

4

LA NUTRITION MINÉRALE ET LA FERTILISATION DU CAFÉIER SUR SOL SCHISTEUX EN CÔTE D'IVOIRE

IV. — INFLUENCE DE LA FERTILISATION MINÉRALE SUR LA COMPOSITION DU FRUIT

G. VERLIÈRE

*Maître de recherches, Centre ORSTOM — Nouméa
Ancien chef de la division d'agronomie
de l'IFCC en Côte d'Ivoire*

Après avoir étudié l'influence de la fumure minérale sur la nutrition et le rendement du caféier, nous avons essayé de voir si cette fumure agissait sur le fruit de cet arbre en examinant :

- le rapport poids des grains/poids des enveloppes,
- la grosseur du grain,
- le poids du grain,
- la composition minérale des enveloppes,
- la composition minérale des grains,
- la teneur des grains en caféine.

Rappelons qu'il s'agit d'un essai factoriel NPK 2³ avec trois répétitions et une densité de 1.600 arbres/ha ; les doses de fumure par arbre et par an sont de :

- 225 g de sulfate d'ammonium pour l'azote,
- 75 g de phosphate bicalcique pour le phosphore,
- 150 g de sulfate de potasse pour le potassium.

Cette étude porte sur quatre années, de 1965 à 1968, mais le calcium et le magnésium n'ont été dosés qu'à partir de 1966 et les oligo-éléments à partir de 1967.

Méthodes

On prélève sur chaque parcelle au moment de la récolte principale un échantillon de 2,5 kg de cerises mûres. Cet échantillon est séché et décortiqué au laboratoire. Les grains sont séparés des différentes enveloppes ; celles-ci (endocarpe, épicarpe et mésocarpe) ne sont pas différenciées les unes des autres et nous les désignerons sous le nom de « parches ».

L'humidité des grains (déterminée par un humidimètre HYB 22 de la Compagnie des compteurs) est de l'ordre de 11 % et celle des parches (obtenue par passage à l'étuve à 105 °C) de 13 %.

On peut alors obtenir le poids en café sec à 0 % d'humidité. Tous les résultats d'analyses sont donnés par rapport à ce café « sec ».

29 JAN. 1974
O. R. S. I. C. M.

Collection de Référence
n° 6437 Bios Rural

M. O. I. O. I. Fonds Documentaire
n° : 21843
Date : B

On dose ensuite :

- l'azote par la méthode Kjeldhal,
- le phosphore par colorimétrie au phosphovanadate d'ammonium,
- le potassium, le calcium et le magnésium par spectrophotométrie de flamme,

- le fer par colorimétrie à l'orthophénantroline,
- le manganèse, le zinc et le cuivre par spectrophotométrie d'absorption atomique,
- la caféine par extraction au chloroforme et dosage spectrophotométrique sur la solution chloroformique.

Résultats

Caractères physiques

Rendement au décortiquage

Le rendement au décortiquage exprime le poids en café sec obtenu à partir de 100 g de cerises fraîches. Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau I.

TABLEAU I
Rendement au décortiquage, en pourcentage

Eléments	1965	1966	1967	1968	1965-68
N.....	18,33	18,21	20,53	18,72	18,94
P.....	18,88	18,49	21,75	18,38	19,37
K.....	19,91	18,97	21,35	17,66	19,47
NP.....	15,40	18,14	20,40	17,66	17,89
NK.....	17,17	17,41	20,07	17,04	17,92
PK.....	19,84	18,07	20,10	17,46	18,86
NPK.....	17,83	17,42	20,30	17,34	18,22
T.....	20,50	17,02	20,55	17,64	18,92
C. V.	12,4	4,9	4,2	4,5	7,3
ppds P = 0,05	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	1,12

L'analyse statistique montre que :

1) Il n'y a pas de différence significative entre les différentes fumures pour chaque année prise séparément.

Il en existe par contre si l'on considère l'ensemble de la période étudiée. Il n'y a pas d'effet bénéfique ou dépressif d'une fumure par rapport au témoin, mais les parcelles K et P ont des rendements au décortiquage supérieurs à ceux des parcelles NPK, NK et NP.

L'analyse factorielle des résultats montre que les trois fumures N, P et K ont un effet dépressif ; celui de l'azote est significatif et correspond à — 0,91 %.

L'interaction N × P × K est positive et significative : + 0,60 %.

2) L'interaction fumure × année n'est pas significative.

3) Il y a des différences significatives entre les années. Le rendement de 1967 a été meilleur que celui des trois autres années :

1967	20,63 %
1965	18,49 %
1966	17,97 %
1968	17,70 %
ppds	0,80 %

Notons que la récolte de 1967 correspond à la récolte effectuée sur le tire-sève après le recépage des caféiers ; en outre, la pluviosité du deuxième semestre a été assez faible cette année-là, ce qui a pu abaisser l'humidité des pulpes.

Grosueur des grains

Nous avons exprimé la grosueur des grains par le pourcentage de grade 1 qui correspond aux grains ne passant pas au tamis n° 16.

TABLEAU II
Pourcentage de grade 1

Eléments	1965	1966	1967	1968	1965-68
N.....	37,43	28,30	19,03	51,30	34,02
P.....	35,30	33,67	23,13	39,10	32,80
K.....	34,70	32,67	20,27	35,33	30,74
NP.....	40,34	29,53	14,47	40,23	31,14
NK.....	35,34	25,50	21,70	39,57	30,51
PK.....	30,71	27,37	11,63	36,53	26,56
NPK.....	37,90	20,83	15,50	35,67	27,45
T.....	35,54	31,47	22,90	35,70	31,40
C. V.	25,3	30,3	39,1	24,1	29,1
ppds P = 0,05	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.

L'analyse statistique des résultats résumés dans le tableau II montre que :

1) Il n'y a pas de différence significative entre les fumures.

2) L'interaction fumure \times année n'est pas significative.

3) Il existe des différences significatives entre les années :

1968	39,15
1965	35,91
1966	28,67
1967	18,58
ppds	5,16

La grosseur des grains était supérieure en 1968 et 1965 à celle de 1966, qui était elle-même plus forte que celle de 1967, année très sèche au cours du second semestre.

La grosseur des grains était la plus forte l'année où le rendement au décortiquage était le plus faible et inversement.

Poids des grains

Le tableau III indique le poids de mille grains pour chacune des fumures. Cette détermination n'a pas été effectuée en 1965.

Les résultats de l'analyse statistique montrent que :

1) Sauf en 1967 où le poids des grains des parcelles N est supérieur à celui des grains de toutes les autres parcelles, il n'existe pas de différence significative entre les fumures.

2) L'interaction fumure \times année n'est pas significative.

TABLEAU III
Poids de mille grains, en g

Eléments	1966	1967	1968	1966-68
N	147,5	132,0	153,2	144,2
P	151,6	129,4	137,1	139,4
K	151,8	129,4	134,6	138,6
NP	149,6	125,0	135,5	136,7
NK	151,0	126,0	131,8	136,3
PK	144,4	123,1	129,1	132,2
NPK	154,1	122,5	133,4	136,7
T	149,1	125,7	131,8	136,2
C.V.	5,5	6,3	4,9	5,6
ppds P = 0,05	N. S.	N. S.	11,7	N. S.

3) Les années montrent des différences significatives entre elles :

1966	149,9 %
1968	145,8 %
1967	126,9 %
ppds	4,4 %

On voit que le classement basé sur le poids moyen d'un grain n'est pas le même que celui trouvé en se basant sur le pourcentage de grade 1.

Composition minérale

Teneur en azote (tableau IV)

Parches

La teneur en azote des parches dépend fortement de la fumure apportée ; en effet, il existe toujours des différences significatives, sauf en 1967.

TABLEAU IV
Teneur en azote des parches et grains, en pourcentage de matière sèche

Eléments	Parches					Grains				
	1965	1966	1967	1968	1965-68	1965	1966	1967	1968	1965-68
N	1,605	1,745	1,521	1,736	1,652	2,660	2,884	2,856	2,763	2,791
P	1,251	1,437	1,362	1,428	1,370	2,361	2,539	2,566	2,651	2,529
K	1,335	1,447	1,428	1,605	1,454	2,501	2,765	2,753	2,669	2,672
NP	1,587	1,643	1,782	1,857	1,717	2,585	2,837	2,968	3,043	2,858
NK	1,559	1,624	1,614	1,587	1,596	2,595	2,828	2,818	2,856	2,774
PK	1,353	1,400	1,708	1,493	1,489	2,399	2,539	2,744	2,576	2,564
NPK	1,531	1,577	1,652	1,755	1,629	2,492	2,688	2,660	2,921	2,690
T	1,325	1,456	1,540	1,587	1,477	2,473	2,688	2,818	2,781	2,690
C. V.	8,8	7,9	9,7	6,4	8,2	2,9	5,4	5,2	6,5	5,2
ppds :										
P = 0,05	0,222	0,21			0,105	0,128				0,116
P = 0,01					0,139	0,177	N. S.	N. S.	N. S.	0,154
P = 0,001					0,182					0,202

Si l'on considère chaque année prise séparément, il n'y a généralement pas de différence significative entre les parcelles ayant reçu de l'azote.

Pour l'ensemble des quatre années, toutes les parcelles ayant reçu de l'azote ont des teneurs en azote plus fortes que celle du témoin ; par contre, l'apport de phosphore seul a un effet dépressif significatif. L'analyse factorielle montre de plus que l'azote a un effet positif correspondant à + 0,201, soit 13,6 % de la valeur du témoin et que l'interaction N × K est négative et significative (— 0,060).

Grains

La teneur en azote des grains varie moins sous l'effet de la fumure que celle des parcelles. Sur les quatre années étudiées, seule l'année 1965 montre des différences significatives.

Si l'on considère la durée totale de l'essai, les grains des parcelles NP ont des teneurs en azote significativement supérieures à celles des grains des parcelles T. Par contre, les fumures PK et P ont un effet dépressif significatif.

L'analyse factorielle permet de constater un effet positif significatif de l'azote (+ 0,164, soit 6,1 % de la valeur du témoin) et de l'interaction N × P (+ 0,063), ainsi qu'un effet significatif mais négatif de P (— 0,071, soit 2,6 % de la valeur du témoin).

En moyenne, la teneur en azote des grains représente 175 % de celle des parcelles ; ce rapport est plus élevé pour les parcelles P qui ont les plus faibles teneurs en N (soit 185 %) et plus faible pour les parcelles NP qui sont les plus riches en N (soit 166 %).

Teneur en phosphore (tableau V)

Parches

La teneur en phosphore des parcelles varie encore plus sous l'influence de la fumure que la teneur en azote. Les différences sont presque toujours très hautement significatives.

Sur l'ensemble de l'essai, on constate que les effets des fumures peuvent être classés en trois groupes :

1) Les fumures P et PK sont significativement supérieures à toutes les autres : 0,19-0,20 %.

2) L'apport d'azote en même temps que celui de phosphore diminue la teneur en phosphore par rapport aux fumures phosphatées sans azote ; mais les teneurs sont encore significativement supérieures à celle du témoin : 0,14-0,15 %.

3) Les parcelles n'ayant pas reçu de fumure phosphatée donnent des teneurs en phosphore semblables à celle du témoin : 0,10-0,11 %.

L'analyse factorielle montre à la fois un effet positif significatif du phosphore (0,065, soit 57,8 % de la valeur du témoin) et un effet négatif significatif de l'azote (— 0,029, soit 25,6 % de la valeur du témoin). De plus, l'interaction N × P est significative et négative (— 0,021).

Grains

Les fumures ont également une influence marquée sur la teneur des grains en phosphore ; des différences très hautement significatives existent à chaque récolte.

TABLEAU V

Teneur en phosphore des parcelles et grains, en pourcentage de matière sèche

Eléments	Parches					Grains				
	1965	1966	1967	1968	1965-68	1965	1966	1967	1968	1965-68
N.....	0,110	0,123	0,076	0,094	0,101	0,157	0,153	0,139	0,144	0,149
P.....	0,247	0,241	0,148	0,182	0,204	0,190	0,187	0,171	0,167	0,179
K.....	0,122	0,129	0,088	0,102	0,110	0,164	0,165	0,144	0,154	0,157
NP.....	0,168	0,174	0,113	0,137	0,148	0,177	0,179	0,152	0,164	0,168
NK.....	0,117	0,122	0,091	0,096	0,106	0,161	0,160	0,142	0,150	0,153
PK.....	0,236	0,217	0,130	0,176	0,190	0,193	0,184	0,163	0,174	0,179
NPK.....	0,171	0,172	0,112	0,131	0,147	0,169	0,175	0,151	0,161	0,164
T.....	0,122	0,130	0,094	0,104	0,113	0,167	0,167	0,143	0,150	0,157
C. V.	13,6	12,6	8,8	5,5	11,6	3,1	3,6	4,4	3,0	3,6
ppds :										
P = 0,05	0,0386	0,0360	0,0163	0,0122	0,0133	0,0095	0,0109	0,0116	0,0085	0,0048
P = 0,01	0,0536	0,0500	0,0226	0,0170	0,0177	0,0131	0,0152	0,0161	0,0118	0,0064
P = 0,001		0,0696	0,0315	0,0236	0,0231	0,0183	0,0211	0,0224	0,0164	0,0083

On retrouve les mêmes effets des fumures phosphatées, selon qu'elles sont ou non accompagnées de fumure azotée, que ceux constatés pour les parcelles ; mais on remarque en plus un effet dépressif des parcelles N par rapport au témoin.

L'analyse factorielle donne les mêmes résultats que pour les parcelles, mais les effets sont moins importants :

- phosphore : + 0,018, soit 11,5 % de la valeur du témoin,
- azote : — 0,009, soit 5,7 %,
- interaction N × P : — 0,003.

Les grains ont en moyenne des teneurs en phosphore un peu plus élevées que celles des parcelles : 116 %. Mais si ce rapport s'élève à 147 % dans les parcelles N où les teneurs en phosphore sont les plus faibles, c'est le contraire qui se produit dans les parcelles donnant les plus fortes teneurs en phosphore : 88 % pour les parcelles P.

Teneur en potassium (tableau VI)

Parches

Deux récoltes seulement présentent des différences significatives dans les teneurs des parcelles en potassium : 1965 et 1967.

On constate par contre des différences très hautement significatives sur les quatre récoltes cumulées :

- 1) Les parcelles ayant reçu une fumure potassique donnent des teneurs en K de l'ordre de 2,65 %.
- 2) La fumure azotée seule donne une teneur en K de 2,55 % environ.
- 3) Les autres parcelles ne diffèrent pas du témoin : teneur de 2,45 % environ.

En effectuant l'analyse factorielle, on constate que seul l'effet « potassium » est significatif ; il est de 0,19, ce qui correspond à 7,8 % de la valeur du témoin.

Grains

Il n'y a aucune différence significative, que ce soit sur les récoltes prises séparément ou sur toute la durée de l'essai, entre les teneurs en potassium des grains.

En ce qui concerne l'analyse factorielle, seule l'interaction N × P est significative, elle est négative : — 0,03. Si l'on décompose les effets principaux N et P, on note alors que le phosphore a un effet positif significatif en l'absence d'apport d'azote. On ne retrouve donc pas dans les grains l'antagonisme qui existe dans les feuilles où la fumure phosphatée a un effet dépressif sur la teneur en potassium.

En moyenne, les grains sont moins riches en potassium que les parcelles : 78 %. Cette valeur est sensiblement la même pour toutes les fumures ; les variations constatées pour l'azote et le phosphore n'existent pas pour le potassium.

Teneur en calcium (tableau VII, p. 274)

Parches

Il n'existe aucune différence significative entre les teneurs en calcium des parcelles.

L'analyse factorielle ne montre pas non plus de différence significative.

Grains

Les résultats sont les mêmes que ceux enregistrés pour les parcelles. On peut noter cependant que les

TABLEAU VI

Teneur en potassium des parcelles et grains, en pourcentage de matière sèche

Eléments	Parches					Grains				
	1965	1966	1967	1968	1965-68	1965	1966	1967	1968	1965-68
N	2,463	2,523	2,483	2,703	2,543	1,950	1,967	1,970	2,127	2,003
P	2,427	2,470	2,297	2,480	2,418	2,000	2,030	2,053	2,107	2,048
K	2,503	2,570	2,573	2,917	2,641	1,983	1,983	1,950	2,086	2,001
NP	2,407	2,390	2,487	2,710	2,498	1,983	1,967	1,970	2,040	1,990
NK	2,607	2,587	2,710	2,767	2,668	1,983	2,017	1,953	2,160	2,028
PK	2,670	2,627	2,550	2,850	2,674	2,000	2,067	2,073	2,167	2,077
NPK	2,603	2,583	2,640	2,800	2,658	1,983	2,033	1,970	2,127	2,028
T	2,290	2,357	2,353	2,720	2,431	1,983	1,967	1,937	2,113	2,000
C. V.	4,4	4,6	4,4	6,3	5,3	2,2	2,8	5,2	3,9	3,7
ppds :										
P = 0,05	0,191	N. S.	0,192	N. S.	0,106	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
P = 0,01			0,266		0,141					
P = 0,001					0,176					

TABLEAU VII

Teneur en calcium des parches et grains, en pourcentage de matière sèche

Eléments	Parches				Grains			
	1966	1967	1968	1966-68	1966	1967	1968	1966-68
N	0,480	0,507	0,477	0,488	0,133	0,130	0,147	0,137
P	0,453	0,413	0,510	0,459	0,133	0,150	0,160	0,148
K	0,460	0,427	0,510	0,466	0,130	0,110	0,143	0,128
NP	0,523	0,523	0,517	0,521	0,140	0,140	0,150	0,143
NK	0,487	0,450	0,503	0,480	0,140	0,130	0,150	0,140
PK	0,473	0,413	0,553	0,480	0,130	0,130	0,157	0,139
NPK	0,447	0,450	0,553	0,483	0,117	0,130	0,167	0,138
T	0,473	0,413	0,507	0,464	0,137	0,120	0,153	0,137
C. V.	9,4	15,1	10,3	12,0	11,2	21,7	12,2	15,5
ppds :								
P = 0,05	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
P = 0,01								
P = 0,001								

TABLEAU VIII

Teneur en magnésium des parches et grains, en pourcentage de matière sèche

Eléments	Parches				Grains			
	1966	1967	1968	1966-68	1966	1967	1968	1966-68
N	0,197	0,197	0,220	0,204	0,160	0,173	0,177	0,170
P	0,160	0,167	0,187	0,171	0,150	0,160	0,163	0,158
K	0,190	0,200	0,247	0,212	0,160	0,167	0,173	0,167
NP	0,183	0,203	0,223	0,203	0,157	0,183	0,177	0,172
NK	0,207	0,200	0,230	0,212	0,163	0,167	0,173	0,168
PK	0,167	0,183	0,203	0,184	0,157	0,177	0,167	0,167
NPK	0,170	0,190	0,220	0,193	0,153	0,167	0,177	0,166
T	0,200	0,187	0,233	0,207	0,160	0,157	0,170	0,162
C. V.	9,3	6,6	5,5	8,1	2,0	6,5	3,8	12,7
ppds :								
P = 0,05	0,030	0,022	0,031	0,015				
P = 0,01				0,020	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
P = 0,001				0,027				

parcelles P qui donnent les plus faibles teneurs en calcium dans les parches donnent au contraire les plus fortes teneurs en cet élément dans les grains.

Les grains sont beaucoup moins riches en calcium que les parches : 0,14 % en moyenne au lieu de 0,48 % ; soit un rapport de 29 %.

Teneur en magnésium (tableau VIII)

Parches

On constate des différences significatives chaque année et très hautement significatives pour l'ensem-

ble des trois récoltes étudiées, entre les teneurs en magnésium des parches.

Aucune fumure n'augmente significativement les teneurs en magnésium par rapport au témoin, mais P et PK ont un effet dépressif.

L'analyse factorielle montre que le phosphore a un effet dépressif significatif : — 0,02, soit 10 % de la valeur du témoin, tandis que l'azote a un effet positif significatif, mais moitié moins marqué : 0,01, soit 5 % de la valeur du témoin.

Grains

Les fumures n'ont pas d'influence sur la teneur des grains en magnésium. Il n'y a aucune différence

TABLEAU IX

Teneur en fer des parches et grains, en ppm de matière sèche

Eléments	Parches			Grains		
	1967	1968	1967-68	1967	1968	1967-68
N	32,3	67,3	49,8	39,0	20,0	29,5
P	40,7	69,0	54,8	52,3	22,0	37,2
K	34,7	115,0	74,8	43,0	23,7	33,3
NP	40,3	107,3	73,8	53,0	20,0	36,5
NK	33,0	63,0	48,0	44,7	27,7	36,2
PK	40,7	68,0	54,3	45,3	24,0	34,7
NPK	43,0	65,0	54,0	46,3	26,3	36,3
T	39,7	95,0	67,3	46,3	25,3	35,8
C. V.	30,6	44,0	44,6	9,5	29,0	16,5
ppds :						
P = 0,05	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
P = 0,01						
P = 0,001						

TABLEAU X

Teneur en manganèse des parches et grains, en ppm de matière sèche

Eléments	Parches			Grains		
	1967	1968	1967-68	1967	1968	1967-68
N	24,2	27,3	25,75	20,0	20,0	20,00
P	18,3	14,7	16,50	15,8	17,3	16,58
K	20,0	19,7	19,83	18,3	16,3	17,33
NP	40,8	39,0	39,92	26,7	19,7	23,17
NK	29,2	40,7	34,32	21,7	20,7	21,17
PK	18,3	16,3	17,33	15,8	18,3	17,08
NPK	30,0	36,7	33,33	22,50	22,3	22,42
T	17,5	17,3	17,42	16,7	15,7	16,17
C. V.	20,0	29,1	25,3	17,8	14,4	16,3
ppds :						
P = 0,05	8,7	13,95	7,67	6,2	N. S.	3,71
P = 0,01	12,0	18,8	10,32		N. S.	5,00
P = 0,001	16,7		13,73			

significative ni dans les trois récoltes prises séparément, ni pour les trois années cumulées ; il en est de même si l'on considère l'analyse factorielle.

Les grains sont moins riches en magnésium que les parches : leur teneur moyenne est de 0,17 % au lieu de 0,20 %, soit un rapport de 85 %.

Teneurs en oligo-éléments

Rappelons que les teneurs en oligo-éléments des grains et des parches n'ont été déterminées que sur les deux dernières récoltes.

Teneur en fer (tableau IX)

Que ce soit dans les grains ou dans les parches, les fumures n'induisent pas de différence significative entre les teneurs en fer. Les parches sont presque deux fois plus riches en fer que les grains ; les teneurs moyennes sont de 35 ppm dans les grains et de 60 ppm dans les parches, soit un rapport de 58 %.

Teneur en manganèse (tableau X)

L'action des fumures est beaucoup plus marquée sur les teneurs en manganèse. Les différences sont

significatives dans les parches pour les deux récoltes prises séparément ou cumulées et dans les grains pour 1967 et pour l'ensemble des deux récoltes.

Les grains et les parches provenant des parcelles ayant reçu une fumure azotée ont des teneurs en manganèse significativement supérieures à celle du témoin. Les variations les plus fortes sont enregistrées dans les parches où l'effet « azote » se traduit par une augmentation de 16 ppm, soit 92 % de la valeur du témoin ; dans le grain, l'augmentation n'est que de 5 ppm, soit 31 % de la valeur du témoin.

Les grains sont en moyenne plus pauvres en manganèse que les parches : 19 ppm au lieu de 25,5, soit un rapport de 74 %. Mais les variations étant plus fortes dans les parches, ce rapport tombe à 58 % dans les fruits riches en manganèse (parcelles NP) et s'élève au contraire à 100 % dans les fruits pauvres en manganèse (parcelles P).

Teneur en zinc (tableau XI)

Les seules différences significatives entre les teneurs en zinc se produisent en 1968, dans les

TABLEAU XI

Teneur en zinc des parches et grains, en ppm de matière sèche

Eléments	Parches			Grains		
	1967	1968	1967-68	1967	1968	1967-68
N	14,0	9,0	11,50	38,8	9,0	23,92
P	20,8	7,7	14,25	29,3	8,7	19,00
K	15,0	11,3	13,17	28,3	9,0	18,67
NP	17,5	10,0	13,75	46,5	9,7	28,08
NK	23,5	8,0	15,75	40,6	8,3	24,50
PK	22,3	11,7	17,00	37,1	9,7	23,42
NPK	14,1	8,0	11,08	41,1	8,3	24,75
T	18,1	8	13,08	34,3	8,3	21,33
C. V.	29,2	17,9		24,6	7,7	
ppds :						
P = 0,05	N. S.	2,9	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
P = 0,01						
P = 0,001						

TABLEAU XII

Teneur en cuivre des parches et grains, en ppm de matière sèche

Eléments	Parches			Grains		
	1967	1968	1967-68	1967	1968	1967-68
N	6,0	12,0	9,00	7,3	15,0	11,17
P	9,3	11,0	10,17	6,1	12,7	9,42
K	9,6	14,0	11,83	7,3	13,7	10,50
NP	6,8	8,7	7,75	4,8	11,3	8,08
NK	7,8	11,3	9,58	7,1	10,0	8,58
PK	8,3	9,3	8,83	7,0	11,7	9,33
NPK	5,1	8,7	6,92	5,3	10,7	8,00
T	11,1	14,0	12,58	6,3	14,0	10,17
C. V.	38,1	18,2	27,1	18,5	21,2	21,6
ppds :						
P = 0,05	N. S.	3,5	3,07	N. S.	N. S.	N. S.
P = 0,01						
P = 0,001						

parches, où les fumures PK et K provoquent une augmentation significative par rapport au témoin.

La teneur moyenne des grains en zinc est plus élevée que celle des parches : 23 ppm contre 14, soit un rapport de 164 %. Les teneurs de 1968 sont beaucoup plus faibles que celles de 1967, surtout dans les grains.

Les fumures provoquent des différences plus marquées dans les parches que dans les grains ; de plus, elles ne semblent pas agir dans le même sens dans les grains et dans les parches, surtout en ce qui concerne l'azote : ainsi l'effet azote est de - 1,3 ppm dans les parches (seuil de signification 2,3 ppm) et de + 4,7 ppm dans les grains (seuil de signification 6,2 ppm). Il en résulte que si le rapport teneur en zinc des grains/teneur en zinc des parches est en moyenne de 164 %, celui-ci varie fortement : 133 % pour les parcelles P et 233 % pour les parcelles NPK.

Teneur en cuivre (tableau XII)

On trouve des différences significatives dans les teneurs en cuivre des parches en 1968 et pour l'ensemble 1967-1968 ; il n'y en a pas dans celles des grains.

L'analyse factorielle montre dans les parches un effet significatif et négatif à la fois de l'azote (- 2,5 ppm, soit 20 % de la valeur du témoin) et du phosphore (- 2,3 ppm, soit 18 % de la valeur du témoin). Dans les grains, seul l'effet « phosphore » est significatif : - 1,4 ppm, soit 14 % de la valeur du témoin.

Le cuivre est l'élément dont les teneurs varient le plus après celles du manganèse. Les teneurs moyennes sont sensiblement les mêmes dans les grains et dans les parches, respectivement 9,4 et 9,6 ppm, soit un rapport de 97 % ; mais ce rapport varie très fortement, de 89 % pour les fruits des parcelles K à 143 % pour les fruits des parcelles T.

Teneur en caféine (tableau XIII)

La teneur élevée des Robusta en caféine étant généralement considérée comme gênante pour leur commercialisation, nous avons recherché si elle n'était que sous la dépendance des facteurs génétiques ou au contraire si elle pouvait être modifiée par les changements des conditions de nutrition du caféier.

Au cours des quatre années 1965-1968, on trouve des différences significatives en 1966, 1968 et pour l'ensemble de la période étudiée. Les résultats de l'analyse de l'essai en bloc peuvent être résumés par les schémas suivants :

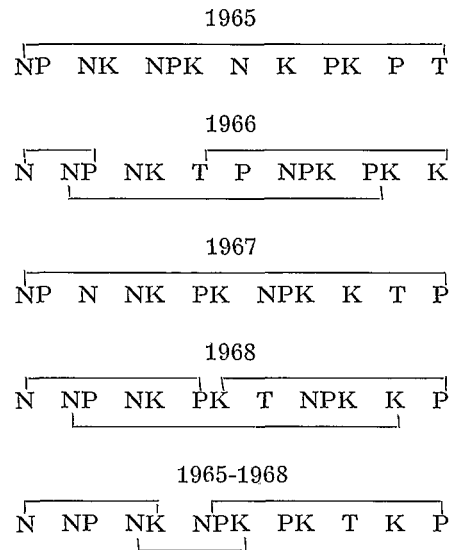


TABLEAU XIII

Teneur en caféine des grains, en pourcentage de matière sèche

Eléments	1965	1966	1967	1968	1965-68
N.....	2,603	2,925	2,685	2,962	2,783
P.....	2,393	2,561	2,389	2,532	2,459
K.....	2,423	2,440	2,468	2,665	2,483
NP.....	2,730	2,729	2,737	2,869	2,755
NK.....	2,660	2,694	2,600	2,810	2,680
PK.....	2,403	2,547	2,540	2,732	2,545
NPK.....	2,607	2,559	2,510	2,723	2,589
T.....	2,380	2,654	2,420	2,724	2,534
C. V.	6,9	4,7	6,4	4,9	5,7
ppds :					
P = 0,05	N. S.	0,219	N. S.	0,235	0,123
P = 0,01					0,164
P = 0,001					0,214

On constate que les teneurs en caféine se divisent en deux groupes :

- 1) Les grains des parcelles N, NP et NK avec une teneur de 2,70-2,80 %.
- 2) Les grains des autres parcelles avec une teneur de 2,45-2,55 %.

On met déjà ainsi en évidence l'influence de la fumure azotée.

Sur l'ensemble de la durée de l'essai, les résultats de l'analyse factorielle sont les suivants :

Effets principaux :

N.....	+ 0,196
P.....	- 0,034
K.....	- 0,057

Interactions de premier ordre :

N × P	— 0,025
N × K	— 0,078
P × K	— 0,025

Interaction de second ordre :

N × P × K	— 0,049
-----------------	---------

Seuil de signification : 0,061.

L'effet principal « azote » est positif et très hautement significatif ; l'interaction N × K est négative et significative. L'effet principal « potassium » est négatif et très près du seuil de signification.

Du fait de la signification de l'interaction N × K, on peut décomposer les effets de N et K de la façon suivante :

Effet de l'azote :

en l'absence de K	+ 0,136
en présence de K	+ 0,059

Effet du potassium :

en l'absence de N	+ 0,010
en présence de N	— 0,067

L'azote a donc un effet moins marqué en présence de potasse, mais il est encore presque égal au seuil de signification. Par contre, la potasse est sans effet en l'absence d'azote ; mais, en présence d'azote, son effet devient négatif et significatif.

On peut noter alors que la fumure P × K qui a été préconisée à la fin de l'essai ne change pas la teneur en caféine des récoltes.

Les teneurs en caféine sont plus élevées en 1968 qu'au cours des trois autres années ; il s'agit de la récolte sur les jeunes rameaux après le recépage des caféiers. C'est également l'année où la teneur des feuilles en azote était maximale.

Conclusions

Il ressort de cette étude que la fumure minérale agit beaucoup plus sur la composition des enveloppes que sur celle du grain de café ; nous obtenons donc les mêmes résultats que ceux qu'avait trouvés Loué dans une étude semblable effectuée dans la région des sables tertiaires de Côte d'Ivoire.

En ce qui concerne les caractères physiques du grain, nous n'avons pu mettre en évidence aucune influence de la fumure minérale sur le rendement au décorticage, ni sur le poids moyen d'un grain, ni sur la grosseur des grains.

Les différences sont plus nettes en ce qui concerne la composition minérale. Les anions semblent avoir une influence beaucoup plus marquée que les cations. La teneur en calcium est la plus stable ; aucune fumure ne l'a jamais modifiée significativement. Il en est de même de la teneur en fer, parmi les oligo-éléments.

En résumé :

1) L'apport d'azote :

- augmente la teneur en N dans les parches et les grains,
- diminue la teneur en P dans les parches et les grains,
- augmente la teneur en Mg dans les parches,
- augmente la teneur en Mn dans les parches et les grains,
- diminue la teneur en Cu dans les parches ;

2) L'apport de phosphate :

- diminue la teneur en N dans les parches et les grains,
- augmente la teneur en P dans les parches et les grains,
- augmente la teneur en K dans les grains,
- diminue la teneur en Mg dans les parches,
- diminue la teneur en Cu dans les parches et les grains ;

3) L'apport de potasse :

- augmente la teneur en K dans les parches.

Il y a donc un certain antagonisme entre les effets des apports d'azote et de phosphate (sauf en ce qui concerne les teneurs en Cu).

Les grains sont plus riches que les parches en azote, phosphore et zinc ; mais c'est le contraire qui se produit pour le potassium, le calcium, le magnésium, le fer et le manganèse, tandis que les teneurs en cuivre sont les mêmes dans les grains et dans les parches.

Les teneurs en caféine sont influencées par les fumures azotées, ce qui peut sembler normal puisque la caféine renferme 29 % d'azote ; les fumures azotées agissent également sur les teneurs en oligo-éléments (surtout Mn et Cu) ; or ceux-ci sont

présents dans de nombreux enzymes et pourraient ainsi avoir un rôle dans la biosynthèse de la caféine. L'apport de potassium a un effet dépressif en l'absence d'azote ; mais il est sans action s'il est accompagné d'une fumure azotée.

Les variations de composition minérale des grains sous l'influence de la fumure sont faibles en général ; il n'y a donc pas de modifications profondes dans les quantités d'éléments exportées

(celles-ci varient d'ailleurs davantage si l'on considère les exportations dues aux parches). Mais il n'est pas à exclure qu'elles puissent avoir une influence sur les qualités gustatives, soit par la présence plus ou moins importante de l'ion lui-même, soit par les modifications qu'elles pourraient entraîner dans les teneurs en substances organiques élaborées, à l'exemple de ce qui se passe pour la caféine.

VERLIÈRE (G.). — **La nutrition minérale et la fertilisation du caféier sur sol schisteux en Côte d'Ivoire. IV. Influence de la fertilisation minérale sur la composition du fruit.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 4, oct.-déc. 1973, p. 269-280, tabl. (fin).

Dans un essai factoriel NPK 2³ avec trois répétitions et une densité de 1.600 caféiers/ha, on a étudié l'effet des engrais (sulfate d'ammonium, phosphate bicalcique et sulfate de potasse) sur les caractéristiques suivantes des fruits : rapport poids des grains/poids des enveloppes ; grosseur et poids du grain ; composition minérale des enveloppes et des grains ; teneur des grains en caféine.

La fumure minérale agit plus sur la composition des enveloppes que sur celle du grain, mais n'a pas d'influence sur le rendement au décorticage, ni sur le poids moyen d'un grain, ni sur la grosseur de celui-ci.

Les anions semblent avoir plus d'influence que les cations sur la composition du fruit. Le calcium et le fer sont les plus stables. Il y a un certain antagonisme entre les effets des apports d'azote et de phosphate. Les teneurs en caféine sont influencées par les fumures azotées.

L'analyse factorielle des résultats permet de différencier l'effet principal des fumures N, P, K des interactions de premier ou de deuxième ordre.

VERLIÈRE (G.). — **Die Mineralernährung und die Düngung des Kaffeebaums auf Schieferböden in der Elfenbeinküste. IV. Einfluss der Minereraldüngung auf die Zusammensetzung der Frucht.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 4, oct.-déc. 1973, p. 269-280, tabl. (Ende).

In einem faktoriellen Versuch NPK 2³ mit drei Wiederholungen und einer Dichte von 1.600 Kaffeebäumen/ha, wurde die Wirkung der Düngemittel (Ammoniumsulfat, Dikaliumphosphat und Kaliumsulfat) auf folgende Merkmale der Früchte geprüft : Verhältnis Gewicht der Bohnen/

VERLIÈRE (G.). — **Mineral nutrition and fertilization of the coffee tree on shaly soil in the Ivory Coast. IV. Influence of mineral fertilization on fruit composition.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 4, oct.-déc. 1973, p. 269-280, tabl. (the end).

In a factorial experiment NPK 2³ with three replications and a density of 1.600 coffee trees/ha, the effect of fertilizers (ammonium sulphate, dibasic calcium phosphate and potassium sulphate) on the following characteristics of fruits were studied : ratio of bean weight/envelope weight ; size and weight of the bean ; mineral composition of envelopes and beans ; caffeine content of the beans.

Mineral manuring acts more on the composition of the envelopes than on that of the beans, but exerts an influence neither on the yield upon decortication, nor on the average weight of the grain, nor on the latter's size.

Anions seem to have more influence than cations on fruit composition. Calcium and iron are more stable. There is a certain antagonism between the effects of nitrogen and phosphate supplies. Caffeine contents are influenced by nitrogenous manures.

Factorial analysis of the results makes it possible to differentiate the main effect of N, P, K manures from first or second order interactions.

VERLIÈRE (G.). — **La nutrición mineral y la fertilización del café en suelos esquistosos en la Costa de Marfil. IV. Efecto de los fertilizantes minerales sobre la composición del fruto.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 4, oct.-déc. 1973, p. 269-280, tabl. (fin).

En un ensayo factorial NPK 2³ con tres repeticiones y una densidad de 1.600 cafetos/hectárea se estudió el efecto de los fertilizantes (sulfato de amoníaco, fosfato bicálcico y sulfato de potasa) sobre las siguientes características de los frutos : relación peso de los granos/peso de las envolturas ; tamaño y

Gewicht der Schalen ; Grösse und Gewicht der Bohne ; mineralische Zusammensetzung der Schalen und der Bohnen ; Gehalt an Coffein der Bohnen.

Die Mineraldüngung hat eine grössere Wirkung auf die Zusammensetzung der Schalen als auf die der Bohnen, bleibt jedoch ohne Einfluss auf den Ertrag beim Entschälen noch auf das Mittelgewicht einer Bohne noch auf die Grösse der Bohne.

Die Anionen scheinen einen grösseren Einfluss auf die Zusammensetzung der Frucht zu haben als die Kationen. Calcium und Eisen sind am stabilsten. Es besteht ein gewisser Antagonismus zwischen den Auswirkungen der Stickstoff- und der Phosphatgaben. Der Coffeingehalt wird durch stickstoffhaltige Düngungen beeinflusst.

Die faktorielle Analyse der Ergebnisse gestattet, die Hauptwirkung der Düngungen N, P, K von den Wechselwirkungen erster und zweiter Grösse zu differenzieren.

peso del grano ; composición mineral de las envolturas y de los granos ; contenido de cafeína en los granos.

El abonado mineral tiene un mayor efecto sobre la composición de las envolturas comparada con la de los granos pero no influye sobre el rendimiento en frutos descascarados y tampoco sobre el peso medio de un grano y el tamaño de éste.

Los aniones parecen influir más que los cationes sobre la composición del fruto. El calcio y el hierro son los más estables. Hay un cierto antagonismo entre los efectos de los aportes de nitrógeno y de fosfato. Los abonos nitrogenados influyen sobre el contenido de cafeína.

Gracias a un análisis factorial de los resultados se puede hacer una distinción entre el efecto principal de los fertilizantes N, P, K y las interacciones de primero o segundo orden.