

# INTERACTION ENTRE L'AZOTE ET LE POTASSIUM DANS LA NUTRITION DES OLÉAGINEUX TROPICAUX <sup>(1)</sup>

## INTERACTION BETWEEN NITROGEN AND POTASSIUM IN THE NUTRITION OF TROPICAL OIL PLANTS

**M. OLLAGNIER**

Directeur des Stations  
Expérimentales

**R. OCHS**

Directeur du Département  
Agronomie

Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux, Paris

### INTRODUCTION

L'étude des interactions tient jusqu'ici beaucoup moins de place dans les résultats obtenus et publiés par notre Institut que celle des effets principaux des éléments majeurs ou des oligoéléments.

Ceci tient à deux difficultés essentielles :

— l'efficacité limitée des dispositifs expérimentaux : pour obtenir dans un tableau de contingence à quatre cases (étude de deux éléments à deux niveaux) un degré de précision égal à celui qui nous satisfait pour les effets principaux, il faut doubler le nombre de parcelles et le doubler encore pour un tableau de contingence à neuf cases (étude de deux éléments à trois niveaux). Si le nombre de répétitions est insuffisant, les résultats deviennent flous et parfois contradictoires ;

— le fait que chaque élément étudié est associé à tel anion ou cation dont on pourrait avoir tendance à négliger l'action. Celles du soufre et du chlore sont loin d'être négligeables sur le palmier à huile et le cocotier, comme l'ont montré en particulier nos travaux [Ollagnier et Ochs, 1971, 1972, sur palmier à huile et cocotier], ceux de Southern, 1969 (soufre sur cocotier) et Von Uexkull, 1972 (chlore sur cocotier).

Si l'on songe que sur une expérience de type exploratoire 2<sup>e</sup> en trente-deux parcelles, initialement conçue pour étudier cinq éléments N, P, K, Na, Mg, vont se superposer l'action du soufre apporté par le sulfate d'ammoniaque et la kiesérite, celle du chlore apporté par les chlorures de potassium et de sodium, celle du calcium apporté par le phosphate, on voit qu'il devient très difficile de n'apporter que des réponses exactes dans les études entreprises pour les différents facteurs (teneurs en éléments, composantes du rendement).

L'agronome à qui est confiée la tâche d'étudier des interactions risque donc d'apporter des réponses beaucoup moins claires que le physiologiste qui, dans ses expériences, est en mesure de faire varier beaucoup plus facilement la composition qualitative et quantitative de ses solutions nutritives et travaille sur des plantes de volume réduit.

### INTRODUCTION

*The study of interactions has hitherto occupied a much smaller place amongst the results obtained and published by our Institute than that of the main effects of the major or trace elements.*

*This is because of two essential difficulties :*

— *the limited effectiveness of experimental designs : to obtain, in a 2 × 2 contingency table (study of two elements at two levels) the same degree of precision we expect for the main effects, the number of plots would have to be doubled, and doubled again for a 3 × 3 contingency table (study of two elements at three levels). If the number of replications is insufficient, the results become hazy and sometimes contradictory :*

— *the fact that each element studied is associated with such an anion or cation whose action one may have a tendency to overlook. Those of sulphur and chlorine are far from being negligible in the oil palm and coconut, as shown in particular by research done by ourselves [Ollagnier and Ochs, 1971, 1972, on oil palm and coconut], by Southern 1969 (sulphur in coconuts) and by Von Uexkull, 1972 (chlorine in coconuts).*

*When we reflect that on a 2<sup>nd</sup> experiment of the exploratory type in 32 plots, originally designed to study 5 elements, N, P, K, Na, Mg, is going to be superimposed the action of the sulphur in the ammonium sulphate, and kieserite, of the chlorine in the potassium and sodium chlorides, and of the calcium in the phosphate, it is easy to see that it is very difficult to produce only exact replies in the studies undertaken on the different factors (element levels, yield components).*

*The agronomist who has the task of studying the interactions is therefore likely to provide results much less clear than those of the physiologist who, in his experiments, is in a position to vary the qualitative and quantitative composition of his nutritive solutions more easily and who works on plants of lesser volume.*

(1) Communication présentée au 10<sup>e</sup> Colloque de l'Institut International de la Potasse qui a eu lieu du 3 au 7 décembre 1973, à Abidjan, Côte-d'Ivoire.

Nous envisagerons dans la suite de cette note le sujet qui nous a été proposé sous un angle double :

— les interactions au sens « statistique » : les réponses à l'application des deux éléments N et K sont-elles substantiellement différentes de la somme des réponses obtenues pour chaque élément individuellement ;

— les interactions au sens physiologique, « actions réciproques d'un élément sur l'autre », essentiellement sur la composition des feuilles.

Les interactions « exemplaires », particulièrement intéressantes pour les cultivateurs et les producteurs d'engrais, se rencontrent plus fréquemment sur les céréales.

Des exemples significatifs en sont trouvés par exemple au Nigeria sur sorgho et sur maïs (Heathcote, 1972, tabl. I).

*Further on in this article we will view the subject proposed to us from two angles :*

*— the interactions in the « statistical » sense : are the responses to the application of both elements, N and K, appreciably different to the sum of the responses obtained for each element individually ;*

*— the interactions in the physiological sense, « reciprocal actions of one element on the other », mainly on the composition of the leaves.*

*« Exemplary » interactions, of particular interest to farmers and fertilizer manufacturers, are more frequently found on cereals.*

*Significant examples are found, for example, in Nigeria on sorghum and maize (Heathcote, 1972 : Table I).*

TABLEAU I — TABLE I

**Interaction entre l'azote et le potassium à Kano et Mokwa (Nigeria) (kg/ha)**  
**Interaction between nitrogen and potassium at Kano and Mokwa (Nigeria) (kg/ha)**

	Sorgho Grain — <i>Sorghum seed</i> Kano 1971		Maïs Grain — <i>Maize seed</i> Mokwa 1970	
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
K <sub>0</sub> .....	1 062	923	1 071	1 179
K <sub>1</sub> .....	1 666	2 111	1 388	2 596
S. E. de la moyenne .....	± 91		± 142	
S. E. of the mean				

Dans l'expérience sur sorgho, l'effet de K, sensible en présence du niveau faible de N, devient très important en présence d'une fumure azotée plus forte.

Dans l'expérience sur maïs, chaque élément N ou K utilisé seul a une action faible. L'apport simultané des deux produit une interaction considérable.

Les travaux effectués en France par J. Garaudeau et H. Chevalier (1967) sur le blé, l'orge de printemps, le maïs, les plantes fourragères, la betterave sucrière, la pomme de terre ont mis en évidence que, sur une période assez longue, les fortes doses de N et de K ont procuré d'importantes augmentations moyennes des rendements de toutes les plantes des rotations successivement pratiquées mais que les plus fortes doses de N, volontairement choisies, à l'origine, pour être éventuellement excessives, ont été certaines années franchement dépressives ; l'action des fumures potassiques a été plus ou moins favorable, suivant la plante considérée ; les interactions entre les deux fumures ont été le plus souvent positives, mais pas constamment, et leur incidence a été fort variable, soulignent les auteurs dans leur conclusion. Même dans les régions tempérées, sur des plantes qui accomplissent leur cycle en quelques mois, l'interaction NK n'est donc pas un phénomène absolument constant.

Nous limitons notre étude à l'interaction entre l'azote, élément assimilé aussi bien à l'état d'anion qu'à l'état de cation, agissant généralement sur la croissance et entrant dans la structure des acides aminés et des protéines, et le potassium nécessaire pour la réalisation de la plupart des synthèses organiques.

*In the experiment on sorghum, the effect of K, perceptible in the presence of a low N level, becomes very marked with a more concentrated nitrogenous manure.*

*In the experiment on maize, either N or K used alone have little effect ; applied together, a considerable interaction is produced.*

*The research done in France by J. Garaudeau and H. Chevalier (1967) on wheat, spring barley, maize, fodder crops, sugar beet and potatoes show that, over a fairly long period, high rates of N and K lead to large mean increases in the yields of all the crops in successive rotations, but that the highest N rates, voluntarily chosen with the probability that they would be excessive, were frankly depressive in certain years ; the action of the potassic manurings was more or less favourable according to the plant studied ; the interactions between the two manurings were mostly, but not consistently, positive, and their incidence was extremely variable, as the authors underline in their conclusion. Thus, even in temperate regions on plants which complete their cycle in a few months, the N/K interaction is not an absolutely constant phenomenon.*

*We restrict our study to the interaction between nitrogen, an element assimilated both as an anion and as a cation, generally acting on growth and entering into the structure of amino-acids and proteins, and potassium, required for most organic syntheses.*

**I. — PALMIER A HUILE**

Nous distinguerons quatre types principaux d'interactions :

<b>Type A</b>	<b>Type B</b>
K seul dépressif	K seul accroît les rendements
N seul accroît les rendements	N seul dépressif
NK supérieur ou égal à N	NK supérieur ou égal à K
<b>Type C</b>	<b>Type D</b>
K seul accroît les rendements	K seul accroît les rendements
N seul accroît les rendements	N seul accroît les rendements
NK supérieur à N + K	NK inférieur ou égal à N + K

En Malaisie, des interactions de trois types peuvent être notées.

Dans une première expérience (Tabl. II), l'interaction est de type B : l'effet de N sans K est dépressif ; l'effet positif de N s'accroît avec la dose de K appliqué.

TABLEAU II — TABLE II

Malaisie (Chemara) : tonnage cumulé de régimes/acre 1963-1967 (sols dérivés de schistes)

Malaysia (Chemara) : cumulative tonnage of bunches/acre 1963-1967 (soils developed over schists)

	(Interaction type B)		
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
N <sub>0</sub> .....	30,6	29,9	30,6
N <sub>1</sub> .....	30,7	32,1	31,6
N <sub>2</sub> .....	27,9	32,0	34,0

D. S. 5 % : 2,7 \*, 1 % : 3,6 \*\*. S. D. 5 % : 2,7 \*, 1 % : 3,6 \*\*.

Dans une deuxième expérience (Tabl. III), réalisée sur un sol vraisemblablement pauvre, l'effet de N sans K est positif et très fort, celui de K sans N très modéré. On observe une interaction légère (équivalent à 1/3 de l'effet de N) et positive.

In a second experiment (Table III), carried out on soil which is probably poor, the effect of N without K is positive and very marked, that of K without N very moderate. A slight positive interaction (equal to 1/3 the effect of N) is observed.

TABLEAU III — TABLE III

Malaisie (Chemara) : tonnes de régimes par acre \*

Malaysia (Chemara) : tons/bunches/acre \*

	(Interaction type C)		
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
N <sub>0</sub> .....	3,68	4,11	4,22
N <sub>1</sub> .....	5,37	6,10	6,54
N <sub>2</sub> .....	6,75	8,09	8,18

\* Cité par Paterson, 1970. \* Quoted by Paterson, 1970.

Enfin, chez Harrisons & Crosfield, sur cinq expériences de fertilisation réalisées sur des sols d'alluvion (Briah et Selangor Series), on note deux interactions NK de type A et trois de type B dont aucune cependant n'atteint le seuil de signification.

Les expériences réalisées par la Société Unilever en Afrique et en Malaisie n'ont pas, pour leur part, abouti à la mise en évidence d'interactions NK significatives (Tabl. IV). La rentabilité des fumures NK est en général inférieure à celle des fumures potassiques seules.

Finally, at Harrisons & Crosfield, on five fertilizer experiments implanted on alluvial soils (Briah and Selangor series), two Type A and three Type B/N|K interactions are observed, none, however, attaining the threshold of significance.

The experiments carried out by Unilever in Africa and Malaysia did not, for their part, end in proof of significant N|K interactions (Table IV). The profitability of NK manurings is generally inferior to that of potassium manurings alone.

TABLEAU IV — TABLE IV  
 Palmier à huile. Interaction NK. Résultats Unilever  
 Oil palm. NK interaction. Unilever results

	Rendement sans engrais Yield without fertilizers (t/ha)	Réponse à N seul Response to N only		Réponse à K seul Response to K only		Réponse à NK Response to NK		Valeur supplément récolte/Coût engrais (%) Value yield gain/Cost of fertilizers (%)
		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	
Malaisie Malaysia Kluang ... (1966/1970)	18,7	— 0,06	— 0,13	— 2,29	— 0,69	— 1,00	2,21	N <sub>2</sub> K <sub>2</sub> : 16 %
Congo Yaligimba. (1966/1970)	10,5	0,65	1,01	0,40	0,95	0,96	1,13	Pertes
Cameroun ... Lobé ..... Mundimba (1964/1970)	13,2 9,7	0,86 — 0,50	2,36 — 0,28	1,74 1,20 *	1,65 0,73	0,78 0,63	4,18 1,03	K <sub>1</sub> : 214 % K <sub>2</sub> : 49 % N <sub>2</sub> K <sub>2</sub> : 35 % K <sub>1</sub> : 210 %
Makeve .. (1962/1969)	7,8	0,49	0,91	1,58 *	0,58	1,68 *	0,02	K <sub>1</sub> : 356 % N <sub>1</sub> K <sub>1</sub> : 84 %

En Côte-d'Ivoire, l'expérience qui donne les indications les plus concluantes (Tabl. V) a été montée en 1954 sur un matériel de productivité moyenne (D.T Congo) planté en 1946 sur un terrain (sables tertiaires) antérieurement consacré aux cultures vivrières.

In the Ivory Coast, the experiment which gives the most conclusive results (Table V) was started in 1954 on material of average productivity (D × T Congo) planted in 1946 on land (tertiary sands) previously devoted to food crops.

TABLEAU V — TABLE V  
 Palmier à huile. Interaction NK (Interaction type B)  
 Oil palm. NK interaction (Type B interaction)

	N	(—)	Effet de N (a) Effect of N (a)	Observations
Production en kg de régimes/arbre/an Yield in kg/bunches/tree/year 1954-55 à 1968-69 (15 ans - 15 years)	K 98,8 (138) (—) 62,6 (87)	95,8 (133) 71,9 (100)	+ 3,0 — 9,2 ** Interaction + 6,1 *	Interaction positive NK. N seul diminue significativement les rendements. DS (a) = 6,3 **. Minimal action of N in presence of K.
Effet de K Effect of K	36,2 **	23,9**		
Teneur en N des feuilles (1963) (niveau critique 2,5 %) N level in leaves (1963) (critical level 2,5 %)	K 2,65 (106) (—) 2,57 (102)	2,56 (102) D. S. : 0,079 * 2,51 (100)		K accroît significativement la teneur en N des feuilles. K increases the N leaf level significantly.
Teneur en K des feuilles (niveau critique ± 0,900) K level in leaves (critical level ± 0,900)	K 0,879 (172) (—) 0,445 (87)	0,916 (179) D. S. : 0,67 * 0,512 (100)		N diminue significativement la teneur en K des feuilles. La dépression est deux fois moins forte en présence de potassium, sans que l'interaction soit significative. N reduces the K level in the leaves significantly. The fall is half as great in the presence of K, without the interaction being significant.
Teneur en Mg des feuilles (niveau critique ± 0,240) Mg level in leaves (critical level ± 0,240)	K 0,326 (75) (—) 0,471 (108)	0,333 (76) D. S. : 0,046 * 0,437 (100)		Pas d'action sensible de N sur Mg. No appreciable action of N on Mg.

Côte-d'Ivoire, La Mé. Palmier à huile. Sols : sables tertiaires. Plantation 1946. Expérience commencée en 1954. N = Sulfate d'ammoniaque, 2 kg/arbre/an. K = Chlorure de potassium, 2 kg/arbre/an. Expérience (CP 7), N, P, K, Cu, Mg, 2<sup>e</sup>. Densité 120 arbres/ha. Ivory Coast. La Mé. Soils : tertiary sands. Planted 1946. Experiment begun in 1954. N = Ammonium sulphate, 2 kg/tree year. K = Potassium chloride, 2 kg/tree/year. Experiment (CP 7), N, P, K, Cu, Mg, 2<sup>e</sup>. Density 120 trees/ha.

Le sulfate d'ammoniaque utilisé seul diminue très significativement le rendement, de 13 p. 100.

L'effet du potassium est porté de 33 à 38 p. 100 en présence de N, et ceci sur une période moyenne de quinze ans. L'interaction positive, du type de celle

Ammonium sulphate used alone very significantly reduces yield, by 13 p. 100.

The effect of potassium is raised from 33 to 38 p. 100 in the presence of N, and this for an average period of 15 years. The positive interaction, of the same type as

observée à Chemara (Malaisie) (Tabl. II) est significative à  $P = 0,05$ .

L'examen des teneurs en K des feuilles montre que l'apport de sulfate d'ammoniaque diminue significativement la teneur en K des feuilles. La dépression est beaucoup moins sensible en présence de K.

Quelle peut être l'origine de cet effet ? Peut-être s'agit-il d'un antagonisme au niveau de l'absorption,  $NH_4^+$  se comportant comme un cation antagoniste de  $K^+$ . Cet effet antagoniste serait particulièrement accentué en conditions de déficience potassique sévère, ce qui est le cas des témoins. Le fait que l'on observe des effets parallèles de l'application de N sur la composition des feuilles et des racines (Tabl. VI) semble légitimer l'hypothèse selon laquelle l'antagonisme se produirait au niveau de l'absorption.

observed at Chemara (Malaysia) (Table II) is positive at  $P = 0,05$ .

An examination of the K levels in the leaf shows that the application of ammonium sulphate significantly reduces the K level. The reduction is much less perceptible in the presence of K.

What is the origin of this effect ? Perhaps it is an antagonism at absorption level,  $NH_4^+$  behaving like a cation antagonistic to  $K^+$ . This antagonistic effect could be particularly accentuated in the presence of a severe potassium deficiency, as is the case with the controls. The fact that parallel effects of the application of N are observed on the composition of the leaves and roots (Table VI) seems to confirm the hypothesis of an antagonism which arises at absorption level.

TABLEAU VI — TABLE VI

## Effets comparés de N et de K sur la teneur des feuilles et des racines en potassium

## Compared effects of N and K on the leaf and root K levels

Côte-d'Ivoire (La Mé). Voir également tableau V : Palmiers adultes (CP 7)  
Ivory Coast (La Mé). See also table V : Adult palms (CP 7)

Feuilles — Leaves		Racines — Roots	
Avec — With N : 0,714	Avec — With K : 0,907	Avec — With N : 0,516	Avec — With K : 0,739
Sans — Without N : 0,771	Sans — Without K : 0,578	Sans — Without N : 0,569	Sans — Without K : 0,346
D. S. — S. D. 1 % : 0,102		D. S. — S. D. 1 % : 0,091	
N : sulfate d'ammoniaque ; K : chlorure de potassium. N : ammonium sulphate ; K : potassium chloride.			
Cameroun (La Dibamba). Pépinières en sacs de plastique Cameroon (La Dibamba). Polybag nurseries			
Feuilles — Leaves		Racines — Roots	
Avec — With N : 1,24	Avec — With K : 1,76	Avec — With N : 0,98	Avec — With K : 1,55
Sans — Without N : 1,34	Sans — Without K : 0,82	Sans — Without N : 1,14	Sans — Without K : 0,57
D. S. — S. D. 1 % : 0,08 **		S. D. — D. S. 1 % : 0,11 **	
Effet de N (urée) sur le poids des plants : + 27 %.			
Effet de K (chlorure de potassium) sur le poids des plants : + 20 %.			
Effect of N (urea) on plant weight : + 27 %.			
Effect of K (potassium chloride) on plant weight : + 20 %.			

Les teneurs en N sont significativement améliorées par les apports de chlorure de potassium. C'est un résultat que nous retrouverons dans la plupart des expériences sur palmier à huile et cocotier.

Il n'est enfin pas possible de relier à l'intérieur de cette expérience l'intensité des réponses à N et à K aux niveaux de ces éléments dans les feuilles.

La raison en est que, d'une part, les teneurs d'une année déterminée dépendent des déficits hydriques observés avant le prélèvement et que, d'autre part, le niveau de production d'une année dépend des conditions d'alimentation hydrique et minérale de la période de sexualisation, 28 à 30 mois avant la récolte. Il en résulte des fonctions complexes entre les productions et les conditions de nutrition.

L'effet moyen de l'azote en présence de K atteint 3 kg de régimes par arbre sur une période de 15 ans. Le supplément de production représente, pour 120 arbres/ha et 7 F CFA par kg de régimes, 2 520 F CFA/ha, inférieurs au coût de la fumure : 4 800 F CFA environ/ha.

The N levels are significantly improved by potassium chloride dressings. This is a result which we find in most experiments on oil palm and coconut.

Finally, it is not possible within this experiment to relate the intensity of the responses to N and to K to the level of these elements in the leaves.

This is because, on the one hand the levels in a given year depend on the water deficits observed before sampling, and on the other, the yield in one year depends on the water supply and mineral nutrition during the sexualization period, 28 to 30 months before harvesting. These result in complex functions between yields and nutritional conditions.

The mean effect of N in the presence of K amounts to 3 kg bunches/tree over a period of 15 years. At a density of 120 trees/ha and a rate of 7 CFA F/kg bunches, the yield gain represents 2 520 CFA F/ha, less than the cost of the manuring : 4 800 CFA F/ha.



Dans une deuxième expérience plantée à La Mé en 1959 (CP 14) avec du matériel interorigine (Déli × Pisifera La Mé) sur défrichement forestier, on obtient, pour la période 1965/1972, les résultats suivants (production cumulée) en kg de régimes :

	$K_0$	$K_1$	$K_2$	
N ..	685 (98)	655 (94)	720 (103)	D. S. 5 p. 100 : 67 * 1 p. 100 : 94 **
$N_0$ ..	699 (100)	630 (90)	626 (90)	

$K_1$  a reçu une fumure croissant de 0,2 à 0,75 kg de chlorure de potassium jusqu'à quatre ans, puis 1 kg ;  
 $K_2$  a reçu une dose double ;  
 $K_0$  a reçu 1 kg de chlorure de potassium de cinq à dix ans ;  
 N a reçu une dose de sulfate d'ammoniaque croissant de 0,25 à 1 kg jusqu'à trois ans, puis 1,5 kg.

Le chlorure de potassium utilisé seul a un effet dépressif (— 10 p. 100) qui s'explique selon des travaux antérieurs [Ollagnier, Ochs, 1971] par des teneurs excessives en Cl dont le niveau optimal dans la feuille est d'environ 0,5.

#### Teneur des feuilles (parcelles sans N)

	$K_0$	$K_1$	$K_2$
Teneur en K (moyenne 10 ans 1962/72) .	0,985	0,983	1,10
Teneur en Cl (moyenne 4 ans 1966/71) . . .	0,66	0,67	0,68

L'utilisation conjointe de N et de K ramène les rendements au niveau de ceux du témoin. L'interaction est ici de type A.

Cette expérience est représentative des conditions de nutrition observées dans de nombreuses plantations de la SODEPALM situées sur sables tertiaires et sert ainsi de guide pour les recommandations faites à cette société en matière de fertilisation.

Une troisième expérience mise en place en 1968 sur du matériel interorigine (Déli × Pisifera — CP 23) plantée en 1965, donne en 1972 les résultats suivants (kg de régimes/arbre/an).

	$K_0$	$K_1$	$K_2$	Moyennes
N .....	96	108	105	103 *
(—) .....	86	100	102	96
Effet de N	+ 10	+ 8	+ 3	

L'effet de N (1,5 kg d'urée) significatif, est positif en l'absence de chlorure de potassium et devient nul en présence de potasse (interaction de type D).

Un point faible du protocole de cet essai est peut-être de n'avoir pas prévu la possibilité d'étudier des niveaux croissants de N car l'absence d'interaction peut provenir d'une insuffisance des apports de N en présence de K.

Le chlorure de potassium seul donne, en effet, un accroissement de production de 16 kg/arbre (2,25 t/ha) correspondant à une exportation supplémentaire de 15 kg de N à l'ha. Comme on apporte l'équivalent de 100 kg, on serait alors en présence d'un très mauvais coefficient d'utilisation de N.

L'expérience a été modifiée il y a un an pour étudier des doses supérieures. On verra alors s'il existe un déplacement de la réponse à l'azote de  $K_0$  vers  $K_2$ .

**Au Cameroun**, sur sables tertiaires également, on note aussi une interaction de type D : absence d'effet de N en absence de K (avec baisse des teneurs en K) et effet dépressif de N en présence de K, à la limite de la signification.

*In a second experiment planted at La Mé in 1959 (CP 14) with interorigine material (Déli × Pisifera La Mé) on forest clearance, the following results were obtained for the period 1965/1972 (cumulative production in kg/bunches) :*

	$K_0$	$K_1$	$K_2$	
N	685 (98)	655 (94)	720 (103)	S. D. 5 p. 100 : 67 * 1 p. 100 : 94 **
$N_0$	699 (100)	630 (90)	626 (90)	

$K_1$  received applications increasing from 0.2 to 0.75 kg potassium chloride up to 4 years, then 1 kg ;  
 $K_2$  received double the rate ;  
 $K_0$  received 1 kg potassium chloride from 5 to 10 years ;  
 N received ammonium sulphate at rates increasing from 0.25 to 1 kg up to 3 years, then 1.5 kg.

Potassium chloride used alone has a depressive effect (— 10 p. 100) which can be explained, according to previous research [Ollagnier and Ochs, 1971] by the excessive Cl levels, the optimum leaf content for this element being about 0.5.

#### Leaf contents (plots without N)

	$K_0$	$K_1$	$K_2$
K leaf level (mean for 10 years, 1962/1972)	0.985	0.983	1.10
Cl leaf level (mean for 4 years, 1966/1971)	0.66	0.67	0.68

The joint use of N and K brings yields to the level of those of the control. Here the interaction is Type A.

This experiment is representative of nutritional conditions observed in many SODEPALM plantations lying on tertiary sands and therefore serves as a guide for the recommendations made to this Corporation in regard to fertilization.

A third experiment set up in 1968 with interorigine material (Déli × Pisifera — CP 23), planted in 1965, gave the following results in 1972 (kg bunches/tree/year) :

	$K_0$	$K_1$	$K_2$	Mean
N .....	96	108	105	103 *
(—) .....	86	100	102	96
Effect of N	+ 10	+ 8	+ 3	

The significant effect of N (1.5 kg urea) is positive in the absence of potassium chloride and becomes nil in the presence of potash (Type D interaction).

A weak point in this experiment is perhaps that the design did not allow for the possibility of studying increasing rates of N, because the absence of interaction could be due to the insufficiency of the N applications in the presence of K.

In effect, potassium chloride alone gives an increased yield of 16 kg/tree (2.25 tons/ha), corresponding to an extra exportation of 15 kg/N per ha. As about 100 kg is applied, this gives a very poor use coefficient for N.

The experiment was modified a year ago to study higher rates. It will be seen whether there is a shift of the response to N from  $K_0$  towards  $K_2$ .

**In the Cameroons**, equally on tertiary sands, a Type D interaction is also noted : absence of an effect of N in the absence of K (with a fall in the K levels) and a depressive effect of N in the presence of K at the limit of significance.

TABLEAU VII — TABLE VII  
 Palmier à huile. Interaction NK (Interaction type D)  
 Oil palm. NK interaction (Type D interaction)

Yield Kg/bunches/tree	Production Kg de régimes/arbre (1967-68 à 1970-71)	K (—)	N	(—)	Effect de N Effect of N	Observations	
			97,5 86,9	111,4 84,3		— 13,9 + 2,6	D. S. 15,2 * Effet dépressif de N à la limite de la signification.
K leaf levels (1971)	Teneur des feuilles en K (1971)	K (—)	1,069 0,576	0,993 0,629		Ce tableau n'apporte pas d'explication	
Mg leaf levels (1971)	Teneur des feuilles en Mg (1971)	K (—)	0,154 0,198	0,181 0,220		D. S. 0,044 * Niveau critique de Mg = 0,240. N accentue la déficience en Mg, expliquant la baisse de rendement ob- servée.	S. D. 0,044 * Critical level for Mg = 0,240. N accentuates Mg defi- ciency, explaining fall in yield observed.

Cameroun, La Dibamba. Palmier à huile. Sols : sables tertiaires.  
 Plantation 1950. Expérience commencée en 1950.  
 Effets principaux sur la production :  
 Mg (sulfate de magnésie, 1 kg) : + 24 % \*\*.  
 K (chlorure de potassium, 1 kg) : + 22 % \*\*.  
 N (urée, 0,5 kg) : — 6 % NS.  
 Cameroun, La Dibamba. Oil palm. Soils : tertiary sands.  
 Planted 1950. Experiment begun in 1950.  
 Main effects on yield :  
 Mg (magnesium sulphate, 1 kg) : + 24 % \*\*.  
 K (potassium chloride, 1 kg) : + 22 % \*\*.  
 N (urea, 0,5 kg) : — 6 % NS.

Dans cette expérience (Tabl. VII) existe aussi une carence de Mg. L'examen du tableau d'interaction NK pour le contenu en Mg des feuilles apporte une explication valable à cet effet dépressif de N ; les teneurs en Mg du groupe de parcelles NK tombant jusqu'à 0,154 très loin du niveau critique de Mg (0,240).

En résumé, sur une même station (La Mé, Côte-d'Ivoire) et sur un même type de sol (sables tertiaires), trois types d'interaction ont été observés :

In this experiment (Table VII) there is also an Mg deficiency. An examination of the N/K interaction table for the Mg leaf level brings a valid explanation of this depressive effect of N, the Mg levels of the NK group of plots falling to 0.154, very far from the critical value (0,240).

To sum up, on the same station (La Mé, Ivory Coast) and on the same type of soil (tertiary sands), three types of interaction have been observed :

	Alimentation Nutrition en		Interaction Type	Réponses obtenues Responses obtained			Doses utilisées Rates used	
	N	K		N	K	NK		
CP 7	suffisante sufficient (2,5)	très déficiente very deficient (0,6)	B	— 9 *	+ 24 **	+ 27 **	S. A. 2	K 2 kg
CP 14	suffisante sufficient (2,71)	élevée/high (1,13)	A	— 2	— 10 *	+ 3	S. A. 1,5	K 1 et 2 kg
CP 23	élevée/high (2,93)	bonne/good (1,00)	D	+ 10 *	+ 13 *	+ 19 *	Urée 1,5	K 1 et 2 kg
Cameroun	suffisante sufficient (2,45)	très déficiente very deficient (0,63)	D	+ 3	+ 27 **	+ 17 *	Urée 0,5	K 1 kg

Les résultats obtenus suggèrent que lorsqu'on opère en conditions de déficience potassique sévère (CP 7), on obtient une réponse négative à N par diminution de K au niveau de l'absorption.

Lorsque l'alimentation potassique est normale (CP 14, CP 23) au départ, l'effet de KCl seul est influencé par les conditions de nutrition en Cl (réponse négative dans CP 14 où la teneur en Cl est excessive, positive dans CP 23 où elle est normale).

Le manque de réponse à N seul pourrait être dû au fait que la dose appliquée a été insuffisante, comme l'indiquent les résultats de CP 23 et du Cameroun.

The results obtained suggest that when working in conditions of severe potassium deficiency (CP 7), we obtain a negative response to N by reduction of K at absorption level.

When the potassic nutrition is normal (CP 14, CP 23) to start with, the effect of KCl is influenced by the chlorine nutrition conditions (negative response in CP 14 where the Cl level is excessive, positive in CP 23 where it is normal).

The lack of response to N alone could be due to the fact that the rate applied was insufficient, as the results of CP 23 and the Cameroun indicate.

TABLEAU VIII — TABLE VIII  
**Palmier à huile. Pépinières (1969) en sacs de plastique (Interaction NK, type C)**  
*Oil palm. Nurseries (1969) in polybags (NK interaction, Type C)*

Poids des feuilles (kg) — Leaf weight (kg)					
	N	(—)	Effet (a) Effect (a)	Observations	
K .....	3,28 (167)	2,10 (107)	1,18	Interaction positive significative.	Significant positive interaction.
(—).....	2,85 (145)	1,96 (100)	0,89	D. S. 1 % (a) : 0,24 **	S. D. 1 % (a) : 0,24 **
Effet — Effect .....	0,43	0,14		Interaction : 0,14 *	Interaction : 0,14 *
Teneur en potassium des feuilles — K level in leaves					
	N	(—)	Effet (a) Effect (a)	Observations	
K .....	1,51	1,37	0,14	Interaction négative très significative.	Very significant negative interaction.
(—).....	0,81	0,85	0,04	D. S. 1 % (a) : 0,114	S. D. 1 % (a) : 0,114
Effect — Effect .....	0,70	0,52		Interaction : 0,09 **	Interaction : 0,09 **
Teneur en azote des feuilles — N level in leaves					
N .....	3,05 (135)	K.....	2,64 (99)		
(—).....	2,26 (100)	(—).....	2,67 (100)		
Poids des racines (kg) — Root weight (kg)					
N .....	0,953 * (112)	K .....	0,919 (104)	Pas d'interaction significative.	No significant interaction.
(—).....	0,850 (100)	(—).....	0,884 (100)		
Côte-d'Ivoire, La Mé. Palmier à huile. Pépinière. N = urée. K = chlorure de potassium. Substrat = terreau végétal. Ivory Coast, La Mé. Oil palm. Nursery. N = Urea. K = Potassium chloride. Substrate = leaf mould.					

En pépinières, réalisées en sacs plastiques (donc à l'intérieur desquels tout le système racinaire est contenu), on peut observer sur le poids de matière verte (Tabl. VIII) des interactions NK de type C, l'interaction NK sur la teneur en K des feuilles étant de même nature que celle observée sur des palmiers adultes (effet dépressif de N en l'absence de K).

Les plants de palmiers ont alors un comportement physiologique proche de celui de n'importe quelle graminée, par exemple, chez lesquelles de semblables interactions sont classiques : il n'existe pas de stipe ou tronc qui joue un rôle important de mise en réserve des éléments fertilisants.

## II. — COCOTIER

Les tableaux IX, X et XI présentent les résultats de trois expériences réalisées au Dahomey et en Côte-d'Ivoire, sur sables quaternaires, et pour lesquelles les tendances sont très parallèles à celles trouvées sur le palmier à huile.

— **Sur les rendements** : effet dépressif important du sulfate d'ammoniaque utilisé seul, dans les trois expériences. Effet positif et significatif du sulfate d'ammoniaque en présence de potasse dans deux expériences. Ces trois interactions sont donc toutes de type B.

In nurseries conducted in plastic bags (where the whole root system is confined within the bag), NK interactions of Type C on the weight of the foliage can be observed (Table VIII), the N/K interaction on the K level in the leaves being of the same kind as that observed on adult palms (depressive effect of N in the absence of K).

The palm seedlings then behave physiologically much like any of the graminæ, for instance, where such interactions are habitual : there is no stipe or trunk playing the important role of stocking fertilizing elements.

## II. — COCONUT

Tables IX, X and XI give the results of three experiments carried out in Dahomey and the Ivory Coast on quaternary sands, and in which the tendencies are very comparable to those found in oil palm.

— **Yields** : strong depressive effect of ammonium sulphate used alone in all three experiments. Positive and significant effect of ammonium sulphate in the presence of potash in two experiments. These three interactions are therefore all of Type B ;



— Sur le plan économique, il faut près de 8 noix supplémentaires pour payer une fertilisation de 2 kg de sulfate d'ammoniaque par arbre. Seul, le résultat de l'expérience du tableau IX présente donc un intérêt pratique.

— From the economic point of view, it is necessary to obtain nearly 8 extra nuts to pay for a manuring of 2 kg ammonium sulphate/tree. The result of the experiment in Table IX is therefore the only one of practical interest.

TABLEAU IX — TABLE IX  
Cocotier. Interaction NK (Interaction type B)  
Coconut. NK interaction (Type B interaction)

		K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	Observations	
Production en nombre de noix/arbre/an Yield in no. of nuts/tree/year 1960-61 à 1965-66	N <sub>0</sub>	41,9	50,6	51,1	64,5	Interaction NK positive et significative au niveau de K <sub>2</sub> . N seul déprime le rendement. Effet positif de N en présence de K. D. S. 5 % : 18,0 1 % : 25,8	Positive and significant NK interaction at K <sub>2</sub> level. N alone depresses yield. Positive effect of N in presence of K. S. D. 5 % : 18,0 1 % : 25,8
	N <sub>1</sub>	27,9	57,0	65,4	67,9		
Effect de N Effect of N		-14,0	+ 6,4	+ 14,3	+ 3,4		
Moyenne K Mean K		34,9	53,8 *	58,3 *	66,2 **		
Teneur des feuilles en N (N <sub>c</sub> ± 2,0) (1966) Leaf N levels (N <sub>c</sub> ± 2,0) (1966)	N <sub>0</sub>	1,57	1,63	1,62	1,68	K et N augmentent N D. S. 5 % : 0,16	K and N increase N S. D. 5 % : 0,16
	N <sub>1</sub>	1,64	1,85	1,82	1,82		
Teneur des feuilles en K (K <sub>c</sub> ± 0,800) (1966) Leaf K levels (K <sub>c</sub> ± 0,800) (1966)	N <sub>0</sub>	0,175	0,414	0,789	0,899	N déprime fortement K D. S. 5 % : 0,450	N strongly depresses K S. D. 5 % : 0,450
	N <sub>1</sub>	0,144	0,323	0,435	0,659		
Teneur des feuilles en Mg (Mg <sub>c</sub> ± 0,260) (1966) Leaf Mg levels (Mg <sub>c</sub> ± 0,260) (1966)	N <sub>0</sub>	0,582	0,373	0,318	0,321	Acheminement vers un meilleur équilibre K/Mg sous l'effet de N et des doses croissantes de K.	Evolution towards a better K/Mg balance under the effect of N and increasing rates of K.
	N <sub>1</sub>	0,457	0,299	0,275	0,257		

Côte-d'Ivoire, Port-Bouët. Cocotier. Sols : sables quaternaires. Plantation de 40 ans. Expérience commencée en 1952. N = Sulfate d'ammoniaque, 2 kg/arbre. K = Chlorure de potassium 0,5, 1 et 1,5 kg puis 0,75, 1,5 et 2,25 à partir de 1963.  
Ivory Coast, Port-Bouët. Cocotier. Soils : quaternary sands. 40 year old plantation. Experiment begun in 1952. N = Ammonium sulphate, 2 kg/tree. K = Potassium chloride, 0,5, 1,0 and 1,5 kg, then 0,75, 1,5 and 2,25 kg from 1963 on.

TABLEAU X — TABLE X  
Cocotier. Interaction NK (Interaction type B)  
Coconut. NK interaction (Type B interaction)

		N	(—)	Effet de N Effect of N	Observations	
Coprah/arbre — Copra/tree (1961-1962)	K	5,66	6,06	- 0,40	Effet nul de N. Effet dépressif de N.	Nil effect of N. Depressive effect of N.
	(—)	1,38	1,96	- 0,58		
Coprah/arbre — Copra/tree (1966-67 à 1969-70)	K	13,2	13,4		Effet dépressif de N seul.	Depressive effect of N.
	(—)	10,5	12,6			
Teneur en K des feuilles (1962) K leaf level (1962)	K	0,591	0,587		Effet dépressif de N sur les teneurs en K.	Depressive effect of N on K levels.
	(—)	0,185	0,201			
Teneur en K des feuilles (1972) K leaf level (1972)	N	0,856 *	K 0,904			
	(—)	0,949	(—) 0,901			

Côte-d'Ivoire, Port-Bouët. Cocotier (CC 3).  
Sols : sables quaternaires. Plantation 1954. Expérience commencée en 1954.  
N : 0,750 kg. K : Doses croissantes jusqu'à 2 kg avec l'âge. (—) : Rien jusqu'en 1962, puis mêmes doses que K.  
Ivory Coast, Port-Bouët. Coconut (CC 3).  
Soils : quaternary sands. Planted 1954. Experiment begun in 1954.  
N : 0,750 kg. K : Rates increasing with age, up to 2 kg. (—) : Nothing up to 1962, then same rates as K.

TABLEAU XI — TABLE XI  
**Cocotier. Interaction NK (Interaction type B)**  
**Coconut. NK interaction (Type B interaction)**

Nombre de noix par arbre — No of nuts per tree							
	1957-58 à 1960-61		1961-62 à 1964-65		1967-68 à 1971-72		Observations
	N	(—)	N	(—)	N	(—)	
K (—)	51,3 (271)	45,5 (241)	K 53,1 (279)	44,8 (236)	K 56,0 (329)	48,6 (286)	Interaction positive. L'effet de l'azote utilisé seul devient dépressif au fur et à mesure des années. Effet positif de l'azote en présence de K. <i>Positive interaction. The effect of N used alone becomes depressive in the course of time. Positive effect of N in presence of K.</i>
D. S. 5 %	9,0 *	13,9 (100)	(—) 13,9 ( 73)	19,0 (100)	(—) 9,9 ( 58)	17,0 (100)	
1 %	12,3 **		7,4 *		8,4 *		
			10,1 **		11,5 **		
Coprax par noix — Copra per nut							
	1957-58 à 1960-61		1961-62 à 1964-65				Pas d'interaction significative. <i>No significant interaction.</i>
	N	(—)	N	(—)			
K (—)	169 (117)	173 (119)	K 182 (112)	186 (115)			
D. S. 5 %	149 (103)	145 (100)	(—) 161 ( 99)	162 (100)			
1 %	7 *		9 *				
	9 **		12 **				
Teneur en potassium des feuilles (1971) — K leaf levels							
K (—)	N	(—)	D. S. 5 %				Teneur excessive en K avec K seul (niveau critique ± 0,8). <i>Excessive K content with K alone (critical level ± 0.8).</i>
	0,958	1,122	1 %	0,131 *			
	0,199	0,182	1 %	0,179 **			
Teneur en azote des feuilles (1971) — N leaf levels							
K (—)	N	(—)	D. S. 5 %				
	2,17	2,04	1 %	0,11 *			
	2,28	1,99	1 %	0,15 **			

Dahomey, Semé-Podji, Cocotier. Sols : sables quaternaires. Plantation de 40 ans. Expérience commencée en 1952.  
 N = Sulfate d'ammonium, 1,5 kg. K = Chlorure de potassium, 1,5 kg.  
 Dahomey, Semé-Podji, Coconut. Soils : quaternary sands. 40 year old plantation. Experiment begun in 1952.  
 N = Ammonium sulphate, 1,5 kg. K = Potassium chloride, 1,5 kg.

On observe encore un accroissement des teneurs en N des feuilles par l'application de N ou de K, ainsi qu'une diminution des teneurs en K des feuilles par application de sulfate d'ammoniaque.

L'analyse de quatre autres expériences réalisées dans des conditions assez diverses :

- sols sableux à Rangiroa (Polynésie),
- sols coralliens aux Nouvelles-Hébrides,
- sables quaternaires au Dahomey,

montre l'existence d'interactions de type C, pour lesquelles l'effet de la potasse appliquée seule est l'élément le plus important. L'application supplémentaire d'azote soit n'apporte rien soit couvre à peine les frais de la fumure.

Au Mozambique (Fig. 1) où les réponses les plus importantes à N ont été obtenues, atteignant jusqu'à 40 p. 100, un effet secondaire de K existe, sans que l'on trouve d'interaction jusqu'au niveau de 2 kg de sulfate d'ammoniaque. Lorsque la dose de sulfate d'ammoniaque atteint 3 kg, une interaction NK se manifeste (type C). A l'image des expériences

Again, an increase in the N leaf levels through the application of N or K is observed, as well as a reduction in the K leaf levels as a result of the application of ammonium sulphate.

The analysis of four other experiments carried out in fairly varied conditions :

- sandy soils in Rangiroa (Polynesia),
- coral soils in the New Hebrides,
- quaternary sands in Dahomey,

shows the existence of Type C interactions, in which the effect of potash applied alone is the most important element. An extra application of N either brings no return or barely covers the cost of fertilizer.

In Mozambique (Fig. 1), where the largest responses to N have been obtained, attaining up to 40 p. 100, there is a secondary effect of K, without any interaction up to the rate of 2 kg ammonium sulphate being found. When the ammonium sulphate rate reaches 3 kg, an N/K interaction appears (Type C). In the likeness of the experiments on oil palm which we have studied,

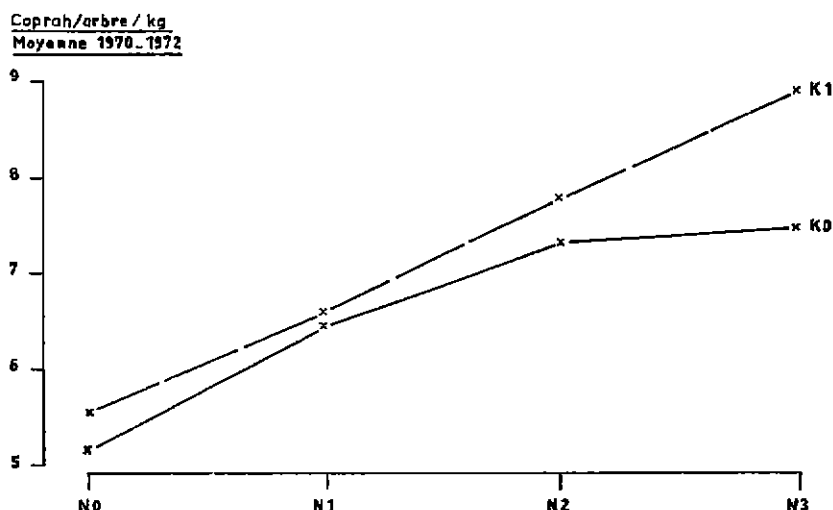


FIG. 1. — Cocotier (Mozambique). Interaction NK/Coconut (Mozambique). NK interaction  
 Coprah/arbre/kg = Copra/tree/kg Moyenne 1970-1972 = Mean 1970-1972.

que nous avons étudiées sur le palmier, il est possible que nous ayons intérêt à explorer les courbes de réponse pour des doses plus élevées d'azote.

Deux kg d'engrais supplémentaires (1 de sulfate d'ammoniaque et 1 de chlorure de potassium d'un coût total de 40 F) sont nécessaires pour provoquer l'interaction NK observée au niveau de 3 kg de sulfate d'ammoniaque. La différence de rendement  $N_3K_1$  et  $N_2K_0$ , soit 1,6 kg de coprah par arbre, représente environ 60 F.

Notons que ces expériences de la première génération ont été réalisées sur un matériel tout venant dont le potentiel est compris entre 2 et 3 t de coprah/ha au maximum.

Sur jeunes plantations hybrides (CC 16, Port-Bouët), on note actuellement des effets favorables de N sur le développement : ces plantations (non en production) ont un potentiel compris entre 5 et 6 t de coprah/ha.

**CC 16. — Matériel hybride (1972, Plantation 1970)**

Circonférence au collet en cm :

$K_0$	73 (100)	$Mg_0$	82 (100)	$N_0$	83 (100)
$K_1$	91 ** (125)	$Mg_1$	88 (107) *	$N_1$	88 (106) *
$K_2$	92 ** (125)	$Mg_2$	87 (106) *		

L'importance de l'effet observé, de 6 p. 100 pour N, est sensiblement égal à celui de Mg et représente le quart environ de celui observé avec K, ce qui peut laisser espérer une interaction au niveau de la production mais qui n'existe pas au niveau de la croissance.

A la génération antérieure, l'essai de Port-Bouët (CC 3 planté en 1954) qui fait l'objet du tableau X, avait montré au contraire un effet dépressif de N appliqué seul.

Longueur des feuilles en cm :

	N	(—)
K .....	254 (109)	259 (110)
(—) .....	210 (94)	234 (100)

Il est possible que l'intensification du potentiel par voie génétique conduise à des besoins plus importants en N, modifiant même le sens des réponses.

it is possible that it would be of interest to explore the response curves for higher rates of N.

An extra 2 kg of fertilizer (1 kg ammonium sulphate and 1 kg potassium chloride for a total cost of 40 F) are required to provoke the N/K interaction observed with 3 kg ammonium sulphate. The difference in yield between  $N_3K_1$  and  $N_2K_0$ , or 1.6 kg/copra/tree, represents about 60 F.

It should be noted that this first generation of experiments has been carried out on random material whose potential is between 2 and 3 tons/copra at the outmost.

On young hybrid plantations (CC 16, Port-Bouët) favourable effects of N on development are now being noted : these plantations (not yet in bearing) have a potential of 5 to 6 tons/copra/ha.

**CC 16. — Hybrid Material (1972, Planting 1970)**

Girth at root bulb (in cm) :

$K_0$	73 (100)	$Mg_0$	82 (100)	$N_0$	83 (100)
$K_1$	91 ** (125)	$Mg_1$	88 (107) *	$N_1$	88 (106) *
$K_2$	92 ** (125)	$Mg_2$	87 (106) *		

The degree of effect observed for N — 6 p. 100 — is appreciably the same as that for Mg, and about a quarter of that produced by K, which leaves room for hope of an interaction at yield level although it does not exist at growth level.

In the previous generation, the Port-Bouët trial (CC 3 planted in 1954) which is the subject of Table X, showed, on the contrary, a depressive effect of N applied alone.

Length of leaves (in cm) :

	N	(—)
K .....	254 (109)	259 (110)
(—) .....	210 (94)	234 (100)

It is possible that the improvement of yield potential by genetic means will lead to a greater need for N, even modifying the sense of the responses.

## III. — ARACHIDE

Au Sénégal, l'analyse de plus d'une centaine d'essais factoriels réalisés par l'I. R. H. O. a apporté extrêmement peu de cas d'interactions NK significatives.

Il y a à cela deux raisons principales :

— l'arachide étant une légumineuse, les réponses à N sont rares et principalement localisées dans le Nord du pays où, par ailleurs, les réponses à K sont nulles, même en année peu pluvieuse où K aurait pu jouer un rôle dans la résistance à la sécheresse ;

— les carences de K sont localisées essentiellement dans le centre et le Siné-Saloum où les réponses à N sont faibles.

Un des essais les plus caractéristiques est celui de K. Demba Anta réalisé en 1959 dont les résultats figurent au tableau XII.

On observe une interaction NK sur les rendements, plus forts avec soufre que sans soufre, en raison de l'existence d'une autre interaction SK.

## III. — GROUNDNUTS

*In Senegal, the analysis of more than 100 trials carried out by the I. R. H. O. produced very few cases of significant N/K interactions.*

*There are two main reasons for this :*

*— the groundnut being a legume, responses to N are rare and localized principally in the north of the country where, moreover, responses to K are nil even in a year of low rainfall when K could have played a role in drought resistance ;*

*— K deficiencies are concentrated mainly in the centre and the Sine-Saloum, where responses to N are small.*

*One of the most characteristic trials is that for K, at Demba Anta, carried out in 1959, the results of which are given in Table XII.*

*An N/K interaction on yields is observed, stronger with than without sulphur because of the existence of another interaction, S/K.*

TABLEAU XII — TABLE XII

## Sénégal. Arachide. Rendement en gousses (kg/ha)

## Senegal. Groundnuts. Yield in pods (kg/ha)

Sous-parcelles sans soufre — Sub-plots without sulphur			
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
N <sub>0</sub> .....	810	1 180	1 000
N <sub>1</sub> .....	933	1 250	1 270
N <sub>2</sub> .....	933	1 220	1 310
D. S. 5 % : 176 *, 1 % : 243 **			
Sous-parcelles avec soufre — Sub-plots with sulphur			
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
N <sub>0</sub> .....	861	1 240	1 340
N <sub>1</sub> .....	1 010	1 320	1 500
N <sub>2</sub> .....	833	1 340	1 640
D. S. 5 % : 176 *, 1 % : 243 **			
N = Nitrate d'ammoniaque 0,40 et 80 kg/ha. K = Chlorure de potassium 0,20 et 40 kg/ha. N = Ammonium nitrate 0,40 and 80 kg/ha. K = Potassium chloride 0,20 and 40 kg/ha.			

## DISCUSSION

La majorité des expériences réalisées par l'I. R. H. O. en Afrique de l'Ouest, sur le palmier à huile et le cocotier, montre une déficience principale en K et des réponses faibles à N.

L'utilisation de N, en plus de K qui est nécessaire, apporte rarement des suppléments de rendement intéressants sur le plan économique.

Les effets les plus importants de N dans le domaine de la rentabilité ont, par ailleurs, été obtenus au Mozambique, sur le cocotier (accroissements de rendements atteignant 40 p. 100) et même dans ce cas l'interaction NK n'a pas un intérêt économique très grand.

## DISCUSSION

*The majority of experiments carried out by the I. R. H. O. in West Africa on oil palm and coconut show a main deficiency in K and poor responses to N.*

*The use of N, over and above the necessary K, rarely leads to yield gains which are of interest from an economic point of view.*

*Furthermore, the most important effects of N as regards profitability have been obtained in Mozambique on the coconut (yield increases attaining 40 p. 100), and even in this case the N/K interaction is not of great economic advantage.*

En Afrique de l'Ouest, et notamment en Côte-d'Ivoire, au Cameroun et au Dahomey, les teneurs en N des feuilles des plantations adultes de palmiers se maintiennent au-dessus du niveau critique ( $\pm 2,50$  p. 100) sans apport de N, et les rendements à l'âge adulte restent stables, sans manifester de tendance nette à la baisse avec le vieillissement des arbres. Il en va tout différemment en Indonésie, par exemple, où l'on observe sur les plantations de douze à vingt ans des teneurs en N comprises entre 2 et 2,30 p. 100, bien que les sols puissent être considérés comme meilleurs.

Palmier à huile et cocotier sont normalement cultivés en association avec une légumineuse de couverture, généralement plus pure et plus vigoureuse qu'en Extrême-Orient. Ceci expliquerait que les réponses à N sont parfois importantes en Extrême-Orient (Malaisie ou Indonésie) alors qu'elles sont faibles ou nulles en Afrique.

Par ailleurs, il convient de noter que la majorité des plantations industrielles de palmier à huile de Côte-d'Ivoire est établie sur forêt primaire alors qu'en Malaisie et en Indonésie, on est souvent en deuxième ou troisième génération de culture sur le même terrain. Il est donc possible que les besoins en N s'accroissent ultérieurement en Afrique de l'Ouest lorsqu'on abordera la phase de replantation.

Les difficultés d'établissement d'un bilan de l'azote ont été discutées par Ollagnier, Ochs et Martin (1970).

L'absence d'interaction NK importante réside donc dans le fait que pour l'instant on n'observe pas d'effet principal N important, l'alimentation azotée étant en général suffisante.

Toutefois, pour l'avenir, nous aurions intérêt

— à étudier le remplacement des formes ammonia-

*In West Africa, and in particular in the Ivory Coast, the Camerouns and Dahomey, the N leaf levels of adult palm plantations keeps above the critical level ( $\pm 2.50$  p. 100) without N applications, and yields at maturity remain stable, without showing a marked tendency to fall as the trees age. Things are quite different in Indonesia, for example, where in 12 to 20-year-old plantations we find N levels of between 2 and 2.30 p. 100, although the soils may be considered better.*

*Oil palm and coconut are usually grown in association with a leguminous cover plant, generally purer and more vigorous than in the Far East. This would explain why responses to N are sometimes considerable in the Far East (Malaysia or Indonesia) whilst they are small to nil in Africa.*

*Elsewhere, it should be noted that the majority of industrial oil palm plantations in the Ivory Coast is established on primary forest, whereas in Malaysia and Indonesia they are often the second or third generation of crops on the same land. It is thus possible that N requirements will increase subsequently in West Africa when the replanting stage is reached.*

*The difficulties of drawing a nitrogen balance have been discussed by Ollagnier, Ochs and Martin (1970).*

*The absence of a strong N/K interaction is due, therefore, to the fact that for the moment no considerable main effect of N is found, the nitrogen nutrition being sufficient in general.*

*However, in the future we would do well.*

*— to study the replacement of the ammoniacal forms*

TABLEAU XIII — TABLE XIII

## Acides aminés libres (en mg pour 100 grammes de matière fraîche)

Free amino-acids (in mg per 100 g of fresh weight)

	Palmier à huile — <i>Palm oil</i>				Cocotier — <i>Coconut</i>	
	Côte-d'Ivoire <i>Ivory Coast</i> Dabou (CP 13)		Côte-d'Ivoire <i>Ivory Coast</i> La Mé (CP 7)		Côte-d'Ivoire <i>Ivory Coast</i> Port-Bouët (CC 16)	
	K		K		K	
N % K %	Déficient 2,67 0,554	Normal 2,81 0,962	Très-Very Déficient 2,35 0,340	Déficient 2,85 0,519	Très-Very Déficient 2,28 0,79	Normal 1,97 2,15
Acide aspartique .....	19,7	13,2	6,8	8,4	11,6	8,0
Thréonine .....	4,5	3,3	1,6	1,5	1,4	0
Sérine .....	12,3	8,5	5,8	5,0	2,3	1,7
Acide glutamique .....	16,5	12,3	8,8	11,1	25,1	12,2
Proline .....	5,5	4,1	2,1	1,3	5,5	0
Glycine .....	5,1	3,5	2,3	2,8	3,0	2,5
Alanine .....	21,7	24,5	5,5	5,1	3,8	2,3
Valine .....	3,4	3,0	1,0	0,7	1,1	1,0
Cystine .....	2,7	2,8	5,0	5,8	1,8	1,1
Méthionine .....	0,6	0,3	0,5	0	4,6	3,0
Isoleucine .....	2,1	1,2	0,3	0,3	1,0	1,0
Leucine .....	3,5	2,0	1,3	1,2	1,0	1,0
Tyrosine .....	3,9	3,1	3,9	3,0	0	0
Phénylalanine .....	4,0	2,5	0,8	1,5	1,0	0
Lysine .....	3,3	3,2	1,3	1,0	1,7	0
Arginine .....	4,4	1,4	3,0	0,7	2,6	0
Total .....	113,0	89,0	50,0	49,4	67,5	31,8
N lié aux protéines <i>N linked to proteins</i>					1,10 %	1,06 %



cales de N par des formes nitriques pour éviter, éventuellement, un antagonisme entre  $\text{NH}_4$  et K au niveau de l'absorption ;

— à accroître les doses de N utilisées, au moins dans les expérimentations.

La faiblesse des interactions entre N et K est également observée dans des études commencées récemment à l'I. R. H. O. sur la caractérisation des conséquences des principales déficiences en éléments majeurs sur les contenus en acides aminés libres des feuilles (Tabl. XIII).

Nos concentrations en acides aminés libres sont environ dix fois inférieures à celles trouvées par Nowakowski (1971) opérant sur ray-grass cultivé sur un sol dont le contenu en K échangeable est comparable à celui des sols de La Mé (40 p. p. m. en K échangeable).

Alors que Nowakowski obtient une diminution de 90 p. 100 des quantités d'acides aminés libres par l'application de traitements K, Na ou K + Na, nous obtenons dans nos travaux des variations qui sont bien dans le sens généralement signalé par les auteurs : accroissement des quantités d'acides aminés libres en conditions de carence potassique et, en particulier, d'arginine, mais les variations observées sont beaucoup plus faibles, parfois nulles.

Par ailleurs, de profondes déficiences en N et en P ont parfois peu de répercussions sur les contenus en acides aminés libres et sur les acides aminés liés aux protéines. Ainsi par exemple :

	Déficiência NP	Traitement P
<i>Brésil :</i>		
p. 100 N .....	2,13	2,48
p. 100 P .....	0,114	0,164
p. 100 K .....	1,00	0,86
Acides aminés libres mg/100 M. S. ....	60	60
Acides aminés liés aux protéines en p. 100 de M. S. ....	20,2	20,4

On peut provisoirement émettre l'hypothèse que chez le palmier à huile et le cocotier, la stabilité du métabolisme serait plus grande que chez d'autres plantes, les différences observées à ce niveau étant plus faibles que ne le laisseraient supposer celles observées sur l'analyse des éléments minéraux.

## CONCLUSIONS

1. — L'absence d'interaction suffisamment nette (type C) pour justifier l'association des deux éléments dans la pratique courante proviendrait donc, d'une part, de la rareté des déficiences en N et, d'autre part, de la faiblesse de l'incidence de K sur le métabolisme de l'azote.

2. — On trouve une fréquence élevée d'interactions de type B où

N seul dépressif,  
NK égal ou supérieur à K,

que l'on peut expliquer, d'une part, parce que K est le premier facteur limitant, d'autre part, par un antagonisme des ions  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{K}^+$  qui nous invite à orienter les recherches vers l'utilisation des formes nitrates

of N by the nitric forms, to avoid an eventual antagonism between  $\text{NH}_4$  and K at absorption level ;

— to increase the N rates used, at least in experimentation.

The weakness of the interactions between N and K has also been observed in the studies recently begun by the I. R. H. O. on the determination of the consequences of the main major element deficiencies for the free aminoacid contents of the leaves (Table XIII).

Our concentrations of free amino-acids are about ten times less than those found by Nowakowski (1971) working on rye-grass grown in soil with an exchangeable K content comparable to that of La Mé soils (40 p. p. m. exchangeable K).

Although Nowakowski obtains a 90 p. 100 reduction of the quantities of free amino-acids through the application of K, Na or K + Na treatments, in our own research we get variations in the same sense generally reported by the authors : increase in the quantities of free amino-acids in conditions of potassic deficiency, in particular of arginine ; but the variations observed are much smaller, sometimes nil.

In other respects, severe N and P deficiencies sometimes have few repercussions on the free amino-acid contents and on the amino-acids related to proteins. For example :

	Deficiency NP	Treatment P
<i>Brazil :</i>		
p. 100 N .....	2 13	2 48
p. 100 P .....	0 114	0 164
p. 100 K .....	1 00	0 86
Free amino-acids mg/100 g dry matter .....	60	60
Amino-acids related to proteins, in p. 100/d. m. ....	20.2	20.4

Provisionally, one can emit the hypothesis that in the oil palm and the coconut the metabolic stability is greater than in other plants, differences observed at this level being smaller than those observed in the analysis of the mineral elements would lead one to expect.

## CONCLUSIONS

1. — The absence of a sufficiently pronounced interaction (Type C) to justify the association of both elements in current practice is due on the one hand to the scarcity of N deficiencies and on the other to the small influence of K on the nitrogen metabolism.

2. — A large number of Type B interactions is found with

N alone depressive,  
NK equal or superior to K,

which can be explained partly because K is the first limiting factor, and partly by an antagonism of the  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{K}^+$  ions which induces us to direct research towards the use of the nitrate forms which, by reducing

qui, en réduisant l'antagonisme au niveau de l'absorption, pourraient conduire à des interactions économiques de type C.

Des interactions de ce type sont tout à fait conformes à celles citées par Munson (1970) qui décrit des fonctions rendement/concentration en N présentant un maximum pour des concentrations moyennes en N et des doses faibles de K, et des fonctions de tendance asymptotiques dont le niveau s'élève lorsque la dose de K utilisée s'accroît.

Selon la position de l'origine (état de richesse plus ou moins grand du témoin en N et en K) et les quantités expérimentées, on trouve alors des interactions de type différent.

3. — On peut penser que l'utilisation de végétaux de type nouveau (hybrides Nain × Grand pour le cocotier, par exemple), d'un potentiel très supérieur, provoquera des besoins en N très accrus et que pourront alors être mises en évidence des interactions de type C.

4. — Nos travaux montrent enfin l'existence d'interactions négatives qui s'expliquent par l'intervention d'un troisième facteur (Mg au Cameroun, par exemple).

L'étude préliminaire de l'influence des déficiences sur les teneurs des feuilles en acides aminés libres et en azote lié aux protéines des feuilles laisse entrevoir des possibilités d'améliorer nos connaissances sur les interactions. Mais naturellement, c'est aussi à d'autres niveaux que devront porter nos investigations étant donné le rôle complexe joué par le potassium dans les synthèses organiques.

*the antagonism at absorption level, could lead to economic interactions of Type C.*

*Interactions of this type are altogether in accordance with those reported by Munson (1970), who describes yield/nitrogen concentration functions presenting a maximum for medium concentrations of N and low rates of K, and functions of asymptotic tendency whose level rises when the K rate is increased.*

*According to the original situation (the control more or less rich in N and K) and the quantities experimented, different types of interaction are found.*

*3. — There is reason for thinking that the use of new types of planting material (Dwarf × Tall hybrids for the coconut, for example) would lead to greatly increased N requirements, and that in this case Type C interactions will come to light.*

*4. — Finally, our research has shown the existence of negative interactions which can be explained by the intervention of a third factor (e. g. Mg in the Cameroons).*

*The preliminary study of the influence of deficiencies on the free amino-acid and protein-linked N contents in the leaves gives hope for the improvement of our knowledge of interactions. But of course our investigations must be pursued at other levels, given the complex role played by potassium in organic syntheses.*

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- GARAUDAUX J. et CHEVALIER H. (1967). — *Etude des interactions entre azote et potasse* (réalisées à la station agronomique d'Aspach-le-Bas, Haut-Rhin, de 1951 à 1964), Société Commerciale des Potasses d'Alsace, Mulhouse, 221 p.
- HEATHCOTE R. C. (1972). — Fertilisation potassique dans la zone des savanes du Nigéria. *Rev. Potasse*, 16/57, 8 p.
- MUNSON R. D. (1970). — L'équilibre N-K. Une appréciation. *Rev. Potasse*, 16/50, 24 p.
- NOWAKOWSKI T. Z. (1971). — Effects of potassium and sodium on the contents of soluble carbohydrates and nitrogenous compounds in grass. In : *Potassium in biochemistry and physiology*, International Potash Institute, Berne, p. 45-49.
- OLLAGNIER M. et OCHS R. (1971) (*bilingue français-anglais*). — La nutrition en chlore du palmier à huile et du cocotier. *Oléagineux*, 26, N° 6, p. 367-372.
- OLLAGNIER M. et OCHS R. (1972) (*bilingue français-anglais*). — Les déficiences en soufre du palmier à huile et du cocotier. *Oléagineux*, 27, N° 4, p. 193-198.
- OLLAGNIER M., OCHS R. et MARTIN G. (1970). — La fumure du palmier à huile dans le monde. *Fertilité*, N° 36, p. 3-64.
- PATERSON E. C. (1970). — Les aspects économiques de la fumure du palmier à huile. *Oléagineux*, 25, N° 5, p. 255-263.
- SOUTHERN P. J. (1969). — Sulphur deficiency in coconuts. *Oléagineux*, 24, N° 4, p. 211-220.
- VON UEXKULL H. R. (1972) (*bilingue anglais-français*). — Response of coconuts to (potassium) chloride in the Philippines. *Oléagineux*, 27, N° 1, p. 13-19.

