

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

## I. — ÉTUDE DE LA NUTRITION MINÉRALE

G. VERLIÈRE

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

L'étude de la nutrition minérale et de la fertilisation du caféier en Côte d'Ivoire a été effectuée par Loué sur des sols d'origine granitique et des sables tertiaires ; mais une partie importante de la caféière ivoirienne est implantée sur un troisième type de sols, d'origine schisteuse, principalement dans la région d'Abengourou. C'est pourquoi l'Institut Français du Café et du Cacao a décidé en 1960 d'établir un essai de fertilisation minérale du caféier dans cette région.

Le sol est faiblement ferrallitique, limono-argileux, non gravillonnaire. L'horizon supérieur a de bonnes propriétés au point de vue humidité et structure ; il est faiblement acide et assez riche en bases et en matière organique. L'horizon inférieur est un peu plus acide, mais surtout plus graveleux, avec des blocs de quartz associés à des concrétions ferrugineuses (\*).

L'essai est du type NPK 2<sup>3</sup> avec trois répétitions. Chaque parcelle renferme 9 × 8 = 72 caféiers ; les observations portent sur 7 × 6 = 42 caféiers, les lignes de bordure étant récoltées à part. Les

(\*) Dans un profil étudié dans la région de Priko (Etude pour la reconversion des cultures de caféier dans la République de Côte d'Ivoire, BPDA — ORSTOM, Pédologie, tome 1, page 14), la somme des bases échangeables dans l'horizon de surface est de 7,1 mé/100 g, dont 4,5 mé pour Ca, 2,1 mé pour Mg et 0,45 mé pour K. La teneur en K se maintient jusqu'à une profondeur de 60 cm, alors que celle en Mg et surtout celle en Ca diminuent rapidement. L'horizon de surface renferme 0,3 ‰ de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total et a un rapport C/N de 10,4.

caféiers sont des Canephora var. Ebobo d'origine locale. Ils sont plantés à 2,5 m × 2,5 m (densité de 1.600 à l'hectare) et conduits sur quatre tiges avec recépage tous les quatre ans en gardant un tire-sève. La plantation a été faite en 1960, les remplacements en 1961. La première récolte a eu lieu en 1963, le premier recépage en 1967. Les engrais sont utilisés aux doses annuelles suivantes (en grammes par arbre) :

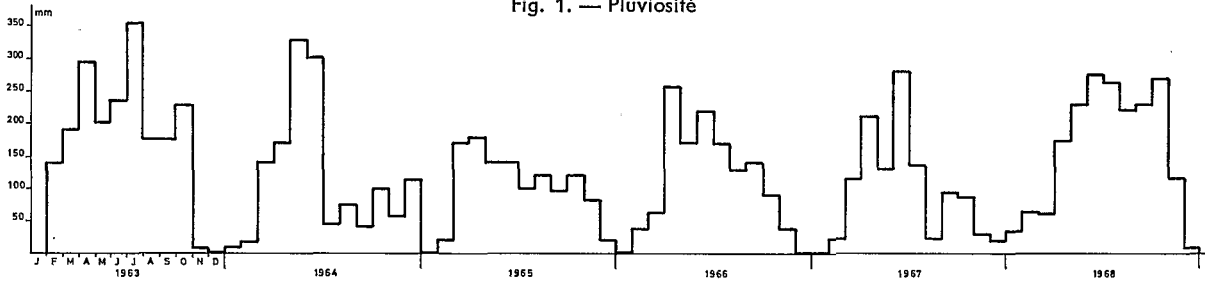
	1961 et 1962	Années suivantes
Sulfate d'ammoniaque .....	150	225
Phosphate bicalcique .....	50	75
Sulfate de potasse .....	100	150

Ils sont apportés au début des pluies (cf. fig. 1, p. 98) c'est-à-dire en avril et septembre, avec la répartition suivante :

	Avril	Septembre
Sulfate d'ammoniaque .....	3/5	2/5
Phosphate bicalcique .....	5/5	
Sulfate de potasse .....	2/5	3/5

L'étude de la nutrition minérale est effectuée par diagnostic foliaire. Les analyses portent sur la troisième paire de feuilles en partant de l'extrémité apicale d'un rameau fructifère. Les prélèvements foliaires ont été effectués toutes les six semaines de 1963 à 1965 inclus ; leur nombre a été ensuite ramené annuellement à quatre les trois années suivantes, à raison d'un prélèvement par saison ; ceux de 1967 ont été effectués sur le tire-sève

Fig. 1. — Pluviosité



Les différents dosages effectués sont les suivants :  
 azote : par la méthode KJELDHAL,  
 phosphore : par colorimétrie au phosphovanadomolybdate d'ammonium,  
 potassium, calcium et magnésium : par spectrophotométrie de flamme,  
 fer : par colorimétrie à l'orthophénantroline,

manganèse, zinc et cuivre : par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Les quatre derniers éléments cités n'ont été dosés qu'à partir de 1966. Les teneurs en N, P, K, Ca et Mg sont exprimées en g pour 100 g de matière sèche et les teneurs en Fe, Mn, Zn, et Cu en ppm.

## Étude des teneurs en éléments minéraux

Le tableau I, p. 99, indique pour chacun des éléments dosés les dates auxquelles on a pu constater des différences significatives dans les teneurs foliaires sous l'influence des différentes fumures.

Si on considère les moyennes annuelles obtenues avec les différentes fumures, on obtient le tableau II, qui indique, en outre, pour chaque année, la valeur du coefficient de variation et les plus petites différences significatives.

### Nutrition azotée

L'évolution dans le temps des teneurs en azote en fonction des différentes fumures est représentée par la figure 2, p. 100.

Les teneurs maximales sont observées en avril-mai, après la reprise des pluies, et les taux les plus bas en février-mars, à la fin de la grande saison sèche. La petite saison des pluies provoque une légère augmentation en novembre.

Sur les trente-huit prélèvements foliaires effectués, vingt-trois ont montré des différences significatives. Pendant les premières années, il s'agit des prélèvements où l'on rencontre les taux d'azote les plus faibles, c'est-à-dire de ceux des saisons sèches. Mais, au cours des années suivantes, les différences deviennent significatives pour la quasi-totalité des prélèvements. La fumure azotée n'aurait donc de l'effet, dans un premier temps, qu'au moment où il y a pénurie d'azote pour les arbres ; puis, au bout d'un certain nombre d'années, son action se ferait sentir également pendant les périodes où l'alimentation des plantes bénéficie de meilleures conditions.

TABLEAU II

Nutrition azotée. Moyennes annuelles des teneurs foliaires en azote ; coefficients de variation ; plus petites différences significatives

Eléments	1963	1964	1965	1966	1967	1968
N	3,030	2,944	2,823	2,968	3,147	3,269
P	2,821	2,717	2,464	2,545	2,853	3,019
K	2,903	2,761	2,528	2,636	2,715	3,110
NP	3,021	2,966	2,766	2,884	3,206	3,269
NK	2,989	2,947	2,847	2,905	3,159	3,280
PK	2,826	2,674	2,552	2,590	3,038	3,112
NPK	2,947	2,908	2,677	2,814	3,085	3,266
T	2,862	2,699	2,514	2,671	3,033	3,150
C. V.	4,0	3,6	4,7	4,4	3,4	2,9
ppds						
P = 5 %	0,062	0,057	0,067	0,096	0,082	0,075
P = 1 %	0,083	0,076	0,089	0,129	0,110	0,100
P = 0,1 %	0,106	0,098	0,115	0,168	0,143	0,131

La représentation graphique de ces résultats, en réunissant par un trait les traitements ne présen-

TABLEAU I

Dates auxquelles on a pu constater des différences significatives dans les teneurs foliaires en éléments minéraux sous l'influence des différentes fumures

Dates	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
<b>1963</b>									
21/1	+								
4/3		+							
16/4		+							
27/5		+							
8/7	+	+	+						
19/8		+	+						
7/10		+							
11/11		+							
16/12		+	+						
<b>1964</b>									
5/2		+	+						
16/3		+							
27/4		+							
8/6		+			+				
20/7	+	+	+	+					
31/8	+	+	+						
13/10	+	+	+						
23/11	+	+	+						
<b>1965</b>									
5/1	+	+	+						
10/2	+	+	+	+					
26/3		+	+						
10/5		+	+						
22/6	+	+	+						
3/8		+	+						
15/9	+	+	+						
27/10	+	+	+						
7/12	+	+	+						
<b>1966</b>									
14/2	+	+	+	+		+	+		+
16/5	+	+	+	+			+		+
16/8	+	+	+	+	+		+		+
3/10	+	+	+	+			+		+
<b>1967</b>									
13/2	+	+	+	+	+	+	+		+
16/5		+		+			+		+
16/8	+	+	+				+		+
13/11	+	+		+	+		+		+
<b>1968</b>									
12/2	+	+					+		+
27/5	+	+	+	+			+		+
19/8	+	+	+	+			+		+
11/11	+	+	+	+	+		+		+

tant pas entre eux de différence significative, donne les schémas suivants :

1963							
N	NP	NK	NPK	K	T	PK	P
1964							
NP	NK	N	NPK	K	P	T	PK
1965							
NK	N	NP	NPK	PK	K	T	P

1966							
N	NK	NP	NPK	T	K	PK	P
1967							
NP	NK	N	NPK	PK	T	P	K
1968							
NK	NP	NPK	N	T	PK	K	P

Dès 1963, toutes les parcelles ayant reçu de l'azote ont des teneurs en azote significativement supérieures à celle du témoin. De plus, à partir de 1966, le phosphore apporté seul a un effet dépressif significatif. A la fin de l'essai, on se trouve donc en présence de trois groupes :

- 1) NK, NP, NPK, N avec des teneurs de l'ordre de 3,3 %.
- 2) T, PK, K avec des teneurs de l'ordre de 3,1 %.
- 3) P avec des teneurs de 3,0 %.

Les interactions dates x fumures ne sont jamais significatives. La nutrition azotée ne sera pas ici le facteur limitant de la production, car un taux moyen annuel de 3,1 % correspond déjà à une zone de bons rendements ; mais l'azote sera sans doute nécessaire dans le cas de l'apport d'une fumure phosphatée, étant donné l'effet dépressif de cette dernière.

Pour suivre l'évolution de la nutrition minérale pendant les six années étudiées, nous avons fait l'interprétation factorielle des résultats annuels en exprimant les effets principaux et les interactions, non pas en valeur absolue, mais en pour mille de la valeur du témoin afin de rendre les résultats comparables d'une année à l'autre. Ceux concernant la nutrition azotée sont résumés dans le tableau III.

TABLEAU III  
Nutrition azotée. Effets principaux et interactions en « pour mille » de la valeur du témoin

	1963	1964	1965	1966	1967	1968
<b>Effets principaux</b>						
N	+ 50	+ 85	+ 105	+ 105	+ 58	+ 63
P	- 15	- 8	- 25	- 33	- 10	- 7
K	- 16	- 3	+ 4	- 12	1	+ 11
<b>Interactions de 1<sup>er</sup> ordre</b>						
N x P	+ 6	+ 5	- 20	0	8	+ 15
N x K	- 14	- 7	- 17	- 13	- 19	+ 1
P x K	- 6	- 15	- 4	7	10	+ 17
<b>Interaction de 2<sup>e</sup> ordre</b>						
N x P x K	0	4	- 18	- 8	- 32	- 30
<b>Seuil de signification</b>	11	11	13	19	14	12
<b>Valeur du témoin</b>	2,863	2,700	2,514	2,672	3,033	3,150



On peut remarquer que :

1) Parmi les effets principaux :

— celui de l'azote est toujours positif et significatif ;

— celui du phosphore est toujours négatif, mais non toujours significatif ;

— celui du potassium est d'abord négatif, puis devient positif et approche du seuil de signification en 1968.

2) Parmi les interactions de premier ordre :

— l'interaction  $N \times P$  est généralement positive, mais n'est significative qu'en 1965 (où elle est d'ailleurs négative) et en 1968 ; elle augmente régulièrement de 1965 à 1968 ;

— l'interaction  $N \times K$  est négative, mais elle n'est significative qu'une année sur deux et son effet est nul la dernière année ;

— l'interaction  $P \times K$  est d'abord négative, et ensuite positive ; son effet positif va en augmentant et finit par atteindre le seuil de signification en 1968.

3) L'interaction de deuxième ordre  $N \times P \times K$  est négative et son effet semble aller en s'accroissant.

## Nutrition phosphatée

La figure 3 représente les variations dans le temps des teneurs des feuilles en phosphore en fonction des différentes fumures.

Les valeurs minimales sont observées, comme pour l'azote, en fin de saison sèche. En ce qui concerne le témoin, ces teneurs minimales vont en s'abaissant tous les ans, ce qui indique une carence du sol de plus en plus marquée ; mais il faut noter également qu'au moment du recépage en 1967 les feuilles du tire-sève ont présenté un taux de phosphore en février supérieur à ceux des autres années ; le système racinaire a alors pu alimenter normalement une partie aérienne réduite de 75 %. L'effet du recépage avait été moins marqué pour l'azote.

Sauf au cours de la première année de l'essai, les teneurs en phosphore du témoin sont les plus fortes en avril-mai, au moment de la reprise des pluies, puis elles diminuent régulièrement jusqu'en février.

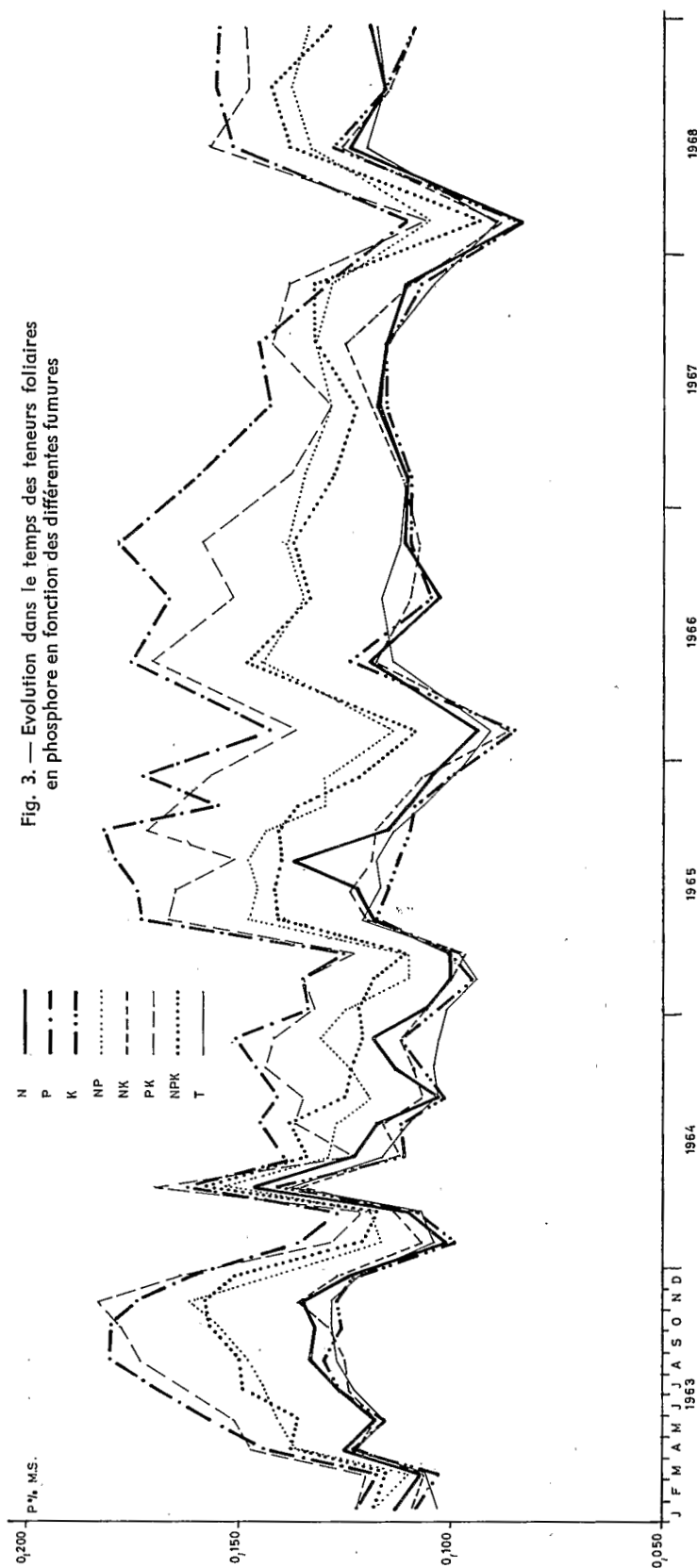


Fig. 3. — Evolution dans le temps des teneurs foliaires en phosphore en fonction des différentes fumures

Lorsqu'il y a apport d'une fumure phosphatée, on constate une autre élévation des teneurs en phosphore en octobre-novembre, au moment de la petite saison des pluies, bien qu'il n'y ait pas d'apport de phosphate à cette période. Une partie du phosphate épandu en avril est donc encore disponible pour le caféier au mois d'octobre.

L'apport d'une fumure phosphatée provoque des différences significatives constantes dans les teneurs foliaires en phosphore ; seul le premier prélèvement n'est pas significatif, ainsi que le montre le tableau I, p. 99. Dans cet essai, le phosphore marque donc plus rapidement que l'azote.

Le tableau IV indique les valeurs des teneurs foliaires moyennes annuelles.

TABLEAU IV  
Nutrition phosphatée. Moyennes annuelles des teneurs foliaires en phosphore ; coefficients de variation ; plus petites différences significatives

Eléments	1963	1964	1965	1966	1967	1968
N	0,123	0,116	0,113	0,107	0,114	0,111
P	0,156	0,143	0,159	0,166	0,145	0,144
K	0,121	0,111	0,108	0,106	0,113	0,109
NP	0,140	0,128	0,133	0,133	0,131	0,129
NK	0,122	0,114	0,112	0,105	0,117	0,110
PK	0,155	0,138	0,152	0,155	0,137	0,141
NPK	0,141	0,130	0,131	0,133	0,129	0,127
T	0,120	0,110	0,108	0,109	0,112	0,112
C. V.	5,6	6,8	9,0	8,2	5,7	8,2
ppds :						
P = 5 %	0,004	0,005	0,006	0,008	0,006	0,008
P = 1 %	0,005	0,006	0,008	0,011	0,008	0,011
P = 0,1 %	0,007	0,008	0,010	0,015	0,010	0,014

Ces résultats peuvent être représentés graphiquement par les schémas suivants :

1963							
P	PK	NPK	NP	N	NK	K	T
1964							
P	PK	NPK	NP	N	NK	K	T
1965							
P	PK	NP	NPK	N	NK	T	K
1966							
P	PK	NP	NPK	T	N	K	NK
1967							
P	PK	NP	NPK	NK	N	K	T
1968							
P	PK	NP	NPK	T	N	NK	K

Le classement établi en 1963 se maintient au cours des années suivantes ; les feuilles des parcelles recevant une fumure renfermant du phosphore ont

toujours des teneurs en phosphore supérieures à celles des témoins. A la fin de l'essai, on peut distinguer trois groupes :

- 1) P et PK, avec des teneurs en phosphore de l'ordre de 0,14 %,
- 2) NP et NPK, avec des teneurs en phosphore de l'ordre de 0,13 %,
- 3) T, N, NK et K avec des teneurs en phosphore de l'ordre de 0,11 %.

Une teneur moyenne de 0,11 % avec des minima inférieurs à 0,09 % indique une déficience sérieuse en phosphore. Par contre, les teneurs de 0,13 % et 0,14 % montrent que l'apport de phosphore a été suffisant pour corriger la carence initiale ; ces valeurs correspondent aux zones de bons rendements.

Comme pour l'azote, les interactions entre les dates de prélèvement et les fumures ne sont jamais significatives.

L'interprétation factorielle de l'essai pendant les six années étudiées donne les résultats indiqués dans le tableau V.

TABLEAU V  
Nutrition phosphatée. Effets principaux et interactions en « pour mille » de la valeur du témoin

	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Effets principaux						
N	- 52	- 34	- 91	- 132	- 34	- 78
P	+ 224	+ 194	+ 311	+ 368	+ 196	+ 207
K	+ 1	- 12	- 24	- 36	- 13	- 28
Interactions de 1 <sup>er</sup> ordre						
N × P	- 75	- 72	- 133	- 121	- 62	- 77
N × K	- 1	- 12	+ 10	+ 27	+ 17	- 15
P × K	4	- 5	- 17	- 18	- 30	- 16
Interaction de 2 <sup>e</sup> ordre						
N × P × K	+ 10	+ 25	+ 13	+ 21	+ 7	- 9
Seuil de signification	17	22	29	39	26	37
Valeur du témoin	0,120	0,111	0,108	0,109	0,112	0,112

On peut constater que :

- 1) Parmi les effets principaux :

— celui de l'azote est toujours négatif et significatif ; de plus, il semble aller en augmentant pendant le cycle quadriennal de production ;  
— celui du phosphore est toujours positif, significatif et très important ; lui aussi semble augmenter pendant le cycle de production ;

— celui du potassium est négatif, mais non significatif ; il varie pendant la durée du cycle de production comme celui de l'azote et du phosphore.

2) Parmi les interactions de premier ordre :

— l'interaction  $N \times P$  est toujours négative et significative, le rôle dépressif de l'azote sur les teneurs en phosphore ne se manifeste que s'il y a apport simultané de fumures phosphatées et azotées ; ainsi, comme nous l'avons déjà vu, les parcelles NP et NPK ont des teneurs en phosphore significativement inférieures à celles de P et PK, mais il n'y a pas de différence significative entre T et N ou K et NK,

— l'interaction  $N \times K$  est tantôt positive, tantôt négative, mais en général assez éloignée du seuil de signification,

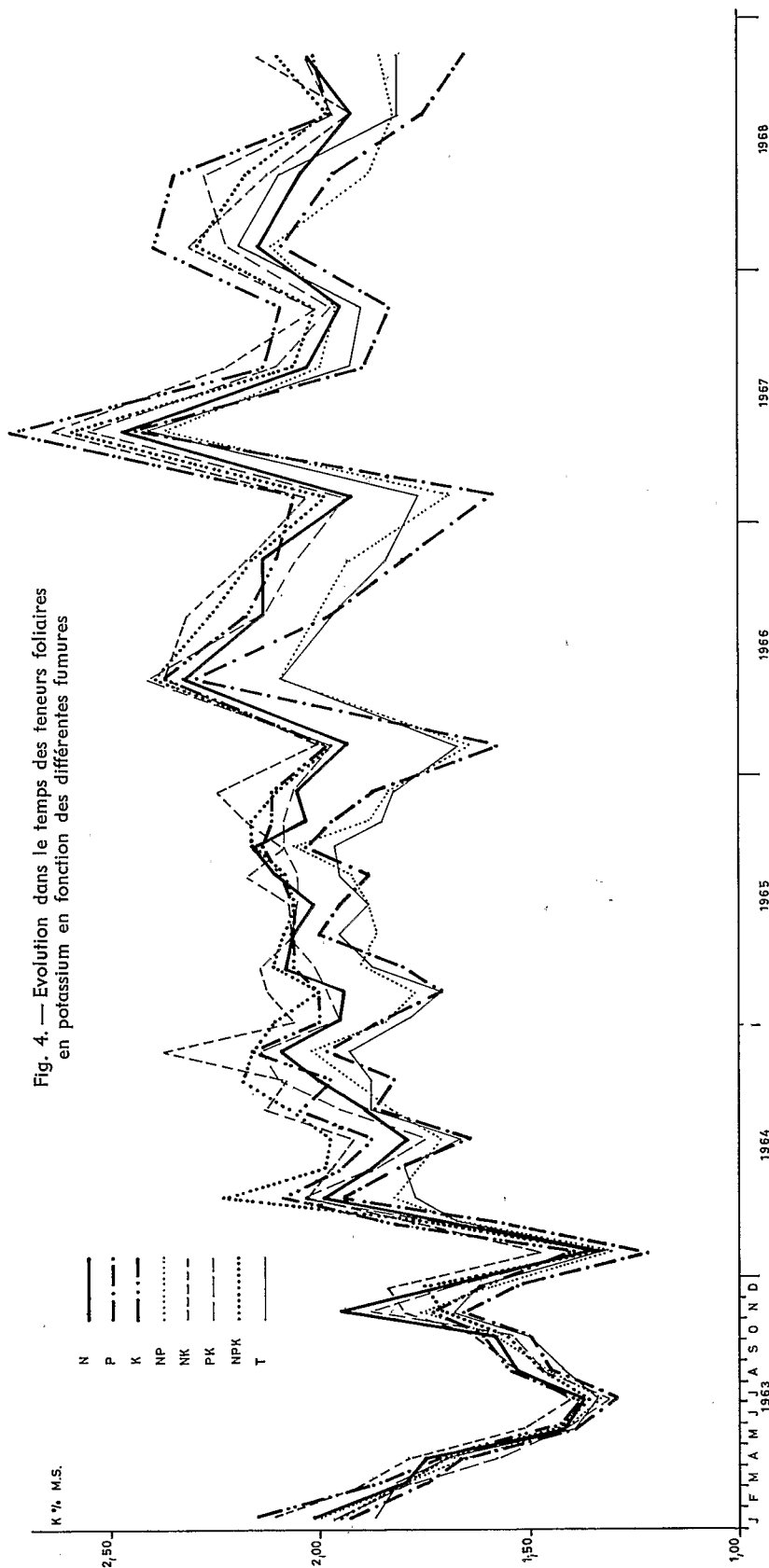
— l'interaction  $P \times K$  est négative, mais non significative, sauf en 1967, année où a été effectué le recépage.

3) L'interaction de deuxième ordre  $N \times P \times K$  est généralement positive, mais n'atteint le seuil de signification qu'en 1964.

## Nutrition potassique

La courbe des variations des teneurs des feuilles en potassium (fig. 4) présente en général, comme celles de l'azote et du phosphore, un maximum au moment de la reprise des pluies et un minimum pendant la saison sèche.

Au contraire de ce qui se passait pour le phosphore où les valeurs minimales du témoin diminuaient dans le temps, on peut noter ici que les minima, enregistrés avec le témoin, ont plutôt tendance à augmenter ; il n'y aurait donc pas dans le sol diminution des quantités de potassium disponible pour la plante par rapport à ses besoins.



L'apport de fumure a provoqué des différences significatives dans les teneurs en potassium pour vingt-trois prélèvements sur les trente-huit effectués. Ces différences significatives sont plus nombreuses en fin d'essai qu'au début ; le potassium a marqué à peu près en même temps que l'azote.

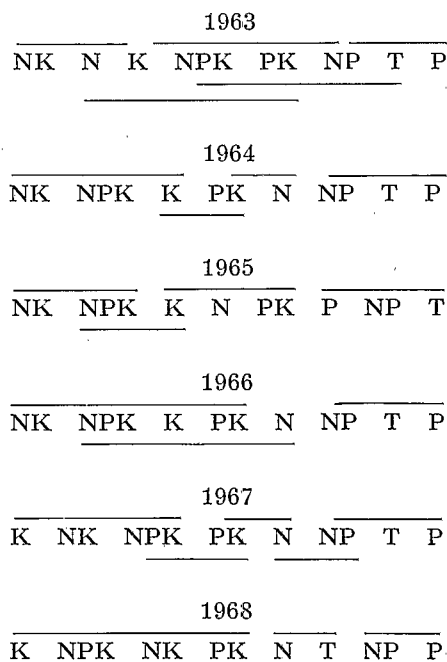
Les valeurs moyennes annuelles des teneurs foliaires en potassium sont indiquées dans le tableau VI.

TABLEAU VI

Nutrition potassique. Moyennes annuelles des teneurs foliaires en potassium ; coefficients de variation ; plus petites différences significatives

Eléments	1963	1964	1965	1966	1967	1968
N	1,677	1,845	2,043	2,128	2,030	2,018
P	1,574	1,730	1,895	1,907	1,906	1,854
K	1,668	1,911	2,070	2,156	2,243	2,165
NP	1,621	1,751	1,883	1,916	1,998	1,903
NK	1,721	1,972	2,124	2,208	2,224	2,111
PK	1,633	1,863	2,038	2,138	2,128	2,110
NPK	1,637	1,954	2,094	2,195	2,151	2,122
T	1,591	1,735	1,866	1,893	1,993	1,965
C. V.	6,3	6,1	4,6	5,3	5,6	6,2
ppds						
P = 5 %	0,055	0,064	0,050	0,088	0,095	0,102
P = 1 %	0,073	0,085	0,065	0,117	0,126	0,136
P = 0,1 %	0,094	0,109	0,084	0,153	0,165	0,178

La représentation graphique de ces résultats donne les schémas suivants :



Comme pour l'azote et le phosphore, nous pouvons classer les différentes fumures en trois groupes d'après leur action sur les teneurs des feuilles en potassium :

- 1) K, NPK, NK et PK avec des teneurs significativement plus fortes que celle du témoin et supérieures à 2,1 % ;
- 2) N, T et NP avec des teneurs comprises entre 1,9 et 2 % ;
- 3) P qui a un effet dépressif significatif avec une teneur de 1,8 %.

Ces différents teneurs n'indiquent pas de graves déficiences en potassium ; elles se situent dans une zone où il convient seulement de compenser les pertes dues aux exportations par les récoltes.

Les interactions entre les dates de prélèvement et les fumures ne sont jamais significatives.

Le tableau VII donne les résultats de l'interprétation factorielle des six années de l'essai.

TABLEAU VII

Nutrition potassique. Effets principaux et interactions en « pour mille » de la valeur du témoin

	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Effets principaux						
N	30	41	36	93	24	8
P	-30	-24	-26	60	-46	-45
K	31	93	86	226	95	98
Interactions de 1 <sup>er</sup> ordre						
N × P	-14	9	-25	58	5	8
N × K	-12	3	8	35	-22	-18
P × K	-7	5	9	44	-1	23
Interaction de 2 <sup>e</sup> ordre						
N × P × K	1	17	25	61	19	9
Seuil de signification	17	18	13	47	24	27
Valeur du témoin	1,59	1,74	1,87	1,89	1,99	1,97

On constate que :

1) Tous les effets principaux sont, à une exception près, toujours significatifs et leur action est plus marquée à la fin du cycle de production (1966) qu'au début ; le recépage effectué en 1967 diminue leur rôle, surtout pour l'azote, dont l'effet n'est plus significatif en 1968. L'effet de l'azote et du potassium est positif tandis que celui du phosphore est négatif ; celui-ci étant apporté sous forme de phosphate bicalcique, c'est vraisemblablement ici le calcium qui joue un rôle antagoniste du potassium et non pas l'ion phosphate.

2) Les interactions de premier ordre ne sont pas significatives, sauf N × P, pendant les deux der-



nières années du premier cycle de production. L'interaction étant alors négative, le rôle dépressif du phosphore est augmenté par l'apport d'azote, tandis que le rôle bénéfique de l'azote est diminué par l'apport du phosphore.

3) L'interaction de deuxième ordre  $N \times P \times K$  est toujours positive ; elle n'atteint également le seuil de signification que les deux dernières années du premier cycle de production.

## Nutrition calcique

La figure 5 représente les variations dans le temps des teneurs des feuilles en calcium en fonction des différentes fumures apportées. On peut voir que les maxima des teneurs en calcium se trouvent pendant la saison sèche et les minima pendant les pluies ; c'est le contraire de ce qui se produit pour le potassium.

On constate chaque année une élévation continue des teneurs en calcium, sauf toutefois en 1967, après le recépage des caféiers ; mais l'augmentation des taux de calcium recommence à se manifester en 1968.

Les différences significatives dans les teneurs en calcium en fonction de la fumure ont mis longtemps avant de s'établir ; on ne les rencontre que pour dix prélèvements foliaires sur les trente-huit effectués. Elles se sont surtout manifestées en 1966, juste avant le recépage des caféiers, tandis que deux prélèvements seulement sur les vingt-six effectués de 1963 à 1965 en avaient montré.

Le tableau VIII indique les valeurs moyennes annuelles des teneurs des feuilles en calcium.

TABLEAU VIII

Nutrition calcique. Moyennes annuelles des teneurs foliaires en calcium ; coefficients de variation ; plus petites différences significatives

Eléments	1963	1964	1965	1966	1967	1968
N	0,715	0,872	1,080	1,233	1,181	1,177
P	0,690	0,836	1,007	1,158	1,125	1,202
K	0,666	0,820	0,946	1,086	0,971	0,964
NP	0,708	0,865	1,113	1,298	1,221	1,234
NK	0,653	0,789	0,964	1,134	1,068	1,048
PK	0,726	0,852	1,059	1,168	1,106	1,139
NPK	0,746	0,916	1,112	1,288	1,078	1,091
T	0,678	0,793	0,938	1,049	1,009	1,082
C. V.	11,1	10,1	9,5	7,3	7,9	9,0
ppds :						
P = 5 %	0,042	0,049	0,051	0,070	0,070	0,082
P = 1 %	0,055	0,064	0,068	0,094	0,094	0,109
P = 0,1 %	0,071	0,083	0,088	0,122	0,122	0,142

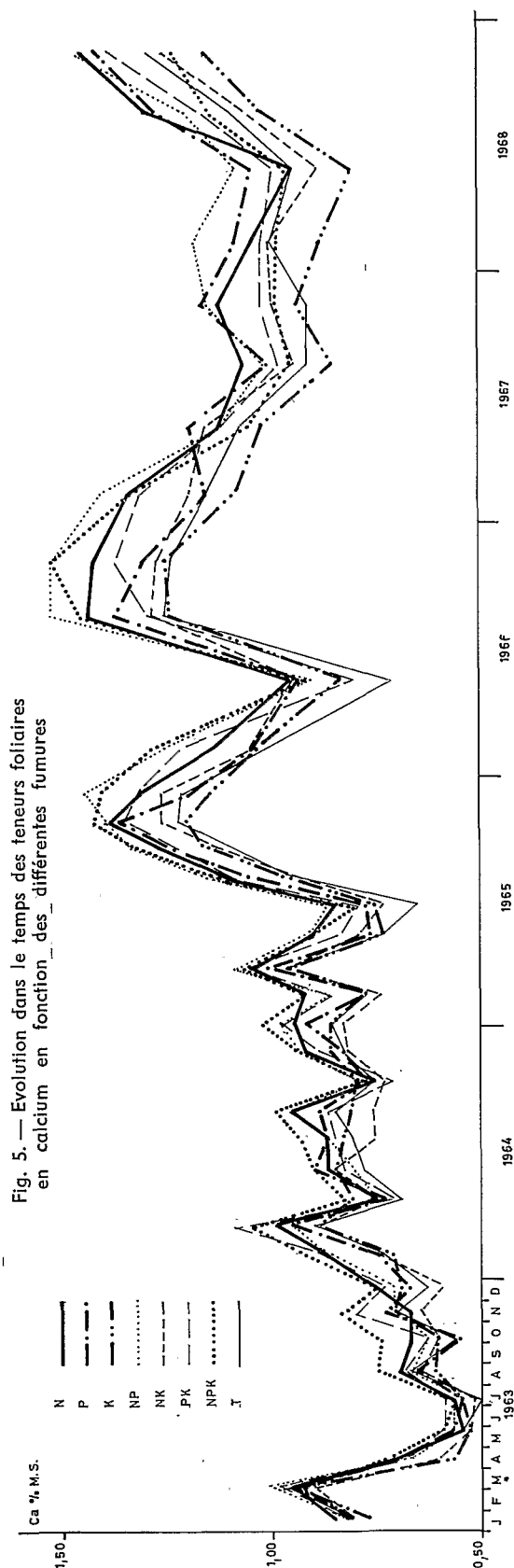


Fig. 5. — Evolution dans le temps des teneurs foliaires en calcium en fonction des différentes fumures

Ces résultats peuvent être représentés graphiquement de la façon suivante :

1963							
NPK	PK	N	NP	P	T	K	NK
1964							
NPK	N	NP	PK	P	K	T	NK
1965							
NP	NPK	N	PK	P	NK	K	T
1966							
NP	NPK	N	PK	P	NK	K	T
1967							
NP	N	P	PK	NPK	NK	T	K
1968							
NP	P	N	PK	NPK	T	NK	K

Les interactions dates de prélèvement  $\times$  fumures ne sont pas significatives.

Les différentes fumures ont mis plusieurs années avant de montrer le classement que l'on peut observer à la fin de l'essai, à savoir :

1) un groupe comprenant les parcelles ayant reçu une fumure azotée ou phosphatée ; la teneur en calcium est significativement supérieure à celle du témoin et de l'ordre de 1,2 % ;

2) un groupe comprenant le témoin et les parcelles ayant reçu une fumure potassique en plus d'une fumure azotée ou phosphatée ; la teneur en calcium est de l'ordre de 1,1 % ;

3) les parcelles n'ayant reçu que la fumure potassique ; la teneur en calcium, qui est inférieure à 1 %, est significativement plus faible que celle du témoin.

L'interprétation factorielle des effets des fumures pendant les six années de l'essai donne les résultats figurant dans le tableau IX.

On peut en déduire que :

1) Parmi les effets principaux :

— ceux de l'azote et du phosphore sont positifs et significatifs ;

— celui du potassium, nul au début de l'essai, devient négatif et de plus en plus marqué. Il est significatif en fin d'essai et c'est lui qui a la plus forte valeur en 1968 ; l'apport de potassium a un effet dépressif plus important que l'effet bénéfique dû à l'apport de calcium par le phosphate bicalcique ;

TABLEAU IX  
Nutrition calcique. Effets principaux  
et interactions en « pour mille » de la valeur du témoin

	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Effets principaux						
N	+ 24	+ 44	+ 84	+ 117	+ 84	+ 38
P	+ 58	+ 62	+ 97	+ 97	+ 75	+ 92
K	0	+ 4	- 15	- 15	- 78	- 105
Interactions de 1 <sup>er</sup> ordre						
N $\times$ P	+ 6	+ 14	0	+ 7	- 51	- 45
N $\times$ K	- 18	- 24	- 48	- 37	- 50	- 21
P $\times$ K	+ 55	+ 38	+ 43	+ 15	- 3	- 10
Interaction de 2 <sup>e</sup> ordre						
N $\times$ P $\times$ K	+ 19	+ 45	+ 19	+ 28	- 13	- 16
Seuil de signification	31	30	28	34	35	38
Valeur du témoin	0,68	0,79	0,94	1,05	1,01	1,08

2) Parmi les interactions de premier ordre :

— l'interaction N  $\times$  P devient significative et négative après le recépage des caféiers ;

— l'interaction N  $\times$  K est toujours négative, mais elle n'est significative que de 1965 à 1967 ;

— l'interaction P  $\times$  K est d'abord positive et significative pendant les trois premières années, mais elle va en diminuant et devient même négative les deux dernières années. Ainsi, pendant les premières années, le potassium n'a pas d'effet direct sur les teneurs des feuilles en calcium ; par contre, il favorise l'absorption du calcium lorsqu'il est apporté en même temps qu'une fumure calcique ; ensuite le potassium devient antagoniste du calcium et a tendance à diminuer l'assimilation du calcium apporté par les engrais calciques.

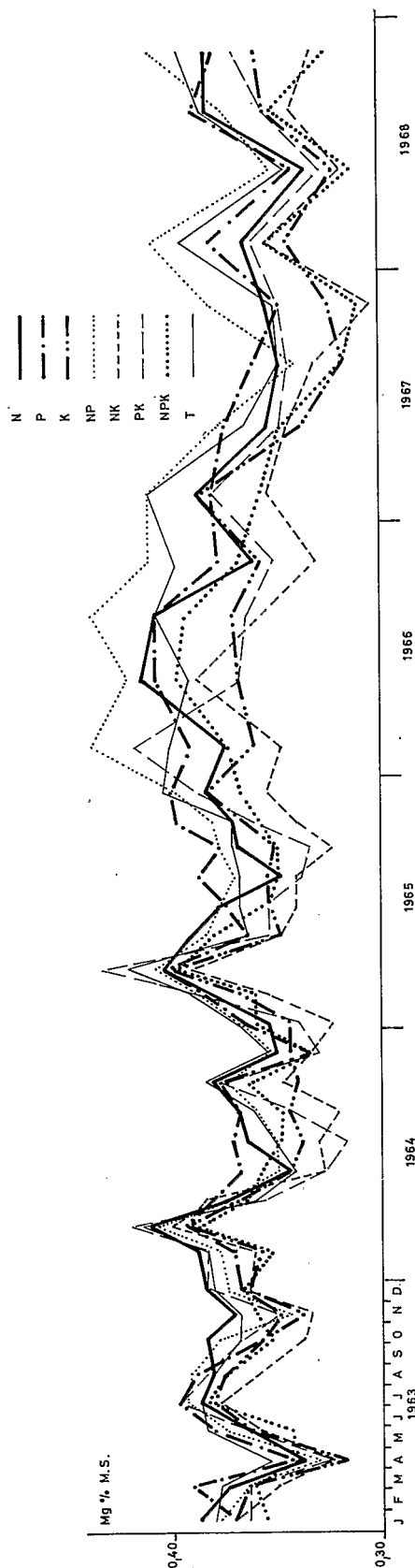
3) L'interaction de deuxième ordre N  $\times$  P  $\times$  K est d'abord positive, puis négative comme l'interaction P  $\times$  K ; elle n'est significative qu'en 1964.

## Nutrition magnésienne

Les teneurs des feuilles en magnésium évoluent annuellement comme les teneurs en calcium et la courbe représentative (fig. 6, p. 107) présente des maxima au moment de la saison sèche. Par contre, à la différence des teneurs en calcium, les moyennes annuelles du témoin restent constantes pour le magnésium.

Très peu de prélèvements (cinq seulement sur trente-huit) ont montré des différences significatives dans les teneurs en magnésium ; on les trouve surtout pendant les trois dernières années ; ils ne sont pas reliés à des périodes de basses ou de hautes teneurs.

Fig. 6. — Evolution dans le temps des teneurs foliaires en magnésium en fonction des différentes fumures



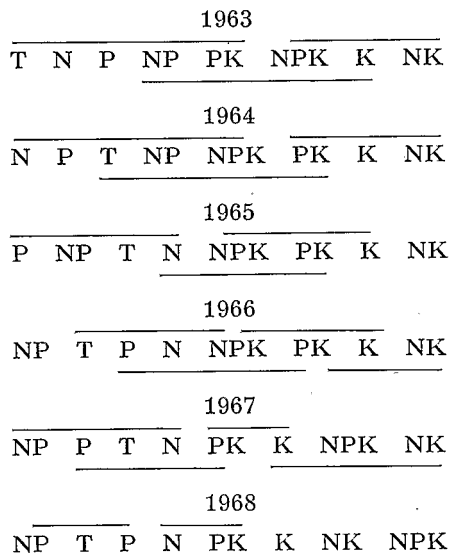
Les valeurs moyennes annuelles des teneurs des feuilles en magnésium sont données dans le tableau X.

TABLEAU X

Nutrition magnésienne. Moyennes annuelles des teneurs foliaires en magnésium ; coefficients de variation ; plus petites différences significatives

Eléments	1963	1964	1965	1966	1967	1968
N	0,374	0,372	0,374	0,388	0,360	0,364
P	0,371	0,370	0,383	0,395	0,367	0,371
K	0,358	0,353	0,362	0,364	0,341	0,343
NP	0,369	0,367	0,383	0,426	0,376	0,384
NK	0,352	0,350	0,346	0,353	0,332	0,335
PK	0,365	0,357	0,365	0,374	0,354	0,352
NPK	0,359	0,366	0,366	0,383	0,332	0,375
T	0,375	0,368	0,380	0,399	0,367	0,378
C. V.	5,8	6,0	6,3	7,1	6,3	6,6
ppds :						
P = 5 %	0,011	0,012	0,012	0,022	0,017	0,019
P = 1 %	0,014	0,017	0,017	0,029	0,022	0,026
P = 0,1 %	0,018	0,021	0,021	0,038	0,029	0,033

La représentation graphique de ces résultats est la suivante :



Il n'y a pas d'interaction significative entre les dates de prélèvement et les fumures. A la fin de l'essai, les teneurs en magnésium permettent de classer les traitements en deux groupes :

1) les objets n'ayant pas reçu de fumure potassique, avec une teneur en magnésium comprise entre 0,36 % et 0,38 % ;

2) les objets ayant reçu une fumure potassique, avec une teneur en magnésium comprise entre 0,33 % et 0,35 %, significativement inférieure à celle du témoin.

L'interprétation factorielle de l'essai pendant les six années étudiées donne les résultats indiqués dans le tableau XI.

TABLEAU XI

Nutrition magnésienne. Effets principaux et interactions en « pour mille » de la valeur du témoin

	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Effets principaux						
N	- 10	+ 2	- 14	+ 13	- 20	- 17
P	+ 4	+ 5	+ 23	+ 48	+ 21	+ 15
K	- 36	- 41	- 54	- 85	- 76	- 88
Interactions de 1 <sup>er</sup> ordre						
N × P	0	- 3	+ 16	+ 38	+ 3	+ 12
N × K	- 6	- 3	- 6	- 15	- 22	- 16
P × K	+ 14	+ 9	+ 8	+ 5	+ 2	- 3
Interaction de 2 <sup>e</sup> ordre						
N × P × K	0	+ 6	+ 8	- 15	- 20	- 24
Seuil de signification	15	17	17	28	25	25
Valeur du témoin	0,38	0,37	0,38	0,40	0,37	0,38

On constate que :

1) Parmi les effets principaux :

- celui de l'azote est tantôt positif, tantôt négatif, mais jamais significatif ;

- celui du phosphore est toujours positif, mais significatif seulement en fin de cycle de production ; il n'y a donc pas ici d'antagonisme entre le calcium apporté par le phosphate et le magnésium ;

- celui du potassium est toujours négatif et significatif ; de plus son effet va en s'accroissant au cours des années.

2) Parmi les interactions de premier ordre :

- l'interaction N × P est positive ; son effet augmente pendant le cycle de production, si bien qu'elle est significative en 1966 ;

- l'interaction N × K est négative, mais jamais significative, bien que son action semble se renforcer au cours des années ;

- l'interaction P × K est positive et très proche du seuil de signification la première année ; son effet va en diminuant constamment et devient même négatif la dernière année.

3) L'interaction N × P × K, très faible les trois premières années, devient ensuite négative et tend à atteindre le seuil de signification.

## Nutrition ferrique

Comme nous l'avons déjà dit, l'étude de la nutrition concernant les oligo-éléments ne porte que sur les trois dernières années de l'essai. La figure 7 représente l'évolution des teneurs des feuilles en fer de 1966 à 1968. Deux prélèvements seulement (en février 1966 et 1967) montrent des différences significatives. Par contre, avec un maximum en février pendant la saison sèche et un minimum en mai, les variations dans le temps sont très fortes : rapport de 1 à 5 entre le minimum et le maximum. De plus la teneur moyenne annuelle du témoin baisse légèrement chaque année, surtout au moment du recépage. Les taux de fer dans les feuilles ont les valeurs moyennes données dans le tableau XII.

TABLEAU XII

Nutrition ferrique. Moyennes annuelles des teneurs foliaires en fer ; coefficients de variation ; plus petites différences significatives

Eléments	1966	1967	1968
N	138,3	121,1	106,9
P	138,7	116,8	112,7
K	131,8	114,6	102,9
NP	133,0	133,0	109,3
NK	133,8	116,0	108,5
PK	137,9	119,1	109,2
NPK	145,0	114,5	109,2
T	133,3	119,7	117,7
C. V.	8,9	7,3	11,1
ppds :	N. S.		N. S.
P = 5 %		0,78	
P = 1 %		10,4	
P = 0,1 %		13,5	

Ces résultats peuvent être représentés par les graphiques suivants :

1966							
NPK	P	N	PK	NK	T	NP	K
1967							
NP	N	T	PK	P	NK	K	NPK
1968							
T	P	NP	PK	NPK	NK	N	K

Sur les trois années étudiées, deux ne présentent pas de différence significative dans les teneurs en fer. Les interactions entre les dates de prélèvement et les fumures ne sont pas non plus significatives.

Les résultats de l'interprétation factorielle de l'essai pendant les trois années étudiées sont donnés dans le tableau XIII.

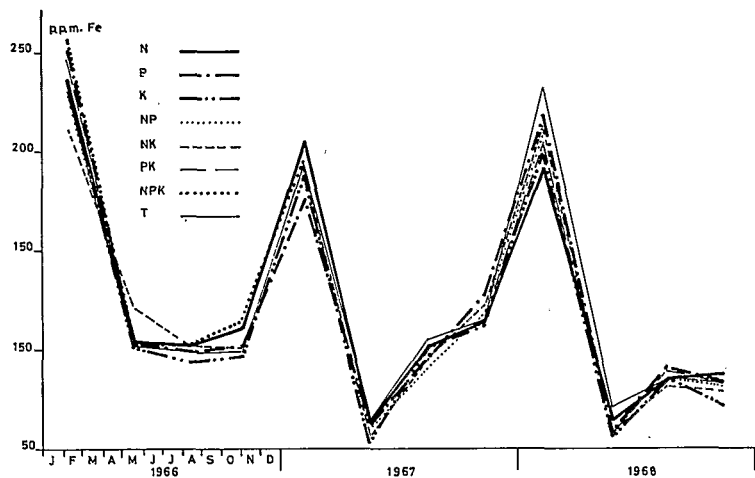


Fig. 7. — Evolution dans le temps des teneurs foliaires en fer en fonction des différentes fumures

TABLEAU XIII

Nutrition ferrique. Effets principaux et interactions en « pour mille » de la valeur du témoin

	1966	1967	1968
Effets principaux			
N	+ 16	+ 30	- 19
P	+ 32	+ 25	+ 10
K	+ 10	- 55	- 36
Interactions de 1 <sup>er</sup> ordre			
N × P	- 11	+ 18	+ 4
N × K	+ 19	- 43	+ 41
N × K	+ 32	- 38	+ 20
Interaction de 2 <sup>e</sup> ordre			
N × P × K	+ 29	+ 43	- 28
Seuil de signification	38	33	42
Valeur du témoin	133	120	118

On remarque que :

1) Parmi les effets principaux :

— celui de l'azote n'est jamais significatif, mais de positif, il devient négatif la dernière année ;

— celui du phosphore n'est pas significatif ; il est toujours positif, mais décroît chaque année ;

— celui du potassium est positif la première année, négatif ensuite. Il est significatif la deuxième année.

2) Parmi les interactions de premier ordre :

— l'interaction N × P est toujours très faible ;

— l'interaction N × K est positive en 1966 et 1968 et négative en 1967 ; elle est significative en 1967 et très proche du seuil de signification en 1968 ;

— l'interaction P × K est du même signe que l'interaction N × K, mais n'est jamais significative.

2) L'interaction de deuxième ordre N × P × K est positive les deux premières années, puis négative en 1968 ; elle n'est significative qu'en 1967.

## Nutrition manganique

Les variations des teneurs des feuilles en manganèse sont représentées par la figure 8, p. 110. En ce qui concerne le témoin, les valeurs minimales se situent pendant la saison des pluies, les valeurs maximales se situent pendant la petite saison sèche. La valeur moyenne annuelle du témoin diminue chaque année.

Tous les prélèvements montrent des différences significatives, et c'est sur les teneurs en manganèse que l'action de la fumure est la plus marquée : la fumure azotée multiplie les teneurs en manganèse par 2,5 environ. Les taux moyens annuels de manganèse, dans les feuilles, sont indiqués dans le tableau XIV.

TABLEAU XIV

Nutrition manganique. Moyennes annuelles des teneurs foliaires en manganèse ; coefficients de variation ; plus petites différences significatives

Eléments	1966	1967	1968
N	123,2	106,3	127,1
P	65,4	57,8	58,2
K	64,0	57,6	54,1
NP	152,6	132,5	140,6
NK	140,8	113,8	126,6
PK	69,4	59,6	54,3
NPK	157,7	121,9	132,6
T	63,5	52,6	50,0
C. V.	19,2	18,4	21,4
ppds :			
P = 5 %	16,5	13,3	16,3
P = 1 %	22,0	17,8	21,7
P = 0,1 %	28,7	23,2	25,2

La représentation graphique de ces résultats donne les schémas suivants :

1966							
NPK	NP	NK	N	PK	P	K	T
1967							
NP	NPK	NK	N	PK	P	K	T
1968							
NP	NPK	N	NK	P	PK	K	T

Dès 1966, toutes les parcelles ayant reçu une fumure azotée ont une teneur en manganèse supérieure à celle du témoin, mais il y a des différences significatives entre elles. Par contre, ces différences entre les diverses fumures azotées vont en s'atténuant et à la fin de l'essai on se trouve en présence de deux groupes :

- 1) les parcelles ayant reçu de l'azote, où la teneur des feuilles en manganèse est de l'ordre de 130 ppm ;
- 2) les parcelles n'ayant pas reçu d'azote, où la teneur des feuilles en manganèse est de l'ordre de 50 ppm.

L'interprétation factorielle de l'essai est résumée dans le tableau XV.

Il ressort de ce tableau que :

- 1) Parmi les effets principaux :
  - celui de l'azote est toujours positif, significatif et très important,
  - celui du phosphore est toujours positif, mais va en diminuant et n'est plus significatif la dernière année,

Fig. 8. — Evolution dans le temps des teneurs foliaires en manganèse en fonction des différentes fumures

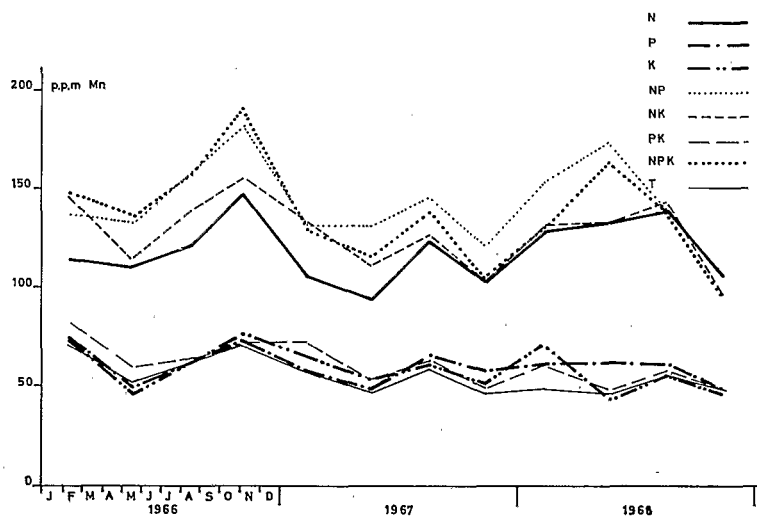


TABLEAU XV

Nutrition manganique. Effets principaux et interactions en « pour mille » de la valeur du témoin

	1966	1967	1968
<b>Effets principaux</b>			
N	+ 1.228	+ 1.211	+ 1.552
P	+ 203	+ 177	+ 140
K	+ 107	+ 43	- 40
<b>Interactions de 1<sup>er</sup> ordre</b>			
N × P	+ 154	+ 106	+ 56
N × K	+ 72	- 25	- 44
P × K	- 36	- 127	- 78
<b>Interaction de 2<sup>e</sup> ordre</b>			
N × P × K	- 63	- 96	+ 4
<b>Seuil de signification</b>			
	130	129	164
<b>Valeur du témoin</b>			
	64	53	50

— celui du potassium n'est jamais significatif ; il va en diminuant et devient même négatif la dernière année.

- 2) Parmi les interactions de premier ordre :

- l'interaction N × P est toujours positive, mais son effet est de moins en moins marqué et elle n'est significative qu'en 1966,
- l'interaction N × K n'est jamais significative, de positive en 1966 elle devient ensuite négative,
- l'interaction P × K est toujours négative, mais non significative.

- 3) L'interaction N × P × K n'est jamais significative.

### Nutrition zincique

La figure 9 représente les variations des teneurs des feuilles en zinc au cours des différents prélèvements. Celles-ci passent par un maximum en mai pendant la grande saison des pluies, tandis que le minimum se place en août ou novembre, selon que la petite saison sèche a été bien marquée ou non.

La valeur moyenne annuelle des teneurs des parcelles témoins augmente au cours des années ; elle est près de deux fois plus forte en 1968 quand les prélèvements foliaires sont effectués sur les jeunes rameaux après le recépage.

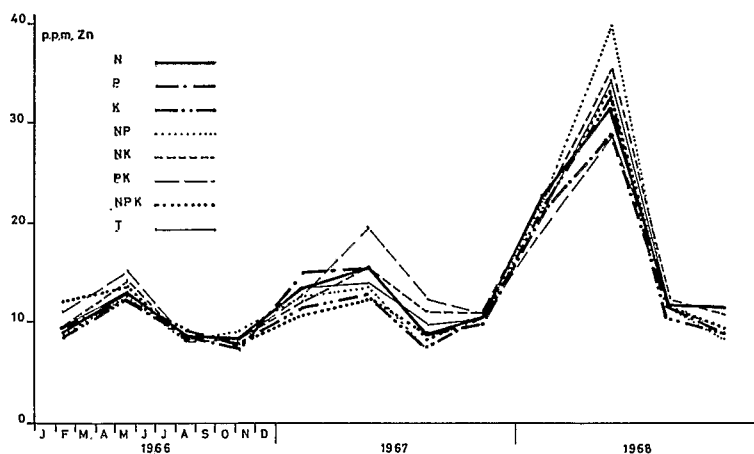


Fig. 9. — Evolution dans le temps des teneurs foliaires en zinc en fonction des différentes fumures

Aucun prélèvement ne donne de différences significatives en fonction des différentes fumures.

Les valeurs moyennes annuelles des teneurs en zinc des feuilles sont indiquées dans le tableau XVI.

TABLEAU XVI

Nutrition zincique. Moyennes annuelles des teneurs foliaires en zinc ; coefficients de variation ; plus petites différences significatives

Eléments	1966	1967	1968
N	9,88	12,15	20,04
P	9,57	12,40	17,87
K	9,48	10,67	18,50
NP	9,91	11,22	20,62
NK	10,10	12,44	20,17
PK	10,82	13,92	17,66
NPK	10,72	10,69	18,79
T	9,98	11,98	18,83
C. V.	14,7	20,1	22,9
ppds :	N. S.		N. S.
P = 5 %		1,96	
P = 1 %		2,62	

Ces résultats peuvent être représentés par les schémas suivants :

1966							
PK	NPK	NK	T	NP	N	P	K
1967							
PK	NK	P	N	T	NP	NPK	K
1968							
NP	NK	N	T	NPK	K	P	PK

De même que les valeurs enregistrées lors de chaque prélèvement, les valeurs moyennes annuelles ne présentent pas de différences significatives entre elles, sauf en 1967, où les parcelles PK ont des teneurs en zinc supérieures à celles des parcelles NP, NPK et K.

L'interprétation factorielle ne montre pas non plus d'effet significatif ; elle est résumée dans le tableau XVII.

TABLEAU XVII

Nutrition zincique. Effets principaux et interactions en « pour mille » de la valeur du témoin

	1966	1967	1968
Effets principaux			
N	+ 19	— 50	+ 90
P	+ 39	— 25	— 35
K	+ 44	0	— 29
Interactions de 1 <sup>er</sup> ordre			
N × P	— 7	— 134	— 14
N × K	+ 7	— 8	— 15
P × K	+ 58	+ 42	— 24
Interaction de 2 <sup>e</sup> ordre			
N × P × K	— 29	— 75	— 28
Seuil de signification	60	80	94
Valeur du témoin	10	12	19

On constate que :

1) Parmi les effets principaux aucun n'est significatif, mais que :

— celui du phosphore est bénéfique la première année et de plus en plus dépressif les années suivantes ;

— celui du potassium, d'abord bénéfique la première année, est nul l'année suivante et enfin dépressif la dernière année.

2) Parmi les interactions de premier ordre :

— l'interaction N × P est toujours négative ; elle est significative en 1967 ;

— l'interaction N × K évolue comme l'effet principal P ;

— l'interaction P × K est positive et presque significative en 1966 ; son effet bénéfique est plus faible en 1967 et elle devient négative en 1968.

3) L'interaction N × P × K est toujours négative.

## Nutrition cuivrique

L'évolution de la teneur en cuivre des feuilles est représentée par la figure 10. Il est difficile de rattacher les époques des maxima et des minima au régime pluviométrique.

Les valeurs moyennes annuelles des parcelles témoins diminuent de moitié après le recépage en 1967.

Tous les prélèvements montrent des différences significatives en fonction des fumures apportées.

Les valeurs moyennes annuelles des teneurs des feuilles en cuivre sont indiquées dans le tableau XVIII.

Fig. 10. — Evolution dans le temps des teneurs foliaires en cuivre en fonction des différentes fumures

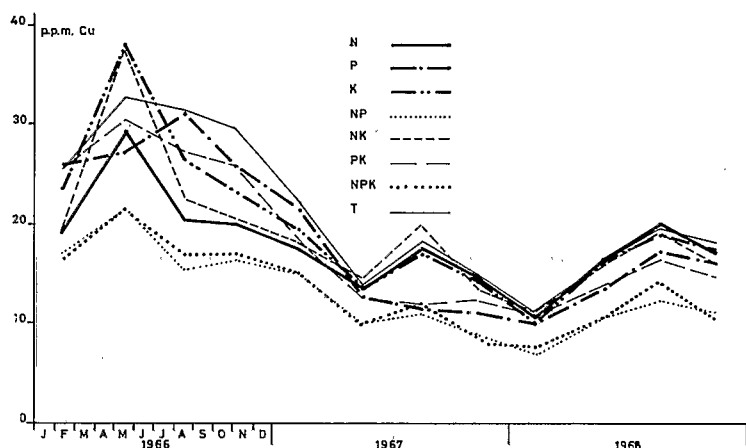


TABLEAU XVIII

Nutrition cuivrique. Moyennes annuelles des teneurs foliaires en cuivre ; coefficients de variation ; plus petites différences significatives

Eléments	1966	1967	1968
N	22,30	15,86	16,25
P	27,64	14,26	14,29
K	27,83	16,19	15,83
NP	17,68	11,29	10,38
NK	25,26	16,66	15,71
PK	27,50	13,83	13,95
NPK	18,01	11,45	10,79
T	29,98	17,35	16,37
C. V.	18,9	11,3	16,7
ppds :			
P = 5 %	3,78	1,36	1,94
P = 1 %	5,05	1,82	2,59
P = 0,1 %	6,58	2,37	3,38

La représentation graphique de ces résultats donne les schémas suivants :

1966							
T	K	P	PK	NK	N	NPK	NP
1967							
T	NK	K	N	P	PK	NPK	NP
1968							
T	N	K	NK	P	PK	NPK	NP

Le témoin a toujours les plus fortes teneurs en cuivre ; en 1966, toutes les parcelles ayant reçu une fumure azotée ont des teneurs en cuivre significativement inférieures à celles du témoin.

Après le recépage en 1967, c'est au contraire la fumure phosphatée qui a un rôle dépressif.

A la fin de l'essai, les teneurs en cuivre permettent de classer les parcelles en trois groupes :

- 1) Les parcelles n'ayant pas reçu de fumure phosphatée : la teneur en cuivre est de l'ordre de 16 ppm.
- 2) Les parcelles ayant reçu une fumure phosphatée, mais pas de fumure azotée : teneur en cuivre de 14 ppm.
- 3) Les parcelles ayant reçu à la fois une fumure phosphatée et une fumure azotée : teneur en cuivre de 10 ppm.

Les résultats de l'interprétation factorielle de l'essai pendant les trois années étudiées figurent dans le tableau XIX.

TABLEAU XIX

Nutrition cuivrique. Effets principaux et interactions en « pour mille » de la valeur du témoin

	1966	1967	1968
Effets principaux			
N	- 247	- 92	- 112
P	- 123	- 219	- 225
K	+ 10	- 12	- 15
Interactions de 1 <sup>er</sup> ordre			
N × P	- 77	- 63	- 104
N × K	+ 47	- 38	+ 12
P × K	+ 7	0	+ 18
Interaction de 2 <sup>e</sup> ordre			
N × P × K	- 40	- 23	+ 12
Seuil de signification	63	39	59
Valeur du témoin	30	17	16



On constate que :

1) Parmi les effets principaux :

— celui de l'azote est toujours dépressif et significatif ; il est plus marqué en 1966 ;

— celui du phosphore est également toujours dépressif et significatif, mais il est moins important en 1966 ;

— celui du potassium tendrait à devenir dépressif, mais il est loin du seuil de signification.

2) Parmi les interactions de premier ordre : seule l'interaction  $N \times P$  est significative et elle est toujours négative ; étant donné que N et P ont également un effet dépressif, cela explique les basses teneurs en cuivre des parcelles NP et NPK.

2) L'interaction de deuxième ordre  $N \times P \times K$  n'est jamais significative.

## Etude des rapports des teneurs en éléments nutritifs

### Rapport azote/phosphore

Nous avons vu que les valeurs saisonnières des teneurs en azote et en phosphore évoluaient parallèlement. Il en résulte que les variations du rapport N/P sont assez faibles dans le temps pour une même fumure ; elles sont représentées par la figure 11, p. 114.

On peut noter cependant une augmentation du rapport N/P après le recépage des caféiers en 1967.

Le tableau XX, p. 114, indique les valeurs moyennes annuelles en fonction des différentes fumures.

L'influence de la fumure phosphatée est plus grande que celle de la fumure azotée. En effet, si on considère la moyenne générale de toute la durée de l'essai, on constate que :

— l'apport d'azote sans phosphate augmente N/P de 5 % par rapport au témoin ;

— l'apport de phosphore sans azote diminue N/P de 28 % par rapport au témoin ;

— l'apport simultané d'azote et de phosphore, a un effet dépressif de 10 % ;

— l'apport de potasse est sans effet sur la valeur de N/P.

### Rapport azote/potassium

Nous avons vu que les périodes des maxima et des minima étaient sensiblement les mêmes pour les teneurs en azote et les teneurs en potassium. Mais si les teneurs moyennes en azote baissent les deux premières années, se maintiennent à peu près constantes les deux suivantes et remontent les deux dernières, par contre les teneurs en potassium augmentent avec le temps, davantage cependant pendant les trois premières années. Il en résulte, ainsi que le montrent la figure 12 et le tableau XXI

(p. 115), que les valeurs de N/K diminuent fortement les trois premières années, se stabilisent pendant l'année suivante et augmentent en 1967 et 1968.

La fumure potassique a une influence plus marquée que la fumure azotée sur le rapport N/K. En se basant sur les moyennes générales, on constate que :

— la fumure azotée, apportée seule ne fait pas varier N/K par rapport au témoin ;

— la fumure potassique apportée sans fumure azotée provoque une baisse de 10 % de N/K par rapport au témoin ; s'il y a apport simultané de fumure azotée, la diminution n'est plus que de 6 % ;

— enfin l'apport simultané de fumure phosphatée et de fumure azotée, mais sans fumure potassique, provoque une augmentation de 6 % de la valeur de N/K.

Le rapport N/K varie donc dans des proportions beaucoup plus faibles que le rapport N/P.

### Rapports entre le potassium, le calcium et le magnésium

#### Rapport potassium/calcium

La figure 13, p. 116, représente les variations saisonnières du rapport K/Ca. Nous avons vu que les teneurs en potassium et en calcium évoluaient en sens inverse l'une de l'autre. Il en résulte que le rapport K/Ca montre des variations assez fortes et que les minima sont observés pendant la saison sèche et les maxima au moment des pluies. Nous avons également trouvé au cours des différentes années une augmentation des valeurs de potassium et de calcium ; mais les valeurs des teneurs en calcium augmentant plus rapidement, on enregistre une

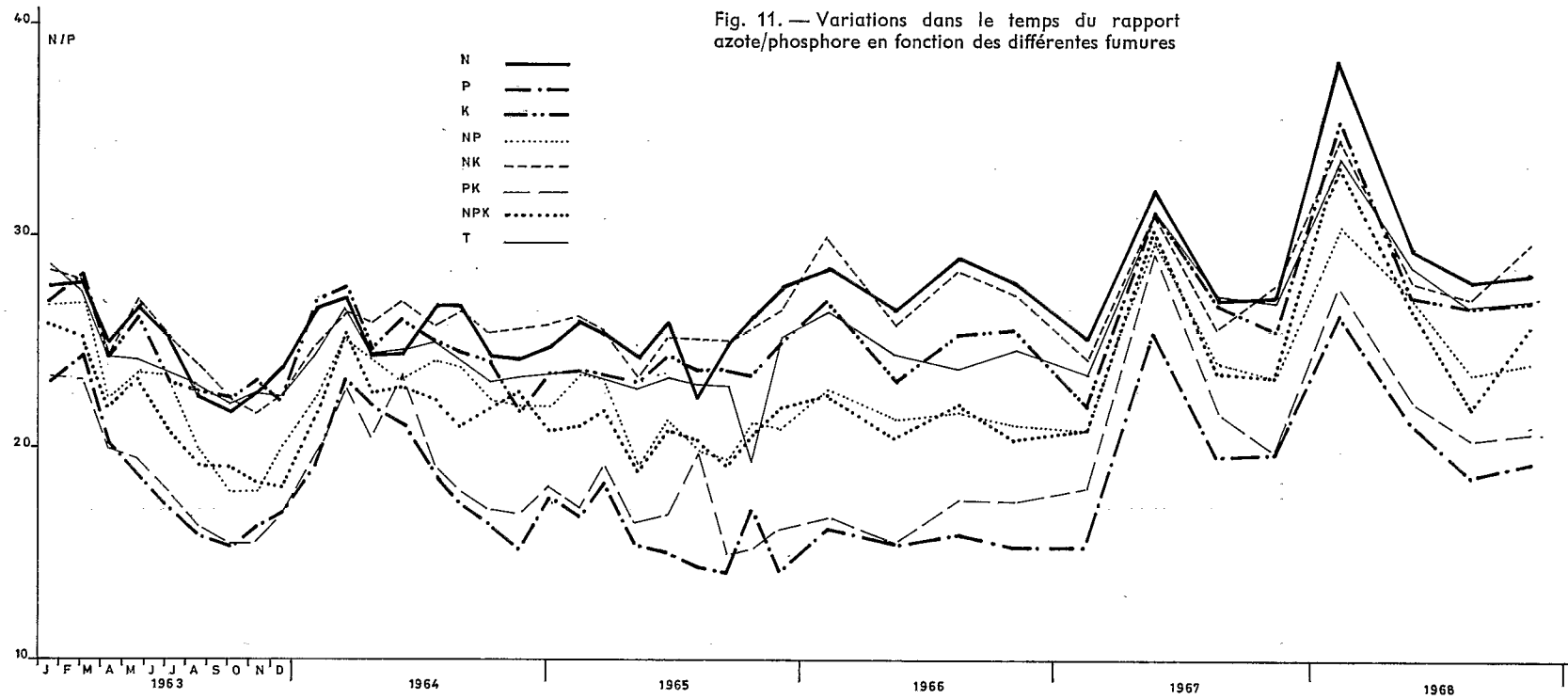


Fig. 11. — Variations dans le temps du rapport azote/phosphore en fonction des différentes fumures

TABLEAU XX

Valeurs moyennes annuelles du rapport azote/phosphore

Eléments	1963	1964	1965	1966	1967	1968	m	m % T
N	24,7	25,5	25,2	27,9	27,5	30,8	26,9	105
P	18,6	19,1	15,8	15,6	19,9	21,3	18,4	72
K	24,3	25,0	23,7	25,2	26,3	28,9	25,6	100
NP	22,1	23,4	21,1	21,7	24,5	26,2	23,2	91
NK	24,7	25,9	25,4	27,8	27,1	29,8	26,8	105
PK	18,6	19,6	17,1	16,8	22,1	22,7	19,5	76
NPK	21,3	22,5	20,6	21,3	24,4	26,8	22,8	89
T	24,2	24,4	23,0	24,8	27,1	28,9	25,4	100

TABLEAU XXI

Valeurs moyennes annuelles du rapport azote/potassium

Eléments	1963	1964	1965	1966	1967	1968	m	m % T
N	1,84	1,61	1,39	1,40	1,51	1,66	1,57	100
P	1,82	1,60	1,30	1,36	1,50	1,63	1,54	98
K	1,77	1,47	1,22	1,22	1,32	1,48	1,41	90
NP	1,90	1,71	1,47	1,51	1,60	1,78	1,66	106
NK	1,74	1,52	1,32	1,32	1,42	1,55	1,48	94
PK	1,77	1,46	1,25	1,21	1,41	1,49	1,43	91
NPK	1,83	1,52	1,27	1,28	1,44	1,56	1,48	94
T	1,82	1,58	1,35	1,42	1,52	1,64	1,56	100

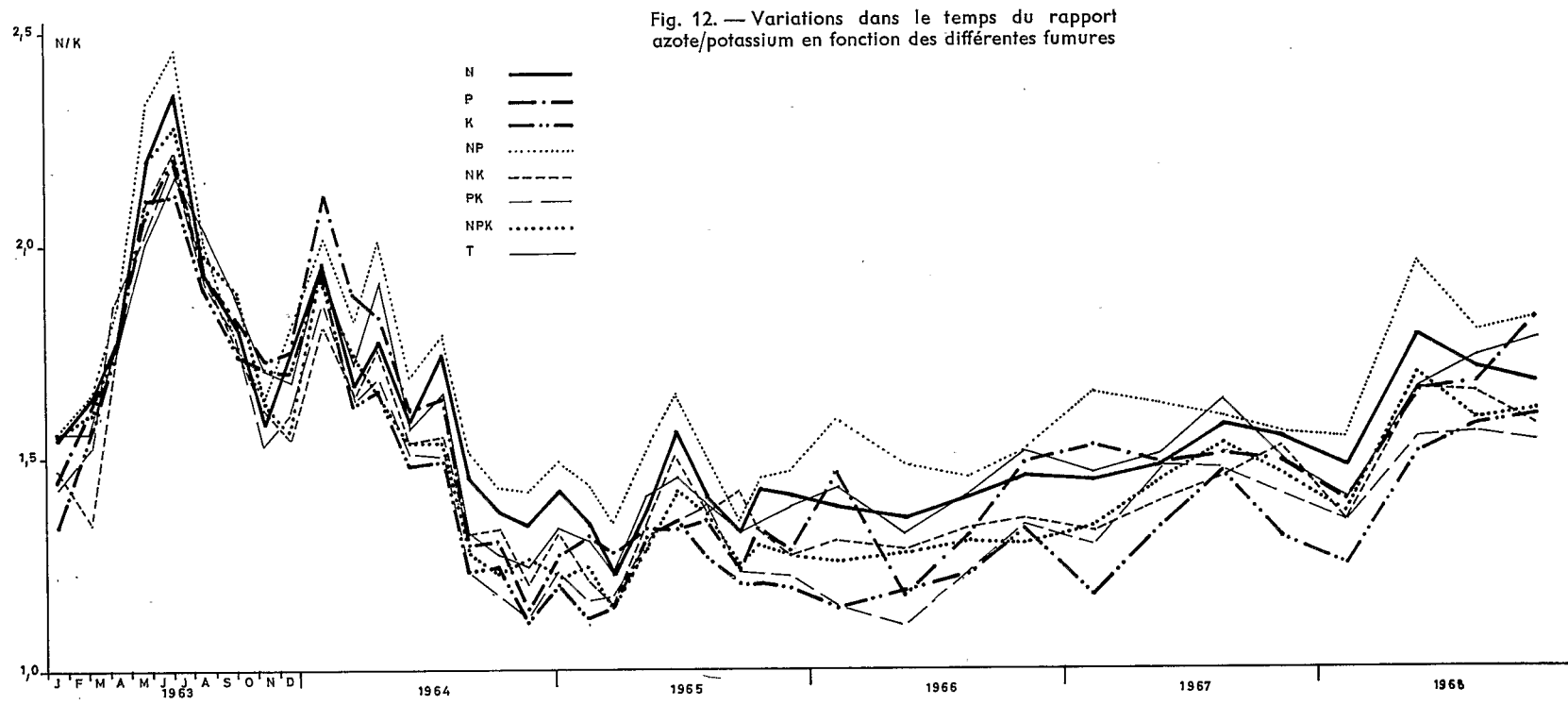


Fig. 13. — Variations dans le temps du rapport potassium/calcium en fonction des différentes fumures

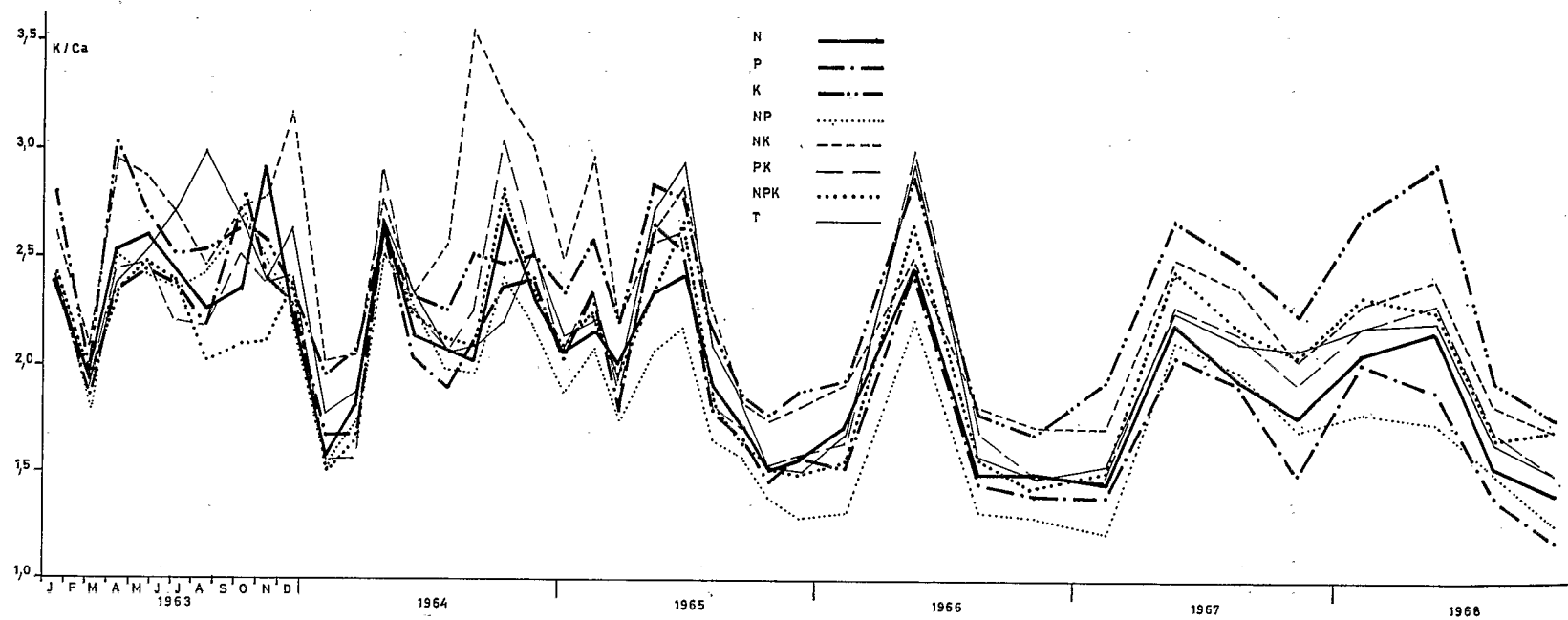


TABLEAU XXII

Valeurs moyennes annuelles du rapport potassium/calcium

Eléments	1963	1964	1965	1966	1967	1968	m	m % T
N	2,40	2,09	1,96	1,79	1,84	1,78	1,97	94
P	2,34	2,10	1,97	1,70	1,70	1,61	1,90	91
K	2,57	2,34	2,28	2,06	2,33	2,33	2,32	111
NP	2,37	2,32	1,76	1,53	1,75	1,56	1,88	90
NK	2,71	2,69	2,31	1,98	2,15	2,05	2,32	111
PK	2,31	2,28	2,01	1,95	1,95	1,91	2,07	99
NPK	2,24	2,18	1,96	1,79	2,04	1,98	1,92	92
T	2,50	2,21	2,09	1,92	1,99	1,85	2,09	100

baisse de la valeur de K/Ca. Cette diminution ne cesse qu'en 1967 au moment du recépage des caféiers.

Les valeurs moyennes annuelles de K/Ca enregistrées en fonction des différentes fumures sont indiquées dans le tableau XXII, p. 116.

L'influence de la fumure potassique est du même ordre que celle de la fumure phosphatée qui apporte le calcium. Les valeurs des moyennes générales montrent que :

1) L'apport de phosphate bicalcique en l'absence de potasse provoque une diminution de K/Ca de 10 % par rapport au témoin.

2) L'apport de potasse en l'absence de calcium provoque une augmentation de K/Ca de 11 % par rapport au témoin.

3) L'apport d'azote, seul ou en présence d'apports simultanés de potassium et de calcium, provoque une diminution de K/Ca de 6 % par rapport au témoin ; au contraire en présence de potassium ou de calcium, seul l'azote est sans effet sur la valeur de K/Ca.

### Rapport potassium/magnésium

Nous avons vu l'antagonisme entre les variations du potassium et celles du magnésium ; comme pour le rapport K/Ca, les valeurs de K/Mg suivront les évolutions des teneurs en potassium ainsi que le montre la figure 14, p. 118.

Les valeurs moyennes du potassium augmentent au cours des années alors que celles du magnésium restent à peu près constantes. Il en résulte que les valeurs moyennes annuelles de K/Mg augmentent dans le temps, ainsi que l'indique le tableau XXIII, p. 118.

On peut classer les différentes fumures en trois groupes :

- 1) P et NP ne modifient pas la valeur de K/Mg ;
- 2) N et PK augmentent la valeur de K/Mg d'environ 10 % par rapport au témoin ;
- 3) K, NK et NPK augmentent la valeur de K/Mg d'environ 20 % par rapport au témoin.

### Rapport calcium/magnésium

La figure 15, p. 119, qui représente les variations saisonnières de Ca/Mg est très semblable à la courbe des variations des teneurs en calcium : les maxima sont observés pendant les saisons sèches et les minima pendant les saisons des pluies.

Comme par ailleurs il y a une augmentation des valeurs moyennes annuelles des teneurs en calcium,

alors que celles des teneurs en magnésium restent à peu près constantes, il se produit une élévation des valeurs moyennes annuelles de Ca/Mg ainsi que le montre le tableau XXIV, p. 119.

On constate avec toutes les fumures une augmentation sensible de Ca/Mg ; celle-ci est de :

- 10 % de la valeur du témoin lorsque la potasse est apportée seule ;
- 25 % de la valeur du témoin avec la fumure complète NPK ;
- 17 % environ de la valeur du témoin avec toutes les autres formules.

### Somme, $S = K + Ca + Mg$

A un moment donné, les valeurs de S se différencient peu les unes des autres sous l'influence de la fumure ; cette constance de S avait déjà été signalée par LOUÉ. Par contre, il existe des variations dans le temps ainsi que l'indique le tableau XXV, p. 120, qui donne les valeurs moyennes annuelles de S.

S augmente pendant les quatre premières années pour diminuer légèrement à partir du moment où les caféiers sont recépés en 1967, à l'exception toutefois des parcelles témoins. C'est toujours le témoin qui a la plus faible valeur pour S. La fumure phosphatée apportée seule n'élève pas S et les autres formules ne provoquent qu'une augmentation de 6 % par rapport au témoin.

Si on exprime K, Ca et Mg non plus en valeur absolue mais en pourcentage de S, on constate que :

- 1) pour tous les objets, à l'exception de K et NPK, la valeur de K diminue constamment de 1963 à 1966, remonte légèrement après le recépage des caféiers en 1967, puis diminue à nouveau en 1968 ; pour K et NPK, les valeurs de K sont à peu près constantes, mais le recépage se traduit également par une augmentation ; la plus forte baisse est enregistrée avec la formule NP (- 5,7) ;
- 2) la valeur de Ca augmente continuellement pour tous les objets sauf au moment du recépage où il se produit une baisse ; l'augmentation la plus forte est atteinte avec la formule NP (+ 8,9) ;
- 3) la valeur de Mg décroît sans cesse de 1963 à 1967, puis se stabilise en 1968.

On assiste donc en général à une diminution de K et de Mg compensée par une augmentation de Ca ; notons cependant qu'il n'y a pas de variation de K avec les formules K et NPK et que l'augmentation de Ca n'est alors équilibrée que par une diminution de Mg.

Le tableau XXVI, p. 120, indique les valeurs de K, Ca et Mg en pourcentage de S, au début et à la fin de l'essai.

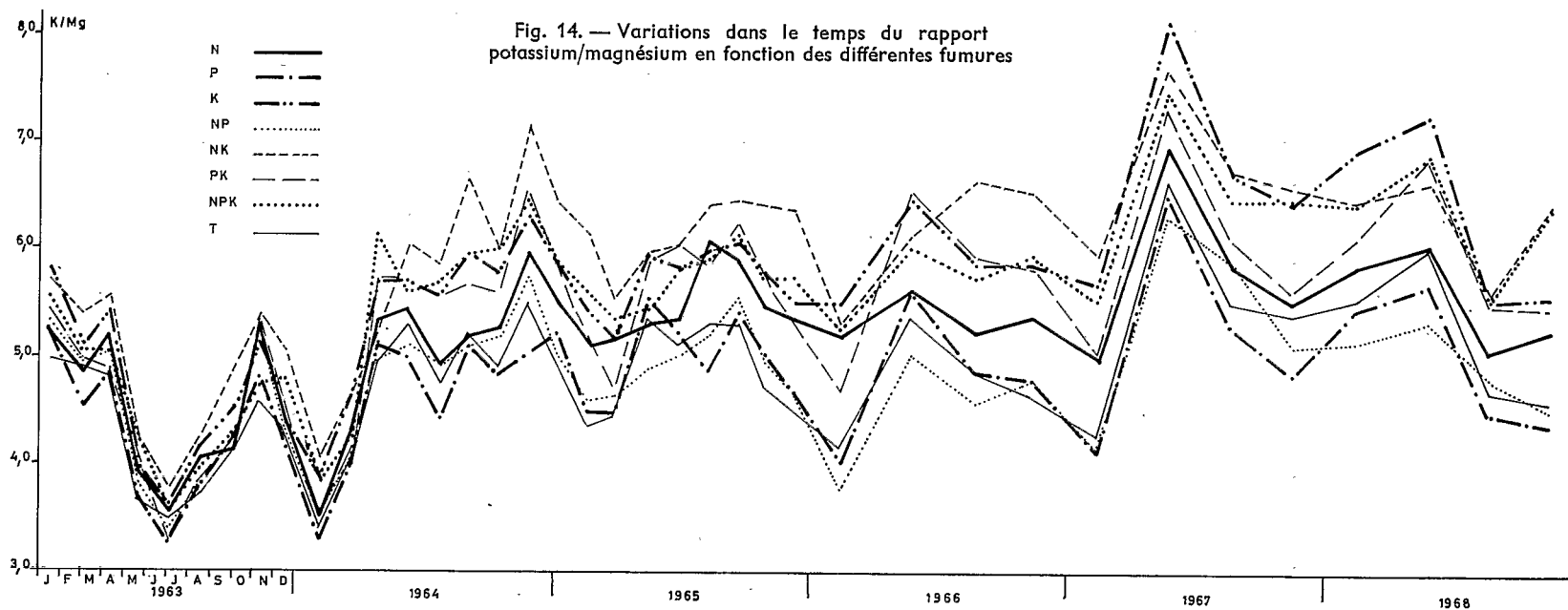


TABLEAU XXIII

Valeurs moyennes annuelles du rapport potassium/magnésium

Eléments	1963	1964	1965	1966	1967	1968	m	m % T
N	4,50	5,00	5,48	5,36	5,84	5,57	5,29	109
P	4,28	4,72	5,00	4,84	5,19	5,03	4,84	99
K	4,67	5,44	5,74	5,93	6,75	6,35	5,81	119
NP	4,43	4,84	4,96	4,55	5,37	4,97	4,85	99
NK	4,92	5,73	6,22	6,19	6,75	6,31	6,02	123
PK	4,50	5,32	5,66	5,78	6,03	6,01	5,55	113
NPK	4,57	5,52	5,75	5,75	6,49	6,36	5,74	117
T	4,27	4,77	4,91	4,78	5,46	5,23	4,90	100

TABLEAU XXIV

Valeurs moyennes annuelles du rapport calcium/magnésium

Eléments	1963	1964	1965	1966	1967	1968	m	m % T
N	1,91	2,34	2,88	3,12	3,20	3,21	2,78	118
P	2,09	2,26	2,62	2,94	3,07	3,20	2,70	115
K	1,86	2,33	2,62	2,99	2,91	2,81	2,59	110
NP	1,90	2,36	2,91	3,06	3,10	3,21	2,76	117
NK	1,86	2,26	2,80	3,19	3,16	3,13	2,73	116
PK	1,99	2,39	2,92	3,14	3,11	3,20	2,79	119
NPK	2,08	2,57	3,05	3,39	3,24	3,27	2,93	125
T	1,81	2,16	2,46	2,64	2,74	2,86	2,35	100

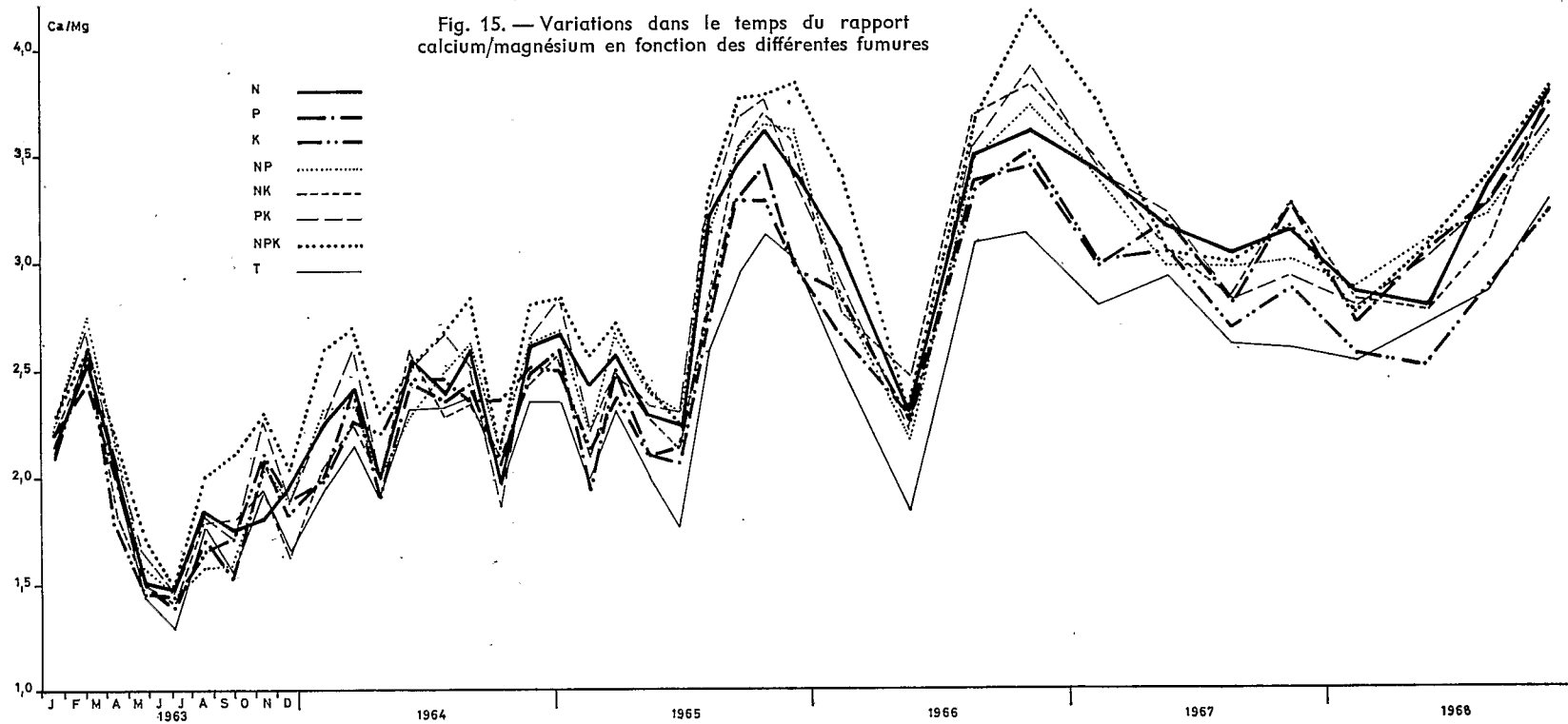


TABLEAU XXV

Valeurs moyennes annuelles de  $S = K + Ca + Mg$ 

Eléments	1963	1964	1965	1966	1967	1968	m
N	2,77	3,09	3,50	3,75	3,63	3,56	3,38
P	2,63	2,94	3,29	3,46	3,40	3,43	3,19
K	2,69	3,08	3,38	3,61	3,56	3,47	3,30
NP	2,70	2,98	3,38	3,64	3,60	3,52	3,30
NK	2,73	3,11	3,43	3,70	3,62	3,49	3,35
PK	2,72	3,07	3,46	3,68	3,59	3,60	3,35
NPK	2,74	3,24	3,57	3,87	3,56	3,55	3,42
T	2,66	2,90	3,18	3,34	3,37	3,43	3,14

TABLEAU XXVI

Valeurs de K, Ca et Mg en % de S

Eléments	1963			1968		
	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
N	60,7	25,8	13,5	56,7	33,1	10,2
P	59,7	26,2	14,1	54,2	35,0	10,8
K	61,9	24,8	13,3	62,3	27,8	9,9
NP	60,1	26,2	13,7	54,0	35,1	10,9
NK	63,2	23,9	12,9	60,4	30,0	9,6
PK	59,9	26,7	13,4	58,6	31,6	9,8
NPK	59,7	27,2	13,1	59,9	30,7	9,4
T	60,1	25,7	14,2	57,5	31,5	11,0

$z = \text{Arg th } r$ , dont la distribution se rapproche davantage de la normale que celle de  $r$ . Du  $z$  moyen ainsi calculé, nous avons pu déduire un  $r$  moyen annuel représenté dans le tableau XXVIII, p. 121.

Les valeurs limites de  $r$  diffèrent suivant les années, le nombre de prélèvements effectués variant avec les années ; elles sont les suivantes :

Années	Seuil de probabilité		
	0,05	0,01	0,001
1963 et 1965 .....	0,133	0,175	0,224
1964 .....	0,141	0,185	0,237
1966-1967-1968 .....	0,200	0,262	0,336

### Corrélations entre différents éléments

Nous avons recherché pour chaque prélèvement s'il existait une corrélation entre les valeurs :

- 1) des deux anions étudiés N et P,
- 2) de l'azote et du potassium,
- 3) des trois cations majeurs K, Ca et Mg pris deux à deux,
- 4) de certains oligo-éléments : Fe et Mn, Mn et Cu, Mn et Zn, et Zn et Cu.

Les valeurs trouvées par ces différents coefficients de corrélation sont indiquées dans le tableau XXVII, p. 121. Pour chacun des prélèvements, les valeurs limites de  $r$  sont de :

0,400	au seuil de probabilité	0,05
0,512	—	0,01
0,625	—	0,001

Nous avons ensuite calculé un coefficient de corrélation moyen annuel en utilisant le coefficient

### Corrélation azote $\times$ phosphore

Le coefficient de corrélation entre l'azote et le phosphore est toujours négatif, mais assez peu souvent significatif : sept prélèvements sur les trente-huit analysés. La corrélation semble plus marquée dans la seconde moitié de l'année, particulièrement d'août à octobre lors du mûrissement de la récolte, alors que les teneurs en azote baissent fortement.

Le coefficient de corrélation annuel est significatif, sauf en 1964, seule année où on enregistre trois prélèvements avec un coefficient de corrélation positif, et en 1967, où il est cependant très près du seuil de signification. Cette corrélation négative entre l'azote et le phosphore était prévisible, chacune des fumures azotée, phosphatée et potassique agissant sur les teneurs respectives des feuilles en azote et en phosphore de façon inverse.



TABLEAU XXVII

## Valeurs du coefficient de corrélation

Dates	N × P	N × K	K × Ca	K × Mg	Ca × Mg	Fe × Mn	Mn × Cu	Mn × Zn	Zn × Cu
<i>1963</i>									
21/1	-0,119	0,267	-0,406*	-0,272	0,354				
4/3	-0,444*	-0,118	-0,458*	-0,221	0,447*				
16/4	-0,289	0,280	0,119	-0,152	0,529**				
27/5	-0,184	0,356	-0,032	-0,569**	0,387				
8/7	-0,260	0,432*	-0,169	-0,408*	0,046				
19/8	-0,540**	0,108	-0,373	-0,463*	0,189				
7/10	-0,439*	-0,040	-0,307	-0,154	0,304				
11/11	-0,338	-0,272	-0,189	-0,180	0,596*				
16/12	-0,155	0,254	0,276	0,422*	0,753*				
<i>1964</i>									
5/2	-0,148	-0,157	-0,098	-0,133	0,647***				
16/3	+0,066	0,104	-0,266	-0,170	0,667***				
27/4	+0,117	0,233	0,015	-0,189	0,610**				
8/6	+0,105	0,266	0,069	-0,238	0,533**				
20/7	-0,096	0,479*	0,243	-0,076	0,477*				
31/8	-0,387	-0,008	0,059	-0,257	0,651***				
13/10	-0,084	0,398	0,209	0,081	0,502				
23/11	-0,209	0,421*	-0,317	-0,469*	0,514**				
<i>1965</i>									
5/1	-0,176	0,164	0,351	-0,264	0,496*				
16/2	0,100	0,291	-0,049	-0,308	0,361				
26/3	-0,164	0,007	-0,025	-0,025	0,248				
10/5	-0,132	-0,144	0,294	0,240	0,646***				
22/6	-0,300	0,196	0,406*	0,070	0,518**				
3/8	-0,308	0,338	-0,025	-0,112	0,057				
15/9	-0,352	0,285	0,006	-0,405*	0,528**				
27/10	-0,401*	0,190	0,087	-0,247	0,400*				
7/12	-0,389	0,426*	-0,121	-0,493*	0,287				
<i>1966</i>									
14/2	-0,357	0,166	0,290	-0,215	0,491*	-0,112	-0,624**	-0,037	-0,077
16/5	-0,319	0,118	0,336	0,003	0,271	0,165	-0,126	0,224	0,273
16/8	-0,526**	0,397	-0,111	-0,699	0,496*	-0,049	-0,498*	-0,074	-0,039
3/10	-0,434*	0,413*	0,354	-0,167	0,482*	0,102	-0,644***	0,241	-0,026
<i>1967</i>									
13/2	-0,236	0,033	-0,020	-0,457*	0,418*	-0,014	-0,577**	-0,068	0,247
16/5	-0,101	0,256	-0,021	0,117	0,767***	-0,341	-0,186	0,089	0,487*
16/8	-0,292	0,534**	0,307	0,220	0,577**	-0,344	-0,015	-0,013	0,221
13/11	-0,235	0,380	0,030	-0,067	0,670***	-0,043	-0,470*	0,099	0,055
<i>1968</i>									
12/2	-0,254	-0,021	0,306	0,118	0,794***	0,062	-0,255	-0,012	-0,250
27/5	-0,261	0,056	-0,316	-0,203	0,379	0,027	-0,353	0,167	-0,219
19/8	-0,334	0,193	-0,221	-0,384	0,703***	-0,407*	-0,154	-0,045	-0,110
11/11	-0,527**	0,381	-0,236	-0,415*	0,589**	0	-0,321	0,188	0,136

TABLEAU XXVIII

## Valeur du coefficient de corrélation moyen annuel

	N × P	N × K	K × Ca	K × Mg	Ca × Mg	Fe × Mn	Mn × Cu	Mn × Zn	Zn × Cu
1963	-0,274***	0,189**	-0,156*	-0,169*	0,371***				
1964	-0,095	0,198***	-0,012	-0,163*	0,508**				
1965	-0,216***	0,174*	0,100	-0,174*	0,355**				
1966	-0,361***	0,245*	0,195	-0,264***	0,384**	0,023	-0,433***	0,080	0,030
1967	-0,190	0,272*	0,067	-0,048	0,546***	-0,166	-0,289***	0,024	0,232*
1968	-0,306**	0,137	-0,102	-0,200*	0,559***	-0,075	-0,239*	0,066	-0,099

## Corrélation azote × potassium

Le coefficient de corrélation reliant les teneurs en azote et en potassium est dans l'ensemble positif mais rarement significatif (six prélèvements seulement). A partir de 1965, les corrélations les plus fortes se situent généralement à des périodes où les corrélations entre l'azote et le phosphore sont également bien marquées.

Le coefficient de corrélation annuel est toujours significatif sauf en 1968. Ce résultat est en rapport avec le fait que les fumures azotée, phosphatée et potassique ont le même effet sur les teneurs en azote des feuilles que sur les teneurs en potassium.

## Corrélation potassium × calcium

Les coefficients de corrélation entre le potassium et le calcium sont tantôt positifs et tantôt négatifs et de plus très rarement significatifs (trois prélèvements). Il ne semble donc pas y avoir de liaison marquée entre ces deux éléments. Le coefficient moyen annuel a peu de signification ici, la corrélation étant positive ou négative suivant les prélèvements ; il est négatif les deux premières années, positif les trois suivantes et redevient enfin négatif en 1968. Il n'est significatif que la première année.

## Corrélation potassium × magnésium

La liaison entre les teneurs en potassium et en magnésium est plus marquée ; elle est presque toujours négative et neuf prélèvements donnent un coefficient de corrélation significatif. C'est en fin d'année que celui-ci prend généralement ses plus fortes valeurs.

Le coefficient moyen annuel est toujours négatif ; il est également significatif sauf en 1967. Le magnésium est donc ici l'élément antagoniste du potassium, beaucoup plus que le calcium.

## Corrélation calcium × magnésium

Calcium et magnésium sont les deux éléments qui sont le plus fortement liés ; vingt-sept prélèvements ont donné une valeur significative au coefficient de

corrélation qui est toujours positif et dépasse très souvent le seuil de probabilité  $P = 0,001$ . Il ne semble pas qu'il y ait des périodes de l'année où cette liaison soit plus ou moins forte.

La valeur du coefficient moyen annuel est toujours supérieure au seuil de signification pour  $P = 0,001$  ; elle va en augmentant constamment à partir de 1965.

## Corrélations entre oligo-éléments

Les corrélations entre oligo-éléments ne concernent que les trois dernières années, soit douze prélèvements seulement.

### *Corrélation fer × manganèse*

Tantôt positif, tantôt négatif, le coefficient de corrélation entre le fer et le manganèse n'est significatif qu'une seule fois.

Le coefficient moyen annuel n'est jamais significatif.

### *Corrélation manganèse × cuivre*

La corrélation entre le manganèse et le cuivre est la seule liaison marquée que nous ayons trouvée entre oligo-éléments. Elle est toujours négative et cinq prélèvements ont donné une valeur significative au coefficient de corrélation. Ici encore, il est difficile de trouver des différences suivant les époques de l'année.

La valeur du coefficient moyen annuel est toujours négative et significative, mais elle décroît dans le temps.

### *Corrélation manganèse × zinc*

Les valeurs du coefficient de corrélation entre le manganèse et le zinc sont tantôt négatives, tantôt positives, mais généralement extrêmement faibles.

Les coefficients moyens annuels sont également très proches de zéro.

### *Corrélation zinc × cuivre*

La corrélation entre le zinc et le cuivre n'est guère plus marquée que la précédente, sauf en 1967, où le coefficient de corrélation est significatif pour le prélèvement du mois de mai. Le coefficient moyen annuel est significatif et positif en 1967, mais très proche de zéro les deux autres années.

## Conclusions

L'étude des teneurs en éléments minéraux des feuilles et des rapports existant entre ces différents éléments a permis de mettre en évidence, dans les conditions écologiques de l'essai, que la nutrition azotée du caféier était normale, que la nutrition potassique était correcte, mais que la nutrition phosphatée souffrait d'une déficience marquée en phosphore.

Il semblerait donc que l'on puisse préconiser une forte fumure phosphatée, pour ramener la teneur du sol en phosphore assimilable à un niveau convenable, accompagnée d'une fumure potassique et azotée destinée à compenser les seules pertes dues aux exportations d'éléments minéraux par les récoltes. Mais nous avons vu que l'apport d'un élément donné ne se traduit pas seulement par une élévation du taux de cet élément, mais aussi par des variations dans les teneurs en autres éléments. Ainsi, à la fin de l'essai, on constate que l'apport :

- d'azote :
  - augmente N, K et Ca,
  - est sans effet sur Mg,
  - diminue P.
- de phosphore :
  - augmente P, Ca et Mg,
  - diminue N et K.
- de potasse :
  - augmente N et K,
  - est sans effet sur P,
  - diminue Ca et Mg.

A ces effets simples s'ajoutent ceux des interactions, or,

l'interaction  $N \times P$  est :

- positive pour N,
- sans effet sur K et Mg,
- négative pour P et Ca.

l'interaction  $N \times K$  est :

- sans effet sur N, P, K et Mg,
- négative pour Ca.

l'interaction  $P \times K$  est :

- positive pour N,
- sans effet sur P, K, Ca et Mg.

l'interaction  $N \times P \times K$  est :

- sans effet sur P, K et Ca,
- négative pour N et Mg.

L'apport de phosphore qui est nécessaire se traduit donc par une diminution de l'absorption de N et K, et une augmentation de celle de P, Ca et Mg. Il y aura donc modification des rapports K/Ca et K/Mg qui tendront à diminuer. Si on apporte en plus de l'azote pour compenser l'effet de P, on améliore les teneurs en azote et potassium, mais on diminue celle en P, d'autant plus que l'interaction  $N \times P$  est négative, et il faudra augmenter la dose de fumure phosphatée.

Par contre, si on ajoute une fumure potassique à la fumure phosphatée, on augmente les teneurs en N et K et on diminue celles en Ca et Mg sans modifier les teneurs en P. L'effet bénéfique sur la nutrition azotée sera renforcé par le fait que l'interaction  $P \times K$  est bénéfique en ce qui concerne l'azote.

L'étude de la nutrition minérale du caféier, dans les conditions de cet essai, amène donc à préconiser une fumure phospho-potassique. Nous verrons dans la deuxième partie de cet article, où nous étudierons les rendements obtenus en fonction des différentes fumures, que les résultats pratiques confirment les déductions théoriques élaborées et que c'est bien la fumure PK qui a donné les meilleurs résultats.

(à suivre)

VERLIÈRE (G.). — **La nutrition minérale et la fertilisation du caféier sur sol schisteux en Côte d'Ivoire.**

**I. Étude de la nutrition minérale.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 2, avril-juin 1973, p. 97-124, fig., tabl. (à suivre).

Un essai de fertilisation minérale de type NPK 2<sup>3</sup> avec trois répétitions a été mené sur caféiers *Canephora* var. Ebobo d'origine locale sur sols schisteux de la région d'Abengourou, Côte d'Ivoire. Les observations ont été faites sur caféiers

VERLIÈRE (G.). — **Mineral nutrition and fertilization of the coffee tree on shaly soil in the Ivory Coast.**

**I. — Study of mineral nutrition.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 2, avril-juin 1973, p. 97-124, fig., tabl. (to be continued).

A mineral fertilization test of the NPK 2<sup>3</sup> type with three replications was carried out on *Canephora* coffee trees, Ebobo variety, of local origin on shaly soils of the Abengourou region, Ivory Coast. The observations were made on coffee trees

plantés à l'écartement de 2,5 m × 2,5 m et recevant, comme engrais, du sulfate d'ammoniaque, du phosphate bicalcique et du sulfate de potasse au début des pluies (avril et septembre).

L'étude de la nutrition minérale par diagnostic foliaire, dosage de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn et Cu permet d'obtenir les valeurs moyennes annuelles des teneurs des feuilles en ces éléments minéraux ainsi que celles de leurs rapports.

L'interprétation factorielle de chaque essai permet de différencier l'effet principal des fumures des interactions de premier ou de deuxième ordre.

Les caféiers étudiés montrent des nutritons azotée et potassique normales, mais sont carencés en phosphore. Le jeu des interactions de premier et de deuxième ordre amène à préconiser une fumure phospho-potassique.

VERLIÈRE (G.). — **Die Mineralernährung und die Düngung des Kaffeebaums auf Schieferböden in der Elfenbeinküste. I. — Das Studium der Mineralernährung.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 2, avril-juin 1973, p. 97-124, fig., tabl. (Fortsetzung folgt).

Ein mineralischer Düngungsversuch vom Typ NPK 2<sup>3</sup> mit drei Wiederholungen fand an Kaffeebäumen *Canephora* var. *Ebobo* einheimischer Herkunft auf Schieferböden der Gegend von Abengourou in der Elfenbeinküste statt. Die Beobachtungen wurden an Kaffeebäumen, vorgenommen die bei einer Standweite von 2,5 m × 2,5 m gepflanzt wurden und als Düngemittel Ammonsulfat, Dikalciumphosphat und Kaliumsulfat bei Beginn der Regenperioden (April und September) erhielten.

Das Studium der Mineralernährung mit Hilfe der Blattanalyse und der Bestimmung von N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn und Cu erlaubt zu den Mittelwerten des Gehalts der Blätter an diesen Mineralstoffen sowie denen ihrer Verhältnisse zu gelangen.

Die faktorielle Auslegung eines jeden Versuchs ermöglicht die Hauptwirkung der Düngungen von den Wechselwirkungen erster und zweiter Ordnung zu differenzieren.

Die untersuchten Kaffeebäume weisen normale Stickstoff- und Kaliernährungen jedoch Mangel an Phosphor auf. Das Spiel der Wechselwirkungen erster und zweiter Ordnung führt dazu, eine Phosphor-Kalidüngung zu empfehlen.

planted with a spacing of 2.5 m × 2.5 m and receiving as a fertilizer, ammonium sulphate, dicalcium phosphate and potassium sulphate at the beginning of the rainy seasons (April and September).

The study of mineral nutrition through foliar diagnosis, the determination of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Cu, makes it possible to obtain the average annual values of foliar contents in these mineral elements as well as their ratios.

The factorial interpretation of each test makes it possible to differentiate the main effect of the fertilizers from the first or second order interactions.

The coffee trees studied showed normal nitrogen and potassium nutrition but phosphorus deficiencies. The process of the first and second order interactions leads to advocate a phospho-potassium fertilizer.

VERLIÈRE (G.). — **La nutrición mineral y la fertilización del café en suelos esquistosos en la Costa de Marfil. I. Estudio de la nutrición mineral.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 2, avril-juin 1973, p. 97-124, fig., tabl. (se continuará).

Se hizo un ensayo de fertilización mineral de tipo NPK 2<sup>3</sup> con tres repeticiones sobre cafés *Canephora* var. *Ebobo* de origen local en suelos esquistosos de la región de Abengurú, en la Costa de Marfil. Las observaciones se hicieron en los cafés separados por espacios de 2,5 m × 2,5 m que recibieron una fertilización de sulfato amónico, fosfato bicálcico y sulfato de potasa al principio de las lluvias (abril y septiembre).

Gracias al estudio de la nutrición mineral mediante el diagnóstico foliar (dosificación de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu) es posible obtener los valores medios anuales de los contenidos de estos elementos en las hojas y de sus relaciones.

La interpretación factorial de cada ensayo permite diferenciar el efecto principal de los abonados de las interacciones de primera o de segunda importancia.

Los cafés estudiados muestran nutriciones nitrogenadas y potásicas regulares, pero con deficiencias de fósforo. En vista de las interacciones de primera o de segunda importancia, se preconiza un abonado fosfopotásico.