

# Étude d'une déficience en soufre sur jeunes palmiers à huile en Côte-d'Ivoire

C. CALVEZ (1), J. OLIVIN (2) et J. L. RENARD (3)

**Résumé.** — Une expérience a été mise en place en octobre 1972 dans la savane de Dabou (Côte-d'Ivoire) pour confirmer l'effet du soufre sur de jeunes palmiers plantés sur des terrains très désaturés où une carence en soufre avait déjà été mise en évidence. Le soufre était apporté sous forme de sulfate d'ammoniaque. Les autres objets étaient un traitement recevant de l'azote sous forme d'urée et un témoin non fumé. Les premières analyses foliaires effectuées à l'âge de 16 mois (février 1974) mirent en évidence une déficience en azote corrigée par l'urée et le sulfate d'ammoniaque et une carence en soufre corrigée seulement par le sulfate. L'apport d'azote sous forme d'urée et sans accompagnement d'un apport de soufre s'est traduit par une aggravation de la carence en soufre et un désordre nutritionnel entraînant une baisse des teneurs de tous les autres éléments. L'amélioration de la nutrition soufrée grâce au sulfate d'ammoniaque s'est concrétisée par une croissance supérieure des jeunes palmiers. Par contre les palmiers recevant de l'urée n'étaient pas plus développés que les palmiers témoins, car l'effet positif de l'azote sur la croissance était contrebalancé par l'effet dépressif de la carence en soufre. En janvier 1975, à l'âge de 27 mois, l'analyse foliaire mettait en évidence une correction naturelle presque totale des carences en azote et en soufre des palmiers témoins. Cependant l'urée augmentait encore les teneurs en azote tandis que le sulfate d'ammoniaque améliorait toujours les teneurs en azote et en soufre. Les palmiers recevant du sulfate étaient toujours les plus développés. La réduction des dommages causés au feuillage par la cercosporiose constitue un effet secondaire d'une bonne nutrition en soufre. Les teneurs en soufre des arbres bien alimentés sont au moins égales à 0,200. Les exemples de carence en soufre du palmier sont assez rares mais il faut néanmoins veiller à assurer dès le jeune âge une nutrition correcte et une fertilisation suffisante en cet élément car on a pu montrer dans une expérience plus ancienne que les palmiers peu développés produisaient moins pendant les 2 ou 3 premières années de récolte.

**Mots clés :** Palmier à huile, Côte-d'Ivoire, Soufre, Déficience, Croissance, Etat sanitaire, Cercosporiose.

M. Ollagnier et R. Ochs [1] ont mis en évidence pour la première fois l'existence d'une déficience en soufre et décrit ses effets sur les palmiers d'une expérience plantée en 1964 dans la savane pré-lagunaire de Dabou en Côte-d'Ivoire. Dans cette savane, installée sur les sables tertiaires du Continental Terminal, la végétation naturelle est presque exclusivement composée de peuplements purs d'*Imperata cylindrica* qui représentent le terme ultime de dégradation et traduisent la pauvreté naturelle du sol en éléments organiques et minéraux.

En 1972 une expérience a été spécialement mise en place dans la même plantation pour déterminer exactement l'effet du soufre qui pouvait être confondu avec celui du magnésium dans l'expérience décrite en 1972 car celle-ci n'avait pas été prévue pour étudier spécialement l'effet du soufre.

## I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le terrain originellement envahi par l'*Imperata cylindrica* a été préparé pour la plantation selon la méthode habituelle : éradication mécanique de l'*Imperata* et semis d'une légumineuse de couverture (*Pueraria javanica*).

La plantation a été effectuée tardivement en octobre 1972 avec les plants d'une lignée hybride D × P élevés en pépinière de sacs de plastique.

Le dispositif adopté qui couvre 6,25 ha est un bloc de Fisher comprenant 3 objets avec 6 répétitions. Chaque parcelle expérimentale comporte 33 palmiers utiles. Comme les jeunes palmiers ont normalement besoin d'azote durant les premières années de plantation on a décidé de comparer les effets d'un engrais azoté ne contenant pas de soufre (urée) à ceux du sulfate d'ammoniaque qui titre 23 p. 100 de S.

Les doses d'engrais appliquées annuellement sont les suivantes, exprimées en g/arbre :

(1) Service de recherche de la plantation R. Michaux à Dabou (Côte-d'Ivoire).

(2) Département Agronomie de l'I. R. H. O.

(3) Directeur du Département Phytopathologie de l'I. R. H. O., Plantation R. Michaux à Dabou (Côte-d'Ivoire).

	Témoin T	Urée U	Sulfate d'ammoniaque S
Octobre 1972 .....	0	150	300
Août 1973 .....	0	375	750
Août 1974 .....	0	500	1 000

Les quantités d'azote apportées par les deux objets U et S sont identiques puisque l'urée a une teneur de 45 ou 46 p. 100 d'azote ammoniacal (plus exactement uréique) et le sulfate d'ammoniaque a une teneur approximativement moitié, de 20 ou 21 p. 100 d'azote ammoniacal.

L'ensemble de l'expérience a reçu une fumure potassique uniforme (250, 400, 750 g de KCl respectivement en 1972, 1973, 1974) pour réduire la très forte carence potassique native.

La nutrition minérale a été contrôlée par le diagnostic foliaire (un échantillon foliaire annuel pour chaque parcelle expérimentale) et la croissance a été estimée par des mensurations annuelles (circonférence au collet, longueur de feuilles).

Des relevés particuliers ont également été effectués pour apprécier l'état sanitaire des jeunes palmiers.

Les palmiers n'ont pas encore produit puisqu'ils ont été castrés selon la méthode habituelle de septembre 1974 à décembre 1975.

## II. — RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 1. — Nutrition minérale (Tabl. I).

Les teneurs foliaires de février 1974 montrent que les palmiers témoins sont carencés en azote. Les teneurs en soufre sont faibles comparées au niveau critique de 0,200-0,230 proposé dans l'étude de 1972 probablement à cause de la pauvreté native des sols de savane à *Imperata*. Par contre les teneurs en potassium, calcium et magnésium sont supérieures aux niveaux critiques.

L'apport d'urée élève très sensiblement les teneurs en azote au-delà du niveau critique et déprime les teneurs de tous les autres éléments y compris celle du soufre. Le rapport N total/S total, plus élevé que pour

TABLEAU I. — Teneurs foliaires (p. 100 M. S.) en fonction des traitements  
(Leaf levels — p. 100 d. w. — in function of treatments)

Eléments	N Total			P			K			Ca			
	Objets (Objects)	T (C)	U	S	T (C)	U	S	T (C)	U	S	T (C)	U	S
Février (Feb.) 1974													
F (L) 9.....	2,368	3,210**	2,823**	0,145	0,136**	0,142	1,820	1,581*	1,898	0,587	0,476**	0,484**	
Janvier (Jan.) 1975													
F (L) 9.....	2,693	3,063**	2,963**	0,158	0,160	0,157	1,536	1,543	1,484	0,574	0,526*	0,559	
F (L) 17.....	2,455	2,592	2,705*	0,147	0,147	0,149	1,110	1,120	1,073	0,809	0,796	0,781	

Eléments	Mg			Cl			S Total			N/S			
	Objets (Objects)	T (C)	U	S	T (C)	U	S	T (C)	U	S	T (C)	U	S
Fév. (Feb.) 1974 F 9.	0,293	0,227**	0,199**	0,884	0,801**	0,888	0,159	0,125**	0,191*	14,9	25,7	14,8	
Janv. (Jan.) 1975 F 9.	0,411	0,344	0,393	0,858	0,828	0,853	0,189	0,181	0,213**	14,2	16,9	13,9	
F 17.....	0,432	0,418	0,396	0,848	0,889	0,838	0,185	0,181	0,208*	13,3	14,3	13,0	

Niveaux critiques (Critical levels)	F (L) 9... F (L) 17...	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl
			2,750 2,500	0,160 0,150	1,250 1,000	0,500 0,600	0,230 0,240	0,200/0,230 0,200/0,230

\*\* Significatif à (significant at) 1 p. 100.

\* — 5 p. 100.

. — 10 p. 100.

les autres objets, est très nettement supérieur à 15 qui représente la valeur du rapport N/S dans les protéines d'un très grand nombre de plantes [2]. Cette différence importante entre les valeurs des deux rapports N/S indique d'après certains auteurs que l'élément S est devenu indiscutablement un facteur limitant. L'azote sous forme non protéique s'accumule alors dans les tissus mais la totalité du S absorbé se trouve sous forme protéique. Il apparaîtrait donc des troubles nutritionnels graves lorsque le soufre qui entre dans la constitution d'enzymes, qui contrôlent étroitement le métabolisme de la plante (formation des protéines et des carbohydrates, transformation des sucres et peut-être même le processus photochimique de la photosynthèse), se trouve en quantité insuffisante. Les palmiers naturellement carencés en soufre et en azote qui reçoivent seulement une fumure azotée (urée) absorbent facilement et préférentiellement l'azote au détriment des autres éléments y compris le soufre. Il s'agit probablement d'un effet d'accumulation de l'azote non protéique dans les plasmas végétaux qui s'opposerait à l'assimilation des autres éléments.

Avec les apports de sulfate d'ammoniaque la teneur en azote devient supérieure au niveau critique et à la teneur du témoin mais est néanmoins significativement moins élevée que celle obtenue avec un apport d'urée. Par contre la teneur en soufre est très sensiblement améliorée par le sulfate. Cette normalisation de la nutrition soufrée entraîne également la normalisation de la nutrition en potasse et en chlore, et une amélioration de la teneur en phosphore qui reste néanmoins inférieure au niveau critique. Par contre la teneur en calcium et surtout celle en magnésium sont inférieures

à celles du témoin ce qui s'explique probablement par l'antagonisme d'absorption entre  $\text{NH}_4^+$  d'une part et  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  d'autre part. La correction rapide de la carence en soufre est due, bien entendu, au fait que le soufre est apporté par le sulfate d'ammoniaque sous la forme  $\text{SO}_4^{--}$ , la seule assimilable par les plantes supérieures.

En janvier 1975 la nutrition azotée des palmiers témoins s'est sensiblement améliorée par rapport à l'année précédente et atteint presque le niveau critique. Il s'ensuit que l'augmentation des teneurs en azote due aux engrais azotés est relativement plus faible (Tabl. II). L'effet du sulfate d'ammoniaque est pratiquement identique à celui de l'urée.

La nutrition en soufre des arbres des objets témoin et urée s'est également bien améliorée en 1975 mais les arbres recevant du sulfate d'ammoniaque ont toujours une teneur supérieure. Il est probable que cette correction naturelle des teneurs en soufre est due à la transformation, sous forme de  $\text{SO}_4^{--}$  assimilable, du soufre organique du sol provenant des débris de la plante de couverture semée en 1971, trois ans et demi plus tôt. L'amélioration de la nutrition en soufre, donc du métabolisme général des arbres, s'accompagne d'une normalisation de la nutrition des autres éléments. Les teneurs en phosphore et surtout les rapports N/P pour les objets U et S mettent en évidence une légère déficience en phosphore. La teneur en soufre de 0,208 atteinte en janvier 1975 est probablement très proche de celle qui correspond au niveau critique car dans d'autres expériences, il n'a pas été possible d'obtenir d'augmentation de production, en apportant un engrais à base de sulfate, quand la teneur en soufre était déjà

TABLEAU II  
Evolution relative des teneurs en azote et soufre (Relative evolution of N and S contents)

	N						S		
	1974		1975				1974		1975
	F (L) 9		F (L) 9	F (L) 17		F (L) 9	F (L) 9	F (L) 17	
Niveau critique (Critical level)	100	—	100	—	100	—	—	—	
T (C)	86	100	98	100	98	100	100	100	
U	117	136	111	114	104	106	79	96	
S	103	119	108	110	108	110	120	113	

Les teneurs en N des objets T, U et S sont exprimées en pourcentage du niveau critique (The N levels of treatments C, U and S are expressed as a percentage of the critical level).

Les teneurs en N et S des objets U et S sont exprimées en pourcentage des teneurs de T (The N and S levels of treatments U and S are given as a percentage of the C levels).

comprise entre 0,200 et 0,230. Il est d'ailleurs difficile d'élever les teneurs au-dessus de ce niveau.

Les rapports N total/S total des trois objets, qui tendent en 1975 à s'égaliser particulièrement au niveau de la feuille 17, confirment l'amélioration naturelle de la nutrition en soufre des objets ne recevant pas cet élément sous forme d'engrais.

Il est à remarquer que le palmier à huile est à ranger parmi les plantes exigeantes en soufre. Celui-ci doit en effet être présent dans les feuilles à une concentration supérieure à celle du phosphore pour que le métabolisme de la plante soit satisfaisant.

## 2. — Croissance.

Comme la plantation avait été effectuée en petite saison des pluies la reprise des jeunes plants a été assez longue. En juillet 1973, à l'âge de 9 mois, il n'y avait encore aucune différence sensible de croissance entre

les objets (Fig. 1). Par contre en juillet 1974 à l'âge de 21 mois on notait une augmentation significative de la taille des arbres recevant du sulfate d'ammoniaque par rapport à celle des arbres des deux autres objets qui étaient identiques. En juillet 1975, à l'âge de 33 mois, les résultats de l'année précédente étaient maintenus.

L'accroissement de taille de 15 à 20 p. 100 des palmiers recevant du sulfate d'ammoniaque était bien visible à l'œil. Par contre aucun symptôme visuel spécifique permettant de reconnaître la déficience en soufre d'après soit une décoloration, soit une déformation du feuillage, n'a pu être identifié. Le feuillage des palmiers recevant le sulfate a eu cependant passagèrement une teinte verte un peu plus foncée que les autres palmiers. Cette différence d'aspect n'a qu'une valeur comparative et ne permet pas de déceler *a priori* les palmiers déficients en soufre.

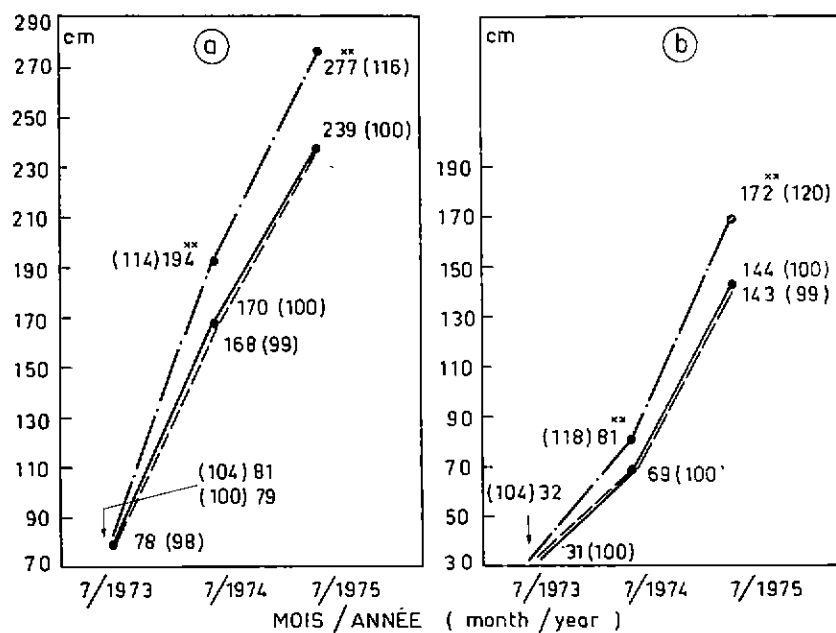


FIG. 1. — Mesures de croissance  
(Growth measurements).

a) Longueur feuille, rang 4 (Length of leaf of rank 4).

b) Circonférence au collet (Girth).

— objet témoin T (Control C)

- - - objet urée U (Urea)

- · - · objet sulfate d'ammoniaque S (Ammonium sulphate)

( ) pourcentage par rapport au témoin (p. 100 of control)

\*\* différent significativement à 1 p. 100 du témoin (Significant difference at 1 p. 100 of control).

L'étude des corrélations totales entre soit les teneurs en soufre soit les teneurs en azote d'une part, et la croissance d'autre part, confirme l'effet du soufre (Tabl. III).

On remarque que les teneurs des jeunes feuilles sont

un meilleur indicateur de la déficience en soufre que celles des feuilles plus âgées.

Par contre les corrélations partielles mettent en évidence un phénomène supplémentaire : l'effet de l'azote sur la croissance dès 1974 (Tabl. IV).

TABLEAU III. — Coefficients des corrélations totales entre teneurs et croissance  
(Total coefficients of correlation between element levels and growth)

Rang de la feuille pour analyse (Leaf rank for analysis)	1974		1975			
	N	S	N		S	
	F (L) 9	F (L) 9	F (L) 9	F (L) 17	F (L) 9	F (L) 17
Circonférence au collet (Girth) .....	0,001	0,547*	0,299	0,422	0,643**	0,304
Longueur de la feuille 4 (Length of frond 4) .....	-0,029	0,732***	0,265	0,284	0,619**	0,216

F : 0,468\* à 5 p. 100 ; 0,590\*\* à 1 p. 100 ; 0,708\*\*\* à 1 p. 1 000.

TABLEAU IV. — Coefficients des corrélations partielles entre teneurs et croissance  
(Partial coefficients of correlation between element levels and growth)

Rang de la feuille pour analyse (Leaf rank for analysis)	1974		1975			
	N (S) (1)	S (N)	N (S)		S (N)	
	F (L) 9	F (L) 9	F (L) 9	F (L) 17	F (L) 9	F (L) 17
Circonférence au collet (Girth) .....	0,372	0,629**	0,430*	0,321	0,689**	0,096
Longueur de la feuille 4 (Length of frond 4) .....	0,560*	0,825***	0,375	0,203	0,656**	0,075

(1) N (S) Signifie corrélation partielle entre teneurs en N et croissance, les teneurs en S étant supposées constantes (Partial correlation between N levels and growth, the S levels being assumed to be constant).

F : 0,412\* à 10 p. 100, 0,482\* à 5 p. 100, 0,606\*\* à 1 p. 100, 0,725\*\*\* à 1 p. 1 000.

Le tableau IV montre à nouveau la prédominance de l'effet du soufre sur la croissance et indique également que l'azote joue un rôle non négligeable dans le développement des jeunes palmiers. L'absence d'effet de l'urée sur la croissance provient d'une compensation entre l'effet dépressif de la carence en soufre (et peut-être des autres éléments dont les teneurs ont baissé) et l'effet bénéfique d'une meilleure nutrition azotée.

La forme linéaire des courbes de régression croissance = f (teneurs) ne permet pas de confirmer si les teneurs en S atteintes correspondent bien à la croissance maximum.

### 3. — Etat sanitaire : dommages causés par la cercosporiose.

Les symptômes de cette maladie due à *Cercospora elaeidis* se traduisent par des petites mouchetures brunes disposées sur les folioles. Elles deviennent confluentes à mesure que la feuille vieillit et entraînent des nécroses brunes, puis grises et cassantes, généralement localisées à l'extrémité ou en bordure des folioles. A un stade ultérieur la maladie conduit au dessèchement généralisé de la feuille. Afin de préciser sur chaque objet l'importance des dommages on a utilisé les critères de notation suivants :

Note 1 : les feuilles les plus basses touchant le sol présentent des nécroses (dessèchement des extrémités ou des bords des folioles) ;

Note 2 : les feuilles ne touchant plus le sol présentent des nécroses (feuilles situées au niveau de la plante de couverture) ;

Note 3 : les feuilles au-dessus du deuxième rang présentent des nécroses (feuilles situées au-dessus de la plante de couverture).

Les palmiers notés 3 sont donc plus gravement

atteints par la cercosporiose que les palmiers notés 1 et 2.

L'observation est réalisée sur tous les arbres utiles de chaque objet et une note totale est attribuée par objet en faisant la somme des notes de chaque arbre (Tabl. V).

TABLEAU V

#### Dommages causés par la cercosporiose : note totale par objet

(Damage caused by *Cercospora* leaf spot : total marks per treatment)

Objet (Treatment)	Août (Aug.) 1974 palmiers 22 mois (22 months old)	Août (Aug.) 1975 palmiers 34 mois (34 months old)
Témoin (Control) .....	419 (100)	73
Urée (Urea) .....	390 (93)	75
Sulfate d'ammoniaque (Ammonium sulphate)	337* (80)	76

Si tous les palmiers avaient été endommagés au maximum au niveau de la cote 3 par la cercosporiose, la note totale par objet aurait été : 3 × 33 palmiers × 6 parcelles = 594.

Les indices relatifs des dommages réellement causés par rapport à cette note maximum possible ont été les suivants :

Objet :	T p. 100	Urée p. 100	Sulfate d'ammoniaque p. 100
Août 1974 .....	71	66	57
Août 1975 .....	12	11	10

Les tableaux précédents montrent que les palmiers âgés de 2 ans, recevant du sulfate d'ammoniaque,

sont significativement moins atteints par la cercosporiose et que les dommages dus à cette maladie disparaissent presque totalement et très rapidement en un an pour tous les objets. L'azote semble réduire légèrement la virulence de la maladie.

### III. — CONCLUSION

La carence en soufre existe donc indiscutablement dans certaines régions où les sols très désaturés sont chimiquement très pauvres. Son effet dépressif sur la production de matière sèche est tel qu'il peut annihiler l'effet bénéfique de l'azote sur la croissance des jeunes palmiers. D'autre part le métabolisme de la plante est perturbé. Il est donc souhaitable de contrôler très tôt la nutrition en soufre des jeunes plantations. Malheureusement les effets de la carence se font ressentir rapidement avant l'âge habituel des premiers prélèvements foliaires, généralement effectués à l'âge de 2 ans en plantation industrielle.

Quand la nature des sols, ou ce que l'on sait déjà sur d'autres cultures, fait suspecter une déficience en

soufre il faut utiliser dès la plantation au champ un engrais contenant cet élément. Ce sera le plus souvent du sulfate d'ammoniaque puisque les jeunes palmiers ont presque toujours besoin d'azote, la carence en soufre sera ainsi corrigée sans bourse déliée. Le soufre peut aussi être apporté avec des engrais potassiques, magnésiens ou phosphatés si ceux-ci sont nécessaires. Un essai simple en pépinière, comparant par exemple un témoin sans azote, l'urée et le sulfate d'ammoniaque, peut également donner des informations intéressantes quelques mois avant l'époque de plantation. Il ne faut pas sous-estimer les conséquences d'une carence en soufre sur les jeunes plantations même si elle se corrige d'elle-même à l'âge de 3-4 ans car l'expérience décrite en 1972 par M. Ollagnier et R. Ochs avait montré que la meilleure croissance des palmiers bien alimentés en soufre dès la plantation procurait une augmentation de production de 13 p. 100 durant les deux premières campagnes de récolte à l'âge de 4 et 5 ans.

Par l'intermédiaire de la croissance la carence en soufre des toutes premières années de plantation a donc un arrière-effet sur la production.

### RÉFÉRENCES

- [1] OLLAGNIER M. et OCHS R. (1972). — Les déficiences en soufre du palmier à huile et du cocotier. *Oléagineux*, 27, 4, p. 193-198.
- [2] THOMPSON J. F., SMITH I. K. et MOORE D. P. (1970). — Sulphur requirements and metabolism in plants. *Symposium Sulphur in Nutrition*, Section III, Chapter 7, p. 80-96 (Oregon State University 1969).

### SUMMARY

#### Study of a Sulphur Deficiency on Young Oil Palms in the Ivory Coast.

C. CALVEZ, J. OLIVIN and J. L. RENARD, *Oléagineux* 1976, 31, N° 6, p. 251-257.

An experiment was set up in October 1972 in the Dabou savannah (Ivory Coast), to confirm the effect of sulphur on young palms planted on heavily desaturated soils in which a sulphur deficiency had already been brought to light. Sulphur was given in the form of ammonium sulphate. The other treatments were one receiving nitrogen in the form of urea and a non-fertilized control. The first leaf analyses made at 16 months (February 1974) showed a nitrogen deficiency corrected by urea and ammonium sulphate and a sulphur deficiency corrected by the sulphate only. The application of nitrogen in the form of urea and without an accompanying sulphur application led to an aggravation of the sulphur deficiency and a nutritional disturbance bringing about a fall in the levels of all the other elements. The improvement of the sulphur nutrition thanks to ammonium sulphate took shape in the form of better growth of the young palms. On the contrary, the palms receiving urea were no better developed than the control palms, as the positive effect of nitrogen on growth was counterbalanced by the depressive effect of the sulphur deficiency. In January 1975, at the age of 27 months, leaf analysis showed almost total natural correction of the nitrogen and sulphur deficiencies in the control palms. However, urea again raised the nitrogen levels, whilst ammonium sulphate still improved the nitrogen and sulphur levels. The palms receiving sulphate were still the best-developed. The reduction of damage caused to the foliage by *Cercospora* Leaf Spot is a secondary effect of good sulphur nutrition. The sulphur levels in the well-nourished trees are at least equal to 0.200. Examples of sulphur deficiency in oil palms are fairly rare, but care must nevertheless be taken from the early years onwards to ensure correct nutrition and adequate fertilization in this element, as it was possible to show in an older experiment that under-developed palms produced less during the first 2 or 3 harvesting years.

### RESUMEN

#### Estudio de una deficiencia de azufre de jóvenes palmas aceiteras en Costa de Marfil.

C. CALVEZ, J. OLIVIN y J. L. RENARD, *Oléagineux*, 1976, 31, N° 6, p. 251-257.

En octubre de 1972 se inició un experimento en la sabana de Dabou (Costa de Marfil), a fin de confirmar el efecto del azufre sobre palmas jóvenes plantadas en terrenos muy desaturados en los que ya se había demostrado una carencia de azufre. Las aportaciones de azufre tenían la forma de sulfato de amoníaco. Los otros objetos consistían de un tratamiento con aportaciones de nitrógeno bajo la forma de urea y un testigo sin abonar. Los primeros análisis foliares efectuados a la edad de 16 meses (febrero de 1974) mostraron una deficiencia de nitrógeno corregida por la urea y el sulfato de amoníaco, y una carencia de azufre corregida solamente por el sulfato. La aportación de nitrógeno bajo la forma de urea y sin asociación de una aportación de azufre llevó a una agravación de la carencia de azufre y un desequilibrio de nutrición que produjo una disminución de los contenidos de todos los demás elementos. La mejora de la nutrición de azufre mediante el sulfato de amoníaco se concretó en un crecimiento superior de las palmas jóvenes. En cambio las palmas que recibían urea no eran más desarrolladas que las palmas testigo, porque el efecto positivo del nitrógeno sobre el crecimiento quedaba contrapesado por el efecto depresivo de la carencia de azufre. En enero de 1975 a la edad de 27 meses el análisis foliar mostraba una corrección natural casi total de las carencias de nitrógeno y azufre en las palmas testigo. Sin embargo la urea aumentaba más aún los contenidos de nitrógeno mientras que el sulfato de amoníaco todavía mejoraba los contenidos de nitrógeno y azufre. Las palmas con aportaciones de sulfato siempre eran las más desarrolladas. La reducción de los daños que la cercosporiosis causó en las hojas es un efecto secundario de una buena nutrición de azufre. Los contenidos de azufre de los árboles con alimentación satisfactoria son de 0,200 como mínimo. Los ejemplos de carencia de azufre de la palma son bastante escasos, sin embargo se debe procurar asegurar ya desde la edad joven una nutrición correcta y una fertilización suficiente de este elemento, porque un experimento anterior mostró que las palmas poco desarrolladas tenían una producción inferior durante los primeros dos o tres años de cosecha.

# Study of a Sulphur Deficiency on Young Oil Palms in the Ivory Coast

C. CALVEZ (1), J. OLIVIN (2), AND J. L. RENARD (3)

M. Ollagnier and R. Ochs [1] were the first to show the existence of a sulphur deficiency and describe its effects on the palms in an experiment planted in 1964 on the pre-lagoonal savannah at Dabou, Ivory Coast. In this savannah, lying on tertiary sands of the continental terminal, the natural vegetation is composed almost exclusively of pure stands of *Imperata cylindrica*, which represent the term of degradation and indicate the native poverty of the soil in mineral and organic elements.

In 1972 an experiment was set up specially in the same plantation to find out the exact effect of sulphur, which could be confused with that of magnesium in the experiment described in 1972 as the latter was not planned to study the effect of sulphur in particular.

## I. — MATERIAL AND METHODS

The land originally invaded by *Imperata* was prepared for planting in the usual way : mechanical eradication of *Imperata* and sowing of a legume cover (*Pueraria javanica*).

Planting was done belatedly in October 1972 with plants from a hybrid D × P line raised in plastic bags in the nursery.

Covering 6.25 ha, the design chosen is a Fisher block with 3 treatments and 6 replications. Each experimental plot contains 33 useful palms. As the young trees normally need nitrogen during the early planting years, it was decided to compare the effects of nitrogenous fertilizer without sulphur (urea) with those of ammonium sulphate at 23 p. 100 S.

The annual fertilizer rates are as follows, in g/tree :

	Control C	Urea U	Ammonium sulphate S
October 1972 .....	0	150	300
August 1973 .....	0	375	750
August 1974 .....	0	500	1,000

The quantities of nitrogen given in the U and S treatments are identical, as urea contains 45-46 p. 100 ammoniacal (or more exactly ureic) nitrogen, and the N content of ammonium sulphate is about half, 20-21 p. 100 ammoniacal nitrogen.

The whole experiment received a uniform potassic manuring (250, 400 and 750 g KCl respectively in 1972, 1973 and 1974) to reduce the very high natural potassic deficiency.

The mineral nutrition was checked by leaf analysis (one leaf sample a year for each experimental plot) and growth was estimated by annual measurements (girth, length of leaves). Particular observations were also made to appraise the health of the young plants.

The palms are not yet in bearing, as they were castrated according to normal practice from September 1974 to December 1975.

## II. — RESULTS AND DISCUSSION

### 1. — Mineral Nutrition (Table I).

The leaf levels of February 1974 show that the control palms are deficient in nitrogen. The sulphur contents are low compared to the critical level of 0.200-0.230 proposed in the 1972 study, probably because of the native poverty of the *Imperata* savannah soils. On the other hand, the potassium, calcium and magnesium values are higher than the critical levels.

The urea application raises the N values considerably above the critical level, and depresses those of all the other elements, including sulphur. The total N/total S ratio, higher than in the other treatments, is well above 15, which is the value of the N/S ratio in the proteins of a very large number of plants [2]. According to certain authors, this wide difference between the two N/S ratios shows that S has undoubtedly become a limiting factor. N in a non-protein form then accumulates in the tissues, but the whole of the S taken up is found

in protein form. Serious nutritional troubles appear, therefore, when the quantity of sulphur is insufficient, as it enters into the make-up of the enzymes which closely control the plant's metabolism (formation of proteins and carbohydrates, transformation of sugars and perhaps even the photochemical process of photosynthesis). Palms naturally deficient in sulphur and nitrogen which are given only nitrogenous fertilizer (urea) absorb the N easily and preferentially to the detriment of other elements, including sulphur. This is probably an effect of the accumulation of non-protein N in the plant plasmas which may oppose the assimilation of the other elements.

With applications of ammonium sulphate the N content rises above the critical level and above that of the control, but it is nonetheless significantly lower than the value obtained with urea. On the other hand, the sulphur level is very much improved by the sulphate. This normalization of the sulphur nutrition brings about that of potassium and chlorine nutrition as well, together with an improvement in the phosphorus content, although it is still below the critical level. The calcium, and even more, magnesium contents, on the contrary, are lower than those of the control, which is probably explained by an absorption antagonism between  $\text{NH}_4^{4+}$  on the one hand and  $\text{Ca}^{++}$  and  $\text{Mg}^{++}$  on the other. The rapid correction of the sulphur deficiency is due, of course, to the fact that the sulphur is provided by ammonium sulphate in the  $\text{SO}_4^{4-}$  form, the only one assimilable by higher plants.

In January 1975 the N nutrition of the control palms was much improved by comparison with the previous year, and had almost reached the critical level. It follows that the increase in the N levels due to nitrogenous fertilizers is relatively smaller (Table II). The effect of ammonium sulphate is practically the same as that of urea.

The sulphur nutrition of the trees in treatments C and U also improved a good deal in 1975, but the trees receiving ammonium sulphate still have higher contents. It is probable that this spontaneous correction of the S levels is due to the transformation, in the form of assimilable  $\text{SO}_4^{4-}$ , of the organic sulphur in the soil coming from debris of the cover plant sown in 1971, three and a half years earlier. The improvement of the sulphur nutrition, and thus of the general metabolism of the trees, is accompanied by normalization of the nutrition of the other elements. In the U and S treatments the phosphorus contents and even more the N/P ratios show a slight P deficiency. The value of 0.208 for S reached in January 1975 is probably very close to that corresponding to the critical level, because in other experiments it has not been possible to obtain a yield increase by giving a sulphate-based fertilizer when the sulphur level was already between 0.200 and 0.230 ; moreover, it is difficult to raise the contents higher than that.

The total N/total S ratios in the three treatments, which tended to draw level in 1975, especially in Frond 17, confirm the natural improvement of the sulphur nutrition in treatments which were not receiving this element in the form of fertilizer.

It must be said that the oil palm is amongst the plants which are demanding as regards sulphur ; in effect, this element must be present in the leaves at a higher concentration than that of phosphorus for the tree's metabolism to be satisfactory.

### 2. — Growth.

As planting was done in the short rainy season, the young plants took a long time to root. In July 1973, at 9 months old, there was still no perceptible difference in growth between the treatments (Fig 1). In July 1974, on the other hand, at 21 months, there was a significant increase in the size of the trees receiving ammonium sulphate by comparison with the trees in the other two treatments, which were identical. In July 1975, at 33 months, the results of the previous year were maintained.

The increase of 15-20 p. 100 in the size of the palms receiving ammonium sulphate was visible to the naked eye. However, no specific visual symptom which would enable the sulphur deficiency to be recognized, either by discolouration or by leaf deformity, could be identified. The foliage of the palms receiving sulphate was nevertheless temporarily a darker green than that of the other palms. This difference is only of value as a comparison, and does not at first sight allow the palms deficient in sulphur to be singled out.

The study of the total correlations between either the S levels or the N levels on the one hand, and growth on the other, confirms the effect of sulphur (Table III).

(1) Research Service, Robert-Michaux Plantation, Dabou (Ivory Coast).

(2) Agronomy Department, I. R. H. O.

(3) Director of Phytopathology Department, I. R. H. O., Robert-Michaux Plantation, Dabou (Ivory Coast).

It is to be noted that the levels in the young leaves give a better indication of sulphur deficiency than those in the older ones.

On the other hand, the partial correlations bring out an additional phenomenon : the effect of N on growth as early as 1974 (Table IV).

Table IV shows once again the predominant effect of sulphur on growth and also that nitrogen plays a far from negligible role in the development of the young palms. The absence on an effect of urea on growth is due to the compensation of the depressive effect of the sulphur deficiency (and perhaps a deficiency in the other elements whose values have decreased) by the beneficial effect of better nitrogenous nutrition.

The linear form of the regression curves  $\text{growth} = f(\text{contents})$  makes it impossible to confirm whether the S levels attained really correspond to maximum growth.

### 3. — Phytosanitary condition. Damage caused by *Cercospora* Leaf Spot.

The symptoms of this disease, caused by *Cercospora elaeidis*, take form of small, brown specks on the leaflets ; they merge as the leaf ages, forming brittle, necrotic patches, first brown and the gray, usually at the tip or round the edges of the leaflets.

At a later stage the disease leads to overall drying up of the leaf. In order to assess accurately the degree of damage in each treatment, points have been allotted on the following bases :

- 1 point : necrotic patches on the lowest leaves touching the soil (drying up of the tips or edges of the leaflets),
- 2 points : necrotic patches on the leaves no longer touching the soil (those at the level of the cover plant),
- 3 points : necrotic patches on leaves above the second rank (leaves clear of the cover plant).

Palms awarded 3 points are therefore more seriously attacked by *Cercospora* Leaf Spot than those marked 1 or 2.

The observation is made on all the useful trees in each treatment, and the total mark per treatment is the addition of the points of each tree (Table V).

If all the palms had incurred maximum damage up to the 3 points level, the total marks per treatment would have been  $3 \times 33 \text{ palms} \times 6 \text{ plots} = 594$ .

The real damage sustained expressed as a percentage of the above maximum possible damage is :

Treatment	August 1974	August 1975
Control (p. 100) .....	71	12
Urea (p. 100) .....	66	11
Ammonium sulphate (p. 100) .	57	10

The above tables show that two-year-old palms receiving ammonium sulphate are significantly less attacked by Leaf Spot and that the damage due to this disease disappears very rapidly and almost completely in a year for all treatments. Nitrogen seems to temper the virulence of the disease somewhat.

### III. — CONCLUSION

A sulphur deficiency undoubtedly exists in certain regions where the heavily desaturated soils are chemically very poor. Its depressive effect on the production of dry matter is such that it can cancel out the beneficial effect of N on the growth of young palms. It is desirable, therefore, to check the sulphur nutrition very early on in young plantings. Unfortunately the effects of the deficiency make themselves felt very rapidly before the time has come for the first leaf samples, which are usually taken at 2 years old in industrial plantations.

When the nature of the soils or what is known already about other crops lead to a sulphur deficiency being suspected, a fertilizer containing this element should be given from field planting onwards. Ammonium sulphate would be the form most often applied, as young palms nearly always need nitrogen ; in this way the sulphur deficiency is corrected at no extra expense. Sulphur can also be given with potassic, magnesian or phosphated fertilizers if these are necessary. A simple trial in the nursery, e. g. comparing a control without N with urea and ammonium sulphate treatments, can also provide useful information a few months before field planting. The consequences of a sulphur deficiency in young plantings should not be under-estimated, even if it disappears by itself at 3 or 4 years' old, as the experiment described by M. Ollagnier and R. Ochs in 1972 showed that the better growth of palms enjoying good sulphur nutrition from planting onwards led to a yield increase of 13 p. 100 during the first two years of harvesting, at 4 and 5 years old. Through its influence on growth during the early years of planting, therefore, the sulphur deficiency has a retrospective effect on yield.

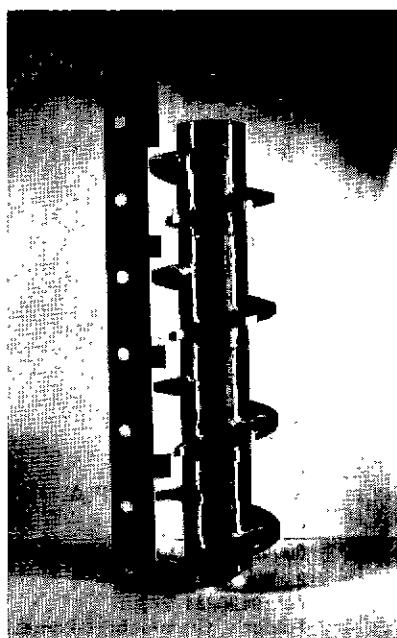
**CAP**

CARL AUG. PICARD

et

**KEK**

EGON KELLER OHG



Fabriquent toutes

**PIÈCES d'USURE et de RECHANGE**  
**pour PRESSES EXPPELLERS — PRESSES A VIS**  
**BARREAUX et ÉQUIPEMENTS de CAGE**

**E. C. T. M.**

45, av. Kléber — 75016 PARIS — FRANCE

Tél. 704.64.29 — Télex 630191 F