

UN ESSAI D'ENGRAIS SUR CACAOYERS EN CÔTE D'IVOIRE

Relations entre les rendements et les teneurs des feuilles en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium

G. VERLIÈRE

Centre de Recherches de l'IFCC en Côte d'Ivoire

En vue d'étudier l'influence des fumures azotée, phosphatée et potassique sur la nutrition et le rendement du cacaoyer Amelonado, un essai factoriel NPK 2³, avec trois répétitions, avait été mis en place en 1954 sur un

sol d'origine granitique. Il s'agissait d'une cacaoyère assez fortement ombragée, plantée vers 1940 dans une région où la pluviométrie est de 1 400 mm par an, en moyenne.

MÉTHODE UTILISÉE

Le contrôle de la nutrition a été effectué à partir de 1961 par la méthode du diagnostic foliaire et celui du rendement par le poids de fèves fraîches ramené à un arbre.

Le diagnostic foliaire du cacaoyer avait été étudié, dès 1955, par LOUÉ (C. R. A. Bingerville, Bulletin n° 11, 1955, p. 29-47) qui préconisait de prélever les 2^e et 3^e feuilles du premier flush devenu adulte en partant de l'extrémité apicale du rameau. Ces feuilles sont de couleur vert franc. Mais il est apparu ensuite que des feuilles d'âge différent pouvaient avoir le même aspect et qu'également des feuilles de même âge pouvaient avoir des couleurs différentes, le facteur éclaircissement jouant ici un grand rôle.

Afin de réduire ces différences nous avons été amenés à tenir compte de l'aspect du pétiole et du rameau portant les feuilles prélevées. Nous prélevons des feuilles dont le pétiole est en cours de lignification ; au point de vue visuel, il devra présenter des zones de couleur verte et des zones de couleur brune, mais il ne devra être ni uniformément vert (feuille trop jeune) ni uniformément brun (feuille trop âgée). Quant au rameau

portant les feuilles retenues, il devra avoir commencé à s'aoûter à l'insertion des 2^e et 3^e feuilles.

Dans cet essai, la densité des cacaoyers était faible (750 arbres/hectare). Les arbres n'avaient pas eu tendance à filer et il était relativement facile d'effectuer les prélèvements à la périphérie des arbres. Il était prélevé initialement quatre paires de feuilles par arbre ; ce nombre a été ensuite ramené à deux paires de feuilles. Le prélèvement portait sur une vingtaine d'arbres par parcelle. Des prélèvements antérieurs effectués arbre par arbre pendant trois ans sur deux lots de vingt cacaoyers chacun avaient permis de calculer l'approximation que l'on obtenait avec cette méthode ; elle est de :

- 1,7 % pour l'azote,
- 3 % pour le phosphore et le magnésium,
- 5 % pour le potassium et le calcium.

Après prélèvement, les feuilles sont séchées dans un séchoir à lampes infra-rouges, puis coupées longitudinalement le long de la nervure centrale. La moitié attachée à la nervure centrale est éliminée afin de réduire la quantité de matériel végétal à broyer.

Conférence internationale sur les recherches agronomiques cacaoyères. Abidjan. 15-20 nov. 1965.

U. R. S. T. O. M.

Collection de Références

n° 139-11

Après broyage et séchage à l'étuve à 105°, on opère les dosages suivants :

- azote par la méthode de Kjeldahl,
- phosphore par colorimétrie (méthode au vanadomolybdate d'ammonium),

— potassium, calcium et magnésium par photométrie de flamme.

Les feuilles ont été récoltées théoriquement toutes les six semaines de 1961 à 1964 inclus ; en fait, trois prélèvements n'ont pu être effectués, ce qui donne un total de trente-et-un prélèvements en quatre ans.

RENDEMENT DE L'ESSAI

Cette cacaoyère, dont l'entretien était fait normalement, donnait des rendements supérieurs aux rendements moyens de Côte d'Ivoire. La récolte intermédiaire, dans cette région où la saison sèche est très accentuée, est à peu près inexistante. La récolte principale est groupée et ne nécessite que trois ou quatre passages

de septembre à novembre inclus ; elle provient de floraisons ayant lieu en avril-juin.

Exprimés en grammes de fèves fraîches par arbre, les rendements enregistrés dans les vingt-quatre parcelles de l'essai au cours des quatre années étudiées sont indiqués dans le tableau 1.

TABEAU 1

Rendement des parcelles de l'essai au cours des années étudiées
(g fèves fraîches/arbre)

	1961			1962			1963			1964		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
N.....	4.908	2.121	1.800	1.973	2.953	1.936	1.723	1.559	836	2.996	2.339	2.055
P.....	6.004	1.710	1.957	4.296	1.400	2.271	3.171	933	2.457	3.496	1.238	2.616
K.....	2.784	2.492	2.509	2.223	2.579	4.443	1.189	1.492	1.810	3.341	2.069	3.676
NP.....	3.128	3.436	3.543	2.596	3.700	3.369	1.864	2.882	2.256	3.783	2.609	3.881
NK.....	3.631	2.360	630	3.084	2.766	1.886	2.044	1.490	2.533	3.303	2.620	861
PK.....	6.450	6.150	3.251	5.508	5.693	3.704	3.967	3.600	2.030	6.800	4.033	3.507
NPK.....	5.096	3.464	2.274	4.878	3.174	2.471	2.482	2.264	1.674	4.093	2.788	2.532
T.....	3.805	2.388	1.587	3.200	3.034	1.287	2.250	2.111	325	2.980	2.769	977

RELATIONS ENTRE LE RENDEMENT ET LES RÉSULTATS DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE

Outre l'établissement des courbes d'absorption des différents éléments N, P, K, Ca et Mg par le cacaoyer, nous avons cherché s'il existait des corrélations linéaires entre les rendements des différentes parcelles et les teneurs des arbres en éléments nutritifs. Nous ne nous occuperons ici que de ce dernier point.

Nous exprimerons les rendements en grammes de fèves fraîches par arbre et les teneurs en éléments

nutritifs en grammes pour cent grammes de matière sèche.

D'autre part, nous indiquerons également pour chaque élément dosé, parmi les périodes ayant donné des corrélations significatives, celles correspondant aux teneurs les plus basses et les plus fortes, afin de délimiter l'intervalle dans lequel le taux de l'élément analysé a varié.

Corrélation entre le rendement et la teneur en éléments nutritifs

Corrélation rendement × teneur en azote

Le tableau 2 indique la valeur des coefficients de corrélation r pour les différents prélèvements effectués. Avec 22 degrés de liberté, la valeur limite de r est de 0,40 pour une probabilité de $P = 0,05$ et de 0,51 pour $P = 0,01$.

La corrélation entre le rendement et la teneur des feuilles en azote est donc très faible, mais elle est dans l'ensemble négative ; le prélèvement d'avril 1961 est aberrant à cet égard.

Parmi les prélèvements présentant une corrélation significative, les plus faibles teneurs en azote ont été rencontrées en mai 1961, où elles variaient entre 1,960 et 2,268 ; les plus fortes teneurs se trouvant en mai 1964 dans l'intervalle 2,044-2,884.

Corrélation rendement × teneur en phosphore

Les valeurs des coefficients de corrélation entre le rendement et la teneur des feuilles en phosphore trouvée lors des différents prélèvements sont indiquées dans le tableau 3.

La corrélation entre les teneurs en phosphore et le rendement est donc assez faible, mais, à l'inverse de ce qui se passait pour l'azote, elle est positive. Elle semble plus marquée au moment de la formation des fruits, de mai à août.

Les teneurs les plus faibles au moment des corrélations significatives se trouvent en mai 1961 avec $0,085 < P < 0,132$, et les plus fortes en mars 1964 avec $0,117 < P < 0,173$.

Corrélation rendement × teneur en potassium

La corrélation est plus marquée avec le potassium qu'avec l'azote ou le phosphore puisque neuf prélève-

TABLEAU 2

Coefficients de corrélation entre le rendement et la teneur en azote des feuilles pour les différents prélèvements

Année	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	O	N	D
1961		0,081	0,250		0,524	0,598	0,120		0,014	0,334	0,119	
1962		0,131	0,134	0,167		0,442	0,342			0,208		0,368
1963		0,074		0,122	0,180	0,124		0,224	0,218	0,117	0,126	0,285
1964				0,444	0,042		0,140	0,053	0,370	0,481	0,365	

TABLEAU 3

Coefficients de corrélation entre le rendement et la teneur des feuilles en phosphore

Année	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	O	N	D
1961		0,133	0,120		0,252	0,611	0,527		0,490	0,365	0,204	
1962		0,150	0,152	0,218		0,073	0,190			0,023		0,129
1963		0,205		0,356	0,143	0,249		0,362	0,486	0,282	0,380	0,037
1964				0,505	0,193		0,388	0,350	0,264	0,103	0,309	

TABLEAU 4

Coefficients de corrélation entre le rendement et la teneur des feuilles en potassium

Année	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	O	N	D
1961		0,268	0,472		0,442	0,384	0,357		0,416	0,370	0,627	
1962		0,314	0,137	0,215		0,095	0,320			0,834		0,377
1963		0,435		0,226	0,206	0,349		0,287	0,661	0,223	0,244	0,351
1964				0,284	0,276		0,004	0,458	0,385	0,446	0,393	

ments ont donné des valeurs significatives pour r. Comme pour l'azote, la corrélation est négative.

Les intervalles de variation sont de 0,55-1,46 au moment des plus faibles teneurs en potassium, en juillet 1964, et de 0,97-3,23 en novembre 1961 qui voit les plus fortes teneurs en potassium.

Corrélation rendement × teneur en calcium

C'est entre le rendement et la teneur en calcium des feuilles que la corrélation est la plus marquée ; en effet, sur les trente-et-un prélèvements effectués, vingt ont donné des résultats significatifs.

Les coefficients de corrélation sont toujours positifs et ont les valeurs indiquées dans le tableau 5 au moment des différents prélèvements.

Les teneurs en calcium ont varié de 0,33 à 0,65 en mai 1963, moment où elles sont les plus faibles, et de 1,00 à 1,75 en avril 1961 lorsqu'elles sont les plus élevées.

Corrélation rendement × teneur en magnésium

Sept prélèvements sur trente-et-un ont donné un coefficient de corrélation ayant une valeur significative. Ils concernent la période allant du mois de mai au mois d'octobre, correspondant à celle où les arbres portent la majeure partie de leurs cabosses en train de se développer. La corrélation entre le rendement et la teneur des feuilles en Mg est alors positive.

Le coefficient de corrélation varie suivant les dates de prélèvement comme indiqué dans le tableau 6.

Les teneurs en magnésium étaient comprises entre 0,76 et 1,04 au moment de leur minimum, en mai 1963,

et entre 0,78 et 1,23 en juillet 1964, lorsqu'elles ont atteint leurs plus fortes valeurs.

Relation entre le rendement et les rapports entre éléments nutritifs

Nous rechercherons successivement les corrélations pouvant exister entre le rendement et les différents rapports N/P, Ca/K, Mg/K, Ca/Mg et $\frac{Ca + Mg}{K}$.

Corrélation rendement × rapport N/P

Nous avons vu que les corrélations entre le rendement et la teneur des feuilles d'une part en azote et d'autre part en phosphore étaient faibles. De plus elles étaient négatives pour l'azote et positives pour le phosphore. La relation entre le rendement et le rapport N/P est plus marquée ; elle est significative quatorze fois pour trente-et-un prélèvements et négative. Les valeurs obtenues pour le coefficient de corrélation sont données dans le tableau 7.

On peut remarquer, en comparant les tableaux 2 et 3 avec le tableau 7, que pour chaque valeur significative de r du tableau 3 concernant les teneurs en P, on retrouve une valeur significative dans le tableau 7. Il n'en est pas de même entre les tableaux 2 et 7. De plus, les valeurs de r correspondant à N/P se rapprochent davantage, dans l'ensemble, de celles correspondant aux teneurs en P que de celles correspondant aux teneurs

TABLEAU 5

Coefficients de corrélation entre le rendement et la teneur des feuilles en calcium

Année	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	O	N	D
1961	0,282	0,541		0,415	0,266	0,694		0,592	0,483	0,301	
1962	0,413	0,128	0,259		0,177	0,447			0,605		0,473
1963	0,449		0,355	0,648	0,624		0,384	0,439	0,534	0,430	0,523
1964			0,235	0,350		0,446	0,570	0,206	0,648	0,446	

TABLEAU 6

Coefficients de corrélation entre le rendement et la teneur des feuilles en magnésium

Année	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	O	N	D
1961	-0,172	0,396		0,554	0,047	0,197		0,408	0,587	0,331	
1962	0,384	0,016	-0,123		0,148	0,009			0,073		0,385
1963	0,352		0,100	0,278	0,547		0,221	0,262	-0,106	0,172	0,199
1964			0,027	0,099		0,506	0,518	0,495	0,520	0,362	

TABLEAU 7

Coefficients de corrélation entre le rendement et le rapport N/P

Année	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	O	N	D
1961		-0,423	-0,597		-0,250	-0,953	-0,812		-0,776	-0,883	-0,844	
1962		-0,034	-0,221	-0,308		-0,316	-0,321			-0,026		-0,002
1963		-0,095		-0,407	-0,216	-0,317		-0,417	-0,530	-0,296	-0,265	-0,112
1964				-0,603	-0,279		-0,437	-0,365	-0,432	-0,370	-0,459	

TABLEAU 8

Coefficients de corrélation entre le rendement et le rapport Ca/K

Année	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	O	N	D
1961		0,202	0,542		0,452	0,377	0,576		0,530	0,438	0,444	
1962		0,288	0,185	0,242		0,175	0,377			0,621		0,403
1963		0,423		0,618	0,578	0,642		0,444	0,626	0,462	0,323	0,485
1964				0,035	0,378		0,379	0,635	0,480	0,643	0,525	

en N. Il semble donc que dans le rapport N/P, les teneurs en P aient une importance plus grande que les teneurs en N.

Le rapport N/P est minimum en mars 1964 ; il est alors compris entre 12,88 et 22,97 ; il est maximum en juin 1964 avec des valeurs comprises entre 20,75 et 26,44.

Corrélation rendement \times rapport Ca/K

Il y a une corrélation marquée et positive entre le rendement et le rapport des teneurs en Ca et K dans les feuilles ; elle est significative pour vingt prélèvements.

Les valeurs du coefficient de corrélation correspondant aux divers prélèvements sont groupées dans le tableau 8.

On peut noter que cette corrélation est particulièrement marquée pendant la période de formation des fruits (juillet à octobre). Le rapport Ca/K varie de 0,19 à 0,54 lorsqu'il passe par un minimum, en mars 1963, et entre 0,51 et 1,83 en juillet 1964, lorsqu'il est à son maximum.

Corrélation rendement \times rapport Mg/K

Elle est beaucoup plus faible que la précédente et le coefficient de corrélation n'est significatif que sept fois sur les trente-et-un prélèvements, principalement entre les mois de juillet et de novembre, pendant la période de formation et de maturation des fruits. Les coefficients de corrélation sont toujours positifs et ont les valeurs données dans le tableau 9.

Les valeurs du rapport Mg/K sont les plus faibles en octobre 1962 et varient alors entre 0,38 et 1,03. Elles sont les plus fortes en juillet 1964, où elles sont comprises entre 0,59 et 2,24.

Corrélation rendement \times rapport Ca/Mg

Il y a entre les rendements et les teneurs en calcium d'une part, et en magnésium d'autre part, des corrélations positives. Celles-ci sont plus fortes avec le calcium qu'avec le magnésium. Il y a également une corrélation positive entre le rendement et le rapport Ca/Mg ; elle est significative pour neuf prélèvements, mais il faut noter que ceux-ci correspondent à des époques où il n'y avait pas de corrélation significative entre le rendement et la teneur en magnésium.

Les valeurs du coefficient de corrélation sont indiquées dans le tableau 10.

Les valeurs minima du rapport Ca/Mg varient entre 0,42 et 0,88 en août 1963. Les valeurs maxima se trouvent en octobre 1962 et sont alors comprises entre 0,76 et 1,23.

Corrélation rendement \times rapport $\frac{Ca + Mg}{K}$

Les coefficients de corrélation entre le rendement et la teneur des feuilles en Ca et en Mg sont positifs alors que ceux entre le rendement et la teneur en K sont négatifs. Il en résulte une corrélation positive entre le rendement et le rapport $\frac{Ca + Mg}{K}$; elle est significative pour onze prélèvements.

Le coefficient de corrélation varie comme on peut le voir dans le tableau 11.

Ici encore, la corrélation est meilleure pendant la période correspondant à la formation des fruits.

Les valeurs du rapport $\frac{Ca + Mg}{K}$ varient de 0,50 à 1,53 lorsqu'elles sont les plus faibles, en janvier 1963 ; elles

sont comprises entre 1,08 et 4,07 en juillet 1964, qui correspond à leur maximum.

Influence de l'époque des prélèvements

Si on regroupe les tableaux 2 à 11, on constate que le pourcentage de coefficients de corrélation significatifs varie avec l'époque du prélèvement foliaire.

Ainsi, en janvier et en février 20 % des coefficients de corrélation calculés sont significatifs, au lieu de : 17 % en mars, 27 % en avril, 30 % en mai, 37 % en juin, 40 % en juillet, 63 % en août, 53 % en octobre, 30 % en novembre et 30 % en décembre.

La meilleure période semble donc se situer d'août à octobre inclus, ce qui correspond du point de vue cli-

matologique à la petite saison sèche et à la petite saison des pluies.

C'est le moment où les arbres portent le maximum de cabosses, la récolte principale ayant lieu de septembre à novembre.

Au contraire, le diagnostic foliaire pratiqué pendant la grande saison sèche, de janvier à mars, alors que toutes les cabosses ont été récoltées, ne semble pas pouvoir être rattaché de façon satisfaisante à la récolte suivante.

On pourrait donc penser que le cacaoyer reconstitue ses réserves pendant la saison sèche et que l'état de celles-ci n'entrerait en ligne de compte qu'à partir du grossissement des cabosses et non pas au moment de la floraison ; elles pourraient, par contre, intervenir ultérieurement par le nombre de cabosses avortées.

TABLEAU 9

Coefficients de corrélation entre le rendement et le rapport Mg/K

Année	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	O	N	D
1961		0,012	0,288		0,223	0,145	0,181		0,292	0,330	0,309	
1962		0,359	0,086	0,114		0,113	0,248			0,411		0,341
1963		0,374		0,189	0,232	0,457		0,335	0,654	0,116	0,241	0,308
1964				0,079	0,278		0,364	0,539	0,535	0,536	0,505	

TABLEAU 10

Coefficients de corrélation entre le rendement et le rapport Ca/Mg

Année	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	O	N	D
1961		0,101	0,346		0,028	0,094	0,543		0,279	-0,004	0,095	
1962		0,182	0,266	0,395		0,149	0,607			0,590		0,451
1963		0,341		0,306	0,570	0,398		0,209	0,412	0,468	0,376	0,447
1964				0,230	0,315		0,058	0,130	-0,102	0,453	0,190	

TABLEAU 11

Coefficients de corrélation entre le rendement et le rapport $\frac{Ca + Mg}{K}$

Année	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	O	N	D
1961		0,111	0,383		0,273	0,199	0,376		0,375	0,347	0,377	
1962		0,346	0,143	0,176		0,142	0,320			0,479		0,377
1963		0,406		0,303	0,411	0,571		0,398	0,659	0,291	0,287	0,412
1964				-0,033	0,313		0,410	0,559	0,506	0,595	0,532	

Etude des différents résultats obtenus lors d'un prélèvement de feuilles

Nous prendrons comme exemple le prélèvement du mois d'août 1963 où sur les dix corrélations étudiées, huit se sont révélées significatives et nous comparerons les rendements réels avec les rendements théoriques calculés à partir des équations de régression.

Les équations de régression sont les suivantes, en exprimant toujours le rendement y en grammes de fèves fraîches par arbre et les teneurs en divers éléments en grammes pour cent grammes de matière sèche.

- 1) Rendement et teneur en phosphore
 $y = 62.330 P - 3.831$ avec $0,095 < P < 0,141$
- 2) Rendement et teneur en potassium
 $y = 2.903 K + 5.912$ avec $0,97 < K < 1,75$
- 3) Rendement et teneur en calcium
 $y = 3.697 Ca - 49$ avec $0,33 < Ca < 0,80$
- 4) Rendement et rapport N/P
 $y = -244 N/P + 6.651$ avec $15,15 < N/P < 22,34$
- 5) Rendement et rapport Ca/K
 $y = 4.322 Ca/K + 159$ avec $0,19 < Ca/K < 0,66$
- 6) Rendement et rapport Mg/K
 $y = 4.427 Mg/K - 952$ avec $0,48 < Mg/K < 1,20$
- 7) Rendement et rapport Ca/Mg
 $y = 3.595 Ca/Mg - 269$ avec $0,42 < Ca/Mg < 0,88$
- 8) Rendement et rapport $\frac{Ca + Mg}{K}$
 $y = 2.321 \frac{Ca + Mg}{K} - 536$
 avec $0,65 < \frac{Ca + Mg}{K} < 1,57$

Les courbes correspondantes sont représentées par les figures 1 à 8. L'on peut voir ainsi que la zone déli-

mitée par les deux parallèles à la courbe théorique situées respectivement à $+ 250$ et $- 250$ (soit une différence de ± 100 g de cacao marchand par arbre) renferme : 42 % des points représentant les rendements réels dans le cas de P, 46 % dans le cas de K, 33 % pour Ca, 54 % pour N/P, 38 % pour Ca/K, 42 % pour Mg/K, 54 % pour Ca/Mg, et 42 % pour $\frac{Ca + Mg}{K}$

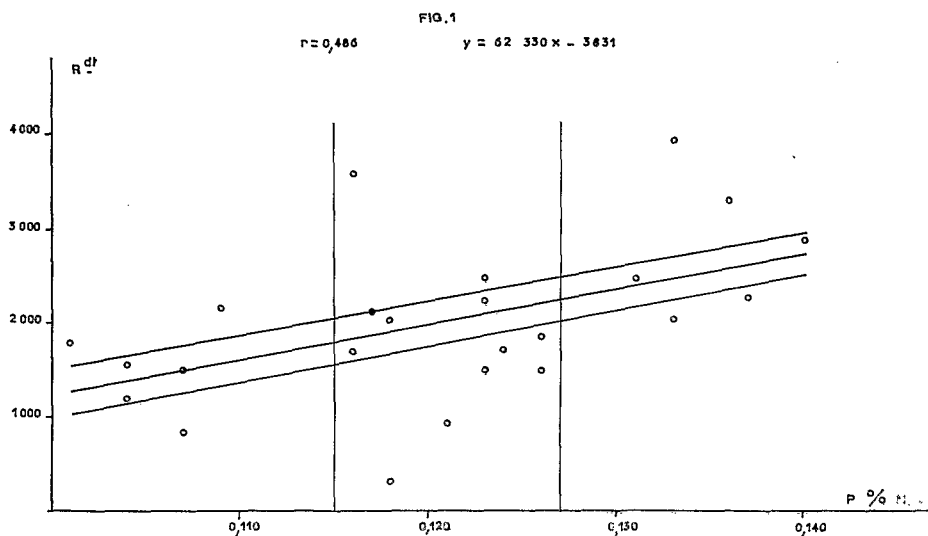
En ce qui concerne l'influence de la teneur en P des feuilles sur le rendement, on constate sur la figure 1 que lorsque P est inférieur à 0,115 %, les rendements sont inférieurs à la moyenne (qui est ici de 2.000). Par contre, lorsque P est supérieur à 0,127, les rendements sont supérieurs à la moyenne. Lorsque P est compris entre 0,115 et 0,127 son influence est beaucoup moins marquée.

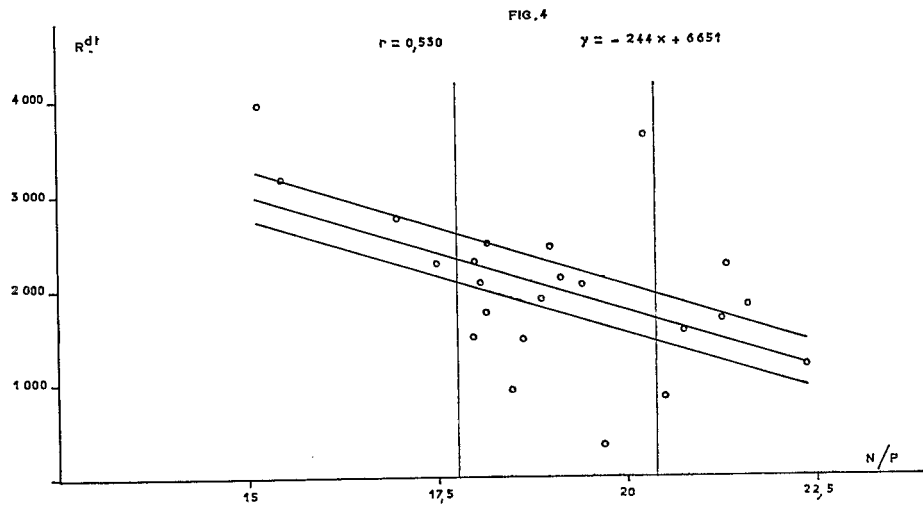
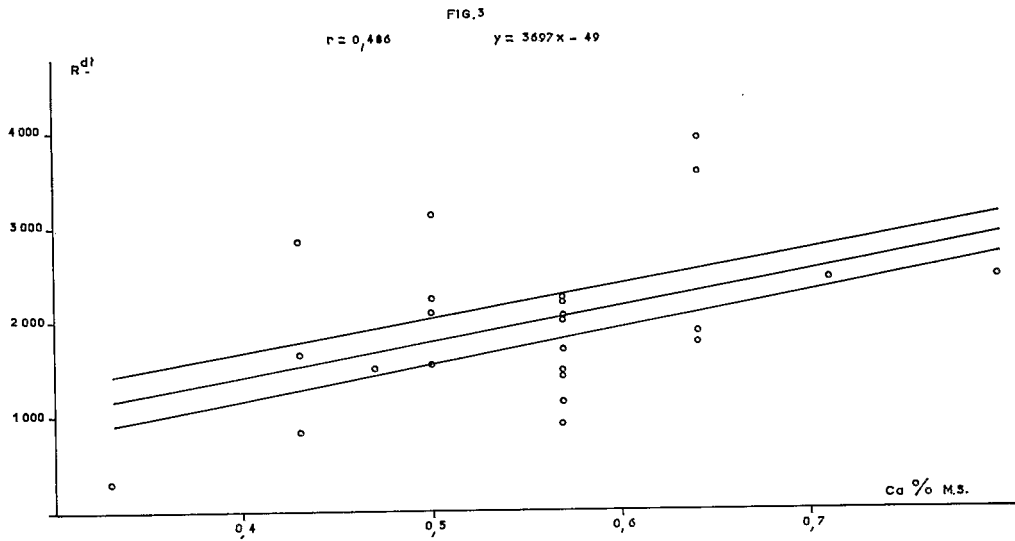
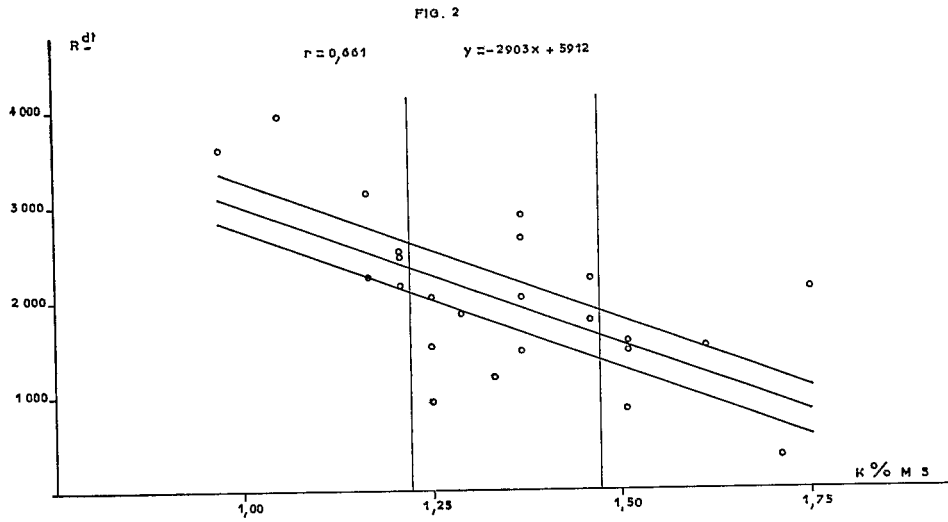
On peut faire les mêmes constatations en ce qui concerne les teneurs en K. Les rendements sont supérieurs à la moyenne pour $K < 1,22$ et inférieurs à la moyenne pour $K > 1,47$.

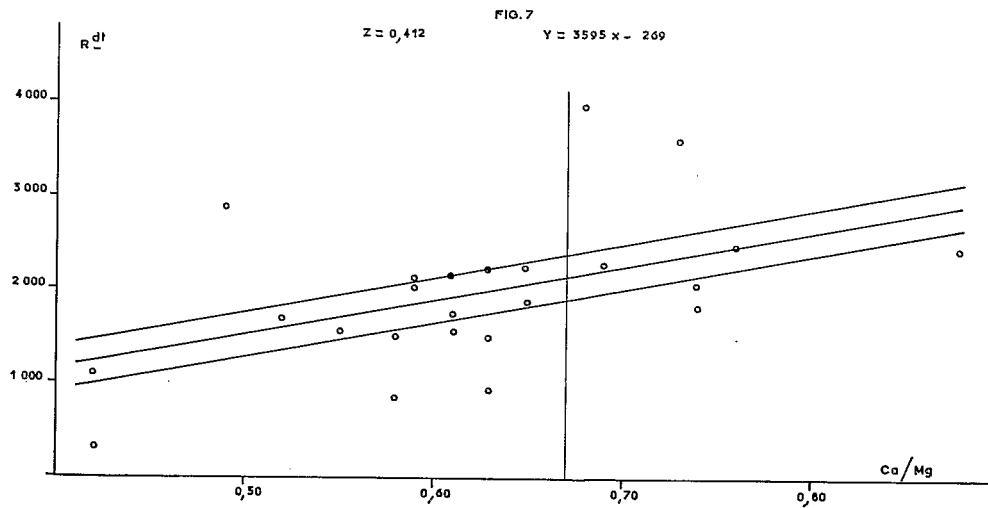
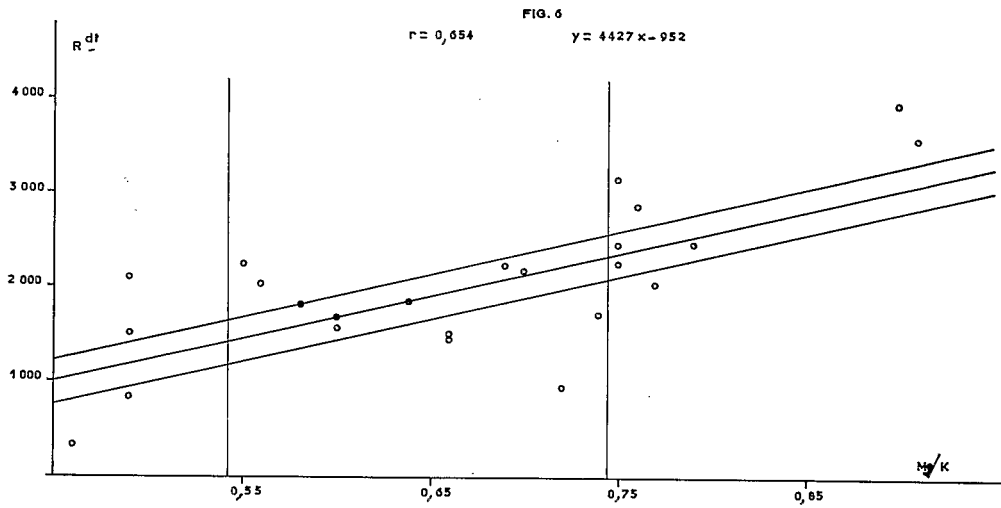
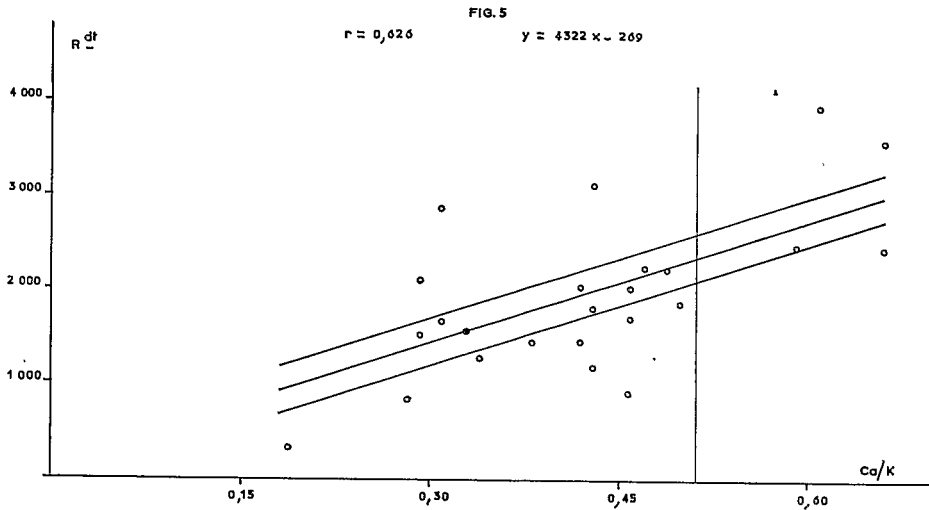
Au contraire, la dispersion est beaucoup plus grande avec les teneurs en calcium et il n'est pas possible de fixer des niveaux correspondant aux bons et aux mauvais rendements.

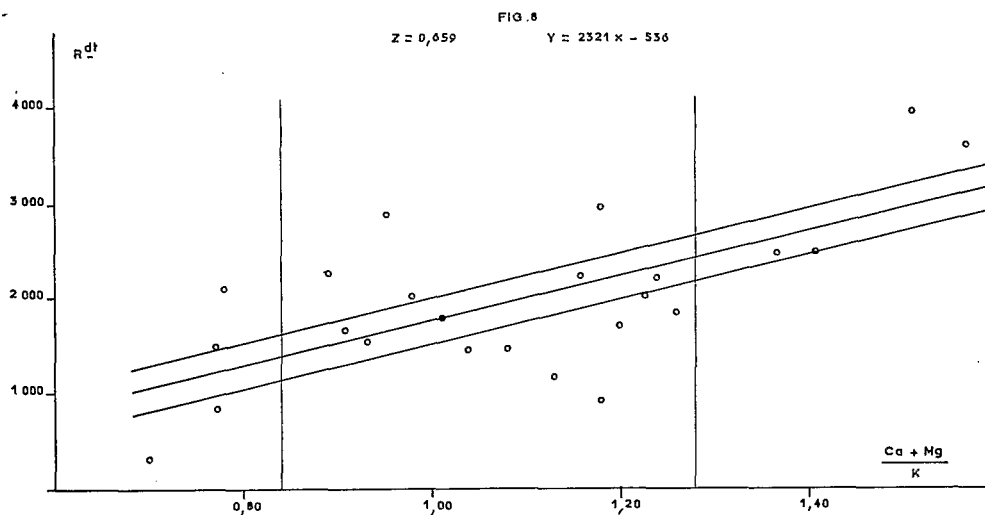
Si on considère maintenant les rapports entre les éléments, on voit que les rendements sont :

- supérieurs à la moyenne pour : N/P $< 17,7$
 Ca/K $> 0,51$
 Mg/K $> 0,75$
 Ca/Mg $> 0,67$
 $\frac{Ca + Mg}{K} > 1,28$
- inférieurs à la moyenne pour : N/P $> 20,3$
 Mg/K $< 0,54$
 $\frac{Ca + Mg}{K} < 0,84$









DISCUSSION

Suivant les différentes fumures apportées, les productions cumulées en grammes de cacao marchand par arbre sont données dans le tableau 12 pour les quatre récoltes considérées :

TABLEAU 12

Productions cumulées, en g de cacao marchand/arbre, pour les quatre récoltes considérées

Fumure	Rendement
PK	7.803
NPK	5.306
NP	5.285
P	4.487
K	4.367
N	3.880
T	3.811
NK	3.739

Au point de vue amélioration des rendements par la fumure, cet essai avait donné les résultats suivants :

- 1) Un effet positif hautement significatif de la potasse et surtout du phosphate ;
- 2) Une interaction positive significative entre le phosphate et la potasse ;
- 3) Une interaction négative hautement significative entre l'azote et la potasse ;
- 4) Une interaction négative significative entre l'azote, le phosphate et la potasse.

Enfin l'azote n'avait pas d'action significative, mais avait cependant fortement tendance à produire un effet dépressif.

La principale carence à corriger dans ce type de sol était une carence en phosphore.

On trouve donc une bonne concordance entre les effets de l'engrais et les résultats du diagnostic foliaire pour l'azote et le phosphore.

Le cas du potassium peut sembler paradoxal, la potasse ayant, comme engrais, un effet bénéfique, alors que les hautes teneurs en potasse dans les feuilles correspondent aux plus faibles rendements. Il convient cependant de remarquer que les deux interactions qui lient la potasse à l'azote et au phosphore sont significatives, mais de sens contraire.

Du point de vue engrais, l'interaction $P \times K$ est positive et ce sont les parcelles PK qui ont donné les plus hauts rendements. Mais l'apport de phosphate bicalcique détermine dans les feuilles une baisse du taux de la potasse par suite de l'antagonisme K-Ca et à ces forts rendements sont donc associés des teneurs en K relativement faibles. Il en est de même, à un degré moindre cependant, pour les parcelles NPK.

Au contraire, l'interaction $N \times K$ est fortement négative et détermine les plus faibles rendements. Mais l'apport d'azote s'est révélé ici sans action sur l'absorption de la potasse. Aux parcelles NK correspondent donc de faibles rendements et une forte teneur des feuilles en potasse. Par contre, l'interaction NP étant sans effet et l'influence de la potasse sur l'assimilation du phosphore faible, tous les arbres ayant reçu du phosphate seul ou en association avec les autres engrais

ont eu à la fois leur rendement amélioré et leur absorption de phosphore augmentée.

L'apport du phosphate bicalcique favorise d'autre part l'absorption du calcium et du magnésium. Il en résulte que les parcelles qui ont reçu cet engrais et qui ont toutes eu des rendements accrus, présentent des

taux plus élevés de Ca et Mg dans les feuilles, alors qu'au contraire l'absorption du potassium a été freinée. Il en résulte que les bons rendements sont associés aux rapports $\frac{Ca}{K}$, $\frac{Mg}{K}$ et $\frac{Ca + Mg}{K}$ ayant les valeurs les plus élevées.

CONCLUSIONS

Nous avons donc pu mettre en évidence un certain nombre de corrélations entre les résultats du diagnostic foliaire et les rendements des cacaoyers.

Mais il faudrait se garder de généraliser celles-ci sans tenir compte des conditions dans lesquelles était implanté l'essai et surtout sans tenir compte qu'il s'agissait d'une cacaoyère assez fortement ombragée, établie sur un terrain où la principale carence à corriger concernait le phosphore.

En particulier, il importe de ne pas conclure prématurément du fait que la corrélation rendement \times teneur en K est négative, qu'il conviendrait de ne pas apporter d'engrais potassique. Nous avons montré que la teneur en potasse, de même que les rapports Ca/K, Mg/K et $\frac{Ca + Mg}{K}$ étaient fortement influencés par l'apport de phosphate bicalcique. Afin d'essayer de dissocier l'action du phosphore de l'action du calcium, nous avons depuis mis en place un nouvel essai avec des engrais phosphatés présentant des rapports P/Ca différents les uns des autres ; en particulier, l'emploi de phosphate d'alumine permettra de ne pas faire intervenir l'antagonisme K-Ca.

Des essais du même type que celui de Niabley sont actuellement implantés en Côte d'Ivoire sur d'autres types de sols, en particulier à Bingerville dans les sables tertiaires riches en phosphore, mais très pauvres

en bases échangeables et à Abengourou sur schistes pauvres en phosphore. Nous espérons ainsi, en étendant l'intervalle de variations étudié pour chaque élément, pouvoir trouver la zone optimum correspondant aux meilleurs rendements.

D'autre part, nous nous sommes bornés ici à étudier la valeur des rapports entre anions ou entre cations. Il conviendra également de rechercher l'influence des rapports anion/cation, en particulier K/N et P/K afin d'essayer de définir l'équilibre optimum N-P-K.

Enfin, si dans cet essai il a été facile de rattacher les renseignements fournis par le diagnostic foliaire aux résultats des récoltes, il faut considérer qu'il en aurait été autrement s'il s'était agi d'échantillons de feuilles provenant de différentes plantations où l'on n'aurait pas connu avec certitude la nature et la quantité des engrais apportés. Or, il s'agit là d'une question à laquelle il est souvent difficile de donner une réponse pertinente quand on pratique un diagnostic foliaire de prospection à travers une région, au lieu d'opérer sur des essais dont le protocole est scrupuleusement respecté. Dans ce cas, il conviendra d'être particulièrement prudent dans l'interprétation des analyses si l'on n'est pas parfaitement au courant des conditions du milieu (pluviométrie et densité de l'ombrage, notamment) et des travaux effectués dans la cacaoyère (en particulier, des apports d'engrais).

VERLIÈRE (G.). — Un essai d'engrais sur cacaoyers en Côte d'Ivoire. — Relations entre les rendements et les teneurs des feuilles en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium. Conférence internationale sur les recherches agronomiques cacaoyères, Abidjan, 15-20 novembre 1965. Paris (1967), p. 45-56, fig., tabl.

L'auteur a recherché s'il existait des relations entre les rendements des cacaoyers des différentes parcelles d'un essai d'engrais et les résultats fournis par le diagnostic foliaire. Les meilleures corrélations sont celles faisant intervenir la teneur en Ca et les rapports N/P et Ca/K dans les feuilles.

L'époque à laquelle est effectué le prélèvement foliaire intervient et l'optimum semble se situer au moment du développement des fruits.

L'interprétation des résultats du diagnostic foliaire est beaucoup plus délicate lorsque ce dernier est pratiqué dans les plantations traditionnelles et non plus dans des parcelles d'essais.

VERLIÈRE (G.). — A fertilizer experiment on cocoa trees in the Ivory Coast. — Relations between yields and the nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium contents of the leaves. Conférence internationale sur les recherches agronomiques cacaoyères, Abidjan, 15-20 novembre 1965. Paris (1967), p. 45-56, fig., tabl.

The author carried out investigations to see if relations between the yields of the cocoa trees of the various plots of a fertilizer experiment and the results obtained from foliar analysis, could be established. The closest correlations obtained were those in which the Ca content of the leaves and their N/P and Ca/K ratios were involved.

The time of the year at which the foliar sampling is done has an influence and the best period seems to be when fruit is developing.

The interpretation of the results is much more difficult when the foliar analysis is applied to trees in commercial plantations than when it is done in experimental plots.

