

QUELQUES RÉSULTATS

DES ESSAIS D'ENGRAIS SUR C. ROBUSTA

AU CENTRE DE RECHERCHES DE BOUKOKO

(RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE)

M. BORGET
Licencié ès-Sciences
Ancien chef de la section d'Agronomie

J. DEUSS (I. F. C. C.)
Ingénieur Agricole,
Chef de la section d'Agronomie

J. FORESTIER (I. F. C. C.)
Ingénieur Agricole,
Chef de la section de Chimie-Pédologie

Il y a quelques années à peine, l'application d'engrais sur caféier Robusta était encore peu courante dans les territoires francophones de l'Afrique, et pratiquement seuls quelques essais avaient été effectués. Récemment, le nombre de ceux-ci s'est multiplié et les planteurs intéressés ont été également plus nombreux. Déjà de grandes plantations reçoivent régulièrement des engrais, comme il est de règle pour d'autres spéculations agricoles tropicales. Sur quelles bases se font ces applications d'engrais ?

Les premiers essais effectués en station, alors que les critères de fertilité des sols étaient mal connus, furent des essais d'orientation. On recherche quels sont, dans des conditions données, les éléments agissant positivement sur la récolte.

Au début, les essais portèrent principalement sur l'équilibre classique NPK et le rôle possible de la matière organique, mais les premiers résultats conduisirent rapidement à l'introduction du magnésium dans les formules d'engrais si sa présence apparaît nécessaire.

LES LIMITES ACTUELLES DE L'EXPÉRIMENTATION

Une formule d'engrais n'a de valeur que si l'augmentation de récolte qu'elle apporte procure un bénéfice supplémentaire et maintient la fertilité du sol. Ce sont donc en définitive les résultats pratiques de l'expérimentation qui décideront des formules les meilleures. Or ces résultats ne sont acquis qu'après un assez grand nombre d'expériences pour lesquelles les sols, les modalités d'application, le climat, le

degré de sélection de la plante, les retouches faites à la formule principale varient. Actuellement, tous ces facteurs secondaires n'ont pas été testés suffisamment, faute d'expériences nombreuses, et constituent un ensemble qui conditionne les limites actuelles de l'expérimentation et influent sur les conseils de fumure qu'il est possible de fournir aux planteurs.

Les sols

Trop souvent, les résultats d'essais d'engrais sur caféiers Robusta ont été publiés sans que les caractéristiques des sols sur lesquels ils ont été acquis, soient données simultanément. Les résultats ainsi acquis n'ont qu'un intérêt très limité ne s'appliquant qu'à la plantation ou au terrain où ils ont été obtenus, encore ceux-ci doivent-ils être homogènes.

La plante

Le degré de sélection d'une plante joue un rôle dans le résultat des essais d'engrais. On estime qu'avec l'amélioration de la variété, la plante devient plus exigeante. Jusqu'à présent, pour le Robusta, tous les essais ont été pratiqués avec des descendance illégitimes provenant d'une sélection masale.

La formule initiale

Pour le caféier Robusta, LOUÉ et BUSCH ont calculé les exportations des récoltes et, employant des coefficients moyens d'utilisation des engrais adoptés pour d'autres plantes, ont mis au point une formule d'engrais générale, à partir de laquelle ils ont introduit des modifications selon l'état de nutrition connu du caféier. C'est ainsi que pour des caféiers

Robusta adultes, les formules définies et essayées ces dernières années en station contenaient 30 à 60 g d'azote et des équilibres allant de 1-0,5-1 à 1-1-2. Ces formules correspondent au maximum à 500 ou 600 kg d'engrais à l'hectare ; il est vraisemblable que l'on se trouve dans une zone moyenne ou prudente d'utilisation des engrais et que des essais nouveaux avec des doses plus fortes doivent être tentés.

Les modalités d'apport

Les modalités d'application des engrais en zone tropicale s'inspirent le plus souvent de considérations théoriques mal vérifiées et ne constituent qu'une première approximation. Les formules d'engrais et les quantités employées varieront probablement lorsque la technique d'emploi des engrais sera précisée.

Les facteurs culturaux

Enfin, certains facteurs culturaux tels que la couverture du sol, l'ombrage, la taille du caféier peuvent influencer sur l'équilibre des formules d'engrais ou les doses employées, et les expériences manquent qui trancheraient de l'influence de ces facteurs sur les récoltes en fonction des formules d'engrais.

LES CONTRÔLES DE L'EXPÉRIMENTATION

On peut appeler ainsi les résultats chiffrés qui permettent de comprendre l'action des engrais et d'en mesurer les résultats ; ce sont : le contrôle des caractéristiques du sol, le contrôle de l'alimentation de la plante par le diagnostic foliaire, le contrôle de la croissance et enfin la pesée des récoltes.

Ces contrôles permettent de généraliser les résultats d'un essai à des cas semblables.

Le diagnostic foliaire

Pour le caféier Robusta, les zones optima de nutrition du caféier ont été définies pour chaque période de l'année. Les concentrations à l'entrée de la saison sèche présentent une bonne corrélation avec la récolte à venir ; les niveaux optima sont à cette époque :

- plus de 2,7 % pour l'azote,
- 0,13 - 0,15 % pour le phosphore,
- 1,80 - 2,20 % pour le potassium,
- 0,30 - 0,36 % pour le magnésium.

L'analyse des plantes en essais permet de savoir si les doses d'engrais sont suffisantes ou non pour atteindre les valeurs considérées comme bonnes et, en conséquence, de faire les corrections nécessaires pour l'année suivante.

La concentration des différents éléments varie en cours d'année suivant une courbe propre à chaque élément, de sorte que le diagnostic foliaire effectué dans une plantation en vue de l'établissement d'une fumure ne pourra être fait qu'en novembre-décembre afin d'obtenir des chiffres comparables à l'échelle ci-dessus.

Il faut être prudent pour une première analyse et contrôler le résultat de l'action des engrais sur l'alimentation au bout d'une année, ceci à cause des interactions que le diagnostic foliaire ne permet pas toujours de prévoir.

Une analyse combinée diagnostic foliaire-analyse du sol permet de prévoir en général ces interactions.

L'analyse du sol

On considère encore que la détermination de la nature et de la quantité des éléments à apporter au sol en fonction de sa richesse n'est pas facile en régions tropicales. Cependant, des résultats récents permettent de penser que l'analyse chimique du sol en région tropicale peut servir de guide dans l'établissement des formules d'engrais, au moins en ce

qui concerne le phosphore, le potassium et le magnésium.

Le contrôle des récoltes

Il permet de décider de la valeur économique de l'application des engrais. Mais le résultat est limité au champ d'expérience et ne peut être étendu si les conditions de l'expérimentation ne sont pas connues (valeur du champ, alimentation de la plante).

RÉSULTATS D'ESSAIS A BOUKOKO

Nous nous proposons de donner ici les résultats de quatre essais d'engrais effectués au Centre de Boukoko, trois implantés après forêt et un après savane.

ESSAI NPK EN FORÊT

Conditions de l'essai

Cet essai a été effectué sur sol enrichi par le défrichement d'une forêt et le brûlis complet des bois. Il s'en est suivi un fort enrichissement du sol en éléments fertilisants disponibles. Deux ans après le défrichement on obtenait à l'analyse des échantillons superficiels de sol les valeurs suivantes :

Argile + limon	: 20 à 30 %
Matière organique	: 3,80 %
pH	: 6,80
Calcium échangeable	: 9 m.e/100 g
Magnésium échangeable : 1 m.e/100 g	
Potassium échangeable	: 0,45 m.e/100 g
P ₂ O ₅ acidosoluble Truog : 30 à 60 ppm	

L'essai est donc implanté sur un terrain riche avec un bon équilibre des bases. Toutefois, le rapport magnésium/potassium échangeables est très proche de sa valeur limite inférieure au-dessous de laquelle la nutrition magnésienne devient insuffisante.

L'essai mis en place en 1953 comprend cinq objets avec six répétitions chacun. Chaque parcelle élémentaire comprend cinq lignes de 12 caféiers et dans chacune 30 caféiers ont eu leurs récoltes analysées statistiquement.

Les traitements sont les suivants :

1. — Dose simple de N P K apportée sous forme de phosphate bicalcique, sulfate d'ammoniaque et chlorure de potassium.

2. — Dose double sous les mêmes formes que dans 1.

3. — Dose simple de N P K sous forme de phosphate bicalcique, nitrate de sodium et sulfate de potassium.

4. — Dose double sous les mêmes formes que dans 3.

5. — Témoin.

Les doses d'engrais appliquées par pied au cours de l'essai figurent dans le tableau I.

TABLEAU I. — Doses d'engrais en grammes appliquées annuellement sur l'essai de fumure NPK en forêt (pour les doses simples)

	Azote N	Acide phosphorique P ₂ O ₅	Potasse K ₂ O
1954	8	12	15
1955	10	16	24
1956	15	20	24
1957	20	20	24

La dose annuelle d'azote était épanchée en 2 fois (mars et septembre), celle d'acide phosphorique en une fois (mars) et celle de potasse en deux fois aux mêmes époques que pour l'azote. Azote et potasse étaient appliqués en couronne en surface, le phosphate bicalcique en 3 ou 4 trous de 10 cm de profondeur situés à l'aplomb de la frondaison de l'arbuste.

Résultats

Les récoltes contrôlées sur cet essai donnèrent les chiffres suivants en kg de cerises fraîches par pied.

TABLEAU 2. — Récolte en kg de cerises fraîches (moyenne par pied)

	Récolte 1958	Récoltes cumulées 1956-1958
1. Dose simple avec KCl	6,285	8,077
2. Dose double avec KCl	7,456	9,950
3. Dose simple avec SO ₄ K ₂	7,091	8,891
4. Dose double avec SO ₄ K ₂	7,257	9,261
5. Témoin	7,588	9,627

Ce tableau montre qu'il n'y a aucun effet évident de la fumure NPK sur les rendements, dans les conditions de l'essai. Il faut souligner que le protocole de l'essai ne permet pas d'établir si l'action positive de l'un des éléments N, P ou K se trouve masquée le cas échéant par l'effet dépressif d'un autre élément. La récolte de 1958, 7,135 kg de cerises fraîches par arbre, correspond à un rendement hectare de 1,60 t de café marchand, ce qui est un bon rendement d'autant qu'il existe une variabilité importante d'un bloc à l'autre.

Récolte moyenne par pied	
Bloc 1	3,963
— 4	3,619
— 2	5,812
— 5	7,384
— 3	11,055
— 6	10,979

Les parcelles témoins des blocs 3 et 6 qui dépassent 11 kg de cerises fraîches par pied, soit 2,6 t de café marchand à l'hectare, rendent difficile la mise en évidence d'un effet des engrais. Il est possible de se rendre compte que les doses d'engrais, même doubles, restent faibles ou tout au plus moyennes et ne correspondent qu'à des doses d'entretien.

Etant donné la valeur des témoins, cet essai d'engrais a été abandonné en 1958. Les conclusions partielles qu'il est possible d'en tirer indiquent que dans un terrain très riche, les engrais à dose d'entretien ne sont pas utiles avant le premier recépage et que dans de telles conditions, avant d'entreprendre un essai, il faudra connaître les possibilités maxima de productivité du caféier Robusta et avoir mis au point la technique d'emploi des fortes doses d'engrais en milieu tropical humide.

Les contrôles

Suivi par le diagnostic foliaire, cet essai a permis en outre les observations suivantes : c'est l'engrais potassique qui a modifié le plus le chimisme de la feuille, l'augmentation du taux de potassium étant significative et la diminution subséquente du magnésium étant également significative. Or si on se souvient que l'équilibre magnésium-potassium des bases échangeables du sol était à la limite des valeurs convenables, il est compréhensible que l'apport sans précaution de potassium rende insuffisante l'alimentation en magnésium et favorise même l'apparition temporaire de symptômes de mauvaise nutrition. C'est effectivement ce qui s'est produit pour certaines parcelles avec apport de potassium à dose double, ce déséquilibre alimentaire étant nettement perceptible à l'analyse du diagnostic foliaire.

TABLEAU 3. — Effet du potassium sur la nutrition du caféier (résultat en pourcentage de matière sèche ; moyenne des 6 blocs)

Objet	Taux de K	Taux de Mg
Parcelle témoin	1,55	0,37
Parcelle à dose double de K	1,79	0,28

Cet essai a donc également attiré notre attention sur l'importance de l'équilibre potassium-magnésium dans une formule de fumure.

ESSAI FACTORIEL EN FORÊT

Les conditions

Cet essai, mis en place en 1954 avec des plants de 6 mois d'une descendance F1 illégitime de B.10, a pour but de tester l'influence sur la croissance et la production des divers éléments susceptibles d'être utilisés dans une fumure du caféier et éventuellement les interactions favorables.

Il s'agit d'un essai factoriel, 2^o incomplet, sans répétition, et comportant 32 parcelles élémentaires réparties en deux blocs équilibrés. Chaque parcelle élémentaire comprend 3 lignes de 19 caféiers dont la seule ligne médiane est analysée.

Les conditions de sol des parcelles sont le résultat des travaux d'essouchage et de débardage d'une grosse forêt secondaire. A l'analyse, on obtient les caractéristiques suivantes :

Eléments fins	: 22 %
Matière organique	: 2,40 %
Calcium échangeable	: 4 m.e./100 g
Magnésium échangeable	: 0,60 m.e.
Potassium échangeable	: 0,40 m.e.
Phosphore acidosoluble Truog :	5 à 8 ppm

Du point de vue valeur agronomique, il s'agit donc d'un sol moyennement pourvu en éléments assimilables, avec une insuffisance de magnésium par rapport au potassium et un manque de phosphore acidosoluble.

Fumures

Toutes les combinaisons factorielles de six facteurs, azote, phosphore, potassium, magnésium, oligo-éléments et matière organique à deux doses chacun furent mises en expérience à l'exclusion de celles groupant un nombre impair de facteurs, soit au total $\frac{64}{2} = 32$ combinaisons. Le facteur oligo-éléments correspond à un mélange sulfate de magnésium, sulfate de zinc, sulfate de cuivre, borate de soude jusqu'en 1958. En 1959, l'objet CaO est supprimé et remplacé par du magnésium à forte dose. Le mélange d'oligo-éléments ne comprend plus de magnésium. La matière organique

TABLEAU 4. — Dose d'engrais sur l'essai factoriel général en forêt (g par arbuste)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	SO ₄ Zn	SO ₄ Cu	Borate Na	CaO	Matière organique
1954	16	16	18	0,5	1	1	1	6,0	650
1955	16	16	30	0,8	1,5	1,5	1,5	6	3.000
1956	20	24	30	1,6	3	3	3	7	6.000
1957	30	38	36	2,4	5	5	5	15	6.000
1958	50	60	60	5	5	5	5	24	10.000
1959	70	100	90	32	10	—	10	—	20.000
1960	50	60	72	32	10	—	10	—	20.000
1961	68	95	90	34	10	—	10	—	15.000

répandue est un fumier de bovin, sauf la première année où il s'agissait de parches de café traitées préalablement au « Bactefat ».

Les engrais furent apportés sous forme de sulfate d'ammoniaque, de chlorure de potassium, de phosphate bicalcique, de carbonate de calcium ou de chaux éteinte.

Les doses employées pendant les six années de l'essai figurent dans le tableau 4, les épandages étant fractionnés selon la même méthode que dans l'essai précédent (2 épandages par an sauf la 1^{re} année où toute la dose fut appliquée en 1 fois).

Les doses d'engrais N P K Mg Ca sont faibles ou moyennes, les doses d'oligo-éléments et de fumier sont relativement élevées.

Les résultats

Les premières mesures, en 1956, portèrent sur la croissance en hauteur et la circonférence moyenne basale. Elles révélèrent l'action bénéfique de l'azote et l'action dépressive du potassium en mai 1956 sur la croissance en hauteur. En décembre de la même année, il existait seulement une différence significative sur la circonférence basale en faveur de l'azote. Sur le rendement de 1956, il y avait une tendance à l'action positive de l'azote et négative du potassium.

Les résultats de récolte sont les suivants (moyenne en kg de cerises fraîches par arbre) :

Années	avec azote	sans azote	Supplément de récolte avec azote	
			par année	cumulé
1956	0,120	0,065	0,055	0,055
1957	1,110	0,740	0,370	0,425
1958	8,560	5,920	2,640	3,065
1959	5,726	5,378	0,348	3,413
1960	12,860	10,660	2,200	5,613
1961	4,200	3,958	0,242	5,855

Plus petite différence significative pour les 6 récoltes cumulées à $P = 0,05$: $d = 1,073$.

En 1961, année du recépage total avec tire sève des caféiers, l'influence de l'azote est moins marquée ; toutefois, on peut noter que la production en café marchand sur une seule branche a atteint 0,924 kg de moyenne pour les parcelles avec azote contre 0,870 kg dans les parcelles sans azote.

Les autres éléments furent sans effet sur la récolte : calcium et magnésium du fait d'un apport probablement trop faible pour marquer ; matière organique et oligo-éléments pour des raisons non connues.

L'interaction azote/phosphore est positive et significative depuis 1958. Les moyennes de production du facteur N × P pour les 6 récoltes cumulées sont (en kg de cerises fraîches par pied) :

N1 — P1 = 33,61	
N1 — P0 = 32,02	Ecart type de
N0 — P1 = 25,57	l'interaction
N0 — P0 = 28,43	NP = 2,58

Le phosphore associé à l'azote augmente le rendement.

Contrôle de l'alimentation

Les analyses de diagnostic foliaire (tableau 5) montrent que la différence d'alimentation azotée entre les parcelles avec azote et les parcelles sans azote n'a lieu qu'en début de saison des pluies. L'influence favorable de l'azote serait donc due principalement à une amélioration de la croissance permettant en fin d'année un plus grand nombre de glomérules. En 1957, donc pour la récolte 1958, les taux respectifs moyens sont de 2,94 % N et 3,22 % ; en 1958 de 3,32 et 3,52 % : ces derniers taux se situent à un niveau maximum d'alimentation du caféier et il est vraisemblable que l'on se trouve dans la zone d'alimentation « de luxe » de sorte que les différences observées n'ont plus d'effet sur la croissance.

Du fait que les différences d'alimentation azotée ne se maintiennent pas toute l'année, d'une part, que le taux moyen en décembre se situe vers la limite inférieure des bonnes valeurs, d'autre part, il semble que l'on puisse avancer que la fréquence des

épandages n'est pas suffisante ou que les doses employées ne sont pas assez fortes.

TABLEAU 5. — Variation des taux moyens d'azote dans les feuilles de caféiers de l'essai factoriel en forêt (N% de matière sèche)

	Parcelle avec azote	Parcelle sans azote
Avril 1957	3,22	2,94
Juillet	2,70	2,63
Septembre	2,42	2,45
Décembre	2,61	2,56
Mai 1958	3,52	3,32
Juillet	3,05	3,02
Septembre	2,74	2,67
Décembre	2,60	2,57

RÉSULTATS ÉCONOMIQUES

Nous avons vu que l'apport d'azote et l'interaction N P provoquaient une augmentation sensible de la récolte : il est donc intéressant de faire un calcul de rentabilité de l'emploi de l'engrais.

Pour le caféier on admet que l'engrais appliqué une année n'a d'effet que sur la récolte de l'année suivante, en favorisant d'une part la croissance et d'autre part la floraison de l'année où il est apporté. On considère que l'influence directe sur la récolte pendant est incertaine et ne se manifestera surtout qu'en diminuant la chute de juin, fréquente sur les arbres trop chargés et à nutrition paraissant insuffisante.

Pour calculer la rentabilité de l'engrais, il conviendrait donc de ne pas tenir compte des engrais appliqués l'année de la récolte.

Fumure azotée

Pour les trois premières années, il a été épandu 260 kg de sulfate d'ammoniaque à l'hectare nécessitant 10 journées de manœuvres à 120 F (on estime très largement qu'il faut 2 manœuvres par hectare à chaque épandage). Le supplément de récolte étant de 93,5 kg/ha de café marchand, on obtient :

Plus-value de récolte.... : 100 F × 93,5 = 9.350 F (*)
 Achat d'engrais : 35 F × 260 = 9.100 F
 Frais d'épandage : 120 F × 10 = 1.280 F

On peut donc estimer que le supplément obtenu à la première récolte permet de payer les frais des engrais appliqués pendant les trois premières années.

A la septième année on a épandu au total par hectare 1.260 kg de sulfate d'ammoniaque nécessitant 28 journées de manœuvres. Le supplément de

(*) Francs C. F. A.

récolte étant de 1.300 kg de café marchand à l'hectare pour les 6 récoltes cumulées, on obtient :

Plus-value de récolte.... : 100 F × 1.300 = 130.000 F
 Achat d'engrais : 32 F × 1.260 = 40.320 F
 Frais d'épandage : 120 F × 28 = 3.360 F

La marge bénéficiaire brute est donc de 86.320 F à l'hectare et si l'on tient compte des frais supplémentaires dus à l'excès de récolte (environ 15 F par kg), le gain net doit s'établir vers 66.000 F à l'hectare pour l'ensemble des 6 récoltes.

Il est nécessaire de calculer le bénéfice apporté par les engrais sur plusieurs récoltes, car certaines années l'engrais n'apporte aucun supplément de récolte (floraison grillée ou destruction parasitaire).

Fumure N P

L'augmentation de rendement due à l'interaction N P est de 350 kg de café marchand à l'hectare sur l'ensemble des récoltes cumulées. Le bilan de la fumure phosphatée s'établit donc ainsi :

Plus-value de récolte : 100 F × 350 = 35.000 F
 Achat de 790 kg de phosphate bicalcique : 35 F × 790 = 27.650 F
 Frais d'épandage : 120 F × 14 = 1.680 F
 Frais supplémentaires de récolte, d'usinage et de commercialisation..... : 15 F × 350 = 5.250 F
 Total 34.580 F

L'emploi du phosphate bicalcique au prix actuel est donc sans intérêt au point de vue économique, dans des conditions similaires à celles de l'essai.

ESSAI D'ENGRAIS EN SAVANE

Les conditions

Cet essai mis en place en 1954 avec des plants de 6 mois, descendance illégitime F2 de la lignée A 445, comprend 8 blocs de deux parcelles, chaque parcelle comprenant 3 lignes de 24 caféiers.

Le terrain où l'essai est implanté est extrêmement pauvre et les caractéristiques sont les suivantes :

Argile + limon : 12 à 15 %
 Matière organique : 1,35 %
 Calcium échangeable : 1,50 m.e
 Magnésium échangeable : 0,20 m.e
 Potassium échangeable : 0,20 m.e

Ainsi, alors que le taux de potassium est convenable, les éléments alcalino-terreux sont très déficients, et la matière organique est également nettement insuffisante.

Fumure

Le but de l'essai était de comparer deux méthodes d'apport de l'azote, soit en fractionnant la dose

annuelle en deux fois, soit en trois fois, une fumure complémentaire de fond étant apportée. Cette fumure complémentaire comprenait au début de l'expérience du phosphate bicalcique, du chlorure de potassium, un mélange d'oligo-éléments (bore, cuivre, zinc), du sulfate de magnésium, de la chaux et du fumier. Par la suite, les résultats de diagnostic foliaire ont conduit à modifier cette fumure de fond en augmentant la dose de sulfate de magnésium et en supprimant le chlorure de potassium, puis finalement les oligo-éléments et le calcium pour obtenir une fumure N-P-Mg et matière organique.

Au cours des années, les doses employées furent celles indiquées dans le tableau 6.

A partir de 1958, l'azote a été épandu soit en 2 fois, soit en 4 fois au lieu de 3.

Résultats

Les premières mesures effectuées sur cet essai portèrent sur le développement en hauteur et la circonférence basale des troncs. Pour les deux catégories de mesure, il y avait en 1956 et début 1957, une très nette différence significative avec la ligne témoin, mais pas de différence entre les deux types de fréquence d'épandage de l'azote. Signalons que le témoin est représenté par une ligne unique séparant les blocs en deux groupes de quatre. Statistiquement, sa valeur représentative est faible, mais, vu les différences observées très importantes avec les parcelles à engrais, il peut être utile de le considérer. Un essai voisin ne recevant pas d'engrais présente d'ailleurs des arbustes ayant le même aspect que cette ligne témoin.

Les récoltes sont données dans le tableau 7.

Les récoltes de la ligne témoin montrent la très médiocre valeur du terrain. Les récoltes des parcelles recevant des engrais sont beaucoup moins importantes que pour des parcelles d'âge correspondant en forêt : il semble que le développement des arbustes a été retardé d'au moins un an.

TABLEAU 7. — Récoltes effectuées sur l'essai de savane (moyenne par pied en kg de cerises fraîches).

	N en 2 fois (b)	N en 3 fois (c)	Productions cumulées		Ligne témoin
			b	c	
1956	nul	nul	—	—	nul
1957	0,044	0,085	0,044	0,085**	0,002
1958	0,409	0,682	0,453	0,767**	0,007
1959	2,327	3,043	2,780	3,810*	0,011
1960	7,005	7,907	9,785	11,717	0,510
1961	10,196	10,545	19,981	22,262	0,480

** Effet significatif à P = 0,01

* Effet significatif à P = 0,05

L'avantage de l'épandage fractionné de l'azote en 4 fois apparaît nettement jusqu'en 1959. A partir de 1960, l'effet du fractionnement de l'épandage de l'azote diminue progressivement et passe à 3,4 % lors de la dernière récolte en 1961.

On peut supposer que cette disparition progressive de l'avantage procuré durant les premières années de plantation par un épandage fractionné est dû, compte tenu du niveau élevé de la production en 1960 et 1961, à une insuffisance de la fumure azotée (67 unités par ha) et également au fait que, le système racinaire des caféiers ayant atteint un plus grand développement, les pertes par lessivage seraient moins importantes dans une plantation adulte.

Contrôle de l'alimentation

Les résultats de diagnostic foliaire ont mis en évidence le déséquilibre alimentaire des caféiers et permettent d'expliquer pourquoi, malgré un développement presque normal, la récolte fut nulle en 1956, très faible en 1957 et encore bien insuffisante en 1958. L'apport d'azote provoquait bien une croissance meilleure de l'arbre, mais les glomérules n'avaient que quelques cerises, la floraison étant très mauvaise du fait d'un rapport (Ca + Mg)/K très éloigné de l'optimum.

TABLEAU 6. — Doses d'engrais employées sur l'essai de savane (g par arbre)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	Fumier	SO ₄ Cu	SO ₄ Zn	Borate Na
1955	16	16	30	1	6	3.000	2	2	2
1956	20	24	18	5	15	8.000	3	3	3
1957	30	40	30	6	15	16.000	5	5	5
1958	50	60	—	20	30	20.000	5	5	5
1959	64	60	—	25	—	20.000	—	20	20
1960	64	100	—	32	—	20.000	—	—	—
1961	67	95	—	54,5	—	15.000	—	—	—

TABLEAU 8. — Diagnostic foliaire sur l'essai d'engrais de savane (% de matière sèche)

Date	Avec 3 ou 4 épandages d'azote					Témoin				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
17.XII.1956	2,19	0,09	2,12	0,85	0,11	2,45	0,10	1,48	1,36	0,28
20.XII.1957	2,23	0,12	2,79	0,95	0,13	2,41	0,11	2,72	1,06	0,13
9.XII.1958	2,46	0,12	2,43	1,14	0,15	2,64	0,12	2,51	0,95	0,14
7.XII.1959	2,35	0,12	2,04	1,31	0,21	2,16	0,11	2,34	0,94	0,16
13.XII.1960	2,33	0,11	1,80	1,52	0,25	2,60	0,10	2,25	1,02	0,21

Ce n'est qu'à partir de 1958 et surtout en 1959, lorsque les doses d'engrais magnésiens deviennent plus fortes et que l'apport de potassium cesse, que la nutrition du caféier s'améliore nettement. Néanmoins, le taux de magnésium est encore insuffisant et les doses d'engrais devront être augmentées. Les accroissements de production sensibles devraient avoir lieu avec une alimentation mieux équilibrée.

Il est difficile de calculer la rentabilité de cet essai étant donné que la fumure de fond n'a pas toujours été la meilleure et ne l'est peut-être pas encore. Cependant, l'importance des deux dernières récoltes ne peut laisser de doute sur la valeur de l'apport des engrais, même sur un sol très dégradé.

ESSAI FACTORIEL N P Mg EN FORÊT

Les conditions

A la suite des résultats obtenus dans les deux essais précédents, il a été mis en place en 1958 un nouvel essai factoriel 2³ N P Mg en forêt sur des caféiers implantés en 1955. Il y a 3 répétitions : chaque parcelle comporte 3 lignes de 8 caféiers et est séparée de la voisine par une ligne neutre.

Le but de l'essai est de tester la valeur d'une fumure sans potasse, la rentabilité d'une fumure magnésienne dont le besoin théorique est net sans qu'il y ait déficience aiguë ; les interactions entre ces trois éléments.

Les conditions de terrain sont différentes de celles des deux essais précédents et se rapprochent beaucoup de celles du premier essai N P K en forêt. C'est un sol où la forêt a été brûlée et donc assez enrichi, ce que confirment les résultats d'analyse.

Argile + limon	: 15 à 20 %
Matière organique	: 2,20 %
Calcium échangeable	: 11 m.e./100 g
Magnésium échangeable	: 0,90 m.e
Potassium échangeable	: 0,75 m.e
Phosphore acidosoluble Truog	: 100 ppm

Ces résultats montrent qu'il existe un déséquilibre Mg/K, le rapport étant trop faible, et que la nutrition en phosphore a toute chance d'être suffisante.

Fumure

L'azote a été appliqué sous forme ammoniacale, le phosphore sous forme de phosphate bicalcique et le magnésium sous forme de sulfate heptahydraté. Le phosphore est appliqué en une fois, les autres engrais en 4 fois à quantités égales.

TABLEAU 9. — Engrais apportés à l'essai factoriel NPMg en forêt (g par arbre)

Année	N	P ₂ O ₅	MgO
1958	62	40	19
1959	64	92	32
1960	64	92	32
1961	75	92	34

Les résultats

La récolte de 1958 qui n'a pu être grandement influencée par les engrais montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements au début de l'expérience.

Les récoltes moyennes cumulées 1959-1960 et 1961 donnent pour les effets principaux (en kg de cerises fraîches par pied) :

N = 22,53	P = 20,47	Mg = 21,68
No = 19,44	Po = 21,49	Mgo = 20,29

Les différences ne sont pas significatives. Il semble que sur arbres âgés, la fumure soit plus longue à marquer et que les caféiers mettent un certain temps pour se libérer de leur passé nutritif et réagir à la fumure.

PRINCIPES POUR CONSTITUER UNE FORMULE D'ENGRAIS

Ces principes se sont dégagés progressivement des résultats que nous avons passé en revue et des analyses nombreuses qui ont accompagné les essais. Ces principes mettent en évidence la nécessité de l'azote, la valeur des équilibres NP et K Mg.

Nécessité de l'azote

L'azote est la base des formules d'engrais, tant par son importance pour une bonne production que par le fait que les conditions culturales conduisent à une nutrition azotée tout juste suffisante : absence d'ombrage, plante de couverture mal traitée.

Equilibre N P

Il existe une interaction favorable NP qui se manifeste principalement pendant la période de croissance. Cependant, l'effet en semble insuffisant pour rendre la fumure phosphatée rentable dans les conditions actuelles.

Le rapport P_2O_5/N ne doit pas dépasser 1 et plus vraisemblablement rester entre 0,5-0,7.

Equilibre NK Mg

Les apports de potassium ou de magnésium ne sont conseillables simultanément que dans le cas

d'une dose d'entretien d'une plantation à alimentation équilibrée ou lorsque le sol très fragile a un complexe absorbant très peu saturé. Ces apports doivent toujours être accompagnés d'un épandage d'azote. Les besoins globaux d'exportation par la récolte du caféier donnent un équilibre N/K_2O de 0,75. On peut donc avoir un équilibre $N/K_2O = 0,5$ pour une déficience légère en potasse et $N/K_2O = 0,35$ en cas de déficience grave. Plus la formule s'éloigne de l'équilibre normal, moins elle doit être appliquée longtemps sans contrôle. L'apport de MgO , tel qu'il a été défini d'après les données du diagnostic foliaire, mène à la conception de formules d'équilibre N/MgO de 1,25, pour les cas les plus courants, et voisin de 0,6 pour les déficiences les plus fortes en magnésium en sols très argileux.

Formules complètes

L'exportation de la récolte entraînant, pour être juste compensée, une formule d'équilibre NPK se rapprochant de 1-0,7-1,3, il est possible, connaissant soit les résultats du diagnostic foliaire, soit les caractéristiques du sol, d'établir les principaux types de formules d'engrais appropriées pour le caféier Robusta, avec comme restriction l'absence de carence induite grave.

Type de nutrition	Equilibre entre éléments				Taux d'azote (g)
	N	P_2O_5	K_2O	MgO	
Excès K, carence grave Mg	1	0,6	0	1 -1,6	60-100
Léger excès K, déficience légère Mg	1	0,6	0	0,8	60
Léger déséquilibre dans sol léger	1	0,6	1,3	0,8	50-60
Très bonne	1	0,6	1,3	0,5-0,8	40-60
Légèrement déficiente K	1	0,7	1,3	0	40-60
Très déficiente K, légère déficience P	1	0,8	2,0	0	60
Très déficiente K-P	1	0,8	2,8	0	60-100
Très déficiente K-P	1	1	2,8	0	60-100

CONCLUSIONS

Ainsi, les premiers essais de fertilisation du caféier à la station de Boukoko ont permis de préciser les bases de la fumure minérale de cette culture. La plupart des essais ont porté sur un cycle total de production des caféiers, c'est-à-dire de la plantation au recépage, ce qui permet de pallier la variation des conditions météorologiques et d'apprécier l'effet des engrais sur plusieurs récoltes.

Les résultats mentionnés dans cette note ont mis en évidence :

a) l'interdépendance des effets des différents éléments fertilisants. C'est une confirmation de la loi du minimum en région tropicale ;

b) la nécessité d'adapter les formules de fumure aux conditions locales de fertilité du sol et d'en contrôler périodiquement, par le diagnostic foliaire,

l'effet sur la nutrition minérale du caféier, afin de pouvoir apporter d'éventuelles corrections ;

c) étant donné le prix de revient élevé des engrais en République Centrafricaine, l'application d'une fumure minérale ne pourra être rentable que si elle est faite à bon escient et s'accompagne d'une amélioration simultanée des techniques culturales. Il est possible d'obtenir grâce à la fumure azotée un

bénéfice net à l'hectare de l'ordre de dix à douze mille francs CFA par an.

L'augmentation de la production mondiale des engrais azotés et la tendance à la baisse du cours de ces engrais devraient inciter un plus grand nombre de planteurs de café de R. C. A. à s'engager dans la voie de la fertilisation minérale.

BORGET (M.), DEUSS (J.), FORESTIER (J.). — **Quelques résultats des essais d'engrais sur *C. robusta* au Centre de Recherches de Boukoko (République Centrafricaine).** *Café Cacao Thé* (Paris) 1963, vol. VII, n° 1, p. 22-32.

Les Auteurs donnent ici les résultats de quatre essais d'engrais effectués au Centre de Boukoko (République Centrafricaine) dont trois furent implantés après forêt et un après savane.

Ces premiers essais de fertilisation du caféier en République Centrafricaine ont permis de préciser les bases de la fumure minérale de cette culture. La plupart des essais ont porté sur un cycle total de production des caféiers, c'est-à-dire de la plantation au recépage, ce qui permet de pallier la variation des conditions météorologiques et d'apprécier l'effet des engrais sur plusieurs récoltes.

Les principes pour constituer une formule d'engrais, qui se sont dégagés des résultats exposés par les Auteurs, mettent en évidence la nécessité de l'azote, la valeur des équilibres NP et K Mg.

Il existe une interaction favorable N P, mais l'effet en semble cependant insuffisant pour rendre la fumure phosphatée rentable dans les conditions actuelles. Le rapport P_2O_5/N ne doit pas dépasser 1 et plus vraisemblablement rester entre 0,5-0,7.

Les apports de potassium ou de magnésium ne sont conseillables simultanément que dans le cas d'une dose d'entretien d'une plantation à alimentation équilibrée ou lorsque le sol très fragile a un complexe absorbant très peu saturé. Ces apports doivent toujours être accompagnés d'un épandage d'azote. Les besoins globaux d'exportation par la récolte du caféier donnent un équilibre N/K_2O de 0,75. L'apport de MgO , tel qu'il a été défini d'après les données du diagnostic foliaire, mène à la conception de formules d'équilibre N/MgO de 1,25.

La formule d'équilibre N P K se rapprochant de 1-0,7-1,3, les Auteurs ont établi en fonction des résultats du diagnostic foliaire ou des caractéristiques du sol les principaux types de formules d'engrais appropriées pour le caféier Robusta, en l'absence de carence induite grave.

D'une façon plus générale ces résultats ont mis en évidence :

1. — l'interdépendance des effets des différents éléments fertilisants,
2. — la nécessité d'adapter les formules de fumure aux conditions locales de fertilité du sol et d'en contrôler périodiquement, par le diagnostic foliaire, l'effet sur la nutrition minérale du caféier, afin de pouvoir apporter d'éventuelles corrections,
3. — la possibilité d'obtenir grâce à la fumure azotée un bénéfice net à l'ha de l'ordre de dix à douze mille francs CFA par an. Etant donné le prix de revient élevé des engrais en République Centrafricaine, l'application d'une fumure minérale ne pourra être rentable que si elle est faite à bon escient et s'accompagne d'une amélioration simultanée des techniques culturales.

BORGET (M.), DEUSS (J.), FORESTIER (J.). — **Some findings resulting from fertilizer experiments on *C. robusta* at the « Centre de Recherches de Boukoko »** (République Centrafricaine). *Café, Cacao, Thé*, Paris, 1963, vol. VII, n° 1, p. 22-32.

The Authors are giving hereafter the results obtained from four fertilizer experiments carried out at the « Centre de Boukoko » (République Centrafricaine) among which three were laid out after forest and one after savannah clearing.

BORGET (M.), DEUSS (J.), FORESTIER (J.). — **Einige Ergebnisse aus Düngungsversuchen auf *C. Robusta* in (Zentralafrikanische Republik) der Forschungsstation von Boukoko** *Café, Cacao, Thé*, Paris, 1963, vol. VII, n° 1, p. 22-32.

Die Verfasser geben hierunter die Ergebnisse aus vier in der Station Boukoko (Zentralafrikanische Republik) ausgeführten Düngungsversuchen von den drei auf ehemaligem Wald und eins auf Savanneland.

BORGET (M.), DEUSS (J.), FORESTIER (J.). — **Algunos resultados de ensayos de fertilización de *C. robusta* en el Centro de investigaciones de Boukoko** (República Centroafricana). *Café, Cacao, Thé*, Paris, 1963, vol. VII, n° 1, p. 22-32.

Los Autores presentan aquí los resultados de cuatro ensayos de fertilización hechos en el Centro de Boukoko (República Centroafricana), de los cuales tres fueron implantados después de monte, uno después de sabana.

These initial fertilizer experiments on coffee, in the République Centrafricaine, have enabled to establish the basis for inorganic fertilization on this crop. Most of the experiments have included the whole of the coffee trees production cycle, i. e. from planting to cut-back, thus allowing for variations in meteorological conditions and for due appreciation of the influence of fertilizers on many harvests.

The principles for setting up a fertilization formula, which have been drawn from the results given by the Authors, stress the necessity of nitrogen together with the value of NP and K Mg balance. The existing NP interaction is beneficial as such, but its effect seems, nevertheless insufficient to render phosphatic manuring profitable under present conditions. The P_2O_5/N ratio should not be higher than 1 and, as a rule, remains between 0.5-0.7.

Simultaneous potash and/or magnesium dressings are only recommended as routine additions to plantations with a well balanced nutrition or to rather poor soils with hardly saturated retaining capacity. Such additions should always be made together with a nitrogen dressing. The total requirements removed by the coffee crop are equal to an N/K_2O equilibrium of 0.75. Addition of MgO , in terms of foliar analysis data, leads to the concept of 1.25 N/MgO formulae.

The expression of NPK balance being near to 1-0.7-1.3, the Authors have, in terms of foliar analysis results or of soils characteristics, established the main types of fertilizer mixtures convenient to Robusta coffee provided the tree is not affected by any severe induced deficiency.

Results mentioned in the above, on the whole, stressed :

1. — The interdependence of the effects due to the various fertilizing elements.

2. — The necessity of adapting manuring mixtures to local conditions of soil fertility and of checking, periodically, by means of foliar analysis the effect of such mixtures on the mineral nutrition of the tree, in order to be able to apply, if needed, the requisite modifications.

3. — The possibility of obtaining, by means of nitrogen manuring, a net profit amounting approximately from 10 to 12 thousand CFA francs per hectare/year. Given the high cost of fertilizers in the République Centrafricaine, mineral manure dressings will only be profitable provided they suit the purpose and cultural methods are improved at the same time.

Diese ersten Düngungsversuche auf Kaffeebaum in der Zentralafrikanischen Republik waren Gelegenheit zur Festsetzung einer Base für die Mineraldüngung dieser Kultur. Der grösste Teil dieser Versuche umfasste den ganzen Produktionszyklus, bzw. von Pflanzung bis zur Abholzung um damit meteorologische Bedingungen in Rechnung ziehen zu können und Einfluss des Düngerstoffes auf mehreren Ernten schätzen zu können.

Grundsätze für die Festsetzung einer Mischung Düngermittel, die von den Verf. Ergebnissen hervorgehoben worden sind, zeigen die Nötigkeit von Stickstoff sowie den Wert von NP und K Mg Ausgleichungen.

Es besteht eine günstige NP Interaktion, es scheint aber dass ihre Wirkung ungenügend ist um die Phosphatdüngung unter den jetzigen Bedingungen rentabel zu machen. Das Verhältnis P_2O_5/N darf nicht 1 übersteigen und nach aller Wahrscheinlichkeit zwischen 0,5-0,7 bleiben.

Gaben von Potassium oder Magnesium sind nur gleichzeitig zu empfehlen wenn es sich um die Instandhaltung einer Pflanzung mit balancierter Nahrung oder um einen zarten Boden mit ungesättigten Saugkomplex handelt. Mit solchen Gaben soll immer Stickstoff zugeführt werden. Die totale Ernteabgabe ergibt einen N/K_2O Ausgleich von 0,75. Die MgO Gabe, wie sie nach den Daten der Blattanalyse festgesetzt worden ist, leitet zur N/MgO Ausgleichung von 1,25.

Da die Ausgleichwerte von NPK sich von 1-0,7-1,3 nähern, haben Verfasser den Ergebnissen der Blattanalyse oder den Bodeneigenschaften nach die Haupttypen Düngerstoffmischungen für Robusta festgesetzt, unter der Bedingung, dass keine schwere induzierte Bedürftigkeit besteht.

Im allgemeinen haben diese Ergebnisse folgendes hervorgehoben :

1. — Interdependenz der Wirkung der verschiedenen Düngerelemente.

2. — Notwendigkeit die Düngermittelmischungen den lokalen Bodenfruchtbarkeitbedingungen anzupassen und deren Einfluss auf der Mineralnahrung des Kaffees regelmässig zu prüfen, so dass etwaige Änderungen ausgeführt werden können.

3. — Möglichkeit, dank einer Nitrogendüngung, ein netto Gewinn von zehn bis zwölftausend « francs CFA » pro Hektar/Jahr einzubringen. Da der Kostpreis der Düngerstoffe in der Zentralafrikanische Republik hoch steht, kann die Zufuhr einer Mineraldüngung nur rentabel werden wenn es die Lage entspricht und wenn zu gleicher Zeit die Bewaumungsmethode verbessert werden.

Estos primeros ensayos hechos en la República Centroafricana permitieron precisar las bases de la fertilización mineral del café. En la mayor parte de los ensayos fué considerado un ciclo total de producción de los cafetos, es decir de la plantación al remozado, lo que permite eliminar el efecto de las variaciones meteorológicas y evaluar la acción de los fertilizantes sobre varias cosechas.

De los resultados presentados por los Autores se sacan unos principios para la elaboración de una fórmula de fertilización entre los cuales se destacan la necesidad del nitrógeno y el valor de los equilibrios NP y K Mg.

Hay una interacción favorable N P ; sin embargo parece insuficiente el efecto para que la fertilización fosfatada se pueda utilizar económicamente en las condiciones actuales. La relación P_2O_5/N no debe ser superior a 1 y se hallara más bien comprendida entre 0,5 y 0,7.

Aportes simultáneos de potasio o de magnesio sólo se aconsejan en el caso de una dosis de mantenimiento en los cafetales cuya alimentación sea equilibrada o cuando un suelo muy frágil tenga un complejo absorbente muy poco saturado. Estos aportes deben siempre acompañarse de una fertilización nitrogenada. Las necesidades globales concernientes los elementos exportados por la cosecha dan un equilibrio N/K_2O igual a 0,75. El aporte de MgO tal como ha sido definido basándose en los datos del diagnóstico foliar lleva a la concepción de fórmulas de equilibrio N/MgO iguales a 1,25.

La fórmula de equilibrio NPK estando cerca de 1-0,7-1,3, los Autores establecieron en función de los resultados del diagnóstico foliar o de las características del suelo los tipos principales de fórmulas de abonamiento apropiadas, siempre que no se encuentre carencia inducida grave.

Más generalmente estos resultados evidenciaron :

1. — la interdependencia de los efectos de los varios nutrientes,

2. — la necesidad de adaptar las fórmulas de fertilización a las condiciones locales de feracidad del suelo y de controlar periódicamente con el diagnóstico foliar su efecto sobre la nutrición mineral del café para hacer eventualmente las correcciones necesarias.

3. — la posibilidad de obtener gracias a la fertilización nitrogenada un beneficio anual neto de diez a doce mil francos CFA por hectárea. En vista del alto costo de los fertilizantes en la República Centroafricana, éstos sólo produzcan beneficio si se aplican a sabiendas y conjuntamente con un mejoramiento de las técnicas de cultivo.

**CAFÉ
CACAO
THÉ**

Extrait des n^{os} 4-1961
3-1962, 1-1963, 2-1964

**Études sur la nutrition minérale
du caféier *C. canephora* (Robusta)
en République Centrafricaine
(Centre de Recherches
Agronomiques de Boukoko)**

J. FORESTIER
J. DEUSS

M. BORGET

23 MAI 1966

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N^o : 20 193 - 20197

Cote : B.

~~O. R. S. T. O. M.~~

~~Collection de Référence~~

~~n^o 70~~

~~31 MAI 1965~~

Bio et
Annel