

LE CAFÉIER ARABICA

Etude des besoins en éléments majeurs du caféier ARABICA en pays Bamoun

par M^{me} R. BENAC, chargée de Recherches de l'ORSTOM, Chef du Laboratoire de Physiologie Végétale
au Centre de Recherches Agronomiques de Nkolbisson

(Article publié avec l'autorisation du Secrétariat d'Etat au Développement Rural)

8 DEC. 1983

29

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 4.115 ex 1

Cote : B

LA CULTURE DU CAFEIER ARABICA AU CAMEROUN

Le caféier arabica se cultive au Cameroun sur les plateaux des pays Bamoun et Bamiléké, où la pluviométrie annuelle varie de 1.500 à 2.000 mm suivant les stations.

En pays Bamiléké, les plantations s'étendent du Cameroun Occidental au Noun ; de l'autre côté du Noun, en pays Bamoun, elles se concentrent autour de Fombot (1.050 à 1.100 mètres d'altitude) sur des terres noires pulvérulentes issues de coulées volcaniques récentes, puis elles s'égrènent vers Fomban où les terres noires font place aux terres rouges issues de basalte ancien (voir carte).

La culture du caféier arabica a commencé dans ce pays sous l'impulsion des Services de l'Agriculture et en particulier de M. Coste, qui est maintenant Directeur de l'IFCC. Les premières plantations, établies dès 1930, furent l'œuvre d'Européens. C'est beaucoup plus tard que les gens du pays se mirent à cette culture, devenue aujourd'hui très importante.

Voici comment se répartissaient en 1961 les superficies plantées (13).

Pays Bamiléké

	Nbre d'ha	Nbre de pieds totaux	Nbre de pieds en production
Plantations africaines	16.750	24.931.000	15.000.000
Plantations européennes	416	436.700	400.000

Pays Bamoun

	Nbre d'ha	Nbre de pieds totaux	Nbre de pieds en production
Plantations africaines	5.540	6.152.700	3.652.300
Plantations européennes	3.000	3.377.400	2.802.000
	<u>25.706</u>	<u>34.897.800</u>	<u>21.854.000</u>

Ces chiffres représentent sans doute une bonne approximation ; cependant seules des enquêtes agro-économiques que les circonstances n'ont pas encore permis de réaliser, pourraient fournir des renseignements plus précis.

Les quantités exportées exprimées en tonnes et les valeurs correspondantes en millions de francs CFA ont été depuis 1950 (1 2) :

Années	Tonnes	Millions de francs CFA
1950	1.553	276,8
1951	1.606	320,7
1952	1.250	265,3
1953	1.751	403,1
1954	1.262	338,0
1955	1.968	475,3
1956	2.442	631,7
1957	2.326	636,2
1958	4.329	1.057,3
1959	6.669	1.367,2
1960	3.540	835,0
1961	7.280	1.456,0

Ce tableau suscite immédiatement deux remarques :

1° La production, en progression régulière depuis 1950, a quintuplé en 11 ans.

Cette augmentation s'explique par l'extension toujours plus grande des plantations africaines ; les plantations européennes, au contraire, ont réduit il y a quelques années leurs surfaces plantées et paraissent maintenant stabilisées.

Le faible tonnage exporté en 1960 s'explique à la fois par une production moins élevée que l'année précédente, conséquence de troubles en pays Bamiléké et d'une année climatique peu favorable, et par de mauvaises conditions commerciales qui ont provoqué le stockage d'une partie de la récolte de 1960 mise sur le marché en 1961.

2° Le rendement moyen est faible.

Le quotient du tonnage des trois dernières années par le nombre de pieds en production donne le chiffre de 270 g de café par pied et par an, soit 350 kg de café marchand à l'hectare seulement.

Or les fortes productions obtenues au cours des années considérées dans certains carrés de plantations européennes ont montré que les conditions écologiques étaient favorables et qu'on pouvait attendre beaucoup de l'emploi d'engrais minéraux accompagnés de bonnes pratiques culturales.

C'est pourquoi, en décembre 1956, à la demande du Syndicat des Planteurs d'Arabica, les Services de l'Agriculture au Cameroun, conscients de l'importance économique de cette culture, confiaient au laboratoire de Physiologie Végétale du Centre de Recherches Agronomiques de Nkolbisson l'étude des besoins en éléments nutritifs de cette plante afin d'établir une fumure minérale économiquement rentable, capable d'augmenter très sensiblement les rendements.

METHODE D'ETUDE ADOPTEE

Les besoins en éléments minéraux d'une plante dépendent de nombreux facteurs dont les principaux sont la nature de la culture, les réserves minérales du sol, les conditions climatiques et en particulier le régime des pluies de la région considérée.

Aussi une fumure minérale doit-elle être testée finalement par des essais en champs. Mais les résultats de telles expériences ne sont valables de façon stricte que pour les lieux mêmes où ils ont été recueillis et la réalisation d'un très grand nombre d'essais couvrant toute une région de culture est très coûteuse, donc pratiquement irréalisable.

Il existe une méthode permettant de généraliser ces résultats, c'est la méthode du **diagnostic foliaire**. Elle a été mise au point en 1926 par Lagatu et

Maume (II 9-10-11-12) professeurs à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Montpellier. Elle consiste à analyser une partie d'un végétal, le plus souvent une feuille, convenablement choisie, et d'établir une relation entre la teneur en éléments minéraux de cette feuille et le rendement de la plante. L'étude de cette relation permet de déterminer les « niveaux critiques », c'est-à-dire les teneurs de la feuille en N, P, K, etc... pour lesquelles, une fois atteintes, un apport d'éléments fertilisants ne provoquera plus une augmentation appréciable de rendement.

La connaissance des niveaux critiques dans les conditions pédologiques et climatiques de la culture étudiée constitue la base du diagnostic foliaire. L'analyse de feuilles prélevées dans des lieux différents des points d'essais permettra par comparaison avec les valeurs trouvées pour les niveaux critiques d'indiquer la fumure minérale exactement adaptée aux besoins de la plante.

Cette méthode donne également la possibilité de contrôler l'état nutritif d'une plante pérenne tout au long de sa vie et de le corriger en conséquence. Elle diminue beaucoup l'empirisme qui préside au choix des fumures minérales.

Elle s'est montrée très féconde et depuis les travaux de base de Lagatu et Maume en 1926 (II 9-10-11-12) de W. Thomas (II 23) aux Etats-Unis en 1937 et de Lundegardh (II 16) en Suède en 1941, elle est employée dans le monde entier tant en pays tempérés qu'en pays tropicaux.

Citons par exemple les travaux de H. D. Chapman sur les agrumes (III 1), de G. W. Chapman sur l'hévéa et le palmier à huile, de Cléments sur la canne à sucre, de Lagatu, Maume et Dulac sur la vigne (III 5-6-7-8-9-10-11), le blé (III 12-13) et la pomme de terre, de Lynd sur le maïs, de Prévot et coll. (III 3-4-14 à 25) sur l'arachide, le cocotier, le palmier à huile, de Seay sur la luzerne, etc...

Depuis une dizaine d'années environ, cette méthode a été employée sur le caféier robusta par Bush et Forestier (V 1-8) en République Centrafricaine, Laudelout (V 12) au Congo, Loue (V 15 à 18-20) en Côte-d'Ivoire ; sur caféier arabica par Cooil (V 3) aux Hawaï, Espinoza (V 6-7) au Salvador, Jammur (V 10) au Ruanda-Urundi, Lott (V 13-14), Malavolta (V 23) au Brésil, Muller (V 27) au Costa-Rica, Parra (V 29), Urhan (V 34) en Colombie, Robinson (V 30 à 33) au Kenya.

PREMIÈRE PARTIE

Réponse des caféiers aux traitements fertilisants

I. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

A. Traitements effectués

L'essai est conduit suivant la méthode des blocs de Fisher. Il comprend 9 traitements et 3 répétitions, soit 3 blocs de 9 parcelles chacun.

Le premier bloc se trouve à Focheya dans la plantation Trolliet près de Foumbot, le deuxième dans la plantation SAN (Société Agricole de Ndjimoun) près de Kounden, le troisième dans la plantation Hochdoerffer à Koundja près de Koutaba (voir carte).

Chaque parcelle contient un nombre de caféiers utiles de 5 x 6.

Les traitements sont les suivants :

- T témoin, aucun engrais
- N azote seul
- P phosphore seul
- K potassium seul
- NP azote et phosphore
- NK azote et potassium

PK phosphore et potassium

NPK azote, phosphore et potassium

NPKCaMg azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium.

Ils sont appliqués à tous les arbres de la parcelle, arbres utiles et bordures, c'est-à-dire à 7 x 8.

L'azote est apporté sous forme de sulfate d'ammoniaque qui titre 20,6 % d'azote élémentaire, le phosphore sous forme de phosphate bicalcique (17,5 % de phosphore, ou 40 % d'acide phosphorique), le potassium sous forme de chlorure de potasse (50 % de potassium, 60 % de potasse), le calcium et le magnésium sous forme de dolomie, mélange de carbonate de calcium et de carbonate de magnésium contenant environ 32 % de chaux et de 20 % de magnésie, c'est-à-dire 22,5 % de calcium et 12,5 % de magnésium.

Le tableau I indique pour chaque traitement les quantités d'engrais exprimées en grammes, employées par épandage et par arbre et les teneurs correspondantes en N.P.K.Ca.Mg.

Les traitements ont commencé en mars 1957.

TABLEAU I
Doses annuelles d'engrais

Dates d'épandage	Nature du traitement	Doses de :			
		Sulfate d'ammoniaque	Phosphate bicalcique	Chlorure de potasse	Dolomie
Début mars	N	150	0	0	0
	P	0	300	0	0
	K	0	0	0	0
	NP	100	200	0	0
	NK	100	0	0	0
	PK	0	200	0	0
	NPK	75	100	0	0
	NPKCaMg	60	100	0	100
Début avril	N	100	0	0	0
	P	0	0	250	0
	K	0	0	0	0
	NP	50	0	125	0
	NK	50	0	125	0
	PK	0	0	100	0
	NPK	50	0	60	0
	NPKCaMg	40	0	0	0
Début octobre	N	150	0	0	0
	P	0	0	0	0
	K	0	0	150	0
	NP	100	0	0	0
	NK	100	0	75	0
	PK	0	0	75	0
	NPK	75	0	50	0
	NPKCaMg	60	0	40	0
Début novembre	N	100	0	0	0
	P	0	0	0	0
	K	0	0	0	0
	NP	50	0	0	0
	NK	50	0	0	0
	PK	0	0	0	0
	NPK	50	0	0	0
	NPKCaMg	40	0	0	100
Doses annuelles	N	500	0	0	0
	P	0	300	0	0
	K	0	0	400	0
	NP	300	200	0	0
	NK	300	0	200	0
	PK	0	200	200	0
	NPK	250	100	150	0
	NPKCaMg	200	100	100	200

Nature du traitement	Doses d'engrais exprimées en grammes d'éléments				
	N	P	K	Ca	Mg
N	103	0	0	0	0
P	0	52	0	0	0
K	0	0	200	0	0
NP	62	35	0	0	0
NK	62	0	100	0	0
PK	0	35	100	0	0
NPK	51	17	75	0	0
NPKCaMg	41	17	50	45	25

B. Matériel végétal utilisé

Tous les arbres choisis sont des arbres adultes en production appartenant à une variété de caféiers arabica appelés localement les « Jamaïca bleue mountains ».

Ils sont plantés à 2,75 x 2,75, ou à 2 x 3, ou à 3 x 3 m, faiblement ombragés de *Deguelia*, *Leucoena* ou *Jacaranda*. Conduits à une ou deux caules, ils subissent de temps en temps une légère taille de rajeunissement.

Ces arbres avaient tous reçu régulièrement avant le début de l'essai, des engrais azotés, phosphatés et potassiques, en quantités et proportions variables. Il était impossible de trouver des caféiers en production n'ayant jamais reçu de fumure minérale dans des lieux convenant à l'établissement d'une expérience. Du moins tous les arbres d'un même bloc ont-ils eu les mêmes fumures.

La poussée végétative se produit en mars, au début des pluies. Les floraisons ont lieu fin mars début avril. Il y en a souvent deux ou trois d'inégale importance. La récolte peut commencer fin août au plus tôt, début octobre au plus tard, généralement à la mi-septembre et s'achève début janvier. L'arbre entre alors en repos végétatif jusqu'au début des pluies.

C. Conditions météorologiques

Les relevés de la station de Koundja (I 1) située sur le plateau de Koutaba, à 1.100 m d'altitude, montrent que de 1955 à 1960, pendant 6 ans,

— la moyenne annuelle des pluies a été de 2.072 mm réparties en 179 jours. Le maximum a été de 2.221,4 mm en 1955, en 183 jours, le minimum 1.693,8 mm en 173 jours en 1958 ;

— la grande saison sèche commence vers le 11 novembre. Les dates extrêmes ont été le 2 novembre et le 4 décembre. Les pluies commencent vers le 18 mars (dates extrêmes, 17 janvier et 14 avril) et se poursuivent jusqu'à la grande saison sèche. Le mois le plus arrosé est généralement le mois de septembre. La hauteur des précipitations diminue parfois légèrement en juillet et en août, sans qu'on puisse vraiment parler d'une saison sèche (voir graphique I pluviométrie annuelle) ;

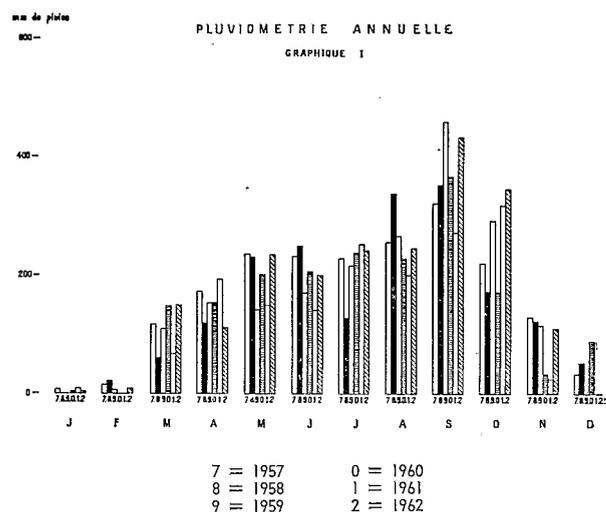
— les vents sont faibles. Parfois des vents E - NE accompagnent les tornades. L'harmattan apparaît souvent fin décembre jusqu'à la mi-février, abais-

sant beaucoup le degré hygrométrique au milieu de la journée ;

— les variations de température diurne et nocturne sont peu marquées en saison des pluies, plus marquées en saison sèche. La moyenne annuelle est de 16° 9 à 6 h., de 25° 3 à 12 h. Le maximum a été de 30° 4 le 9 janvier 1955, à 12 h., et le minimum de 13° 8, à 6 h., le 12 janvier 1955 ;

— l'humidité relative moyenne annuelle est de 93 % à 6 h., de 58 % à 12 h. avec un minimum de 16 % à 12 h. en janvier 1955. Les mois de fortes pluies, elle atteint très souvent 100 %.

Ces caractéristiques sont celles d'un climat chaud et humide, bien arrosé, avec une saison sèche très marquée qui dure parfois quatre mois.



La présence de pluviomètres dans un certain nombre de plantations montre que le bloc III et le bloc II sont plus arrosés que le bloc I. En 6 ans, de 1957 à 1962, le premier a reçu 20 % d'eau de plus que le troisième, le deuxième 10 %.

D. Conditions pédologiques

Les analyses pédologiques rapportées dans le tableau II ont été faites par le laboratoire de chimie des sols de l'IRCAM. Des échantillons de terre ont été prélevés dans chaque parcelle de l'essai en février 1957 avant l'application des traitements prévus.

TABLEAU II
Analyses Pédologiques (Février 1957)

Echantillons	Analyse mécanique						Éléments échangeables (en milliéquivalents %)										Analyse totale (en milliéquivalents %)									
	Argile	Limons	Sable fin	Sable grossier	Gravier		Ca	Mg	K	Na	Conductivité	T (1)	S/T (2)	P205	Assimilable en ppm	Azote Total %	C %	Matière organique	C/N	Humus %	Ca	Mg	K	Na	P205	pH
T N P K Ca Mg K Na NK PK NPK NPKCaMg	Plantation TROLLET (Bloc I)						9,79	1,87	0,64	Traces	19,50	40,40	0,30	107,00	3,32	4,54	7,80	11,60	1,35	34,80	124,80	3,18	12,40	2,71	6,55	
	22,50	23,50	51,00	12,00	12,00	9,79	1,87	0,64	Traces	19,50	40,40	0,30	107,00	3,32	4,54	7,80	11,60	1,35	34,80	124,80	3,18	12,40	2,71	6,55		
	19,50	21,50	56,50	13,70	8,37	8,37	1,13	0,60	Tr.	23,30	37,40	0,27	108,00	3,41	3,80	6,53	12,50	1,03	34,40	117,70	3,59	14,30	2,26	6,65		
	22,75	21,50	54,00	13,70	9,80	9,80	2,44	0,66	Tr.	25,00	38,70	0,33	112,30	3,32	4,01	6,89	13,03	1,26	28,60	109,00	3,43	13,50	3,26	6,60		
	23,25	23,00	52,50	13,10	10,30	10,30	1,35	0,70	Tr.	34,40	41,00	0,30	151,20	3,18	4,05	6,96	13,70	1,37	24,80	100,00	3,41	12,60	3,15	6,60		
	21,75	24,00	49,00	12,20	13,60	13,60	3,21	1,00	Tr.	22,60	48,00	0,37	135,50	4,82	4,85	8,34	12,15	2,00	42,50	113,00	3,81	13,20	3,18	6,60		
	21,25	21,50	52,50	13,50	9,20	9,20	2,24	0,63	Tr.	26,00	38,00	0,33	120,80	3,66	4,40	7,56	13,38	0,91	53,10	106,00	3,98	14,80	3,49	6,55		
	20,75	21,00	55,50	16,00	9,60	9,60	1,92	0,67	Tr.	26,60	39,40	0,31	106,00	3,46	4,32	7,43	13,21	1,00	46,30	123,00	4,13	15,60	3,05	6,70		
	17,70	21,00	58,00	14,40	7,64	7,64	1,84	0,55	Tr.	13,70	30,70	0,33	124,80	2,43	3,02	5,19	12,90	0,69	32,30	114,30	3,46	13,20	2,48	6,70		
	21,50	22,50	52,50	24,50	11,20	11,20	2,83	0,87	Tr.	27,00	36,30	0,41	169,60	3,51	4,17	7,17	12,55	1,31	30,10	99,00	4,54	15,80	2,95	6,80		
T N P K Ca Mg K Na NK PK NPK NPKCaMg	Plantation S.F.A.N. (Bloc II)						15,50	2,90	1,34	0,99	70,90	69,10	0,30	0	6,80	6,95	11,95	10,20	5,19	40,30	110,70	4,83	16,70	3,60	5,95	
	21,75	25,00	46,00	9,40	15,50	15,50	2,90	1,34	0,99	70,90	69,10	0,30	0	6,80	6,95	11,95	10,20	5,19	40,30	110,70	4,83	16,70	3,60	5,95		
	22,50	25,00	46,50	8,00	16,10	16,10	2,73	1,33	0,88	59,50	73,10	0,29	49,70	7,26	6,74	11,59	9,28	5,18	34,00	99,90	4,96	15,30	3,31	6,05		
	22,50	26,00	40,00	11,20	16,60	16,60	3,55	1,60	0,80	29,30	68,10	0,33	68,40	6,81	6,68	11,48	9,81	5,89	32,70	117,10	5,16	15,70	3,47	6,10		
	22,50	27,50	44,50	11,20	15,40	15,40	2,60	1,31	Traces	19,00	49,70	0,39	30,20	6,51	6,72	11,55	10,30	4,17	34,80	109,70	5,64	16,80	3,52	6,00		
	21,00	27,50	51,00	8,50	14,80	14,80	2,65	1,37	Tr.	25,20	51,10	0,37	0	6,46	6,25	10,75	9,67	4,11	25,90	125,70	6,03	16,00	3,18	6,15		
	20,00	24,00	41,00	9,70	14,90	14,90	3,10	1,29	0,85	44,70	64,20	0,31	36,40	6,54	6,90	11,86	10,50	4,52	33,50	112,30	5,35	17,40	3,26	5,90		
	23,00	30,00	41,00	8,20	15,40	15,40	3,24	1,29	0,88	37,60	68,40	0,30	58,70	7,50	7,27	12,50	9,69	5,70	47,60	115,00	4,96	16,00	3,65	6,00		
	24,75	26,50	43,00	8,20	19,20	19,20	2,86	3,23	Tr.	38,60	61,10	0,58	36,10	7,53	7,58	13,03	10,00	6,91	23,80	123,00	5,20	15,00	3,31	6,00		
	20,25	25,50	49,00	11,20	15,10	15,10	2,71	1,35	Tr.	30,70	49,20	0,39	44,00	6,19	6,24	10,70	10,00	3,92	56,10	164,20	6,21	26,60	3,91	6,05		
T N P K Ca Mg K Na NK PK NPK NPKCaMg	Plantation HOCHDOERFFER (Bloc III)						2,00	0,46	0,45	Traces	11,00	37,10	0,08	0	0,77	3,95	6,79	5,10	2,00	4,60	2,65	3,40	2,95	5,60		
	22,00	29,50	33,50	0	2,00	2,00	0,46	0,45	Traces	11,00	37,10	0,08	0	0,77	3,95	6,79	5,10	2,00	4,60	2,65	3,40	2,95	5,60			
	22,00	30,50	32,00	0	1,86	1,86	0,85	0,46	Tr.	12,20	34,60	0,09	0	0,29	4,13	7,10	14,20	2,40	6,80	3,65	4,04	3,00	5,90			
	22,50	31,00	37,00	0	2,73	2,73	1,10	0,56	Tr.	16,20	38,00	0,11	0	3,23	4,50	7,74	13,20	2,00	6,30	3,87	2,68	2,97	5,75			
	22,50	30,50	34,00	0,10	2,50	2,50	1,00	0,52	Tr.	20,60	32,80	0,10	0	2,61	4,05	6,96	15,50	2,91	6,30	3,70	3,72	3,26	5,60			
	19,25	30,50	37,00	0	2,48	2,48	0,96	0,42	Tr.	10,40	38,80	0,08	0	2,85	3,97	6,82	13,90	1,72	5,50	4,28	3,67	2,95	5,75			
	21,25	31,00	37,50	0	2,00	2,00	0,85	0,49	Tr.	16,60	36,50	0,10	0	3,20	4,03	6,93	12,50	2,21	6,80	3,70	3,58	3,10	5,70			
	21,50	31,00	33,00	0,05	1,90	1,90	0,70	0,83	Tr.	18,50	44,10	0,08	0	1,00	4,40	6,56	4,40	2,59	3,40	3,70	3,72	2,90	5,80			
	20,75	30,50	34,50	0	2,32	2,32	0,50	0,52	Tr.	11,00	35,60	0,10	0	3,10	3,78	6,50	12,10	1,83	2,50	2,94	3,71	2,35	6,05			
	20,00	31,50	34,70	0	1,76	1,76	1,00	4,20	Tr.	10,60	33,20	0,10	0	0,47	3,93	6,75	8,30	1,28	2,90	3,03	3,62	2,97	6,10			

(1) Capacité totale d'échanges.
(2) Rapport de saturation.

Le pH de ces sols est assez élevé, légèrement supérieur à 6,5 pour le bloc I, autour de 6 pour le bloc II, un peu inférieur à 6 pour le bloc III.

Le bloc I est établi sur sol très perméable, peu riche en argile (3 à 4 %) et en matière organique (autour de 7 %). C'est une terre de pouzzolane, considérée comme une véritable « passoire ». Le bloc II est plus humifère, plus riche en matière organique (autour de 11 %) et en argile (autour de 7 %) que le bloc I. C'est une terre noire « plus lourde » qui retient mieux l'eau. Le bloc III est le plus riche en argile (autour de 13 %) mais il contient peu de matière organique (autour de 7 %).

La richesse minérale des trois blocs est aussi très variable de l'un à l'autre. Le bloc II est le plus riche en bases totales et échangeables, le bloc III le plus pauvre (I 4).

Il faut remarquer pourtant que pendant les six années d'observation (1957 à 1962) les rendements les plus élevés ont été obtenus précisément dans le bloc III, que l'analyse pédologique montre comme le plus pauvre. Il semble donc qu'elle ne soit pas à elle seule un bon test de la fertilité d'un sol.

**
*

De nombreux essais d'engrais ont été faits sur caféiers. Les résultats obtenus sont exposés dans une partie spéciale consacrée à la bibliographie de cette question. Ces essais, faits d'après Thomas (IV 59) dans cinquante-deux pays, sont très différents les uns des autres par la nature des traitements mis en comparaison, par le nombre des répétitions et celui des arbres constituant une parcelle.

Quelques auteurs se sont particulièrement attachés à étudier l'influence de ces facteurs sur la précision des résultats. Leurs conclusions divergent, probablement parce que leurs travaux sont faits dans des conditions pédologiques et climatiques différentes.

Gilbert (IV 24), au Tanganyika, estime qu'une parcelle doit contenir de 16 à 20 arbres quand l'espacement est de 2,75 x 2,75 mètres et il recommande 8 répétitions.

Pereina et Jones (IV 42-43), au Kenya, font des essais factoriels à trois variables et trois niveaux de variations pour chacun, les 27 traitements étant répétés 4 fois. Avec un tel schéma des différences entre les rendements de l'ordre de 6 %, c'est-à-dire extrêmement petites, sont significatives à $P = 0,05$. Ils n'indiquent pas le nombre d'arbres utilisés par parcelles.

Alegria (IV 9) conclut de ses travaux au Salvador que le nombre de traitements ne doit pas dépasser 12 et que celui des répétitions ne doit pas être

inférieur à 4. Il recommande de faire des parcelles petites. Il a calculé d'autre part que 16 ans de récolte n'ont pas fourni plus de renseignements que 12 et que les chiffres des 6 premières années ont permis d'arriver aux mêmes conclusions.

Notre essai à l'origine comprenait cinq blocs. Travaillant en plantations privées et non en station expérimentale, nous devons demander aux planteurs d'assurer la surveillance de leur personnel quand il effectue des épandages d'engrais au voisinage des parcelles. Or, en août 1958 les manœuvres d'une plantation livrés à eux-mêmes ont mis de l'urée et du chlorure de potasse dans toutes les parcelles pourtant signalées par des pancartes bien visibles. Nous avons dû abandonner le bloc. Le même accident se produisait en avril 1959 dans une deuxième plantation, si bien qu'après deux ans de travail, l'essai était ramené à 3 répétitions.

Il en résultait évidemment une diminution importante de la précision de l'essai. Seules des différences d'effets bien marquées entre les traitements pourraient être mises en évidence. Mais comme d'une part aucun travail n'avait été fait sur le caféier arabica au Cameroun et que d'autre part ces essais constituaient la phase préparatoire à l'application du diagnostic foliaire, nous avons jugé opportun de poursuivre cette étude, même si nous ne devions en obtenir que des résultats peu nuancés.

II. RESULTATS OBTENUS

Nous ne considérons pour l'ensemble des six années étudiées que les productions des trois blocs restants.

Le tableau III donne le poids de cerises fraîches exprimé en kilogrammes, produit par arbre dans chaque parcelle, de 1957 à 1962.

A. Etude des rendements année par année

Les premiers traitements fertilisants ont été appliqués en mars 1957. Ils n'ont guère pu influencer les rendements de la même année qui se classent ainsi par ordre décroissant :

K. PK. N. P. NP. NPKCaMg. NK. NPK. T.

Il n'y a entre eux aucune différence significative.

Dès 1958 les parcelles recevant de l'azote produisent plus que les autres. Cette tendance se confirme chaque année et en 1962, les parcelles se classent ainsi par rendements décroissants :

N. NK. NP. NPK. NPKCaMg. K. P. T. PK.

Le graphique II montre nettement que les parcelles qui se trouvaient par hasard les plus productives en 1957 le sont relativement beaucoup moins après 6 ans de fertilisation sans azote. PK et K en

TABLEAU III

Production des Parcelles de 1957 à 1962
(exprimée en kg de cerises fraîches par caféier)

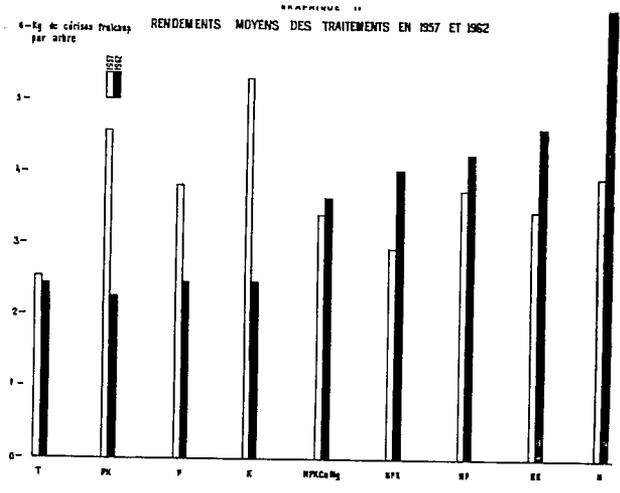
Années Blocs	Traitements									Totaux par blocs et par années	
	T	N	P	K	NP	NK	PK	NPK	NPKCaMg		
1957	I	0,470	0,650	0,710	1,140	1,388	0,567	0,408	0,561	1,476	7,370
	II	3,734	6,310	6,403	8,824	6,310	4,593	8,418	5,621	6,638	56,851
	III	3,325	4,649	4,333	5,978	3,643	5,264	4,932	2,733	2,181	37,238
	Totaux par traitement	7,529	11,809	11,446	15,942	11,361	10,424	13,758	8,915	10,295	101,459
1958	I	0,194	0,895	0,400	0,235	0,730	0,540	0,210	0,253	0,711	4,169
	II	0,026	0,98	0,009	0,000	0,057	0,021	0,002	0,089	0,015	0,317
	III	0,324	0,631	0,130	0,695	0,271	0,439	0,642	0,666	0,936	4,805
	Totaux par traitement	0,544	1,675	0,539	0,931	1,058	1,020	0,854	1,008	1,662	9,291
1959	I	0,147	1,700	0,227	0,180	0,630	0,217	0,187	0,507	1,148	5,063
	II	2,661	3,993	3,482	2,763	4,520	4,31	2,140	4,265	4,958	33,119
	III	2,524	2,369	1,890	2,116	2,575	2,346	2,571	3,671	1,450	21,512
	Totaux par traitement	5,332	8,122	5,599	5,059	7,765	6,902	4,898	8,443	7,554	59,694
1960	I	0,593	8,200	1,690	3,553	6,317	5,353	0,755	4,072	6,630	37,143
	II	0,268	0,164	0,327	0,068	0,087	0,663	0,365	0,833	0,108	2,883
	III	1,153	4,567	2,478	5,183	5,419	5,171	2,147	1,608	3,950	33,864
	Totaux par traitement	1,994	12,931	4,495	8,804	11,823	11,186	3,267	5,847	10,688	73,890
1961	I	0,083	1,182	0,200	0,214	0,875	0,486	0,229	12,169	1,549	5,739
	II	1,900	3,043	3,130	2,078	3,703	4,931	2,152	3,797	5,550	30,975
	III	0,333	1,657	0,438	0,357	0,657	0,741	0,348	8,702 ^o	0,757	5,389
	Totaux par traitement	2,316	5,882	3,768	2,649	5,235	5,888	2,729	0,921	7,856	42,103
1962	I	1,500	9,845	1,433	3,839	7,052	5,083	1,518	4,488	5,600	40,684
	II	1,511	1,904	1,619	0,223	1,114	0,734	1,539	0,371	1,421	11,673
	III	4,298	7,300	4,323	3,396	4,671	8,114	3,794	5,780	3,944	45,597
	Totaux par traitement	7,319	19,049	7,375	7,458	12,837	13,931	6,851	4,714	10,965	97,954

sont les meilleurs exemples. Par contre, les parcelles recevant une fumure azotée ont augmenté leur production.

Il faut noter que jusqu'en 1957 toutes ces parcelles recevaient chaque année une fumure complète composée de sulfate d'ammoniaque et d'engrais ternaires riches en potasse : 10-10-20 ou 8-8-28. Par conséquent, les augmentations de rende-

ments que nous constatons au cours des essais sont dues à une fumure minérale mieux adaptée aux besoins de la plante.

Malgré de grands écarts en valeur absolue entre les chiffres de production, surtout de 1960 à 1962 (voir tableau III), l'analyse statistique des résultats de chaque année prise isolément montre qu'il n'y a entre les rendements aucune différence significa-



tive imputable aux traitements. Toutefois, ces différences se rapprochent chaque année du seuil de signification (voir tableau IV).

TABLEAU IV

Coefficients de signification de l'expérience

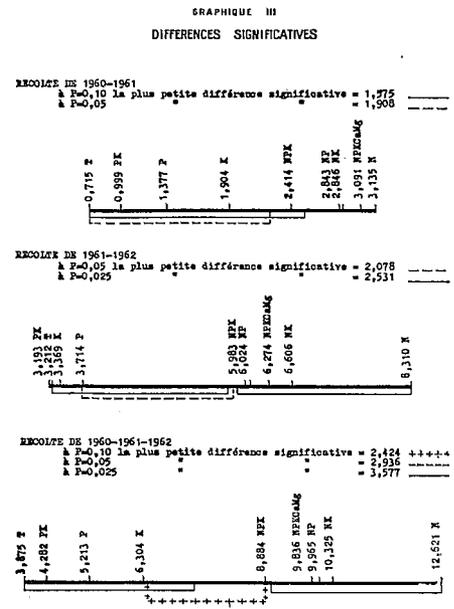
- I. Rapport des variances
- II. Coefficients de variation

	Rapports entre la variance des traitements et la variance résiduelle	Rapports entre la variance des blocs et la variance résiduelle	Coefficient de variation
1957	1,76	58,60	26,80 %
1958	1,54	17,60	57,80 %
1959	1,12	27,70	38,30 %
1960	2,38	17,70	54,70 %
1961	2,43	43,30	45,10 %
1962	2,07	13,80	45,30 %
	5,11	1,14	25,60 %
1961-1962	3,59	0,67	23,20 %
1960-61-62	3,31	6,43	21,40 %

Seuils de signification des rapports de variance.

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 2,59 \text{ à } P = 0,05 \\
 &= 3,12 \text{ à } P = 0,025 \\
 &= 3,89 \text{ à } P = 0,01 \\
 F_2 &= 3,63 \text{ à } P = 0,05 \\
 &= 4,69 \text{ à } P = 0,025 \\
 &= 6,23 \text{ à } P = 0,01
 \end{aligned}$$

La cause en est d'une part à la perte de deux répétitions au cours des essais, d'autre part à la très grande hétérogénéité du milieu. Le coefficient de variation de l'expérience est en effet voisin de 50 % (voir tableau IV).



B. Etude des productions cumulées de 1960-61-62

Un traitement fertilisant a une action progressive et plus ou moins durable. Quand il est répété chaque année de façon identique comme dans cet essai, il est intéressant d'en étudier l'influence non seulement sur les productions annuelles successives, mais encore sur la somme de plusieurs productions annuelles.

L'étude des rendements totaux de 1960 et 1961, de 1961 et 1962, de 1960, 1961 et 1962 nous permet de tirer les conclusions les plus intéressantes de cet essai, à savoir :

1° Il existe des différences significatives entre les traitements : les rendements les meilleurs sont donnés par les parcelles recevant une fertilisation azotée.

Le calcul de la plus petite différence significative dont nous donnons, pour plus de clarté, une reproduction graphique (graphique III) montre que :

— pour les productions cumulées de 1960 et 1961

1 — tous les traitements azotés sont significativement supérieurs au traitement témoin à $P = 0,05$ (sauf NPK qui ne l'est qu'à $P = 0,1$) ;

2 — aucun traitement sans azote n'est significativement différent du témoin à $P = 0,05$.

Ces résultats sont confirmés par la suite.

— pour les productions cumulées de 1961 et 1962

Le calcul des plus petites différences significatives (graphique III) montre à nouveau que :

1 — tous les traitements azotés (y compris NPK) sont significativement supérieurs au témoin à $P = 0,025$;

2 — aucun traitement sans azote n'est significativement différent du témoin à $P = 0,025$.

3 — En outre, tous les traitements azotés sont significativement différents de l'ensemble des traitements sans azote à $P = 0,05$.

— **pour les productions cumulées de 1961-1962 et 1963**

Nous trouvons encore que :

1 — tous les traitements azotés sont significativement supérieurs au témoin à $P = 0,025$;

2 — aucun traitement sans azote, n'est significativement différent du témoin à $P = 0,025$;

3 — tous les traitements azotés sont significativement différents de l'ensemble des traitements sans azote à $P = 0,05$ (— sauf NPK qui ne l'est qu'à $P = 0,10$).

Ainsi au cours de ces trois années, les traitements azotés ont eu une influence de plus en plus marquée sur les rendements. Cette action se renforce d'une récolte à l'autre. Elle est plus perceptible sur les rendements d'un groupe d'années que sur ceux d'une année isolée. On peut penser que sous l'influence d'une nutrition azotée suffisante, il y a amélioration progressive de l'état physiologique de l'arbre.

Le graphique III illustre bien la séparation progressive des traitements en deux groupes :

— traitements avec azote, donnant les plus forts rendements,

— traitements sans azote, donnant les rendements les plus faibles.

La différence entre les deux groupes s'accroît et devient significative.

Nous constatons ainsi que le caféier, comme beaucoup de plantes pérennes, demande trois ans pour répondre à une fumure minérale : premiers épandages en 1957, premières réponses en 1960 — Malavolta (V 23) au Brésil, Jamar (V 10) au Kivu, ont fait sur caféier arabica les mêmes constatations. Forestier (IV 19), Paquay (V 28) travaillant sur robusta le premier en République Centrafricaine, le deuxième au Congo, constatent une influence des engrais sur la 2^e récolte après leur épandage. Loue (V 20) en Côte-d'Ivoire, observe sur robusta la première réponse 22 mois après l'application.

2° Il existe des différences significatives entre les blocs.

Elles apparaissent déjà par l'étude des rendements année par année. L'examen des chiffres du tableau III montre en effet que la production annuelle varie beaucoup d'un bloc à l'autre au cours des six ans d'observation.

Contrairement à ce que laissaient prévoir les analyses pédologiques rapportées dans le tableau II, le bloc III, qui est le moins riche en bases totales et en bases échangeables, n'a pas été le moins productif.

Les rendements annuels moyens calculés sur les productions des 9 parcelles de 1957 à 1962 sont, en kg de cerises fraîches par arbre :

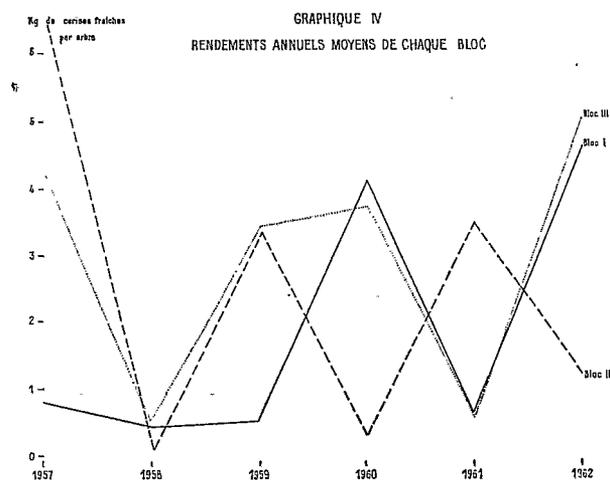
1,854	pour le bloc	I
2,515	pour le bloc	II
2,748	pour le bloc	III

ce qui montre qu'il n'est guère possible de juger de la fertilité d'un sol par la seule analyse pédologique.

3° Il existe des différences significatives entre les années.

L'influence « climatique » sur les productions agricoles est un fait d'observation courante qui se retrouve ici. Le tableau III montre d'ailleurs combien les productions totales de l'ensemble des blocs et des parcelles diffèrent d'une année à l'autre.

On observe aussi une alternance de bonnes et mauvaises productions (voir graphique IV) qui a été signalée par de nombreux auteurs, en particulier par Carandang (IV 13) aux Philippines, Fraga et Conagin (IV 21), Machado (IV 34) au Brésil, etc...



4° Il existe une très forte interaction positive année-bloc, c'est-à-dire que les trois blocs réagissent de façon différente les uns des autres à l'ensemble des influences de chaque année particulière. Le tableau III et le graphique IV l'illustrent parfaitement : les trois blocs présentent une succession plus ou moins régulière de fortes et faibles productions, mais on peut constater que sauf en 1958 où ils ont tous trois très peu produit, il y en a toujours un dont le rendement est nettement plus fort ou nettement plus faible que celui des deux autres. Aussi ne peut-on pas parler de « bonne » ou de « mauvaise » année pour l'ensemble des trois blocs : 1960 et 1962 ont été de bonnes années pour les blocs I et III et de mauvaises années pour le bloc II. Ceci traduit une grande hétérogénéité du milieu expérimental. On comprend que dans ces conditions, avec trois répétitions seulement, seules de grandes différences entre les rendements soient significatives (graphique III). Ainsi de 1960 à 1962 le témoin a produit par arbre 3,875 kg de cerises fraîches et le meilleur traitement (N) 12,621 kg.

La plus petite différence significative à $P = 0,05$ est 2,936 kg, c'est-à-dire que seule une augmentation de rendement égale ou supérieure à 75 % de la production du témoin peut être prise en considération.

5° Il n'y a aucune interaction année-traitement

Malgré l'hétérogénéité très forte que nous avons mise en évidence, en particulier malgré l'influence très différente qu'exercent sur la production des trois blocs les conditions particulières à chaque année, les traitements ont toujours la même action sur les rendements :

- augmentation significative de la production de fruits par tous traitements apportant de l'azote;
- aucune augmentation ni diminution significatives par ceux qui n'en apportent pas.

Qu'une telle influence s'exerce aussi régulièrement et de façon significative dans un milieu où on observe une telle variabilité de la production due aux facteurs environnants montre combien l'action de l'azote est importante sur la production des fruits. **Sans aucun doute, le facteur limitant de la production des caféiers est actuellement la quantité d'azote mise à leur disposition.**

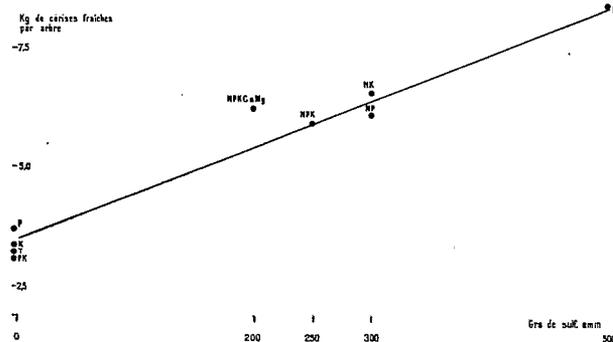
C. Pluviométrie et rendements

Dans les pays tropicaux les précipitations sont l'élément climatique le plus important.

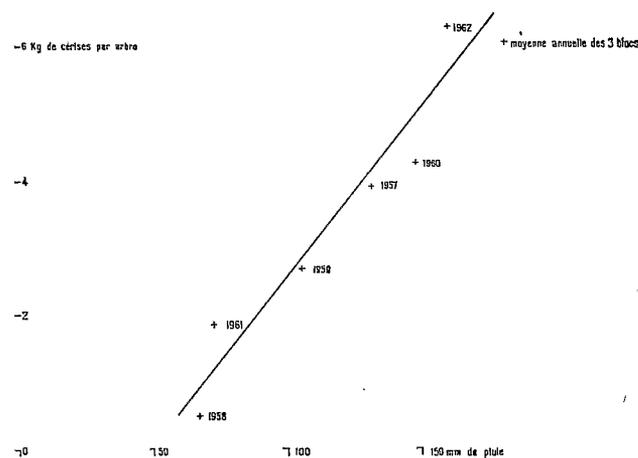
Suarez de Castro (IV 56) au Salvador a fait une étude approfondie des relations entre rendements et précipitations. Il note qu'il n'y a aucune corrél-

tion entre hauteurs annuelles des pluies et production de la même année ou de l'année suivante, mais qu'il y a une relation positive significative entre les chutes de pluies des trois premiers mois de l'année et la production de cette même année.

GRAPHIQUE V
RENDEMENTS ET DOSES DE SULFATE D'AMMONIAQUE



GRAPHIQUE VI
RENDEMENTS ET HAUTEURS DES PLUIES EN JANVIER, FEVRIER ET MARS



Cette relation se vérifie de manière très nette dans notre expérience comme le montre le graphique VI, alors que nous n'observons aucune corrélation entre les rendements et les chutes de pluies annuelles totales. Ce sont en effet les précipitations des trois premiers mois de l'année qui déterminent les floraisons.

Cette relation, dans la mesure où elle serait confirmée par un nombre plus grand d'observations, peut se montrer d'une grande importance pour la conduite de l'irrigation et pour la prévision des récoltes.

D. Rendements et doses de sulfate d'ammoniaque

Le graphique III et le tableau III montrent que parmi les traitements azotés, c'est le traitement N qui donne les meilleures productions et qu'il a tendance de plus en plus à se détacher des autres : il est significativement différent à $P = 0,05$ du traitement NPK pour les productions cumulées de 1961 et 1962, et à $P = 0,025$ pour les productions cumulées de 1960-1961 et 1962.

C'est aussi le traitement qui apporte aux arbres la plus forte quantité de sulfate d'ammoniaque : 500 g par pied et par an, soit un peu plus de 100 g d'azote élémentaire (voir tableau I).

Le graphique V montre nettement que les rendements croissent régulièrement avec les quantités de sulfate d'ammoniaque appliquées.

E. Rentabilité de la fumure

Le traitement N apporte 500 g de sulfate d'ammoniaque par pied et par an. La tonne de sulfate d'ammoniaque livrée à Foumbot coûte un peu moins de 23.000 f CFA. On compte 10 % en plus pour les frais d'épandage. A 500 g par pied, la dépense à l'ha, pour une densité moyenne de 1.300 arbres est de 16.445 f CFA.

Le traitement N a produit en moyenne de 1960 à 1962, 0,842 kg de café marchand par pied et par an (1.095 kg/ha), le traitement T 0,258 kg par pied et par an (335 kg/ha). Le surcroît de récolte est de 760 kg/ha. A 225 f CFA le kg, cela fait 171.000 f CFA par hectare. Ainsi, après trois années d'attente, le bénéfice net est égal à neuf fois la dépense engagée.

III. DISCUSSION

De nombreuses publications mettent l'accent sur l'efficacité de la fumure azotée.

Ainsi au Brésil, Franco, Coaracy, Lazzarini, etc... (IV 22) montrent par un essai factoriel à 3 niveaux de NPK qu'une augmentation moyenne de rendement de 42,7 % pendant cinq années consécutives est due aux seuls traitements azotés à 900 et 1.800 g par an et par cova (la cova est une butte où poussent ensemble plusieurs caféiers, 6 dans cet essai), soit 540 et 1.080 kg/ha de sulfate d'ammoniaque. Les productions sont exprimées en kg de café coque pour l'ensemble des parcelles ; leur surface n'est pas indiquée de façon précise, ni le nombre de pieds par unité de surface. Aussi le calcul en kg de café marchand à l'ha que nous avons fait pour pouvoir comparer avec nos propres chiffres est-il approximatif : 500 kg/ha pour les traitements azotés, 340 kg/ha pour les traitements sans azote, ce qui est faible.

Aux Philippines, Carandang (IV 13) obtient les meilleurs rendements avec 500 kg de sulfate d'am-

moniaque à l'ha : 2,140 kg de café marchand par arbre, soit 2,5 tonnes/ha, ce qui représente une augmentation de 12,3 % par rapport au témoin qui a lui-même un rendement très élevé : 1,906 kg de café marchand par arbre, soit 2,3 tonnes/ha. Par contre, un traitement NPK (100 g d'N, 50 g de P_2O_5 et 200 g de K_2O) diminue le rendement de 10 % : 1,804 kg de café marchand par pied, 2,1 tonnes/ha.

Au Salvador, Tenorio (IV 57) signale que l'azote seul, à 550 g de sulfate d'ammoniaque par arbre et par an augmente le rendement de 45 % : 1,240 kg de café marchand au lieu de 0,850 produit par le témoin.

Au Costa-Rica, Gonzales (IV 27) obtient une augmentation du poids de la récolte de 16 % avec 90 kg d'azote à l'ha et aucune augmentation supplémentaire en ajoutant P ou K ou les deux ensemble. (Il ne donne pas de chiffres de production.)

En Afrique de l'Est, où le paillage est considéré comme une excellente façon culturale et est assez généralement pratiqué (IV 32-39-42) l'azote est le seul élément — avec par endroits le magnésium — qui augmente significativement les rendements (IV 2-4-11-44-47-50). Ainsi au Kenya, Pereira et Jones (IV 41-43) indiquent que 270 kg/ha de sulfate d'ammoniaque (225 g par pied) donnent une augmentation significative de récolte de 7 %, ce qu'ils jugent économiquement insuffisant. Ils estiment rentable la dose de 510 kg/ha de sulfate d'ammoniaque épandue en trois fois (425 g par pied), ce qui augmente la récolte de 330 kg/ha, soit de 27 %. Foster (IV 20), au Nyassaland, obtient des accroissements rentables de production avec 225 g de sulfate d'ammoniaque par pied.

Forestier (IV 19) travaillant sur robusta, en République Centrafricaine, signale l'effet néfaste de la potasse, l'effet nul du phosphore et recommande l'emploi d'engrais azotés seuls.

Loue, en Côte-d'Ivoire (V 18), obtient sur robusta sur certaines catégories de sols (Daloa) un accroissement de rendement de 40 % avec une fumure NPK à 30 g par pied de N, 20 de P_2O_5 et 40 de K_2O . Se référant aux autres traitements et aux analyses foliaires, l'auteur attribue cet accroissement à l'azote seul.

Ces résultats obtenus en des points très différents du monde vont dans le même sens que ceux que nous avons exposés.

De ces premières données, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

— c'est l'azote qui paraît être le facteur limitant de la production du caféier arabica en pays Bamoun. La quantité de fruits récoltés augmente avec la fumure azotée, d'autant plus que cette fumure est plus forte.

Dans nos essais la dose maximum employée est 103 g d'azote élémentaire par pied et par an. Il est probable que des doses plus fortes augmenteraient encore la production ; il est vraisemblable qu'au delà d'une certaine quantité un autre élément deviendrait à son tour le facteur limitant.

— aux doses d'engrais employées (750 kg/ha) il apparaît que 750 kg de sulfate d'ammoniaque ont un meilleur effet sur la production que la même quantité d'un mélange de sulfate d'ammoniaque avec de la potasse, du phosphate bicalcique, de la dolomie, seuls ou ensemble.

Ainsi la production des parcelles N a été en moyenne pendant trois années consécutives de 4,207 kg de cerises fraîches par arbre et par an et celle des parcelles T de 1,292 kg. L'emploi d'engrais azotés a augmenté la production de 225 %, les parcelles N ont eu un rendement 3,25 fois plus élevé que les parcelles T.

Aussi doit-on conseiller actuellement en pays Bamoun une fumure azotée apportant 100 g d'azote élémentaire par pied de caféier et par an.

BIBLIOGRAPHIE

I. Divers

1. Bulletins mensuels de la météorologie. Cameroun 1955 à 1962.
2. Bulletins mensuels de la statistique générale. Cameroun 1950 à 1962.
3. Rapport annuel de l'inspection agricole de l'Ouest-Cameroun 1961.
4. Martin-Segalen. Sols de l'Ouest-Cameroun. IRCAM, section de pédologie 1957.

II. Généralités sur la fertilisation et le diagnostic foliaire

1. Anonyme. Loss of nutrient bases from soils. The coffee board of Kenya, monthly bulletin, oct. 1962, p. 407.
2. B. G. Capo et G. Samuels. The development of a mathematical concept to interpret the relation between plant composition and crop yield. The journal of agriculture of the University of Puerto-Rico, oct. 1953, p. 249-263.
3. Cook, Davis. The residual effect of fertilizer. Adv. Agronomy (9), p. 205-216, 1957.
4. Cooper. Plant infections for diagnostic and curative purposes. The East african agricultural journal, juil. 1947, p. 37-53.
5. Don Jensen, John Pesek. Inefficiency of fertilizer use resulting from nonuniform spatial distribution. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer., 26 (2): 178-182, March-April 1962.
6. Ferrand. Sur l'utilisation actuelle du diagnostic foliaire en Afrique. C. R. des séances de l'Ac. d'Agric. de France, t. 41, n° 16, p. 767-772.
7. G. H. Hodnett. The use of response curves in analysis and planning of series of experiment with fertilizers. The empire journal of experimental agriculture, juil. 1956.
8. Low, Piper. L'urée utilisée comme engrais, études en pots et en laboratoire. Journal agric. scient. 1957 (2), p. 249-255, oct. 1961.
9. Lagatu et Maume. Diagnostic de l'alimentation du végétal par l'évolution chimique d'une feuille convenablement choisie. C. R. des séances de l'Ac. des Sc., t. 182, 1926, p. 653.
10. Lagatu et Maume. Le diagnostic foliaire et son degré de sécurité. C. R. des séances de l'Ac. des Sc., t. 187, 1929, p. 769.
11. Lagatu et Maume. Variation des rapports physiologiques entre les constituants minéraux d'une espèce végétale. C. R. des séances de l'Ac. des Sc., 2° sem. 1931, p. 103.
12. Lagatu et Maume. Examen critique du diagnostic foliaire. C. R. des séances de l'Ac. d'Agric. de France, 1934, n° 7, t. XX, p. 246.
13. Parra, Quiceno. Los sistemas biológicos en la evaluación de la fertilidad de los suelos. Cenicafe (Chinchina), janv.-fév. 1958, vol. 9, n° 1-2, p. 5-22.
14. Prevot. Diagnose rapide des maladies de carence par la méthode de Roach. Oléagineux, juil. 1950, p. 435.
15. Prevot. Fumure potassique au Dahomey. Oléagineux, août-sept. 1955, p. 593-597.
16. Prevot. La « triple analyse » de Lundegardh. Oléagineux, t. 5, n° 2, p. 101-103, 1950.
17. Prevot et coll. Enquête sur les analyses chimiques de diagnostic foliaire réalisée dans huit laboratoires. Oléagineux, avril 1961, p. 241-245.
18. Prevot et Ollagnier. Utilisation du diagnostic foliaire. Oléagineux, nov. 1956, p. 695-703.

19. Regnier. Note sur les pertes d'engrais par lessivage et leurs conséquences sur l'arrière fumure.
Mem. Instit. Scient. Madagascar 1952, p. 267-272.
20. Reuther. Analyse des plantes, problèmes des fumures minérales.
Oléagineux, fév. 1961, p. 83-84.
21. Sanick, Perkins, Schrenk. The effect of the calcium magnesium ratio on the solubility and availability of plants nutrients.
Soil science society proceedings. 1952, n° 3, p. 263-267.
22. Templeman. L'urée utilisée comme engrais.
J. Agric. Sci. 57 (2), p. 237-239, oct. 1961.
23. W. Thomas. Foliar diagnosis: principles and practice.
Plant physiology, 1937, p. 571-600, 12.
24. Venema. Some observations on yield depressions caused by normal fertilizer dressings.
Potash and tropical agric. 4 (1), p. 4-18, janv. 1961.
25. Viala, Lagatu et Maume. Etude par le diagnostic foliaire des effets physiologiques du chaulage.
C. R. des séances de l'Ac. d'Agric. de France 1932, p. 442-452.

III. Fertilisation et diagnostic foliaire sur plantes autres que le caféier

1. H. D. Chapman. Le diagnostic foliaire et l'analyse du sol des plantations d'agrumes comme moyen de guider les pratiques de fertilisation du sol.
Fruits, vol. 15, n° 10, nov. 1960, p. 435-441.
2. Buchmann, Bres, Prevot. Diagnostic foliaire de l'olivier irrigué en Tunisie.
Oléagineux, mars 1959, p. 163-173.
3. Gillier. Utilisation du diagnostic foliaire pour la cartographie des besoins en engrais de l'arachide au Sénégal.
Oléagineux, mars 1960, p. 147-151.
4. Gillier et Prevot. Fumures minérales de l'arachide au Sénégal. Oléagineux, nov. 1960, p. 703-791.
5. Lagatu et Maume. Relation linéaire entre les quantités successives d'acide phosphorique et d'azote contenus dans la feuille de la vigne bien alimentée.
C. R. de séances de l'Ac. des sciences, 1925, 1^{re} sem., t. 180, p. 117-118.
6. Lagatu et Maume. Méthode de contrôle chimique du mode d'alimentation de la vigne.
C. R. de l'Ac. d'Agric. de France, t. XII, 1927, p. 439-442.
7. Lagatu et Maume. Sur l'absorption de la potasse par la Vigne et sur son rôle physiologique.
C. R. des séances de l'Ac. d'Agric. de France, t. XIII, 1927, p. 448-452.
8. Lagatu et Maume. Sur l'absorption de l'azote par la vigne et sur son rôle physiologique.
C. R. des séances de l'Ac. d'Agric. de France, t. XIII, 1927, p. 452-455.
9. Lagatu et Maume. Examen critique des conditions et des résultats du contrôle alimentaire de la vigne.
C. R. des séances de l'Ac. d'Agric. de France, t. XIII 1927, p. 548-553.
10. Lagatu et Maume. Le diagnostic foliaire appliqué au contrôle de l'alimentation d'une vigne de côteau avec ou sans fumure.
C. R. des séances de l'Ac. d'Agric. de France, t. XIV, 1928, p. 762.
11. Lagatu et Maume. Sur la sensibilité du diagnostic foliaire pour déceler une absorption d'engrais par la vigne.
C. R. des séances de l'Ac. d'Agric. de France, n° 18, t. 24, 1938, p. 615-624.
12. Maume et Dulac. Echantillonnage rationnel de la plante de blé en vue des analyses chimiques comparatives.
C. R. des séances de l'Ac. d'Agric. de France, n° 26, t. 22, 1936, p. 906-913.
13. Maume et Dulac. Degré de précision de l'échantillonnage de la plante de blé à certaines époques physiologiques.
C. R. des séances de l'Ac. d'Agric. de France, t. 22, n° 28, 1926, p. 985-990.
14. Ollagnier. Recherches sur la nutrition minérale et la fumure de l'arachide en Haute-Volta.
Oléagineux, mars 1954, p. 155-158.
15. Ollagnier et Prevot. Comparaison du diagnostic foliaire et de l'analyse des sols pour la détermination des besoins en engrais de l'arachide.
Oléagineux, juin, 1956, p. 395.
16. Prevot. Les bases du diagnostic foliaire: application à l'arachide.
Oléagineux, février 1953, p. 67-76.
17. Prevot et Bachy. Diagnostic foliaire du cocotier, influence du rang de la feuille et du développement végétatif sur les teneurs en éléments.
Oléagineux, mai 1957, p. 451-458.
18. Prevot et Fremond. Fumures du cocotier au Dahomey.
Oléagineux, juil. 1960, p. 549-553.
19. Prevot et Ollagnier. Application du diagnostic foliaire à l'arachide. Premiers résultats au Sénégal.
Oléagineux, juin 1951, p. 329-337.
20. Prevot et Ollagnier. Engrais minéraux et oléagineux tropicaux, recherches d'agrophysiologie.
Oléagineux, déc. 1953, p. 843-851.
21. Prevot, Ollagnier et Gillier. Diagnostic foliaire de l'arachide et équilibre des fumures. Sénégal 1951.
Oléagineux, avril 1952, p. 185-194.
22. Prevot et Ziller. Etude d'une carence en potasse et en azote sur le palmier à huile au Dahomey.
Oléagineux, juin 1957, p. 369-376.
23. Prevot et Ziller. Relation entre le magnésium du sol et de la feuille de palmier.
Oléagineux, août-sept. 1958, p. 667-669.
24. Salgado. Carence potassique du cocotier: diagnostic par le fruit.
Oléagineux, mai 1953, p. 297-298.
25. Scheidecker et Prevot. Nutrition minérale du palmier à huile à Pobé (Dahomey).
Oléagineux, janvier 1954, p. 13.

IV. Fertilisation du caféier

1. Annual report and accounts of coffee board of Kenya for the year ended 31 st march 1956. Agricultural chemistry. The coffee board of Kenya monthly bulletin, may 1956, p. 130.
2. Idem, may 1957, p. 124.
3. Contribution à l'étude du caféier en Côte-d'Ivoire. Bulletin scientifique n° 5 du Ministère de la France d'Outre-Mer, 1954.
4. Extracts from the reports of agricultural office (coffee services) for the years 1954 and 1955. The coffee board of Kenya monthly bulletin, January 1957, p. 10-11.
5. Informations of research institutions (fertilizers experiments). Coffee, Turrialba, Costa-Rica, mai-juin 1956, vol. 1, n° 1, p. 16-17.
6. Idem. Juillet-septembre 1959, vol. 1, n° 2, p. 35.
7. Idem. Octobre-décembre 1959, vol. 1, n° 3, p. 55.
8. Abruna, Cicente-Chandler, Silva. The effect of different fertility levels on yields of intensively managed coffee in Puerto-Rico. The journal of agriculture of the University of Puerto-Rico, july 1959, p. 141-146.
9. Alegria. Aplicacion de la estadística a las investigaciones del cafe. Boletim informativo suppl. 14, abril 1962. Instituto Salvadoreno de investigaciones del cafe. Santa Tecla. El Salvador.
10. Beaumont, Fukunaga. Factors affecting the growth yield of coffee in Kona Hawai. Hawai agricultural experiment station, bulletin 113, juny 1958, p. 39.
11. Bellis. Extracts from a guide to fertilizer use in Kenya. The coffee board of Kenya monthly bulletin, February 1962, p. 59.
12. Bonnet, Riera, Lugo, Lopez. Lack of response of old coffee trees grown in Alonso Clay to lime and phosphatic fertilization. The journal of agriculture of the University of Puerto-Rico, july 1958, p. 161-167.
13. Carandang. The effect of fertilizers on yield of coffee in Matutum, Cotobaco. Philipp. Agric. 45 (7), p. 365-370, déc. 1961.
14. Cooil. Response to phosphate in coffee. Techn. prog. rep. Hawai agric. exp. sav. 133, 1961.
15. Coste. Les caféiers et les cafés dans le monde. T. 2, 1^{er} vol., les cafés. Ed. Larose Tourcoing.
16. Coste. Les caféiers et les cafés dans le monde. T. 1, les caféiers, p. 167-202, la fertilisation du caféier. Ed. Larose Tourcoing.
17. Dierendonck. The manuring of coffee, cacao, tea and tobacco. Coffee, p. 23-56. Centre d'étude de l'azote, Genève, août 1959.
18. Fernandez. Information on the work of research institutions. Chocola Guatemala. Coffee (coffee and cacao technical services); oct.-déc. 1959, Turrialba, Costa-Rica.
19. Forestier. L'apport d'engrais en culture caféière (robusta). Nos sols 7-8, p. 5-30, avril et juillet 1958.
20. Foster. Progress in cultivation of coffee in Nyassaland. Rhod. agric. J. 1959 (3), p. 137-141.
21. Fraga, Conagin. Delineamentos e analises de experimentos con cafeeiros. Bragantia 1956, t. 15, n° 17, p. 177-191.
22. Franco, Coaracy, Lazzarini, Conagin, Armando, Ruis, Junqueira, Pupo de Moraes, Ferdinando. Manutenção de cafezal com adubacao exclusivamente mineral. Bragantia 9 (33), p. 523-546, maio de 1960.
23. Gilbert. The mulching of coffee arabica. Journal. The East african agricultural, oct. 1945, p. 75-79.
24. Gilbert. The coffee research and experiment station Tanganyika Territory: a brief survey on the first ten years work. The empire journal of experimental agriculture, july 1945, p. 113-124.
25. Godoy, Graner. Resultados do primenio ano de adubacao efetuada nas vocas por occasion do plantio. Rev. Agric. Piracicaba 1960, 35, p. 97-108 et 1961, 36, p. 199-206.
26. Gomez, Esmonis, Capo. Fertilizer requirements of coffee grown on Catalina Clay in Puerto-Rico. The journal of agriculture of the University of Puerto-Rico, juil. 1946, p. 127-137.
27. Gonzales. La fumure du caféier à Costa-Rica. Bull. de doc. et de techn. agric. 4^o trim. 1955, n° 34, p. 22-34.
28. Haaer. Sombrao no sombra para el cafe arabigo. Suelo Tico, San José, Costa-Rica. 1956, déc.-mars, p. 133-139, n° 35.
29. Hills, Ris, Lamberts. Impressions of the coffee grown in East and Central Africa. The East African agricultural journal, juin 1940, p. 32-33, oct. 1940, p. 74-76.
30. Jacob, Uexkull. Fertilizer use. Nutrition and manuring of tropical crops. Verlagsgesellschaft für Ackerbau mbh Hanover. Coffee, p. 279-294.
31. Jones, Robinson. Notes on a tour of Nyanza coffee districts. The coffee board of Kenya monthly bulletin, avril 1958, p. 93.
32. Jones, Robinson, Wallis. Fertilizers, manure and mulch in Kenya coffee growing. The coffee board of Kenya monthly bulletin, déc. 1961, p. 441-459.
33. Lazzarini. O problema da adubacao do cafeeiro. Boletim da superintendencia dos services do cafe, 33 (381), p. 11-25, nov. 1958, Campinas.
34. Machado. Algunos resultados experimentales con fertilisantes on cofetos. Cenicafe n° 78, vol. 9, juillet-août 1958, p. 157.
35. Malavolta, Arzolla, Haag. Nota sobre a aplicacao de ureia.

- Revista de agricultura Piracicaba, 1957, XXXII, n° 4, p. 223-226.
36. Medcalf. Preliminary study on mulching young coffee in Brazil.
Ibec research institute n° 12, 1956.
 37. Medcalf, Lott. Metal chelates in coffee.
Ibec research institute n° 11, 1956.
 38. Menard, Crocomo, Pimentel-Gomes, De Campos. Pulvérisations d'engrais potassiques sur caféiers au Brésil.
Revue de la potasse, Berne, section 27, 35^e suivante, juin 1962.
 39. Melville. Minutes of 15th meeting of the coffee research committee, held in the offices of the coffee board of Kenya, 2/st july 1940. (Manure and fertilizers trials).
The coffee board of Kenya monthly bulletin, sept. 1949, p. 168.
 40. Montaya, Sylvain, Umana. Effect of lighth intensity and nitrogen fertilization upon growth differenciation balance in coffee arabica L.
Coffee and cacao technical services, oct.-déc. 1961, Turrialba, Costa-Rica, p. 97-103.
 41. Pereira. Effects of fertilizers and manures on Kenya coffee.
The East african agricultural journal, juil. 1953, p. 43-45.
 42. Pereira, Jones. Maintenance of fertility in dry coffee soils.
The East african agricultural journal, avril 1950, p. 174-177.
 43. Pereira, Jones. Field responses by Kenya coffee to fertilizers, manures and mulches.
The coffee board of Kenya monthly bulletin, nov. 1955, p. 298-300 et déc. 1956, p. 324-327.
 44. Pereira, Robinson, Holme. Minutes of the 30th meeting of the coffee research committee held at the coffee research station, Ruiru, 20/st oct. 1953. (Application of sulfate of ammonia.)
The coffee board of Kenya monthly bulletin déc. 1953, p. 572.
 45. Perkins. Some investigations a coffee estate on Mont Elgon. 2/results of trial plot experiments.
The coffee board of Kenya, nov. 1948, p. 144-145.
 46. Rayner. Growth and bearing habits of coffea arabica in Kenya and in Southern India.
The East african agricultural journal, avril 1946, p. 251-255.
 47. Robinson. A note on sulfate of ammonia application to coffee.
The coffee board of Kenya monthly bulletin, march 1954, p. 58.
 48. Robinson. Fertilising coffee seedlings.
The coffee board of Kenya monthly bulletin, July 1958, p. 181-188.
 49. Robinson. The influence of fertilizers and manure, on the pH reaction of a coffee soil.
The East african agricultural journal, oct. 1956, p. 76-80.
 50. Robinson. General nitrogen fertilizer recommandations for mature coffee.
The coffee board of Kenya monthly bulletin, august 1959.
 51. Robinson. Nitrogen studies in a coffee soil : I. Seasonal trends of natural soil nitrate and ammonia in relation to crop growth, soil moisture and rainfall.
J. Agric. Sci. 55 (3), p. 333-338, déc. 1960.
II. The influence of mulch on natural and fertilizers levels of nitrate and ammonia in the top soil.
J. Agric. Sci. 56 (1), p. 49-56, febr. 1961.
III. The comparative efficiency of ammonium sulfate and urea fertilizers in the presence and absence of an organic mulch mesured in terms of crop yield.
J. Agric. Sci. 56 (1), p. 61-64, febr. 1961.
 52. Robinson, Bull. Debility growth symptoms in arabica coffee.
The coffee board of Kenya, monthly bulletin, july 1961.
 53. Robinson, Chenery. Magnesium deficiency in coffee with special reference to mulching.
The empire journal of experimental agriculture, July 1958, p. 259-272.
 54. Robinson, Harcombe. Urea sprays in coffee.
The coffee board of Kenya monthly bulletin, oct. 1959.
 55. Schoenmackers. Note préliminaire au sujet des symptômes de carence observées au Kivu principalement dans les plantations de café.
Bull. de doc. et techn. agric., 4^e trim. 55, n° 34, p. 3-5.
 56. Suarez de Castro. Relaciones entre las lluvias y la production de cafe.
Instituto Salvadoreno de investigaciones del cafe. Santa Tecla, El Salvador. Boletim informativo suplemento n° 7, febrero 1961.
 57. Tenorio. Efectos del nitrogeno nitrico y ammoniacal en combinacion con mantillo y varios elementos mayores y menores sobre la production de cafe.
Boletim informativo supl. 14, abril 1962. Instituto Salvadoreno de investigaciones del cafe. Santa Tecla.
 58. Tenorio. Efectos de la acididaz causada por algunos fertilizantes sobre la production del cafeto.
Boletim informativo ISIC Santa Tecla El Salvador, n° 34, agosta de 1962.
 59. Thomas. The manuring of coffee in South India.
Indian coffee, vol. XXI, n° 10, oct. 1957, p. 309-319.
 60. Uribe, Quiceno. Comportamiento de algunos progenies de coffea arabica L. bajo diferentes conditions de sombrio y fertilization.
Cenicafe (Chinchina), mai-juin 1958, vol. 9, n° 5-6, p. 107-124.

V. Analyses foliaires sur caféiers

1. Bush. Nutrition minérale du robusta dans le Centre-Oubangui.
Agronomie tropicale 1956 n° 4, juillet-août, p. 417-447.
2. Catani, Pupo de Moraes, A. Composicao quimica do cafeeiro.
Quantidade e distribucao de N, P₂O₅, MgO, CaO en cafeeiro de 1 à 5 anos de idade.
Revista de agricultura 1958 XXXIII n° 1, p. 45-52.
3. Cooil. Leaf composition in relation to growth and yield of coffee in Kona.
Honolulu, University of Hawai. 1954, in 4^e.

4. Culot. Symptômes de déficience nutritive sur caféier robuste dans la cuvette congolaise.
Bulletin d'information de l'I.N.E.A.C., vol. VIII, n° 3, juin 1959, p. 189-199.
5. Culot, Van Wambeke, Crogaert. Contribution à l'étude des déficiences minérales du caféier arabica au Kivu.
Série scientifique I.N.E.A.C. n° 73.
6. Espinoza. El analisis foliar en el diagnostico del estado nutricional del cafeto.
Instituto Salvadoreño de investigaciones del cafe.
Santa Tecla, sept. 1960.
7. Espinoza. Resultados preliminares del analisis foliar del cafeto en Salvador.
Instituto Salvador de investigaciones del cafe.
Santa Tecla. El Salvador, juil. 1961.
8. Forestier. Sélection et nutrition minérale du caféier robuste.
Café, cacao, thé, n° 4, oct.-déc. 1961, p. 219-226.
9. Frankart, Crogaert. Contribution à l'étude de la nutrition minérale du caféier robuste en Uélé.
Série scientifique INEAC n° 80.
10. Jamar. Le diagnostic foliaire du caféier d'Arabie.
Bulletin doc. tech. agric. II (41), p. 25-34, 3° trim. 1957.
11. Lains E Silva. Variacao de composicao mineral de folhas de cafeeiro.
Revi de Cafe portugues Lisboa 1956, sept., n° 11, p. 45-61.
12. Laudelout. Le diagnostic du besoin en engrais par l'analyse foliaire.
Bulletin d'information de l'INEAC, vol. IV, n° 2, Avril 1955, p. 89-94.
13. Lott, Mac Clung, De Vita, Gallo. A survey of coffee fields in Sao Paulo and Parana by foliar analysis.
Ibec research institute n° 26, 1961.
14. Lott, Nery, Gallo, Medcalf. Leaf analysis technique in coffee research.
Ibec research institute n° 9, 1956.
15. Loue. Etude de la nutrition du caféier par la méthode du diagnostic foliaire.
Centre de Recherches Agronomiques de Bingerville, bulletin trimestriel n° 3 (2° trim. 1956), p. 13-42, Côte-d'Ivoire.
16. Loue. Etude de la nutrition du caféier par la méthode du diagnostic foliaire.
Centre de Recherches Agronomiques de Bingerville, bulletin n° 8, 2° trim. 1953, p. 97-154.
17. Loue. Première utilisation de diagnostic foliaire pour l'étude des oligo-éléments dans le caféier en Côte-d'Ivoire.
Centre de Recherches Agronomiques de Bingerville, bulletin spécial 1955, p. 31-37.
18. Loue. Diagnostic foliaire comparé du caféier dans les régions de Daloa et de Bingerville.
Centre de Recherches Agronomiques de Bingerville, bulletin spécial 1955, p. 38-53.
19. Loue. Influence de la fumure minérale sur la composition chimique du grain de café et de ses enveloppes et problèmes des exportations d'éléments fertilisants.
Centre de Recherches Agronomiques de Bingerville, bulletin spécial 1955, p. 54-68.
20. Loue. La nutrition minérale du caféier en Côte-d'Ivoire.
Centre de Recherches Agronomiques de Bingerville, bulletin spécial mars 1957, 205 pages.
21. Loue. Nouvelles observations sur les oligo-éléments dans la nutrition du caféier.
Café, cacao, thé, nov.-déc. 1960, p. 133-149.
22. Loue. Etude des carences et déficiences en K, Ca et Mg dans le caféier robuste.
IFCC, bulletin n° 4, août 1962, 46 pages.
23. Malavolta, Gomes, Coury. Etude de l'alimentation minérale du caféier.
Fertilité n° 5, sept. 1958, p. 15-25.
24. Medcalf, Lott, Teeter, Quinn. Experimental program in Brazil. Ibec research institute n° 6, 1955.
25. Molle. L'alimentation minérale du caféier.
Série scientifique INEAC n° 69.
26. Muller. Mineral deficiencies in coffee in Costa-Rica. Meeting on soil fertility and fertilizers for the Latin America Region, Turrialba, Costa-Rica 1957.
27. Muller. La aplicacion del diagnostico foliar en el cafeto (Coffea Arabica L.) para una mejor fertilization. Turrialba, Costa-Rica, 1959, vol. 4, oct.-déc., p. 110-122.
28. Paquay. Premiers résultats obtenus au Ruanda-Urundi, à la suite de l'application d'une fumure minérale au caféier d'Arabie.
Bulletin information INEAC n° 5, oct. 1961.
29. Parra. El analisis quimico de los hojas de los plantas y su aplicacion en el cultivo del café.
Robusta cafetera de Colombia (Bogota) 1957, avril, vol. 13, n° 131, p. 122-128.
30. Robinson. Influence of weed growth on the nitrogen in the soil and coffee leaf.
The coffee board of Kenya monthly bulletin, july 1956, p. 158-159.
31. Robinson. Mineral deficiencies in mature coffee; leaf sampling and analytical techniques.
The coffee board of Kenya monthly bulletin, January 1958, p. 9-13.
32. Robinson. Leaf analysis at the coffee research station Ruiru.
The coffee board of Kenya monthly bulletin, february 1958, p. 39-40.
33. Robinson. Mineral nutrition of coffee. Preliminary results with the leaf analysis technique.
East african agricultural and forestry journal, vol. XXVII, n° 1, july 1961.
34. URHAN. El analisis de hojas y la respuesta de los cafetos a algunos fertilisantes.
Boletim informativo Chinchina 1933, juin, vol. IV, n° 42, p. 36-38.

21

CAMEROUN AGRICOLE PASTORAL ET FORESTIER



mai 1964 — n° 76

Collection de Référence
ÉDITÉ PAR LA CHAMBRE D'AGRICULTURE DE L'ÉLEVAGE ET DES FORÊTS DU CAMEROUN



15 ex 4
B

15 ex 4
B