

Réponse à la fumure potassique sur les sols acides sableux formés sur les sédiments tertiaires

R. OCHS ⁽¹⁾, J. OLIVIN ⁽²⁾, P. QUENCEZ ⁽³⁾ et P. HORNUS ⁽⁴⁾

Résumé. — Les sédiments tertiaires du Continental Terminal occupent une frange littorale discontinue qui s'étend de la Sierra Léone jusqu'au Cameroun. Ils ont formé des plateaux en général peu accidentés et ont donné naissance à des sols profonds qui portent des noms différents tels que Sables Tertiaires en Côte-d'Ivoire et au Cameroun, Acid Sands au Nigéria, Terre de Barre au Bénin. Ces sols se distinguent par leur texture et leur couleur. Mais ils ont en commun certaines caractéristiques chimiques telles que l'acidité et de faibles teneurs en cations échangeables, particulièrement pour le potassium, qui sont dues à la nature de l'argile kaolinite. Il en résulte que ces sols sont très fréquemment carencés en potassium et qu'une fumure potassique est indispensable à plus ou moins brève échéance. Une dizaine d'expériences de Côte-d'Ivoire et du Cameroun, qui représentent assez bien la diversité des conditions d'alimentation potassique de grandes régions pédoclimatiques de ce bassin sédimentaire, ont servi de base à une étude de synthèse sur la nutrition potassique. L'analyse des résultats expérimentaux a permis d'établir : l'âge à partir duquel apparaît une baisse de production en l'absence de fumure, les teneurs foliaires correspondantes en potassium, la relation production-teneur qui permet d'estimer la perte de production en fonction de l'intensité de la carence. Par ailleurs, on montre comment les courbes de réponse, doses de KCl - production d'une part et doses de KCl - teneurs foliaires en K d'autre part, permettent de déterminer les doses d'engrais économiquement optimales, les teneurs foliaires correspondantes (niveaux critiques) et les barèmes de fumures qui seront applicables dans les situations identiques à celles des sites expérimentaux. Il a été également possible d'établir un barème moyen de fumure qui, sous réserve d'adaptations locales, permettra au planteur, qui ne dispose pas d'expérience de référence d'établir ses programmes de fumure sur la base des teneurs foliaires du contrôle annuel de la plantation.

Mots-clés : Palmier à huile, Afrique de l'ouest, sols sédimentaires, nutrition potassique, fumure potassique, rentabilité des engrais

INTRODUCTION

Les sédiments tertiaires du Continental Terminal occupent une frange littorale discontinue qui s'étend de la Sierra Leone jusqu'au Cameroun. Ils ont formé des plateaux en général peu accidentés et donné naissance à des sols profonds appelés Sables Tertiaires en Côte-d'Ivoire et au Cameroun, Acid Sands au Nigéria, Terre de Barre au Bénin. Ces sols se distinguent par leur texture et leur couleur comme par exemple la Benin fasc et la Calabar fasc en Nigéria ⁽¹⁾. Mais ils ont en commun certaines caractéristiques chimiques telles que l'acidité et de faibles teneurs en cations échangeables, particulièrement en potassium, qui sont dûes au faible pouvoir de rétention de la kaolinite qui constitue la fraction argileuse. Il en résulte que la déficience potassique est la principale, voire l'unique déficience minérale rencontrée sur ce type de sol, en première génération du moins. Elle peut intervenir dès l'origine sur les sols de savane ou d'anciennes cultures. Sur défrichements forestiers, elle ne se manifeste qu'après un délai de quelques années grâce au retour progressif du potassium contenu dans les abattis forestiers la fertilisation potassique est donc indispensable à plus ou moins brève échéance dans les plantations de palmier de la côte d'Afrique Occidentale.

Une synthèse générale des résultats des travaux de recherche conduits en Côte-d'Ivoire sur la nutrition et la fertilisation [2-3] avait montré que pour une teneur foliaire (F17) naturelle, égale ou supérieure à 1 % de K, l'apport d'engrais potassique n'entraînait aucune amélioration mesurable de la production ; ensuite, entre 0.9 % et 1 % l'augmentation des productions à attendre était faible, inférieure à 5 % du potentiel et en limite de rentabilité pour des doses de KCl qui ne devaient pas dépasser 500 g/arbre/an ; enfin au-dessous de 0.9 % l'efficacité et la rentabilité de la fertilisation potassique étaient démontrées sans contestation possible. Ces résultats militaient en général, en faveur d'un niveau critique moyen de 0.95 % [2-3] à maintenir par l'utilisation d'un barème dit "autoconvergent" (Tabl. I) car il avait été conçu de façon à contraindre les teneurs foliaires à converger vers le niveau critique en modifiant la dose de KCl utilisée l'année précédente d'après la situation des teneurs foliaires de l'année par rapport à ce niveau critique et aussi en fonction du sens dans lequel ces teneurs avaient évolué entre les deux derniers diagnostics foliaires. Ce barème obtenu par tâtonnement a donné de bons résultats en pratique et il est encore en usage avec quelques aménagements localisés. D'autres types de barèmes, soit plus simples, soit au contraire plus élaborés car basés sur une approche quantitative, sont également utilisés [4].

L'étude générale des réponses à la fertilisation potassique a été reprise en 1988 pour confirmer et préciser les résultats précédents et avec pour objectif supplémentaire de calculer les pertes de production en fonction de l'intensité de la déficience exprimée par les teneurs foliaires en potassium et

(1) Directeur de la Division Agronomie IRHO/CIRAD (France)

(2) Division Agronomie IRHO/CIRAD.

(3) Directeur du Service Agronomie, station de Recherches de La Mé (Côte-d'Ivoire).

(4) Représentant permanent IRHO-Douala (Cameroun)

TABLEAU I. — Gestion de la nutrition potassique - Barème d'intervention dit "autoconvergent" — (*Potassium fertilizer management - So-called "self-converging" intervention schedule*).

Teneurs foliaires K % PS dernier DF (F17) (<i>Leaf contents K % DW last LA (L17)</i>)	Modifications apportées à la dose de l'année précédente en g KCl/arbre (<i>Changes made to rate for previous year - g KCl/tree</i>)	
	Arrêt de la fumure potassique (<i>potassium fertilization halted</i>)	
1.1 - 1.2	-1 000 à 1 600 g	{ - 1 600 Teneurs en hausse (<i>Contents increase</i>) > 0.1 % { - 1 400 " " " < 0.1 % { - 1 200 Teneurs en baisse (<i>Contents fall</i>) < 0.1 % { - 1 000 " " " > 0.1 %
1.0 - 1.1	- 400 à 1 000 g	{ - 1 000 { - 800 Idem (<i>Ditto</i>) { - 600 { - 400
0.9 - 1.0	± 0 à 400 g	{ - 400 Teneurs en hausse (<i>Contents increase</i>) > 0.1 % { - 200 Teneurs en hausse (<i>Contents increase</i>) < 0.1 % ou stabilité (<i>or remain stable</i>) > 0.95 % 0 Stabilité (<i>Stable</i>) < 0.95 % { + 200 Teneurs en baisse (<i>Contents fall</i>) < 0.1 % { + 400 " " " > 0.1 %
0.8 - 0.9	+ 400 à 1 000 g	{ + 400 Teneurs en hausse (<i>Contents increase</i>) > 0.1 % { + 600 " " " < 0.1 % { + 800 Teneurs en baisse (<i>Contents fall</i>) < 0.1 % { + 1 000 " " " > 0.1 %
0.7 - 0.8	+ 1 000 à 1 600 g	{ + 1 000 { + 1 200 Idem (<i>ditto</i>) { + 1 400 { + 1 600
0.7	Passage direct à la dose maximum 3 000 g KCl/arbre (<i>Maximum rate of 3, 000 g KCl/tree applied immediately</i>)	

d'estimer les doses nécessaires à une modification donnée de ces teneurs.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Des expériences de Côte-d'Ivoire et du Cameroun ont servi de base à cette nouvelle analyse. Elles représentent assez bien la diversité des conditions d'alimentation potassique de grandes régions pédoclimatiques du bassin sédimentaire du Continental Terminal d'Afrique de l'Ouest, à l'exception des régions les plus sèches pour lesquelles la nutrition potassique présente des aspects particuliers qui ont été traités par ailleurs [6].

Le milieu naturel

— Climat : (Tabl. II)

La pluviosité est plus élevée et mieux répartie au Cameroun qu'en Côte-d'Ivoire tandis que l'ensoleillement y est plus faible. Par contre, les températures moyennes sont comparables.

Le régime pluviométrique d'Afrique de l'Ouest est caractérisé, surtout depuis les dernières décennies, par une aggravation de la sécheresse et une forte variabilité annuelle. Pour rendre compte de cette situation et replacer chaque période d'observation dans son contexte climatique on a fait figurer

dans le tableau IV les déficits hydriques supportés par chaque site expérimental (1). En Côte-d'Ivoire : le déficit hydrique moyen qui était inférieur à 350 mm avant 1979 à La Mé, est devenu égal ou supérieur à 400 mm ensuite ; il a été faible à Dabou pendant la période considérée antérieure à 1980 ; tandis qu'à Sassandra, l'une des zones les plus sèches du littoral ivoirien, il a toujours été très élevé ; au moins 600 mm en moyenne. Par contre, au Cameroun et à La Dibamba, en particulier, le déficit hydrique a été plus faible durant les dernières années qu'en Côte-d'Ivoire.

— Sols (Tabl. III)

Les caractéristiques physico-chimiques des sols formés sur le Continental Terminal, bien que dépendantes de la variabilité géographique et des effets du passé cultural, possèdent néanmoins de nombreux points communs. Le tableau III qui présente trois sites expérimentaux montre qu'il s'agit en l'occurrence de sols sableux très acides, pauvres en matière organique et en azote, mais bien pourvus en phosphore. La fraction argileuse, quand elle a été analysée, est constituée en presque totalité par de la kaolinite à faible pouvoir de fixation pour les cations. La somme des cations échangeables (Al exclu) est très faible, inférieure à 1 me/100 g et le K⁺, élément concerné par cette étude, n'est représenté que par quelques centièmes de me/100g alors que le niveau seuil pour la couche superficielle du sol est de l'ordre de 0.15 me/100g [7]. La teneur en K total est également faible.

Le dispositif expérimental

Les expériences concernées (Tabl. IV) ont été plantées de 1957 à 1974 avec du matériel végétal D × P -sauf l'essai GD 6 avec du T × D- produit par l'IRHO. Elles étudient 3 ou

(1) Les déficits hydriques ont été calculés selon la méthode simplifiée de l'IRHO pour des périodes débutant 2 ans 1/2 avant les périodes d'observation et s'arrêtent 6 mois avant la fin de celles-ci [5].

TABLEAU II. — Caractéristiques climatiques des zones d'étude - Périodes 1979-1988 — (Climatic characteristics of study areas - periods 1979-1988)

Moyennes annuelles (Annual means)	Côte-d'Ivoire			Cameroun (Cameroon)	
	La Mé	Dabou	Sassandra	La Dibamba	M'Bongo
Pluviométrie (Rainfall) (mm/an) (mm/yr)	1 480	1 560	1 444	3 278	2 770
(Jours/an) (days/yr)	137	115	85	169	122
Ensoleillement (Sunshine) (heures/an) (hrs/yr)	1 790	1 900	2 300	1 383	
Températures (degrés Celsius) (Temperatures - degrees Celsius)					
Moyennes (mean)	26.3	26.1	25.9	26.7	
Maxi	30.4	30.0	29.3	30.6	
Mini	22.2	22.4	22.4	23.2	

N.B. : pour Sassandra la décennie considérée est 1971-1980 — (For Sassandra the decade considered is 1971-1980)
pour M'Bongo " " 1975-1984 — (For M'Bongo " " 1975-1984)

4 niveaux de KCl avec, DA 13 excepté, un témoin qui ne reçoit pas d'engrais potassique. Elles ont également été choisies de façon à présenter un large éventail de teneurs, le témoin étant déficient ou carencé en potassium.

En Côte-d'Ivoire, la nutrition minérale des autres éléments est naturellement satisfaisante tandis qu'au Cameroun la nutrition magnésienne est naturellement plus ou moins faible. De ce fait, pour les expériences du Cameroun, seuls les traitements pour lesquels la nutrition magnésienne est satisfaisante ont été retenus.

Les années d'observation choisies correspondent à des périodes de stabilité relative de la nutrition minérale de chaque traitement et aussi à des périodes pluviométriques différentes pour tenir compte des effets du déficit hydrique sur la nutrition potassique [8].

La méthode d'interprétation

Les buts fixés à cette étude : évaluation des pertes de production en fonction de l'intensité de la déficience, détermination du niveau critique en K et d'un barème de fumure potassique ont nécessité l'établissement préalable des relations suivantes : production-teneurs foliaires ; doses de KCl - production, et doses-teneurs. On sait que les courbes de réponse de la production et des teneurs foliaires en fonction des doses suivent en général la loi des accroissements moins que proportionnels dont l'équation de Mitscherlich ⁽¹⁾ constitue l'une des représentations mathématiques. Il en résulte que la relation production-teneurs foliaires s'ajuste plutôt à un modèle linéaire, comme cela avait déjà été montré en 1975 [7], d'après une expérience plantée en 1946.

La détermination de la dose économique optimale, puis celle de la valeur de la teneur foliaire en K (niveau critique) correspondante, à partir des courbes de Mitscherlich, nécessite de faire, au préalable, des hypothèses sur la production supplémentaire nécessaire (kg régimes/arbre) pour rembourser le prix d'achat d'un kg de KCl. Ce rapport peut varier no-

Prix d'achat de 1 kg de KCl (F CFA)	Valeur nette du kg de régime (F CFA)			
	Rapport $\frac{PA}{V}$			
	15	20	25	30
50	3.3	2.5	2.0	1.7
60	4.0	3.0	2.4	2.0
70	4.7	3.5	2.8	2.3
80	5.3	4.0	3.2	2.7

toirement en fonction des conditions économiques comme il apparaît d'après le test de sensibilité effectué sur le rapport :

Prix d'achat du kg de KCl

Valeur nette du kg de régimes ⁽²⁾

Certains agronomes admettent par prudence, afin de tenir compte de l'imprécision existant sur le calcul des prix de revient, que la valeur de l'augmentation de production doit couvrir au moins 1.5 à 2 fois le prix de la fumure pour que l'opération soit rentable en toute certitude. En conséquence, bien que cette prudence devrait s'appliquer plutôt à la quantité totale d'engrais qu'aux doses marginales, les calculs de niveaux critiques ont été néanmoins basés sur des valeurs de 3, 5, 7 et 9 du rapport dY/dx donné par l'équation de Mitscherlich. Actuellement la rentabilité de la fumure est plus facilement assurée si l'huile est commercialisée sur les marchés nationaux, comme c'est le cas le plus général en Afrique de l'Ouest, car ceux-ci offrent aux producteurs un prix d'achat plus élevé que le marché international

RESULTATS ET DISCUSSION

Relation entre la production et les teneurs foliaires en potassium

Pour chaque expérience de Côte-d'Ivoire, on a calculé la régression générale donnée par l'ensemble des données parcelles ainsi que les régressions individuelles des traitements. Il est apparu, dans 6 cas sur 7, que celles-ci n'étaient statistiquement pas différentes de celles-là. Il est donc pos-

(1) Son expression générale est $Y = a - be^{-cx}$ dans laquelle Y est soit la production, soit la teneur foliaire et x la dose d'engrais, a, b et c sont des coefficients propres à chaque situation et qu'il faut déterminer.

(2) Valeur du kg de régime - prix de vente de l'huile x taux d'extraction - coûts de (récolte + transport + usinage)

TABLEAU III. — Caractérisation physico-chimique des sols — (Physico-chemical soil characterization)

	La Mé (LM 27)			Dabou (DA 13) ⁽¹⁾			M'Bongo (CA 7) ⁽²⁾		
	0-20	20-40	60-100	0-30	30-50	70-110	0-20	30-50	60-110
Profondeur (cm) (Depth cm)									
Argile (Clay) %	5	7	17	12	15	18	12	15	19
Limon (Loam) %	3	3	3	4	3	3	6	8	7
Sables (Sands) %	92	90	80	84	82	79	82	77	74
Carbone (Carbon) %	0.8	0.6	0.4	0.9	0.7		0.9	0.6	
Azote total (Total N) ^{0/100}	0.7	0.4	0.3	0.6	0.4		0.5	0.6	
Phosphore ppm (Total phosphorus ppm)	200	234	329	400	390		710	520	
Assimilable Olsen (Assimilable Olsen)	15	19	19	59	48		28	26	
Complexe absorbant me/100 g (Absorbing complex meq/100 g)									
Ca	0.44	0.32		0.26	0.14		0.15	0.15	
Mg	0.11	0.07		0.06	0.04		0.12	0.08	
K	0.06	0.02		0.06	0.04		0.04	0.08	
Al	0.18	0.33		1.22	1.12				
H	0.12	0.11		0.10	0.09				
pH eau (pH water)	4.4	4.6		4.7	4.8		4.2	4.4	
KCl	3.5	3.7		4.1	4.2		4.0	4.0	
Bases totales me/100 g (Total bases meq/100 g)									
Ca	1.84	2.19							
Mg	1.55	1.82		0.20	0.20				
K	0.65	0.67		0.32	0.47				
Minéraux argileux (Clay minerals)									
Kaolinite	Dominante (Dominant)			Dominante (Dominant)					
Goethite	quelques traces (a few traces)			traces (traces)					

(1) Laboratoire CIRAD (France) — (CIRAD laboratory France) —

(2) Laboratoire ENSA de Dschang (Cameroun) — (ENSA laboratory at Dchang Cameroon)

sible, par simplification, de considérer seulement les régressions générales (Tabl. V). Un résultat identique avait déjà été obtenu en 1965 [7].

Les coefficients de corrélation "r" sont tous significatifs, ce qui traduit bien la dépendance de la production vis-à-vis de la nutrition potassique. Mais l'intensité de la relation est néanmoins variable car le coefficient de détermination ($100 r^2$) n'est supérieur à 50 que dans 6 cas sur 9.

Le taux d'augmentation de la production obtenu pour des variations de 0.1 % de la teneur en K dans chaque expérience est donné dans le tableau VI.

- Pour la période A, la moyenne de ce taux pour les 7 expériences est de 5.7 kg/arbre avec un coefficient de variation de 17 %. La dispersion est plus faible quand l'augmentation de production est exprimée en pourcentage de la production maximum atteinte dans chaque expérience. Le taux relatif moyen est alors de 4.9 %.
- Pour la période B caractérisée par un climat plus sec, le taux d'augmentation relatif de la production est également voisin de 5 %. Il est intéressant de remarquer que le GD6, qui a subi de forts déficits hydriques durant les 2 périodes, a réagi comme d'autres expériences placées dans des situations plus clémentes.

En conclusion, il est possible de retenir que l'augmentation ou la perte relative de production, quand la teneur foliaire (F17) en K augmente, ou diminue de 0.1 % représente environ 5 % de la production maximum autorisée par les autres facteurs écologiques. Les valeurs extrêmes de ce taux étant de l'ordre de 4 et 6 %.

Les niveaux critiques foliaires en K

Les relations production-doses de KCl, d'une part, et teneurs en K-Doses, d'autre part, ont été établies pour chaque expérience selon la formule de Mitscherlich. On fera grâce au lecteur de la présentation des 18 équations obtenues et on se contentera de donner ci-après, à titre d'exemple, les relations relatives aux deux expériences LM30A et LD7.

Relations : production-doses de KCl	Teneurs foliaires en K-doses
LM30A $P = 127-33.8 e^{-1.22D}$	$K \% = 1.09-0.57 e^{-0.83D}$
LD17 $P = 101.4-28.7 e^{-0.516D}$	$K \% = 1.04-0.47 e^{-0.61D}$

P en kg/arbre/an, D en kg de KCl/arbre/an

Les doses économiquement optimales (D) puis les niveaux critiques foliaires en K (NC) et les productions correspondantes (P) (Tabl. VII), ont été calculés à partir de ces relations et pour les 4 valeurs déjà citées du rapport R (prix du KCl/valeur nette du kg de régimes). Pour un essai (LM 27), le domaine des résultats expérimentaux obtenus n'a cependant pas permis le calcul pour toutes les valeurs de R.

A cause de la diversité des conditions économiques envisagées, les doses optimales diminuent assez fortement quand R augmente. Par contre, les valeurs du niveau critique et la production correspondante varient relativement moins. Cela provient du fait que les doses optimales sont situées dans la zone de la courbe de Mitscherlich proche de la partie asymptotique. Les valeurs du niveau critique qui correspondent à

TABLEAU IV. — Le dispositif expérimental — (The experimental design)

Pays (Country)	N° Expérience année de plantation (Experiment N° planting year)	Périodes d'observation A et B (Observation periods— A and B)	Déficit hydrique moyen (Mean water deficit)	Doses g KCl/arbre/an (KCl rate/tree/year g)				Teneurs F17 k % (Leaf 17 contents K%)				Kg régimes/arbre (Kg bunches/tree)			
				(mm/an) ± σ N (mm/yr) ± σ N	K0	K1	K2	K3	K0	K1	K2	K3	K0	K1	K2
Côte-d'Ivoire	La Mé LM 23-1965	1973/74 - 75/76 1980/81 - 86/87	273 ± 106 427 ± 136	0	1000	2000	-	.840 .593	1.018** .843**	1.098** .927**		119 72	130** 81**	133** 85**	
	LM 27-1973	1984/85 - 86/87	454 ± 151	0	500	1000	1500	.827	.855	.919**	940**	102	104	109*	110*
	LM 30A-1974	1981/82 - 87/88	392 ± 134	0	800	1600	2400	.513	.786**	.939**	1.004**	93	114**	122**	124**
	Dabou DA 13-1964	1970/71 - 75/76	172 ± 65	625	1500	3000		.504	.811*	.929**		92	113**	122**	
	Sassandra GD 6-1957	1968/69 - 75/76 1976/77 - 78/79	603 ± 113 717 ± 71	0	750	1500		.460 .464	.733** .713**	.896** .880**		84 47	99** 62**	102* 65**	
	La Dibamba LD 7-1969	1984/85-87-88	204 ± 105	0	1000	2000	3000	560	.805	.865	.980	73	84	92	95
Mgl seulement (Mgl only)															
M'Bongo CA 7 - 1972 sauf MGO (except Mgo)	1985/86 - 87/88	303	0	500	1000	2000	.649	.938	1.029	1.123	89	106	108	113	

N.B. : Les déficits hydriques ont été calculés pour les périodes débutant 2 ans 1/2 avant les périodes d'observation et s'arrêtant 6 mois avant celles-ci. — (Water deficits were calculated for periods starting 2 1/2 years before the observation periods and ending 6 months before)

TABLEAU V. — Relation entre les teneurs foliaires (F 17) en K % et la production (kg régimes/arbre) — (Relationship between leaf contents (L 17) in K % and production - kg bunches/tree)

	Période A (Period A)			Période B (Period B)		
	r	100r2	Pd = f(k)	r	100r2	Pd = f(k)
LM 23	.719***	52	P = 54.20 K + 74.11	.764***	58	P = 42.98 K + 45.58
LM 27	.475**	22	P = 55.57 K + 57.08			
LM 30 A	.947***	90	P = 68.10 K + 58.15			
DA 13	.848***	72	P = 70.49 K + 56.49			
GD 6	.616**	38	P = 44.27 K + 63.89	.640***	41	P = 36.84 K + 32.70
CA 7	.730***	53	P = 48.37 K + 58.72			
LD	.957***	92	P = 55.16 K + 41.58			

R = 5 et 9 sont presque égales à celles obtenues précédemment en 1987 [8] avec une relation de la forme $K \% = a \cdot b \text{ dose} + C \sqrt{\text{dose}}$. La méthode d'ajustement mathématique utilisée n'a donc que peu d'effet sur la détermination du N.C.

Par ailleurs, on retrouve également l'existence d'une relation négative entre le niveau critique et le déficit hydrique ($r = -0.947$ et $K \% = 1.220 - 7.046 \times 10^{-4}$ déficit) pour les valeurs de celui-ci supérieures à 250 mm (Fig. 1). Il se confirme également que la valeur du niveau critique passe par un maximum de l'ordre de 1.02 % pour une valeur de

250 mm du déficit hydrique et qu'elle diminue ensuite avec celui-ci (DA13-LD7).

Il est intéressant de noter que la valeur du niveau critique relative à une période bien arrosée pour un site qui est d'habitude soumis à des déficits moyens ou élevés (DA13) s'apparente à celle qui caractérise un site beaucoup plus favorisé en général (LD7).

En conclusion, la relation $K \% = f(\text{Déficit hydrique})$ permet d'établir une échelle des valeurs du niveau critique en K en fonction du déficit moyen de la période, pour les plan-

tations installées sur le Continental Terminal et pour la valeur assez courante de 5 (ou 7 - LM 27) du rapport R.

NC K % à ± 0.05 %	Classes de déficit hydrique (mm)					
	150	200	250	450	600	750
	0.9	0.95	0.95	0.85	0.75	

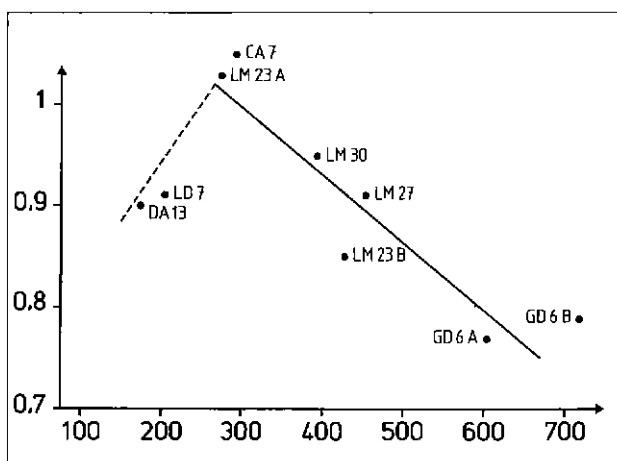


FIG.1. — Relation déficit hydrique niveau critique en K — (Water deficit critical K level relation ship).

TABLEAU VI. — Augmentation de la production correspondant à une augmentation de la teneur foliaire en K au pas de 0.1 % — (Increase in production corresponding to gradual leaf K content increase of 0.1 %)

	Période A (Period A)		Période B (Period B)	
	Kg/arbre (kg/tree)	en % de la production maximum (in % of maximum production)	Kg/arbre (kg/tree)	en % de la production maximum (in % of maximum production)
LM 23	5.42	4.08	4.30	5.06
LM 27	5.57	4.45		
LM 30 A	6.81	5.49		
DA 13	7.05	5.78		
GD 6	4.43	4.34	3.68	5.66
CA 7	4.84	4.28		
LD 7	5.52	5.81		
Moyenne (Mean)	5.66	4.59	4.0	5.36
σ n	± 0.89			

TABLEAU VII. — Doses économiquement optimales (D), niveaux critiques foliaires (F 17) en K % (NC) et productions (kg/arbre) correspondantes (P) en fonction du rapport R entre le prix d'un kg de KCl et la valeur nette du kg de régime. — (Optimum economic rates (E), Critical leaf levels (L17) in k% (CL) and corresponding production (kg/tree) (P) according to the ratio R of the cost of 1 kg of KCl to the nett value of 1 kg of bunches)

	R	Période A (period A)				Période B (period B)			
		3	5	7	9	3	5	7	9
Côte-d'Ivoire									
LM 23	D (E)	1.515	1.089	0.809	0.600	1.547	1.060	0.740	0.500
	NC (CL)	1.06	1.03	0.99	0.96	0.90	0.85	0.80	0.75
	P (P)	132	131	129	127	84	82	80	78
LM 27	D (E)	-	-	1.031	-				
	NC (CL)	-	-	0.91	-				
	P (P)	-	-	108	-				
LM 30 A	D (E)	2.148	1.729	1.454	1.248				
	NC (CL)	0.99	0.95	0.92	0.89				
	P (P)	125	123	121	120				
DA 13	D (E)	2.734	2.318	2.042	1.836				
	NC (CL)	0.92	0.90	0.88	0.86				
	P (P)	121	120	118	116				
GD 6	D (E)	1.092	0.888	0.753	0.652	1.095	0.888	0.752	0.650
	NC (CL)	0.82	0.77	0.73	0.71	0.79	0.75	0.71	0.68
	P (P)	101	100	99	98	64	63	62	61
Cameroun (Cameroon)									
CA 7	D (E)	1.255	1.033	0.887	0.778				
	NC (CL)	1.07	1.05	1.02	1.00				
	P (P)	111	110	109	108				
LD 7	D (E)	3.094	2.104	1.452	0.965				
	NC (CL)	0.97	0.91	0.85	0.78				
	P (P)	96	92	88	84				

Un niveau critique moyen de 0.95 peut être retenu pour la gamme la plus fréquente (200-450 mm) de déficit.

ra ajustée par tâtonnements successifs jusqu'à obtenir une teneur en K stabilisée à la hauteur du niveau critique.

Barème moyen pour la fumure potassique

Les relations teneurs foliaires-doses de KCl, précédemment établies, permettent de calculer les quantités unitaires de KCl nécessaires pour obtenir une progression au pas de 0.05 % des teneurs en partant de toute situation déficiente. L'examen du tableau VIII montre l'existence d'une variabilité inévitable des quantités unitaires au sein de chaque classe de teneurs, en particulier du fait de l'expérience CA7. Mais il existe néanmoins une tendance commune qui se traduit par l'augmentation des doses unitaires quand les teneurs s'élèvent. Ceci signifie que l'efficacité, donc la rentabilité, d'une quantité constante d'engrais diminue à mesure que la nutrition minérale s'améliore.

Les moyennes des quantités unitaires, par classe de teneurs foliaires peuvent être considérées comme un barème moyen et indicatif de la fumure potassique nécessaire sur les sols formés sur le Continental Terminal. Comme les moyennes effectuées séparément pour les 2 périodes sont proches, il est possible de considérer seulement la moyenne générale. Les doses indiquées dans le tableau suivant sont alors à considérer comme les quantités de KCl qu'il faut appliquer telles quelles en l'absence de fumure les années précédentes, ou qu'il faut ajouter à la moyenne des doses utilisées au cours des années précédentes dans le cas contraire, pour atteindre par exemple un niveau critique de 0.95 %. Il s'agit dans tous les cas de teneurs foliaires stabilisées en l'absence d'engrais ou par une même dose pendant plusieurs années.

Quand il s'agit de corriger une déficience ou une carence en K, les doses précédentes devront être augmentées de façon importante (50 % en plus, par exemple) au moins la première année afin d'obtenir une amélioration rapide de la nutrition minérale. La dose de redressement ne devra cependant pas dépasser 3 kg/arbre. Ensuite, la dose d'entretien se-

Doses de KCl en g/arbre/an

Teneurs initiales en K % (F 17)	Pour une progression de 0.05 % K	Doses cumulées
0.50	120	2 030
0.55	125	1 900
0.60	150	1 785
0.65	150	1 635
0.70	175	1 485
0.75	205	1 300
0.80	260	1 115
0.85	345	845
0.90	500	500
0.95	0	

CONCLUSION

Le rapprochement des résultats fournis par plusieurs expériences de Côte-d'Ivoire et du Cameroun a permis de mettre en évidence certaines caractéristiques très générales concernant la nutrition minérale et la fertilisation potassique du palmier à huile planté sur les sols formés sur le Continental Terminal de la côte d'Afrique de l'Ouest.

a) Une variation de la teneur foliaire (F 17) en K de 0.1 % correspond à une variation moyenne de production de 5 % de la production maximale autorisée par les autres facteurs écologiques.

b) Il existe une relation entre le déficit hydrique moyen et le niveau critique en K correspondant à une valeur du rapport :

$$R = \frac{\text{Prix du kg d'engrais}}{\text{Valeur nette du kg de régimes}}$$

Dans les domaines des déficits hydriques habituels en Côte-d'Ivoire, le niveau critique est en général de 0.95 % pour R = 5, mais sa valeur varie néanmoins relativement peu quand on modifie R.

TABLEAU VIII. — Quantités (g/arbre/an/de KCl) nécessaires pour augmenter les teneurs en K au pas de 0.05 % —
(Quantities (g/KCl/tree/yr) necessary in order to gradually increase K by 0.05 %)

Teneurs initiales (Initial contents)	0.55	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
Période A (Period A)											
LM 23									200	250	350
LM 27									600	650	750
LM 30 A			100	125	150	175	175	250	250	350	550
DA 13	100		100	125	125	150	250	250	500		
GD 6	125		125	150	150	175	200	250	250		
CA 7					70	70	80	100	110	150	175
LD 7				200	225	250	300	400	500	750	
Moyenne arrondie (Mean rounded off)	115		110	150	145	165	200	250	345	430	460
Période B (Period B)											
LM 23				125	150	200	250	300	450	850	
GD 6	125		150	150	175	200	200	250	250		
Moyenne arrondie (Mean rounded off)				140	165	200	225	275	350		
Moyenne générale (Overall mean)	120		125	150	150	175	205	260	345	500	460

c) Il a été possible d'établir un barème potassique moyen et indicatif qui, à partir d'une nutrition en K initiale connue, permet de stabiliser les teneurs à la hauteur du niveau critique.

Il n'est évidemment pas envisageable de remplacer par une méthode "passe-partout" la méthode classique d'établissement des programmes de fumure adaptés à chaque situation d'après les informations et résultats expérimentaux locaux, l'agronome pourra utiliser les informations précédentes comme guide pour l'établissement de ses programmes de fumure. La stratégie étant la suivante :

— contrôle par diagnostic foliaire de la nutrition minérale de la plantation divisée en LSU (Leaf Sample Unit) ;

— calcul du bilan hydrique et détermination du niveau critique correspondant ;

— détermination d'après le barème des doses de KCl à apporter. Vérification de la rentabilité et ajustement, si nécessaire de ces doses, d'après la valeur monétaire nette de l'augmentation de production attendue et le pris d'achat du chlorure de potassium.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] VINE H (1956) — Studies of soil profiles at the Waifor Main Stations and at some other sites of oil palm experiments. *J. W. Afr. Inst. Oil Palm Res.*, 1 (4), 8
- [2] IRHO — Rapport d'activités 1978-79.
- [3] OLLAGNIER M., OLIVIN J. (1984) — Effet de la nutrition sur la production. Progrès génétique et effets de la nutrition sur la qualité de l'huile de palme *Oléagineux*, 39 (7) 349-368 et (8-9), 401-407. Présenté au 4th Programme Advisory Committee 11-21 April 1984, Kuala Lumpur (Malaysia)
- [4] OCHS R. (1985) — Stratégie de mise en oeuvre du contrôle nutritionnel des plantes pérennes. Gestion de la nutrition minérale — Programmation des fumures *Oléagineux*, 40 (12), 583-594.
- [5] DUFOUR O., FRERE J.L., CALJMAN J.L., HORNUS P. (1988) — Présentation d'une méthode simplifiée de prévision de la production d'une plantation de palmiers à huile à partir de la climatologie *Oléagineux*, 43 (7), 271-282
- [6] TAFFIN G. (de), OCHS R. (1973) — La fumure potassique du palmier à huile au Dahomey (Bénin) *Oléagineux*, 28 (6), 269-273
- [7] OCHS R. (1965) — Contribution à l'étude de la fumure potassique du palmier à huile *Oléagineux*, 20, (7), 433-436, (8-9), 497-501.
- [8] OLLAGNIER M., DANIEL C., FALLAVIER P., OCHS R. (1987) — Influence du climat et du sol sur le niveau critique du potassium dans le diagnostic foliaire du palmier à huile. *Oléagineux*, 42 (12), 435-449.

SUMMARY

Response to potassium fertilizer on acid sands of tertiary sediments

R. OCHS, J. OLIVIN, P. QUENCEZ and P. HORNUS, *Oléagineux*, 1991, 46, N°1, p 1-11.

The tertiary sediments of the Continental Terminal occupy a discontinuous coastal strip stretching from Sierra Leone to Cameroon. They have generally formed gently undulating plateaux and have given rise to deep soils bearing different names such as Tertiary Sands in Côte-d'Ivoire and Cameroon, Acid Sands in Nigeria and Barre Soils in Benin. These soils differ in their texture classes and colour, but they have certain chemical characteristics in common, such as acidity and low exchangeable cation contents, especially for potassium, which are due to the nature of the kaolinite clay. This means that these soils are very often deficient in potassium and potassic fertilizer is essential sooner or later.

A dozen or so experiments in Côte-d'Ivoire and Cameroon, which represent quite well the diversity of the potassium supply conditions over wide pedoclimatic areas of this sedimentary basin, have served as a basis for a synoptic study of potassium nutrition

Analysis of experimental results has made it possible to determine :

- the age from which production begins to drop in the absence of fertilizer,
- corresponding leaf potassium contents,
- the production-content relationship, which makes it possible to estimate production losses according to deficiency severity.

It is also shown how the response curves - MOP rates/production on the one hand and rates/leaf K contents on the other hand - make it possible to determine the economically optimum fertilizer rates, the corresponding leaf contents (critical levels) and fertilizer schedules to be applied in situations identical to those at the experimental sites. It has also been possible to draw up an average fertilizer schedule which, subject to local adaptation, will enable growers with no previous experience in this field to draw up their own fertilizer schedules on the basis of leaf contents at the time of the plantation's annual mineral nutrition check.

RESUMEN

Respuesta a la fertilización potásica en los suelos ácidos arenosos de los sedimentos terciarios

R. OCHS, J. OLIVIN, P. QUENCEZ, P. HORNUS, *Oléagineux*, 1991, 46, N° 1, p 1-11.

Los sedimentos terciarios del Continental Terminal ocupan una franja litoral discontinua desde Sierra Leona hasta Camerún; formaron mesetas poco quebradas por lo general, y originaron suelos profundos denominados de distintas maneras, como Sables Terciarios en Côte-d'Ivoire y Camerún, Acid Sands en Nigeria, Terre de Barre en Benín. Tales suelos se diferencian por su textura y su color, pero tienen algunas características químicas en común, como la acidez y los contenidos bajos de cationes intercambiables, en especial para el potasio, que se deben a la índole de la arcilla kaolinita. De ello resulta que estos suelos sufren carencias severas de potasio, y que en un plazo variable se necesita una fertilización potásica.

Se realizó un estudio de síntesis sobre la nutrición de potasio, en la base de unos diez experimentos realizados en Côte-d'Ivoire y en Camerún, que abarcan bastante bien la diversidad de las condiciones de nutrición potásica de las grandes regiones pedoclimáticas de esta cuenca sedimentaria, así que el análisis de los resultados experimentales condujo a establecer lo siguiente :

- la edad en que se inicia una disminución de la producción a falta de fertilización,
- los respectivos contenidos foliares de potasio;
- la relación entre la producción y el contenido, que permite evaluar la pérdida de producción según la intensidad de la carencia.

Por otra parte, se muestra cómo las curvas de respuestas de dosis de KCl/producción, por una parte, y dosis de KCl/contenidos de K en las hojas, por otra parte, permiten establecer las dosis de fertilizantes económicamente óptimas, los respectivos contenidos foliares (niveles críticos) y las tablas de fertilización que podrán aplicarse en las situaciones idénticas a las de localidades experimentales.

También se ha logrado establecer una tabla media de fertilización que, siempre que se la adapte en el sitio, permitirá al cultivador que no tiene experiencia de referencia establecer sus programas de fertilización en la base de los contenidos foliares del control anual de la plantación.

Response to potassium fertilizer on acid sands of tertiary sediments

R. OCHS⁽¹⁾, J. OLIVIN⁽²⁾, P. QUENCEZ⁽³⁾ and P. HORNUS⁽⁴⁾

Key words : Oil palm, West Africa, sedimentary soil, potassium nutrition, potassium fertilizer, fertilizer cost-effectiveness

INTRODUCTION

The tertiary sediments of the Continental Terminal occupy a discontinuous coastal strip stretching from Sierra Leone to Cameroon. They have generally formed gently undulating plateaux, and have given rise to deep soils bearing different names such as Tertiary Sands in Côte-d'Ivoire and Cameroon, Acids Sands in Nigeria and Barre Soils in Benin. These soils differ in their texture classes and colour, for example Benin fasc and Calabar fasc in Nigeria [1]. However, they have certain chemical characteristics in common, such as acidity and low exchangeable cation contents, especially for potassium, which are due to the low retention capacity of the kaolinite, which makes up the clay fraction. This means that the main, if not the only, mineral deficiency encountered on this type of soil is potassium, at least in the first generation. This can occur right from the start on savannah soils or those which have previously been cultivated. In former forest areas, this only becomes apparent after a few years, due to the gradual return of the potassium contained in felled trees. Potassium fertilizer is therefore essential sooner or later on oil palm plantations on the West African coast.

An overall summary of the results of research work carried out in Côte-d'Ivoire on nutrition and fertilization showed that for a natural leaf content (L17) of 1 % K or more, potassium fertilizer applications produced no measurable improvement in production, thereafter, for contents of between 0.9 and 1 %, the production increase to be expected was low: less than 5 % of the potential and barely cost-effective for KCl rates which were not to exceed 500 g/tree/year. Lastly, below 0.9 %, the effectiveness and profitability of potassium fertilization were demonstrated beyond any shadow of a doubt. These results generally told in favour of a mean critical level of 0.95 % [2-3], to be maintained by using a schedule known as "self-converging" (Table I), since it was so designed as to force leaf contents to converge towards the critical level by modifying K rates used the previous year depending on the leaf content situation during the year in relation to the critical level, and also according to the way in which contents had evolved between the previous two leaf analyses. The schedule, obtained by trial and error, produced good results in practice, and is still used, with a few modifications if and when needed. Other types of schedule, either even simpler or else, on the contrary, more elaborate since based on a quantitative approach, are also used [4].

A general study of responses to potassium fertilizer was resumed in 1988 to confirm and give more details on previous results, with the additional aim of calculating production losses according to the intensity of the deficiency expressed by leaf potassium contents and estimating the rates needed to produce a given change in those contents.

MATERIAL AND METHODS

Experiments in Côte-d'Ivoire and Cameroon were used as a basis for this new analysis. They are quite representative of the diversity

of potassium nutrition conditions in large pedoclimatic regions of the sedimentary basin on the West African Continental Terminal, with the exception of drier regions, for which specific aspects of potassium nutrition are seen, which have been discussed elsewhere [6].

The natural environment

— Climate (Table II)

Rainfall is higher and more evenly distributed in Cameroon than in Côte-d'Ivoire, whereas sunshine rates are lower. However, mean temperatures are comparable.

The rainfall pattern in West Africa is and has been characterised, particularly over the past few years, by increased drought and high annual variability. To give a picture of this situation, and to place each observation period in its climatic context, we give the water deficits for each experimental site in table IV⁽⁵⁾. In Côte-d'Ivoire, the mean water deficit, which was below 350 mm before 1979 at La Mé, rose to 400 mm or more thereafter; it was low at Dabou during the period considered up to 1980; whilst at Sassandra, one of the driest areas on the Ivorian coast, it has always been very high; at least 600 mm on average. However, in Cameroon, and at La Dibamba in particular, the water deficit over the past few years has been lower than in Côte-d'Ivoire.

— Soils (Table III)

Although they depend on geographical variability and the effects of previous crops, the physico-chemical characteristic of the soils formed on the Continental Terminal nevertheless have many things in common. Table III, which gives details of three experimental sites, shows that in fact, they are very acid sandy soils, with low organic matter and nitrogen contents, but good phosphorus contents. When analysed, the clay fraction proves to be almost totally made up of kaolinite, with low cation fixation ability. The total number of exchangeable cations (excluding Al) is very low, less than 1 meq/100 g, and the figure for K, the element considered in this study, is only a few hundredths of a meq/100 g, whilst the threshold for the surface layer if the soil is in the order of 0.15 meq/100 g [7]. Total K contents is also low.

The experimental design

The experiments in question (Table IV) were planted between 1957 and 1974 with D x P planting material - except Trial GD 6, planted with T x D - produced by IRHO. They cover 3 or 4 KCl levels with - except for DA 13 - a control which is not given potassium fertilizer. They were also chosen so as to provide a large range of contents, with the control showing potassium deficiency.

In Côte-d'Ivoire, mineral nutrition insofar as other elements are concerned is naturally satisfactory, whereas in Cameroon, magnesium nutrition is naturally more or less low. As a result, only those treatments in Cameroon in which magnesium nutrition is satisfactory were adopted.

The observation years chosen correspond to periods of relative stability as regards mineral nutrition in each treatment, and also to periods with varying rainfall, to take account of the effect of the water deficit on potassium nutrition [8].

The interpretation method

The aims of the study - to evaluate production losses depending on the degree of deficiency and to determine the critical K level and a potassium fertilizer schedule - meant that it was necessary to establish the following relationships beforehand: production - leaf contents, KCl rates - production and rates - contents. It is known that

(1) Director Agronomy Division IRHO/CIRAD (France)

(2) IRHO/CIRAD Agronomy Division B.P. 5035 - 34032 Montpellier Cedex - (France).

(3) Director Agronomy Service, station de Recherches de La Mé - 13 BP 989 Abidjan 13 (Côte-d'Ivoire)

(4) Permanent Representative, Douala (Cameroon)

(5) Water deficits were calculated using the simplified IRHO method for periods starting 2.5 years before the observation periods and ending 6 months before the end of those periods [5]

production and leaf content response curves depending on rates generally follow the law of less than proportional increases, which is expressed mathematically by Mitscherlich's equation⁽¹⁾, amongst others. As a result, the production - leaf content relationship adjusts rather more to a linear model, as shown in 1965 [7] with an experiment planted in 1946.

Determining the optimum economic rate and then the corresponding leaf K content value (critical level), using Mitscherlich's curves, calls for preliminary hypotheses as to the extra production needed (kg bunches/tree) to cover the cost of one kg of KCl. This ratio can vary widely depending on economic conditions, as revealed by the sensitivity test, conducted using the ratio :

$$\frac{\text{Cost of 1 kg of KCl}}{\text{Nett value of 1 kg of bunches}}^{(2)}$$

Cost of 1 kg of KCl (CFA F)	Nett value of 1 kg of bunches (CFA F)			
	$\frac{C}{V}$ ratio			
	15	20	25	30
50	3.3	2.5	2.0	1.7
60	4.0	3.0	2.4	2.0
70	4.7	3.5	2.8	2.3
80	5.3	4.0	3.2	2.7

In order to take account of the inevitable inaccuracies in calculating returns, certain agronomists admit that for prudence's sake, the production increase value should cover at least 1.5 times to twice the cost of fertilizer for the operation's profitability to be beyond doubt. As a result, although this prudence should be concentrated more on total fertilizer quantities than on borderline rates, critical level calculations have nevertheless been based on values of 3, 5, 7 and 9 for the dY/dX ratio given by Mitscherlich's formula. Fertilizer cost effectiveness is now more easily ensured if the oil is sold on the national market, as is generally the case in West Africa, since these markets pay the producers higher prices than the international market.

RESULTS AND DISCUSSION

Relationship between production and leaf K contents

The overall regression for the plot data as whole, and the individual regressions for each treatment, were calculated for each experiment in Côte-d'Ivoire. In 6 out of 7 cases, it transpired that the former were not statistically different from the latter. As a result, and to simplify matters, it was possible to consider only the overall regressions (Table V). An identical result was obtained in 1965 [7].

The coefficients of correlation "r" were all significant, which reflects well the degree to which production is dependent on potassium nutrition. But the intensity of the relationship nevertheless varies, since the coefficient of determination (100 r²) only exceeds 50 in 6 out of 9 cases.

The production increase obtained for variations in K content of 0.1 % in each experiment is given in Table VI :

- For period A, the mean increase for the 7 experiments is 5.7 kg/tree, with a coefficient of variation of 17 %. The spread of results is narrower when production increases are expressed as a percentage of the maximum production reached in each experiment. The mean relative rate is then 4.9 %.
- For period B, characterized by a drier climate, the relative increase in production is also around 5 %. It is interesting to note that GD6, which suffered high water deficits during both periods, reacted in the same way as other experiments in more favourable situations.

In conclusion, it is possible to state that when leaf K content (L17) increases or decreases by 0.1 %, relative production increases or losses represent around 5 % of maximum possible production when other ecological factors are favourable. The most extreme values were around 4 and 6 %.

(1) This is generally expressed by $Y = a - be^{-cx}$, where Y is either production or leaf content and x the fertilizer rate. a, b and c coefficients which vary with each situation and which must be determined.

(2) Value per kg of bunches : Oil sale price \times Extraction rate - Costs (harvesting + transport - mailing)

Critical leaf K contents

Both production - KCl rate and K content - rate relationships were established for each experiment, using Mitscherlich's formula. We shall spare the reader the details of the 18 equations obtained, and shall simply give the relationships for experiments LM30A and LD7 as an example.

Production - KCl rates	Leaf K contents - Rates
LM30A $P = 127.33.8 e^{-1.22R}$	$K \% = 1.09 - 0.57 e^{-0.83R}$
LD7 $P = 101.4 - 28.7 e^{-0.516R}$	$K \% = 1.04 - 0.47 e^{-0.61R}$

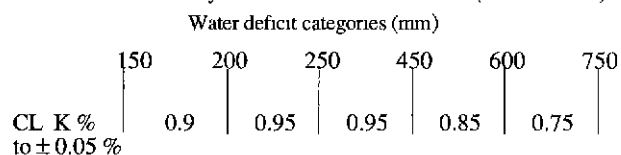
The optimum economic rates (E), and the critical leaf K levels (CL) and the relevant production figures (P) (Table VII) were calculated based on these relationships and for the 4 values already given for the R ratio (Cost of KCl/Nett value of 1 kg of bunches). In one trial, however (LM27), the experimental results obtained did not permit calculations for all R values.

Because of the diversity of the economic conditions considered, optimum rates fall quite sharply when R increases. However, Critical Level and the corresponding production values are relatively less variable. This stems from the fact that the optimum rates are situated in an area near the asymptotic part of Mitscherlich's curve. The critical level values corresponding to R = 5 and 9 are almost equal to those obtained previously, in 1987 [8] with a relationship in the form of $K \% = a - b \text{Rate} + c \sqrt{\text{Rate}}$. The mathematical adjustment method used thus has little effect on determining C.L.

In addition it also transpires that there is a negative relationship between the critical level and the water deficit ($r = -0.947$ and $K \% = 1.220 - 7.046 \times 10^{-4} \text{Deficit}$) for water deficit values of over 250 mm (Fig. 1). It is also confirmed for a water deficit value of 250 mm, and then decreases proportionally with the deficit (DA13-LD7).

It is interesting to note that the critical level value relating to a period of high rainfall on a site which usually suffered average or high deficits (DA13) was similar to that characterizing a site which was generally much more favoured (LD7).

In conclusion, the $K \% : f(\text{water deficit})$ relationship makes it possible to establish a scale of critical K level values according to the mean deficit for the period for plantations on the Continental Terminal and for the fairly common R ratio value of 5 (or 7 - LM 27).



A mean critical level of 0.95 can be adopted for the most frequent deficit range (200-450 mm).

Mean potassium fertilizer schedule

The leaf content - KCl rate relationships established previously enable calculations of the unit quantities of KCl needed to obtain a gradual increase of 0.05% in leaf contents, starting from any deficiency situation, however severe. Examination of (table VIII) reveals the existence of inevitable variations in unit quantities within each content category, in particular due to experiment CA7. Nevertheless, there is a common tendency, expressed by an increase in unit rates when contents increase. This suggests that the effectiveness, and thus the cost effectiveness, of a constant quantity of fertilizer decreases as mineral nutrition improves.

Mean unit quantities per leaf content category can be seen as a mean schedule indicating the potassium fertilizer needed on Continental Terminal soils. As the means calculated separately for the 2 periods are similar, it is possible to simply consider the overall mean. The rates given in the following table are to be considered as the KCl quantities which should be applied as they are if no fertilizer has been applied in previous years. If fertilizer has been applied, the rates used should be added to the mean given in order to reach a Critical Level of 0.95% for example. In all cases, leaf contents should be stable in the absence of fertilizer or with the same rate over several years.

When attempting to correct K deficiency, previous rates should be increased significantly (50% for example), at least for the first year, in order to obtain a rapid improvement in mineral nutrition. The rectification rate should not, however, exceed 3 kg/tree. From then on,

the maintenance rate should be adjusted by trial and error until a stable K content is obtained around the critical level.

CONCLUSION

Comparison of the results from various experiments in Côte-d'Ivoire and Cameroon revealed certain very general characteristics regarding mineral nutrition and potassium fertilization of oil palm plantations on the soils formed on the Continental Terminal on the West African Coast.

- a) A variation of 0.10% in the leaf K content (L17) corresponds to a mean production variation of 5% of maximum possible production when all other ecological factors are favourable.
- b) There is a relationship between the mean water deficit and the critical K level, corresponding to a value for the ratio :

$$R = \frac{\text{Cost of 1 kg of fertilizer}}{\text{Nett value of 1 kg of bunches}}$$

KCl rates in g/tree/year

Initial k contents (%) (L17)	For a 0.05 % increase in K	Cumulated rates
0.50	120	2 030
0.55	125	1 900
0.60	150	1 785
0.65	150	1 635
0.70	175	1 485
0.75	205	1 300
0.80	260	1 115
0.85	345	845
0.90	500	500
0.95	0	

For the usual range of water deficits in Côte-d'Ivoire, the critical level is generally 0.95% for $R = 5$, but the value nevertheless varies little when R is changed.

- c) It was possible to draw up a mean potassium schedule for guidance which means that, from a known initial K nutrition level, contents can be stabilized around the critical level.

It is obviously not possible to consider replacing the conventional method for drawing up fertilizer schedules adapted to each situation using information and results from a corresponding experimental programme by a "master method". But in the absence of local experimental results, agronomists could use previous information as a guide for drawing up fertilizer programmes. The strategy would be as follows :

- use leaf analyses to monitor mineral nutrition on a plantation divided up into LSU (Leaf Sample Units) ;
- calculate the water deficit and define the corresponding critical level ;
- determine the KCl rates to be applied, according to the schedule. Check profitability and adjust these rates if necessary according to the nett value of the expected production increase and the cost of potassium chloride.