

Les déficiences minérales du palmier à huile (*E. guineensis* Jacq.) dans la région de Belém, Pará (Brésil)

A. R. PACHECO (1), B. J. TAILLIEZ (2), R. L. ROCHA de SOUZA (3), E. J. de LIMA (3)

Résumé. — Dans la région de Belém (Pará, Brésil), après 15 ans d'expérimentation au champ des fumures N, P, K, Mg sur palmier à huile, on peut tirer les enseignements suivants : la nutrition azotée est naturellement suffisante, sauf dans le très jeune âge et la déficience en phosphore, très accentuée entraîne une faible croissance, une surface foliaire réduite et une production très médiocre. Sa correction permet de doubler les rendements au jeune âge et de les quadrupler à 12-15 ans. A l'unité fertilisante, le phosphate naturel bien meilleur marché aurait une efficacité supérieure à celle du superphosphate triple sur ces latosols sableux ; par suite du faible potassium échangeable du sol et de l'effet dépressif des phosphates sur la nutrition en K, il est nécessaire de corriger la déficience en cet élément dès la plantation ; pour les mêmes raisons, avec en plus l'antagonisme K-Mg, de la fumure magnésienne doit aussi être apportée à l'âge adulte à partir de 8-10 ans. Les niveaux critiques de la nutrition minérale dans les feuilles sont précisés et comparés à d'autres résultats obtenus ailleurs dans le monde. A partir de ces données, des barèmes de fumure, fonction de l'âge des cultures et du contrôle de la nutrition par le diagnostic foliaire, sont proposés pour cette région.

En 1972, Martin et Prioux décrivaient et discutaient l'effet important de la fumure phosphatée sur la croissance au jeune âge du palmier à huile planté dans la région de Belém alors que les autres engrais étudiés n'avaient que peu (urée) ou pas (chlorure de potasse et sulfate de magnésium) de répercussions sur le développement végétatif. Avec bien davantage de recul on peut maintenant dresser un bilan des besoins nutritionnels du palmier pendant les quinze premières années de sa vie dans ces conditions de sol et de climat, tenter de situer les niveaux critiques de la nutrition foliaire pour chaque élément déficient du milieu, choisir l'engrais phosphaté à la fois le plus pratique et le plus économique et ajuster une politique rationnelle de fumure basée sur ces résultats expérimentaux locaux.

I. — PRÉSENTATION DES ESSAIS DE FUMURE

La plantation pilote, située à Paricatuba à une quarantaine de kilomètres à l'est de Belém, avait été créée par la Superintendencia de Desenvolvimento da Amazonia (Sudam) avec le concours technique de l'IRHO. Elle est devenue une plantation industrielle de 5 000 ha, Dendê do Pará S/A (Denpasa).

Les deux essais dont les résultats sont détaillés ci-après ont été installés sur les cultures 1968, c'est-à-dire sur les premières de la plantation.

(1) Ing. For., MS, Embrapa/CNPDS (*).

(2) Ing. Agro, Convention Embrapa/IRHO (*).

(3) Ing. Agro, Dende do Pará S/A « Denpasa » Trav. Piedade 651, Cx P. 1351, 66000 Belém PA (Brésil).

(*) Cx. P. 319 - 69000 Manaus AM (Brésil).

1. — Caractéristiques du milieu.

a) Le climat.

De 1968 à 1983, la température moyenne est de 26,2 °C, tandis que la moyenne des minima descend rarement en dessous de 22 °C.

La pluviométrie moyenne annuelle de 3 283 mm, sur la même période, est marquée par de fortes précipitations supérieures en moyennes mensuelles à 300 mm de janvier à mai, suivies de juin à décembre d'une relative saison sèche avec, exceptionnellement, des mois à moins de 100 mm (Tabl. I).

Le déficit hydrique, calculé selon Thornthwaite-Mather [1955], comptant 100 mm au maximum de rétention hydrique du sol n'est que de 35 mm en moyenne annuelle de 1968 à 1982 avec un pic à 173 mm en 1981. Selon la méthode de calcul de l'IRHO (rétention hydrique de 200 mm), ce déficit est nul chaque année sauf en 1981 (100 mm).

L'insolation annuelle moyenne est de 2 218 heures avec 100 à 125 h/mois de février à avril et le double de juillet à novembre.

b) Le sol.

Le sol est un latosol jaune sableux dont les caractéristiques sont données dans le tableau II. Il se caractérise par une certaine faiblesse de l'azote, une pauvreté exceptionnelle en phosphore total ou assimilable quelle que soit la méthode d'analyse, un magnésium et un potassium échangeables assez faibles mais une saturation du complexe absorbant relativement élevée et un pH pas trop acide.

TABLEAU I.

Pluviométrie (Rainfall)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne (Average) 1968/83 (16 ans - years)	356	404	483	406	397	202	196	176	202	134	112	215
Minimum	128	239	279	195	244	114	123	87	90	58	4	95
Maximum	528	859	691	533	705	316	259	280	344	227	238	497

TABLEAU II. — Caractéristiques du sol de BEL-ES 01
(BEL-ES 01 soil characteristics)

	Analyse (Analysis)	Seuil critique (Critical threshold)
Texture (p. 100)		
Argile (Clay)	8,9	
Limon (Alluvium)	3,1	
Sable fin (Fine sand)	57,8	
Sable grossier (Coarse sand)	30,2	
Matière organique (Organic matter)		
C	p. 100 1,0	1
N	p. 100 0,07	0,1
Phosphore (Phosphorus) (ppm)		
Total	80	300-400
Olsen	8	30
Saunders	22	130
Bray 2	4	15
Valeur L	5	20
P utile (useful) = P total - P occlus (occluded)	53	200
Indice Chaminade (Index)	8	45-50
Complexe absorbant (Absorbing complex) (meq/100 g)		
Ca	0,57	1
Mg	0,06	0,4-0,5
K	0,02	0,15-0,20
Na	0,01	
Somme des bases (Sum of bases)	0,66	
CEC	0,90	
Saturation V = $\frac{S \times 100}{CEC}$ - p. 100 -	73	
pH eau (water)	5,3	

2. — Essai BEL-ES 01.

Cet essai a débuté aussitôt après la plantation, réalisée en juin 1968. C'est un dispositif factoriel 2⁴ à 2 niveaux pour chacune des fumures N, P, K, Mg, sans répétition, avec 25 arbres utiles par parcelle élémentaire.

Le tableau III présente les fumures appliquées annuellement de 1968 à 1983 en 1 fois (1968-1977) ou fractionnées en 2 fois par an (1978-1983). L'urée, puis le sulfate d'ammoniaque, n'ont été apportés que sur N1, N0 étant un témoin 0. Par contre, P0 a également reçu du superphosphate triple, pendant 5 ans de 1974 à 1978, à une dose toutefois moindre que P1. Egalement K0 a été fumé en potasse de 1973 à 1982 et Mg0 en sulfate de magnésium de 1978 à 1982, ceci pour éviter que la nutrition déficitaire en ces éléments respectifs ne s'effondre trop sur le témoin ce qui aurait risqué de compromettre l'avenir de l'essai.

Les observations réalisées sur cet essai ont été :

— le développement végétatif au jeune âge par la mesure de la circonférence au collet jusqu'à 3 ans ;

— l'analyse des prélèvements foliaires annuels (sauf en 1980 et 81) ;

— l'enregistrement de la production moyenne annuelle par arbre utile à partir de 1972 : en poids et en nombre de régimes ;

— les mesures du développement végétatif la dernière année : hauteur de stipe et surface foliaire/arbre.

3. — Essai BEL-ES 02.

Cet essai a aussi été réalisé sur plantation 1968, mais il n'a commencé que 2 ans 1/2 après la plantation, après que l'on ait constaté l'effet très important de la fumure phosphatée dans BEL-ES 01, son objectif étant de comparer les effets d'une fumure de fond utilisant le phosphate naturel à plusieurs niveaux de fumures annuelles de superphosphate triple (SFT).

Cet essai de type factoriel (4 × 2) a 3 répétitions et 25 arbres utiles par parcelle :

— 4 niveaux de SFT (P) appliqué dans le rond dés-herbé,

— 2 niveaux de phosphate naturel à 34 p. 100 P₂O₅ (F) appliqué à la volée sur toute la surface plantée.

Le tableau IV donne le détail des fumures appliquées pour chaque traitement et pour l'ensemble de l'essai (fumures N, K, Mg, B). Les apports de SFT ont été sus-

TABLEAU III. — Fumures appliquées dans (Fertilizers applied in) BEL-ES 01 (g/palmier - tree)

Traitements (Treatments)	N0	N1	P0	P1	K0	K1	Mg0	Mg1				
1968	—	625	Urée (Urea)	—	1 500	MF	—	1 000	KCl	—	375	Mg SO ₄
1969	—	500	»	—	2 000	»	—	1 000	»	—	500	»
1970	—	500	»	—	700	SFT	—	1 000	»	—	500	»
1971	—	765	»	—	1 210	»	—	1 170	»	—	500	»
1972	—	1 120	»	—	1 530	»	—	1 610	»	—	500	»
1973	—	1 250	»	—	1 000	»	500	1 500	»	—	500	»
1974	—	2 500	SA	1 000	1 000	»	1 000	2 000	»	—	500	»
1975	—	2 500	»	1 000	2 000	»	1 000	2 000	»	—	500	»
1976	—	2 500	»	1 000	2 000	»	1 500	3 000	»	—	1 500	»
1977	—	2 500	»	1 000	2 000	»	1 750	3 000	»	—	—	»
1978	—	2 500	»	1 000	2 000	»	2 000	3 000	»	1 000	1 500	»
1979	—	1 000	»	—	1 000	»	2 000	3 000	»	1 500	2 000	»
1980	—	1 000	»	—	1 000	»	1 500	2 000	»	1 500	3 000	»
1981	—	1 500	»	—	500	»	1 000	2 000	»	1 500	3 000	»
1982	—	2 000	»	—	1 000	»	1 000	2 000	»	1 000	2 000	»
1983	—	1 000	»	—	500	»	—	1 500	»	—	2 000	»

— SA = Sulfate d'ammoniaque (Ammonium sulphate).

— MF = Multiphosphate 16 p. 100 P₂O₅.

— SFT = Superphosphate triple 43 p. 100 P₂O₅ (TSP - Triple superphosphate, 43 p. 100 P₂O₅).

— Mg SO₄ à (at) 16 p. 100 MgO.

TABLEAU IV. — Fumures appliquées dans (Fertilizer applied in) BEL-ES 02 (g/palmier - /tree)

Traitements (Treatments)		SFT (TSP) 43 p. 100 P ₂ O ₅				Phosph. nat. 34 p. 100 P ₂ O ₅		Fumures généralisées (General fertilizers)			
		P0	P1	P2	P3	F0	F1	Urée (Urea)	KCl	Mg SO ₄ 16 p. 100	Borax
- kg/ha -											
Avant installation de l'essai (Before trial was set up)	1968	—	—	—	—	—	—	500	250	125	
	1969	—	—	—	—	—	—	250		250	
	1970	340	340	340	340	—	—	500	500	250	
	1970	—	500	1 000	1 500	—	1 500				
	1971	—	465	930	1 395	—	—	510			
	1972	—	480	965	1 450	—	—				
	1973	—	510	1 025	1 530	—	—		960		
	1974	—	500	1 000	1 500	—	—		1 500		
	1975	—	500	1 000	1 500	—	—				
	1976	—	500	1 000	1 500	—	—		2 500	1 500	
	1977	—	—	—	—	—	—		2 500		100
	1978	—	—	—	—	—	—		2 000	1 000	
	1979	—	—	—	—	—	—		2 000	1 500	100
	1980	—	1 000	1 500	2 000	—	—		2 000	2 000	
	1981	—	500	1 000	1 500	—	—		1 500	1 500	
	1982	—	500	1 000	1 500	—	—	500 (1)	1 500	1 000	
	1983	—	500	750	1 000	—	—		1 320	1 000 (2)	

(1) Sulfate d'ammoniaque (*Ammonium sulphate*).

(2) Sulfate double de potasse et magnésium (*Double sulphate of potassium and magnesium*).

pendus sur P1, P2 et P3 pendant les trois années 1977 à 79.

Les observations réalisées sont du même type que celles précédemment inventoriées pour BEL-ES 01 mais les mesures de développement végétatif ont été limitées à quelques traitements particuliers pour la dernière année.

II. — EFFETS DE LA FUMURE AZOTÉE

Martin et Prioux avaient montré que l'urée améliorerait significativement la circonférence au collet des jeunes palmiers à l'âge de 18 mois mais que cet effet s'estompait par la suite dans BEL-ES 01.

La production de régimes (Tabl. V), quant à elle, n'augmenté rigoureusement pas avec la fumure azotée depuis l'entrée en production jusqu'aux derniers résultats de 1983. Pourtant la nutrition azotée de la feuille n° 17 est améliorée significativement certaines années, alors que les témoins N0 ont des teneurs qui peuvent tomber sensiblement en dessous de 2, 50 p. 100.

Le sulfate d'ammoniaque déprime significativement la nutrition magnésienne, spécialement quand celle-ci a déjà tendance à baisser naturellement à partir de l'âge de 8 ans.

La hauteur du stipe, mesurée jusqu'à la base de la feuille n° 33 à 15 ans (Tabl. VI), montre une tendance non significative de croissance supérieure avec la fumure azotée, avec 5,35 m pour N1, contre 4,89 pour N0, mais aucun effet sur la surface foliaire. Cette absence de réponse sur la surface foliaire et sur la production prouverait que la nutrition azotée de N0 a toujours été suffisante à l'âge adulte et donc supérieure au niveau critique ; des applications de fumure azotée dans les conditions de Paricatuba sont donc inutiles et coûteuses.

III. — EFFETS DES FUMURES PHOSPHATÉES

1. — Augmentation spectaculaire de la production.

Dans BEL-ES 01, de 1972 à 1975, c'est-à-dire pendant les 4 années qui suivent l'entrée en production et avant que le superphosphate appliqué à partir de 1974 sur P0 n'estompe la différence, la production en poids de régimes est plus que doublée grâce à la fumure phosphatée appliquée sur P1 : en moyenne annuelle 15,3 t contre 6,9 t (Fig. 1). Ce gain provient pour 2/3 de l'accroissement du nombre de régimes et pour 1/3 seulement de celui de leur poids moyen. L'apport de seulement 1 kg/arbre/an de SFT sur P0 de 1974 à 1978 fait disparaître totalement la différence de production entre P1 et P0 de 1977 à 1981 malgré la dose deux fois supérieure reçue par P1 : 16,1 t/ha/an pour P0 et 15,6 t/ha/an pour P1. Mais il n'y a pas égalisation des effets sur nombre et poids moyen des régimes : P1 conserve des régimes significativement plus gros (+ 13 p. 100), avantage équilibré par leur plus petit nombre (- 14 p. 100) que sur P0. Ce type d'effets opposés entraînant une résultante nulle est courant sur palmier à huile que ce soit à propos de fumure, castration, pollinisation assistée ou entomophile : par un traitement donné lorsqu'on favorise la production de plus gros régimes, cet effet se poursuit bien après l'égalisation des traitements mais se trouve partiellement ou totalement contrebalancé par une diminution du nombre de régimes.

Dans BEL-ES 02 la figure 2 montre l'évolution de la production de régimes qui a été regroupée par périodes de 3 années de 1972 à 1983. Alors que les performances du témoin P0 F0 sont médiocres dès l'entrée en production et ont tendance à s'aggraver avec le temps par appauvrisse-

TABLEAU V. — Productions BEL-ES 01

Kg de régimes/palmier (Kg bunches/tree)	N0	N1	P0	P1	K0	K1	Mg0	Mg1	P.P.D.S. (L.S.D.)	
									5 p. 100	1 p. 100
1972	85	93	58	121**	85	93	88	90	10,5	15,3
1973	92	96	62	125**	88	99	93	94	14,2	20,7
1974	71	62	35	98**	61	72	72	62	17,0	24,7
1975	79	79	49	109**	71	87	85	73	20,2	29,4
1976	90	96	76	110**	82	103*	97	89	16,5	24,0
1977	79	82	81	80	73	88*	75	86	14,0	20,4
1978	116	112	118	110	107	121	105	123	16,4	23,8
1979	133	128	134	126	127	134	122	138	18,1	26,4
1980	123	118	122	119	115	125	114	127	15,0	21,8
1981	142	145	143	144	137	150	138	149	15,5	22,5
1982	134	134	129	139	128	140	132	136	14,2	20,7
1983	119	121	105	135**	117	123	120	120	2,5	12,4
Nombre de régimes/palmier (No. bunches/tree)										
1972	13,6	14,8	11,3	17,1**	14,1	14,3	13,7	14,7	1,90	2,76
1973	14,1	15,5	11,6	18,0**	14,7	14,9	14,6	15,0	1,60	2,33
1974	7,6	7,3	5,0	9,9**	7,4	7,5	7,5	7,4	1,14	1,66
1975	9,0	9,9	6,7	12,2**	9,4	9,5	9,8	9,2	1,27	1,84
1976	8,9	10,0**	8,9	10,0**	9,2	9,7	9,7	9,2	0,81	1,17
1977	7,3	7,7	8,2	6,8*	7,3	7,7	7,0	8,0	1,08	1,57
1978	8,2	8,3	9,3	7,3**	8,4	8,2	7,7	8,9**	0,68	0,99
1979	8,6	8,9	9,5	8,0**	8,9	8,6	8,3	9,2	0,98	1,42
1980	7,2	7,1	7,4	6,8	7,3	7,0	6,8	7,4	0,90	1,31
1981	7,8	8,2	8,2	7,8	8,0	8,0	7,7	8,3	0,73	1,07
1982	7,5	7,8	7,5	7,8	7,5	7,8	7,4	7,9	0,66	0,96
1983	6,4	6,7	6,1	7,0**	6,7	6,5	6,5	6,6	0,39	0,57
Poids moyen des régimes (Average weight of bunches)										
1972	6,0	6,2	5,1	7,1**	5,9	6,3	6,2	6,0	0,54	0,79
1973	6,3	6,1	5,4	7,0**	5,8	6,5	6,2	6,2	0,71	1,04
1974	8,7	8,2	7,0	9,9**	7,8	9,0	8,8	8,1	1,26	1,83
1975	8,3	7,9	7,3	8,9**	7,4	8,7*	8,3	7,8	1,04	1,53
1976	9,8	9,6	8,6	10,8**	8,9	10,5**	9,8	9,6	1,12	1,63
1977	11,0	10,7	9,8	11,8*	10,0	11,6	10,8	10,9	1,65	2,41
1978	14,3	13,5	12,6	15,1*	12,8	15,0*	13,7	14,1	1,94	2,82
1979	15,5	14,5	14,1	16,0*	14,2	15,9*	14,9	15,2	1,32	1,93
1980	17,1	16,7	16,3	17,4**	15,8	17,9*	16,6	17,1	0,68	0,98
1981	18,2	17,7	17,4	18,5	17,1	18,8**	17,9	18,0	1,11	1,62
1982	17,8	17,2	17,2	17,8	17,0	18,0*	17,7	17,4	0,87	1,27
1983	18,4	18,1	17,2	19,3**	17,5	19,0*	18,3	18,2	1,36	1,98

(*) Différence significative au seuil de 5 p. 100 (Significant difference at 5 p. 100 threshold).

(**) Différence significative au seuil de 1 p. 100 (Significant difference at 1 p. 100 threshold).

TABLEAU VI — Développement végétatif (Vegetative development) - 1984 -

Caractéristiques (Characteristics)	N0	N1	P0	P1	K0	K1	Mg0	Mg1
BEL-ES 01								
Hauteur du stipe (Stem height) - m -	4,89	5,28	4,53	5,71**	5,00	5,24	5,00	5,24
Longueur F. 17 (Length of leaf 17) - m -	5,16	5,28	5,13	5,31*	5,12	5,32*	5,24	5,20
Nombre folioles (1 côté) (No. of leaflets - 1 side)	167	167	165	169*	165	169*	167	168
Surface F. 17 (Area of leaf 17) - m ² -	8,67	8,74	8,28	9,13**	8,36	9,05**	8,68	8,73
Nbre feuilles vertes/palmier (No. of green leaves/tree)	36,5	37,2	36,0	37,7	37,3	36,3	37,0	36,7
Surface foliaire/palmier (Leaf area/tree) - m ² -	318	326	299	345**	314	331	323	322
BEL-ES 02								
Caractéristiques (Characteristics)			P0 F0	P0 F1	P1 F0	P3 F0		
Hauteur du stipe (Stem height) - m -			3,47	5,54**	4,83**	5,62**		
Longueur F. 17 (Length of leaf 17) - m -			4,62	5,60**	5,65**	5,69**		
Nombre folioles (1 côté) (No. of leaflets - 1 side)			148	175**	173**	174**		
Surface F. 17 (Area of leaf 17) - m ² -			6,00	9,64**	9,32**	9,98**		
Nbre feuilles vertes/palmier (No. of green leaves/tree)			33,5	36,1	38,4**	39,0**		
Surface foliaire/palmier (Leaf area/tree) - m ² -			202	348**	358**	389**		

(*) Différence significative au seuil 5 p. 100 (Significant difference at 5 p. 100 threshold).

(**) Différence significative au seuil 1 p. 100 (Significant difference at 1 p. 100 threshold).

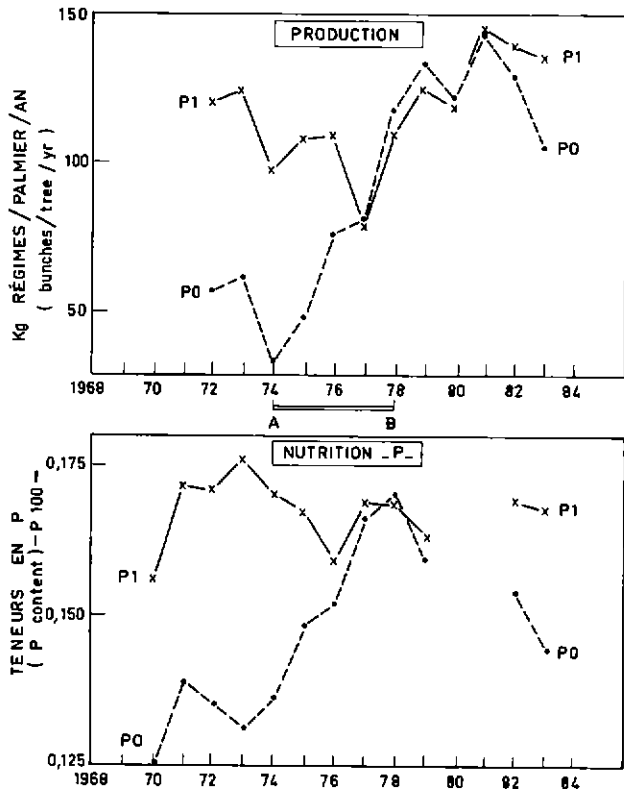


FIG. 1. — Effets de la fumure phosphatée sur la production et la nutrition en P (Effects of phosphate fertilizer on production and P nutrition) — BEL-ES 01
— A-B = fumure phosphatée pendant 5 ans sur P0 (Phosphate fertilizer for 5 yrs on P0).

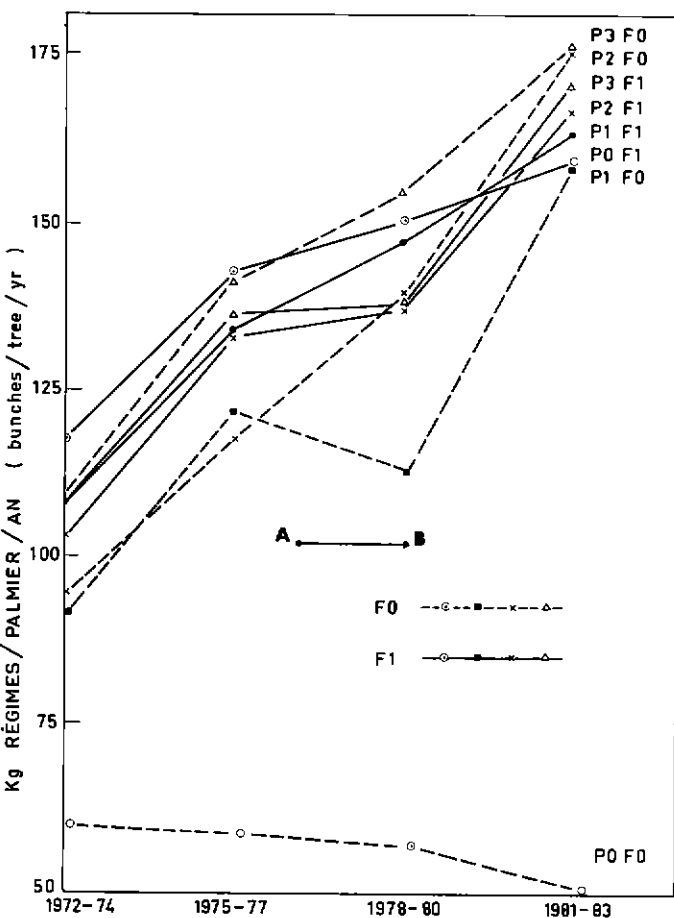


FIG. 2. — Production moyenne annuelle (Annual average production) — BEL-ES 02
— A-B = P1, P2, P3 : sans phosphate en 1977-78-79 (Without phosphate in 1977-78-79).

ment progressif du sol en phosphore, tous les autres traitements fumés voient leurs productions augmenter nettement avec l'âge : de 14,8 t/ha/an pendant la première période jusqu'à 23,7 t/ha/an pendant les trois dernières années pour P3 F0 par exemple. Ainsi la fumure phosphatée est-elle capable de doubler les rendements au jeune âge et presque de les quadrupler vers 15 ans par rapport au témoin qui ne peut dépasser 6 à 7 t régimes/ha/an.

Ces résultats confirment la carence grave en phosphore prévisible par les analyses de sol mais, ce qui était moins évident, c'est la facilité avec laquelle cette déficience a pu être corrigée avec des fumures phosphatées relativement modestes, de l'ordre de 1 à 1,5 kg de SFT/palmier/an, ceci probablement dû à la texture très sableuse du sol limitant les fixations irréversibles.

Sur cette même figure 2, on peut observer qu'en particulier le traitement P1 F0 (500 g SFT/palmier/an) voit sa production baisser relativement en 1978-80 par suite de la suspension des fumures phosphatées de 1977 à 1979. Les autres traitements qui ont permis un certain stockage du phosphore dans le sol et dans la plante y sont moins sensibles.

A partir de 1978, on remarque une lente dégradation relative des performances de P0 F1 qui avait reçu en fumure de fond 1 500 kg/ha de phosphate naturel en une seule fois en 1970.

Si P2 F0 (1 kg SFT/palmier/an) rejoint en production le traitement P3 F0 (1,5 kg), au cours de la dernière période, c'est peut-être par suite d'une certaine mise en réserve progressive dans le sol d'une partie de la dose de P3 F0 qui était alors superflue pour le palmier.

Donc avec une fumure estimée suffisante de 1 à 1,5 kg/palmier/an de SFT on obtient les mêmes résultats qu'avec 1 500 kg/ha de phosphate naturel pendant 8 ans, ce qui représente 1,3 kg/palmier/an, soit une équivalence d'efficacité à poids égal d'engrais des deux formes ou une supériorité du phosphate naturel à l'unité de P_2O_5 , celui-ci étant moins riche que le SFT. La localisation de l'engrais (SFT dans le rond et phosphate naturel sur toute la surface) peut également jouer un rôle important en particulier sur le développement des légumineuses de couverture exigeantes en P.

La combinaison des deux formes, testée dans 3 traitements sur 8 n'entraîne pas de plus-value car la dose utilisée de chacune des formes est déjà suffisante par elle-même.

La figure 3, donne l'évolution de la production marginale obtenue avec la fumure phosphatée pour les 4 traitements les plus importants. Les courbes des doses nécessaires et suffisantes (P2 F0 et P3 F0), ont tendance à atteindre un plateau situé à environ 70-80 kg de régimes gagnés pour chaque kilo de SFT épandu (on devrait aboutir approximativement au même résultat avec le phosphate naturel si l'application de celui-ci avait été renouvelée). Le seuil de rentabilité est assuré lorsque la valeur de la production marginale obtenue dépasse le coût marginal de la fumure appliquée. On peut estimer que, dans les conditions moyennes, le coût marginal de la fumure (prix d'achat de l'engrais, transport et épandage inclus) est équivalent à :

- 5 kg de régimes pour 1 kg de phosphate naturel appliqué,
- 10 kg de régimes pour 1 kg de SFT.

On se rend compte ainsi que la marge bénéficiaire est considérable et que le problème principal n'est pas d'essayer de faire des économies sur la fumure phosphatée mais d'éviter toute déficience en phosphore aussi légère soit-elle.

2. — Amélioration simultanée des nutriments en P et N.

La figure 1, illustre l'écart de nutrition en P existant entre P1 et P0 de BEL-ES 01 jusqu'en 1975 et la grande similitude avec l'écart de production en résultant 1 à 2 ans plus tard. Le SFT temporairement appliqué sur P0 de 1974 à 1978 annule cette différence d'abord dans la nutrition sur P puis au niveau de la production. Au cours des dernières années, la nouvelle déficience qui se développe sur P0 commence à réagir sur la production de manière significative en 1983.

L'effet du SFT sur la nutrition azotée est très semblable à celui obtenu sur la nutrition en phosphore ; par exemple, les moyennes de 1970 à 1975 sont les suivantes :

- P0 : N = 2,48 ; P = 0,135,
- P1 : N = 2,67** ; P = 0,169**.

Dans ces conditions, l'amélioration ou le maintien de la nutrition azotée dépend avant tout d'un renforcement de la fumure phosphatée. Dans BEL-ES 02, on constate aussi que les nutriments N et P évoluent ensemble. Sur le témoin P0 F0, les teneurs déjà très faibles dans le jeune âge deviennent catastrophiques ces dernières années : de N = 2,65 et P = 0,144 en 1971-73 à N = 2,18 et P = 0,106 en 1982-83.

Les baisses relatives de production sur P1 F0 par suite de la suspension de la fumure phosphatée, ou sur P0 F1 à cause du non renouvellement de la fumure de fond, s'expliquent très bien également par leur répercussion sur les nutriments phosphatés et azotés.

On constate dans l'un et l'autre essais que, même pour les traitements suffisamment pourvus en phosphate, il existe des fluctuations annuelles des nutriments en N et P et une certaine baisse avec l'âge de la plantation.

Ollagnier et Ochs [1981] ont démontré que l'on ne peut pas se référer à un niveau critique fixe du phosphore mais qu'il faut tenir compte de la nutrition azotée pour porter un jugement sur la nutrition en phosphore et ils situent la droite critique qui semble la mieux adaptée à des situations variées (Indonésie, Colombie, Côte d'Ivoire, Belém) dont l'équation est $P = 0,0487 N + 0,039$.

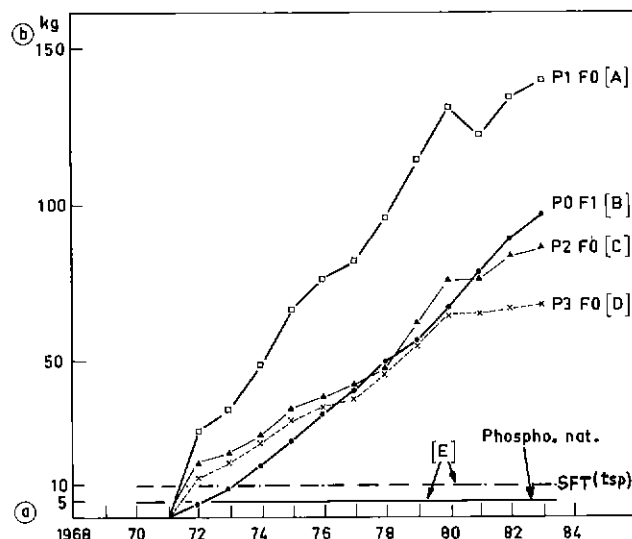


FIG 3. — Production marginale de régimes par kg de phosphate appliqué (Marginal production of bunches per kg of phosphate applied) — BEL-ES 02.

Différence de production cumulée/palmier } (Px Fy - P0 F0)
(Difference in cumulated production/tree)

Fumure phosphatée cumulée/palmier de } (Px Fy - P0 F0)
(Cumulated phosphate fertilizer/tree of)

- A = 0,5 kg SFT/an (yr),
- B = 1 500 kg phosph. nat./ha,
- C = 1 kg SFT/an (yr),
- D = 1,5 kg SFT/an (yr),
- E = Coût marginal de (Marginal cost of) 1 kg phosphate.

En étudiant les relations N/P des traitements estimés sans déficience en P (pas de différences significatives entre leurs productions) des deux essais BEL-ES 01 et 02 de 1971 à 1983, on obtient le nuage de points de la figure 4 qui correspond :

- aux moyennes annuelles de P1 de BEL-ES 01 de chaque année,
- aux moyennes annuelles de P0 de 1977 à 1979 (déficience corrigée),
- aux moyennes trisannuelles de P0 F1- P1 F1- P2 F1- P3 F1 et P3 F0 de BEL-ES 02.

La corrélation obtenue est très hautement significative : $r = + 0,772^{***}$ et la droite de régression dont l'équation : $P = 0,0546 N + 0,0233$, ne diverge pratiquement pas de celle calculée par Ollagnier et Ochs que nous garderons donc comme droite critique valable en particulier dans les conditions de Belém caractérisées par des teneurs relativement élevées en N dans le jeune âge.

On a tracé deux droites parallèles à la ligne critique qui ont respectivement des teneurs en P inférieures de 0,010 et 0,020 pour une nutrition donnée de N. On peut considérer que la bande comprise entre les deux droites 0 et - 1 correspond à une zone de transition où la déficience en P est incertaine mais à surveiller, alors qu'entre les niveaux - 1 et - 2 le doute n'est plus permis. La figure 5 montre l'évolution de la relation N/P du traitement P0 de BEL-ES 01 de 1970 à 1983, partant de la déficience grave, progressivement corrigée avec les applications de SFT et retombant après l'arrêt de cette fumure.

3. — Induction de déficiences en potassium et en magnésium.

Dans BEL-ES 01, l'apport de calcium par l'intermédiaire du SFT déprime fortement la nutrition potassique comme

FIG. 4. — Relation N/P des traitements non déficients en P de (N/P relationship of treatments not deficient in P for) : BEL-ES 01 & 02.

— A = Zone non déficiente en P (Zone not deficient in P),
 — B = Niveau critique de P (P critical level),
 — C = Déficience croissante en P (Increasing P deficiency),

• = BEL-ES 01.
 × = BEL-ES 02.

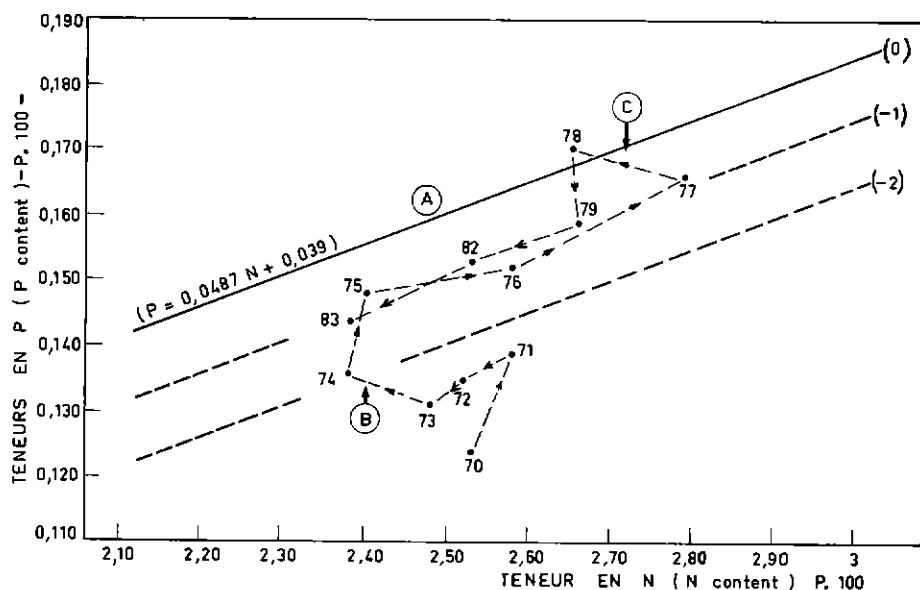
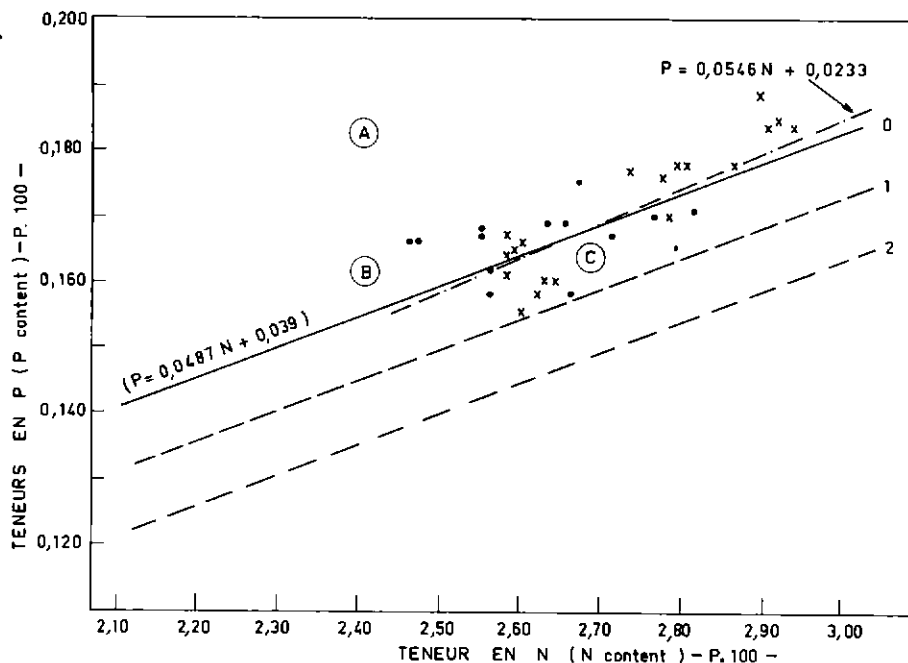


FIG. 5. — Evolution de la relation N/P de P0 dans (Evolution of N/P relationship of P0 in) : BEL-ES 01.
 — A = Niveau critique de P (Critical level of P),
 — B = 1^{re} application de SFT sur P0 (1st application of TSP on P0),
 — C = Dernière application de SFT sur P0 (Final application of TSP on P0).

le montrent les moyennes de 1970 à 1975, P0 ne recevant alors pas de SFT :

- pour P0, Ca = 0,866 et K = 1,106,
- pour P1, Ca = 1,084 et K = 0,877.

La nutrition magnésienne baisse avec l'âge et l'on remarque d'abord un synergisme Ca-Mg au jeune âge quand la nutrition en Mg est bonne et au contraire un antagonisme plus tard obligeant à corriger cette situation par une fumure magnésienne.

Dans BEL-ES 02, on note des effets comparables des fumures phosphatées sur l'équilibre K-Ca-Mg. L'application massive de phosphate naturel sur F1 en début d'essai ne s'est pas traduite par un effet dépressif supérieur sur les teneurs en K à celui obtenu avec l'application annuelle de 1,5 kg de SFT : d'un côté une grande quantité de Ca très peu soluble et de l'autre une faible quantité de Ca soluble apportée régulièrement auraient donc les mêmes effets.

4. — Amélioration sensible des paramètres de la croissance végétative.

Dans BEL-ES 01, la déficience renaissante de P sur P0 (dernière application en 1978) se constate significativement sur la longueur de la feuille 17, le nombre de folioles/feuille, la surface de la feuille 17 et la surface foliaire par palmier (Tabl. VI) en 1984.

Dans BEL-ES 02, l'aspect chétif des arbres de plus de 15 ans qui n'ont jamais reçu de phosphate (P0 F0) est particulièrement frappant. Les dessèchements débutent dès la feuille 25 sur les arbres les plus atteints : ce symptôme caractéristique de la déficience très grave en P (teneurs en P inférieures à 0,120 sur feuille 17) ne serait pas dû à une sénescence accélérée des feuilles mais à une émission foliaire extrêmement ralentie.

La croissance en hauteur du stipe (comme son diamètre) est très sensible à la déficience en P.

IV. — EFFETS DE LA FUMURE POTASSIQUE

La fumure potassique augmente significativement le poids moyen des régimes mais non le nombre de régimes, d'où un bilan global en poids de régimes par arbre, amélioré significativement seulement en 1976 et 77. Cependant il convient de remarquer, qu'à Belém, la déficience primaire est celle du phosphore et que les phosphates visant à la corriger dépriment fortement la nutrition potassique : par conséquent ce qui nous intéresse ici, c'est l'effet de la potasse une fois éliminée la carence en P, c'est-à-dire pour le traitement P1 seulement.

Sur la figure 6, on peut voir que les courbes de production, bien séparées dès l'entrée en production, s'écartent beaucoup plus nettement à partir de 1974 pour se rapprocher à partir de 1977 et se rejoignent en 1978-79. Avec une avance de 1 à 2 ans, la nutrition potassique devait donc être légèrement déficiente sur K0 dès le départ puis la déficience devait s'aggraver à partir de 1972-73 et diminuer à partir de 1976-77 (par suite des applications de KCl) pour disparaître en 1977-78 ; c'est ce que l'on constate et qui nous permet de situer grosso modo le niveau critique du potassium de la feuille 17 à 1 p. 100 jusqu'à l'âge de 5 ans (1973) et 0,9 p. 100 au-delà de 5 ans.

Au cours des deux périodes précédemment définies, les nutriments potassiques et les productions avec un décalage de 1 à 2 ans sont les suivantes :

	Teneur moyenne en K (p. 100)		Production annuelle moyenne (t/ha)		
	P1 K0	P1 K1	P1 K0	P1 K1	
1971-76	0,651	1,004	1972-78	13,3	15,9
1977-83	0,933	1,178	1979-83	17,7	18,0

Pendant la première période, la nutrition potassique de P1 K0 nettement déficitaire se traduit par une production sensiblement inférieure (- 16 p. 100) alors qu'au cours de la seconde phase, bien que la nutrition de P1 K1 soit toujours bien supérieure à celle de P1 K0, il n'y a plus de différence de production, ce qui implique que la nutrition de 0,933 est suffisante donc supérieure ou égale au niveau critique à cet âge.

D'après les doses annuelles de potasse appliquées sur K1, puis sur K0, modulées en fonction des niveaux de déficiences, on se rend compte qu'il est relativement facile de faire évoluer la nutrition potassique très nettement en dessous ou au-dessus du niveau critique :

— une nutrition insuffisante se relève rapidement à l'aide de 1,5 à 2 kg de chlorure de potasse par palmier annuellement,

— sa stabilisation à un niveau proche de 1 p. 100 que l'on peut considérer comme idéal car légèrement au-dessus du niveau critique défini, s'obtient avec 1 à 1,5 kg,

— pour atteindre des niveaux supérieurs à 1,2 p. 100, ce qui est possible mais parfaitement inutile, il faudrait de 2 à 3 kg.

Ollagnier et Ochs [1981] arrivaient à des conclusions tout à fait similaires en ce qui concerne la nutrition potassique des sols ferrallitiques désaturés, à texture sableuse aussi, de l'Afrique de l'Ouest.

La fumure potassique réduit la nutrition en calcium mais surtout déprime fortement celle en magnésium :

	K0	K1
Teneurs moyennes en Mg 1970-74	0,360	0,280
Teneurs moyennes en Mg 1975-83	0,217	0,182

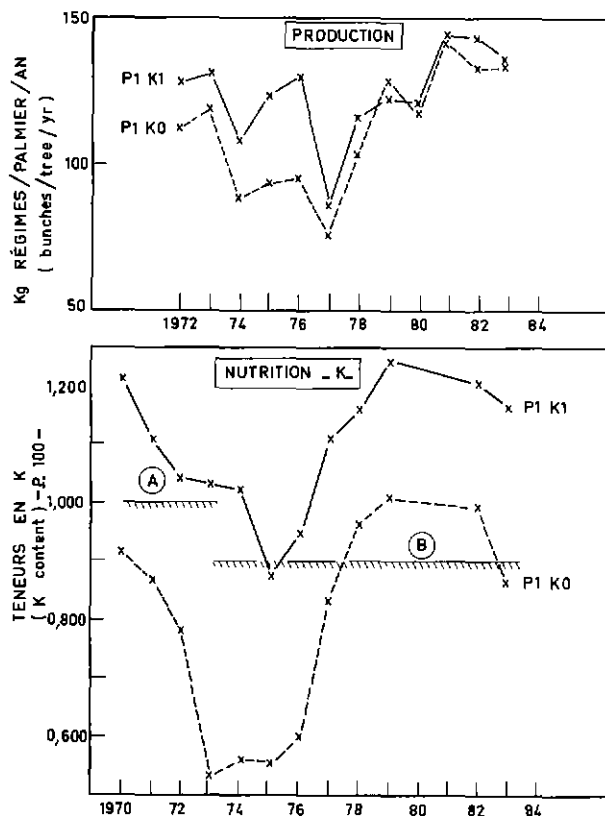


FIG. 6. — Effets de la potasse sur la production et la nutrition en K sans déficiences en P (Effects of potassium on production and K nutrition, without P deficiency) — BEL-ES 01.
— A, B = Niveau critique F. 17 (Critical level - leaf 17).

Au cours de la seconde période la fumure potassique appliquée sur K0, tandis que celle de K1 est renforcée, conduit à une baisse générale de la nutrition magnésienne aggravée par les doses les plus fortes.

La fumure potassique améliore facilement la nutrition en chlore nativement insuffisante (Cl = 0,250 en 1969 et 1971).

Avec la dernière application de potasse sur K0 en 1982, la nutrition en K baisse déjà nettement en 1983 et il est fort probable que 8 mois plus tard en 1984, quand ont été faites les observations de surface foliaire, la zone de déficience était déjà bien atteinte, d'où la longueur de la feuille 17, le nombre de folioles et la surface de la feuille 17 significativement supérieurs sur K1 (Tabl. VI). Par contre, la différence de croissance en hauteur du stipe entre K1 et K0 n'est pas significative.

V. — EFFETS DE LA FUMURE MAGNÉSIEENNE

Comme on l'a vu auparavant la pauvreté du sol, particulièrement en P mais aussi en K et Mg, doit être d'abord corrigée par des apports de phosphate qui, par le jeu des antagonismes, induisent une déficience en K et une baisse sensible de Mg, elle-même aggravée par la correction de la déficience potassique. L'application indispensable de phosphate dès la plantation doit donc être suivie, dans l'ordre et progressivement, de la correction de la déficience en K,

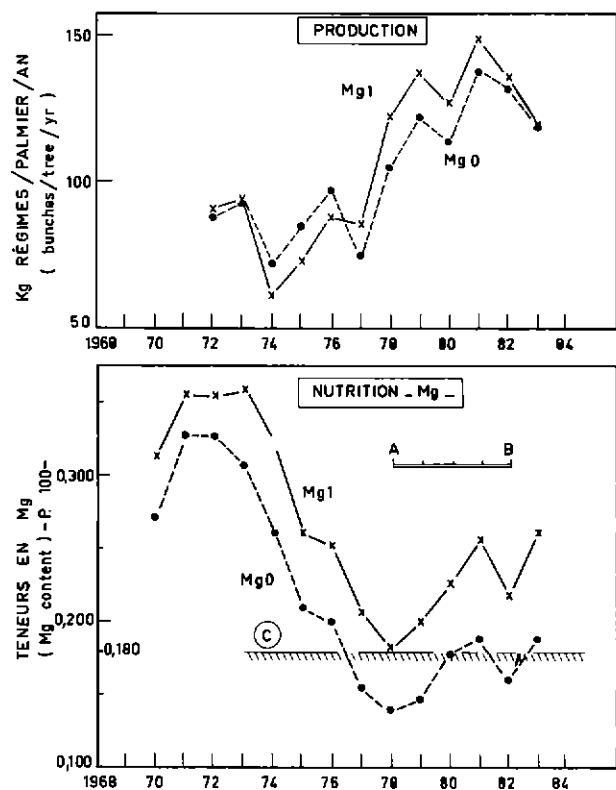


FIG. 7. — Effets de la fumure magnésienne sur la production et la nutrition en Mg (Effects of magnesium fertilizer on production and Mg nutrition) — BEL-ES 01.

— A-B = Fumure magnésienne sur Mg0 (Magnesium fertilizer on Mg0) 1978-1982.

— C = Niveau critique (Critical level).

puis de celle en Mg qui apparaît plus tardivement au cours des dix premières années après la plantation.

L'évolution de la production et de la nutrition magnésienne de Mg0 et Mg1 de la figure 7 permet de distinguer deux périodes :

— de 1972 à 1976, la production de Mg0 paraît légèrement supérieure avec 11,7 t/ha/an, contre 11,0 pour Mg1, alors que la nutrition magnésienne significativement plus forte sur Mg1 est toujours supérieure à 0,200 pour Mg0 ;

— en 1977, une inversion intervient et Mg1 produit alors davantage que Mg0 jusqu'en 1982 (écart significatif pour les productions de 1978) avec en moyenne 17,1 t/ha/an contre 15,4, ce qui correspond à la chute de la nutrition magnésienne en dessous de 0,180-0,200 que l'on peut considérer comme niveau critique, valable dans les conditions de Belém. C'est lorsque la teneur en Mg est inférieure à 0,180 que l'on peut observer les jaunissements caractéristiques sur feuilles âgées (N° 35-40) de certains arbres de la plantation adulte. Il faut environ 1 à 1,5 kg/palmier/an de sulfate de magnésium à 16 p. 100 MgO pour stabiliser la nutrition magnésienne au niveau critique à partir de 8-10 ans. En 1984, on ne constate aucune différence de surface foliaire entre Mg0 et Mg1 (Tabl. VI), la nutrition moyenne en Mg étant de 0,191 huit mois auparavant sur Mg0, c'est-à-dire tout à fait au niveau critique retenu. La déficience magnésienne n'a pas été assez durable et intense pour que la différence en hauteur du stipe entre Mg1 et Mg0 soit significative.

Ces résultats sont donc en faveur de la proposition de Ollagnier et Ochs [1981] de réviser en baisse le niveau critique traditionnel de 0,240.

VI. — APPLICATION À L'ÉLABORATION DES PROGRAMMES DE FUMURE

Des essais, dont les résultats ont été décrits et interprétés ci-dessus, il ressort quelques conclusions pratiques qui doivent servir de base à la mise au point des programmes de fumure commerciale :

— la **fumure azotée** n'est utile que dans le jeune âge pour améliorer quelque peu la vigueur des jeunes plants en attendant que la couverture de légumineuse prenne le relais : on la limitera à la 1^{re} et la 2^e années après la plantation (N0 et N1). Comme cette fumure n'est pas fondamentale on choisira la forme la moins coûteuse à l'unité d'azote ;

— la **fumure phosphatée** est indispensable dès la plantation. Le phosphate naturel aussi efficace à l'unité de poids que le SFT et près de deux fois moins cher, même en comptant le transport jusqu'à la plantation (centres producteurs actuellement dans les Etats de Goias et Minas Gerais), sera bien sûr utilisé chaque fois que cela sera possible. Son épandage mécanique ne pose pas de problème dans la région de Belém où la topographie est très favorable. Il a été remarqué que l'apport mécanique de 500 kg/ha de phosphate naturel représentait un optimum pratique et un investissement moins lourd que 1 500 kg/ha en une seule fois. La fréquence des passages suivants dépend de l'évolution de la relation N/P vérifiée annuellement par le diagnostic foliaire (DF) par rapport à la droite critique, soit environ une application tous les 3 à 5 ans.

Comme le jeune plant, au début, a besoin de trouver suffisamment de phosphate à portée de ses racines, on a intérêt à ajouter une fumure phosphatée dans le rond qui peut être, soit du SFT, soit du phosphate partiellement acidulé moins soluble et moins cher, soit du phosphate de roche, ce dernier étant plus délicat à épandre manuellement car très poudreux ;

— la **fumure potassique** débute dès la plantation avec des doses modestes. A partir de la 4^e année, les doses apportées dépendent des résultats du DF annuel de contrôle ;

— la **fumure magnésienne** n'est en principe pas nécessaire dans le jeune âge et l'on n'interviendra que si des symptômes visuels apparaissent clairement sur une proportion importante de palmiers. Ensuite avec les DF de contrôle il suffira de suivre le barème de fumure en vigueur. Comme la kieselrite n'est pas disponible au Brésil, le sulfate double de K et Mg est plus avantageux que le sulfate de Mg à 16 p. 100 de MgO et l'on équilibrera les quantités de KCl et de Sulpomag en fonction des niveaux respectifs en K et Mg : on a estimé pour simplifier que la concentration en K₂O du Sulpomag était le tiers de celle du chlorure de potasse.

Le tableau VII donne un exemple de ces barèmes à double entrée (teneurs en K et en Mg) pour le jeune âge et l'âge adulte bâtis à partir des résultats expérimentaux de BEL-ES 01 et 02 qui ont permis d'évaluer les niveaux critiques et la réponse approximative de doses croissantes d'engrais sur la nutrition foliaire. Ces barèmes ont pour but de rapprocher autant que possible les nutriments en K et Mg des niveaux critiques respectifs de façon à éviter tout gaspillage de fumure ;

— la **fréquence et l'époque d'application** : sur une grande plantation, avec près d'un semestre excessivement

TABLEAU VII. — Barème de fumures (*Manuring schedule*) KCl (a) & Sulpomag (b) (g/palmier/an/tree/yr)

Teneurs en Mg (Content) - p. 100 -		T1 : Jeune âge (<i>Young tree</i>) (3-5 ans - years)								
		a	2 000	a	1 500	a	1 000	a	500	a
0,220	b	0	b	0	b	0	b	0	b	0
0,200	a	1 750	a	1 250	a	750	a	250	a	0
	b	750	b	750	b	750	b	750	b	750
0,180	a	1 500	a	1 000	a	500	a	0	a	0
	b	1 500	b	1 500	b	1 500	b	1 500	b	1 500
	a	1 250	a	750	a	250	a	0	a	0
	b	2 250	b	2 250	b	2 250	b	2 250	b	2 250
		0,900		1,000		1,100		1,200		
		T2 : Age adulte (<i>Adult tree</i>) (> 5 ans - years)								
		NC								
0,220	a	3 000	a	2 250	a	1 500	a	750	a	0
	b	0	b	0	b	0	b	0	b	0
0,200	a	2 750	a	2 000	a	1 250	a	500	a	0
	b	750	b	750	b	750	b	750	b	750
0,180	a	2 500	a	1 750	a	1 000	a	250	a	0
	b	1 500	b	1 500	b	1 500	b	1 500	b	1 500
	a	2 250	a	1 500	a	750	a	0	a	0
	b	2 250	b	2 250	b	2 250	b	2 250	b	2 250
		0,800		0,900		1,000		1,100		
		Teneurs en K (Content) - p. 100 -								

NC = Niveau critique (*Critical level*).TABLEAU VIII. — Schéma du programme de fumure (*Manuring programme*)

Année de la plantation (<i>Year of planting</i>)	Eléments apportés par la fumure (<i>Elements added by manuring</i>)			
	N	P	K	Mg
n - 1		500 kg/ha phosphate nat. - Interligne (<i>interrow</i>) - après andainage 4 ^e trim. (<i>after windrow 4th quarter</i>).		
n0 (plantation : 1 ^{er} trim.) (<i>planting = 1st quarter</i>)	250 g SA (*) 1-2 mois après (<i>after</i>) planting-rond (<i>circle</i>) - 500 g SA - août/sept. - Rond (<i>Circle</i>)	1 000 g phosphate partiellement acidulé (<i>partly acidulated</i>) - après (<i>after</i>) plantation - Rond (<i>Circle</i>)	250 g KCl - juin/juillet (<i>June/July</i>) - Rond (<i>Circle</i>)	
n1	750 g SA - juin/août (<i>June/August</i>)	1 500 g phosphate partiellement acidulé - 1 ^{er} semestre (<i>1st half-year</i>) - Rond (<i>Circle</i>)	500 g KCl - juillet/sept. (<i>July/Sept.</i>) - Rond (<i>Circle</i>)	
n2 (1 ^{er} DF : 4 ^e trim.) (<i>1st L.A. = 4th quarter</i>)		500 kg/ha phosphate nat. - 2 ^e semestre (<i>2nd half-year</i>) - Interligne (<i>Interrow</i>)	500 g KCl - juillet/sept. (<i>July/Sept.</i>) - Rond (<i>Circle</i>)	
n3			} Fonction du barème T1 à partir DF - juillet/sept. (<i>As per scale T1 from L.A.</i>) - } (<i>July/Sept.</i>) } n2 } n3 } n4	
n4				
n5				
n6		500 kg/ha phosphate nat. - 2 ^e semestre (<i>2nd half-year</i>) - Interligne (<i>Interrow</i>)	Fonction du barème T2 à partir DF - juillet/sept. - Interligne (<i>Interrow</i>) (<i>as per</i> <i>scale T2 from L.A.</i>)	
n7 et suivantes (<i>and so on</i>)		Nouvelle application de 500 kg/ ha phosphate nat. en fonction de la relation N/P du DF (<i>New</i> <i>application of 500 kg/ha of nat.</i> <i>phosph. depending on L.A. N/P</i> <i>ratio</i>)	<i>Idem</i>	

(*) SA : Sulfate d'ammoniaque (peut-être remplacé par 1/2 dose urée) (*Ammonium sulphate may be replaced by 1/2 rate of urea*).(1) Spécialement au début pour le développement de la couverture de légumineuses (*Specially at beginning for development of legume cover crop*).

Mineral deficiencies of oil palm (*E. guineensis* Jacq.) in the Belem (Para) region, (Brazil)

A. R. PACHECO (1), B. J. TAILLIEZ (2), R. L. ROCHA de SOUZA (3), E. J. de LIMA (3)

In 1972, Martin and Prioux described and discussed the considerable effect of phosphate fertilizer on the growth of young oil palms planted in the Belem region, whilst the other fertilizers studied had little (urea) or no (potassium chloride and magnesium sulphate) impact on vegetative development. Now, with greater hindsight, it is possible to draw up a balance sheet of the nutritional requirements of the oil palm during the first fifteen years of its life given its soil and climatic conditions, to attempt to situate the critical leaf nutrition levels for each deficient element in the environment, to select both the most practical and most economical phosphate fertilizer and adjust the rational policy of manuring based on these local experiment results.

I. — DESCRIPTION OF MANURING TRIALS

The pilot plantation, located at Paricatuba forty or so kilometres to the East of Belem was created by the Superintendencia de Desenvolvimento da Amazonia (Sudam) with IRHO technical assistance. It has since become a commercial plantation of 5,000 ha, Dende do Para S/A (Denpasa).

The two trials, the results of which are given hereafter, were carried out on 1968 crops, i.e. on the first crops of the plantation.

1. — Environmental characteristics.

a) Climate.

From 1968 to 1983, the average temperature was 26.2 °C, whilst the average for minimum temperatures rarely drops below 22 °C.

The average annual rainfall of 3,283 mm measured over the same period is marked by periods of high rainfall with a monthly average exceeding 300 mm from January to May, followed from June to September by a relatively dry season, with, exceptionally, months registering less than 100 mm (Table I).

The water deficit calculated according to Thornthwaite-Mather [1955], taking 100 mm as maximum water retention of the soil, is only 35 mm on average per year from 1968 to 1982, peaking at 173 mm in 1981. Using the IRHO method of calculation (200 mm water retention), this deficit is nil for each year, with the exception of 1981 (100 mm).

Average annual sunshine is recorded at 2,218 hours with 100 to 125 hours/month from February to April and double this from July to November.

b) Soil.

The soil is a yellow, sandy latosol, the characteristics of which are given in Table II. It is relatively low in N, exceptionally poor in total or assimilable phosphorus, whatever the method of analysis, with relatively low exchangeable magnesium and potassium, but quite high saturation of the absorbing complex and excessively acid pH.

2. — BEL-ES 01 trial.

This trial began immediately after the June 1968 planting. It is a 2⁴ factorial design with 2 levels for each of the fertilizers, N, P, K, Mg, without replication, taking 25 useful trees per elementary plot.

Table III shows the fertilizers applied annually from 1968 to 1983 in a single application (1968-1977) or divided into twice per year (1978-1983). The urea and ammonium sulphate were only applied to N1, as N0 is a 0 control. However, P0 also received triple superphosphate for 5 years from 1974 to 1978, though at a lower rate than P1. Likewise, K0 was fertilized with potassium from 1973 to 1982 and Mg0 with magnesium sulphate from 1978 to 1982, so that the lack of nutrition in these respective elements would not have too great an impact on the control, as this might have jeopardized the future of the trial.

The observation made during this trial were :

- vegetative development while young by girth measurement up to 3 years old ;
- analysis of annual leaf samples (except in 1980 and 81) ;
- the recording of annual average production per useful tree from 1972, in terms of weight and number of bunches ;
- measurement of vegetative development over the last year : height of stem and leaf surface area/tree.

3. — BEL-ES 02 trial.

This trial was also carried out on the 1968 planting, but only began 2 1/2 years later, after noting the very considerable effect of the phosphate fertilizer in the BEL-ES 01 trial ; its aim was to make a comparison between the effects of basic manuring using natural phosphate and several levels of annual manurings with triple superphosphate (TSP).

This trial was a 4 × 2 factorial type with 3 replications and 25 useful trees per plot :

- 4 levels of TSP (P) applied in the cleared circle,
- 2 levels of natural phosphate at 34 p. 100 P₂O₅ (F) broadcast over the entire planted surface.

Table IV gives details of fertilizers applied for each treatment and for the entire trial (N, K, Mg, B fertilizers). Applications of TSP were halted on P1, P2 and P3 for the three years 1977 to 1979.

The observations made are similar to those previously listed for BEL-ES 01, but vegetative development measurements were limited to a few particular treatments for the final year.

II. — EFFECTS OF NITROGEN FERTILIZER

Martin and Prioux have shown that urea significantly improved the girth of young palms at the age of 18 months, but that this effect subsequently dropped off in the BEL-ES 01 trial.

However, bunch production (Table V) does not increase rigorously with nitrogen fertilizer from the start of production right up to the last results in 1983. Nonetheless, the nitrogen nutrition of leaf No. 17 is significantly improved for certain years, whilst N0 controls have N contents which can fall considerably below 2.50 p. 100.

The ammonium sulphate markedly depresses magnesium nutrition, especially when it already has a tendency to drop naturally from the age of 8 years onwards.

The height of the stem measured just below the base of leaf No. 33 at 15 years (Table VI) reveals an insignificant tendency towards increased growth with nitrogen fertilizer, giving 5.35 m for N1 as opposed to 4.89 for N0, though there is no effect on leaf surface. This absence of response with respect to leaf surface and production seems to prove that the nitrogen nutrition of N0 has always been sufficient at the adult age and hence greater than the critical level ; applications of nitrogen fertilizer under Paricatuba conditions are therefore unworthwhile and costly.

(1) For. Eng., MS, Embrapa/CNPDS (*).

(2) Agro. Eng., Embrapa/IRHO Convention (*).

(3) Agro. Eng., Dende do Para S/A « Denpasa » Trav. Piedade 651, Cx P. 1351, 66000 Belem, Para (Brazil).

(*) Cx P. 319 - 69000 Manaus AM (Brazil).

pluvieux, le fractionnement des fumures en 2 ou 3 applications par an conduit invariablement à des épandages en pleine saison des pluies sur une partie de la plantation ce qui n'est guère recommandable et peu pratique. Le semestre moins pluvieux n'étant pas vraiment sec, on a intérêt à fumer au sortir des dernières fortes pluies, c'est-à-dire de juin à septembre, en une seule fois pour les fumures K et Mg, de façon à laisser au palmier le temps d'absorber le maximum d'éléments minéraux avant les mois les plus pluvieux à partir de janvier. Comme ces épandages de KCl et Sulpomag sont aussi réalisés mécaniquement, c'est l'époque également la plus raisonnable pour entrer dans les champs avec un tracteur.

D'où le schéma général des fumures en fonction de l'âge proposé dans le tableau VIII.

CONCLUSIONS

BEL-ES 01 et 02 ont fourni pendant 15 ans des informations importantes, en particulier sur les besoins en K et en Mg des palmiers, une fois corrigée la déficience fantastique en phosphore, et ont permis de définir des niveaux critiques pour les nutriments de P, K et Mg, niveaux très voisins de ceux déterminés dans d'autres conditions ailleurs dans le monde.

L'excellente efficacité du phosphate naturel par rapport au superphosphate triple rend relativement très peu coûteuse la correction de la déficience en phosphore à cause de son faible prix, transport compris, et de sa souplesse d'emploi en fumure de fond épandue mécaniquement.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] MARTIN G., PRIoux G. (1972) — Les effets de la fumure phosphatée sur le palmier à huile au Brésil. *Oléagineux*, 27, N° 7, p. 351-354
- [2] Ng SIEW KEE (1972). — *The Oil Palm, its Culture, Manuring and Utilisation*. International Potash Institute, Berne, Suisse, 142 p.
- [3] FOSTER H. L. (1976). — Factors affecting fertiliser recovery and some aspects of tissue analysis. In : *Oil Palm Research*, Elsevier Sci. Publ. Cy., Amsterdam, Netherl., p. 215-232.
- [4] OCHS R., OLIVIN J. (1976). — Research on mineral nutrition by the IRHO. In : *Oil Palm Research*, Elsevier Sci. Publ. Cy., Amsterdam, Netherl., p. 184-213
- [5] OLLAGNIER M., OCHS R. (1981). — Gestion de la nutrition minérale des plantations industrielles de palmiers à huile. *Economie d'engrais* (bilingue fr-anglais). *Oléagineux*, 36, N° 8-9, p. 409-421.

SUMMARY

Mineral deficiencies of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in the Belem (Para) region, Brazil.

A. R. PACHECO, B. J. TAILLIEZ, R. L. ROCHA de SOUZA, E. J. de LIMA, *Oléagineux*, 1985, 40, N° 6, p. 295-309.

In the Belem region (Para, Brazil), after 15 years of field trials of N, P, K and Mg fertilization of oil palm, the following conclusions can be drawn : N nutrition is naturally sufficient except for very young palms, and the very marked P deficiency leads to poor growth, reduced leaf area and very mediocre yield. When it is corrected, yields are doubled in the early years of bearing and quadrupled at 12-15 years. The much cheaper natural phosphate is probably more efficient per fertilizing unit than triple superphosphate on these sandy latosols ; because of the low exchangeable K content of the soil and the depressive effect of phosphates on K nutrition, correction of the deficiency in that element should start at field planting ; for the same reasons, plus the K-Mg antagonism, Mg manuring must also be given in maturity, starting at 8-10 years. The critical nutrient levels in the leaves are stated and compared to results obtained in other parts of the world. Fertilizer schedules according to the age of the crops and the control of nutrition by leaf analysis are proposed for this region.

RESUMEN

Deficiencias nutricionales de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la región de Belém, Pará, Brasil.

A. R. PACHECO, B. J. TAILLIEZ, R. L. ROCHA de SOUZA, E. J. de LIMA, *Oléagineux*, 1985, 40, N° 6, p. 295-309.

En la región de Belém (Pará, Brasil), al cabo de 15 años de experimentación de campo con los fertilizantes N, P, K, Mg en palma africana, se puede sacar las siguientes lecciones : la nutrición nitrogenada es suficiente por supuesto, salvo en las fases jóvenes, y la deficiencia de fósforo, que es muy acentuada, produce un crecimiento muy reducido, una superficie foliar reducida y una producción muy mediocre. Su corrección permite duplicar los rendimientos en las fases jóvenes, y cuadruplicarlos a los 12 a 15 años. Al reducirse el fosfato a la unidad fertilizante, el fosfato natural mucho más barato tendría una eficacia muy superior a la del superfosfato triple en estos latosuelos arenosos ; debido al poco potasio intercambiable en el suelo y al efecto depresivo de los fosfatos en la nutrición de K, se necesita corregir la deficiencia de este elemento a partir de la siembra ; por los mismos motivos, además del antagonismo K-Mg, también se debe aplicar a la edad adulta una fertilización magnesiana a partir de los 8 a 10 años. Se especifican los niveles críticos de la nutrición mineral en las hojas, comparándoselos con otros resultados obtenidos en otras partes en el mundo. En base a estos datos, se proponen para esta región tablas de fertilización que dependen de la edad de los cultivos y del control de la nutrición por medio del diagnóstico foliar.

III. — EFFECTS OF PHOSPHATE FERTILIZERS

1. — Spectacular increase in production.

In the BEL-ES 01 trial from 1972 to 1975, i.e. during the 4 years following the start of production and before the super-phosphate, applied from 1974 onwards on P0, cancels out the difference, production in terms of bunch weight more than doubled through the use of phosphate fertilizer applied to P1 - an annual average of 15.3 t as opposed to 6.9 t (Fig. 1). Part of this gain (2/3) arises from the increase in the number of bunches and only 1/3 from an increase in their average weight. The application of only 1 kg/tree/year of TSP on P0 from 1974 to 1978 totally cancels out the difference in production between P1 and P0 from 1977 to 1981, 16.1 t/ha/yr for P0 and 15.6 t/ha/yr for P1, in spite of P1 receiving twice the rate. But, there is no equalling of effects on the number and average weight of bunches : P1 retains its significantly larger bunches (+ 13 p. 100), an advantage which is balanced out by their smaller number (- 14 p. 100), compared with P0. This type of opposing effect, giving rise to a nil resultant, is current among oil palms, whether this be due to manuring, castration, assisted or entomophilous pollination : when the production of larger bunches is favoured by a given treatment, the effect is obtained well after equalization of the treatments, but is partly or totally counterbalanced by a reduction in the number of bunches.

In the BEL-ES 02 trial, figure 2 shows the evolution of bunch production, grouped into periods of 3 years from 1972 to 1983. Whilst the performance of control P0 F0 is mediocre right from the start of production and tends to deteriorate as time goes on, through gradual impoverishment of the soil in phosphorus, all the other fertilizer treatments see their production increase markedly with age : from 14.8 t/ha/yr during the initial period up to 23.7 t/ha/yr during the final three years for P3 F0 for example. Hence the phosphate fertilizer is capable of doubling the yield of young palms and of almost quadrupling it at around 15 yrs old, compared with the control which is incapable of exceeding 6 to 7 t of bunches/ha/yr.

These results confirm the serious phosphorus deficiency, which was predictable from the soil analyses, but, what was less obvious, is the ease with which this deficiency could be corrected with relatively modest phosphate fertilizers at the rate of 1 to 1.5 kg TSP/oil palm/yr, this probably due to the very sandy texture of the soil which limited irreversible fixing.

Also in figure 2, it can be seen that with treatment P1 F0 (500 g TSP/oil palm/year) especially, there is a relative drop in production in 1978-80 subsequent to the suspension of phosphate fertilizers from 1977 to 1979. The other treatments, which enabled a certain storage of phosphorus in the soil and in the plant are less susceptible in this respect.

From 1978 onwards, a slow relative deterioration in production is noted for P0 F1 which received basic manuring with 1,500 kg/ha of natural phosphate in a single application in 1970.

The fact that P2 F0 (1 kg TSP/oil palm/yr) equals the production of treatment P3 F0 (1.5 kg), during the final period, is probably due to subsequent gradual storage in the soil of part of the P3 F0 rate which was then superfluous for the oil palm.

Hence, with manuring estimated as sufficient at 1 to 1.5 kg/oil palm/yr of TSP, the results obtained are the same as with 1,500 kg/ha of natural phosphate over 8 years, representing 1.3 kg/oil palm/yr, i.e. the same effectiveness per equal weight of fertilizer for the two forms, or greater effectiveness for the natural phosphate per unit of P_2O_5 , which is less rich than the TSP. The location of the fertilizer (TSP in the circle and natural phosphate over the entire surface) can also play an important role, especially in the development of the legume cover crops, which are demanding in P.

Combination of the two forms, tested in 3 out of 8 treatments, does not give rise to any improvement, since the rate used in each of these forms is already sufficient in itself.

Figure 3 gives the evolution of marginal production obtained with phosphate fertilizer for the 4 most important treatments. The curves for the required and sufficient rates (P2 F0 and P3 F0) have a tendency to level out at approximately 70-80 kg of bunches gained for each kg of TSP applied (approximately the same result should have been obtained with natural phosphate had its application been renewed). The profit-earning capacity threshold is ensured when the value of the marginal production obtained exceeds the marginal cost of the fertilizer applied. It can be estimated that, under average conditions, the marginal cost of the fertilizer (purchase price of fertilizer, transport and spreading included) is equal to :

- 5 kg of bunches for 1 kg of natural phosphate applied,
- 10 kg of bunches for 1 kg of TSP

It is therefore seen that the profit margin is considerable and that the main problem is not to try and make savings on phosphate fertilizer, but to avoid any phosphorus deficiency, however slight.

2. — Simultaneous improvement of P and N nutrition.

Figure 1 indicates the difference in P nutrition existing between P1 and P0 of the BEL-ES 01 trial up to 1975 and the great similarity with the difference in production occurring 1 to 2 years later. The TSP, applied for a time on P0 from 1974 to 1978, cancels out this difference, firstly in terms of P nutrition, then for the level of production. Over the last few years, the new deficiency which had developed on P0 began to effect production more significantly in 1983.

The effect of TSP on N nutrition is very similar to that obtained for phosphorus nutrition ; for example, the averages for 1970 to 1975 are :

- P0 : N = 2.48 ; P = 0.135,
- P1 : N = 2.67** ; P = 0.169**.

Under these conditions, improving of maintaining nitrogen nutrition depends primarily on reinforcement of phosphate manuring. In the BEL-ES 02 trial, it is also observed that N and P nutrition develops together. On the control P0 F0, the already very low content in young palms becomes catastrophic over the latter years : from N = 2.65 and P = 0.144 for 1971-73 to N = 2.18 and P = 0.106 for 1982-83.

The relative drops in production on P1 F0 following the suspension of phosphate manuring, or on P0 F1 due to the non-renewal of basic manuring, are also perfectly understandable through their impact on phosphate and nitrogen nutrition.

For both trials it can be seen that, even for treatment with sufficient phosphate, there exist annual fluctuations in N and P nutrition and a certain drop in production related to the age of the plantation.

Ollagnier and Ochs [1971] have shown that reference cannot be made to a fixed critical level of phosphorus, but that it is necessary to take account of nitrogen nutrition in any judgement of phosphorus nutrition and they situate the critical line which seems the best adapted to varied locations (Indonesia, Colombia, Ivory Coast, Belem), for which the equation is $P = 0.0497 N + 0.039$.

By studying the N/P relationships of treatments considered to be without P deficiency (no significant differences between production rates) for the two trials BEL-ES 01 and 02 from 1971 to 1983, we obtain the scatter of points shown in figure 4, which corresponds to :

- the yearly averages of P1 for BEL-ES 01 for each year,
- the yearly averages of P0 from 1977 to 1979 (corrected deficiency),
- the thrice-yearly averages of P0 F1 - P1 F1 - P2 F1 - P3 F1 and P3 F0 for BEL-EL 02.

The correlation obtained is highly significant : $r = + 0.772^{***}$ and the regression line whose equation is : $P = 0.0546 N + 0.0233$ — hardly deviates at all from that calculated by Ollagnier and Ochs, which we shall hence keep as the valid critical line, especially under Belem conditions which are characterized by the relatively high N content in young palms.

Two lines were traced parallel to the critical line ; these lines represent P contents lower than 0.010 and 0.020 respectively for a given N nutrition. It can be considered that the strip contained between the straight lines 0 and - 1 corresponds to a transition zone, where P deficiency is uncertain, but to be monitored, whereas between levels - 1 and - 2 doubt is no longer permissible. Figure 5 shows the evolution of the N/P relationship for treatment P0 of BEL-ES 01 from 1970 to 1983, starting from serious deficiency, gradually corrected with applications of TSP, falling again after suspension of this manuring.

3. — Induction of potassium and magnesium deficiency.

In the BEL-ES 01 trial, the addition of calcium through the TSP heavily depresses potassium nutrition, as indicated by the averages from 1970 to 1975, when P0 was receiving no TSP :

- for P0, Ca = 0.866 and K = 1.106,
- for P1, Ca = 1.084 and K = 0.877.

TABLEAU II. — Etat des exportations principales du Vanuatu 1979-1983 — en millions de Vatus.
(Summary of Vanuatu main exports 1979-1983 — million Vatu)

Année (Period)	Coprah (Copra)	Cacao (Cocoa)	Viande (Beef)		Huile de coco (Coconut oil)	Bois (Timber)	Autres (Others)	Total des exportations non compris le poisson (Total exports fish excluded)	P. 100 des produits du cocotier (Part due to coconut products-p. 100)
			en conserve (canned)	surgelée (frozen)					
1979	1 505	95	64	75	145	47	85	2 016	75
1980	592	94	46	29	74	1	44	880	67
1981	1 071	117	49	111	—	21	33	1 402	76
1982	710	57	59	124	—	22	54	1 026	69
1983	1 308	183	51	142	—	32	65	1 781	73
P. 100 du total (of the total)	73,0	7,7	3,8	6,8	3,0	1,7	4,0	100	

3. — La superficie sous cocotier et la répartition par âge.

La superficie totale actuelle sous cocotier est de 69 000 ha environ, dont la répartition est indiquée sur le tableau III.

Comme l'indique ce tableau, l'industrie du coco au Vanuatu se trouve dans un état de déclin car la majorité des plantations sont trop âgées et la capacité de produire le coprah va diminuer progressivement au cours des deux prochaines décennies, ceci étant dû au nombre élevé de vieux cocotiers des plantations nationales. Ceci s'applique particulièrement aux grandes exploitations où pratiquement aucune plantation n'a été entreprise depuis les années 30.

TABLEAU III. — Répartition selon la taille et l'âge des plantations
(Breakdown by size and by age)

Age des plantations	Grandes exploitations (estates)		Petites exploitations (small farms)		Total	
	(ha)	(p 100)	ha	(p 100)	(ha)	(p. 100)
< 50 ans (years)	2 000	9	26 000	55	28 000	41
50-70 ans (years)	12 000	55	21 000	45	41 000	59
> 70 ans (years)	8 000	36				
Total	22 000	100	47 000	100	69 000	100

Les grandes exploitations.

Les grandes plantations se trouvent généralement sur les sols les plus adaptés pour le cocotier, mais ce secteur, potentiellement le plus productif, se compose uniquement d'arbres âgés ou très âgés.

L'élevage du bétail en pâturage sous cocoteraies s'est développé au cours des vingt dernières années, initialement pour assurer l'entretien des plantations après le départ de la main-d'œuvre vietnamienne. La surcharge des pâturages a induit une dégradation du couvert herbacé et a favorisé le développement des adventices. Sur les sols argileux, cette pratique provoque un tassement du sol et nuit à la productivité, surtout pendant les années sèches.

Les petites exploitations.

Suivant la voie ouverte par les planteurs, des petits exploitants ont commencé à planter des cocotiers comme culture de rapport en faisant parfois appel à une main-d'œuvre journalière au moment de la récolte. Les premières plantations ont été réalisées de façon désordonnée et à intervalles trop rapprochés mais, plus récemment, elles ont été correctement effectuées.

La plupart des plantations en milieu villageois ont été réalisées selon le mode traditionnel, c'est-à-dire en intercalant des noix non sélectionnées parmi les cultures vivrières. On les rencontre sur les plaines côtières, les terrasses ou les plateaux d'origine volcanique et sur des pentes raides difficiles d'accès. Certaines d'entre elles sont établies sur des plateaux au climat humide, frais et nuageux (Tanna, Pentecôte) et donnent de moins bons rendements. Dans les petites propriétés, on trouve en moyenne 3 ha de cocotiers par famille, mais certaines plantations peuvent atteindre 20 ha dans les zones favorables à cette culture.

Les extensions sont possibles sur les îles où il existe encore des terres adaptées (Santo, Malekula et Maewo). D'autre part, sur certaines îles (Aoba, Pentecôte et Paama) les endroits favorables sont pleinement occupés et des replantations ou des réhabilitations seraient moins difficiles que des extensions.

4. — La production et le rendement.

La production du coprah varie sensiblement et les variations sont plutôt liées aux besoins en argent et aux prix du coprah qu'à l'irrégularité des facteurs climatiques. La production commercialisée au cours des 5 dernières années (1979-1983) est indiquée dans le tableau IV, et son origine dans le tableau V.

Pour la période de 1981 à 1983, 72 p. 100 de cette production venaient du secteur villageois et 28 p. 100 des grandes exploitations.

A ceci doit s'ajouter la consommation domestique des noix de coco, que l'on peut estimer à l'équivalent de 4 500 tonnes de coprah environ (basé sur la consommation d'une noix de coco/jour/par la population rurale).

Donc, en moyenne, la production de cocotier récoltée, est d'environ 643 kg de coprah par ha/an.

En supposant que l'ensemble de la consommation locale

Magnesium nutrition drops with age; Ca-Mg synergism is observed first of all in young palms when Mg nutrition is good, followed by antagonism at a later stage, a situation which has to be corrected with magnesium fertilizer.

In the BEL-ES 02 trial, phosphate fertilizers are seen to have comparable effects on K-Ca-Mg balance. Large-scale application of natural phosphate on F1 at the beginning of the trial, did not result in a greater depressive effect on K content than that obtained with the annual application of 1.5 kg of TSP: hence, a large quantity of Ca with a very low rate of solubility on the one hand and a small quantity of soluble Ca on the other, added regularly, would have the same effect.

4. — Significant improvement of vegetative growth parameters.

In the BEL-ES 01 trial, the recurrent P deficiency on P0 (final application in 1978) is particularly evident along the length of leaf 17, through the number of leaflets/leaf, the surface area of leaf 17 and the leaf area per palm (Table VI) in 1984.

In the BEL-ES 02 trial, the runty appearance of trees more than 15 years old, which have never received phosphate (P0 F0) is particularly striking. Withering begins at leaf 25 on the most seriously affected trees: this symptom, which is typical of very serious P deficiency (P content lower than 0.120 on leaf 17) would appear not to be due to accelerated senescence of the leaves, but to an extreme slowing down of leaf emission.

Growth at the top of the stem (and its diameter) is highly susceptible to P deficiency.

IV. — EFFECTS OF POTASSIUM FERTILIZER

Potassium fertilizer significantly increases the average weight of bunches, but not the number of bunches, hence the overall results in weight of bunches per tree are only markedly improved in 1976 and 77. Nonetheless, it is worth noting that, in Belem, the primary deficiency is that of phosphorus and that the phosphates intended to correct this deficiency heavily depress potassium nutrition: consequently, what interests us here is the effect of the potassium, once the P deficiency has been eliminated, i.e. for treatment P1 only.

It can be seen in figure 6 that the production curves, which are well separated right from the start of production, divide much more markedly from 1974 until 1977 when they start to close together and finally join up in 1978-79. With an advance of 1 to 2 years, potassium nutrition should have been slightly deficient on K0 from the outset, the deficiency subsequently becoming more serious as from 1972-73, diminishing from 1976-77 onwards (after applications of KCl) and disappearing in 1977-78: this is indeed the situation observed, which enables us to roughly situate the potassium critical level for leaf 17 at 1 p. 100 up to 5 years old (1973) and 0.9 p. 100 beyond 5 years old.

During the two periods previously defined, the figures for potassium nutrition and production, staggered by 1 to 2 years, are as follows:

	Average K content (p. 100)		Average annual production (t/ha)	
	P1 K0	P1 K1	P1 K0	P1 K1
1971-76	0.651	1.004	13.3	15.9
1977-83	0.933	1.178	17.7	18.0

During the first period, the clearly deficient potassium nutrition of P1 K0 results in considerably lower production (- 16 p. 100), whereas, during the second phase, although the nutrition of P1 K1 is still well above that of P1 K0, there is no longer any difference in production, which implies that the nutrition of 0.933 is sufficient and hence greater than or equal to the critical level at this age.

Given the annual rates of potassium applied on K1, then on K0, modified according to the levels of deficiency, it can be seen that it is relatively simple to significantly vary potassium nutrition under or above the critical level:

— insufficient nutrition is rapidly raised using 1.5 to 2 kg of potassium chloride per oil palm/yr,

— it is possible to stabilize it at a level close to 1 p. 100, which can be considered as ideal as it is slightly above the defined critical level, by using 1 to 1.5 kg,

— it is possible to reach levels higher than 1.2 p. 100, though this is totally unworthwhile, by using 2 to 3 kg.

Ollagnier and Ochs [1981] reached similar conclusions with respect to the potassium nutrition of sandy textured desaturated ferrallitic soils of Western Africa.

Potassium fertilizer reduces calcium nutrition, but, above all, heavily depresses that of magnesium:

	K0	K1
Average Mg content 1970-74	0.360	0.280
Average Mg content 1975-83	0.217	0.182

During the second period, the potassium fertilizer applied to K0, with that of K1 reinforced, leads to a general drop in magnesium nutrition, exacerbated by the heaviest rates.

The potassium fertilizer easily improves chlorine nutrition which is innately insufficient (CI = 0.250 in 1969 and 1971).

With the final application of potassium on K0 in 1982, K nutrition already dropped markedly in 1983 and it is highly probable that 8 months later in 1984, when leaf surface area observations were made, the deficiency zone was already well reached, hence the length of leaf 17, the number of leaflets and the significantly larger surface area of leaf 17 on K1 (Table VI). Conversely, the difference in growth at the top of the stem between K1 and K0 is not significant.

V. — EFFECTS OF MAGNESIUM FERTILIZER

As already seen, the poverty of the soil, particularly in P, but also in K and Mg, must be corrected first of all through the addition of phosphate, which, through the effects of antagonism, induces K deficiency and a significant drop in Mg, itself exacerbated by the correction of potassium deficiency. The indispensable application of phosphate immediately on planting must therefore be continued, progressively and in the order of deficiency correction, firstly in K then in Mg, which occurs at a later stage during the first ten years after planting.

The evolution of production and magnesium nutrition for Mg0 and Mg1, shown in figure 7, makes it possible to differentiate two periods:

— from 1972 to 1976, the production of Mg0 appears slightly greater with 11.7 t/ha/yr as opposed to 11.0 t/ha/yr for Mg1, whereas the magnesium nutrition, which is significantly greater on Mg1, is still higher than 0.200 for Mg0;

— in 1977 the situation is reversed and Mg1 then produces more than Mg0 up to 1982 (significant difference in production figures for 1978) with an average of 17.1 t/ha/yr as opposed to 15.4, which corresponds to a drop in magnesium nutrition to below 0.180-0.200, which can be considered as the critical level valid for Belem conditions. It is once the magnesium content is lower than 0.180 that characteristic yellowing can be seen on the older leaves (Nos. 35-40) of certain trees in the adult plantation. Approximately 1.5 kg/oil palm/yr of magnesium sulphate at 16 p. 100 MgO is required to stabilize the magnesium nutrition at the critical level from 8-10 years old. In 1984, no difference in leaf surface area is observed between Mg0 and Mg1 (Table VI), when the average Mg nutrition eight months earlier on Mg0 was 0.191, i.e. at exactly the critical level adopted. Magnesium deficiency was not intense enough and did not last long enough for the difference in stem height between Mg1 and Mg0 to be significant.

These results therefore support the proposal by Ollagnier and Ochs [1981] to revise and lower the standard critical level of 0.240.

VI. — APPLICATION IN DRAWING UP MANURING PROGRAMMES

Several practical conclusions arise from the trials whose results have just been described and interpreted; these conclusions should form the basis for developing commercial manuring programmes:

— **nitrogen fertilizer** is only useful in young palms to somewhat improve the vigour of the young plants whilst waiting for the legume cover crop to come into effect ; manuring will be limited to the 1st and 2nd years after planting (N0 and N1). As this fertilizer is not fundamental, the cheapest form per unit of nitrogen will be used ;

— **phosphate fertilizer** is indispensable straight after planting. Natural phosphate, which is just as effective per unit weight as TSP and almost twice as cheap, even when transportation to the plantation is taken into account (production centres at present in the states of Goiás and Minas Gerais) will obviously be used whenever possible. Mechanical spreading presents no problems in the Belem region where the topography lends itself to such an operation. It was noted that the mechanical application of 500 kg/ha of natural phosphate represented a practical optimum and a lower investment than 1,500 kg/ha in a single application. The frequency of subsequent applications depends on the evolution of the N/P relation, checked annually through leaf analysis (LA), against the critical line and is in the region of one application every 3 to 5 years.

As the young plant initially needs to find sufficient phosphate within reach of its roots, it is advisable to apply phosphate fertilizer in the circle ; this may be TSP, or partially acidulated, less soluble phosphate which is cheaper, or rock phosphate, which is trickier to apply manually as it is very powdery ;

— **potassium fertilizer** is applied at moderate rates immediately on planting. From the 4th year onwards, the rates applied depend on the results of the annual leaf analysis checks ;

— **magnesium fertilizer** is not required, in principle, on young palms and it is only applied if visual symptoms clearly appear on a large proportion of the oil palms. Then, with the leaf analysis checks, it will be sufficient to follow the manuring schedule in force. As Kieserite is not available in Brazil, double K and Mg sulphate is better than Mg sulphate at 16 p. 100 of MgO and the quantities of KCl and Sulpomag will be balanced out in proportion to the respective levels of K and Mg : to simplify matters, it has been estimated that the K₂O concentration of the Sulpomag was a third of that for the potassium chloride.

Table VII gives an example of these schedules, with two entries (K and Mg contents), for both young and adult oil palms, based on the results of the trials BEL-ES 01 and 02, which made it possible to evaluate the critical levels and the approximate effect of increasing rates of fertilizer on leaf nutrition. The purpose of these schedules is to bring K and Mg nutrition as close as possible to their respective critical levels, so as to avoid any wastage of fertilizers ;

— **date and frequency of applications** : on a large plantation where half the year is excessively rainy, the dividing of manuring operations into 2 or 3 applications per year invariably leads to manuring at the height of the rainy season on part of the plantation, which is hardly recommendable and not at all practical. As the less rainy half year is not really dry, it is advisable to apply fertilizers immediately after the last heavy rains, i.e. from June to September, in a single application for K and Mg fertilizers, to give the oil palm time to absorb the maximum of mineral elements before the arrival of the wettest months starting in January. As KCl and Sulpomag are also applied mechanically, it is also the most sensible season to go into the fields with a tractor.

Hence the general manuring scheme based on age, which is proposed in table VIII.

CONCLUSIONS

For 15 years, BEL-ES 01 and 02 have been supplying important information, particularly as regards the K and Mg requirements of oil palms, once the incredible phosphorus deficiency has been corrected and have made it possible to define critical levels for P, K and Mg nutrition ; these levels are very similar to those determined under other conditions elsewhere in the world.

The excellent effectiveness of natural phosphate compared with that of triple superphosphate, makes the correction of phosphorus deficiency relatively inexpensive, due to its low price, transport included and through its flexibility of use as a mechanically spread basic manure. □

ATELIERS DE CONSTRUCTION
DE **HERSTAL**
société anonyme



**POMPES INDUSTRIELLES
ET HYDROCYCLONES**
pour LIQUIDES CHARGES et ABRASIFS

Nombreuses références dans :

- les huileries de palme
- le transport hydraulique des minerais
- les lavoirs à charbon
- les cimenteries

RUE HAYENEUX 148
B - 4400 — HERSTAL
(BELGIQUE)
Tél. (041) 64 08 40 (3 l.)
Télex : 42107 - erstal b -

