

Restauration de la fertilité des sols lors de la replantation d'une cocoteraie

M. POMIER (1), V. BELIGNE (2), X. BONNEAU (1), G. de TAFFIN (1)

Résumé. — La prolongation de deux expériences, déjà décrites dans un article précédent, a prouvé que dans le cas de vieilles cocoteraies établies sur sables quaternaires dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire, et mal gérées, une régénération de sol par une légumineuse améliorante était indispensable en replantation. Sur ces sols très pauvres, parmi 7 légumineuses rampantes testées, aucune n'a pu être adaptée. De bons résultats ont par contre été obtenus avec trois légumineuses arborescentes, *Albizia falcata*, *Acacia mangium* et *Acacia auriculiformis*. Une véritable association cocotier-légumineuse arborescente est maintenant envisagée, permettant de restaurer la fertilité du sol et de produire à la fois des noix de coco et du bois de feu. En Afrique de l'Ouest, ce type d'association intéresse les cocoteraies de toute la bande côtière de la Côte d'Ivoire au Nigeria.

INTRODUCTION

Un article précédent [1] présentait les résultats de deux expériences mettant en évidence la baisse de fertilité des sables quaternaires du littoral de la Côte d'Ivoire.

Cette baisse de fertilité est la conséquence d'une longue monoculture en cocotier, sans fertilisation et avec des pratiques culturales défavorables telles que les cultures intercalaires de manioc et l'enlèvement systématique des bourres et des feuilles.

Cette baisse de fertilité se traduisait au niveau des replantations de cocotiers par :

- une sévère déficience en azote,
- un niveau de production pendant les premières années plus faible que lorsqu'il s'agit d'une 1^{re} plantation et ceci malgré la correction de la déficience azotée par des apports de sulfate d'ammoniaque ou d'urée.

Les auteurs s'interrogeaient sur le potentiel de production de ces replantations à l'âge adulte, et concluaient sur l'intérêt de trouver des légumineuses améliorantes susceptibles de régénérer la fertilité des sols lors de la replantation.

Le Service Agronomie de la Station Marc-Delorme a donc poursuivi pendant deux campagnes les enregistrements de récolte sur les expériences en cours et fait démarrer des tests d'adaptation de légumineuse sous vieilles cocoteraies installées sur sables quaternaires.

On présente ci-après les nouveaux résultats obtenus à ce jour.

I. — POTENTIEL DU COCOTIER SANS RÉGÉNÉRATION

Expérience PB-CC 31.

On donne, tableau I, les productions de l'expérience PB-CC 31, plantée en 1974, avec des hybrides PB 121 (160 arbres/ha). Il s'agit d'un factoriel N¹ Mg⁴ K², sans légumineuses de couverture.

(1) IRHO-CIRAD, Station Marc-Delorme - 07 B. P. 13, Abidjan 07 (Côte d'Ivoire).

(2) Centre Technique Forestier Tropical (CTFT). 08 B. P. 33, Abidjan 08 (Côte d'Ivoire).

TABLEAU I. — PB-CC 31 — Production selon les doses de fumure azotée

(Production according to fertilizer nitrogen rates)
Nbre de noix/arbre/campagne (Nbr of nuts/tree/season)
Kg de coprah/arbre/campagne (Kg copra/tree/season)

Campagne (season) 1979-1983	N1	N2	N3	N4
Nbre de noix (Nbr of nuts)	25,1	33,2	54,7**	49,7**
Coprah/arbre (Copra/tree)	5,0	6,5	10,7**	9,4**

Jusqu'au niveau N3 la production augmente avec les applications d'engrais azoté.

Malgré cela le niveau de production reste bas, nettement inférieur à celui obtenu sur l'expérience PB-CC 28 à Grand Lahou, sur défrichage de forêt avec une pluviométrie moins favorable :

- PB-CC 31 (traitement N3) ... 1 600 kg coprah/ha,
- PB-CC 28 (traitement K1 K2) 2 900 kg coprah/ha.

Expérience PB-ES 94.

On présente, tableau II, les dernières productions de l'essai PB-ES 94 planté en 1973 avec des hybrides PB 121 (160 arbres/ha). C'est un essai en blocs de Fisher destiné à comparer trois couvertures du sol :

- sol nu,

TABLEAU II. — PB-ES 94 — Production Nbre de noix/arbre/campagne (Nbr of nuts/tree/season)

Campagnes (Seasons)	Sol nu (Bare soil)	Recrû (Coppice)	Légumineuse (Legume)
1977/78	24,0	9,1	0,4
1978/79/80	pas de récolte (no harvest)		
1980/81	30,2	26,6	43,2
1981/82	30,9	28,5	47,5
1982/83	14,3	12,8	17,6

- recré herbacé régulièrement rabattu,
- légumineuse de couverture.

Une fumure uniforme complète était appliquée jusqu'en 1977 et la légumineuse disparaissait en 1978 à la suite de surpâturage par des moutons.

Cet essai montre de façon nette l'effet bénéfique de la légumineuse sur la production par amélioration de la nutrition azotée (l'effet bénéfique du sol nu est très temporaire).

On note d'ailleurs sur cette expérience (Tabl. III), la forte liaison entre les teneurs en azote à l'analyse foliaire avec la production, alors que cette liaison est inexistante pour les teneurs en K.

Par contre sur les expériences établies sur des forêts récemment abattues et gérées avec de bonnes pratiques culturales, la liaison teneur en K — Production est plus importante ou dominante.

C'est ce que nous observons sur deux autres expériences de nutrition plantées sur forêt (Tabl. III) :

— PB-CC 01 : expérience factorielle N² P² K⁴ avec niveau 0 pour les 3 éléments. La forêt a été abattue 25 ans auparavant. Le sol est couvert de graminées spontanées ;

— PB-CC 03 : expériences factorielles 2³ étudiant N P K Mg Na à 2 niveaux dont un niveau 0. La forêt a été abattue

8 ans avant les observations. Le sol est couvert de *Centrosema pubescens*.

Cette inversion des rôles entre N et K s'explique par l'histoire des plantations. A l'origine, les sables littoraux étaient occupés par la forêt et le taux de matière organique relativement élevé (Tabl. IV), garantissait une alimentation en azote suffisante. Le facteur limitant était alors la carence en potassium (PB-CC 03). Lorsque les cocoteraies étaient correctement entretenues avec andainage des feuilles et des bourres, le taux de matière organique se stabilisait à un niveau suffisant pour maintenir une alimentation en N correcte (PB-CC 01). Par contre, l'enlèvement systématique des déchets de récolte fait descendre le taux de matière organique à un niveau bas pour lequel la carence azotée devient très forte (PB-ES 94).

Il faut remarquer également que dans ces sables grossiers dépourvus d'argile, la matière organique joue un rôle important dans la régulation de l'alimentation en eau et de la nutrition minérale.

Les essais PB-CC 31 et PB-ES 94 montrent bien que la régénération par une légumineuse améliorante est la seule solution vulgarisable pour restaurer la fertilité du sol avant replantation et résoudre de façon durable le problème de l'azote.

TABLEAU III. — Liaison N et K à l'analyse foliaire avec la production
(Link between N and K, obtained through leaf analysis, and production)

PB-ES 94	Replantation d'une vieille cocoteraie à sol très appauvri - <i>Replanting of an old coconut grove on very impoverished soils</i> . Abattage de la forêt 45 ans plus tôt - <i>Clearing of forest 45 years earlier - Replanting in 1973</i> . Diagnostic foliaire 1981 - Production 1981/82 - <i>Leaf analysis 1981 - Production 1981/82</i> .	Liaison N - production - (N Production link) $r = 0,852^{**}$ Liaison K - production - (K Production link) $r = -0,470$ ns
PB-CC 01	Cocoteraie plantée en 1938 sur forêt - <i>Coconut grove planted 1938 on cleared forest</i> . Abattage de la forêt 25 ans plus tôt - <i>Clearing of forest 25 years earlier</i> . Diagnostic foliaire 1960 - Production 1960/61 - <i>Leaf analysis 1960 - Production 1960/61</i> .	Liaison N - production - (N Production link) $r = 0,519^*$ Liaison K - production - (K Production link) $r = 0,578^*$
PB-CC 03	Cocoteraie plantée en 1954 sur forêt abattue en 1953 - <i>Coconut grove planted 1954 on forest cleared 1953</i> . Diagnostic foliaire 1962 - Production 1962/63 - <i>Leaf analysis 1962 - Production 1962/63</i> .	Liaison N - production - (N Production link) $r = 0,578^{**}$ Liaison K - production - (K Production link) $r = 0,932^{**}$

TABLEAU IV. — Teneurs en matière organique et azote des sables quaternaires sur lesquels travaille l'IRHO
(Contents in organic matter and nitrogen of quaternary sands on which the IRHO works)

		Abattage forêt (Clearing of forest)	C P. 100	MO P. 1000	N P. 1000	C/N
a) Forêt originelle (Original forest) Assinie	1	—	1,50	2,59	1,19	13
	2	—	2,96	5,10	2,68	11
	3	—	1,62	2,79	1,30	12
b) Cocoteraie bien gérée (Well managed coconut groves)		1956	0,80	1,38	0,60	13
c) Cocoteraie mal gérée (Badly managed coconut groves)	1	1956	0,47	0,82	0,35	13
	2	1928	0,46	0,80	0,45	10
a) Forêt originelle (Original forest) Assinie	1 — Annexe IRHO pk 7 du canal d'Assinie (IRHO Annex pk 7 of the Assinie Canal). 2 } Réserve forestière Assinie-France pk (Forest reserve, Assinie - France). 3 }					
b) Cocoteraie IRHO sur le canal d'Assinie (IRHO coconut grove on the Assinie canal) (Expérience PB-CC 45).						
c) Cocoteraie mal gérée (Badly managed coconut groves)	1 — Parcelle IRHO située près d'un village très peuplé (Expérience PB-ES 201) (IRHO plot located near a highly populated village - experiment PB-ES 201). 2 — Plantation Cufroi près de Gd-Bassam (Expérience PB-ES 94) (Cufroi plantation near Gd-Bassam - experiment PB-ES 94).					

II. — TEST D'ADAPTATION DE LÉGUMINEUSES AMÉLIORANTES

1. — Légumineuses rampantes.

En Côte d'Ivoire, on utilise de façon classique le *Pueraria javanica* comme légumineuse de couverture pour les cocoteraies implantées sur sables quaternaires, quelquefois en association avec le *Centrosema pubescens*.

En extension sur forêt, les semis pour ces deux légumineuses sont assez faciles à réussir, même s'il s'agit de sables quaternaires [2].

En replantation, les semis échouent de façon quasi systématique. Les sables grossiers ont un très faible taux de matière organique. Leur réserve en eau est alors insuffisante et la légumineuse dépérit dès la première période sèche.

C'est pourquoi les tests de légumineuses ont porté non seulement sur des variétés mais aussi sur l'amélioration des techniques des semis.

Les variétés testées ont été :

- *Pueraria javanica* (témoin),
- *Centrosema pubescens* (témoin),
- *Clitoria ternatea* (introduction du Nord-Est Brésil),
- *Mucuna utilis*,
- *Mucuna sinensis*,
- *Phaseolus atropurpureus* (introduction d'Australie),
- *Crotalaria retusa* (introduction du Sahel Ouest Africain).

Les techniques de semis ont été améliorées par :

- le sous-solage de l'interligne de cocotiers afin d'éliminer temporairement la concurrence des racines de cocotiers ;
- l'application d'hydrorétenteur (Aquistock) à la dose de 1 g par poquet ;
- l'application de fumure minérale P K à la dose de 2 g par poquet.

Tous les résultats ont été négatifs, avec ou sans hydrorétenteur, même avec des variétés réputées très adaptées aux conditions sèches.

2. — Légumineuses arbustives ou arborescentes.

L'échec des essais précédents a amené à s'intéresser à des légumineuses arbustives ou arborescentes, dont l'enracinement pouvait être plus profond et plus rapide, surtout en partant de plantules préalablement élevées en pépinière. Pour cette partie de l'expérimentation l'IRHO a travaillé en étroite collaboration avec le CTFT.

Les expériences ont commencé en 1984. Les espèces expérimentées ont été les suivantes :

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| — <i>Flemingia congesta</i> | } Légumineuse arbustive, |
| — <i>Sesbania rostrata</i> | |
| — <i>Leucaena leucocephala</i> | |
| — <i>Cassia siamea</i> | } Légumineuse arborescente. |
| — <i>Samanea saman</i> | |
| — <i>Albizia falcata</i> | |
| — <i>Acacia mangium</i> | |
| — <i>Acacia auriculiformis</i> | |
| — <i>Aucoumea klaineana</i> | |

Cette dernière n'est pas une légumineuse mais dans ses pays d'origine, Congo et Gabon, elle est réputée comme amélioratrice des sols.

Les graines ont été semées en germoir, dans lequel étaient incorporées les bactéries symbiotes. Les jeunes plants ont été repiqués en sachets de polyéthylène noir (10 cm de Ø par 15 cm). La mise en place a été faite fin avril 1984, dès

le commencement des pluies, dans une plantation de cocotiers de la Station Marc Delorme, plantée en 1953, et présentant une très forte carence azotée volontairement induite par arrêt des fumures. Sur cette parcelle également la plupart des feuilles sont récupérées par les habitants du village voisin.

Les parcelles expérimentales comprenaient 2 lignes de 25 arbrisseaux espacés de 1 m sur la ligne et de 2 m entre lignes. Elles ont été installées dans l'interligne des cocotiers.

Si la saison des pluies en 1984 a été bonne, par contre les saisons sèches qui ont suivi ont été longues : 5 mois de novembre 1984 à avril 1985, puis 8 mois de août 1985 à mars 1986.

Les légumineuses herbacées semées comme témoin dans la même parcelle avaient presque totalement disparu en avril 1985.

Les observations ont porté sur :

- la mortalité,
- la résistance aux maladies et ravageurs,
- la vitesse de développement,
- la nodulation.

Le classement à l'âge de deux ans, en tenant compte de ces quatre critères, met en évidence le bon comportement de trois d'entre elles. Ce sont par ordre de classement décroissant (voir planche p. 226) :

- 1) *Acacia auriculiformis* (Fig. 1),
- 2) *Acacia mangium* (Fig. 2),
- 3) *Albizia falcata* (Fig. 3).

Il faut noter également les médiocres résultats obtenus avec *Leucaena leucocephala* malgré sa réputation de rusticité [3].

Acacia auriculiformis et *Acacia mangium* sont les plus rustiques, ce qui s'explique par leur origine : les souches testées en Côte d'Ivoire ont été collectées par le CTFT sur des sables podzoliques de la Nouvelle Guinée [4].

A la sortie de pépinière, leur système racinaire est pivotant et s'enfonce en profondeur après la plantation. Ceci leur permet de résister à la sécheresse. Ensuite, le système racinaire se ramifie (Fig. 4) et les nodosités sont abondantes (Fig. 5).



FIG. 5. — Détail des nodosités sur un plant d'*Acacia mangium* - 20 mois
(Close up of nodosities on *Acacia mangium* - 20 months)



FIG. 1. — *Acacia auriculiformis* âgé de 20 mois - taille moyenne : 2,10 m
(at 20 months, mean height : 2.10 m)



FIG. 2. — *Acacia mangium* âgé de 20 mois - taille moyenne : 2,20 m
(at 20 months, mean height : 2.20 m).

FIG. 3. — *Albizia falcata* âgé de 20 mois - taille moyenne : 2,80 m
(at 20 months, mean height : 2.80 m).



FIG. 4. — Système racinaire de *Acacia auriculiformis* - 20 mois
(*Acacia auriculiformis* root system - 20 months).



A partir de maintenant, les observations portent sur les points suivants :

- développement,
- volume de bois produit,
- biomasse recyclée,
- possibilité de recépage,
- pouvoir fixateur d'azote,
- pouvoir améliorant du sol.

III. — DISCUSSION : PROPOSITION POUR UNE TECHNIQUE DE REPLANTATION

Les premiers résultats permettent d'envisager l'utilisation de *Albizia falcata*, *Acacia mangium* et *Acacia auriculiformis* pour la régénération des sols des cocoteraies. Dans la mesure où il s'agit de plantes arborescentes à enracinement profond et particulièrement vigoureux, la meilleure solution paraît être une véritable association cocotiers-légumineuses, et ceci de façon permanente.

Les légumineuses enrichiraient le sol en azote et en matière organique, tout en ne concurrençant par le cocotier pour l'ombrage.

Elles pourraient également, lors d'un recépage régulier, fournir du bois de feu, les feuilles et petites branches étant abandonnées sur le sol. On constate en effet que les bourres et les feuilles enlevées par les villageois sont essentiellement utilisées comme combustibles pour la cuisine familiale.

Dès lors on envisage un dispositif de replantations à densité théorique de 160 cocotiers/ha (8,50 en triangle), mais pour lequel une ligne de cocotiers sur trois serait remplacée par une double ligne de légumineuses arborescentes (Fig. 6). Dans ce dispositif, cocotiers et légumineuses auraient chacun leur espace propre pour leur développement.

Le manque à gagner sur la production des cocotiers serait compensé par la production de bois de feu dont le débouché est assuré.

Une expérience est en cours d'implantation dans une coopérative de planteurs de cocotiers à Assinie dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire. La cocoteraie à régénérer occupe les sables littoraux compris entre l'océan et la lagune. Elle a été plantée entre 1925 et 1940, et la production moyenne actuelle est de l'ordre de 50 à 200 kg de coprah/ha/an.

Huit blocs sont prévus chez huit planteurs.

Chaque bloc d'une surface de 3 ha comprend six parcelles :

- 1 parcelle cocotiers + *Albizia falcata*,
- 1 parcelle — + *Acacia mangium*,
- 1 parcelle — + *Acacia auriculiformis*,
- 2 parcelles — témoins, technique traditionnelle de plantation,
- 1 parcelle de légumineuses seules (les 3 espèces).

Tous les cocotiers recevront une fumure uniforme N-P-K-Mg jusqu'à l'âge de 4 ans. Ensuite, ils recevront une fumure P-K-Mg et seule une des parcelles cocotiers témoin continuera à recevoir de l'azote.

Les observations porteront sur :

- précocité de floraison,
- production en noix,
- production de bois,
- évaluation de la biomasse des cocotiers et des légumineuses.

La nutrition minérale sera suivie par diagnostic foliaire.

Tous les 5 ans, des analyses permettront de suivre l'évolution du sol :

- taux de matière organique,
- taux de N-total, N-NH₄, N-NO₃.

Enfin, des contacts sont pris avec l'A.I.E.A. (Agence Internationale pour l'Energie Atomique à Vienne, Autriche) pour l'étude de la fixation d'azote atmosphérique par les légumineuses par la technique de marquage au N15.

CONCLUSION

La prolongation des deux expériences, PB-CC 31 et PB-ES 94, a montré que dans le cas des vieilles cocoteraies établies sur sables quaternaires et mal gérées, une régénération du sol par une légumineuse améliorante était indispensable en replantation.

C'est en effet la seule solution économique permettant de restaurer la fertilité du sol et d'assurer aux cocotiers une alimentation en azote satisfaisante, et ceci de façon permanente. Sans régénération avec une légumineuse, le planteur est condamné à apporter de l'azote tous les ans et obtiendra une production inférieure à ce qu'il obtiendrait en extension.

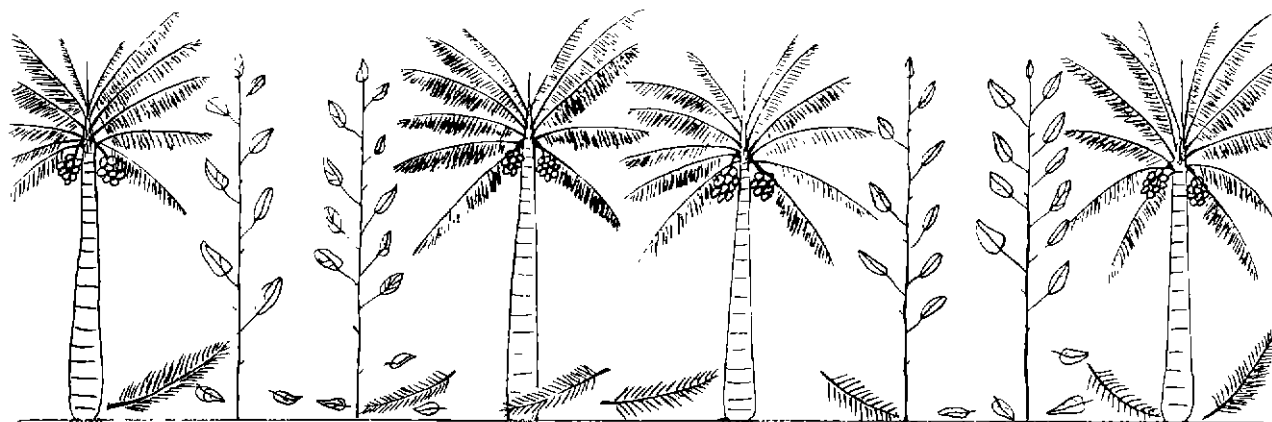


FIG. 6. — Schéma de plantation des cocotiers associés aux légumineuses arborescentes : une ligne de cocotiers a été remplacée par une double ligne de légumineuses arborescentes (Planting design for coconuts associated with arborescent legumes : 1 row of coconuts was replaced by a double row of arborescent legumes).

Parmi sept légumineuses rampantes testées sur les sols à régénérer, aucune n'a poussé de façon satisfaisante et ceci malgré l'utilisation d'hydrorétenteur susceptible d'aider à surmonter les premières saisons sèches.

Parmi les huit légumineuses arbustives ou arborescentes testées également (+ *Aucoumea klaineana*), trois se sont révélées bien adaptées aux sables quaternaires très appauvris et capables de pousser même sous ombrage de vieilles cocoteraies.

Il s'agit des légumineuses arborescentes :

- 1) *Acacia auriculiformis*,
- 2) *Acacia mangium*,
- 3) *Albizia falcata*.

On envisage maintenant une véritable association cocotiers/légumineuses arborescentes, en remplaçant lors de la replantation une ligne de cocotiers sur trois par une double ligne de légumineuses. L'une et l'autre espèces pourraient ainsi pousser sans se concurrencer de façon trop importante, la légumineuse enrichissant le sol et fournissant du bois de feu.

Le dispositif apparaît très intéressant pour toute la bande côtière d'Afrique Occidentale de la Côte d'Ivoire au

Nigeria où prévaut une situation comparable à celle des expériences. La plupart des cocoteraies sont âgées et implantées sur sables quaternaires très appauvris.

La densité de population y est forte à cause de la proximité des grandes villes, entraînant une très forte demande en bois de feu. Les forêts près de la côte sont ainsi en voie de disparition, et tous les déchets végétaux des cocoteraies, feuilles, bourres... sont utilisés comme combustible. Les rendements des cocoteraies qui étaient de l'ordre de 700-1 000 kg de coprah par ha (sans engrais) dans les premières années ont baissé régulièrement et se situent maintenant entre 100 et 300 kg/ha/an. Cette baisse de rendement est due essentiellement à la baisse de fertilité.

L'idéal serait d'arriver à un certain équilibre, la légumineuse produisant suffisamment de bois de feu pour permettre au paysan de restituer à la plantation les bourres et les feuilles de cocotier. On supprimerait ainsi une des principales causes de l'appauvrissement des sols.

Le dispositif envisagé sera testé dans une expérience à mettre en place en 1986 et qui devrait donner ses premiers résultats utiles en 1990.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] POMIER M., TAFFIN G. de (1982). — Etude de la fertilisation et de la régénération des sols dans le cas d'une replantation de cocotiers (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 37, N° 10, p. 455-461.
- [2] JULIA J.-F., MARIAN D. (1976). — Recherches sur l'*Oryctes monoceros* Ol. en Côte d'Ivoire. I. — Lutte biologique, le rôle de la plante de couverture (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 31, N° 2, p. 63-68.
- [3] LEUWERS A. (1985). — Le Leucaena, un espoir pour l'Afrique contre la désertification et contre la faim. *Afrique Agric.*, N° 120, p. 18-20.
- [4] NACIONAL RESEARCH COUNCIL (1983). — *Mangium and other fast growing Acacias for the humid tropics*. National Academy Press, Washington, U S A.

SUMMARY

Restoration of soil fertility when replanting coconut groves.

M. POMIER, V. BELIGNE, X. BONNEAU, G. de TAFFIN, *Oléagineux*, 1986, 41, N° 5, p. 223-230.

The extension of two experiments already described in a previous article has proved that, in the case of old coconut groves established on quaternary sands in southeast Ivory Coast and which are badly managed, soil regeneration through a legume cover crop was indispensable when replanting. On these very impoverished soils, out of 7 spreading legume cover crops tested, not one could be adapted. Good results have been obtained, however, with three arborescent legumes *Albizia falcata*, *Acacia mangium* and *Acacia auriculiformis*. An actual coconut-arborescent legume association is now being considered, thereby making it possible to restore soil fertility and produce both coconuts and firewood at the same time. In West Africa this type of association is applicable to the coconut groves along the entire coastal strip of the Ivory Coast and Nigeria.

RESUMEN

Restablecimiento de la fertilidad de los suelos en la renovación de un cocotal.

M. POMIER, V. BELIGNE, X. BONNEAU, G. de TAFFIN, *Oléagineux*, 1986, 41, N° 5, p. 223-230

La prolongación de dos experiencias que ya se describieron en un artículo anterior, ha mostrado que en el caso de cocotales viejos implantados en arenas cuaternarias en el Sudeste de Costa de Marfil y mal conducidos desde el punto de vista de las prácticas de manejo, en el momento de la renovación era indispensable regenerar el suelo con una leguminosa capaz de mejorarlo. En estos suelos muy pobres no se ha podido adaptar ninguna de las 7 leguminosas rastreras que se probaron, y en cambio se obtuvo buenos resultados con tres leguminosas arborescentes, *Albizia falcata*, *Acacia mangium* y *Acacia auriculiformis*. Se considera ahora una verdadera asociación entre el cocotero y la leguminosa arborescente, que permite restablecer la fertilidad del suelo y producir a un tiempo nueces de coco y leña. En el África occidental, este tipo de asociación interesa los cocotales de toda la faja costera comprendida entre Costa de Marfil y Nigeria.

Restoration of soil fertility when replanting coconut groves

M. POMIER (1), V. BELIGNE (2), X. BONNEAU (1), G. de TAFFIN (1)

INTRODUCTION

A previous article [1] gave the results of two experiments confirming reduced fertility of the quaternary coastal sands in the Ivory Coast.

This phenomenon resulted from a long tradition of coconut monoculture without fertilization, accompanied by unfavorable crop techniques such as intercropping with cassava and the systematic removal of husks and leaves.

In the case of coconut replanting, this drop in fertility brought about :

- a severe nitrogen deficiency,
- for the first few years, a lower production level than that in the initial planting, in spite of ammonium sulphate or urea applications to correct the nitrogen deficiency.

The authors enquired into the production potential of these replantings at the adult age and concluded with the importance of finding legume cover crops likely to improve and restore soil fertility when replanting.

The Agronomy Service at the Marc Delorme Station has continued, over two seasons, to record harvest data from experiments already underway and has set up legume cover adaptation tests under old coconut groves located on quaternary sands.

This article gives the up-dated results.

I. — COCONUT POTENTIAL WITHOUT REGENERATION

Experiment PB-CC 31.

Table I gives production figures for experiment PB-CC 31, planted in 1974 with PB 121 hybrids (160 trees/ha), using a factorial N⁴ Mg⁴ K² design without a legume cover crop.

Up to level N3, production increases with applications of nitrogen.

In spite of this, production remains low, much lower than that obtained on experiment PB-CC 28 in Grand Lahou, set up on cleared forest under less favorable rainfall conditions :

- PB-CC 31 (treatment N3) 1,600 kg copra/ha,
- PB-CC 28 (treatment K1 K2) 2,900 kg copra/ha.

Experiment PB-ES 94.

Table II gives the latest production figures for experiment PB-ES 94, planted in 1973 with PB 121 hybrids (160 trees/ha), using a Fisher block design to compare three soil situations :

- bare soil,
- herbaceous coppice, regularly cut-back,
- legume cover crops.

Overall comprehensive manuring took place until 1977, whilst the legume cover disappeared in 1978 due to overgrazing by sheep.

This trial clearly shows the beneficial effects of legume cover crops on production through improvements in nitrogen nutrition (the beneficial effect of bare soil is very short-lived).

There is a close link between nitrogen contents obtained through leaf analysis and production (Table III), though this link does not exist in the case of potassium.

On the other hand, the link between potassium contents and production is considerable, even dominant, in experiments set up on recently cleared forests and accompanied by good crop techniques.

This link can be observed on two other mineral nutrition experiments set up on cleared forest (Table III) :

— PB-CC 01 : N² P² K⁴ factorial experiment with level 0 for the 3 elements. Clearing took place 25 years before ; wild grasses constitute the legume cover ;

— PB-CC 03 : 2⁵ factorial experiment studying N, P, K, Mg and Na on 2 levels, including level 0. Clearing took place 8 years before : *Centrosema pubescens* constitutes the legume cover.

This N-K role inversion can be explained chronologically. Originally, coastal sands were covered by forest ; they had a relatively high rate organic matter (Table IV) which guaranteed sufficient nitrogen nutrition. At this stage, the limiting factor was potassium deficiency (PB-CC 03). With correctly maintained coconut groves, ie. windrowing with leaves and husks, the rate of organic matter was stabilized, reaching a level at which nitrogen nutrition remained sufficient (PB-CC 01). On the other hand, the systematic removal of harvest waste reduces the rate of organic matter, resulting in a severe nitrogen deficiency (PB-ES 94).

It should also be noted that in these coarse textured clayless soils, organic matter plays an important role in the regulation of water supply, hence mineral nutrition.

Experiments PB-CC 31 and PB-ES 94 clearly show that regeneration using a legume cover crop is the only solution available from an extension point of view to restore soil fertility before replanting and solve the nitrogen problem on a long term basis.

II. — LEGUME COVER ADAPTATION TESTS

1. — Spreading legume covers.

In the Ivory Coast, *Pueraria javanica* is traditionally used as legume cover for coconut groves located on quaternary sands, sometimes in conjunction with *Centrosema pubescens*.

On forest extension, the sowing of these two legume covers is quite easy to carry out, even on quaternary sands [2].

In the case of replanting, sowing fails almost systematically. As coarse sands have a very low rate of organic matter, their water reserve is insufficient and the legume cover withers in the first dry period.

This explains why the legume cover adaptation tests were designed to study varieties and the improvement of sowing techniques.

The species tested were :

- *Pueraria javanica* (control),
- *Centrosema pubescens* (control),
- *Clitoria ternatea* (introduced from north-east Brazil),
- *Mucuna utilis*,
- *Mucuna sinensis*,
- *Phaseolus atropurpureus* (introduced from Australia),
- *Crotalaria retusa* (introduced from the west African Sahel region).

Sowing techniques were improved by :

- sub-soiling the coconut interrow to temporarily eliminate competition from coconut roots ;
- applying a water retention product (Aquistock) at the rate of 1 g per seed hole ;
- applying P K fertilizer at the rate of 2 g per seed hole.

All the results were negative, with or without Aquastock, even with varieties reputed to adapt well under dry conditions.

2. — Arborescent or shrubby legumes.

The failure of the preceding experiments led to the testing of arborescent or shrubby legumes, whose roots tend to go deeper and grow faster, especially when plantlets raised in the nursery are used. For these experiments, the IRHO worked closely with the CTFT.

(1) IRHO-CIRAD, Marc-Delorme Station, 07 BP 13 Abidjan 07 (Ivory Coast).

(2) Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.), 08 BP 33 Abidjan 08 (Ivory Coast).

The trials began in 1984, using the following varieties :

— <i>Flemingia congesta</i>	}	shrubby legumes,
— <i>Sesbania rostrata</i>		
— <i>Leucaena leucocephala</i>	}	arborescent legumes.
— <i>Cassia siamea</i>		
— <i>Samanea saman</i>		
— <i>Albizia falcata</i>		
— <i>Acacia mangium</i>		
— <i>Acacia auriculiformis</i>		
— <i>Aucoumea klaineana</i>		

This last plant is not a legume but in its countries of origin, Congo and Gabon, it is reputed to improve soils.

The seeds were sown in a seed bed, to which were added symbiotic bacteria. The young plants were pricked out in small black polyethylene bags (10 cm diam. by 15 cm). The experiments were set up at the end of April 1984, at the beginning of the rainy season, on a Marc Delorme Station coconut block planted in 1953. A very severe nitrogen deficiency was induced by the halt of fertilizer applications. Most of the leaves on this block are also removed by the inhabitants of the nearby village.

The experimental plots were composed of 2 rows of 25 shrubs spaced 1 m apart on the row with 2 m between each row. They were planted on the coconut interrow.

Whereas the 1984 rainy season was good, the dry seasons following it were long : 5 months from November 1984 to April 1985 then 8 months from August 1985 to March 1986.

The herbaceous cover crops sown for control purposes in the same block had almost totally disappeared by April 1985.

Observations concerned :

- mortality,
- resistance to disease and pests,
- growth rate,
- nodulation.

Grading the plants at the age of 2 years on the basis of these 4 criteria reveals that three species perform well, in descending order :

- 1) *Acacia auriculiformis* (Fig. 1),
- 2) *Acacia mangium* (Fig. 2),
- 3) *Albizia falcata* (Fig. 3).

The mediocre results obtained with *Leucaena leucocephala* should also be noted, in spite of its reputation as a hardy plant [3].

Acacia auriculiformis and *Acacia mangium* are the most hardy, which can be explained by their origin ; the strains tested in the Ivory Coast were collected by the CTFT on podzolic sands in New Guinea [4].

After the nursery stage, the plants form tap roots and strike deep into the soil. This enables them to resist drought. At a later stage the root system branches out (Fig. 4) and nodosities are frequent (Fig. 5).

From now on, observations concern the following :

- development,
- volume of wood produced,
- recycled biomass,
- cutting-back possibilities,
- nitrogen fixing capacity,
- soil improvement capacity.

III. — DISCUSSION : PROPOSAL FOR A REPLANTING TECHNIQUE

The first results suggest that *Albizia falcata*, *Acacia mangium* and *Acacia auriculiformis* could be used to regenerate coconut grove soils. As these plants are arborescent with a deep and particularly hardy root system, the best solution seems to be an actual coconut/arborescent legume association on a permanent basis.

The legume cover would enrich the soil in nitrogen and organic matter, yet would not compete with coconut for shade.

With regular cutting-back, it could also provide fire wood, with leaves and small branches left on the ground. In effect, husks and leaves removed by village inhabitants are chiefly used as fuel for family cooking.

At present, a replanting design at a theoretical density of 160 trees/ha (8.50 triangular) is envisaged, with 1 out of every 3 coconut rows being replaced by a double row of arborescent legume cover (Fig. 6). With this design, coconut and the legume cover will each have their own space for development.

Losses incurred through a drop in coconut production will be

made up through the production of fire wood, for which market openings are ensured.

An experiment is being set up with a coconut planter cooperative in Assinie, south-east Ivory Coast. The coconut grove to be restored is located on the coastal sands lying between the ocean and the lagoon. It was planted between 1925 and 1940 and present mean production is about 50-200 kg copra/ha/yr.

Eight blocks are envisaged for 8 planters.

Each 3-ha block consists of 6 plots :

- 1 plot planted with coconut + *Albizia falcata*,
- 1 plot planted with coconut + *Acacia mangium*,
- 1 plot planted with coconut + *Acacia auriculiformis*,
- 2 plots planted with coconut controls, according to the standard planting technique,
- 1 plot planted with legume cover only (3 species).

All coconuts will receive a uniform N-P-K-Mg fertilizer up to 4 years, following which a P-K-Mg fertilizer will be applied, and only 1 of the control plots will continue to receive nitrogen.

Observations will concern :

- flowering precocity,
- nut production,
- wood production,
- evaluation of the coconut and legume cover biomass.

Mineral nutrition will be checked through leaf analysis. Every 5 years, soil analyses will be undertaken to determine :

- the rate of organic matter,
- the rate of total N, N-NH₄ and N-NO₃.

Finally, contacts have been made with the I.A.E.A. (International Atomic Energy Agency - Vienna, Austria) to study the fixation of atmospheric nitrogen by legume cover crops, using the N15 marking technique.

CONCLUSION

The extension of these two experiments, PB-CC 31 and PB-ES 94, has shown that, in the case of old coconut groves established on quaternary sands and which are badly managed, soil regeneration through a legume cover crop was indispensable when replanting.

In effect, the planting of legume cover crops is the only economic way to restore soil fertility and ensure permanent nitrogen nutrition at a satisfactory level for coconut. Without legume cover crop regeneration, the planter has to apply nitrogen every year and will obtain lower production results than those in extension.

None of the seven spreading legume cover crops tested grew satisfactorily on soils in need of regeneration, even though a water retention product was applied to help the plant withstand the first dry seasons.

Of the eight shrubby or arborescent legumes tested (+ *Aucoumea klaineana*), three adapted well to very impoverished quaternary sands and developed even under the shade of old coconut groves. These three plants are the arborescent legumes :

- *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Albizia falcata*.

Today, an actual coconut/arborescent legume association can be envisaged, by replacing, when replanting, 1 out of every 3 coconut rows with a double legume row. Hence both species could grow without too much competition, the legume enriching the soil and providing firewood.

This design could be considered throughout the West African coastal strip, from the Ivory Coast to Nigeria, where there exists a situation comparable to the experiments. Most of the coconut groves are old and established on very impoverished quaternary sands.

The population density is high because of the proximity to large cities, which results in a high demand for firewood. Hence the forests near the coast are disappearing, and all coconut grove harvest waste, leaves, husks, etc. is used as fuel. Coconut yields, which were about 700-1,000 kg copra/ha (without fertilizer) in the first few years, have consistently decreased and are now between 100-300 kg/ha/yr. This yield reduction is essentially due to reduced fertility.

The ideal would be to find a certain balance, the legume producing enough firewood to enable the farmer to leave coconut husks and leaves in the field. One of the principal causes of soil impoverishment would therefore be done away with.

The design envisaged will be tested in an experiment to be set up in 1986, which should give its first useful results in 1990. □