

Recherche d'un système cultural stabilisé associant le cocotier à des arbres fixateurs d'azote

Search for a stable cropping system combining coconut and nitrogen fixing trees

G. de TAFFIN⁽¹⁾ - N. ZAKRA⁽¹⁾ - M. POMIER⁽¹⁾ S. BRACONNIER⁽¹⁾ - R.W. WEAVER⁽²⁾

Résumé. — Un système de replantation d'une vieille cocoteraie a été mis en place en 1986, sur les sables du littoral ivoirien. Il associe dès le planting les cocotiers à 2 légumineuses (*Acacia mangium* et *Acacia auriculiformis*) et à *Casuarina equisetifolia*. Les observations effectuées au cours des quatre premières années montrent que la croissance des cocotiers comme des arbres fixateurs d'azote est très bonne. La production importante de bois des arbres associés peut être utilisée pour les usages domestiques. Lors du recépage, en laissant au sol tous les organes des arbres fixateurs d'azote, à l'exception du bois, on recycle 47 à 52 % de la biomasse végétale ; ce qui représente plus de 80 % de l'azote total potentiel. Ce système de culture paraît prometteur pour le maintien et la restauration de la fertilité de ces sols. *A. mangium* semble la légumineuse potentiellement la plus efficace pour atteindre cet objectif.

Mots clés. — Fertilité, culture associée, *Cocos nucifera*, *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Casuarina equisetifolia*, biomasse, azote total, légumineuse arborescente, sable côtier.

Summary — A system for replanting old coconut groves was set up in 1986 on the coastal sands in Côte-d'Ivoire. It involved intercropping 2 legumes (*Acacia mangium* and *Acacia auriculiformis*) and *Casuarina equisetifolia* with coconut right from the outset. The observations carried out over the first four years show that the growth of both the coconuts and the N fixing trees is very good. The large amount of wood produced by the intercropped trees can be used for domestic purposes. When cutting back, if all the organs from the N fixing trees apart from the wood are left on the ground, 47 to 52% of the plant biomass is recycled, amounting to over 80% of potential total nitrogen. This cropping system appears promising for maintaining and restoring fertility in these soils. *A. mangium* seems potentially to be the most effective plant for achieving this objective.

Key words. — Fertility, intercrop, *Cocos nucifera*, *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Casuarina equisetifolia*, biomass, total nitrogen, tree legume, coastal sand.

INTRODUCTION

Une association permanente cocotier-légumineuses arborescentes a été envisagée pour les sables côtiers du Sud-Est de la Côte-d'Ivoire dès 1984 (Pomier *et al.*, 1986). Le cocotier est la seule culture de rente possible sur ces sols chimiquement très pauvres mais physiquement convenables. La très faible fertilité naturelle a été aggravée dans la plupart des cas par une très longue monoculture en cocotier, sans apport d'engrais et sans aucune restitution organique. Cette dernière s'explique par la récupération systématique des bourres et des feuilles comme combustible pour les besoins familiaux (Pomier, de Taffin, 1982) (Photo 1)

L'association cocotier-légumineuses arborescentes présente donc d'un point de vue théorique plusieurs avantages :

- la légumineuse améliore la fertilité des sols en apportant azote et matière organique, grâce à son pouvoir fixateur d'azote atmosphérique et au recyclage de sa litière végétale ;
- une production de bois de feu lors de recépages périodiques pourrait satisfaire les besoins du paysan, et lui permettre de restituer au cocotier les bourres et les feuilles.

INTRODUCTION

Permanent coconut-tree legume intercropping has been considered for the coastal sands in Southeast Ivory Coast since 1984 (Pomier *et al.*, 1986). Coconut is the only cash crop possible on these chemically very poor, but physically suitable soils. Their very low natural fertility has been exacerbated in most cases by exclusive coconut cropping over very long periods, with no fertilizer applications and no return of organic matter to the soil, as husks and leaves are systematically removed and used to meet family fuel requirements (Pomier, de Taffin, 1982) (Photo 1). Hence, in theory, coconut-tree legume intercropping offers several advantages.

- the legume improves soil fertility by providing nitrogen and organic matter, through its ability to fix atmospheric nitrogen and through recycling of its plant litter.
- firewood production during periodic pruning could meet smallholders' requirements and enable them to return coconut husks and leaves to the soil.

(1) IRHO Station cocotier "Marc Delorme" - 07 BP 13 - Abidjan 07

(2) Department of Soil and Crop Sciences College, Texas A and M University, 77-843-2474 Texas (USA)

(1) IRHO, Marc Delorme coconut research station, 07 BP 13, Abidjan 07

(2) Department of Soil and Crop Sciences College, Texas A and M University, 77-843-2474 Texas (USA)

Le travail préliminaire de Pomier *et al* (1986) a permis de sélectionner, en liaison avec le CTFT⁽¹⁾, trois légumineuses arborescentes adaptées aux sols en référence. Il s'agit de : *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium* et *Albizia falcata*. Un essai d'association a été mis en place dès 1986. Les recherches ont bénéficié d'un soutien scientifique de l'AIEA⁽²⁾, permettant d'utiliser les techniques de marquage à l'Azote 15. Ceci a permis d'étudier l'activité symbiotique des racines, les phénomènes de compétition et la répartition dans le cocotier et les arbres fixateurs, de l'azote prélevé au sol (Zakra - Weaver - 1990).

Cet article fait un premier bilan des résultats. Il servira aussi d'introduction à d'autres articles à paraître, qui présenteront de façon plus spécifique et plus détaillée certains résultats expérimentaux.

MATERIEL ET METHODE

Protocole de l'expérience PB-CC 46

Il s'agit de l'expérience pivot des recherches entreprises.

- Localisation et milieu

Elle a été mise en place en mai 1986 à l'extrême Sud-Est de la Côte-d'Ivoire, sur le rivage d'Assinie (Fig. 1). Les cocotiers abattus avaient entre 45 et 60 ans. Ils faisaient partie d'une cocoteraie villageoise, dont la productivité était devenue très faible (entre 50 et 200 kgs de coprah/ha/an). C'est pourquoi, les propriétaires ont accepté son abattage. Le sol est constitué de sables quaternaires grossiers (97 %) de bord de mer dont la teneur en matière organique n'est que de 0,75 % et celle de l'azote total de 0,50 % dans la couche superficielle (0 - 20 cm) ; la C.E.C. est voisine de 1 me/100 g. La pluviométrie moyenne enregistrée de 1986 à 1989 sur le site a été de 1565 mm avec 5 à 7 mois (moyenne 6 mois) avec une pluviosité inférieure à 100 mm.

- Dispositif expérimental

L'expérience est conçue en 4 blocs de Fisher. Un bloc comprend les 8 parcelles élémentaires suivantes (Fig. 2) :

- 2 parcelles témoins de cocotiers (TN0 et TN1) comprenant chacune 6 lignes de 9 cocotiers plantés à 8,5 m en triangle.
- 3 parcelles d'association cocotiers-légumineuses arborescentes : la première avec *A. mangium* (L2), la seconde avec *A. auriculiformis* (L3), la troisième avec *A. falcata* (L1). Cette dernière s'étant rapidement révélée trop sensible aux embruns a été remplacée par *Casuarina equisetifolia* beaucoup plus résistant. Les trois arbres testés sont donc deux légumineuses généralement associées avec des bactéries de type *Rhizobium* et une casuarinée, plante actinorhizienne qui fixe aussi l'azote mais en symbiose avec des bactéries du genre *Frankia*. Chaque parcelle d'association comprend 3 fois 2 lignes de 9 cocotiers séparées par 3 doubles lignes de légumineuses. Le piquetage initial était de 9 lignes de cocotiers. On a ensuite remplacé 1 ligne sur 3 par une double ligne de légumineuses. L'espacement des légumineuses est de 2 m sur la ligne et 3 m entre les lignes.
- 3 parcelles de plantation pure : deux de chaque légumineuse et une de *C. equisetifolia*.

The preliminary work by Pomier et al (1986) led to the selection, in conjunction with CTFT⁽¹⁾, of three tree legumes, adapted to the soils in question. They were Acacia auriculiformis, Acacia mangium and Albizia falcata. An intercropping trial was set up in 1986. Research benefitted from the scientific support of IAEA⁽²⁾, which made it possible to use Nitrogen 15 labelling techniques. In this way, it was possible to study root symbiotic activity, competition phenomena and distribution within the coconuts and fixing trees of nitrogen taken from the soil (Zakra - Weaver - 1990).

This article provides an initial overview of results. It also serves as the introduction to other articles to appear, which will provide a more specific and more detailed rundown of certain experimental results.

MATERIAL AND METHOD

Protocol for experiment PB-CC 46

This is the linch pin experiment of the research being conducted.

- Site and medium

The experiment was set up in May 1986 in the extreme Southeast of Côte-d'Ivoire, on the Assinie shore (Fig. 1). The felled coconuts were between 45 and 60 years old. They formed part of a coconut smallholding, whose productivity had become very low (between 50 and 200 kg of coprah/ha/year), which is why the owners agreed to fell them. The soil is made up of coarse quaternary coastal sands (97%), whose organic matter content is only 0.75% and total nitrogen only 0.50% in the topsoil (0-20 cm); the CEC is around 1 meq/100 g. The mean rainfall recorded between 1986 and 1989 at the site was 1565 mm with 5 to 7 months (average 6 months) when rainfall was under 100 mm.

- Experimental design

The experiment was set up in 4 Fisher blocks. A block contains the following 8 elementary plots (Fig. 2):

- 2 coconut control plots (TNO and TNI), each comprising 6 rows of 9 trees planted in 8.5 m triangles
- 3 plots with intercropped coconuts and tree legumes: the first with *A. mangium* (L2), the second with *A. auriculiformis* (L3) and the third with *A. falcata* (L1). The latter rapidly proved too sensitive to seaspray and was replaced by *Casuarina equisetifolia*, which is much more resistant. The three trees tested are therefore two legumes generally associated with *Rhizobium* type bacteria and a casuarinaceae, an actinorhizian plant, which also fixes nitrogen, but in symbiosis with *Frankia* genus bacteria. Each intercrop plot has 3 times 2 rows of 9 coconuts, separated by 3 double rows of legumes. Initial lining was 9 rows of coconuts. Every third row was subsequently replaced by a double row of legumes. Legume spacing was 2 m along the row and 3 m between rows.
- 3 single crop plots: two of each legume and one of *C. equisetifolia*.

(1)CTFT : Centre Technique Forestier Tropical Côte-d'Ivoire

(2) AIEA : Agence Internationale pour l'Energie Atomique.

(1) CTFP . CIRAD Tropical Forestry Department, Côte-d'Ivoire

(2) AIEA International Atomic Energy Agency

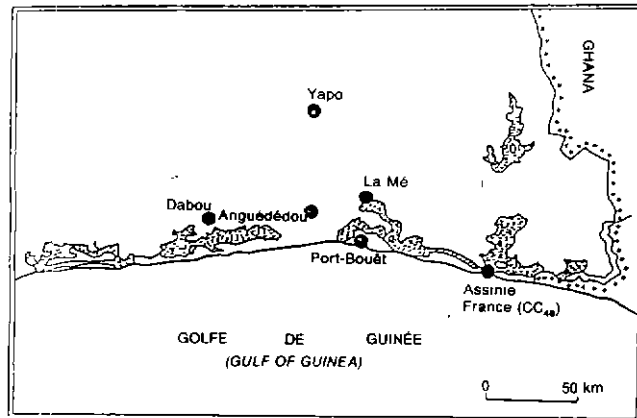


FIG. 1 — Localisation de l'expérience CC46 — (Location of experiment CC46)

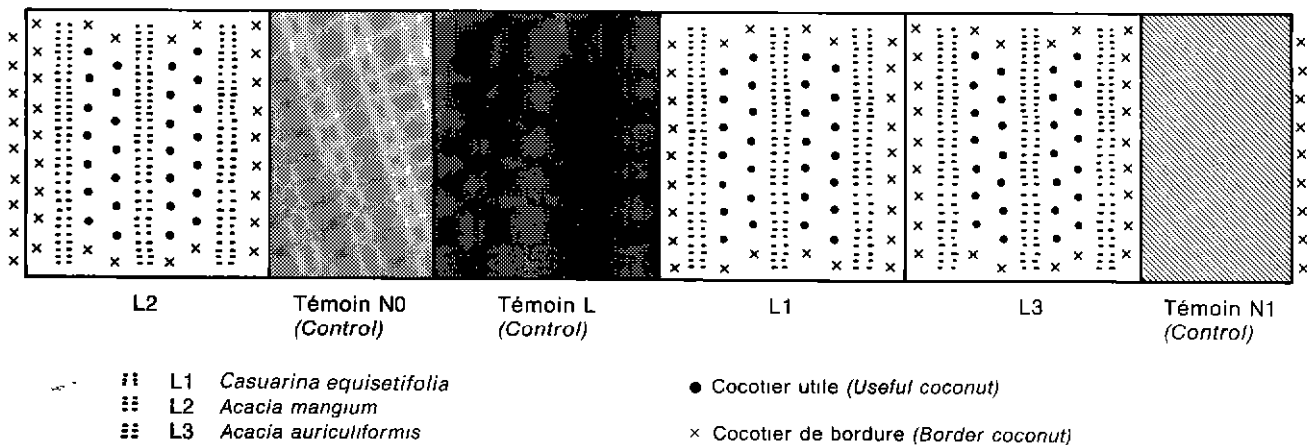


FIG. 2. — Plan d'un bloc de l'expérience CC46 — (Layout of a block in experiment CC46)

Chaque bloc est complété par deux lignes de bordure extérieures plantées de cocotiers, et a une superficie totale de 2,8 hectares.

- Nutrition minérale et fumure

Les légumineuses arborescentes et *C. equisetifolia* ont reçu 140 grammes d'un mélange (PK), en proportions égales, de phosphate bicalcique et de chlorure de potassium, qui a été apporté en 4 fois : 20 g en octobre 86 et avril 87, puis 50 g en octobre 87 et avril 88.

Les cocotiers ont été fumés de façon uniforme (Tabl. I.)

Protocole d'observation

- Sur cocotiers

Sur les arbres utiles de l'expérience, on a effectué les mesures de croissance et de développement habituelles, à savoir : comptage des feuilles, circonférence au collet et précocité de floraison.

Les enregistrements de production en noix/arbre ont débuté fin 1989. On a par ailleurs, effectué un diagnostic foliaire annuel dès 1989.

Each block is completed by two outside border rows planted with coconuts, and covers a total area of 2.8 ha.

- Mineral nutrition and fertilization

The tree legumes and *C. equisetifolia* received 140 g of a mixture (PK), in equal proportions, of bicalcium phosphate and potassium chloride, applied in 4 split applications: 20 g in October 86 and April 87, then 50 g in October 87 and April 88.

The coconuts were given uniform fertilizer applications (Table 1).

Observation protocol

- On coconuts

The usual growth and development measurements were made on the useful trees in the experiment, i.e.: counting of leaves, girth and flowering precocity.

Production records in nuts/tree began at the end of 1989. Annual leaf analyses were also carried out from 1989 onwards



Photo 1 — Troncs et grosses branches sont débités puis débarrassés. — *Trunks and large branches chopped up and removed*

Photo 2 — Petites branches et feuilles sont laissées sur place pour restituer la matière organique. — *(B)anches and leaves left in situ to return organic matter to the soil*



Photo 3. — Récupération systématique des bourres et des feuilles comme combustible pour les besoins familiaux. — *(Systematic recovery of husks and leaves as fuel for domestic purposes)*

TABLEAU I. — **Fumure des cocotiers (kg/arbre)** — (*Coconut fertilization – kg/tree*)

	1986 ⁽¹⁾	1987 ⁽²⁾	1988	1989	1990	1991 etc. (prévision) — (forecast)
N						
Urée à 46 % N (Urea at 46% N)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	(0,5) ⁽²⁾
P						
Super phosphate simple à 18 % de P ₂ O ₅ (Single superphosphate at 18% P ₂ O ₅)	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	—
K						
Chlorure de potasse à 60 % K ₂ O (Potassium chloride at 60% K ₂ O)	0,4	0,8	1,2	1,5	2,0	2,0
Mg						
Kiésérite à 27 % MgO (Kieserite at 27% MgO)	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	0

(1) En deux applications. — (*in two applications*)

(2) A partir de 1991, une seule parcelle témoin sur deux (TN1) de cocotiers en culture pure par bloc continuera à recevoir de l'engrais azoté. Toutes les autres TNO, L1, L2, L3 en étant privées. — (*From 1991 onwards, only one in every two control plots per block for coconuts grown alone (TN1) will be given nitrogen fertilizer. All the others, TNO, L1, L2 and L3 will receive none*)

Sur légumineuses et *C. equisetifolia*

Des mesures de circonférence et de croissance en hauteur ont également été effectuées. Elles ont été complétées par des études de biomasse et d'aptitude au recépage.

Etude de la biomasse et de l'azote total

Des mesures de biomasse ont été réalisées, aussi bien en association qu'en plantation pure, sur les différents organes et la litière des légumineuses et de *C. equisetifolia*.

Pour cela, 6 individus représentatifs de chacune des trois espèces d'arbres fixateurs d'azote et pour chaque mode de culture, ont été choisis sur 3 blocs (2 arbres par bloc). Chaque arbre, âgé de 4 ans et demi, a été récolté de manière à obtenir le poids frais des feuilles, des fruits, des branches et du tronc. La litière a été prélevée sous 6 arbres contigus.

L'échantillonnage pour la détermination du poids sec et de l'azote total des organes (à l'exception des fruits) a porté uniquement sur deux des six arbres par variété et par mode de plantation. Pour les fruits, la détermination n'a été faite dans certains cas que sur un échantillon. Dans le cas de la litière, un échantillon a été prélevé par site, par variété et par mode de plantation.

L'azote total a été dosé par la méthode Kjeldhal (J.M. Bremner and C.S. Mulvaney - 1982).

Recépage et production de bois

Un premier recépage a été effectué en mars-avril 1990 (en fin de saison sèche). Ne connaissant pas avec précision l'aptitude au recépage des différentes variétés dans les conditions expérimentales, on a jugé prudent de ne recéper qu'un arbre sur deux sur chaque ligne. Les troncs ont été coupés à la tronçonneuse à une hauteur d'environ 1,50 m. Puis les petites branches et feuilles ont été séparées et laissées sur place en restitution organique (Photo 2). Le bois restant (tronc +

On the legumes and *C. equisetifolia*

Girth and vertical growth measurements were also made. They were completed by biomass and cutting-back suitability studies.

Study of biomass and total nitrogen

Biomass measurements were taken, both in intercrops and in monocultures, on the different organs and the litter of the legumes and of *C. equisetifolia*.

For this, 6 individuals representative of each of the three nitrogen fixing tree species and of each type of cropping were chosen from 3 blocks (2 trees per block). Each tree, aged 4 1/2 years, was harvested so as to obtain the fresh weight of leaves, fruits, branches and trunk. The litter was taken from under 6 adjacent trees.

Sampling to determine the dry weight and total nitrogen content of the organs (apart from the fruits) concentrated on only two of the six trees per variety and per planting method. For fruits, determination was only carried out on a sample in certain cases. For the litter, a sample was taken per site, per variety and per planting method.

Total nitrogen was quantified using the Kjeldhal method (J.M. Bremner and C.S. Mulvaney - 1982).

Cutting back and wood production

The first cutting back took place in March-April 1990 (at the end of the dry season). As it was not precisely known how suitable the different varieties were for cutting back under the experimental conditions, it was judged wise only to cut back every other tree along the row. The trunks were cut back with a chain saw to a height of 1.50 m. The small branches and leaves were then separated and left in place to return organic matter to the soil (Photo 2). The remaining

grosses branches) a été ensuite débité puis débardé. Après estimation du volume, il a été utilisé par les paysans (Photo 3).

- Sur le sol

Son évolution sera suivie par des analyses périodiques effectuées à intervalle de 5 ans.

Difficultés rencontrées

Lors de la mise en place de l'expérience (en mai 1986), on a rencontré deux difficultés majeures :

- la première, prévisible et prévue, est venue d'une forte pullulation d'*Oryctes* dès 1987, soit environ un an après l'abattage des vieux cocotiers. Ces derniers en pourrissant ont favorisé la multiplication des ravageurs. Les vieux cocotiers ont donc dû être éliminés et les souches restées au sol contrôlées régulièrement ;
- la deuxième est venue des brûlures occasionnées par les embruns⁽¹⁾ sur les feuilles et les bourgeons des jeunes plants. On a observé à ce sujet un assez bon comportement de *A. mangium* et *A. auriculiformis*. Par contre, *A. falcata* a été très affecté, avec de nombreux cas de mortalité par dessèchement de l'axe principal et du système foliaire. C'est pourquoi, il a été remplacé par *C. equisetifolia* dès juillet 1986.

Nous avons dû, par ailleurs, procéder très rapidement à :

- la protection des plants de légumineuses par des manchons de feuilles de palmier raphia de 0,60 cm de hauteur ;
- la mise en place d'un "brise-vent" en feuilles de cocotiers tressées de 1,5 m de hauteur ;
- la plantation d'un second "brise-vent" de *C. equisetifolia* (3 lignes en quinconce) en mai 1986, derrière la palissade de feuilles de cocotiers.

Il a ainsi été possible de redresser la situation de façon satisfaisante. Mais il est acquis maintenant qu'une plantation aussi proche de la mer doit être précédée de la plantation d'un "brise-vent", *C. equisetifolia* paraissant dans nos conditions une plante bien adaptée à cet usage.

PREMIERS RESULTATS

Sur cocotiers

- Mortalité

La reprise des cocotiers a été assez satisfaisante. La mortalité moyenne a été de 4,8 % lors de la première année avec un effet bloc très marqué (Tabl. II). Cette mortalité est surtout due à des cas de pourriture sèche et aux attaques d'*Oryctes*.

On a de plus remarqué que les jeunes plants les plus proches de la mer, quand ils n'étaient pas protégés par le "brise-vent", présentaient quelques brûlures sur folioles, cependant sans gravité.

Mesures de croissance

On constate (Tabl. III) que la croissance des cocotiers est très satisfaisante et plutôt supérieure à la moyenne observée en Côte-d'Ivoire.

wood (trunk and large branches) was then cut up and removed and used by the smallholders (Photo 3)

- On the soil

Its evolution will be monitored through 5-yearly analyses.

Difficulties encountered

When the experiment was set up (in May 1986), two major difficulties were encountered

- the first, which was expected and prepared for, was a severe *Oryctes* outbreak in 1987, i.e. about a year after the old coconuts had been felled. The rotting trunks provided breeding sites for the pests. The old coconuts therefore had to be eliminated and the stumps remaining in the soil checked regularly.
- the second came from burns caused by sea spray⁽¹⁾ on the leaves and buds of young plants. In this respect, *A. mangium* and *A. auriculiformis* were seen to perform quite well. However, *A. falcata* was severely affected, with numerous deaths through drying out of the main axis and of the leaves, which is why it was replaced with *C. equisetifolia* in July 1986.

We also had to rapidly

- protect the legumes with 0.60 m long sleeves made from raffia palm leaves,
- install 1.5 m high "wind-breaks" made from woven coconut leaves,
- plant a second *C. equisetifolia* "wind-break" (3 rows planted in a staggered arrangement) in May 1986, behind the coconut leaf fence.

It was thus possible to re-establish a satisfactory situation, but it is now known that "wind-breaks" need to be planted before any plantation is set up so close to the sea, and under our conditions *C. equisetifolia* seemed to be highly suitable.

INITIAL RESULTS

On coconuts

- Deaths

Coconut striking was quite satisfactory. The average death rate was 4.8% in the first year, with a very marked block effect (Table II). The deaths were mostly due to dry rot and *Oryctes* attacks.

It was also noted that the young plants nearest the sea had burns on their leaflets, albeit not serious, if they were not protected by the "wind-break"

Growth measurements

Table III shows that coconut growth is highly satisfactory, and somewhat better than the mean observed in Côte-d'Ivoire.

(1) Les tests préliminaires avaient été conduits à environ 250 m de l'océan, alors que dans le cas présent l'essai est situé à une distance de 100 à 250 m

(1) The preliminary trials were conducted around 250 m from the ocean, whereas in this case, the trial is between 100 and 250 m away.

TABLEAU II. — Taux de mortalité des cocotiers — (*Coconut death rate*)

Bloc — (<i>Block</i>)	1	2	3	4	Moyenne (<i>Average</i>)
% mortalité première année sur arbres utiles (% <i>death rate in the first year on useful trees</i>)	0,7	8,5	5,0	5,0	4,8

TABLEAU III. — Mesures de croissance sur cocotiers — (*Coconut growth measurements*)

	L1	L2	L3	TN0	TN1
Circonférence au collet à 17 mois (octobre 87) en cm (<i>Girth at 17 months – October 87 – in cm</i>)	83,4	82,6	77,1	80,5	81,2
Nombre de feuilles émises d'octobre 1987 à mars 1988 (<i>Number of leaves emitted from October 87 to March 88</i>)	3,8	3,7	3,1	4,0	3,7
Nombre de feuilles vivantes en mars 88 (fin saison sèche) (5 mois) (<i>Number of leaving leaves in March 88 – end of dry season – 5 months</i>)	16,1	16,2	14,5	16,2	16,0

L1 : association avec *C. equisetifolia* — (*intercropping with C. equisetifolia*)L2 : association avec *A. mangium* — (*intercropping with A. mangium*)L3 : association avec *A. auriculiformis* — (*intercropping with A. auriculiformis*)TN0 : premier témoin (sans azote à partir de 1991) — (*first control - no nitrogen from 1991 onwards*)TN1 : second témoin — (*second control*)TABLEAU IV. — % d'arbres fleuris — (*% of trees having flowered*)

	L1	L2	L3	TN0	TN1
31 mois après plantation (<i>31 months after planting</i>)	18,7	17,9	8,0	20,5	24,1
34 mois après plantation (<i>34 months after planting</i>)	34,0	31,8*	16,2*	41,8	38,1

Aucune différence significative n'a été observée entre les objets. Mais on a noté un très fort gradient sur les lignes de cocotiers : les arbres les plus proches de la mer étaient les plus développés. On suppose que cela est dû à l'effet du brise-vent, accentué par un gradient de fertilité du sol.

• Floraison

Les floraisons ont été remarquablement précoces par rapport à ce qui est habituellement observé en Côte-d'Ivoire (Tabl. IV).

L'analyse statistique montre que les objets L2 et surtout L3 ont eu une floraison significativement plus tardive que les autres. Les acacias ont donc eu à ce stade de l'expérimentation un certain effet dépressif, qui peut s'expliquer par l'existence d'une compétition entre eux et les cocotiers (notamment pour la lumière).

• Nutrition minérale

Comme tous les traitements ont reçu une dose commune d'engrais azotés depuis 1986, il est normal que les premières teneurs foliaires (décembre 1989) n'indiquent pas de différence de nutrition minérale pour l'azote. Ce n'est que vers 1993 que l'on verra émerger les cocotiers en association par rapport aux cocotiers purs (TN0) privés d'engrais azoté depuis 1991.

On remarque cependant les très faibles niveaux de potassium, à rapprocher des teneurs très élevées en magnésium (antagonisme K - Mg), dont les apports seront (provisoirement) interrompus en 1991. Notons enfin que la teneur en K de l'objet L1 est significativement supérieure à celles des objets TN0, TN1. Cette observation sera à confirmer ultérieurement.

No significant difference was seen between treatments. However, a very steep gradient was seen along the coconut rows - the trees nearest the sea were the best developed. It is assumed that this stems from the "wind-break" effect, enhanced by a soil fertility gradient.

• Flowering

Flowering was remarkably precocious compared to what is usually seen in Côte-d'Ivoire (Table IV)

Statistical analysis shows that treatment L2 and particularly L3 flowered significantly later than the others. Hence, at this stage of the experiment, the acacias had a somewhat depressive effect, which can be explained by the existence of competition between them and the coconuts (especially for light).

• Mineral nutrition

As all the treatments have been given the same nitrogen fertilizer rate since 1986, it is normal for the first leaf contents (December 1989) not to indicate any difference in nitrogen nutrition. Differences between intercropped coconuts and coconuts grown alone (TN0) without nitrogen since 1991 cannot be expected to emerge before 1993.

However, the very low potassium levels should be noted, to be compared with the very high magnesium contents (K-Mg antagonism), applications of which will be halted (temporarily) in 1991. Finally, it should be noted that the K content in treatment L1 is significantly higher than that in treatments TN0 and TN1. This observation will need to be confirmed later

TABLEAU V. — Teneurs foliaires – Décembre 1989 (feuille14) — (Leaf contents – December 1989 – leaf 14)

	L1	L2	L3	TN0	TN1
% N	1,92	1,96	1,92	1,85	1,98
% K	0,887a	0,787ab	0,781ab	0,696b	0,715b
% Mg	0,532	0,542	0,540	0,598	0,559

a et b sont statistiquement différents à P 0,5 % (test de Duncan). — (a and b are statistically different at P 0.5% (Duncan test).

TABLEAU VI. — Croissance des arbres fixateurs en fonction de leur distance à la mer à différents âges — (Growth of nitrogen fixing trees depending on their distance from the sea at different ages)

Distance (m)/mer (Distance from the sea – m)	70	82	95	107	119	131	143	Hauteur moyenne (Mean height)	Circonf. moyenne à 1m30 du sol (cm) (Mean circumference 1.30 m from the ground – cm)
Hauteur — (Height) (m)									
Mesures à 3 ans (Measurement at 3 years)									
<i>A. mangium</i>	3,3	3,7	4,6	4,7	5,9	5,0	4,5	4,5	14,7
<i>A. auriculiformis</i>	4,1	4,9	4,4	5,1	5,7	4,8	4,7	4,8	16,2
<i>C. equisetifolia</i>	3,5	3,6	4,6	4,4	3,6	3,5	2,3	3,6	10,2
Mesures à 4 ans (Measurement at 4 years)									
<i>A. mangium</i>	5,7	5,6	6,5	7,1	8,3	9,4	8,2	7,2	25,4
<i>A. auriculiformis</i>	6,5	6,5	5,5	6,5	7,5	6,8	7,9	6,7	20,7
<i>C. equisetifolia</i>	7,2	7,8	7,1	8,3	7,8	6,6	6,3	7,3	18,5

Sur légumineuses arborescentes et *C. equisetifolia*

• Croissance

Les observations (Tabl. VI) ont été effectuées par le Centre Technique Forestier Tropical de Côte-d'Ivoire (CTFT). Après un démarrage difficile dû à l'effet des embruns, la croissance des légumineuses arborescentes et de *C. equisetifolia* a été excellente, dès que les brise-vents ont pu jouer leur rôle. Fin 1989, leur croissance était telle qu'un recépage a dû être envisagé pour :

- diminuer la compétition avec les cocotiers, notamment pour la lumière ;
- récolter une première production de bois de feu.

• Recépage et production de bois

Le taux de reprise des arbres recépés (Tabl. VII) a été excellent pour *C. equisetifolia* et *A. mangium*, avec respectivement 100 % et 98,9 % de reprise. Pour *A. auriculiformis*, le taux est plus faible (82,6 %), mais reste cependant élevé.

Le volume de bois récolté (Tabl. VIII) a permis d'estimer la production par hectare de plantation associée. Ainsi, *A. auriculiformis* semble avoir, et de loin, la meilleure production, avec 49 m³/ha d'association. Mais le volume de bois produit par cet arbre est difficile à mesurer compte tenu de l'irrégularité des morceaux de bois. Viennent ensuite *A. mangium* et *C. equisetifolia* (22 m³).

• Estimation de la Biomasse

La biomasse produite par les trois variétés (Tabl. IX) en culture associée est plus importante qu'en culture pure. L'augmentation est de 71,6% pour *A. mangium*, 63 % pour *A. auriculiformis* et 65,5 % pour *C. equisetifolia*.

Elle s'explique par l'existence d'une compétition pour la lumière, l'eau et les éléments nutritifs du sol beaucoup plus intense dans le cas d'une plantation pure.

On tree legumes and *C. equisetifolia*

• Growth

The observations (Table VI) were carried out by the Centre Technique Forestier Tropical (CTFT) in Côte-d'Ivoire. After a difficult start due to sea spray effects, legume and *C. equisetifolia* growth were excellent once the "wind-breaks" came into play. By the end of 1989, their growth was such that cutting back could be considered, so as to:

- reduce competition with the coconuts, especially for light;
- harvest the first firewood production.

• Cutting back and wood production

The recovery rate for trees that had been cut back (Table VII) was excellent for *C. equisetifolia* and *A. mangium*, at 100% and 98.9% respectively. The rate was lower for *A. auriculiformis* (82.6%), but was still high.

The volume of wood harvested (Table VIII) was used to estimate production per hectare of intercropped planting. *A. auriculiformis* appeared to have by far the highest production, with 49 m³/ha of intercropped planting. However, the volume of wood produced by this tree was difficult to measure given the irregular sizes of the pieces of wood. *A. mangium* and *C. equisetifolia* produced less (22 m³).

• Estimation of biomass

The biomass produced by the three varieties (Table IX) when intercropped was greater than when grown alone. The increase was 71.6% for *A. mangium*, 63% for *A. auriculiformis* and 65.5% for *C. equisetifolia*.

This can be explained by the existence of competition for light, water and soil nutrients, which was much more intense when the crops were grown alone.

Quel que soit le mode de culture, la biomasse d' *A. mangium* reste la plus importante. Pour les 2 légumineuses, on constate qu'en moyenne, la partie tronc plus grosses branches représentent environ 48 % de la biomasse totale, la litière environ 27 % et la partie branchage + feuilles + fruits 25 %. Pour *C. equisetifolia* la partie bois constitue 53 % de la biomasse totale, la litière seulement 15 % et la partie branchage + feuilles + fruits 32 %. Au moment du recépage, on n'exporte des parcelles que la partie tronc + grosses branches. On restitue donc au sol près de la moitié de la biomasse produite par la culture associée aux cocotiers, soit par ha d'association : 26 T. matière sèche (MS) pour *A. mangium*, 24 T. MS pour *A. auriculiformis*, 22 T. MS pour *C. equisetifolia*.

Nous constatons que, contrairement aux volumes de bois estimés lors du recépage, la biomasse du tronc de *A. mangium* semble supérieure à celle de *A. auriculiformis*. Ces résultats opposés peuvent s'expliquer principalement par une mauvaise estimation du volume de bois produit par *A. auriculiformis*. En effet comme cela a déjà été signalé, les morceaux de bois de ce dernier, à la différence de *A. mangium*, ne sont pas très rectilignes, ce qui a pu conduire à une surévaluation du volume de bois récolté.

Whatever the cropping system used, the biomass of *A. mangium* remained greater. For the two legumes, it was seen that, on average, the trunk and large branches accounted for approximately 48% of total biomass, the litter about 27% and the small branches + leaves + fruits 25%. For *C. equisetifolia* the wood accounted for 53% of total biomass, litter only 15% and small branches + leaves + fruits 32%. Only the trunk and large branches are removed from the plot when cutting back. Hence, almost half of the biomass produced by the plants intercropped with coconuts is returned to the soil, i.e. 26 t of dry matter (DM) per ha of intercropped planting for *A. mangium*, 24 t for *A. auriculiformis* and 22 t for *C. equisetifolia*.

We note that, contrary to the estimated volumes of wood from cutting back, the biomass of the *A. mangium* trunk seems greater than that of *A. auriculiformis*. These contradictory results can be explained primarily by poor estimation of the amount of wood produced by *A. auriculiformis*. Indeed, as already mentioned, the pieces of *A. auriculiformis* wood were not very rectilinear, unlike the *A. mangium* wood, which might have led to overestimation of the volume of wood harvested.

TABLEAU VII. — Taux de reprise pour *A. mangium*, *A. auriculiformis* et *C. equisetifolia* âgés de 46 mois (les mesures ont été faites 9 mois après recépage) — (Recovery rate for *A. mangium*, *A. auriculiformis* and *C. equisetifolia* aged 46 months – the measurements were taken 9 months after cutting back)

	Bloc I (Block I)	Bloc II (Block II)	Bloc III (Block III)	Bloc IV (Block IV)	Moyenne (Mean)
<i>A. mangium</i>	100	98,2	93,3	100	98,9a
<i>A. auriculiformis</i>	81,3	86,6	77,7	84,8	82,6b
<i>C. equisetifolia</i>	100	100	100	100	100a

TABLEAU VIII. — Quantités de bois récolté (m³) après recépage des arbres fixateurs (46 mois après plantation) — (Quantities of wood harvested - m³ - after cutting back the nitrogen fixing trees – 46 months after planting)

	Bloc I (Block I)	Bloc II (Block II)	Bloc III (Block III)	Bloc IV (Block IV)	Moyenne (Mean)	Volume par ha d'association ⁽¹⁾ (Volume/ha of intercropped planting)
<i>A. mangium</i>	8,371	7,764	5,561	3,416	6,28a	25
<i>A. auriculiformis</i>	14,710	13,190	11,767	9,466	12,28b	48
<i>C. equisetifolia</i>	4,982	4,517	5,996	6,274	5,44a	21

Il y a 144 arbres par bloc et 450 par ha d'association — (There were 144 trees per block and 450 ha per intercropping combination)

• Estimation de l'Azote total

On constate (Tabl. IX) que la quantité d'azote total présent dans les arbres est plus élevée en plantation associée qu'en plantation pure. Cela s'explique principalement par une biomasse plus importante en association qu'en culture pure.

Les parties les plus riches en azote sont les feuilles, la litière et les fruits. Viennent ensuite les branchages puis la partie bois dont la teneur en azote est la plus faible. De ce fait, au recépage, on n'exporte que la partie la plus pauvre en azote. La restitution au sol des feuilles, fruits, branchages et

• Estimation of total N

Table IX shows that the amount of total nitrogen in the trees was higher when the plants were intercropped than when grown alone. This can mainly be explained by the greater biomass when intercropped than when grown alone.

The parts richest in nitrogen are the leaves, litter and fruits. These are followed by the small branches, and the wood part whose nitrogen content is the lowest. For this reason, only the part poorest in nitrogen is removed after cutting back. Returning leaves, fruits, small branches and litter to the soil makes it possible to recycle 75 to 80% of the potential total nitrogen in a crop grown alone, and over 80% in intercrops.

(1) 1 ha d'association = 450 arbres fixateurs — (1 ha of intercropped planting = 450 N fixing trees)

litière permet le recyclage de 75 à 80 % de l'azote total potentiel en culture pure, et de plus de 80 % en association.

L'estimation de la quantité d'azote apportée au sol au moment du recépage (Tabl. X) montre que l'association avec *A. mangium* semble potentiellement donner les meilleurs résultats, avec 457 kg devant *A. auriculiformis* (398 kg) et *C. equisetifolia* (227 kg). Le classement est le même dans le cas de plantations pures, avec respectivement 852 kg, 687 kg et 455 kg.

An estimation of the amount of nitrogen returned to the soil when cutting back (Table X) shows that intercropping with *A. mangium* seemed potentially to give better results, with 457 kg, as opposed to 398 kg for *A. auriculiformis* and 227 kg for *C. equisetifolia*. The classification was the same for crops grown alone, with 852 kg, 687 kg and 455 kg respectively.

TABLEAU IX. — Biomasse et azote total des différents organes d'arbres fixateurs en culture pure et en association — (Biomass and total nitrogen of different organs of N fixing trees grown alone and intercropped)

<i>Acacia mangium</i>												
	P.S. (DW)	Culture pure (Grown alone)					Association (Intercropped)					
		(Std)	N %	(Std)	Ntot.	(Std)	DW	(Std)	N %	(Std)	Ntot.	(Std)
Litière (Litter)	16.45	(2.17)	1.74	(0.14)	0.284	(0.024)	30.42	(6.10)	1.86	(0.10)	0.567	(0.113)
Tronc + branches (Trunk + branches)	33.17	(5.15)	0.39	(0.03)	0.129	(0.020)	56.06	(13.66)	0.37	(0.03)	0.207	(0.051)
Petites Branches (Small branches)	9.62	(1.60)	0.75	(0.02)	0.072	(0.012)	14.32	(3.93)	0.92	(0.08)	0.132	(0.036)
Feuilles (Leaves)	5.36	(0.77)	2.38	(0.02)	0.128	(0.018)	10.85	(2.42)	2.61	(0.04)	0.283	(0.063)
Fruits (Fruits)	1.46	(1.07)	1.76	(0.33)	0.026	(0.019)	1.71	(0.73)	1.72	(0.07)	0.035	(0.004)
Total	66.06	(10.76)			0.639	(0.093)	11.36	(26.84)			1.224	(0.267)

<i>Acacia auriculiformis</i>												
	P.S. (DW)	Culture pure (Grown alone)					Association (Intercropped)					
		(Std)	N %	(Std)	Ntot.	(Std)	DW	(Std)	N %	(Std)	Ntot.	(Std)
Litière (Litter)	12.24	(0.65)	1.63	(0.08)	0.200	(0.017)	31.08	(3.30)	1.78	(0.20)	0.552	(0.064)
Tronc + branches (Trunk + branches)	28.93	(6.23)	0.40	(0.05)	0.116	(0.025)	39.02	(9.30)	0.54	(0.15)	0.211	(0.050)
Petites Branches (Small branches)	7.15	(1.77)	0.74	(0.09)	0.053	(0.013)	11.00	(3.85)	0.86	(0.11)	0.095	(0.033)
Feuilles (Leaves)	5.00	(1.48)	2.25	(0.06)	0.113	(0.033)	7.64	(2.14)	2.48	(0.18)	0.189	(0.053)
Fruits (Fruits)	2.85	(2.11)	1.65	(0.74)	0.047	(0.035)	2.83	(2.02)	1.62	(0.10)	0.046	(0.033)
Total	56.17	(12.24)			0.529	(0.123)	91.57	(20.61)			1.093	(0.233)

<i>Casuarina equisetifolia</i>												
	P.S. (DW)	Culture pure (Grown alone)					Association (Intercropped)					
		(Std)	N %	(Std)	Ntot.	(Std)	DW	(Std)	N %	(Std)	Ntot.	(Std)
Litière (Litter)	8.26	(1.57)	1.24	(0.28)	0.102	(0.029)	15.43	(4.13)	1.17	(0.12)	0.178	(0.036)
Tronc + branches (Trunk + branches)	33.28	(5.28)	0.27	(0.02)	0.090	(0.014)	48.45	(11.52)	0.23	(0.01)	0.111	(0.027)
Petites Branches (Small branches)	9.68	(3.17)	0.53	(0.01)	0.051	(0.017)	14.72	(4.32)	0.33	(0.04)	0.049	(0.014)
Feuilles (Leaves)	6.75	(1.19)	1.64	(0.10)	0.111	(0.019)	12.56	(2.00)	1.76	(0.32)	0.225	(0.036)
Fruits (Fruits)	1.06	(0.90)	0.98	(0.03)	0.010	(0.009)	6.53	(3.80)	1.02	(0.07)	0.051	(0.019)
Total	59.03	(12.11)			0.364	(0.088)	97.69	(25.77)			0.614	(0.132)

DW : poids sec Kg/arbre — (dry weight Kg/tree)

N tot. : azote total Kg/arbre — (total nitrogen Kg/tree)

Std : écart type — (standard deviation)

N % : pourcentage d'azote sur poids sec — (nitrogen percentage of dry weight)

Chaque poids sec représente la moyenne de 6 répétitions, sauf pour les fruits en culture pure. Les teneurs en N sont mesurées sur 6 échantillons pour la litière et 2 pour les autres organes. Deux mesures au moins par échantillon étant réalisées.

(Each dry weight represents the mean of 6 replications, except for fruit of trees grown alone. N levels were determined on six samples for litter, and on two ones for other organs. At least two determinations were carried out per sample.)

TABLEAU X. — Quantités potentielles d'azote apporté par la partie feuilles + litière + branchages + fruits au moment du recépage — (Potential quantities of nitrogen provided by leaves + litter + small branches + fruits when cutting back)

	Pure — (Alone)		Association — (intercropped)	
	Kg/ha	% N total biomasse recépée (% total N in biomass cut back)	Kg/ha	% N total biomasse recépée (% total N in biomass cut back)
<i>A. mangium</i>	852	80	457	83
<i>A. auriculiformis</i>	687	78	398	81
<i>C. equisetifolia</i>	455	75	227	82

DISCUSSION - CONCLUSION

Les premiers résultats de l'essai CC 46, étudiant l'association d'arbres fixateurs d'azote avec les cocotiers dans le but de restaurer et de maintenir la fertilité du sol, sont encourageants.

Concernant l'espèce *C. equisetifolia*, l'expérience CC 46 a confirmé son excellente adaptation aux sols sableux de bord de mer, et en particulier sa résistance aux embruns. C'est la plante idéale pour réaliser des brise-vents indispensables à la bonne implantation de cocotier et légumineuses à proximité de la mer. L'expérience a confirmé également son bon rendement en bois de feu.

Au niveau du cocotier, l'association n'a pas encore eu d'effet notable. Seul un léger retard à la floraison a été observé sur les parcelles associant cocotiers et arbres fixateurs. Les teneurs foliaires en éléments majeurs ne varient pas de manière significative entre culture pure et associée. Cela provient du fait que tous les cocotiers ont reçu une fumure identique au jeune âge.

Au niveau du sol, les données analytiques actuelles ne permettent pas de déceler une évolution significative.

C'est au niveau des légumineuses que les résultats sont les plus nombreux. Tout d'abord, pour installer des légumineuses en bordure de mer, il est indispensable de prendre certaines précautions au jeune âge (manchons de protection, palissade, brise-vent). Dans ces conditions, la croissance et le développement sont bons.

L'effet bénéfique des arbres fixateurs se situe à 3 niveaux :

- ils produisent en permanence une litière abondante très riche en azote susceptible d'enrichir le sol en éléments minéraux et en matière organique. Cette biomasse de litière produite par an reste encore à déterminer ;
- la production de bois des arbres fixateurs au moment du recépage (46 mois) est importante (22 à 49 m³/ha suivant la variété), et susceptible d'être utilisée par le paysan en lieu et place des "crosses" de feuilles et débris de cocotiers. Ces derniers peuvent être laissés au sol, assurant ainsi une restitution d'éléments minéraux et de matière organique ;
- au moment du recépage, toutes les parties autres que le bois sont restituées au sol, ce qui assure le recyclage de plus de 80 % de l'azote total potentiel des arbres fixateurs qui peut enrichir d'autant plus le sol, soit 457 kg/ha d'association dans le cas d'*A. mangium* qui est le plus productif, 398 kg⁽¹⁾.

L'effet bénéfique de l'association semble donc bien réel, mais on peut se poser la question de savoir si cet effet persistera⁽²⁾. On peut également se demander si l'on ne peut pas améliorer la méthode. Il paraît en effet possible de jouer sur les densités de plantation des légumineuses, le rythme de re-

DISCUSSION - CONCLUSION

The first results in trial CC 46, studying the intercropping of nitrogen fixing trees with coconuts with a view to restoring and maintaining soil fertility, are encouraging.

Experiment CC 46 confirmed the excellent adaptation of the species *C. equisetifolia* to sandy coastal soils, and, in particular, its resistance to sea spray. It is an ideal plant for establishing the "wind-breaks" essential for good coconut and legume establishment near the sea. The experiment also confirmed its good firewood yields.

As regards coconut, intercropping has so far had no outstanding effects. Only a slight delay in flowering was observed in plots with intercropped coconuts and N fixing trees. The leaf contents for major elements did not vary significantly between crops grown alone and those intercropped. This stemmed from the fact that all the coconuts received identical fertilization when young.

For soil, current analytical data reveal no significant changes.

The greatest number of results were obtained with the legumes. First of all, it is essential to take certain precautions with young plants when planting legumes near the sea (protective sleeves, fencing, wind-breaks) Under these conditions, growth and development are good.

The benefits derived from N fixing trees can be seen on 3 levels:

- They continually produce abundant litter that is very rich in nitrogen and able to enrich the soil in mineral elements and organic matter. The amount of litter biomass produced per year remains to be determined
- The amount of wood produced by N fixing trees when they are cut back (46 months) is considerable (22 to 49 m³/ha depending on the variety) and can be used by smallholders instead of the coconut leaves and debris, which can be left in the soil, thereby providing mineral elements and organic matter.
- When cutting back, all the parts other than wood are returned to the soil, which ensures that over 80% of potential total nitrogen from N fixing trees is recycled, further enriching the soil, i.e. 457 kg/ha of intercropped planting in the case of *A. mangium*, which is the most productive, 398 kg for *A. auriculiformis* and 227 kg for *C. equisetifolia*

The benefits from intercropping therefore seem real, though it might be wondered whether this effect will persist. Only coconut production will enable conclusions to be drawn. It can also be wondered whether it might be possible to improve this method. In fact, it seems that it could be possible to alter legume planting densities and the cutting back rate and carry out regular lopping. These various points will be studied as the experiment and its annexes progress.

(1) Pour *A. auriculiformis* et 227 kg pour *C. equisetifolia*.

(2) Seule la production de cocotiers permettra de conclure

cépage, de pratiquer des ébranchages périodiques. Ces divers points seront étudiés lors de la poursuite de l'expérience et de ses annexes. On peut également envisager de démarrer l'association avant abattage de la vieille cocoteraie ; ce qui augmenterait la période de restauration de la fertilité, sans entraîner de perte de récolte pour le paysan. Les dispositifs expérimentaux étudieraient des associations telles que 1 ou 2 lignes de cocotiers alternant avec 1 ou 2 lignes de légumineuses.

Consideration could also be given to intercropping before the old coconuts have been felled, which would increase the fertility restoration period without entailing any harvest losses for smallholders. The experimental designs would study intercropping systems such as 1 or 2 rows of coconuts alternated with 1 or 2 rows of legumes

BIBLIOGRAPHIE

- [1] POMIER M., BELIGNE V., BONNEAU X., TAFFIN G. de (1986). — Restauration de la fertilité des sols lors de la replantation d'une cocoteraie (bil. français - anglais) *Oléagineux*, 41, (5), 223-230.
- [2] M. POMIER, G. de TAFFIN (1982). — Etude de la fertilisation et de la régénération des sols dans le cas d'une replantation de cocotiers (bil. français - anglais) *Oléagineux*, 37, (10), 455-461.
- [3] N. ZAKRA, R.W. WEAVER, G. de TAFFIN (1990). — Uptake of mineral nitrogen by acacias and partitioning into various parts
- [4] J.M. BREMNER and C.S. MULVANEY (1982). — Nitrogen total in methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbiological properties - Agronomy Monograph (9), 2nd edition, 595-624

RESUMEN

Búsqueda de un sistema de cultivo estabilizado que asocia al cocotero con árboles fijadores de nitrógeno.

G. de TAFFIN, N. ZAKRA, M. POMIER, S. BRACONNIER y R.W. WEAVER, *Oléagineux*, 1991. 46, N° 12, p 489-500

En 1986 se estableció un sistema de renovación de un viejo cocotal, en las arenas del litoral de Côte-d'Ivoire. A partir de la siembra definitiva asocia a los cocoteros con 2 leguminosas (*Acacia mangium* y *Acacia auriculiformis*), y con *Casuarina equisetifolia*. Las observaciones efectuadas en los primeros cuatro años muestran que el crecimiento de los cocoteros así como el de los árboles fijadores de nitrógeno es muy bueno. La importante producción de madera de los árboles asociados puede utilizarse para los usos domésticos. En el recepado, al dejar en el suelo todos los órganos de los árboles que fijan el nitrógeno, con excepción de la madera, se recicla de un 47 a un 52 % de la biomasa vegetal ; eso representa más de un 80 % del nitrógeno total potencial. Este sistema de cultivo parece prometedor para mantener y restablecer la fertilidad de estos suelos. *A mangium* parece la leguminosa potencialmente más eficaz para cumplir este objetivo.

Palabras-clave. — Fertilidad, cultivo asociado, *Cocos nucifera*, *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Casuarina equisetifolia*, biomasa, nitrógeno total, leguminosa arborescente, arena costanera.