

Rentabilité des fumures minérales sur cocotier dans les conditions du Sud-Est ivoirien

P. COOMANS (1) et R. OCHS (2)

Résumé. — Parmi les facteurs de production, la fertilisation est certainement celui qui permet d'accroître le plus rapidement les rendements du cocotier dans les conditions du Sud-Est de la Côte-d'Ivoire. Dans les conditions économiques actuelles, l'opération de fertilisation comportant l'apport annuel de 0,7 kg de phosphate tricalcique, 2 kg de chlorure de potassium, 1 kg de kiesérite par arbre procure un bénéfice net de 70 000 F CFA par hectare et par an ; un investissement annuel supplémentaire de l'ordre de 60 000 F CFA se traduit par une progression des recettes de 130 000 F CFA, soit un rapport de 2,2. L'étude des courbes de réponse pour le potassium, le phosphore et le magnésium permet de confirmer une validité des niveaux critiques du diagnostic foliaire retenus jusqu'alors pour la gestion de la nutrition minérale en plantation industrielle.

Mots clés : Cocotier, Fumure minérale, Rentabilité, Diagnostic foliaire, Niveaux critiques.

Les expériences conduites sur cocotier dans les conditions du sud-est de la Côte-d'Ivoire, ont montré que, parmi les facteurs de la production, la fertilisation est certainement celui qui permet d'accroître le plus rapidement les rendements.

La récente augmentation du prix des engrais ayant modifié les données économiques de la fertilisation, il a paru utile de faire le point sur la rentabilité des fumures et de vérifier la validité des niveaux critiques qui servent de base à la gestion de la nutrition minérale en plantation.

I. — BASES EXPÉRIMENTALES DE LA FERTILISATION

L'étude de la nutrition minérale du cocotier en Côte-d'Ivoire a débuté en 1952 avec la création de la Station I. R. H. O. de Port-Bouët. A cette époque, le problème le plus urgent à résoudre était la restauration de la cocoteraie existante [1 et 2] établie sur les sables côtiers très pauvres en éléments minéraux et dont les rendements moyens étaient de l'ordre de 500 kg de coprah à l'ha.

Les premières expériences (PB.CC 1 et PB.CC 5) ont rapidement démontré que la médiocrité des rendements résultait essentiellement d'une carence potassique générale et qu'une application de 225 kg/ha de chlorure de potassium, associée à un bon entretien, permettait de doubler, voire de tripler, les rendements.

Avec l'amélioration du cocotier Grand Ouest Africain et la création des premiers blocs industriels, le programme de recherches sur la fertilisation s'est considérablement développé.

Le réseau expérimental mis en place s'est étendu sur 70 ha, dont 50 ha sont actuellement encore en observation ; il a montré que les apports de potassium sont indispensables dès la plantation [3] et que des apports de Mg sont également nécessaires pour obtenir le plein effet des fumures potassiques sur la production [4].

Sur les sables du littoral, le phosphore constitue un autre facteur limitant [5], l'effet des apports de phosphate bicalcique se traduisant par une augmentation moyenne de 25 p. 100 de la production de coprah.

Parallèlement aux résultats ayant une portée immédiate, ces expériences, suivies et contrôlées par le diagnostic foliaire, avaient également pour but de définir les normes de référence pour une gestion rationnelle et économique de la nutrition minérale.

C'est ainsi que l'étude des relations entre les teneurs en éléments minéraux des feuilles et les observations de croissance et de production a permis de déterminer un niveau critique pour chaque élément, c'est-à-dire une teneur en dessous de laquelle l'apport de l'élément correspondant a de fortes chances d'augmenter économiquement la production.

Cette définition, qui contient la notion de rentabilité, est celle qui avait été retenue à l'origine.

Par la suite, les travaux entrepris dans différentes régions du monde ont montré que les valeurs critiques ainsi trouvées étaient proches de l'état de nutrition optimal et qu'elles étaient du même ordre de grandeur dans la majorité des situations.

Les niveaux critiques en p. 100 de matière sèche proposés par l'I. R. H. O. pour la feuille de rang 14 sont les suivants :

- N : 1,80-2,00
- P : 0,12-0,13
- K : 0,80-1,00
- Mg : 0,25-0,30.

Avec la fourniture de semences d'hybrides de Nains × Grand Ouest Africain à haut potentiel de production (plus de 5 t de coprah dans les conditions de Port-Bouët), l'étude de la nutrition minérale a pris depuis peu une nouvelle orientation.

Les résultats obtenus à ce jour sur ce type de matériel ne concernent encore que l'action des fumures dans le jeune âge.

Aussi, cet article s'intéressera uniquement aux résultats de production des expériences conduites sur le cocotier Grand Ouest Africain (G. O. A.).

II. — RENTABILITÉ GLOBALE DES FUMURES PRÉCONISÉES SUR LE COCOTIER G. O. A.

a) Effet des fumures sur la production.

L'effet des fumures sur le matériel local ayant un potentiel de production de 3 t de coprah/ha est schématisé sur la figure 1. Les doses d'engrais sont celles

(1) Ingénieur agronome F. S. A. Gembloux, chargé de recherches à la station I. R. H. O. de Port-Bouët (Côte-d'Ivoire).

(2) Directeur du Département Agronomie de l'I. R. H. O., Montpellier (France).

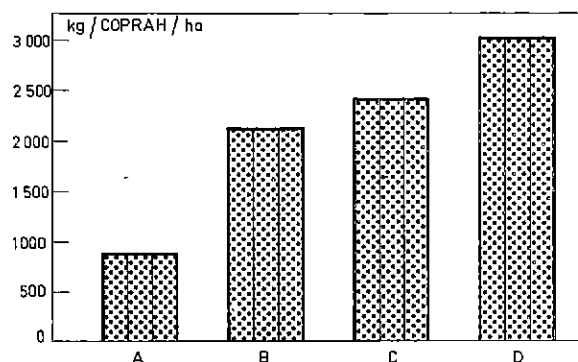


FIG. 1. — Effet des fumures sur la production du cocotier G. O. A. (Effect of manurings on the yield of W. A. T.): A = sans fumure (without fertilizer) : 890 kg/ha = 100 p. 100, B = K : 2100 kg/ha = 236 p. 100, C = K + Mg : 2400 kg/ha = 270 p. 100, D = K + Mg + P : 3000 kg/ha = 337 p. 100.

du barème établi pour le cocotier G. O. A. adulte (Tabl. I) à partir des résultats des expériences implantées à Port-Bouët sur des sols sableux très pauvres en éléments nutritifs.

TABLEAU I

Barème de fumure sur cocotier G. O. A. (en kg/arbre/an)
(Manuring rates on W. A. T. coconut palm — in kg/tree/year)

Année (Year)	Phosphate tricalcique (Tricalcic phosphate)	Chlorure de potassium (Potassium chloride)	Kiesérite
N7 et au-delà (and above)	0,700	2,000	1,000

Il apparaît que si le potassium constitue le premier facteur limitant, seule une fumure P, K, Mg permet d'obtenir le rendement maximal en coprah par ha.

b) Rentabilité.

L'application d'une fumure est rentable quand l'accroissement de la valeur de la production qu'elle

procure est supérieur au coût de l'apport et des charges supplémentaires qui en résultent.

L'évolution de ces charges, calculées dans les conditions d'octobre 1975, en fonction de la production à l'ha, est donnée dans la figure 2.

Dans le tableau II, ont été reportés les paramètres qui interviennent dans le calcul de la marge brute/ha avec et sans fumure. Sur le matériel G. O. A., l'utilisation d'une fumure comportant les trois éléments P, K, Mg augmente les charges variables de 13 500 F à 70 500 F par ha et par an à l'âge adulte, mais fait passer la valeur du produit brut de 53 500 F à 180 000 F, en assurant donc une progression de la marge brute de 40 000 à 109 500 F CFA.

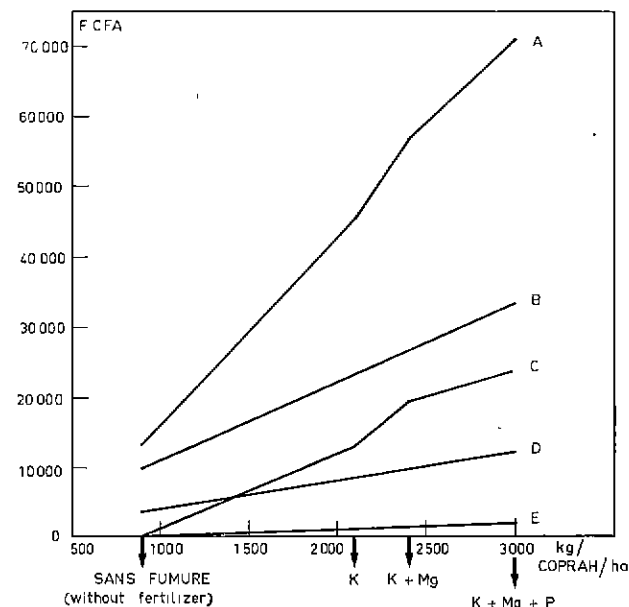


FIG. 2. — Evolution des charges/ha en fonction de la production (Evolution of the costs/ha in function of the yield): A = charges totales (overall costs), B = préparation du coprah (preparation of copra), C = engrais (fertilizer), D = récolte et collecte (harvest and collection), E = épandage des fumures (spreading of fertilizers).

— Données de base (Basic data) : prix moyen de la journée de main-d'œuvre (average cost per manday) = 450 F CFA ; prix moyen du kg d'engrais (average cost per kg fertilizer) = 40 F CFA ; coût horaire moyen tracteur, y compris chauffeur (average hourly cost of tractor, including driver) = 1100 F CFA.

TABLEAU II. — Détermination de la marge brute à l'hectare (en F CFA)
(Determination of gross margin/ha — in CFA Francs)

	Sans engrais (Without fertilizer)	Avec une fumure (With a fertilizer) P K Mg
Charges variables (Variable costs)		
— Engrais (Fertilizer)	—	23 680
— Epandage des fumures (Spreading of fertilizer)	—	1 900
— Récolte et collecte (Harvest and collection)	3 560	12 000
— Préparation du coprah (Copra preparation)	9 790	33 000
Total	13 350	70 580
Recettes (Receipts)		
— Production kg coprah/ha (Yield in kg copra/ha)	890	3 000
— Produit de la vente à 60 F CFA/kg (prix fixé par la Caisse de Stabilisation) (Sale proceeds at 60 CFA F/kg (price fixed by the Stabilization fund)	53 400	180 000
Marge brute/ha (Gross margin/ha)	40 050	109 420
Bénéfice dû à la fumure (Profit due to fertilizer)	—	69 370
Rapport : $\frac{\text{Valeur de l'augmentation de production}}{\text{Différence entre charges variables}} = 2,2$		
Relationship : $\frac{\text{Value of increased yield}}{\text{Difference between variable costs}} = 2.2$		

En d'autres termes, le bénéfice net de l'opération fumure est de 69 500 F par ha et par an.

Le rapport valeur/coût est supérieur à deux ; c'est le seuil généralement retenu pour tenir compte de la variabilité des données de base.

c) Evolution du prix de revient du kg de coprah en fonction des charges totales.

En intégrant les charges fixes, qui dans le cas d'un bloc agro-industriel sont estimées dans le tableau III, on a calculé le prix de revient du kilogramme de coprah dans plusieurs hypothèses (Fig. 3).

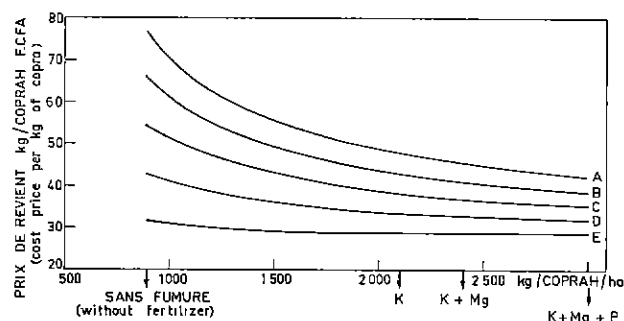


FIG. 3. — Evolution du prix de revient du kg de coprah en fonction des charges fixes à l'ha (Evolution of cost price per ha of copra in function of the fixed charges per ha) :
— Charges fixes (Fixed charges) F CFA/ha : A = 55 000, B = 45 000, C = 35 000, D = 25 000, E = 15 000.

TABLEAU III. — Charges fixes dans le cas d'un bloc agro-industriel (Fixed costs in the case of an agro-industrial block)

Nature des charges (Types of costs)	F CFA/ha/an (CFA F/ha/year)
Charges directes fixes (Direct fixed costs)	
Entretien plantation et routes, transports divers (Maintenance plantation and roads, miscellaneous transport)	5 000
Charges indirectes (Indirect costs)	
Encadrement, services divers, entretien bâtiments... (Supervision, miscellaneous services, building maintenance)	20 000
Amortissements (Depreciation)	
Bâtiments, véhicules, moteurs, mobilier (Buildings, vehicles, motors, movable property)	15 000
Plantation (sur 25 ans — over 25 years)	15 000
Total	55 000

Il apparaît que plus les charges fixes sont élevées (cas des plantations industrielles) plus il y a intérêt à se rapprocher de la marge brute maximale sous peine de déficit, alors qu'une erreur de fumure dans le cas de faibles charges fixes (cas des plantations villageoises) n'est sanctionnée que par un manque à gagner.

En plantation industrielle, le seuil de rentabilité correspond à un rendement de 1 300 kg de coprah/ha.

III. — RECHERCHE DE LA DOSE OPTIMALE ÉCONOMIQUE

La rentabilité globale des fumures du barème (Tabl. I) est évidente, mais on peut toutefois se demander si les doses retenues correspondent effectivement à l'optimum économique. On étudiera plus en détail le cas du potassium, étant donné l'importance de cet élément pour le cocotier.

1) Potassium.

Les expériences de nutrition minérale ont montré que sur le cordon littoral du Sud-Est, la carence

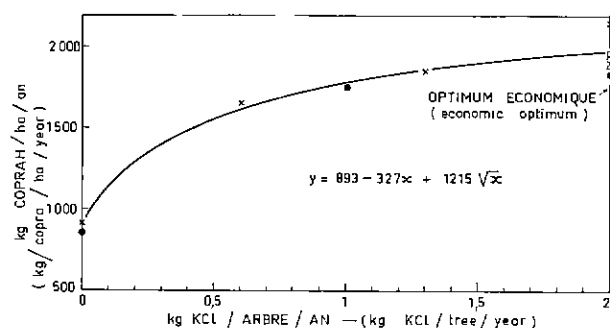


FIG. 4. — Réponse à K, relations teneurs en K/doses de K et productions (Response to K, relationships K contents/K rates and yields) :
× = CC 1, ● = CC 5, ○ = CC 2, △ = CC 9, □ = CC 3.

potassique constitue le premier facteur limitant de la production. En l'absence de potassium, les autres éléments ont un effet nul ou dépressif, comme le montrent les résultats de l'expérience PB.CC 1 (Tabl. IV).

TABLEAU IV

Effet des engrais en l'absence de K sur la production (Effect of fertilizers on yield in the absence of K)

Apports (Applications)	Production moyenne en kg coprah/ha/an (sur 10 ans) (Average yield in kg copra/ha/year — over 10 years)
Sans fumure... (without fertilizer)	840
+ Mg.....	780
+ Mg, P.....	735

a) Forme de la courbe de réponse.

La courbe de réponse doit être tracée à partir des points expérimentaux obtenus dans 5 expériences aux champs mises en place à Port-Bouët pour l'étude de divers problèmes sur du matériel végétal local de valeur assez comparable (Fig. 4).

Le choix du modèle mathématique est important car il peut à lui seul influencer de façon notable l'interprétation des données.

Sachant qu'un excès de fumure potassique peut se traduire par une diminution du rendement (induction d'une déficience magnésienne), il est apparu qu'un modèle du type $y = a - bx + c\sqrt{x}$ rendait mieux compte du phénomène que l'équation de Mitscherlich ; la plupart des auteurs adoptent d'ailleurs cette solution qui correspond généralement mieux à la courbe

de réponse aux fumures qu'une quadratique ou une courbe de Mitscherlich [8, 9].

Les points expérimentaux s'ajustent en l'occurrence à une courbe d'équation : $y = 893 - 327x + 1215\sqrt{x}$ dans laquelle x représente la dose de KCl par arbre et par an et y le rendement exprimé en kg de coprah par ha et par an.

La production maximale théorique (2 826 kg de coprah) est obtenue pour une dose de 3,5 kg de KCl par arbre et par an qu'il faut admettre avec réserve car elle n'est pas comprise dans la gamme expérimentale.

b) Calcul de la dose optimale économique.

Pour calculer la dose optimale, on détermine l'abscisse du point à partir duquel la valeur de l'augmentation de production est égale au coût supplémentaire de la fumure.

En d'autres termes, il s'agit du point où la pente dy/dx de la tangente à la courbe de réponse est égale au rapport r des prix respectifs des unités de fumure et de production.

Dans le cas de la fumure potassique, ce rapport est égal à 100 :

$$r = \frac{Px}{py} = \frac{40 (\text{prix du kg de KCl}) \times 150 (\text{arbres/ha})}{60 (\text{prix de vente du kg de coprah})} = \frac{6000}{60} = 100$$

et la dose optimale de KCl par arbre et par an s'établit à 2,0 kg :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Px}{py} = \frac{1215}{2\sqrt{x}} - 327 = 100$$

d'où

$$x = 2,0 \text{ kg.}$$

c) Influence des variations de prix sur la dose optimale.

En calculant les doses optimales avec plusieurs hypothèses de prix des engrais et du coprah, on obtient pour le chlorure de potassium les résultats consignés dans le tableau V.

TABLEAU V

Doses optimales de KCl en kg/arbre/an
(Optimum KCl rates in kg/tree/year)

Prix du kg de coprah (Price per kg of copra) (F CFA)	Prix du kg de KCl (Price per kg of KCl) (F CFA)		
	32	40	48
48	2,02	1,80	1,62
60	2,23	2,02	1,85
72	2,38	2,20	2,02

Il apparaît que les variations de la dose optimale sont relativement faibles, environ moitié moindre, que celles pouvant affecter les prix des engrais ou du coprah. Toutefois, comme elles ne peuvent être considérées comme négligeables, on peut être tenté de moduler les apports en fonction des conditions économiques du moment. Précisons immédiatement que cette politique serait des plus hasardeuses compte tenu du fait que les effets des engrais sur le cocotier se manifestent sur au moins deux campagnes de production et qu'il

est difficile de prévoir, même à court terme, l'évolution du marché.

2) Phosphore.

La courbe de réponse à la fumure phosphatée en présence de potassium, a été estimée à partir des résultats de deux expériences PB.CC 3 et PB.CC 11, bien que cette dernière ait été implantée sur du matériel végétal plus productif (Fig. 5).

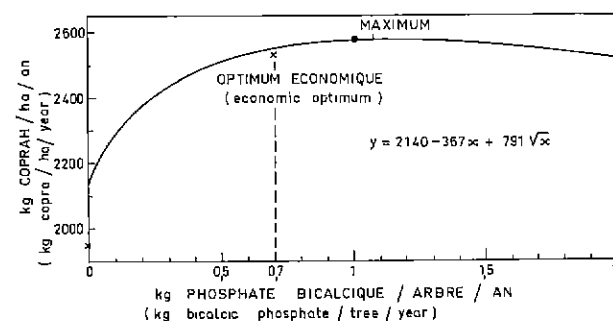


FIG. 5. — Réponse à P en présence de K, relations teneurs en P/doses de P et productions (Response to P in presence of K; relationships P contents/P rates and yields); × = CC 03, ● = CC 11.

Les mêmes calculs aboutissent aux résultats suivants :

- dose correspondant au rendement maximal : 1,1 kg de phosphate bicalcique par arbre et par an,
- dose optimale économique : 0,7 kg de phosphate bicalcique par arbre et par an.

A noter qu'à la suite de l'augmentation du prix du phosphate bicalcique qui, sur le marché local, a plus que doublé en moins de deux ans, ce type d'engrais a été remplacé depuis peu par du phosphate tricalcique qui a l'avantage de fournir l'unité de P_2O_5 à meilleur compte. Ce remplacement a, bien entendu, été réalisé sur la base de résultats expérimentaux qui semblent indiquer que l'assimilabilité de P est pratiquement identique pour les deux engrais.

3) Magnésium.

La courbe de réponse à la fumure magnésienne en présence de K a été définie à partir des résultats de deux expériences : PB.CC 1 et PB.CC 3 (Fig. 6).

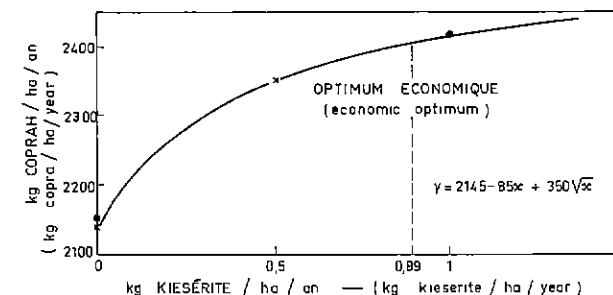


FIG. 6. — Réponse à Mg en présence de K, relation teneurs en K/teneurs en Mg (Response to Mg in presence of K, relationship K contents/Mg contents); × = CC 03, ● = CC 01.

Les calculs donnent les résultats suivants :

- dose correspondant au rendement maximal : 2,1 kg de kiesérite par arbre et par an,
- dose optimale économique : 0,9 kg de kiesérite par arbre et par an.

IV. — APPLICATION A LA GESTION DE LA NUTRITION MINÉRALE EN PLANTATION INDUSTRIELLE

Les doses optimales déterminées précédemment n'ont évidemment de valeur que dans les conditions pédo-climatiques de la Station de Port-Bouët. Elles peuvent varier, d'un lieu à un autre, et même à l'intérieur d'une même formation pédologique, sous l'influence du passé cultural, par exemple.

Pour déterminer la dose optimale dans chaque situation, on a recours au diagnostic foliaire qui permet de comparer la nutrition d'une parcelle de plantation à un état nutritionnel de référence.

Cet état nutritionnel de référence, issu de l'expérimentation, est défini pour chaque élément par le niveau correspondant à la teneur foliaire au-delà de laquelle il est peu probable d'obtenir un accroissement de production.

Ce niveau « optimal » est souvent difficile à préciser, car les courbes de production en fonction des teneurs foliaires, présentent en général un large palier dans la gamme des teneurs élevées (Fig. 7).

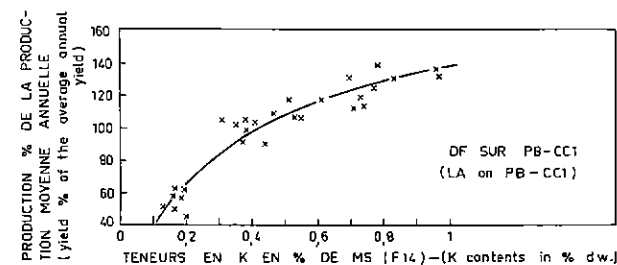


FIG. 7. — Production en fonction des teneurs en K (Yield in function of K contents).

Dans la pratique, pour la gestion de la nutrition minérale, il est donc préférable de définir pour chaque élément un niveau optimal économique, en adoptant le niveau qui, dans les expériences de fertilisation, correspond à la dose optimale économique.

Pour le potassium et le phosphore, ces niveaux sont déterminés à partir de la relation teneurs dans la feuille en fonction des doses d'engrais :

- pour K il est de 0,86 p. 100 de M. S. (Fig. 8) ;
- pour P il est de 0,122 p. 100 de M. S. (Fig. 9).

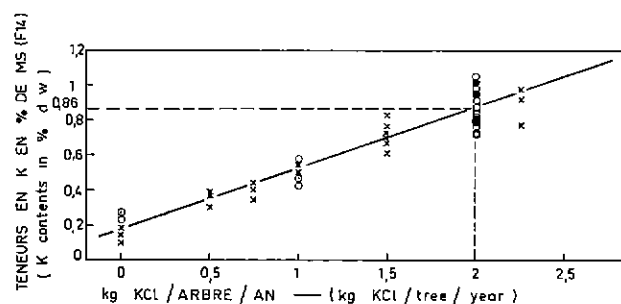


FIG. 8. — Teneurs foliaires en K en fonction des doses d'engrais (Leaf K contents in function of fertilizer rates) ; x = PB.CC 1, ● = PB.CC 2, ○ = PB.CC 3, ⊙ = PB.CC 5.

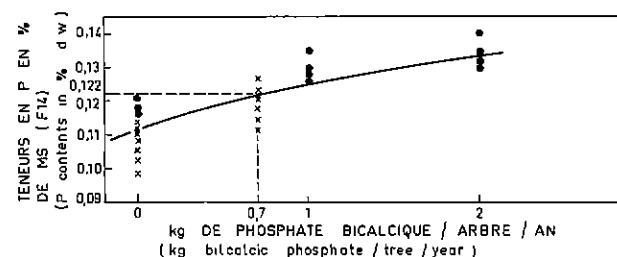


FIG. 9. — Teneurs foliaires en P en fonction des doses d'engrais (Leaf P contents in function of fertilizer rates) ; x = CC 03, ● = CC 11.

Pour le magnésium, il n'existe pas toujours de liaison étroite entre la teneur dans la feuille et la dose d'engrais appliquée. Par contre, il existe une relation étroite entre les teneurs en K et Mg dans la feuille. C'est à partir de cette corrélation K/Mg qu'il est possible de déterminer le seuil optimal économique pour Mg, à 0,26 p. 100 de M. S. (Fig. 10).

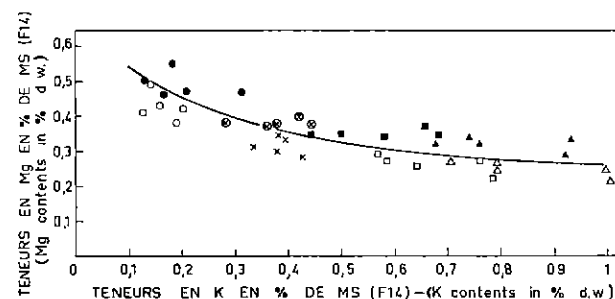


FIG. 10. — Relation K/Mg dans la feuille 14 (K/Mg relationship in leaf 14) ; ○ = KO MgO, ● = KO Mg1, × = K1 MgO, ⊙ = K1 Mg1, □ = K2 MgO, ■ = K2 Mg1, △ = K3 MgO, ▲ = K3 Mg1.

La précision des valeurs ainsi proposées est évidemment illusoire ; il est d'ailleurs préférable de parler de zones critiques plutôt que de niveaux critiques.

Comme les doses optimales économiques, les niveaux critiques varient en fonction des prix des engrais et du coprah.

En reprenant l'exemple du potassium, on obtient les résultats suivants :

TABLEAU VI

Niveaux critiques de K en p. 100 de M. S. en fonction des prix des engrais et du coprah (Critical K levels in p. 100 of d. w. in function of fertilizer and copra prices)

Prix du kg de coprah (Price per kg of copra) (F CFA)	Prix du kg de KCl (Price per kg KCl) (F CFA)		
	32	40	48
48	0,86	0,80	0,74
60	0,95	0,86	0,82
72	1,00	0,94	0,86

On constate une fois de plus que les conditions de gestion de la nutrition minérale sont peu sensibles à l'évolution de la conjoncture. Il reste néanmoins possible d'en tenir compte en adoptant momentanément la limite inférieure des zones critiques lorsque les conditions du marché se dégradent et au contraire de gérer largement lorsqu'elles s'améliorent.

CONCLUSION

Le barème de fumure minérale proposé par l'I. R. H. O. pour les plantations de cocotiers effectuées avec du matériel végétal local amélioré dans le sud-est de la Côte-d'Ivoire reste parfaitement rentable dans les conditions actuelles du marché puisqu'il procure un bénéfice net de 70 000 F CFA par ha et par an. L'étude des courbes de réponse pour le potassium, le phosphore et le magnésium permet de confirmer la validité des doses préconisées qui sont, en effet, très proches des doses optimales économiques obtenues par le calcul théorique.

On peut pour chacune de ces courbes estimer un

niveau critique au-dessous duquel il est fort probable d'obtenir une réponse économique à l'apport de l'élément correspondant.

Comme les teneurs foliaires sont fonction linéaire des doses, il est possible d'ajuster les doses pour converger vers le niveau critique en tenant compte des situations particulières parcelle par parcelle. C'est cette sensibilité du diagnostic foliaire, face aux variations des doses qu'il convient d'exploiter pour assurer une véritable gestion de la nutrition minérale des plan-

tations industrielles. Pour ce faire, on applique le barème standard issu de l'expérimentation, on suit l'évolution des teneurs parcelle par parcelle et on ajuste les doses, pas à pas, pour se rapprocher du niveau critique.

Cette méthode de fertilisation sur mesure permet d'assurer que la rentabilité calculée dans le cadre étroit d'un réseau expérimental est parfaitement représentative de la rentabilité générale du programme de fumure industriel.

RÉFÉRENCES

- [1] FREMOND Y. et VILLEMMAIN G. (1964). — Fumure minérale sur cocoteraie âgée en Côte-d'Ivoire. *Oléagineux*, 19, 6, p. 403-409.
- [2] ZILLER R. et FREMOND Y. (1961). — Nouveaux résultats sur la fumure du cocotier en Côte-d'Ivoire. *Oléagineux*, 16, 5, p. 293-300.
- [3] FREMOND Y. et OUVRIER M. (1971). — Importance pour le cocotier d'une nutrition minérale convenable dès la plantation sur sable côtier. *Oléagineux*, 26, 10, p. 609-616.
- [4] BRUNIN C. (1970). — La nutrition magnésienne des cocoteraies en Côte-d'Ivoire. *Oléagineux*, 25, 5, p. 269-274.
- [5] BRUNIN C. (1968). — Phosphore et cocoteraie adulte. *Oléagineux*, 23, 5, p. 303-307.
- [6] FREMOND Y. et de NUCE de LAMOTHE M. (1968). — Nutrition minérale du cocotier. *Oléagineux*, 23, 2, p. 93-97.
- [7] MUNSON R.-D. and DOLL J. P. (1959). — The Economics of Fertilizer use in Crop Production. *Adv. Agron.* 11, p. 133-169.
- [8] COOKE G.-W. (1972). — *Fertilizing for maximum Yield*; Crosby Lockwood et Son Ltd, London, p. 296.
- [9] ABEYWARDENA B. (1963). — Economics of Fertilizer use. *Trop. Agric. Ceylon*, 119, N^{os} 3 and 4, p. 182-202.
- [10] HEW C.-K., SK. Ng and K.-P. LIM (1973). — The rationalisation of manuring Oil palms and its economics in Malaysia. *Advances in Oil Palm Cultivation*, The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia, p. 306-323.
- [11] *Aspects économiques, financiers et budgétaires du développement de l'utilisation des engrais*, F. A. O., Programme engrais, B., Rome, 1974, p. 20.
- [12] MALICORNET H. et LACAÏLLE R. — *Interprétations économiques des essais. Rentabilité des fumures*. Société Commerciale des Potasses d'Alsace, p. 31.

SUMMARY

Profitability of Mineral Fertilizers on Coconut Palms in South-Eastern Ivory Coast Conditions.

P. COOMANS and R. OCHS, *Oléagineux*, 1976, 31, N^o 8-9, p. 375-382.

Amongst the production factors fertilization is certainly the one which brings the quickest yield increase on coconuts in South-Eastern Ivory Coast conditions. At current market prices an annual manuring consisting of 0.7 kg tricalcic phosphate, 2 kg potassium chloride and 1 kg Kieserite per tree procures a net profit of 70,000 CFA francs per hectare/year; an extra annual investment of about 60,000 CFA francs lead to an increase of 130,000 CFA F in receipts, i. e. a return of 2.2. A study of the response curves for potassium, phosphorus and magnesium confirms the validity of the critical levels for leaf analysis retained up to now in the management of mineral nutrition in an industrial plantation.

RESUMEN

Rentabilidad de las fertilizaciones minerales sobre el cocotero en las condiciones del sudeste de Costa de Marfil.

P. COOMANS y R. OCHS, *Oléagineux*, 1976, 31, N^o 8-9, p. 375-382.

Entre los factores de producción, la fertilización seguramente es el que permite aumentar más rápidamente los rendimientos del cocotero en las condiciones del sudeste de Costa de Marfil. En las condiciones económicas actuales, la operación de fertilización que comprende la aportación anual de 0,7 kg de fosfato tricalcico, 2 kg de cloruro de potasio, 1 kg de kieserite por árbol, permite un beneficio neto anual de 70 000 CFA por ha; un suplemento de inversión anual de poco más o menos 60 000 F CFA resulta en una progresión de ingresos de 130 000 F CFA, o sea una relación de 2,2. El estudio de las curvas de respuesta para el potasio, el fósforo y el magnesio permite confirmar una validez de niveles críticos del diagnóstico foliar escogidos hasta entonces para la gestión de la nutrición mineral en las plantaciones industriales.

Profitability of Mineral Fertilizers on Coconut Palms in South-Eastern Ivory Coast Conditions

P. COOMANS (1) and R. OCHS (2)

The experiments conducted on coconut palm in the conditions of the South-East Ivory Coast have shown that, amongst the production factors, fertilization is certainly the one which enables yields to be increased most rapidly.

As the recent increase in fertilizer prices modified the economics of fertilization, it seemed useful to take stock of the profitability of manurings and to check the validity of the critical levels serving as a basis for the management of mineral nutrition in plantation.

(1) Agricultural Engineer, FSA Gembloux, Research Assistant, I. R. H. O. Station, Port Bouet (Ivory Coast).

(2) Director, Agronomy Department, I. R. H. O. Montpellier (France).

I. — EXPERIMENTAL BASES OF FERTILIZATION

The study of mineral nutrition of the coconut in the Ivory Coast began in 1952 with the creation of the I. R. H. O. Station at Port Bouet. At that time, the most urgent problem was the restoration of the existing coconut groves [1 and 2], established on coastal sands very poor in mineral elements, and whose average yield was about 500 kg of copra/ha.

The first experiments (PB.CC 1 and PB.CC 5) quickly showed that the yields were mediocre mainly because of a general potassic deficiency, and that an application of 225 kg/ha of potassium chloride, accompanied by good maintenance, made it possible to double, indeed to treble the yields.

With the improvement of the West African Tall coconut and

the creation of the first industrial blocks, the research programme on fertilization developed considerably.

The experimental network set up, has spread over 70 ha, 50 of which are still under observation at the present time; it has shown that potassium applications are indispensable starting at planting [3] and that the Mg applications are also necessary to obtain the full effect of the potassic manuring on yield [4].

On the sands of the off-shore bar, phosphorus is another limiting factor [5], the effect of bicalcic phosphate dressings being an average increase of 25 p. 100 in copra production.

Concurrently with the results having an immediate bearing, the aim of these experiments, followed and controlled by leaf analysis, was also to define the reference standards for the rational and economic management of mineral nutrition.

Thus, the study of the relationships between the element levels in the leaves and growth and yield observations made it possible to fix a critical level for each element, i. e. a value below which the application of the corresponding element has good chances of increasing the yield economically.

This definition, in which the concept of profitability is implicit, is the one which was retained at the beginning.

Afterwards, research undertaken in different parts of the world showed that the critical values defined were close to optimum nutritional status, and were about the same level in the great majority of situations.

The critical levels proposed by the I. R. H. O. for the leaf of rank 14 are the following in percentage of dry matter :

— N : 1.80-2.00	— K : 0.80-1.00
— P : 0.12-0.13	— Mg : 0.25-0.30.

With the supply of Dwarfs × West African Tall hybrid seeds of high yield potential (more than 5 tons of copra in the conditions of Port Bouet), the study of mineral nutrition recently took a new direction.

The results obtained to date on this type of material still concern fertilizer action at an early age only. Consequently, the present note is based solely on the yield results of experiments conducted on the West African Tall coconut palm (W. A. T.).

II. — TOTAL PROFITABILITY OF THE RECOMMENDED MANURINGS ON THE W. A. T. COCONUT PALM

a) Effect of manurings on yield.

The effect of manurings on local material with a yield potential of 3 tons copra/ha is shown in figure 1. The fertilizer rates are those of the schedule established for the adult W. A. T. coconut palm (Table I) on the basis of the results of experiments implanted at Port Bouet on sandy soils very poor in nutritive elements.

It appears that if potassium constitutes the initial limiting factor, the maximum yield in copra/ha can only be obtained with a P, K, Mg manuring.

b) Profitability.

Fertilizer application is profitable when the value of the increased production obtained is greater than the cost of the application and the corresponding additional expenses.

The evolution of these costs, in function of the yield per ha, based on economic conditions in October 1975, is shown in figure 2.

The parameters involved in the calculation of the gross margin/ha with and without manuring, are given in table II. On W. A. T. material, a P, K, Mg manuring raises the variable costs from 13 500 F to 70 500 F per ha/year at maturity, but increases the value of the raw product from 53 500 F to 180 000 F i. e. it raises the gross margin from 40 000 to 109 500 CFA Francs.

In other words, the net profit of the manuring operation is 69 500 F per ha/year.

The value/cost relationship is higher than two; it is the threshold generally retained to take account of the variability of the basic data.

c) Evolution of the cost price per kg of copra in function of the total costs.

In incorporating the fixed costs which are estimated in table III for an agro-industrial block, the cost price per kg/copra has been calculated for several hypotheses (Fig. 3).

It appears that the higher the fixed costs (case of industrial plantations) the greater the advantage of approaching the maximum gross margin, on pain of incurring a deficit, whereas when the fixed costs are low (as in smallholdings), an error in manuring rates is only penalized by a period of no returns.

In industrial planting, the profitability threshold corresponds to a yield of 1 300 kg/copra/ha.

III. — RESEARCH FOR THE OPTIMUM ECONOMIC RATE

The overall profitability of the schedule given in table I is obvious: nevertheless, it may be asked whether the rates retained really correspond to the economic optimum. Potassium will be studied in greater detail, in view of its importance for the coconut palm.

1) Potassium.

The mineral nutrition experiments have shown that on the South-East offshore bar, the potassic deficiency is the prime limiting factor for yield. In the absence of potassium, the other elements have a nil or depressive effect, as the results of experiment PB.CC 1 show (Table IV).

a) Form of response curve.

The response curve should be drawn from the experimental points obtained in 5 field experiments planted at Port Bouet to study the various problems on local planting material of fairly comparable value (Fig. 4).

The choice of mathematical formula is important as by itself it can influence the interpretation of the data to an appreciable extent.

Knowing that excessive potassic fertilizer can lead to a fall in yield (induction of a magnesium deficiency) it appeared that an equation of the $y = a - bx + c\sqrt{x}$ type took better account of the phenomenon than Mitscherlich's equation; moreover, most authors adopt this solution which generally corresponds more closely to the manuring response curve than a quadratic or a Mitscherlich curve [8, 9].

In the present case, the experimental points adjust to an equation curve: $y = 893 - 327x + 1215\sqrt{x}$ in which x is the KCl rate per tree/year and y the yield expressed in kg of copra/ha/year.

The theoretical maximum yield (2 826 kg of copra) is obtained for a rate of 3.5 kg of KCl per tree/year, which should be accepted with reserve as it is not included in the experimental range.

b) Calculation of the optimum economic rate.

To calculate the optimum rate, the abscissa is determined starting with the point at which the value of the yield increase is equal to the additional cost of the fertilizer.

In other words, it is the point at which the dy/dx slope of the tangent to the response curve is equal to the r relationship of the respective prices of the fertilizer and yield units.

In the case of potassic fertilizer, this relationship is equal to 100:

$$r = \frac{Px}{Py} = \frac{40 (\text{price per kg of KCl}) \times 150 (\text{trees/ha})}{60 (\text{selling price per kg of copra})} = \frac{6000}{60} = 100$$

and the optimum KCl rate per tree/year works out at 2.0 kg:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Px}{Py} = \frac{1,215}{2\sqrt{x}} - 327 = 100, \dots x = 2.0 \text{ kg}$$

c) Influence of price variations on the optimum rate.

In calculating the optimum rates with several fertilizer and copra price hypotheses, the results shown in table V are obtained for potassium chloride.

It appears that variations in the optimum rate are relatively small, about half as much as those which could be assumed by fertilizer or copra prices. However, as they cannot be considered as negligible, it could be tempting to adjust the applications in function of the economic conditions of the moment. Let us say at once that this policy would be extremely risky in view of the fact that the effects of fertilizers on the coconut appear over two production campaigns at least, and that it is difficult to foresee the fluctuations of the market, even in the short term.

2) Phosphorus.

The response curve to phosphatic manuring in the presence of potassium, has been calculated from the results of two experiments, PB.CC 3 and PB.CC 11, although the latter was set up on more productive planting material (Fig. 5).

The same calculations culminate in the following results:

- rate corresponding to the maximum yield: 1.1 kg bicalcic phosphate per tree/year;
- optimum economic rate: 0.7 kg bicalcic phosphate per tree/year.

It should be noted that following the increase in the price of bicalcic phosphate which has more than doubled in less than two years on the local market, this type of fertilizer was repla-

ced recently by tricalcic phosphate, which has the advantage of being cheaper per unit of P_2O_5 . This was done, of course, on the basis of the experimental results which seem to indicate that the power of assimilation of P is practically identical for both forms of fertilizer.

3) Magnesium.

The response curve to magnesian fertilizer in the presence of K is based on the results of two experiments : PB.CC 1 and PB.CC 3 (Fig. 6).

The calculations give the following results :

- rate corresponding to maximum yield : 2.1 kg of Kieserite per tree/year ;
- optimum economic rate : 0.9 kg of Kieserite per tree/year.

IV.— APPLICATION TO THE MANAGEMENT OF MINERAL NUTRITION IN INDUSTRIAL PLANTATIONS

The optimum rates determined above are obviously valid only for the soil and climatic conditions of the Port Bouet Station. They can vary from one place to another and even within the same pedological formation, under the influence of previous cropping, for example.

In order to determine the optimum rate in each situation, leaf analysis is resorted to ; this allows the nutrition in a plantation plot to be compared with a reference nutritional status.

This reference nutritional status, derived from experimentation, is defined for each element by the critical level corresponding to the leaf content above which it is unlikely that a yield increase can be obtained.

This « optimum » level is often difficult to define, for the yield curves in function of the leaf contents generally show a large plateau in the high contents range (Fig. 7).

In practice, therefore, it is preferable for the management of mineral nutrition to define an optimum economic level for each element, adopting that which corresponds to the optimum economic level in fertilizer experiments.

For potassium and phosphorus, these levels are determined on the basis of the relationship leaf contents/fertilizer rates :

- for K it is 0.86 p. 100 of dry weight (Fig. 8) ;
- for P it is 0.122 p. 100 of dry weight (Fig. 9).

With magnesium, there is not always a close liaison between the leaf content and the fertilizer rate applied. On the other

hand, there is a close relationship between the K and Mg levels in the leaf. It is from this K/Mg correlation that it is possible to fix the optimum economic threshold for Mg at 0.26 p. 100 of dry weight (d.w.) (Fig. 10).

The precision of the values thus proposed is obviously illusive ; moreover, it is preferable to speak of critical zones rather than critical levels.

Like the optimum economic rates, the critical levels vary in function of fertilizer and copra prices.

Returning to the example of potassium, the results shown in table VI are obtained.

Once again, it can be seen that the conditions of mineral nutrition management are not very sensitive to changes in the economic situation of the moment. Nevertheless, such movements can be taken into account by keeping to the lower limit of the critical zones temporarily when market conditions worsen, or on the contrary, adopting a more liberal policy when they improve.

CONCLUSION

The mineral manuring rates proposed by the I. R. H. O. for the coconut plantations made with local improved planting material in the South-East Ivory Coast are still perfectly profitable in present market conditions, since they procure a net profit of 70 000 CFA F per ha/year. The study of response curves for potassium, phosphorus and magnesium confirms the validity of the recommended rates which are, in effect, very close to the optimum economic rates obtained by theoretical calculation.

For each of these curves a critical level can be calculated, below which an economic response to applications of the corresponding element is highly probable.

As the leaf contents are in linear function of the rates, it is possible to adjust the latter to approximate the critical level by taking account of specific situations plot by plot. It is this sensitivity of leaf contents to variations in the rates which should be exploited to assure a veritable management of the mineral nutrition of industrial plantations. To do this, the standard schedule based on experimentation is applied, the evolution of the contents in each plot is followed and the rates adjusted step by step to approach the critical level.

This made-to-measure method of fertilization makes it possible to assure that the profitability calculated within the narrow framework of an experimental network is completely representative of the general profitability of the industrial manuring programme.