

**D**ans le Lampung central, Sumatra, Indonésie, l'installation de cultures intercalaires est un moyen d'augmenter le revenu des planteurs. En dépit des conditions de stress hydrique de cette zone, l'association est toujours favorable à la croissance et la production des cocotiers. Le manioc et le bananier sont les cultures associées les mieux adaptées aux conditions régionales.

# Cultures intercalaires de jeunes cocotiers hybrides en zone climatique marginale



**Bonneau X.,<sup>1</sup> Sugianto J.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

<sup>2</sup> GGPC, Terbanggi Besar, Lampung Tengah, Indonésie

**L**a monoculture du cocotier procure au planteur un revenu régulier, sauf dans les zones marginales exposées, par exemple, au risque de longue sécheresse, pour des coûts de production – main-d'œuvre et intrants – relativement faibles par rapport à d'autres cultures. Mais le revenu brut est modeste, surtout pour de petits planteurs qui n'ont pas les moyens de créer une valeur ajoutée par transformation des produits : ils vendent en général sur le marché local des produits pas ou peu transformés – noix de bouche, coprah, huile de fabrication artisanale.

L'installation de cultures intercalaires entre les lignes de cocotiers est un moyen d'augmenter le revenu du planteur, car le cocotier est une plante qui se prête bien à

la culture en association. Il peut se combiner avec un grand choix de cultures intercalaires, pérennes ou temporaires, auxquelles il procure un ombrage adéquat. Le cacaoyer, le bananier, le poivrier, l'ananas et diverses cultures vivrières sont, entre autres, les plus fréquemment cultivées en Asie du Sud-Est.

Par ailleurs, l'association est presque toujours favorable au rendement des cocotiers : meilleur entretien de l'interligne – d'où moins d'adventices – amélioration des propriétés physico-chimiques du sol par apport d'engrais minéraux et restitutions de matière organique dont profite le cocotier.

L'association de cultures à base de cocotier est largement pratiquée dans le monde

depuis longtemps, notamment en Asie tropicale, où l'on trouve de nombreuses références dans divers pays de culture du cocotier : Inde (Abdul Salam et Sreekumar, 1990 ; Das, 1989 ; Nair, 1979 ; Nair *et al.*, 1975), Sri Lanka (Mapa, 1995), Thaïlande (Dootson *et al.*, 1987), Malaisie (Denamany *et al.*, 1979), Indonésie (Darwis et Tarigans, 1990 ; Godoy et Bennett, 1991 ; Ida Dwiwarni *et al.*, 1987), Philippines (Baliad, 1994), Papouasie-Nouvelle-Guinée (Ovasuru, 1989).

Quatre grands types d'association de cultures à base de cocotier peuvent être distingués :

- l'occupation de l'interligne à titre temporaire, pendant la période immature des jeunes cocotiers. L'objectif du planteur est de tirer un revenu net de la culture associée pendant la période improductive des cocotiers, c'est-à-dire les trois à quatre premières années de plantation pour les cocotiers hybrides Nain x Grand ;
- l'occupation de l'interligne à titre permanent, sous une cocoteraie adulte. Les cocotiers, plantés à raison de 150 à 200 arbres/ha pour les hybrides Nain x Grand, sont la culture principale, et l'espace et le rayonnement résiduels du milieu de l'interligne sont utilisés pour la culture intercalaire ;
- l'association où le cocotier n'est pas la culture principale : sa densité de plantation est réduite pour laisser place à la culture associée, qui devient la principale source de revenus ;
- l'occupation de l'interligne sous cocoteraie vieillissante ou mal entretenue, peu productive. Pour éviter une interruption brusque du revenu, la culture associée est plantée dans les interlignes des cocotiers, lesquels sont éliminés progressivement pour laisser place à une culture de plein soleil. Il s'agit d'une association temporaire, avec des cocotiers sacrifiés à moyen terme, le temps pour la culture associée de s'installer et de produire.

Cet article examine uniquement l'introduction de cultures intercalaires dans l'interligne de jeunes cocotiers hybrides à densité de plantation standard. La cocoteraie est située dans le Lampung central (île de Sumatra, Indonésie), région soumise à de longues saisons sèches à fréquence irrégulière.

## Contexte pédoclimatique du site

L'expérience a été conduite de 1988 à 1996 sur la plantation Multi-Agro Corporation de

Gunung Batin, dans le Lampung central (Indonésie).

La topographie est plane : il s'agit d'une pénéplaine entrecoupée de talwegs en général peu profonds.

Les sols de la plantation sont de type ferrallitique à tendance podzolique, sablo-argileux, à faible capacité d'échange (1 à 2 meq/100 g) et surtout de faible profondeur utile : une cuirasse latéritique qui apparaît entre 70 et 150 cm empêche la pénétration des racines en profondeur. De ce fait, la réserve utile est limitée à 100 mm en moyenne. Le tableau 1 donne un exemple de la composition des sols.

Le climat est à deux saisons : une saison humide (mousson) de novembre à avril, avec un pic de décembre à mars, et une saison sèche de mai à octobre. L'intensité de cette saison sèche est très variable d'une année à l'autre, comme le montrent le tableau 2 et la figure 1.

La figure 1 illustre l'extrême variabilité du déficit hydrique annuel, lequel est le résultat du cumul de bilans mensuels simplifiés :  $DH = P + RU - ETP$ .

Où :

- DH = déficit hydrique (mm) ;
- P = précipitations (mm) ;
- RU = état de la réserve en eau du sol (maximum = 100 mm) ;
- ETP = évapotranspiration potentielle (mm) mesurée par un bac de classe A.

Le tableau 2, qui complète la figure 1, montre pour les années très sèches (1991, 1994 et 1997) la réduction du total annuel des précipitations, et surtout la très faible pluviosité pendant la saison sèche, notamment pendant le pic de juillet à septembre.

Le contexte pédoclimatique de la région est très défavorable : la réserve en eau du sol est faible et le climat est extrêmement irrégulier, avec la récurrence de saisons sèches de longue durée. Le stress hydrique est de loin le facteur limitant principal dans

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques du sol à Gunung Batin.  
*Soil physicochemical characteristics at Gunung Batin.*

	Parc A16 Plot A16		Expérience GB ES 03 Trial GB ES 03	
	Horizon 0-20 cm	Horizon 20-40 cm	Horizon 0-20 cm	Horizon 20-40 cm
Granulométrie (%) / <i>Soil texture (%)</i>				
- argile / <i>clay</i>	10,4	18,4	16,6	33,2
- limon fin / <i>fine silt</i>	8,8	5,5	11,0	3,2
- limon grossier / <i>coarse silt</i>	4,3	4,2	4,8	3,1
- sable fin / <i>fine sand</i>	27,9	25,4	24,4	16,6
- sable grossier / <i>coarse sand</i>	48,6	46,4	43,2	43,9
Matière organique / <i>Organic matter</i>				
- taux (%) / <i>content (%)</i>	2,19	1,88	5,02	1,22
- C total (%)	1,27	1,05	2,91	0,71
- N total (%)	1,32	0,77	2,38	0,59
- C/N	10	14	12	12
- pH eau (1/2,5) / <i>water pH (1/2.5)</i>	5,35	5,30	5,00	4,90
Phosphore / <i>Phosphorus</i>				
- P total (ppm)	178	189	170	50
- P Olsen (ppm)	48	65	26	10
Complexe d'échange cationique évalué par la méthode cobalthexamine (meq/100 g) <i>Cation exchange complex evaluated by the cobalthexamine method (meq/100 g)</i>				
Ca	0,31	0,71	0,69	0,31
Mg	0,11	0,12	0,31	0,20
K	0,05	0,05	0,08	0,12
Na	0,07	0,04	0,01	0,01
Al	0,49	0,58	0,46	1,25
H	0,04	0,05	0,07	0,11
CEC	0,93	1,51	1,68	2,16
S/T	49	61	65	30

CEC = Capacité d'échange cationique. / *Cation exchange capacity.*

S/T = Taux de saturation du complexe en bases échangeables. / *Rate of complex saturation in exchangeable bases.*

Tableau 2. Régime pluviométrique à Gunung Batin de 1987 à 1997. / Rainfall pattern at Gunung Batin from 1987 to 1997.

Année Year	Précipitations totales annuelles Total annual rainfall	Précipitations en saison sèche (mai à octobre : 6 mois) Rainfall in dry season (May-October: 6 months)		Précipitations dans le pic de la saison sèche (juillet à septembre : 3 mois) / Rainfall at the peak of the dry season (July-September: 3 months)	
		mm	%	mm	%
1987	1 923	462	24	162	8
1988	2 790	778	28	345	12
1989	2 411	655	27	318	13
1990	2 246	668	30	311	14
1991	2 034	172	8	23	1
1992	2 605	656	25	419	16
1993	2 449	927	38	380	16
1994	2 028	155	8	59	3
1995	2 543	844	33	359	14
1996	2 449	720	29	482	20
1997	1 423	141	10	21	1

la région, pour toutes les cultures, mais surtout pour les cultures pérennes telles que le cocotier, dont le rendement s'élabore sur un cycle pluriannuel.

## L'expérience d'association des cultures

L'expérience GB ES 03 a été mise en place en janvier 1988. Son objectif est de tester l'effet de l'introduction de diverses cultures intercalaires sur la croissance et la production de jeunes cocotiers. Elle s'étend sur une surface de 7 hectares. Le tableau 1 donne la composition moyenne du sol de la parcelle en début d'expérience. La parcelle était alors une friche à *Imperata* après abattage d'une forêt secondaire.

Par rapport au sol-type décrit dans le tableau 1, on note sur GB ES 03 un très bon taux de matière organique en surface (5 %) et une teneur en argile un peu plus forte. Sachant de plus que la cuirasse latéritique n'apparaît que vers 150 cm sur cette parcelle, nous pouvons conclure que le sol y est un peu plus fertile que sur la moyenne de la plantation.

Les cocotiers hybrides PB 121 (NJM x GOA) ont été plantés à une densité de peuplement de 160 arbres/hectare (8,5 m entre arbres en triangle équilatéral, soit une interligne de largeur égale à 7,36 m).

L'expérience comporte 6 traitements et 6 répétitions, en blocs de Fisher simples. Les traitements sont décrits dans la figure 2. Chaque parcelle élémentaire se compose de

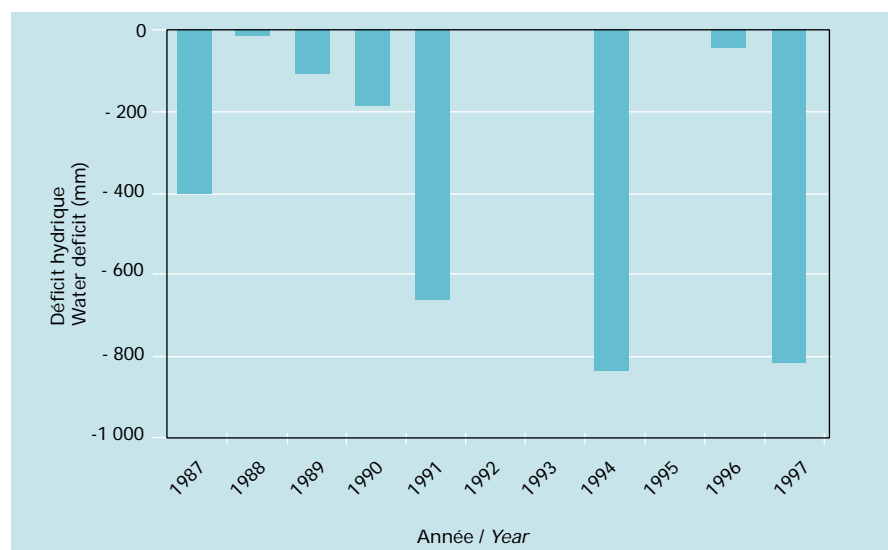


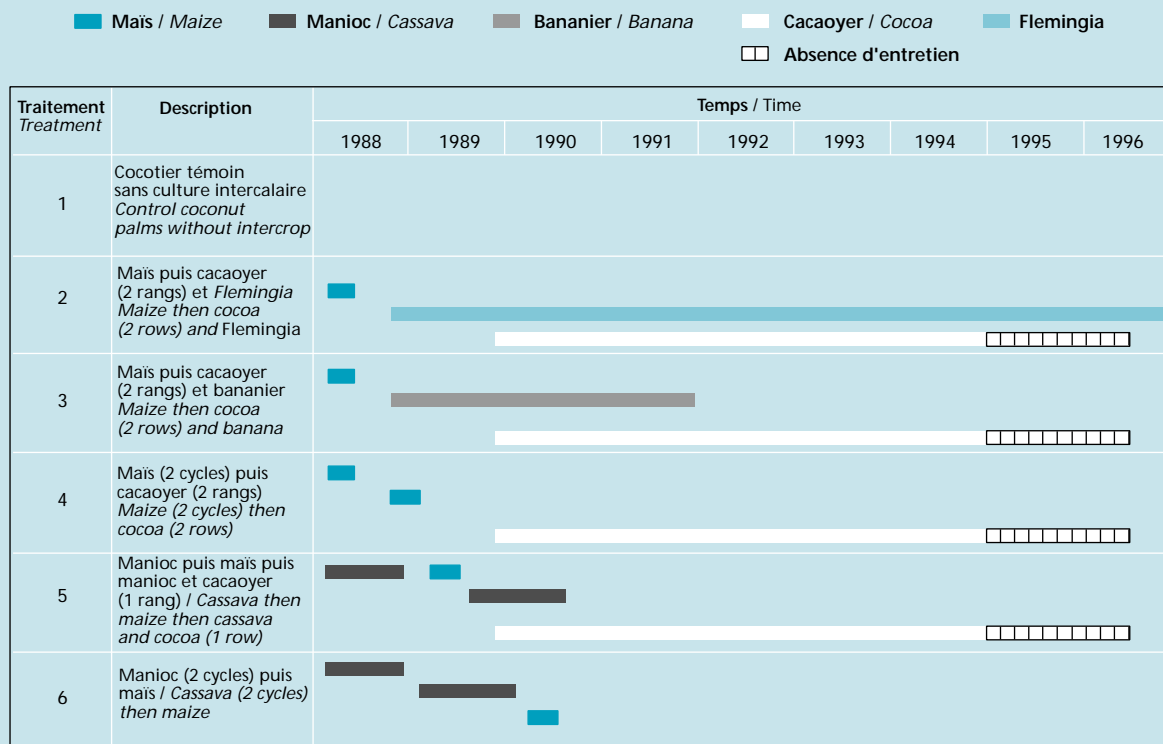
Figure 1. Déficit hydriques à Gunung Batin de 1987 à 1997. / Water deficits at Gunung Batin from 1987 to 1997.

6 lignes de 6 cocotiers, dont 16 cocotiers centraux utiles (4 lignes de 4) ; les parcelles adjacentes sont séparées par une ligne de bordure simple.

La figure 2 indique le calendrier d'occupation des sols sur chacun des traitements. Par souci de clarté nous n'avons pas inclus dans la figure, mais signalons pour mémoire, un certain nombre de tentatives de cultures intercalaires qui ont avorté pour diverses raisons (sécheresse, maladies) : arachide en 1988 (traitements 3 et 4), pois en 1989 (traitement 4), gingembre en 1991 et 1992 (traitement 6), vanillier en 1994 (traitement 6). Comme elles n'ont pratiquement pas produit, ces cultures n'ont

apparemment pas eu d'influence sur les cocotiers voisins. L'expérience GB ES 03 est destinée non pas à améliorer les pratiques culturales sur les cultures intercalaires mais à tester leur effet sur les cocotiers. Certaines cultures qui présentaient diverses contraintes (forte sensibilité au stress hydrique ou à certaines maladies) ont été abandonnées au profit de cultures rustiques, bien adaptées à la région, avec des pratiques culturales simples et peu coûteuses.

Les cocotiers de l'essai ont reçu une fumure minérale (appliquée dans le rond autour du collet) et un entretien (désherbage du rond) homogènes. Les cultures inter-



Fin 1994 : arrêt de l'entretien sur les cacaoyers / End of 1994: cocoa tree upkeep halted.

Mi 1996 : arrachage des cacaoyers survivants / Mid-1996: surviving cocoa trees grubbed up.

Figure 2. Calendrier d'occupation du sol. / Soil occupation calendar.

calaires ont été conduites selon les pratiques en vigueur dans la région : fertilisation minérale complète et retour au sol des parties non récoltées (tableau 3).

Les photos 1 à 4 montrent quelques aspects de l'expérience à diverses époques.

Les effets des cultures intercalaires sur les cocotiers sont estimés par la mesure de la croissance végétative (circonférence au collet des cocotiers), de leur précocité de floraison, de leur production et de leur état nutritionnel en utilisant le diagnostic foliaire.

Les conséquences de l'association sur les cultures intercalaires sont évaluées par l'examen du comportement des cultures intercalaires, notamment la résistance au stress hydrique le cas échéant, leur rendement en poids de produit brut bord champ, et leur revenu brut. Ce dernier est estimé en considérant que les charges fixes (infrastructures, administration) et les frais financiers des cultures intercalaires dans le système d'association étaient négligeables, car ces charges sont imputées à la plantation de cocotiers. Les charges variables des cocotiers dans le système de culture sont jugées constantes pour tous les traitements, avec exactement le même dispositif de plantation des cocotiers, la même prépara-

tion du terrain, le même entretien et la même fertilisation. Seules les charges variables des cultures intercalaires sont prises en compte. La variable utilisée est le revenu brut, équivalent dans ces conditions à la marge brute, soit le prix de vente de la récolte bord champ moins les charges variables de production (intrants + main-d'œuvre).

En outre, l'évolution de la composition chimique des sols a été comparée sur chacun des traitements huit ans après le début de l'expérience.

#### Effets sur la croissance des cocotiers

Le tableau 4 présente la croissance et la floraison des jeunes cocotiers de l'essai GB ES 03. Deux tendances ressortent.

Principalement, les cocotiers en association, quelle que soit la succession de cultures intercalaires choisie, sont presque toujours en avance, significativement ou non, alternativement sur les cocotiers témoins sans culture intercalaire. Ce résultat important confirme des observations sur d'autres sites (Ollivier *et al.*, 1994 ; Zakra *et al.*, 1986) : l'introduction de cultures intercalaires dans l'interligne de jeunes cocotiers a le plus souvent un effet favorable sur

la croissance des jeunes cocotiers. Dans cette expérience, les cultures intercalaires ont été soignées. C'est ainsi que le manioc n'a pas du tout épuisé les réserves du sol car il a été fortement fertilisé (tableau 3) et les organes aériens – tiges et feuilles – ont été laissés sur place après récolte des tubercules.

En outre, l'introduction de cultures encombrantes comme le manioc en première et deuxième année de plantation (traitements 5 et 6) a eu un léger effet dépressif temporaire sur la croissance des jeunes cocotiers (circonférence au collet du dixième au vingt-huitième mois par rapport au témoin) ; mais le retard a été vite rattrapé après la fin du cycle du manioc. L'effet concurrentiel de cultures encombrantes sur la croissance des jeunes cocotiers associés est donc réel mais réversible : ni la taille définitive des arbres ni leur précocité de floraison n'ont été déprimées par rapport aux cocotiers témoins.

#### Effets sur la production des cocotiers

Le tableau 5 montre la production des cocotiers de l'essai.

La forte variation des rendements annuels est liée aux conditions climatiques



Tableau 3. Fertilisation minérale. / *Mineral fertilization.*

	Type d'engrais / <i>Type of fertilizer</i>								
	Urée <i>Urea</i>	TSP	Phosphate de roche <i>Rock phosphate</i>	KCl	NaCl	Kiesérite <i>Kieserite</i>	Dolomie <i>Dolomite</i>	Chaux <i>Lime</i>	Borax
<b>Sur cocotiers <sup>(1)</sup></b> <b>On coconut <sup>(1)</sup></b> <i>année/year:</i>									
1988	80	96	–	48	–	32	–	–	3
1989	96	–	–	96	–	64	–	–	6
1990	128	–	–	128	–	–	128	–	12
1991	160	–	–	160	–	–	144	–	16
1992	–	–	–	160	400	–	–	–	–
1993	–	–	–	64	256	–	–	–	–
1994	–	–	–	96	384	–	240	–	–
1995	–	–	–	–	480	–	240	–	–
1996	–	–	–	–	320	–	80	–	–
<b>Sur cultures associées <sup>(2)</sup></b> <b>On intercrops <sup>(2)</sup></b>									
<b>Manioc / <i>Cassava</i></b> par cycle d'un an <i>per one-year cycle</i>	130	220	–	210	–	–	–	–	–
<b>Mais / <i>Maize</i></b> par cycle de 3 mois <i>per 3-month cycle</i>	300	200	–	100	–	–	–	–	–
<b>Banancier / <i>Banana</i></b> - 1ère année/ <i>Year 1</i> - 2e année/ <i>Year 2</i>	500 250	80 20	– –	450 500	– –	80 20	200 –	– –	– –
<b>Cacaoyer / <i>Cocoa</i></b> (double ligne) <sup>(3)</sup> ( <i>double row</i> ) <sup>(3)</sup>	40	108	40	74	–	–	230	55	–
<sup>(1)</sup> en kg d'engrais par hectare et par an. / <i>In kg of fertilizer/ha/year.</i>									
<sup>(2)</sup> moyenne en kg d'engrais par hectare de culture plantée et par cycle. / <i>mean in kg of fertilizer/ha of crop planted/cycle.</i>									
<sup>(3)</sup> moyenne annuelle sur 4 ans./ <i>annual mean over 4 years.</i>									



Photo 1. Essai GB ES 03 à 3 mois. Manioc au premier plan. Maïs au second plan. / *Trial GB ES 03 at three months. Cassava in foreground. Maize in background.*

(figure 1, tableau 2). La production de l'année qui suit une année très sèche est faible (1992 et 1995) et commence à remonter en fin d'année suivante (1993 et 1996), tandis que la production d'une année consécutive à deux années de bonnes conditions climatiques (1994) est très bonne : plus de 100 noix par arbre pour les

meilleurs traitements. C'est un bon résultat pour des cocotiers hybrides de 7 ans. Cela montre que le potentiel de l'hybride PB 121 peut être atteint en l'absence de stress hydrique.

Les cocotiers en association ont une production cumulée toujours supérieure à celle des cocotiers témoins sans culture interca-

laire, et ceci plusieurs années après la fin du cycle des cultures associées. Les cocotiers témoins ont strictement la même fumure et le même entretien que les cocotiers en association. L'écart de rendement provient donc bien d'un arrière-effet bénéfique des cultures intercalaires.

Parmi les traitements de cocotiers en association, les deux meilleurs sont les traitements 4 (cacaoyer après maïs) et 3 (cacaoyer et bananier après maïs). On pouvait craindre une intensification excessive de l'occupation du sol dans le traitement 3, en particulier une forte compétition hydrique en cas de sécheresse, avec la présence de trois cultures sur la même surface pendant deux ans : cocotier, bananier et cacaoyer. Le tableau 5 montre que les cocotiers n'en ont pas souffert, bien au contraire. De plus, la mortalité cumulée des cocotiers après 8 ans est de 1 % seulement en moyenne, sans effet des traitements, malgré l'incidence de deux longues saisons sèches (en 1991 et en 1994). La présence de cultures intercalaires n'a donc pas gêné les cocotiers pendant une période de stress hydrique intense, même à forte densité d'occupation de l'interligne. L'extrapolation doit rester prudente car si cela a été obser-



X. Bonneau

**Photo 2.** Essai GB ES 03 à 1 an. Bananiers au premier plan. Maïs au second plan. / *Trial GB ES 03 at one year. Banana in foreground. Maize in background.*



X. Bonneau

**Photo 3.** Essai GB ES 03 à 15 mois. Maïs au premier plan. Bananiers au second plan. / *Trial GB ES 03 at 15 months. Maize in foreground. Banana in background.*

vé lors de cette expérience GB ES 03, dans un autre essai de la même plantation on a noté un effet dépressif d'une triple rangée de cacaoyers intercalaires sur la mortalité de cocotiers adultes, en 1991 et en 1994 (Mialet-Serra *et al.*, 1996).

#### Effets sur la nutrition minérale des cocotiers

Le tableau 6 montre l'évolution des teneurs foliaires en éléments nutritifs majeurs des cocotiers de l'essai GB ES 03.

Ces arbres ont reçu une fumure complète, composée principalement d'engrais chloré, surtout sous forme de chlorure de sodium (NaCl) à partir de 1992. Les cultures intercalaires ont reçu une fumure appropriée à leurs besoins supposés (tableau 3). De fortes doses d'urée, de KCl et d'engrais magnésien ont été appliquées dans le traitement 3 (pour les bananiers) et de fortes doses d'engrais phosphaté à toutes les cultures intercalaires.

La nutrition minérale du cocotier est bonne dans l'ensemble, y compris sur les cocotiers témoins. Les teneurs en Na et Cl ont fortement augmenté entre 1991 et 1996, grâce aux apports de NaCl. Les

cocotiers ont aussi largement profité des engrais apportés aux cultures intercalaires :

- les teneurs en P et, dans une moindre mesure, les teneurs en Ca sont toujours supérieures dans les cocotiers en association, par rapport aux cocotiers témoins. En outre, en 1996, les traitements 3 et 4, où les apports d'engrais phosphatés aux cultures intercalaires ont été les plus forts, sont ceux où les cocotiers ont été les plus riches en P ;

- les teneurs en Mg des cocotiers en association ont été, en 1996, supérieures à celles des cocotiers témoins ;
- un phénomène intéressant s'est produit en mars 1991, particulièrement sur le traitement 3. Alors que de fortes doses de KCl ont été distribuées préalablement aux bananiers, les teneurs en K des cocotiers associés n'ont pas augmenté (c'est même le contraire) par rapport à celles du témoin. En revanche, les teneurs en Cl de ces cocotiers ont significativement augmenté par rapport à celles du témoin. Tout se passe comme si le KCl apporté aux bananiers avait fait l'objet d'une absorption sélective, selon les besoins prioritaires de chaque plante : le potassium allant surtout aux bananiers, le chlore aux cocotiers.

Ces résultats montrent que les cocotiers profitent largement des engrais minéraux apportés aux cultures intercalaires, et ce très rapidement : dès le début de la troisième année de plantation, les différences de teneurs foliaires avec les cocotiers témoins sont significatives. Au demeurant, le système racinaire des cocotiers est très fortement installé dans le milieu de l'interligne, dès la troisième année de plantation.

Compte tenu du fait que les cocotiers témoins de l'essai GB ES 03 ont reçu une bonne fumure minérale, il est peu probable que le supplément braconné par les cocotiers associés, notamment en P et en Mg, ait eu un effet sur la croissance. Mais cela prouve que, dans une situation moins favorable, les cocotiers pourraient corriger une carence éventuelle en prélevant sur la fumure des cultures intercalaires. Cela montre aussi que la fumure apportée aux cultures intercalaires est efficacement assimilée par le couvert végétal, une partie par la culture intercalaire elle-même, et une partie non négligeable par les cocotiers voi-



X. Bonneau

**Photo 4.** Essai GB ES 03 à 15 mois. Ligne intercalaire de bananiers. / *Trial GB ES 03 at 15 months. Banana intercrop row.*

Tableau 4. Croissance et floraison des cocotiers. / *Coconut palm growth and flowering.*

Traitement <i>Treatment</i>	Circonférence au collet (cm) <i>Collar girth (cm)</i>						Cocotiers sexués (%) <i>Sex-differentiated palms (%)</i>			
	4 mois <i>4 months</i>	10 mois <i>10 months</i>	16 mois <i>16 months</i>	22 mois <i>22 months</i>	28 mois <i>28 months</i>	34 mois <i>34 months</i>	28 mois <i>28 months</i>	31 mois <i>31 months</i>	34 mois <i>34 months</i>	37 mois <i>37 months</i>
1 (témoin) <i>1 (control)</i>	23	38 abc	70	102	118 c	127	2	4 b	35	51 c
2 <sup>(1)</sup>	22	44 a	79	111	132 ab	134	6	16 ab	54	82 ab
3 <sup>(1)</sup>	22	40 ab	78	110	122 bc	134	5	9 b	37	63 abc
4 <sup>(1)</sup>	23	45 a	84	115	135 a	140	15	37 a	67	89 a
5 <sup>(1)</sup>	21	32 c	68	102	120 c	134	3	9 b	28	53 bc
6 <sup>(1)</sup>	23	36 bc	73	100	120 c	132	4	9 b	32	60 abc

a,b,c : groupes de classification selon le test de Duncan au seuil de signification à 5 %. / *Classification groups according to Duncan's test, 5% significance threshold.*

<sup>(1)</sup> : voir figure 2 and tableau 7 pour le détail des traitements : cultures intercalaires. / *See figure 2 and table 7 for treatment details: intercrops.*

Tableau 5. Production des cocotiers en nombre de noix par arbre et par an. / *Coconut palm production in number of nuts/palm/year.*

Traitement <i>Treatment</i>	Année <i>Year</i>						Cumul de la 4e à la 9e année <i>Cumulated from year 4 to year 9</i>
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
1 (témoin) / <i>1 (control)</i>	1,6	3,5	16,9 b	86,6 b	16,9	34,2	159,7 (100)
2 <sup>(1)</sup>	6,4	5,4	33,4 a	99,1 ab	15,7	40,3	200,3 (125)
3 <sup>(1)</sup>	2,1	4,5	37,7 a	103,1 a	18,7	42,3	208,4 (130)
4 <sup>(1)</sup>	11,0	10,1	30,8 a	103,0 a	20,8	39,6	215,3 (135)
5 <sup>(1)</sup>	2,6	3,8	29,1 a	94,9 ab	21,8	46,8	199,0 (125)
6 <sup>(1)</sup>	1,8	7,0	30,1 a	88,4 b	24,1	39,0	190,4 (119)

a,b : groupes de classification selon le test de Duncan au seuil de signification à 5 %. / *Classification groups according to Duncan's test, 5% significance threshold.*

<sup>(1)</sup> : voir figure 2 and tableau 7 pour le détail des traitements : cultures intercalaires. / *See figure 2 and table 7 for treatment details: intercrops.*

sins : l'efficacité d'absorption des engrais minéraux est donc améliorée dans le cadre d'une association de cultures avec des cocotiers.

### Effets sur la productivité des cultures associées

Le tableau 7 récapitule les principales données concernant les cultures intercalaires testées sur l'expérience GB ES 03.

#### Maïs

Le maïs a eu des rendements inférieurs à ceux attendus. Le rendement espéré était de 1,5-2 tonnes, rendement habituel de cette plantation. Mais les conditions optimales, notamment la main-d'œuvre à certaines périodes clés, n'ont pas été réunies dans notre essai.

Toutefois, même si le rendement avait atteint 1,5-2 tonnes, la marge brute serait restée relativement faible (probablement entre 50 et 100 \$US/ha), compte tenu de forts coûts de production – semences, engrais et produits phytosanitaires.

Le maïs est donc, dans les conditions locales, une culture intercalaire délicate : il faut bien choisir la période de culture – fin de saison des pluies en général – faire une bonne préparation de terrain (buttage des lignes), protéger les semences dans le sol, désherber et appliquer l'engrais à des stades bien définis. La rentabilité de la culture dépend aussi, et surtout, du prix du maïs sur le marché local, qui guidera le choix de cette culture intercalaire. Braconier *et al.* (1998) ont montré que le maïs pouvait être une très bonne culture intercalaire des cocotiers adultes aux Philippines. La photo 5 montre une parcelle de jeunes cocotiers avec du maïs intercalaire à Gunung Batin.

#### Manioc

Le tableau 7 montre de très bons rendements et une forte marge brute du manioc intercalaire. Le manioc est une plante particulièrement bien adaptée au Lampung central. Elle est rustique : on ne connaît pas de maladies ou ravageurs d'importance économique dans la région, et elle supporte

aussi bien l'excès que le manque d'eau. Elle couvre vite le sol et étouffe ainsi les adventices (les coûts du désherbage sont réduits). Les techniques de culture sont très simples : repiquage des boutures sur lignes buttées, puis arrachage des tubercules après un an environ. La dépense principale est due à la fertilisation minérale, mais elle est largement remboursée par la production, sachant que le prix du manioc a été élevé et stable dans le Lampung pendant la période considérée.

Il s'agit donc d'une excellente culture intercalaire dans les conditions locales, car elle ne gêne les cocotiers que temporairement. Il est d'ailleurs possible de réduire le nombre de rangs de manioc pour augmenter la distance à la ligne de cocotiers. La photo 6 montre une parcelle de jeunes cocotiers avec manioc intercalaire à Gunung Batin.

#### Bananier

Les bananiers intercalaires ont montré un rendement aussi bon qu'en monoculture. Le rendement a faibli en 1991, avec un deuxième

Tableau 6. Evolution des teneurs foliaires en éléments nutritifs des cocotiers (feuille n° 14). / *Coconut palm leaf nutrient content trends (leaf 14).*

Elément (%) <i>Element (%)</i>	Date	Traitements <i>Treatments</i>					
		1 (témoin) <i>1 (control)</i>	2	3	4	5	6
N	mars <i>March 1991</i>	2,02 b	2,13 a	2,11 ab	2,14 a	2,01 b	2,17 a
	avril <i>April 1996</i>	2,18	2,11	2,14	2,12	2,15	2,20
P	mars <i>March 1991</i>	0,120 d	0,132 c	0,143 ab	0,146 a	0,135 bc	0,140 abc
	avril <i>April 1996</i>	0,111 c	0,131 b	0,136 ab	0,141 a	0,132 b	0,133 b
K	mars <i>March 1991</i>	1,60 a	1,47 b	1,37 c	1,57 a	1,53 ab	1,56 a
	avril <i>April 1996</i>	1,43 a	1,32 bc	1,44 a	1,35 ab	1,34 ab	1,23 c
Ca	mars <i>March 1991</i>	0,32 c	0,35 bc	0,40 a	0,32 bc	0,34 bc	0,35 b
	avril <i>April 1996</i>	0,24 b	0,26 ab	0,27 a	0,28 ab	0,28 ab	0,28 c
Mg	mars <i>March 1991</i>	0,22 bc	0,24 b	0,29 a	0,20 c	0,21 bc	0,22 bc
	avril <i>April 1996</i>	0,16 c	0,20 b	0,22 a	0,20 ab	0,21 ab	0,19 b
Na	mars <i>March 1991</i>	0,053	0,044	0,058	0,044	0,054	0,053
	avril <i>April 1996</i>	0,224	0,251	0,169	0,237	0,223	0,246
Cl	mars <i>March 1991</i>	0,200 b	0,162 b	0,389 a	0,220 b	0,211 b	0,351 a
	avril <i>April 1996</i>	0,470	0,507	0,478	0,498	0,432	0,482

a,b,c,d : groupes de classification selon le test de Duncan au seuil de signification à 5 %. / *Classification groups according to Duncan's test, 5% significance threshold.*

me semestre très sec, mais les bananiers ont survécu : de nombreux rejets sont apparus dès le retour des pluies.

L'association cocotier-banancier (un rang de chaque en alternance) fournit un très bon ombrage aux jeunes cacaoyers dans le traitement 3.

Le tableau 7 montre que la marge brute et la productivité des bananiers intercalaires sont excellentes. Toutefois elles ont été calculées dans des conditions très favorables, c'est-à-dire en supposant l'écoulement de la totalité d'une production en quantité limitée dans les supermarchés d'une mégapole (Jakarta) peu éloignée et d'accès facile.

Le banancier est donc une très bonne culture intercalaire temporaire (Mathewkutty et Kuttikrishnan, 1989), trisannuelle en l'occurrence. Pour éviter un encombrement

excessif préjudiciable aux cocotiers, les bananiers doivent être maintenus dans l'axe central de l'interligne des cocotiers, par élimination des rejets poussant hors de cet axe.

### **Cacaoyer**

Cette culture intercalaire est avantageuse pour les cocotiers. Dans l'essai GB ES 03, les meilleurs dispositifs pour le rendement des cacaoyers sont les traitements 4 (cocotier + cacaoyer seul) et 3 (cocotier + banancier pendant 3 ans + cacaoyer), comme le montre le tableau 7.

Le tableau 8 présente le taux de mortalité des cacaoyers de la première à la cinquième année de plantation.

En première année de plantation, les cacaoyers qui bénéficient du double ombrage des bananiers et des cocotiers (traite-

ment 3) ont été les moins attaqués par les insectes piqueurs. En deuxième année de plantation, ce sont les cacaoyers du traitement 3 qui ont le mieux résisté au stress hydrique, bien que la densité de plantation ait été la plus forte avec la présence des trois cultures.

La haie centrale de *Flemingia* (traitement 2) n'apporte rien ; elle s'avère même nocive en attirant des thrips qui se répandent ensuite sur les cacaoyers voisins. L'ombrage du manioc en forme de tonnelle (traitement 5), s'il protège bien les cacaoyers contre les insectes piqueurs en première année de plantation, a un effet dépressif sur la croissance et le rendement : sous ce fort ombrage, les cacaoyers ont pris un retard de croissance qu'ils mettent plusieurs années à rattraper.



Tableau 7. Caractéristiques des cultures intercalaires. / *Intercrop characteristics.*

Traitement <i>Treatment</i>	Type de culture <i>Type of crop</i>	Durée du cycle de culture <i>Crop cycle duration</i>	Dispositif dans l'interligne des cocotiers <i>Planting design in coconut interrow</i>	Densité de plantation <i>Planting density</i>	Rendement <i>Yield</i>	Marge brute <i>Gross margin</i> US\$ <sup>(1)</sup>	Productivité de la culture intercalaire <i>Intercrop productivity</i>	
							par hectare d'association <i>per hectare intercropped</i>	
							Marge par unité de temps <sup>(2)</sup> <i>Margin per time unit<sup>(2)</sup></i>	Marge par unité de coût <sup>(3)</sup> <i>Margin per cost unit<sup>(3)</sup></i>
2, 3, 4	maïs/maize	02/88 - 05/88 109 jours/days	6 rangs/rows	20 408	0,49 t grain sec <i>0.49 t dry grain</i>	+ 10		
4	maïs/maize	10/88 - 02/89 118 jours/days	6 rangs/rows	20 408	1,2 t grain sec <i>1.02 t dry grain</i>	+ 13	+ 0,30	+ 0,24
5	maïs/maize	04/89 - 07/89 112 jours/days	6 rangs/rows	20 408	1,44 t grain sec <i>1.44 t dry grain</i>	+ 44		
6	maïs/maize	04/90 - 07/90 96 jours/days	6 rangs/rows	20 408	0,99 t grain sec <i>0.99 t dry grain</i>	- 37		
5,6	manioc doux <i>sweet cassava</i>	02/88 - 12/88 10,5 mois/months	4 rangs/rows	6 803	12,8 t tubercules frais <i>fresh tubers</i>	+ 153		
6	manioc amer <i>bitter cassava</i>	02/89 - 02/90 1 an/year	4 rangs/rows	6 803	26,6 t tubercules frais <i>fresh tubers</i>	+ 488	+ 5,05	+ 4,04
5	manioc amer <i>bitter cassava</i>	08/89 - 08/90 1 an/year	2 rangs/rows	3 401	21,3 t tubercules frais <i>fresh tubers</i>	+ 497		
3	bananier <i>banana</i>	12/88 - 12/91 3 ans/years	1 rang/row	543	1989 = 11,2 t régimes /bunches 1990 = 29,0 t régimes /bunches 1991 = 7,7 t régimes /bunches	- 185 + 1 500 + 622	+ 10,19	+ 8,15
2, 3, 4, 5	cacaoyer <i>cocoa</i>	12/89 - 06/96 6,5 ans dont 5 ans de soins <i>6.5 years inc. 5 years of upkeep</i>	2 rangs (traitements 2,3,4) 2 rows ( <i>treatments 2,3,4</i> ) 1 rang (traitement 5) 1 row ( <i>treatment 5</i> )	1 087  543	cumul sur 3 ans (1992 à 1994) en t cacao marchand <i>cumul. over 3 years (1992-1994)</i> in t dry cocoa 2 0,33 3 0,53 4 0,51 5 0,21	cumul sur 5 ans (1990 à 1994) <i>cumul. over 5 years (1990-1994)</i> 2 - 688 3 - 598 4 - 601 5 - 321	perte <i>loss</i>	perte <i>loss</i>

(1) La marge brute est définie comme la différence entre le prix de vente de la récolte bord champ et le coût de production (charges variables : intrants et main-d'œuvre), donnée en \$US, avec un taux de change de 1 \$US pour 2 000 roupies indonésiennes (taux moyen pendant la période considérée). / *The gross margin is defined as the difference between the farm-gate sale price and production costs (variable costs: inputs and labour), in US\$, at an exchange rate of US\$ 1 = 2 000 Indonesian rupiahs (mean rate over the period).*

(2) Marge brute moyenne par temps de travail compté en homme - jour par cycle. / *Mean gross margin per work time unit in man - days per cycle.*

(3) Marge brute moyenne par coût du travail avec une rémunération moyenne de 1,25 \$US par homme - jour. / *Mean gross margin per work cost unit, at an average rate of pay of US\$ 1.25 per man - day.*

Mais les campagnes suivantes (1992 à 1994) ont montré que le cacaoyer n'était pas une culture adaptée aux conditions pédoclimatiques du Lampung central, surtout en association avec des cocotiers. Le facteur limitant principal est le manque d'eau : la récurrence de saisons sèches anormalement longues provoque une mortalité excessive. En 1991, la mortalité moyenne s'est élevée à 8 %, ce qui est encore acceptable mais, en 1994, elle a atteint 31 % (sans effet des traitements) ; en données cumulées, presque 40 % des cacaoyers originiaux ont été éliminés après 5 ans.

Compte tenu de la probabilité de retour de ces longues périodes sèches, la culture du cacaoyer est beaucoup trop risquée.

Deux autres facteurs limitants s'ajoutent à celui du stress hydrique. D'une part, l'effet concurrentiel des cocotiers hybrides plantés à la densité de peuplement de 160 arbres/hectare sur le rendement des cacaoyers. Le rendement habituel obtenu sur les cacaoyers en association dans ces conditions à Gunung Batin dépasse rarement 500 kg de fèves marchandes à l'hectare, loin en-dessous du potentiel de 2 000 à 2 500 kg. Des rendements plus élevés (800

à 1 000 kg/ha) ont été obtenus dans certaines expériences mais à densité de peuplement de cocotier fortement réduite (107 arbres/ha). Les cocotiers exercent un effet de compétition pour les éléments nutritifs et l'eau par les racines, comme l'a montré un autre essai à Gunung Batin (Mialet-Serra *et al.*, 1996). D'autre part, les cacaoyers sont soumis à une forte pression d'insectes ravageurs : *Adoretus versutus* dans le jeune âge, puis surtout *Helopeltis* sp. qui cause des dégâts considérables aux cacaoyers adultes. L'intensité des attaques de cet insecte peut être réduite à l'aide de



X. Bonneau

**Photo 5.** Multi-Agro 1988. Association cocotier-mais en plantation commerciale. / Multi-Agro 1988. Coconut-maize intercropping in a commercial planting.

traitements insecticides ; mais les coûts de production en sont fortement augmentés, pour un rendement aléatoire et limité, même les bonnes années. A cela s'ajoutent certaines maladies fongiques ou imputables à des causes multiples (comme le *dieback*) qui ont une incidence non négligeable à Gunung Batin.

Sur l'essai GB ES 03, il faudrait obtenir un rendement annuel moyen d'environ 10 cabosses saines par arbre (soit 200 à 400 kg de cacao marchand à l'hectare, selon le dispositif en simple ligne ou double ligne) pour être en mesure de rembourser les coûts d'investissement et de fonctionnement de la cacaoyère intercalaire. Or, ce rendement minimum, qui ne représente pourtant qu'à peine un tiers du rendement potentiel, ne peut pas être atteint la plupart du temps, ni dans les conditions expérimentales de GB ES 03, ni en plantation commerciale, dans les mêmes conditions pédoclimatiques et avec le même dispositif sous cocotiers à la densité de peuplement de 160 arbres à l'hectare.

Le tableau 7 montre qu'en 5 ans la culture de cacaoyers intercalaires est fortement déficitaire, sans espoir d'amélioration, compte tenu de l'effet des facteurs limitants décrits précédemment. Le système de culture cocotier-cacaoyer n'est donc pas recommandé à Gunung Batin.

### Conclusion

Parmi les cultures intercalaires testées dans l'essai GB ES 03, le manioc et le bananier s'avèrent les plus rentables dans les

conditions expérimentales locales. D'autres cultures intercalaires possibles n'ont pas été testées, telles que l'ananas, le papayer et le poivrier par exemple. Cependant, l'objectif de l'essai n'était ni d'établir une liste exhaustive de cultures intercalaires des jeunes cocotiers dans la région, ni d'optimiser leurs pratiques culturales dans le système d'association, mais simplement de savoir quel était l'effet de l'occupation temporaire de l'interligne de jeunes cocotiers sur leur croissance et leur production.

### Evolution des propriétés physico-chimiques du sol

Une analyse de sol a été effectuée en juin 1996 par parcelle élémentaire. Le tableau 9 récapitule les principaux résultats.

La teneur en matière organique de l'horizon superficiel (3,6 à 5,9 %) est excellente et confirme l'analyse au début de l'essai (5,0 %, tableau 1). Dans l'horizon 0-20 cm la meilleure teneur en matière organique est observée dans le traitement 2. C'est probablement dû au fait que la litière de *Flemingia*, abondante avec les recépages réguliers, s'est bien incorporée au sol. Dans l'horizon 20-40 cm, les résidus de bananiers et de cacaoyers en sont vraisemblablement responsables dans le traitement 3.

Les teneurs en phosphore total et assimilable sont restées à peu près stables pendant la durée de l'essai (tableau 1, début de l'expérience, et tableau 9, fin de l'expérience). Dans l'horizon 20-40 cm, un meilleur taux de phosphore assimilable est observé dans le traitement 6 bien qu'il n'ait pas reçu plus d'engrais phosphaté que les traitements 3, 4 et 5 par exemple. Il existe aussi une tendance presque significative dans l'horizon 0-20 cm : les sols des cocotiers témoins sont moins riches en P assimilable (19 ppm) que les sols des cocotiers associés (31 à 51 ppm). Le phosphore appliqué aux cultures intercalaires a donc bien enrichi le sol en cet élément, au profit des cocotiers qui l'assimilent dans leurs feuilles (tableau 6).

**Photo 6.** Multi-Agro 1988. Association cocotier-manioc en plantation commerciale. / Multi-Agro 1988. Coconut-cassava intercropping in a commercial planting.



X. Bonneau

Tableau 8. Taux de mortalité des cacaoyers. / *Cocoa tree mortality rate.*

Traitement <i>Treatment</i>	Dispositif dans l'interligne des cocotiers <i>Planting design in coconut interrow</i>	Mortalité/Mortality (%)		
		1990 (1re année) (Year 1)	1991 (2e année) (Year 2) Sécheresse <i>Drought</i>	1994 (5e année) (Year 5) Sécheresse <i>Drought</i>
2	2 rangs de cacaoyers encadrant 1 rang de Flemingia <i>2 rows of cocoa around 1 row of Flemingia</i>	1,5 a	12,8 a	20,4
3	2 rangs de cacaoyers encadrant 1 rang de bananiers <i>2 rows of cocoa around 1 row of banana (12/1989 - 12/1991)</i>	0,1 b	3,1 b	24,5
4	2 rangs de cacaoyers <i>2 rows of cocoa</i>	1,7 a	5,3 b	33,1
5	1 rang de cacaoyers encadré par 2 rangs de manioc <i>1 row of cocoa surrounded by 2 rows of cassava (11/1989 - 07/1990)</i>	0,5 ab	10,7 a	47,2

a,b : groupes de classification selon le test de Duncan au seuil de signification à 5 %. / *Classification groups according to Duncan's test at 5% significance threshold.*  
( ) : date du cycle des bananiers et du manioc. / *Date of banana and cassava cycle.*

Le pH du sol des cocotiers témoins (5,0) est resté stable pendant la durée de l'expérience (tableaux 1 et 9). En revanche, le pH du sol de certains cocotiers en association a augmenté, notamment dans le cas du traitement 3 (5,44 dans l'horizon superficiel). Cette nette augmentation est liée à l'enrichissement en bases échangeables.

La capacité d'échange cationique (CEC) a augmenté par rapport au témoin, surtout pour le traitement 3, dans l'horizon 0-20 cm (3,93 contre 2,07). Parallèlement à la CEC, le taux de saturation en bases a évolué dans le sol du traitement 3 par rapport au témoin (92 % contre 45 % dans l'horizon 0-20 cm, 61 % contre 28 % dans l'horizon 20-40 cm). Le sol du traitement 3 se charge en calcium, en magnésium et en potassium échangeables. En effet, c'est sur ces parcelles du traitement 3 qu'ont été apportées les plus fortes quantités d'engrais calcique, magnésien et potassique. Les cocotiers du traitement 3 profitent surtout du magnésium (tableau 6).

L'analyse statistique de l'évolution des sols montre donc bien une amélioration de la fertilité du sol avec l'introduction de cultures intercalaires bien fertilisées : augmentation du pH et de la CEC, enrichissement de la CEC en bases échangeables, enrichissement en phosphore assimilable.

Cet enrichissement ne peut qu'être profitable aux cocotiers à moyen et long termes. Les analyses foliaires ont montré qu'ils absorbaient certains éléments nutritifs : P, Ca, Mg. Ces éléments ne sont pas limitants dans les conditions locales, d'autant plus que les cocotiers de l'essai GB ES 03 reçoivent une fumure individuelle. Mais cette situation serait très favorable pour la production si les cocotiers n'étaient pas fertilisés de façon optimale, cas fréquent en plantation villageoise.

Il est très probable aussi que les restitutions de parties non récoltées des cultures intercalaires entretiennent la richesse organique du sol. Dans le cas de l'essai GB ES 03, la teneur en matière organique du sol des cocotiers témoins est déjà bonne ; il est donc peu probable qu'il y ait un effet améliorateur mais cela pourrait se produire dans des sites où le taux de matière organique est limitant : l'introduction de cultures intercalaires à fortes restitutions organiques est alors bénéfique (de Taffin *et al.*, 1991).

Dans cette étude, l'évolution de la composition du sol en microorganismes du sol en fonction des cultures intercalaires n'a pas été analysée. Or, on sait que cette composition est souvent améliorée, notamment avec l'association cocotier-cacaoyer

(Bopaiah et Shekara Shetty, 1991 ; Thomas *et al.*, 1991).

## Conclusions

### Conclusions de l'expérience

Les résultats positifs de l'expérience GB ES 03 ont été obtenus dans des conditions hydriques marginales, avec le handicap de longues saisons sèches récurrentes. L'effet dépressif du stress hydrique s'exerce sur l'association cocotier-cultures intercalaires comme il s'exerce sur le cocotier en culture pure. En effet, les types d'association testés n'ont eu d'effet défavorable ni sur la croissance, ni sur la production, ni sur la mortalité des cocotiers, malgré l'incidence de stress hydriques intenses et fréquents.

En d'autres termes, le problème de la pertinence de la culture du cocotier dans ce contexte pédoclimatique défavorable se pose indépendamment de la présence ou non de cultures intercalaires dans l'interligne des cocotiers. Cela est vrai jusqu'à une certaine densité d'occupation de l'interligne, au-delà de laquelle la compétition hydrique lors de longues saisons sèches peut affecter l'ensemble du couvert végétal.



Tableau 9. Analyse du sol après sept ans et demi de culture. / Soil analysis seven and a half years after planting.

Variable	Moyenne Mean	Horizon 0-20 cm						Moyenne Mean	Horizon 20-40 cm					
		Traitement Treatment							Traitement Treatment					
		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
Taux de matière organique (%) Organic matter content (%)	4,48	4,56b	5,91a	4,71b	3,88b	3,62b	4,18b	1,99	2,12ab	2,10ab	2,53a	1,48b	1,68b	2,03ab
P total (ppm) Total P (ppm)	209	170	215	240	175	216	235	111	96	104	128	91	110	136
P Olsen (ppm) Olsen P (ppm)	38	19	39	49	31	47	51	17	11b	14b	20ab	13b	18ab	25a
pH eau Water pH	5,20	5,00c	5,23ab	5,44a	5,11bc	5,28ab	5,15bc	4,98	4,88b	4,95b	5,15a	4,90b	4,98b	5,00ab
CEC (meq/100 g)	2,57	2,07b	2,18b	3,93a	1,93b	2,64b	2,68b	2,32	2,10	2,24	2,58	2,31	2,25	2,46
S/T (%)	64	45c	61c	92a	48c	73b	62bc	40	28b	35b	61a	26b	41b	46ab
Ca échangeable Exchangeable Ca (meq/100 g)	1,17	0,54b	0,89b	2,41a	0,54b	1,26b	1,34b	0,61	0,33	0,51	1,03	0,34	0,56	0,89
Mg échangeable Exchangeable Mg (meq/100 g)	0,42	0,19b	0,33b	1,02a	0,20b	0,51b	0,26b	0,23	0,13b	0,18b	0,50a	0,14b	0,21b	0,20b
K échangeable Exchangeable K (meq/100 g)	0,11	0,09	0,09	0,13	0,11	0,10	0,11	0,06	0,05b	0,06b	0,10a	0,06b	0,06b	0,06b

a,b,c : groupes de classification selon le test de Duncan au seuil de signification à 5 %. / Classification groups according to Duncan's test at 5% significance threshold.

CEC = Capacité d'échange cationique. / Cation Exchange Capacity.

S/T = Taux de saturation du complexe en bases échangeables. / Rate of complex saturation in exchangeable bases.

### Conclusion générale

Cette expérience confirme un grand nombre de résultats obtenus sur d'autres sites qui montrent l'effet favorable de l'association de cultures sur la croissance et la production des cocotiers. Les avantages de ce système de cultures intercalaires dans le jeune âge des cocotiers, par rapport au système de monoculture de cet arbre sont :

- une utilisation plus efficace du sol et du rayonnement grâce à une meilleure occupation de l'espace par le couvert végétal cocotier-cultures associées : l'interception du rayonnement est accrue grâce à un meilleur taux de couverture du sol (augmentation de l'indice foliaire du couvert végétal) ; l'utilisation des engrais minéraux est améliorée en raison d'une meilleure occupation du sol par les racines, mais c'est surtout le cocotier qui profite de l'engrais apporté aux cultures intercalaires ;
- une meilleure propreté de l'interligne : la présence de cultures intercalaires oblige

à un nettoyage fréquent de l'interligne et il existe des périodes de sol nu (pratique très favorable à la croissance des cocotiers) entre deux cycles de cultures intercalaires. Il y a donc beaucoup moins d'adventices qu'en cas de monoculture ; il est certes recommandé d'éliminer aussi les adventices en l'absence de cultures intercalaires, mais l'expérience montre que le planteur est plus motivé pour le faire lorsqu'il y a des cultures associées à soigner. Le cocotier bénéficie immédiatement de cette situation pour sa croissance et le planteur en bénéficie plus tard par la réduction des coûts d'entretien. En effet, si la cocoteraie est déjà « propre » alors que les couronnes foliaires des cocotiers atteignent leur taille définitive, les adventices pousseront plus difficilement sous un ombrage déjà installé ;

- une rentabilité immédiate des cultures intercalaires, donc un revenu d'appoint important pour le planteur pendant la période improductive des cocotiers. Il faut pour cela choisir des cultures à la

fois compatibles avec le cocotier (le choix est très large) et bien adaptées aux conditions agronomiques et économiques locales : manioc et bananier conviennent à Gunung Batin. A cela s'ajoute l'augmentation à long terme du revenu des cocotiers, grâce à l'arrière-effet positif des cultures intercalaires sur le nombre de noix par arbre (+ 19 à 35 % d'augmentation de production dans notre cas, en données cumulées sur six années de récolte) ;

- une amélioration à moyen terme des propriétés du sol : dans cette expérience, le sol initial était déjà favorable à la culture du cocotier. Mais il existe des situations où les sols sont peu fertiles, et dans lesquelles l'amélioration du taux de matière organique et son enrichissement en bases échangeables, grâce à l'association de cultures, seront très bénéfiques aux cocotiers. Il faut pour cela que les plantes associées soient cultivées selon les règles, avec notamment une fertilisation minérale appropriée et un retour au



sol des parties non récoltées des plantes intercalaires. Il est clair qu'une culture intercalaire non fertilisée appauvrira le sol au lieu de l'enrichir (Ollivier *et al.*, 1994), avec des conséquences néfastes

sur les cocotiers voisins si le sol est naturellement pauvre. C'est le cas de carences en azote du cocotier après culture intercalaire de manioc sans apport sur sol littoral sableux en Afrique

de l'Ouest. Plus le sol est pauvre en matière organique ou en éléments minéraux, plus il faut être attentif au bilan organique et minéral des cultures intercalaires. ■

## Bibliographie / References

- ABDUL SALAM M., SREEKUMAR D., 1990. Coconut-based mixed farming system to sustain productivity. *Indian Coconut J.* 20 (10) : 3-5.
- BALIAD M.E., 1994. Intercropping coconut with some biennial and perennial crops in Leyte, Philippines. *Philippine J. Coconut Studies* 19 (1) : 1-4.
- BOPAIAH B.M., SHEKARA SHETTY H., 1991. Microbiology and fertility in coconut-based mixed farming and coconut monocropping systems. *Trop. Agric. (Trinidad)* 68 (2) : 135-138.
- BRACONNIER S., CHIPUNGAHELO G., MARGATE R.Z., KLEIH U., 1998. Les cultures associées avec le cocotier. Modèle de fonctionnement et d'analyse économique. *Plant. Rech. Dév.* 5 (4) : 246-260.
- DARWIS S.N., TARIGANS D.D., 1990. Soil management of coconut based farming system. *Ind. Crops Res. J.* 2 (2) : 50-57.
- DAS P.K., 1989. Economics of coconut-based farming systems. *Coconuts Today* 8 (9) 1991: 72-79.
- DENAMANY G., MD SHARIF BIN AHMAD, NASRUNIN BAGINDA HAMID, 1979. Coconut intercropping systems in Peninsular Malaysia. *Oléagineux* 34 (1) : 7-15.
- DOOTSON J., MALIWAN RATTANAPRUK, WIT SUWANNAWUTH, 1987. Coconut development in Thailand and its stimulation by cocoa. *Oléagineux* 42 (6) : 233-243.
- GODOY R., BENNETT C.P.A., 1991. The economics of monocropping and intercropping by smallholders : the case of coconuts in Indonesia. *Hum. Ecol.* 19 (1) : 83-98.
- IDA DWIWARNI, YUHONO J.T., SYAFRIL KEMALA, 1987. Pola tanam tumpang tangga di antara tanaman kelapa. *Pembr. Littri XII* (3-4) : 67-73.
- MAPA R.B., 1995. Effect of intercropping coconut lands on soil water retention. *Biol. Agric. & Hort.* 12 (2) : 73-183.
- MATHEWKUTTY T.I., KUTTIKRISHNAN K.R., 1989. Banana : the best companion for coconut. *Indian Coconut J.* 20 (5) : 14-16.
- MIALET-SERRA I., MOUCHET S., BONNEAU X., KITU W.T., 1996. Comparaison de critères agronomiques de croissance et de production du cacaoyer en association avec le cacaoyer. Conférence Internationale de la Recherche Cacaoyère, Salvador de Bahia, Brésil, novembre 1996 (sous presse).
- NAIR P.K.R., 1979. Intensive multiple cropping with coconuts in India. Berlin, Allemagne, Paul Parey, 147 p.
- NAIR P.K.R., RAMA VAPMA, NELLIAT E.V., RAVAPPA K.V.A., 1975. Beneficial effects of crop combination of coconut and cacao. *Indian J. Agri. Sci.* 45 (4) : 165-171.
- OLLIVIER J., DANIEL C., BRACONNIER S., 1994. Cultures vivrières associées à de jeunes cocotiers, exemples au Vanuatu. *Oléagineux* 49 (3) : 91-108.
- OVASURU T., 1989. Intercropping and intergrazing in Papua New Guinea. APCC quarterly supplement, sept. 1989, p. 23-37.
- TAFFIN G. DE, ZAKRA N., POMIER M., BRACONNIER S., WEAVER R.W., 1991. Recherche d'un système cultural stabilisé associant le cocotier à des arbres fixateurs d'azote. *Oléagineux* 46 (12) : 489-500.
- THOMAS G.V., ROHINI IYER, BOPAIAH B.M., 1991. Beneficial microbes in the nutrition of coconut. *J. Plant. Crops* 19 (2) : 127-138.
- ZAKRA N., POMIER M., TAFFIN G. DE, 1986. Premiers résultats d'une expérience d'association cocotier-cultures vivrières en Moyenne Côte d'Ivoire. *Oléagineux* 41 (8-9) : 381-389.

## Intercropping with young hybrid coconut palms in climatically marginal areas

Bonneau X.<sup>1</sup>, Sugariato J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

<sup>2</sup> GGPC, Terbanggi Besar, Lampung Tengah, Indonesia

Intercrops are one way of increasing planter income in Central Lampung, Sumatra, Indonesia. Despite the water stress conditions in the zone, intercropping consistently has a favourable effect on coconut palm growth and production. Cassava and banana are the intercrops best suited to the conditions in the region.

Except in marginal zones prone to long drought periods, coconut monocultures provide planters with a stable income, with relatively low production costs – labour and inputs – compared to other crops. However, the gross revenue is modest, particularly for smallholders who do not have the wherewithal to create added value by processing their products: they generally sell barely, if at all, processed products on the local market: whole nuts, copra, home-made oil.

Planting intercrops between the coconut rows is a way of increasing planter income, as coconut is well suited to intercropping. It can be combined with a wide variety of intercrops, either perennial or temporary, which it provides with shade. Cocoa, banana, pepper, pineapple and various food crops, amongst others, are the most common intercrops practised in Southeast Asia.

Moreover, intercropping almost always improves coconut yields: the coconut palms benefit from better interrow upkeep – hence fewer weeds – and an improvement in soil physicochemical properties due to mineral fertilizer applications and organic matter recycling.

Coconut-based intercropping systems have been common worldwide for some time, particularly in tropical Asia, where many examples are quoted in the different coconut-growing countries: India (Abdul Salam and Sreekumar, 1990; Das, 1989; Nair, 1979; Nair *et al.*, 1975), Sri Lanka (Mapa, 1995), Thailand (Dootson *et al.*, 1987), Malaysia (Denamany *et al.*, 1979), Indonesia (Darwis and Tarigans, 1990; Godoy and Bennett, 1991; Ida Dwiwarni *et al.*, 1987), Philippines (Baliad, 1994), Papua New Guinea (Ovasuru, 1989).

Four main types of coconut-based cropping systems can be identified:

- temporary occupation of the interrow, until the coconut palms mature. The planter's aim in this case is to obtain a nett income from the intercrop until the coconut palms become

productive, i.e. for the first three to four years after planting for Dwarf x Tall hybrids;

- permanent occupation of the interrow, under adult palms. The coconut palms, planted at a density of 150 to 200 palms/ha for Dwarf x Tall hybrids, are the main crop, and the remaining space and radiation in the interrow are used for the intercrop;
- systems in which coconut is not the main crop: the palms are planted at a lower density to leave room for the intercrop, which becomes the main source of income;
- occupation of the interrows under ageing palms or in plantations in which upkeep is poor, where yields are low. To prevent a sudden loss of income, the intercrops are planted in the interrows between the coconut palms, which are grubbed up in stages until the intercrops are in the open. The intercropping system is thus temporary, with the coconut palms eventually being sacrificed, once the intercrop has become established and is productive.

This article looks only at the introduction of intercrops in the interrows between young hybrid coconut palms planted at standard density. The plantation in question is located in Central Lampung (Sumatra, Indonesia), a region which has long dry seasons of irregular frequency.

### Soil and climatic conditions at the site

The trial was conducted from 1988 to 1996 at the Multi-Agro Corporation Gunung Batin plantation in Central Lampung (Indonesia).

The topography is flat: the plantation is on a peneplain crossed by generally shallow talwegs.

The soils are ferrallitic tending towards podzolic loamy sands, with a low exchange capacity (1 to 2 meq/100 g), and above all effectively shallow: there is a lateritic hardpan at a depth of between 70 and 150 cm, which prevents deep root penetration. As a result, the available reserve is just 100 mm on average. Table 1 gives an example of soil composition.

The climate is marked by two seasons: a rainy season (monsoon) from November to April, with a peak from December to March, and a dry season from May to October. The intensity of the dry season varies substantially from one year to the next, as shown in table 2 and figure 1.

Figure 1 illustrates the extreme variability of the annual water deficit, which is the result of cumulated simplified monthly water balances:  $WD = P + AR - PET$

where:

- WD = water deficit (mm)
- P = precipitation (mm)
- AR = available soil water reserve (maximum = 100 mm)
- PET = potential evapotranspiration (mm) measured in a class A pan.

Table 2, which is complementary to figure 1, shows the reduction in total annual rainfall, and above all the very low rainfall during the dry season, particularly during the July to September peak, for very dry years (1991, 1994 and 1997).

The soil and climatic conditions in the region are highly unfavourable: the soil water reserve is low and the climate very unpredictable, with recurrent long dry seasons. Water stress is by far the most important limiting factor in the region, for all crops, but particularly for tree crops such as coconut, whose yields are governed by a cycle covering several years.

### The intercropping trial

Trial GB ES 03 was set up in January 1988. The aim was to test the effect of introducing various intercrops on the growth and yields of young coconut palms. The trial covers 7 ha. Table 1 shows the mean soil composition in the plot at the start of the trial, when it was covered in *Imperata* following felling of secondary forest.

In relation to the standard soil described in table 1, the GB ES 03 trial plot had a very good organic matter content (5%) in the topsoil, and a slightly higher clay content. Given, moreover, that the lateritic hardpan does not appear until a

depth of some 150 cm in this plot, it can be assumed that the soils are rather more fertile than in the plantation as a whole.

The PB 121 (MYD x WAT) hybrid palms were planted at a density of 160 palms/ha (8.5 m between palms in equilateral triangles, i.e. a 7.36-m wide interrow).

The trial comprises six treatments and six replicates, in simple Fisher blocks. The treatments are described in figure 2. Each elementary plot comprises six rows of six palms, i.e. 16 useful central palms (four rows of four); the adjacent plots are separated off by a single border row.

Figure 2 shows the soil occupation calendar for each treatment. For reasons of clarity, we have not shown in the figure, but mention for the record, a certain number of attempts at intercropping that failed for various reasons (drought, disease): groundnut in 1988 (treatments 3 and 4), peas in 1989 (treatment 4), ginger in 1991 and 1992 (treatment 6), vanilla in 1994 (treatment 6). As these crops produced next to nothing, they apparently did not have any effect on the neighbouring coconut palms. Trial GB ES 03 was intended not to improve the cropping practices used for the intercrops, but to test the effect of those crops on the coconut palms. Some crops that posed various problems (high susceptibility to water stress or certain diseases) were abandoned in favour of hardy crops more suitable for the region, with simple, cheap crop practices.

The coconut palms in the trial received uniform mineral fertilizer rates (applied in the circle around the root bulb) and upkeep (circle weeding). Intercropping followed the usual practices in the region: complete mineral fertilization, and harvest residues spread on the soil (table 3).

Photos 1 to 4 show the trial at various stages.

The effects of intercropping on the coconut palms were estimated by measuring vegetative growth (coconut palm collar girth), flowering precocity, production and nutritional status (by leaf analysis).

The effects of intercropping on the intercrops were evaluated by studying intercrop performance, particularly resistance to water stress, if relevant, yield in farm-gate raw product weight terms, and gross revenue derived. The revenue was estimated assuming that fixed costs (infrastructures, administration) and financial costs were negligible as far as the intercrops were concerned, as those costs were attributed to the coconut palms. The variable costs of the coconut palms in the system were assumed to be constant for all the treatments, with exactly the same coconut planting design, land preparation, upkeep and fertilization. Only the variable costs of the intercrops were taken into account. The

variable used was gross income, which was taken to be equivalent to the gross margin under those conditions, i.e. the farm-gate harvest sale price minus variable production costs (inputs + labour).

Moreover, the changes in soil chemical composition were compared for each of the treatments, eight years after the start of the trial.

#### Effects on coconut palm growth

Table 4 shows the growth and flowering of the young coconut palms in trial GB ES 03, revealing two trends.

The main pattern was that irrespective of the chosen intercrop succession, the intercropped coconut palms were almost always ahead, sometimes significantly, sometimes not, of the control palms without intercrops. This important result confirmed observations at other sites (Ollivier *et al.*, 1994; Zakra *et al.*, 1986): introducing intercrops in the interrows between young coconut palms generally has a favourable effect on young coconut palm growth. In this trial, great care was taken with the intercrops, which explains why cassava did not exhaust the soil reserves in the slightest: it was heavily fertilized (table 3) and the aerial parts – stems and leaves – were left in the plot after tuber harvesting.

Furthermore, introducing bulky crops such as cassava in the first and second year of planting (treatments 5 and 6) had a slight temporary depressive effect on young coconut palm growth (collar girth from ten to twenty-eight months compared to the control); however, this shortfall was rapidly made up after the end of the cassava cycle. Bulky intercrops therefore undeniably compete with young coconut palms, but the effects are reversible: in our case, neither final palm size nor flowering precocity were adversely affected compared to the control palms.

#### Effects on coconut yields

Table 5 shows the yields of the coconut palms in the trial.

The considerable variation in annual yields was linked to the climatic conditions (figure 1, table 2). Yields in the year following a very dry year were low (1992 and 1995) and began to pick up at the end of the next year (1993 and 1996), whilst yields in the year following two years of good climatic conditions (1994) were very high: over 100 nuts per palm for the best treatments. This is a good result for seven-year-old hybrid coconut palms, showing that the PB 121 hybrid can reach its potential provided there is no water stress.

The intercropped coconut palms proved to have consistently higher cumulated yields than the control palms without intercrops, even

several years after the end of the intercrop cycle. The control palms were given exactly the same fertilizers and upkeep as the intercropped palms, and the yield gap may thus indeed be due to the beneficial after-effect of the intercrops.

Of the intercropped coconut treatments, the best two were treatments 4 (cocoa after maize) and 3 (cocoa and banana after maize). There were fears that the intensification of soil occupation in treatment 3 might prove excessive, particularly in terms of strong competition for water in the event of drought, with three crops on the same area for two years – coconut, banana and cocoa – but table 5 shows that the coconut palms did not suffer, quite the contrary, in fact. Moreover, cumulated coconut palm mortality after eight years was just 1% on average, with no treatment effect, despite the impact of two long dry seasons (in 1991 and 1994). The presence of intercrops therefore did not hinder the coconut palms during intense water stress, even when planted densely in the interrow. However, it is important not to extrapolate too far, since although that was the case in trial GB ES 03, a triple row of intercropped cocoa trees proved to have an adverse effect on adult coconut palm mortality in 1991 and 1994 in another trial at the same plantation (Mialet-Serra *et al.*, 1996).

#### Effects on coconut palm mineral nutrition

Table 6 shows the major leaf nutrient content trends for the coconut palms in trial GB ES 03.

The palms were given complete fertilization, primarily chlorine fertilizers, mainly in sodium chloride (NaCl) form, from 1992 onwards. The intercrops were given appropriate fertilizers in line with their supposed requirements (table 3). High urea, KCl and magnesium fertilizer rates were applied in treatment 3 (for banana) and high phosphate fertilizer rates for all the intercrops.

Coconut palm mineral nutrition was good on the whole, including the control palms. Na and Cl contents increased substantially between 1991 and 1996, due to NaCl applications. The coconut palms also benefitted significantly from the fertilizers applied on the intercrops:

- P, and to a lesser extent Ca, contents were consistently higher in the intercropped palms compared to the controls. Moreover, in 1996, treatments 3 and 4, in which phosphate fertilizer applications on the intercrops were highest, were also those in which coconut palm P contents were highest;
- in 1996, the Mg contents of the intercropped palms were higher than those of the control palms;
- there was an interesting phenomenon in March 1991, particularly in treatment 3.

Whereas high KCl rates were applied on banana beforehand, the K contents of the intercropped palms did not increase (quite the contrary, in fact) compared to those of the controls.

However, the Cl contents of the intercropped palms increased significantly compared to the controls. It was as if the KCl applied on banana was taken up selectively, according to each plant's requirements: the potassium went mainly to the banana trees and the chlorine to the coconut palms.

These results show that the coconut palms benefitted largely from the mineral fertilizers applied on the intercrops, and very quickly: from the start of the third year after planting, leaf contents differed significantly between the intercropped and control palms. After all, the coconut palm root system was well established in the centre of the interrow as early as the third year after planting.

As that the control coconut palms in trial GB ES 03 were given appropriate mineral fertilizer rates, it is unlikely that the amount, particularly of P and Mg, poached by the intercropped palms had any effect on growth. However, our observations prove that in less favourable conditions, coconut palms could correct mineral deficiencies by drawing on the fertilizer applied on intercrops. They also show that the fertilizer applied to intercrops is effectively assimilated by the plant cover, partly by the intercrop itself, but partly, and not insignificantly, by the neighbouring coconut palms: mineral fertilizer uptake efficacy is thus improved by intercropping with coconut.

### Effects on intercrop yields

Table 7 summarizes the main data for the intercrops tested in trial GB ES 03.

#### Maize

Maize yields were lower than expected. The expected yield was 1.5 to 2 t, the usual figure for the plantation. However, conditions, notably labour availability at certain key times, were not ideal in the trial.

However, even if yields had reached 1.5 to 2 t, the gross margin would still have been relatively low (probably between US\$ 50 and 100/ha), given the high production costs – seed, fertilizers and phytosanitary products.

Maize is thus a difficult intercrop under local conditions: it is important to plant at the right time (generally at the end of the rainy season), prepare the land well (ridging the rows), protect the seeds once planted, and weed and apply fertilizers at specific stages. The profitability of the crop also, and above all, depends on maize prices on the local market, which will govern whether it is chosen as an intercrop. Braconnier *et al.* (1998) showed that maize could be a very

good intercrop with adult coconut palms in the Philippines. Photo 5 shows a plot of young coconut palms intercropped with maize at Gunung Batin.

#### Cassava

Table 7 shows very good yields and a high gross margin for intercropped cassava. Cassava is particularly suitable for Central Lampung. It is hardy, with no known economically significant pests or diseases in the region, and it can withstand both water surpluses and shortages. It covers the soil fast, smothering weeds (hence lower weeding costs). Cropping techniques are very simple: cuttings are planted on ridges and the tubers pulled up after around a year. The main expense in our case was mineral fertilizers, but it was largely compensated for by yields, as cassava prices were high and stable in Lampung during the trial period.

Cassava is thus an excellent intercrop under local conditions, as it only temporarily hinders coconut palms. Moreover, it is possible to reduce the number of cassava rows so as to increase the distance from the coconut row. Photo 6 shows a plot of young coconut palms intercropped with cassava at Gunung Batin.

#### Banana

Intercropped banana trees yielded as well as monocultures. Yields fell in 1991, as the second half of the year was very dry, but the banana trees survived: numerous suckers appeared as soon as the rains resumed.

Combining coconut and banana (alternate single rows of each) provided the young cocoa trees in treatment 3 with effective shade.

Table 7 shows that the gross margin and yields for intercropped banana trees were excellent. However, they were calculated for very favourable conditions, i.e. assuming that all of the small amount produced could be sold to the supermarkets of a nearby, easily accessible large city (Jakarta).

Banana is thus undoubtedly an excellent temporary intercrop (Mathewkutty and Kuttikrishnan, 1989), in this case for three years. To prevent them becoming excessively bulky and hindering the coconut palms, the banana trees should be kept right in the middle of the coconut interrow, by removing the suckers that grow to each side.

#### Cocoa

This intercrop has a positive effect on coconut. In trial GB ES 03, the best designs in terms of cocoa yields were treatments 4 (coconut + cocoa alone) and 3 (coconut + banana for three years + cocoa), as shown in table 7.

Table 8 shows cocoa tree mortality rates from one to five years after planting.

In the first year after planting, the cocoa trees that benefitted from the double shade of the banana trees and coconut palms (treatment 3)

were less severely attacked by sucking insects. In year two, it was the same trees that best resisted water stress, despite the fact the planting density was higher given that there were three crops.

A central *Flemingia* hedge (treatment 2) did not have any positive effects; it was even a disadvantage, as it attracted thrips that then spread to the neighbouring cocoa trees. Planting cassava arbours to provide shade (treatment 5) protected the cocoa trees against sucking insects in the first year after planting, but had an adverse effect on growth and yields: under such strong shade, the cocoa trees built up a growth shortfall that they then took several years to make up.

However, the following years (1992 to 1994) revealed that cocoa was not suitable for the soil and climatic conditions in Central Lampung, particularly when intercropped with coconut. The main limiting factor was the lack of water: the recurrent abnormally long dry seasons led to excessive mortality. In 1991, mean mortality was 8%, which is acceptable, but in 1994, it was 31% (with no treatment effect); in cumulated terms, almost 40% of the original cocoa trees had died by the end of year 5. Given the likelihood of further long dry seasons, planting cocoa is far too much of a risk.

There were two other limiting factors in addition to water stress. The first was the effect of competition from the hybrid coconut palms, planted at a density of 160 palms/ha, on cocoa yields. The usual yields obtained from intercropped cocoa trees under these conditions at Gunung Batin rarely exceed 500 kg of dry beans per hectare, which is well below the potential 2 000 to 2 500 kg. Higher yields (800 to 1 000 kg/ha) have been obtained in some trials, but at much lower coconut planting densities (107 palms/ha). Coconut palms compete with cocoa trees for nutrient and water uptake by the roots, as shown in another trial at Gunung Batin (Mialet-Serra *et al.*, 1996). Moreover, the cocoa trees are subject to substantial insect pest pressure: *Adoretus versutus* on young trees, and above all *Helopeltis* sp., which causes substantial damage on adult trees. The intensity of that insect's attacks can be reduced by insecticide treatments, but this significantly increases production costs and yields are still unpredictable and relatively low, even in good years. Moreover, there are certain fungal or other diseases (such as dieback) which have a significant impact at Gunung Batin.

In trial GB ES 03, it would take a mean annual yield of around 10 healthy pods per tree (i.e. 200 to 400 kg of dry cocoa/ha, depending on whether there were single or double rows of cocoa) to compensate for the investment and operating costs related to the cocoa intercrop. However,



even this minimum yield, which is barely a third of the potential yield, cannot generally be achieved, either under the experimental conditions in GB ES 03 or in commercial plantations, under the same soil and climatic conditions and with the same design under coconut planted at a density of 160 palms/ha.

Table 7 shows that within five years, the cocoa intercrop was running at a loss, with no prospect of improvement, in view of the above limiting factors. As a result, coconut-cocoa intercropping is not recommended at Gunung Batin.

### Conclusion

Of the intercrops tested in trial GB ES 03, cassava and banana are the most profitable under local experimental conditions. Other possible intercrops, such as pineapple, papaya and pepper, were not tested. However, the aim of the trial was neither to draw up an exhaustive list of possible intercrops for young coconut palms in the region nor to optimize cropping practices in the intercropping system, but simply to determine the effect of temporary interrow occupation on young coconut palm growth and production.

### Changes in soil physicochemical properties

A soil analysis was conducted in June 1996 in each elementary plot. Table 9 gives the main results.

The organic matter content of the topsoil (3.6 to 5.9%) was excellent and confirmed the analysis at the start of the trial (5.0%, table 1). In the 0-20 cm horizon, the best organic matter content was found in treatment 2, probably due to the fact that the *Flemingia* litter, which was abundant due to regular pruning, was effectively incorporated into the soil. In the 20-40 cm horizon, banana and cocoa tree residues probably had more of an effect in treatment 3.

Total and assimilable phosphorus contents remained more or less stable during the trial (table 1, start of trial, and table 9, end of trial). In the 20-40 cm horizon, the assimilable phosphorus content was higher despite in treatment 6 the fact that it was not given any more phosphate fertilizer than treatments 3, 4 and 5, for example. There was also an almost significant trend in the 0-20 cm horizon: the soils under the control coconut palms were less rich in assimilable P (19 ppm) than those under intercropped palms (31 to 51 ppm). The phosphorus applied to the intercrops thus indeed enriched the soil in that element, to the benefit of the coconut palms, which assimilated the P in their leaves (table 6).

The soil pH under the control palms (5.0) remained stable throughout the trial (tables 1 and 9). However, the soil pH under certain intercropped palms increased, notably in

treatment 3 (5.44 in the topsoil). This marked increase was linked to the higher exchangeable base contents.

Cation exchange capacity (CEC) increased in relation to the control, particularly in the 0-20 cm horizon in treatment 3 (3.93 compared to 2.07). Alongside CEC, the soil base saturation rate changed in treatment 3 in relation to the control (92% compared to 45% in the 0-20 cm horizon, 61% compared to 28% in the 20-40 cm horizon). The soil in treatment 3 was enriched in exchangeable calcium, magnesium and potassium. In fact, it was in these plots in treatment 3 that the highest rates of calcium, magnesium and potassium fertilizer were applied. The coconut palms in treatment 3 benefitted above all from the magnesium (table 6).

A statistical analysis of the soil trends thus clearly showed an improvement in soil fertility with the introduction of well fertilized intercrops: increased pH and CEC, CEC enrichment in exchangeable bases, enrichment in assimilable phosphorus.

This enrichment is bound to benefit the coconut palms in the medium and long term. Leaf analyses showed that they had absorbed certain nutrients: P, Ca, Mg. Those elements are not limiting under local conditions, particularly since the palms in GB ES 03 are individually fertilized, but the effect on production would be highly favourable were the coconut palms not sufficiently fertilized, which is commonly the case on smallholdings.

It is also likely that returning intercrop harvest residues to the soil maintains soil organic matter contents. In the case of trial GB ES 03, the soil organic matter content under the control palms was already good, and it is thus unlikely that there would be any improvement, but the same cannot be said for sites where organic matter content is a limiting factor: in this case, introducing intercrops that return large quantities of organic matter to the soil is beneficial (de Taffin *et al.*, 1991).

Soil microorganism composition depending on the intercrops was not analysed in this study. However, it is known that this composition is often improved, notably by intercropping coconut with cocoa (Bopaiah and Shekara Shetty, 1991; Thomas *et al.*, 1991).

### Conclusions

#### Conclusions of the trial

The positive results of trial GB ES 03 were obtained under marginal water supply conditions, handicapped by recurrent long dry seasons. The adverse effect of water stress concerned coconut-intercrop systems as much as coconut monocultures. In effect, the intercrop

systems tested did not have any adverse effects on coconut palm growth, production or mortality, despite the impact of frequent intense water stress.

In other words, the question of whether it is wise to grow coconut under these unfavourable soil and climatic conditions has to be asked irrespective of whether intercrops are to be planted in the coconut interrows. This applies up to a certain interrow occupation density, beyond which competition for water during the long dry seasons will affect all of the different crop species.

#### Overall conclusion

This trial confirmed numerous results obtained at other sites, showing the beneficial effect of intercropping on coconut palm growth and yields. In relation to coconut monocultures, the advantages of intercropping with young coconut palms are:

- more effective soil and radiation use due to better occupation of the area by the coconut-intercrop cover: radiation interception is increased due to the better soil cover rate (increase in the plant cover leaf area index); mineral fertilizer use is also improved due to better soil occupation by the roots, but it is primarily the coconut palms that benefit from the fertilizer applied to the intercrops;
- cleaner interrows: planting intercrops means that the interrow has to be cleared more often, and there are periods of bare soil (which greatly favours coconut palm growth) between successive intercrop cycles. There are therefore substantially fewer weeds than in coconut monocultures; it is obviously recommended that weeds be cleared in monocultures, but experience has shown that planters are keener to do so when they also have intercrops to maintain. Coconut palm growth benefits from this situation immediately, and planters benefit later on in terms of reduced upkeep costs. In effect, if the coconut plantation is already "clean" when the coconut leaf crowns reach their full size, weeds will find it more difficult to grow under established shade;
- the immediate profitability of the intercrops, hence an important additional income for planters whilst the coconut palms are still immature. To this end, it is important to choose intercrops that are both compatible with coconut (the choice is vast) and well adapted to local agronomic and economic conditions: cassava and banana are suitable at Gunung Batin. In addition, long-term income from the coconut palms is increased, due to the positive after-effect of intercrops on the number of nuts per palm (19 to 35% yield increase in our

case, in cumulated terms over six years of harvests);

- a medium-term improvement in soil properties: in this trial, the initial soil was already suitable for coconut palms. However, there are places where the soils are not very fertile, and in which the improvement in organic matter and exchangeable base contents caused by intercropping would be highly beneficial to

coconut. To this end, the intercrops have to be grown using the proper techniques, notably with appropriate mineral fertilizers and returning the intercrop harvest residues to the soil. It is clear that unfertilized intercrops will impoverish rather than enrich the soil (Ollivier *et al.*, 1994), with adverse consequences for the neighbouring coconut palms if the soil is naturally poor. That is what happens with

coconut palm nitrogen deficiencies after growing a cassava intercrop without applications on sandy coastal soils in West Africa. The lower the soil organic matter or nutrient contents, the more care has to be taken with the organic and mineral balance of the intercrops. ■

## Résumé

Une expérience d'association de culture avec de jeunes cocotiers hybrides a été réalisée dans la région du Lampung central (Sumatra, Indonésie). Le site se caractérise par une faible réserve en eau des sols et un climat très irrégulier, avec récurrence de longues saisons sèches et stress hydrique. En dépit de cet important facteur limitant, cet essai a montré que l'association est toujours favorable à la croissance et à la production des cocotiers, quelle que soit la succession de cultures choisie, avec un arrière-effet de plusieurs années après la fin du cycle des cultures intercalaires. A condition de bien soigner les cultures associées – apport d'engrais minéraux et restitutions organiques –, le sol s'enrichit et les cocotiers en bénéficient à court et long termes. Une occupation relativement dense de l'interligne des jeunes cocotiers n'a pas non plus d'effet dépressif sur la résistance des cocotiers au stress hydrique en période sèche. Parmi les cultures testées, le manioc et le bananier apparaissent les mieux adaptés aux conditions régionales. Dans cette expérience en conditions climatiques marginales, le cocotier se prête bien à l'association de cultures.

## Abstract

A trial of intercropping with young coconut palms was carried out in Central Lampung (Indonesia). The site was characterized by limited soil water reserves and a highly irregular climate, with recurrent long dry seasons and water stress. Despite this significant limiting factor, the trial showed that intercropping systematically had a positive effect on coconut palm growth and yields, irrespective of the intercrop succession chosen, with after-effects lasting for several years after the end of the intercrop cycle. Provided proper care was taken with the intercrops – applying mineral fertilizers and returning harvest residues to the soil – the soil was enriched and the coconut palms benefited in both the short and long term. Relatively dense occupation of the interrow between the young coconut palms did not have any adverse effects on coconut palm resistance to water stress during dry periods either. Of the crops tested, cassava and banana seemed to be the most suitable for the conditions in the region. In this trial, under marginal climatic conditions, coconut proved well suited to intercropping.

## Resumen

Se realizó una experiencia de asociación de cultivo con jóvenes cocoteros híbridos en la región del Lampung central (Sumatra, Indonesia). El lugar se caracteriza por una baja reserva de agua de los suelos y un clima muy irregular, con recurrencia de largas temporadas secas. En despecho de este importante factor limitando del estrés hídrico, la experiencia mostró que la asociación sigue siendo favorable al crecimiento y a la producción de los cocoteros, cualquiera que sea la sucesión de cultivos seleccionada, con un efecto trase-ro de varios años después de terminar el ciclo de los cultivos intercalares. A reserva de cuidar muy bien los cultivos asociados (aporte de abonos minerales y restituciones orgánicas), el suelo se enriquece y los cocoteros lo aprovechan a corto y largo plazo. Una ocupación relativamente densa de la calle de los jóvenes cocoteros no surte tampoco efecto depresivo en la resistencia de los cocoteros al estrés hídrico en temporada seca. Entre los cultivos sometidos a prueba, mandioca y banano parecen ser mejor adaptados a las condiciones regionales. Por lo tanto, observamos en este ejemplo que el cocotero se adapta bien a la asociación de cultivos, inclusive en condiciones climáticas marginales.