

Etude de la fertilisation et de la régénération des sols dans le cas d'une replantation de cocotiers

M. POMIER (1) et G. de TAFFIN (2)

Résumé. — Cet article fait le bilan de deux expériences de replantation en hybrides PB-121 d'une vieille cocoteraie située sur sable quaternaire côtier naturellement très pauvre et dont la fertilité a encore baissé du fait d'une longue monoculture. Les carences azotées, extrêmement sévères, constituent le premier facteur limitant. On peut les corriger par un apport d'engrais tout au long de la vie de l'arbre ou par l'implantation, assez difficile à réaliser, d'une légumineuse de couverture fixatrice d'azote. La fertilisation et les techniques culturales rééquilibrent la nutrition minérale et rendent possibles les opérations de renouvellement de la cocoteraie. Les rendements obtenus les premières années de production sont toutefois inférieurs à ceux obtenus sur défrichement. Le potentiel réel ne sera connu qu'après quelques années d'observations supplémentaires.

I. — INTRODUCTION

Cet article fait le bilan de deux expériences de replantation de cocoteraies âgées, conduites dans la zone littorale du Sud-Est de la Côte-d'Ivoire, à quelques kilomètres de la Station Marc-Delorme. Il existe en effet dans cette région quelque 6 000 ha de cocoteraies familiales dont la productivité est très basse du fait de la faible valeur génétique des arbres (GOA tout-venant), de leur âge (plus de 50 ans) et du manque d'entretien qui est la règle quasi générale.

Ces plantations peuvent être avantageusement remplacées par des hybrides type PB-121, plus précoces et plus productifs que le cocotier GOA [Sangaré *et al.*, 1980]. Cet hybride est également assez tolérant à la sécheresse [Pomier *et al.*, 1982] et aux attaques d'*Aceria (Eriophyes guerreronis)*, acarien parasite des noix qui affecte sérieusement depuis 1975 la cocoteraie ivoirienne plantée en matériel local [Julia *et al.*, 1979].

Ces vieilles cocoteraies sont plantées sur des sables quaternaires, déjà très pauvres naturellement, et dont la fertilité a encore baissé du fait d'une longue monoculture, de l'absence de fertilisation et de pratiques culturales souvent très défavorables comme les plantations intercalaires de manioc ou l'enlèvement systématique par les villageois des résidus végétaux, feuilles et bourres.

Il s'est donc avéré indispensable, avant la mise en œuvre d'un programme général de replantation de ces cocoteraies, d'étudier les problèmes spécifiques qui se posent en matière de fertilisation et les problèmes de régénération des sols.

II. — CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

1. Situation.

Les essais ont été menés à 5 km à l'Est de la Station Marc-Delorme, en bordure de la route Abidjan-Grand

Bassam, chez un planteur privé (Fig. 1), et sur une replantation d'une vieille cocoteraie âgée de 40 ans, constituée de cocotiers GOA tout-venant, ne recevant pas d'engrais. La productivité de ces arbres était faible, de l'ordre de 300 kg de coprah/ha/an.

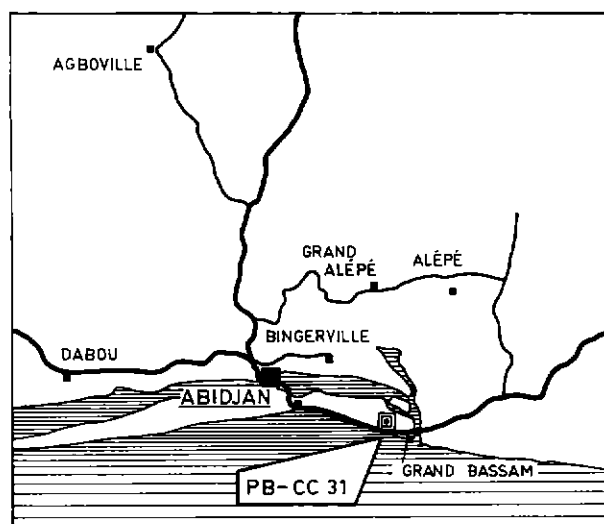


FIG. 1.

2. Les sols.

Il s'agit de sables quaternaires marins (99,4 p. 100 de sables grossiers entre 0 et 50 cm), très pauvres en cations échangeables et à capacité d'échange très faible (CEC 1,8 meq/100 g entre 0 et 20 cm).

Le domaine d'eau disponible de ces sables grossiers est faible (estimé à moins de 100 mm d'équivalent pluie entre 0 et 2 m de profondeur).

3. Climat.

Les données climatiques déjà présentées par Sangaré et Rognon [1] correspondent aux conditions de l'expérimen-

(1) Service Agronomie de l'I.R.H.O., Station Cocotier Marc-Delorme 07 BP 13 Abidjan 07 (Côte-d'Ivoire).

(2) Directeur de la Station Cocotier Marc-Delorme

tation (Tabl. I). La pluviométrie moyenne pour les 10 dernières années n'a été que de 1 850 mm, et certaines années ont eu un déficit hydrique élevé (1976-1977-1980) consécutif à une mauvaise répartition des pluies.

La nappe phréatique d'eau douce en charge entre le réseau lagunaire et l'océan se situe entre trois et cinq mètres de profondeur.

TABLEAU I. — **Pluviométrie et déficit hydrique de la Station Marc-Delorme**

(*Rainfall and water deficit of the Marc-Delorme station*)

Année (Year)	Pluviométrie totale (mm) (Total rainfall)	Déficit hydrique (mm) (*) (Water deficit)
1972	1 525	437
1973	1 880	377
1974	2 180	148
1975	1 680	431
1976	2 661	579
1977	1 249	678
1978	1 407	401
1979	1 978	270
1980	1 514	639
1981	1 866	482
Moyenne sur 10 ans (10-year average)	1 844	444

(*) La réserve du sol est estimée à 100 mm (*Soil reserve estimated at 100 mm*).

4. Matériel végétal.

Les expériences ont été plantées avec de l'hybride PB-121 obtenu par pollinisation assistée sur les champs semenciers de la Station Marc-Delorme.

5. Protocoles d'expériences.

PB-CC 31

Expérience de fumure plantée en 1974 suivant un dispositif factoriel $N^4 Mg^4 K^2$ comportant 4 blocs de 8 parcelles. La parcelle expérimentale est constituée de 49 cocotiers (7 lignes de 7 arbres) dont 25 utiles.

La densité de plantation est de 160 arbres à l'hectare (8,5 m en triangle). Avant la replantation tous les stipes de vieux cocotiers ont été brûlés en fosses hors des limites de l'expérience [Coomans, 4].

Les épandages d'engrais ont été réalisés manuellement en couronne autour des cocotiers selon les doses données au tableau II.

On a utilisé les formes d'engrais habituelles :

N : — sulfate d'ammoniaque à 21 p. 100 de N jusqu'en 1979,

— urée à 46 p. 100 de N à partir de 1980 ;

P : — phosphate tricalcique à 33 p. 100 de P_2O_5 jusqu'en 1979,

— superphosphate simple à 18 p. 100 de P_2O_5 à partir de 1980.

Il est à signaler que pour chaque type d'engrais il n'y a pas de témoin 0 (sauf pour N pendant les deux premières années).

TABLEAU II. — **PB-CC 31 — Fumures appliquées en g/arbre/an**

(*Manuring applied in g/tree/year*)

Année d'épandage (Year of spreading)	Niveaux (Levels) 1			P Dose commune (Common rate)
	N1	Mg1	K1	
1974	0	100	300	200
1975	0	200	500	400
1976	400	300	900	600
1977	500	400	1 200	1 000
1978	500	400	1 200	1 000
1979	500	500	1 500	1 000
1980	250(urée- urea)	500	1 500	1 000

— 1974 N2 = 300 g N3 = 600 g N4 = 900 g ;

— 1975 N2 = 400 g N3 = 800 g N4 = 1 200 g.

— Pour toutes les autres années : les doses 2-3-4 de N et Mg se déduisent des doses 1 en multipliant celles-ci par les coefficients 2, 3 et 4 ; par ailleurs K2 est égal à deux fois la dose K1 (*For all other years : rates 2-3-4 of N and Mg are calculated from rates 1 by multiplying the latter by coefficients 2, 3 and 4. K2 is equal to twice the K1 rate*).

La couverture végétale est constituée par un recrû herbacé à base de graminée rabattue 3-4 fois par an au gyrobroyeur.

PB-ES 94

Cet essai, planté en 1973, étudie l'intérêt de la réimplantation d'une légumineuse de couverture (*Pueraria javanica*) par rapport à une conduite en sol nu, ou au rabattage simple du recrû naturel suivant un dispositif en blocs de Fisher à 3 objets répétés 5 fois.

Les objets sont :

- sol nu (disquage 3-4 fois/an en moyenne),
- recrû naturel rabattu régulièrement au gyrobroyeur,
- légumineuse (*Pueraria javanica*).

La parcelle expérimentale comporte 4 lignes de 30 cocotiers dont 56 utiles. La densité de plantation est également de 160 arbres à l'hectare.

Les engrais communs à tous les objets ont été appliqués manuellement. Le tableau III précise les quantités apportées pour la fumure azotée.

On a utilisé les mêmes engrais que pour le PB-CC 31 ; toutefois, le sulfate d'ammoniaque a été remplacé par l'urée dès 1976, et le phosphate tricalcique par le superphosphate en 1977. Par ailleurs, tout apport d'engrais a été arrêté à compter de l'année 1978, à la demande du

TABLEAU III. — **PB-ES 94 — Fumure azotée en g/arbre/an**

(*Nitrogen manuring in g/tree/year*)

Année (Year)	Urée (Urea)	Sulfate d'ammoniaque (Sulphate of ammonia)
1973	0	400
1974	0	800
1975	0	1 200
1976	1 000	600
1977	400	0
1978	0	0

et après (*and after*)

propriétaire de la plantation. A cette date, et pour la même raison, l'entretien du sol nu a été également arrêté. L'enregistrement de la récolte a été interrompu durant les campagnes 1978/79 et 1979/80.

III. — RÉSULTATS

1-PB-CC 31

a) Diagnostic foliaire.

On observe pour chaque engrais étudié un effet dose significatif pour l'élément majeur qu'il apporte (Tabl. IV).

L'effet persistant du sulfate d'ammoniaque sur les niveaux de N est particulièrement remarquable. Il est à rapprocher de la faiblesse générale des niveaux de N, puisque les doses N3 et N4 (1,5 kg et 2 kg de sulfate d'ammoniaque) permettent seules d'approcher le niveau critique théorique. Sur des expériences du même type, mais dans le cas de plantation après défrichage, où une couverture de légumineuse avait été établie, l'effet de l'engrais azoté disparaissait après trois ans.

Les teneurs foliaires des niveaux 1 de KCl et de kiésérite indiquent des carences sévères pour chacun des éléments K et Mg. Ces carences sont corrigées pour les niveaux 2.

TABLEAU IV. — PB-CC 31 — Teneurs foliaires (Rang 14). Effets des fumures sur les teneurs en éléments apportés

(Leaf content-rank 14 — Effects of manuring on content of elements applied)

Prélèvements (Samplings)	N1	N2	N3	N4
Teneurs en N (N Content)				
Février (Feb.) 1978	1,56	1,79*	1,98**	2,00**
Février (Feb.) 1979	1,55	1,76**	1,94**	1,93**
Janvier (Jan.) 1980	1,81	1,99**	2,08**	2,13**
	Mg1	Mg2	Mg3	Mg4
Teneurs en Mg (Mg content)				
Février (Feb.) 1978	0,151	0,139**	0,244**	0,284**
Février (Feb.) 1979	0,174	0,257**	0,267**	0,298**
Janvier (Jan.) 1980	—	—	—	—
	K1	K2		
Teneurs en K (K content)				
Février (Feb.) 1978	1,196	1,606**		
Février (Feb.) 1979	1,171	1,568**		
Janvier (Jan.) 1980	1,178	1,478**		
Teneurs en Cl (Cl content)				
Février (Feb.) 1978	0,482	0,611**		
Février (Feb.) 1979	0,476	0,601**		
Janvier (Jan.) 1980	0,522	0,609**		

b) Précocité de floraison.

Le pourcentage de floraison à 49 et 61 mois montre une action positive et hautement significative du sulfate d'ammoniaque (Tabl. V). On n'observe par contre aucune action du chlorure de potassium et de la kiésérite.

c) Production.

Les premières productions confirment les résultats obtenus par les relevés sur la précocité de floraison.

TABLEAU V. — PB-CC 31 — Précocité de floraison. Effet de la fumure azotée sur les pourcentages d'arbres fleuris

(Precocity of flowering. Effect of nitrogen manuring on percentages of flowering trees)

Dates	Age (mois-months)	Niveaux (Levels)			
		N1	N2	N3	N4
Juin (June) 1978	49	29,8	50,1**	64,8**	57,6**
Juin (June) 1979	61	56,9	73,8**	83,4**	81,4**

TABLEAU VI. — PB-CC 31 — Production selon des doses de fumure azotée/arbre/campagne (Production according to rates of nitrogen fertilizer/tree/season)

Facteurs (Factors)	Campagne (Season)	N1	N2	N3	N4
Nombre de noix/ arbre (Number of nuts/tree)	1978/79	1,2	3,4	9,0*	9,0*
	1979/80	19,2	34,6	57,8**	51,3**
Coprah/noix (Copro/nut)	1979/80	184	174*	178	172*
	1980/81	209	209	211	209
Coprah/arbre (Copro/tree)	1979/80	3,5	6,0	10,4**	8,9*
	1980/81	4,1	5,3	8,5*	7,7*

TABLEAU VII. — PB-CC 31 — Production cumulée de coprah/arbre 1979/80 et 1980/81, interaction entre les fumures potassiques et magnésiennes (Cumulative production of copra/tree 1979/80 and 1980/81. Interaction between potassium and magnesium fertilizers)

	K1	K2	Moyenne (Average)	P 100
Mg 1	11,7	14,2	13,0	100
Mg 2	10,5	17,9	14,2	109
Mg 3	12,8	13,9	13,4	103
Mg 4	15,3	12,6	14,0	108
Moyennes (Averages)	12,6	14,7		
P. 100	100	117 (NJ)		

L'azote apparaît comme le facteur essentiel de production et augmente de façon significative le nombre de noix/arbre et, partant, le coprah/arbre (malgré un léger effet dépressif des doses les plus fortes sur le coprah/noix. La production maximale est obtenue avec la dose 3 (Tabl. VI). On peut penser que l'absence d'azote conduirait à une production négligeable.

Il n'existe pas de différence significative entre les quatre traitements Mg ou K. Cependant le tableau de contingence K-Mg montre que la production maximale est obtenue pour la dose K² Mg² (3 kg de KCl et 1 kg de kiésérite (Tabl. VII). Ce résultat est en accord avec ceux d'autres expériences.

d) *Interprétation.*

La précocité de production des hybrides est bonne, comparable à celle observée en plantation après défrichage. Mais le niveau de production paraît plus faible, même si les mauvais rendements de la campagne 1980/81 peuvent être attribués en partie au fort déficit hydrique de l'année 1980.

Le résultat dominant est la nécessité d'une fertilisation azotée au-delà de la troisième année, la faiblesse naturelle de la nutrition azotée pouvant peut-être s'expliquer par l'absence d'une couverture de légumineuses (cf. § II-5). L'essai ES-94 permet précisément d'étudier cette hypothèse.

2-PB-ES 94

a) *Diagnostic foliaire.*

Par suite de l'application uniforme d'engrais azoté (Tabl. III) jusqu'en 1977, les niveaux de N sont bons en 1977 (Tabl. VIII) pour les objets « sol nu » et « légumineuse », alors que l'objet « recrû naturel » est en retrait par suite de la présence de graminées.

TABLEAU VIII. — PB-ES 94 — Teneurs foliaires en azote (Rang 14)

(Leaf nitrogen content-rank 14)

Années (Years)	Objets : couverture du sol (Treatments : soil cover)		
	Sol nu (Bare soil)	Recrû (Regrowth)	Légumineuses (Legume)
1977	2,00	1,87**	2,06*
1978	2,11	1,93**	2,14
1981	1,97*	1,96*	2,19

Après l'arrêt des épandages d'engrais à partir de 1978, la situation s'est sensiblement modifiée. A la fin de l'année 1980, les anciens objets sol nu et recrû présentent les symptômes visuels d'une très sérieuse carence azotée. Les objets légumineuse au contraire ont un aspect végétatif satisfaisant, induisant une nutrition en azote suffisante, comme le confirment les résultats foliaires de 1981.

Les teneurs en N (NO_3) des sols de l'objet légumineuse très supérieures à celles des objets recrû et sol nu en 1981, confirment l'effet améliorant de la couverture de légumineuses sur le bilan azoté des sols.

Objet	Teneurs en N (NO_3) (ppm)	
	0-20 cm	20-40 cm
Légumineuse	0,820	0,260
Recrû	0,250**	0,120*
Sol nu	0,300**	0,130*

b) *Précocité de floraison.*

L'avantage est à l'objet sol nu, suivi de l'objet recrû naturel rabattu, alors que l'objet légumineuse accuse un retard d'un an en 1977 (Tabl. IX).

TABLEAU IX. — PB-ES 94 — Précocité de floraison (Precocity of flowering)

Dates	Age (Mois- Months)	P. 100 d'arbres fleuris (of flowering trees)		
		Sol nu (Bare soil)	Recrû (Regrowth)	Légumineuse (Legume)
26/10/1976	32	5,5	3,2	0,0
24/05/1976	36	12,5	6,1	0,0
09/12/1976	43	62,6	35,0	0,4
26/05/1977	48	88,6	67,9	16,2

c) *Production.*

La première campagne de production 1977/78 avait montré la supériorité de l'objet sol nu, alors que l'objet légumineuse était à peine en début de production. La récolte de l'année 1981 indiquait une tendance inverse, la production de l'objet légumineuse étant devenue la plus élevée. Il existe d'ailleurs une liaison assez étroite entre le nombre de noix et les teneurs foliaires en azote en 1981 ($r = 0,76^{***}$) alors qu'il n'y a aucune liaison avec les teneurs en potassium (Table X).

TABLEAU X. — PB-ES 94 — Production (nombre de noix/arbre) (Production — number of nuts/tree)

Campagne (Season)	Sol nu (Bare soil)	Recrû (Regrowth)	Légumineuse (Legume)
	1977/78	24,0	9,1
1978-1979-1980	Non enregistré (Not recorded)		
Année (Year) 1981 (12 mois-months)	30,0	26,0	43,0

d) *Interprétation.*

Ces résultats montrent qu'une fois résolu le problème de la carence azotée par une fumure suffisante, l'alimentation hydrique est le principal facteur limitant (période 1974/76). De ce fait, les objets recrû naturel (rabattu régulièrement) et, surtout, sol nu se révèlent supérieurs en précocité à l'objet couverture de légumineuses le plus exigeant en eau. Cet aspect défavorable de la légumineuse de couverture dans les conditions de la Côte-d'Ivoire avait déjà été mentionné par Fremont et Brunin [5].

L'arrêt des apports d'azote en 1978 allait transformer les données du problème, cet élément devenant alors le principal facteur limitant. Le maintien de la légumineuse de couverture pendant cinq ans a restauré l'activité biologique du sol, le rendant apte à fournir une partie de l'azote nécessaire à la cocoteraie comme l'attestent les teneurs foliaires. On peut penser de ce fait que la meilleure production obtenue en 1981 avec l'objet légumineuse se maintiendra les années suivantes.

Ces résultats sont en accord avec les conclusions de l'expérience CC-31.

IV. — CONCLUSION

Les résultats de ces expériences confirment la baisse de fertilité des sables quaternaires du littoral ivoirien déjà très pauvres au départ après une longue monoculture en cocotier. La carence en azote qui en résulte conduit le planteur à l'alternative suivante :

— soit apport en permanence des engrais azotés :

C'est une solution facile au départ, puisqu'elle permet d'éviter la réimplantation d'une légumineuse de couverture, qui est difficile à réussir sur ces sols appauvris.

Mais à l'âge adulte, une fumure annuelle de **1,5 kg de sulfate d'ammoniaque** par arbre (s'ajoutant à l'apport classique de 2 à 3 kg de KCl et de 1 kg de kiésérite) est indispensable. Elle représente une charge complémentaire de quelque **14 000 F CFA/ha/an**. Cette fumure azotée apporte néanmoins un supplément brut de revenu annuel, entre les âges de 5 et 7 ans, de **50 000 F CFA/ha** par rapport à la faible dose de **500 g/arbre/an** de l'expérience PB-CC 31.

Mais on sait de façon générale que l'utilisation des engrais rencontre malheureusement une forte réticence en milieu paysan ;

— soit réimplanter une légumineuse de couverture :

Celle-ci régénère le sol en azote, permettant de réduire ou d'arrêter les apports d'engrais azotés après quelques années.

Cette méthode induit cependant sur les sables côtiers à faible rétention d'eau un développement moins rapide des arbres du fait de la concurrence hydrique de la légumineuse pendant les périodes sèches. De plus, on ne doit pas sous-estimer la difficulté d'implantation de *pueraria javanica* (ou de *Centrosema*) sur ces sables quaternaires très appauvris. L'idéal serait de disposer d'autres légumineuses adaptées aux sols sableux et résistants à des sécheresses prolongées. Des essais d'introduction sont entrepris dans ce domaine.

Le problème azote étant résolu d'une façon ou d'une autre, il reste à savoir quel sera le potentiel exact des replantations. La production à l'âge adulte des replantations effectuées sur ces sols appauvris risque en effet d'être inférieure à celle d'une plantation effectuée après défrichement. Le potentiel réel ne sera connu qu'après quelques années d'observation supplémentaire de ces deux essais.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SANGARÉ A. et ROGNON F. (1980). — Production de l'hybride Port-Bouët 121 (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 35, N° 2, p. 79-83.
- [2] POMIER M. et TAFFIN G. de (1982). — Tolerance à la sécheresse de quelques hybrides de cocotiers (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 37, N° 2, p. 55-62.
- [3] JULIA J. F. et MARIAN D. (1979). — Nouvelles recherches en Côte-d'Ivoire sur *Eriophyes guerrieronis* K., acarien ravageur des noix du cocotier (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 34, N° 4, p. 181-189.
- [4] COOMANS P. (1977) — Expérience de replantation des cocoteraies en Côte-d'Ivoire (bilingue fr.-angl.). *Oleagineux*, 32, N° 12, p. 523-528
- [5] FRÉMOND Y. et BRUNIN C. (1966). — Cocotier et couverture du sol. *Oléagineux*, 21, N° 6, p. 361-364.

SUMMARY

Study of the fertilization and regeneration of soils in the replanting of coconut palms.

M. POMIER, G. de TAFFIN, *Oléagineux*, 1982, 37, N° 10, p. 455-461.

This article reviews two experiments of replanting in PB-121 hybrids of an old coconut plantation located in coastal quaternary sands which are naturally very poor and whose fertility has decreased even further owing to a long single cropping of coconut. The nitrogen deficiencies, extremely severe, represent the first limiting factor. These may be corrected by the application of fertilizer throughout the life of the tree or by the planting of a nitrogen-fixing legume cover, which is rather difficult to carry out. Fertilization and crop techniques restore balance to mineral nutrition and make renewal of the coconut plantation possible. However, the yields obtained in the first years of production are lower than those obtained after clearing. Real potential will only be known after several more years of observation.

RESUMEN

Estudio de la fertilización y de la regeneración de los suelos en el caso de una resiembra de cocoteros.

M. POMIER, G. de TAFFIN, *Oléagineux*, 1982, 37, N° 10, p. 455-461.

Este artículo hace el balance de dos experimentos de resiembra con híbridos PB-121 en un viejo cocotal ubicado en arena cuaternaria costera naturalmente muy pobre y cuya fertilidad ha bajado todavía más debido a un largo monocultivo. Las carencias de nitrógeno muy importantes constituyen el primer factor limitante. Se puede corregirlas con un aporte de fertilizante durante toda la vida del árbol o mediante la implantación de una leguminosa de cobertura fijadora de nitrógeno, lo cual es bastante difícil de realizar. La fertilización y las técnicas de cultivo equilibran nuevamente la nutrición mineral y hacen posible las operaciones de renovación del cocotal. Ahora bien, los rendimientos logrados en los primeros años de producción son inferiores a los que se obtienen sobre deforestaciones. Sólo se conocerá el potencial real después de algunos años de observaciones suplementarias.

Study of fertilization and regeneration of soils in the replanting of coconut palms

M. POMIER (1) and G. de TAFFIN (2)

I. — INTRODUCTION

This article gives details of two experiments of replanting old coconut palms carried out in the coastal area of the South-East of the Ivory Coast, a few kilometres from the Marc-Delorme station. In this area, there are some 6 000 ha of family plantations whose productivity is very low owing to the low genetic value of the trees (random WAT), their age (over 50 years) and the lack of upkeep which is the general rule.

These plantations may be replaced by hybrids of type PB 121, which are earlier bearers and more productive than the WAT coconut palm [Sangare *et al.*, 1980]. This hybrid stands up well to drought [Pomier *et al.*, 1982] and to attacks by *Aceria (Eriophyes guerreronis)*, a nut mite which, since 1975, has been affecting the Ivory Coast's coconut groves planted in local material [Julia *et al.*, 1979].

The old coconut groves are planted in quaternary sandy soils which are naturally poor in minerals, and whose fertility has further decreased owing to a long simple cropping of coconut, the absence of fertilization and often very unfavourable cultivation practices, such as the interplanting of cassava or the systematic removal by the villagers of plant waste, leaves and husks.

It is essential, therefore, before implementing a general replanting programme for these groves, to study the specific problems of fertilization and soil regeneration.

II. — EXPERIMENTAL CONDITIONS

1. — Location.

The tests were carried out 5 km to the east of the Marc-Delorme station, alongside the Abidjan-Grand Bassam road, at a private planter's (Fig. 1) and on the site of replanting of a 40 year old coconut grove made up exclusively of random WAT coconut palms and not receiving any fertilizer. The productivity of these trees was low, around 300 kg of copra/ha/year.

2. — The soils.

These are marine quaternary sands (99.4 p. 100 of coarse sand between 0 and 50 cm), very poor in exchangeable cations and with a very low exchange capacity (CEC 1.8 meq/100 g between 0 and 20 cm).

The available water of these coarse sands is low (estimated at less than 100 mm rain equivalent between 0 and 2 m in depth).

3. — Climate.

The climatic data already presented by Sangare and Rognon [1] correspond to the conditions of the experiments (Table I). Average rainfall over the last ten years amounted to only 1 850 mm and some years recorded a high water deficit (1976-1977-1980) due to a bad distribution of rainfall.

The sweet water table stored between the lagoon network and the ocean is between 3 and 5 m down.

4. — Planting material.

The experiments were planted with hybrid PB-121 obtained by assisted pollination in the seed gardens of the Marc-Delorme station.

5. — Experimental plans.

PB-CC 31

Fertilizer experiment planted in 1974 according to a factorial design of $N^4 Mg^4 K^2$ containing 4 blocks of 8 plots. The experimental plot is made up of 49 coconut palms (7 rows of 7 trees) of which 25 are useful.

The planting density is 160 trees per ha (8.5 m triangular). Before replanting, all the trunks of the old coconut palms were burnt in pits outside the experimental area [Coomans, 4].

The spreading of fertilizer was carried out manually in a ring around the coconut palms according to the rates set out in table II.

The usual types of fertilizer were used :

- N : — sulphate of ammonia at 21 p. 100 of N until 1979,
— urea at 46 p. 100 of N from 1980 onwards ;
- P : — tricalcic phosphate at 33 p. 100 of P_2O_5 until 1979,
— single superphosphate at 18 p. 100 of P_2O_5 from 1980 onwards.

For each type of fertilizer there is no control 0 (except for N during the first two years).

The plant cover is made up of herbaceous regrowth, basically grasses, slashed 3-4 times per year by rotary slasher.

PB-ES 94

This test was planted in 1973 in a Fisher block design with 3 treatments and 5 replications ; it studies the advantages of reimplanting a legume cover (*Pueraria javanica*) compared to planting on bare soil or a simple slashing of the natural regrowth.

The treatments are :

- bare soil (disking 3/4 times a year on average),
- natural regrowth slashed regularly by rotary slasher,
- legume cover (*Pueraria javanica*).

The experimental plot consists of 4 rows of 30 coconut palms each, of which 56 are useful. The density of the plantation is 160 trees per ha.

Fertilizers common to all treatments were applied manually. Table III gives the quantities given for nitrogen manuring.

The same fertilizers as for PB-CC 31 were used ; however, the sulphate of ammonia was replaced by urea as early as 1976, and the tricalcic phosphate by superphosphate in 1977. All applications of fertilizer were stopped in 1978 at the request of the plantation owner. At this time, and for the same reason, the upkeep of the bare soil was also stopped. The recording of the harvest was interrupted during the 1978/79 and 1979/80 seasons.

III. — RESULTS

1-PB-CC 31

a) Leaf analysis.

For each of the fertilizers studied, there is a significant rate effect for the major element in its composition (Table IV).

The persistent effect of the sulphate of ammonia on levels of N are particularly remarkable. This is to be compared with the general weakness of N levels, since the N3 and N4 rates (1.5 kg and 2 kg of sulphate of ammonia) are the only ones which bring the leaf contents close to the Theoretical Critical Level. In experiments of the same type, but where planting had taken place after clearing and a cover established, the effect of the nitrogenous fertilizer disappeared after 3 years.

The leaf content at level 1 of KCl and kieserite indicate severe deficiencies of K and Mg. These deficiencies are corrected at level 2.

(1) I.R.H.O. Agronomy Service, Marc-Delorme coconut Station, 07 BP 13 Abidjan 07 (Ivory Coast).

(2) Director of Marc-Delorme coconut Station, 07 BP 13 Abidjan 07 (Ivory Coast).

b) Precocity of flowering.

The percentage of flowering at 49 and at 61 months shows a positive and highly significant response to sulphate of ammonia (Table V). There is no response, however, to potassium chloride and kieserite.

c) Production.

First yields are confirmation of previous observations of precocity of flowering.

Nitrogen would seem to be the essential production factor, increasing considerably the number of nuts/tree and therefore the amount of copra/tree (despite a slight depressive effect of the higher rates on copra/nuts). Maximum yield is obtained with rate 3 (Table VI). There is reason to believe that the absence of nitrogen would lead to a low yield.

There is no significant difference between the four Mg or K treatments. However, the K-Mg contingency table reveals that maximum yield is obtained at the $K^2 Mg^2$ rate (3 kg of KCl and 1 kg of kieserite) (Table VII). This result agrees with those of other experiments.

d) Interpretation.

The precocity of hybrids is good, comparable to that observed in a plantation after clearing. However, the production level seems to be lower, although the poor yields of 1980/81 may be attributed in part to the high water deficit of 1980.

The outstanding result is the need for nitrogenous fertilization after the third year, as the natural low level of nitrogen nutrition may be attributed to the absence of a legume cover (see paragraph II-5). Test ES-94 allows us to study this hypothesis.

2-PB-ES 94.**a) Leaf analysis.**

Following the uniform application of nitrogen fertilizer (Table III) until 1977, the N levels are good in 1977 (Table VIII) for « bare soil » and « legume cover » treatments, whilst the « natural regrowth » treatment is down because of the presence of grasses.

After the cessation of fertilizer spreading in 1978, the situation changed considerably. At the end of 1980, the former bare soil and regrowth treatments present visual symptoms of serious nitrogen deficiency. Legume treatments, on the other hand, have a satisfactory vegetative appearance pointing to sufficient nitrogen nutrition, as confirmed in the 1981 foliar results.

The N content (NO_3^-) of soils of the legume treatment, much higher than that of regrowth and bare soil in 1981, confirm the positive effect of legume cover on the nitrogen status of the soils.

	N content (NO_3^-) (ppm)	
	0-20 cm	20-40 cm
Legume	0.820	0.260
Regrowth	0.250**	0.120*
Bare soil	0.300**	0.130*

b) Precocity of flowering.

Here, the bare soil treatment has the advantage, followed by slashed natural regrowth, with the legume treatment a year behind, in 1977 (Table IX).

c) Production.

1977/78, the first production year, revealed the superiority of the bare soil treatment, whilst that with a legume cover was

barely beginning to produce. The 1981 harvest indicated an opposite trend, however, with highest bearing in the legume treatment. In 1981, there was rather a close link between the number of nuts and leaf nitrogen content ($r = 0.76^{***}$) whilst there was no connection with potassium content.

d) Interpretation.

These results show that once the problem of nitrogen deficiency has been resolved by adding sufficient fertilizer, water supply is the main limiting factor (1974/76 period). Consequently, the subjects natural regrowth (slashed regularly) and especially bare soil treatments are superior in precocity over the legume cover treatment, which has a higher water demand. This unfavourable aspect of legume cover in Ivory Coast conditions has already been mentioned by Fremont and Brunin [5].

The cessation of nitrogen applications in 1978 changed the factors of the problem, with this element becoming the main limiting factor. The maintenance of the legume cover for five years restored the biological activity of the soil, enabling it to supply part of the nitrogen needed by the plantation, as shown by the leaf contents. This suggests that the better production obtained in 1981 with the legume cover will be maintained in the years to come.

These results are in agreement with the conclusions of experiment CC-31.

IV. — CONCLUSION

The results of these experiments confirm the drop in fertility of the coastal quaternary sands of the Ivory Coast, already very poor at the outset after a long single cropping of coconut. The resultant nitrogen deficiency leaves the planter two alternatives :

— either a permanent application of nitrogen fertilizers :

This is a solution which is easy at the outset, since it avoids the replanting of a legume cover, difficult to carry out on these poor soils.

However, at the adult stage, an annual manuring of **1.5 kg of sulphate of ammonia** per tree (besides the usual application of 2 to 3 kg of KCl and 1 kg of kieserite) is essential. This represents an additional cost of some **14 000 F CFA** ha/year. Nevertheless, this nitrogen manuring results in a gross increase in annual income, between the ages of 5 and 7 years, of **50 000 F CFA**/ha compared with the lower rate of 500 g/tree/year of experiment PB-CC 31.

Unfortunately, as it is widely known, the farmers are very reluctant to use fertilizers ;

— or the replanting of a legume cover :

A cover crop regenerates the nitrogen in the soil, thereby making it possible to reduce or to stop the use of nitrogen fertilizers after a few years.

On coastal sands with a low water retention level, however, this method results in a slower development of the tree owing to competition from the legume cover for water during periods of drought. Furthermore, the difficulties encountered in planting *Pueraria javanica* (or *Centrosema*) on these impoverished quaternary soils should not be underestimated. Ideally, other leguminous plants which are better suited to sandy soils and resistant to prolonged drought should be used. First tests have been undertaken in this field.

The nitrogen problem having been resolved one way or another, it remains to be seen what the exact potential of the replanted trees will be. Production at the adult stage of replanted trees on these poor soils might well be lower than for a plantation established after clearing. The real potential will only be known after several more years of observation of these two tests.

