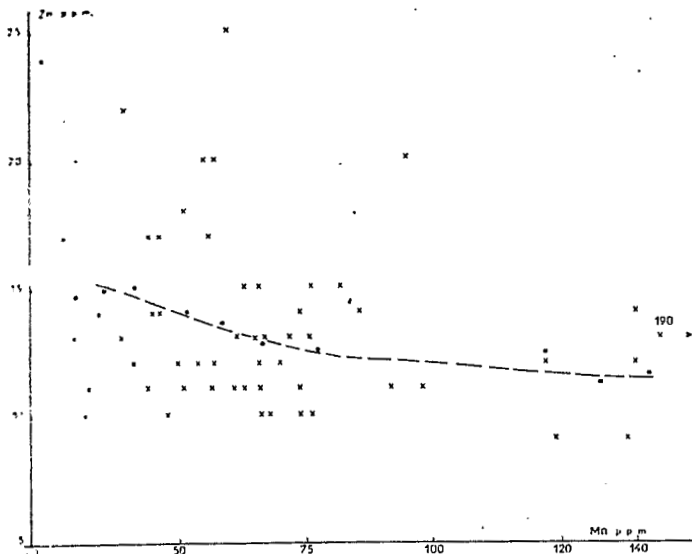


Graph. 1. — Relation soufre-manganèse

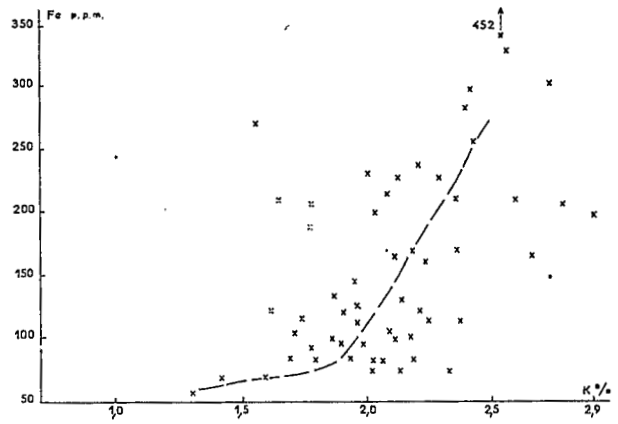
Relation zinc-manganèse

Comme pour le soufre, et étant donné le peu de variation des teneurs en zinc, la relation zinc-manganèse exprime surtout une tendance. Il apparaît que pour les fortes teneurs en manganèse les teneurs en zinc sont relativement plus faibles que pour les teneurs moyennes.

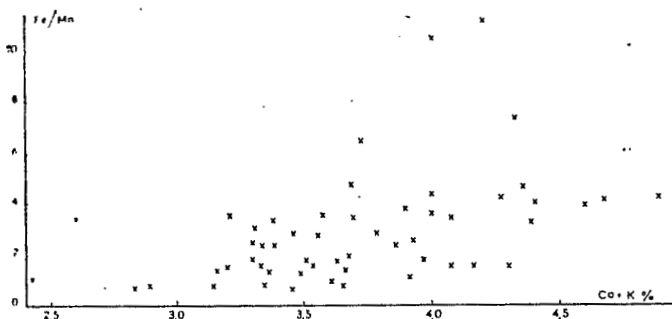
Les variations antagonistes entre zinc et manganèse sont signalées par MALAVOLTA (5) d'après les travaux de ARZOLLA (13) sur solution nutritive, l'excès de manganèse réduisant l'absorption du zinc (graphique 2).



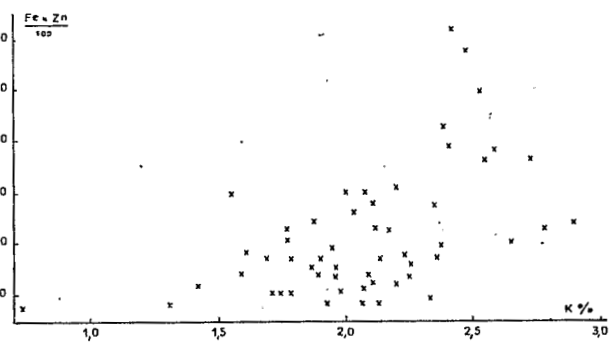
Graph. 2. — Relation zinc-manganèse



Graph. 4. — Relation fer-potassium



Graph. 3. — Relation fer-manganèse-calcium-potassium



Graph. 5. — Relation fer-zinc-potassium

Relation fer-manganèse

Le rapport Fe/Mn a souvent été calculé. Pour nos échantillons, il varie de 0,7 à 11,2 et il a une valeur médiane de 2,6. Il semble qu'il y aurait déficience relative en fer si le rapport était inférieur à 1, et déficience relative en manganèse pour des rapports excédant 5. Loué le jugeait faible s'il était inférieur à 2,5. Il semble que la seule relation entre ce rapport et les différents autres éléments soit une élévation de la minéralisation (K + Ca) lorsque Fe/Mn s'accroît (graphique 3).

Autres relations

Il n'apparaît aucune liaison entre le cuivre et le manganèse, ni entre le soufre et le zinc, ni entre le zinc et le cuivre. Il n'a pas été possible de trouver de relation entre le molybdène et un autre oligoélément.

Le potassium et les oligoéléments

Relation fer-potassium

Il apparaît très nettement à la simple lecture des résultats qu'une forte teneur en fer est liée à une forte teneur en potassium. Le graphique 4 confirme cette relation entre le potassium et le fer. HEWITT et BOLLE-JONES (14) estiment que la teneur en fer est influencée par la fourniture en potassium. PIRSON (15) relate d'une part que le potassium semble favoriser l'utilisation du fer, tandis que d'autre part le fer paraît inhiber le déplacement du potassium.

D'après nos résultats, et en tenant compte de la richesse potentielle du sol en potassium, il semblerait que ce soit la présence du fer qui conditionne l'utilisation du potassium.

Relation fer-zinc et potassium

Il n'y a pas de relation directe entre le zinc et le potassium, mais dans certains cas de forte teneur en potassium sans que la teneur en fer soit très élevée, on remarque que la teneur en zinc est importante. On peut en conclure que le zinc renforce l'action du fer sur le potassium. Le zinc apparaît comme synergique du fer. Dans ce cas, une teneur faible ou déficiente en fer maintient une faible teneur en potassium, même si le taux de zinc est relativement élevé. Le graphique 5 montre la relation existant entre le potassium et le produit fer x zinc.

Relation cuivre-potassium

Aucune relation nette n'apparaît entre le cuivre et le potassium, mais on observe cependant qu'une teneur déficiente en cuivre tend à augmenter les teneurs en potassium.

Par ailleurs, dans un essai de « tonic spraying », c'est-à-dire une pulvérisation foliaire de cuivre, nous avons constaté que l'application de cuivre tend à diminuer l'absorption du potassium.

TABLEAU 3

Effet de l'application de cuivre sur l'absorption du potassium. Teneur en potassium des feuilles en % de la matière sèche

Année	Quantité de cuivre métal en kg/ha/an	Avec application Cu		Sans application Cu	
		Avec engrais K	Sans engrais K	Avec engrais K	Sans engrais K
1961	1,5				
1962	5,5	1,61	1,59	1,97	1,76
1963	5,5	1,78	1,47	1,90	1,60

Un résultat analogue a été obtenu avec des applications de sulfate de cuivre au sol à raison de 64 g/arbre, soit 16 g/arbre de cuivre métal.

TABLEAU 4

Effet sur caféier de l'application de sulfate de cuivre au sol

	Teneur en K (% de matière sèche)	
	Traité au cuivre	Non traité
1 ^{re} répétition	1,63	2,14
2 ^e répétition	2,11	2,76

Les diverses combinaisons possibles du fer, du zinc, du cuivre, du molybdène et du manganèse

telles que $\frac{Fe \times Zn}{Cu}$, Fe/Cu , $\frac{Fe \times Zn}{Cu \times Mo}$, $\frac{Fe \times Zn}{Mn}$, ne présentent pas avec le potassium une meilleure relation que $Fe \times Zn$.

Aucune relation simple n'existe entre le potassium et le soufre, alors qu'en solution nutritive l'absence de soufre entraînait une diminution de l'absorption du potassium sur jeunes caféiers (16).

Il n'a pas été possible non plus de mettre en évidence une action du bore sur la teneur en potassium des feuilles dans les conditions naturelles de culture.

Le magnésium et les oligoéléments

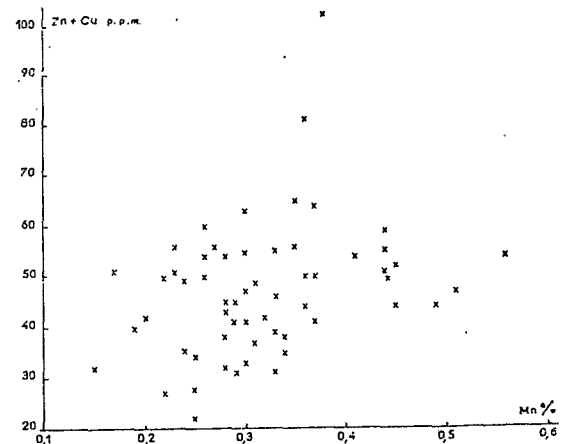
Le magnésium étant un élément antagoniste du potassium, il est vraisemblable que la plupart des oligoéléments ayant une relation directe avec le potassium auraient une relation inverse avec le magnésium.

Relation zinc-cuivre-magnésium

De façon générale, l'accroissement de la teneur en zinc correspond à une augmentation de la teneur en magnésium de la feuille.

Il y aurait une augmentation parallèle du cuivre et du magnésium, mais cette relation est très faible.

En combinant le cuivre et le zinc qui semblent avoir une action parallèle sur le magnésium, on obtient une relation croissante de la teneur en magnésium en fonction de la somme des teneurs en cuivre et en zinc (graphique 6). Le produit teneur en cuivre par teneur en zinc donne une relation moins précise.



Graph. 6. — Relation zinc-cuivre-magnésium

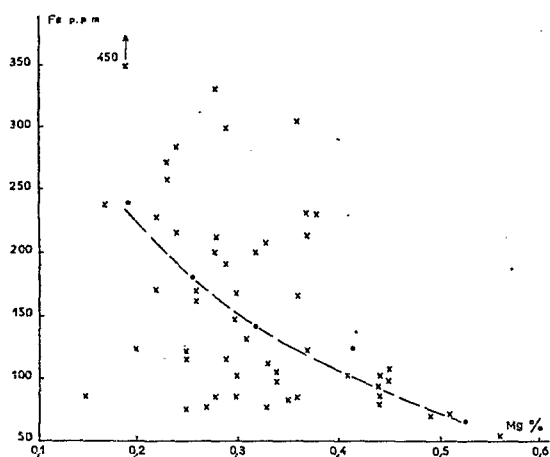
Relation fer-magnésium-bore

Il existe une relation d'antagonisme entre le fer et le magnésium. En général une forte teneur en fer entraîne une teneur relativement plus faible en magnésium, mais surtout une carence en fer est corrélative d'un excès en magnésium (graphique 7).

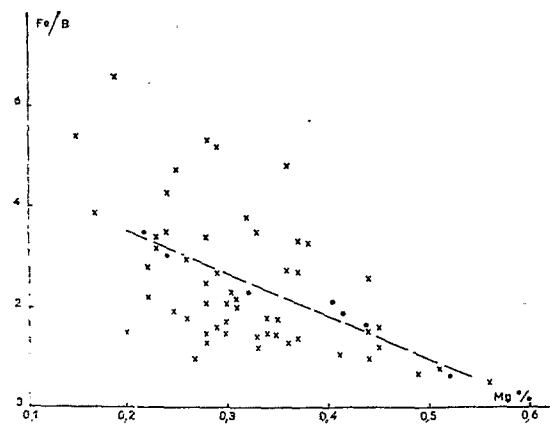
Le rapport Fe/Mn ne donne pas une meilleure relation que le fer seul avec le magnésium, le manganèse n'étant pas en relation avec le magnésium.

Le bore semble contribuer à une nutrition magnésienne accrue, mais on constate que des rapports Fe/Mn élevés diminuent l'alimentation magnésienne.

Le graphique 8 mettant en relation le rap-



Graph. 7. — Relation fer-magnésium



Graph. 8. — Relation fer-bore-magnésium

port Fe/B avec le magnésium donne une dispersion moins grande que pour le fer seul. Il existe donc une liaison positive entre le bore et le magnésium. Pour des rapports Fe/B inférieur à l'unité, il y a toujours excès de magnésium.

Il n'y a pas de liaison apparente entre le soufre et le magnésium.

Le phosphore et les oligoéléments

Les liaisons les plus couramment trouvées dans la bibliographie entre le phosphore et les oligoéléments sont celles avec le zinc et avec le fer, la présence de zinc augmentant l'assimilation du phosphore (FORTINI 17), celle de fer pouvant favoriser la carence en P (STEWART 18).

Les résultats de cette étude ne mettent pas en évidence de relation entre le fer et le phosphore, tandis que les fortes teneurs en zinc apparaissent fréquemment avec des teneurs plus élevées en phosphore.

TABEAU 5

Fortes teneurs en zinc et teneur en phosphore dans les feuilles de caféier Robusta

Teneur en zinc en ppm	Teneur en phosphore en % matière sèche
25	0,145
24	0,121
22	0,139
20	0,123
20	0,115
20	0,113
18	0,134

Le calcium et le soufre

Il existe un parallélisme entre l'absorption du calcium et du soufre, les fortes teneurs en calcium correspondant souvent à une absorption du soufre supérieure à la moyenne. Ceci peut correspondre au fait que les sols riches en calcium le sont également en soufre, étant moins lessivés.

CONCLUSION

Cette première étude sur les teneurs en oligoéléments des feuilles de caféiers Robusta en Lobaye permet de fixer des seuils de déficience ou de carence pour certains oligoéléments, seuils souvent proches de ceux trouvés par LOUÉ en 1960. Le seuil de carence du soufre est fixé à 0,16 %, les teneurs normales allant de 0,18 à 0,26 % de matière sèche.

Elle permet en outre de mettre en relation les absorptions des divers oligoéléments entre elles et celles des oligoéléments avec celles des éléments majeurs.

C'est ainsi que sont mises en évidence des variations de sens opposé S-Mn et Zn-Mn. L'absorption

du potassium est en étroite relation avec le fer, dont l'action est accrue par celle du zinc. Le cuivre peut diminuer l'action synergique du zinc si le taux de fer est faible. Un rapport Fe/Mn élevé correspond souvent à une minéralisation calcopotassique forte de la feuille de caféier.

L'absorption du magnésium est accrue par des teneurs élevées zinc + cuivre, et diminuée par un rapport élevé fer/bore.

Le zinc à forte teneur correspond à une absorption plus élevée de phosphore et le soufre paraît avoir une absorption parallèle à celle du calcium.

BIBLIOGRAPHIE

1. FORESTIER (J.). — Relations entre l'alimentation du caféier Robusta et les caractéristiques analytiques des sols. *Café Cacao Thé*, vol. 8, n° 2, avril-juin 1964, p. 89-112.
2. LOUÉ (A.). — Etudes sur la nutrition minérale du caféier en Côte d'Ivoire. Bull. spécial du CRA de Bingerville, 1955.
3. LOUÉ (A.). — Nouvelles observations sur les oligoéléments dans la nutrition du caféier (*Coffea canephora* Pierre). *Café Cacao Thé*, vol. 4, n° 3, sept.-déc. 1960, p. 133-149.
4. FRANKART (R.), CROEGAERT (J.). — Contribution à l'étude de la nutrition minérale du caféier Robusta en Uélé. Publ. INEAC, série scientifique n° 80, 1958.
5. MALAVOLTA (E.) et coll. — On the mineral nutrition of some tropical crops. Ed. Institut International de la Potasse (1962).
6. HAAG (H. P.), MALAVOLTA (E.). — Estudos sobre a alimentação mineral no cafeeiro. *Rev. de Agric. (Piracicaba)*, déc. 1960, vol. 35, p. 273-289 et p. 328-37.
7. MUELLER. — La aplicación del diagnostico foliar en el cafeto (*C. arabica* L.) para una mejor fertilización. *Turrialba*, vol. 9, n° 4, oct.-déc. 1959, p. 110-122.
8. CIBES (H.), SAMUELS (G.). — Porto-Rico Exp. Stat. Techn. Paper 14, 1955.
9. MALAVOLTA (E.), JOHNSON. 1960, d'après Réf. bibl. 5.
10. CULOT (J. P.), VAN WAMBEKE (A.), CROEGAERT (J.). — Etudes des déficiences minérales du caféier d'Arabie au Kivu. Publ. INEAC 1958, série scientifique n° 73.
11. BOVAY (E.). *Fruits et Primeurs*, 1958, n° 298, p. 120-121.
12. MAISTRE (J.). — Contribution à l'étude de la nutrition minérale de l'arachide. *Agron. Trop.*, 1956, vol. 11, n° 3, p. 310.
13. ARZOLLA (J. D. P.). — Thèse 58 p. Piracicaba, 1955.
14. HEWITT, BOLLE, JONES. — *J. Hort. Sci.*, 1953, 28, p. 185-195.
15. PIRSON (A.). — Fonctionnal aspects in mineral nutrition of green plants. *Ann. Rev. Pl. Phys.* 1955, vol. 6, p. 71-114.
16. FORESTIER (J.). — Etude des carences du caféier Robusta en milieu artificiel. Rapp. Ann. du C. R. A. Boukoko, 1960, t. 2, p. 51-60.
17. FORTINI (S.), MORANI (V.). — *Agrochimica*, vol. 4, 1960, p. 209-215.
18. STEWARD (F. C.). — Inorganic nutrition of plants. *Plant Physiology*, vol. 3, 1928.

FORESTIER (J.), BELEY (J.). — Teneurs en soufre et en oligoéléments des feuilles du caféier Robusta en Lobaye (R. C. A.). *Café Cacao Thé* (Paris), vol X, n° 1, janv.-mars 1966, p. 17-27, fig., tabl., 18 réf.

Dans cet article, les auteurs donnent les résultats d'une expérience de diagnostic foliaire effectuée en 1962, en Lobaye (R. C. A.).

Elle a permis de fixer les seuils de carence et d'excès du soufre et de certains oligoéléments. Le seuil de carence du soufre est fixé à 0,16 %, les teneurs normales allant de 0,18 à 0,26 % de matière sèche, la teneur est excessive si elle dépasse 0,29 %.

Les teneurs en fer inférieures à 75 p. p. m. sont représentatives de carence, les teneurs normales sont comprises entre 90 et 200 p. p. m., elles sont excessives au-dessus de 300 p. p. m.

Le seuil de carence du manganèse est fixé à 35 p. p. m. ; les teneurs normales se situent entre 45 et 75 p. p. m. et les teneurs excessives à plus de 120 p. p. m.