

# L'hybride de cocotier PB121 amélioré, croisement du Nain Jaune Malais et de géniteurs Grand Ouest-Africain sélectionnés

## *The improved PB121 coconut hybrid, a cross between the Malayan Yellow Dwarf and selected West African Tall parents*

R. BOURDEIX<sup>(1)</sup>, Y.P. N'CHO<sup>(2)</sup>, A. SANGARE<sup>(2)</sup>, L. BAUDOIN<sup>(3)</sup>, M. de NUCE DE LAMOTHE<sup>(4)</sup>

**Résumé.** — Le croisement entre le Nain Jaune Malais et le Grand Ouest-Africain est le premier hybride créé sur la station de recherches Marc Delorme (Côte-d'Ivoire). Sous la dénomination PB121, cet hybride a été vulgarisé à l'échelle mondiale par l'Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux. En 1978, l'amélioration de cet hybride fut entreprise grâce à des tests d'aptitude individuelle à la combinaison. Les résultats du premier essai montrent que les descendances des meilleurs géniteurs Grands sont significativement supérieures à l'hybride PB121 livré habituellement aux planteurs. En terme de coprah par arbre, la différence se chiffre à 19 % au jeune âge (4-8 ans) et à 15 % à l'âge adulte, durant lequel ces descendances dépassent 4,8 t/ha de coprah alors que le témoin PB121 plafonne à 4,2 tonnes. Deux descendances sur trois présentent un excellent niveau de tolérance à la chute de noix due à *Phytophthora katsurae*. La troisième est trop productive pour que l'impact de la maladie suffise à la déclasser. Le pollen prélevé sur les autofécondations des trois meilleurs géniteurs servira à la production d'hybride amélioré. Ce dernier sera vulgarisé sous la dénomination de PB121 amélioré. La production de semences débutera en 1993 à la station Marc Delorme avec un potentiel d'environ cent soixante dix mille semences. Ultérieurement d'autres géniteurs, sélectionnés dans les essais suivants, viendront élargir la base génétique de l'hybride et accroître la capacité de production de semences. Celle-ci augmentera progressivement pour atteindre un million cent mille en l'an 2001.

**Mots clés.** — *Cocos nucifera* L., hybride Nain × Grand, production de semences, amélioration génétique, aptitude individuelle à la combinaison.

### INTRODUCTION

Le schéma d'amélioration génétique du cocotier mis au point par l'IRHO<sup>(5)</sup> repose sur la constitution d'une collection regroupant de nombreux cultivars, la détection des meilleurs croisements entre cultivars, puis l'amélioration de ces croisements grâce à des tests d'aptitude à la combinaison des individus (Nucé de Lamothe, 1970 ; Gascon et Nucé de Lamothe, 1976). Ultérieurement ce schéma a été structuré en deux axes d'amélioration, Grand × Grand et Nain × Grand, utilisant tous deux la méthode de sélection récurrente réciproque (Bourdeix *et al.*, 1990, 1991a et b).

(1) CIRAD-CP - Station Marc Delorme - 07 BP 13 - Abidjan 07 - Côte-d'Ivoire

(2) IDEFOR-DPO - Station Marc Delorme - 07 BP 13 - Abidjan 07 - Côte-d'Ivoire

(3) CIRAD-CP - BP 5035 - 34032 Montpellier - France

(4) CIRAD-Relations Extérieures - 42 rue Scheffer - 75016 Paris - France

(5) Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux

**Abstract** — The cross between the Malayan Yellow Dwarf and the West African Tall was the first hybrid to be created at the Marc Delorme Research station (Ivory Coast). Known as the PB 121, this hybrid was extended worldwide by the Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux. In 1978, work was undertaken to improve this hybrid using individual combining ability tests. The results of the first trial showed that the progenies of the best Tall parents were significantly superior to the PB 121 hybrid usually supplied to growers. In terms of copra per tree, the difference amounts to 19 % in young trees (4-8 years) and 15 % in adult trees, during which these progenies exceed 4.8 t/ha of copra, whereas the PB 121 control levels off at 4.2 tonnes. Two out of three progenies proved to have an excellent level of tolerance to nut-fall due to *Phytophthora katsurae*. The third was too productive for disease impact to adversely affect it. Pollen taken from selfs of the best three parents will be used for the production of an improved hybrid, which will be known as the improved PB 121. Seed production will begin at the Marc Delorme station in 1993, with a potential of around a hundred and seventy thousand seeds. Later, other parents, selected from subsequent trials, will be used to broaden the hybrid's genetic base and increase seed production capacity, which will gradually increase to reach one million one hundred thousand by the year 2001.

**Key words.** — *Cocos nucifera* L., Dwarf × Tall hybrid, seed production, genetic improvement, individual combining ability

### INTRODUCTION

The coconut genetic improvement scheme developed by IRHO<sup>(5)</sup> is based on building up a collection containing numerous cultivars, detecting the best crosses between cultivars, then improving these crosses through individual combining ability tests (Nucé de Lamothe, 1970, Gascon and Nucé de Lamothe, 1976). Later, this scheme was structured along two lines of improvement, Tall × Tall and Dwarf × Tall, both using the reciprocal recurrent selection method (Bourdeix *et al.*, 1990, 1991a and b).

Le croisement entre le Nain Jaune Malais (NJM) et le Grand Ouest-Africain (GOA) est le premier hybride créé sur la station de recherches Marc Delorme (Côte-d'Ivoire). La première plantation date de 1962. Celle-ci n'était pas organisée en dispositif statistique mais elle montra la précocité et la bonne productivité de ce matériel. Du fait d'excellentes conditions agronomiques, des rendements jusqu'alors jamais atteints - 6,5 t/ha de coprah - furent enregistrés certaines années.

En 1971, le PB121 fut inclus dans le premier test d'aptitude à la combinaison entre cultivars Nains et Grands. Cet essai comparait dix hybrides Nain × Grand et un témoin constitué du cultivar Grand Ouest-Africain. Comparé à ce témoin, le PB121 a produit le triple au jeune âge (5-8 ans) et le double à l'âge adulte, avec une moyenne de 3,7 t/ha de coprah sur la période 9-15 ans.

Le PB121 est l'hybride le plus vulgarisé au monde. Il a été testé ou utilisé dans les programmes de plantation de plus de quarante trois pays (Nucé de Lamothe et Benard, 1985). Dans la quasi-totalité des cas, l'hybride s'est révélé plus précoce et plus productif que les cultivars Grands locaux. Ce bon comportement a incité à poursuivre l'amélioration de l'hybride PB121. Deux tests d'aptitude à la combinaison de géniteurs GOA avec un testeur NJM ont donc été mis en place, l'un en 1978 (PBGC15) et l'autre en 1982 (PBGC26). Seules les données du premier essai seront présentées ici.

## MATERIEL ET METHODES

Les méthodes utilisées par l'Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux pour la mise en place des essais génétiques sont détaillées dans plusieurs publications, qui concernent en particulier la tenue d'un germe (Wuidart, 1979a et 1981a et b), la pépinière de plants en sac plastique (Wuidart, 1979b ; Rognon, 1971), la plantation (Pommier, 1979 ; Duhamel, 1987) et la fumure (Coomans et Ochs, 1976 ; Ouvrier 1984).

### □ Structure du test

La méthodologie des tests d'aptitude à la combinaison des individus a déjà été décrite dans un précédent article (Bourdeix *et al.* 1989). En résumé, la phase de test comprend théoriquement deux types d'essais complémentaires : des arbres de l'un des écotypes sont individuellement croisés avec un ensemble d'arbres de l'autre écotype, et inversement. Les unités en test sont donc des familles de demi-frères résultant d'un croisement d'un géniteur avec une population.

En pratique, le plan de croisement a été simplifié lorsque les deux écotypes croisés présentaient des niveaux de variabilité inégaux. Ainsi, pour l'amélioration des hybrides Nain × Grand, l'aptitude à la combinaison de nombreux géniteurs Grands a été testée, quitte à supprimer le test réciproque. En effet, la plupart des Nains de la collection sont autogames et ont subi divers effets fondateurs. Ils présentent une très faible variabilité phénotypique et sont vraisemblablement proches de la lignée pure.

Dans le cas de l'essai PBGC15, quinze géniteurs GOA pris comme mâles ont été individuellement croisés avec une population NJM en utilisant la technique de fécondation artificielle (Nucé de Lamothe *et al.*, 1980). Un témoin issu de pollinisation assistée complète le dispositif : l'hybride PB121, croisement des populations NJM et GOA. Ce témoin, est issu de la production de semences commerciales, il est donc identique aux hybrides habituellement livrés aux planteurs (Nucé de Lamothe et Rognon, 1972).

*The cross between the Malayan Yellow Dwarf (MYD) and the West African Tall (WAT) was the first hybrid to be created at the Marc Delorme research station (Ivory Coast). The first plantation dates back to 1962. It was not planted in a statistical design, but it revealed the precocity and high yields of this material. Given the excellent agricultural conditions, yields theretofore never seen - 6.5 t/ha of copra - were recorded some years.*

*In 1971, PB 121 was included in the first combining ability tests between Dwarf and Tall cultivars. The trial compared ten Dwarf × Tall hybrids and a West African Tall control. Compared to the control, PB 121 produced three times as much when young (5-8 years) and twice as much when adult, with a mean of 3.7 t/ha of copra over the 9-15 year period.*

*PB 121 is the most widely extended hybrid in the world. It has been tested and used in planting programmes in more than forty-three countries (Nucé de Lamothe and Benard, 1985) In almost every case, the hybrid has proved more precocious and productive than the local Tall cultivars. This good performance encouraged further improvement of the PB 121 hybrid. Two combining ability tests of WAT parents with a MYD tester were therefore set up, one in 1978 (PBGC15), the other in 1982 (PBGC26). Only the data from the first trial will be indicated here.*

## MATERIAL AND METHODS

*The methods used by the Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux when setting up genetic trials have been described in several publications, dealing particularly with seed bed management (Wuidart, 1979a and 1981a and b), polybag nurseries (Wuidart, 1979b; Rognon, 1971), planting (Pommier, 1979; Duhamel, 1987) and fertilization (Coomans and Ochs, 1976; Ouvrier, 1984).*

### □ Test structure

*The methodology applied in the individual combining ability tests has already been described in a previous article (Bourdeix *et al.* 1989). In brief, the test phase theoretically comprises two types of complementary tests: trees from one of the ecotypes are individually crossed with a set of trees from the other ecotype, and vice versa. The test units are therefore half-sib families resulting from a cross between a parent and a population.*

*In practice, the crossing plan was simplified when the two ecotypes crossed did not have the same variability levels. Thus, for improvement of Dwarf × Tall hybrids, the combining ability of many Tall parents was tested, even if it meant bypassing the reciprocal test. In fact, most of the Dwarfs in the collection are autogamous and underwent various foundation effects. They have very low phenotypic variability and are probably close to the pure line.*

*In the case of trial PBGC15, fifteen WAT parents taken as males were individually crossed with a MYD population using the hand pollination technique (Nucé de Lamothe *et al.*, 1980). A control obtained by assisted pollination completes the design: hybrid PB 121, a cross between the MYD and WAT populations. This control was obtained from commercial seed production and is therefore identical to the hybrids currently supplied to growers (Nucé de Lamothe and Rognon, 1972).*

### □ Choix des géniteurs

La population dont sont issus les géniteurs Grand Ouest-Africain est un mélange d'intercroisements et de fécondations libres, récoltés sur des arbres hauts producteurs dans une plantation privée.

Le choix a tenu compte de l'ascendance des géniteurs. En particulier, parmi les arbres sélectionnés, on recense :

- trois familles de pleins-frères chacune représentées par trois arbres,
- une famille de demi frères représentée par trois arbres.

Dans ces familles, les géniteurs Grand Ouest-Africain ont été sélectionnés sur des caractéristiques phénotypiques individuelles. Les critères ont été le coprah par noix, supérieur à 220 g, et la production annuelle de coprah par arbre supérieure à 20 kg de coprah par arbre. Les Nains Jaunes sélectionnés sont des arbres producteurs qui présentent un phénotype typique.

### □ Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un lattice équilibré 4 × 4. Il comporte 5 répétitions avec 12 arbres par parcelles élémentaires (2 lignes de 6 arbres). Les lignes et les arbres situés en bordure de parcelle n'interviennent pas dans l'essai. Ces arbres de bordure sont issus du même croisement que la parcelle expérimentale voisine.

La densité de plantation est de 160 arbres/ha (8,5 m en triangle). Au total l'essai comprend 960 arbres utiles et 174 arbres de bordure, soit une surface totale de 7,1 ha.

### □ Suivi agronomique

L'essai est planté sur un sol profond constitué de colluvions de sables tertiaires à 8-10 % d'argile, pauvre en matière organique et en éléments minéraux. Une couverture de légumineuses rampantes (*Pueraria*, *Centrosema*) a été semée et s'est implantée correctement. Le climat de type soudano-guinéen se caractérise par deux saisons sèches de longueurs inégales, l'une de décembre à avril, l'autre en août-septembre. La pluviométrie annuelle, de 1606 mm est répartie sur 134 jours et on compte 2149 heures d'ensoleillement par an.

Le précédent cultural de la parcelle consiste en un mélange de Nains et d'hybrides Grand × Grand abattus en 1976. Les stipes des arbres abattus ont été exportés et brûlés.

La fertilisation est gérée grâce à la technique de diagnostic foliaire. Les tableaux présentés en annexe 1 montrent le résultat des diagnostics et les fumures appliquées depuis le début de l'essai. Le premier tableau présente les teneurs en éléments minéraux des feuilles 4, 9 ou 14. Par défaut l'analyse correspond à une feuille de rang 14. Dans le second tableau figurent les applications annuelles d'engrais par arbre, sous la forme suivante :

- N : urée (46% de N)
- P : super phosphate simple (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)
- K : chlorure de potasse (60% de K<sub>2</sub>O)
- Mg : kiesérite (28% de MgO)
- B : boracine (46% de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Fin 1990, le point de la fumure de cet essai se présentait comme suit :

- azote : bonne teneur, bien qu'aucune fumure azotée n'ait été appliquée depuis 10 ans,
- phosphore : très bon niveau,
- potassium-magnésium : les teneurs en potassium du témoin présentent une tendance à la baisse analogue à celle observée en 1988, malgré la fumure uniquement

### □ Choice of parents

*The population from which the West African Tall parents were taken was a mixture of intercrosses and open pollinations, harvested from high-yielding trees in a private plantation.*

*The parents' ancestry was taken into account when making the choice. In particular, the selected trees included:*

- *three full-sib families, each represented by three trees,*
- *one half-sib family represented by three trees.*

*The West African Tall parents were selected from these families based on individual phenotypic characteristics. The criteria were copra per nut - more than 220 g - and annual copra production per tree exceeding 20 kg. The Yellow Dwarfs selected were bearing trees with a typical phenotype*

### □ Experimental design

*The experimental design is a 4 × 4 balanced lattice. It comprises 5 replicates with 12 trees per elementary plot (2 rows of 6 trees). The rows and trees located along plot borders did not count in the trial. The border trees came from the same cross as the neighbouring experimental plot.*

*The trees were planted at a density of 160 trees/ha (8.5 m triangles) In all, the trial comprised 960 useful trees and 174 border trees, i.e. a total area of 7.1 ha.*

### □ Agricultural monitoring

*The trial was planted on deep soil consisting of tertiary sand colluvial deposits with 8 to 10 % clay, poor in organic matter and mineral nutrients. A creeping legume cover (*Pueraria*, *Centrosema*) was sown and has become well established. The Sudanese-Guinean climate is characterized by two dry seasons of different lengths, one from December to April, the other in August-September. Annual rainfall (1,606 mm) is distributed over 134 days and there are 2,149 hours of sunshine per year.*

*The previous crop in the plot was a mix of Dwarfs and Tall × Tall hybrids felled in 1976. The stems of the felled trees were removed and burnt.*

*Fertilization is managed using the leaf diagnosis technique. The tables in annex 1 indicate the diagnosis results and the fertilizers applied since the trial began. The first table shows the mineral nutrient contents of leaves 4, 9 or 14. By default, the analysis corresponds to a rank 14 leaf. The second table indicates annual fertilizer applications per tree, in the following form:*

- *N : urea (46 % N)*
- *P : single Superphosphate (18 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)*
- *K : potassium chloride (60 % K<sub>2</sub>O)*
- *Mg : kieserite (28 % MgO)*
- *B : boracine (46 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)*

*At the end of 1990, the fertilization situation in the trial stood as follows*

- *nitrogen good contents, though no nitrogen fertilizer had been applied for 10 years.*
- *phosphorus. very good level,*
- *potassium-magnesium. the control's potassium content revealed a downward trend similar to that seen in 1988, despite the exclusively potassium fertilizer applied. The magnesium contents remain high*

potassique appliquée. Les teneurs en magnésium restent élevées. L'absence de fumure en 1989 et 1990 est conjoncturelle.

*The absence of fertilization in 1989 and 1990 was circumstantial*

## RESULTATS

Les tableaux I et II présentent les moyennes de précocité et de production calculées pour l'essai n°15. Les âges mentionnés correspondent aux campagnes d'enregistrement, qui s'étendent du mois de juillet d'une année au mois de juin de l'année suivante. Les données annuelles de production sont présentées en annexe 2. Des analyses statistiques ayant été effectuées sur les regroupements 4-8 ans et 9-12 ans, les moyennes des tableaux I et II peuvent différer légèrement des moyennes arithmétiques calculées d'après les données annuelles présentées en annexe.

Les productions moyennes sont calculées en ne tenant compte que des arbres producteurs (élimination des morts, illégitimes et anormaux). Pour les estimations de rendement à l'hectare, on considère que 5 % des arbres ne produisent pas et les moyennes sont pondérées par le coefficient 0,95. Sur l'ensemble de l'essai, mi-1992, on a recensé douze arbres morts, onze anormaux et un illégitime, soit un pourcentage d'arbres non producteurs de l'ordre de 2,5 %.

### □ Production de coprah par arbre.

#### • Jeune âge

Dans cet essai, la production au jeune âge (moyenne 5-8 ans) des familles est moyenne, avec 19,5 kg de coprah par arbre. Ce chiffre peut être comparé aux productions de l'hybride PB121 dans divers essais :

N° Essai	Production annuelle (kg coprah/arbre)	Densité (arbres/ha)
5	19,0	143
14	12,3	143
17	17,0	160
18	20,3	160
20	23,3	160

Un moyen d'estimer l'efficacité de la sélection consiste à comparer les trois meilleures familles (PB2526, PB2525 et PB2528) à la moyenne des 15 familles et au témoin issu de pollinisation assistée. Ainsi ces trois familles ont une production supérieure de 11 % à la moyenne et supérieure de 19 % au témoin. Ce dernier accuse un retard important, en particulier à 5 ans, où il est significativement inférieur à toutes les familles.

#### • Age adulte

La production à l'âge adulte est moyenne, avec 26,7 kg de coprah par arbre et par an, soit environ 4t/ha de coprah. Ce chiffre peut être comparé aux productions de l'hybride PB121 dans divers essais :

N° Essai	Production annuelle (kg coprah/arbre)	Période
5	27,0	9-15 ans
14	20,4	9-10 ans
17	29,6	9-12 ans
18	29,8	9-11 ans
20	32,1	9-11 ans

Les trois meilleures familles ont une production supérieure de 19 % à la moyenne et de 15 % au témoin issu de pollinisation assistée. En moyenne 9-12 ans, ces trois familles ont une production équivalente mais sont significativement supérieures au témoin (test de Duncan à 5%).

## RESULTS

*Tables I and II show the mean precocity values and calculated production for trial No. 15. The ages mentioned correspond to the recording seasons, which stretch from July one year to June the following year. The annual production data are shown in annex 2. Statistical analyses were carried out on 4-8 year and 9-12 year groups, so the means in tables I and II may differ slightly from the arithmetic means calculated from the annual data given in the annex.*

*Mean production was calculated only taking bearing trees into account (elimination of dead, illegitimate and abnormal trees) For the yield estimates per hectare, it is taken that 5 % of the trees do not produce and the means are weighted by a coefficient of 0.95. For the trial as a whole, in mid-1992, twelve dead trees, eleven abnormal and one illegitimate were recorded, i.e. around 2.5 % unproductive trees*

### □ Copra production per tree

#### • Young trees

*In this trial, the yields of the families of young trees (mean 5-8 years) was average, at 19.5 kg of copra per tree. This figure can be compared to PB 121 hybrid yields in various trials:*

Trial No.	Annual production (kg of copra/tree)	Density (trees/ha)
5	19.0	143
14	12.3	143
17	17.0	160
18	20.3	160
20	23.3	160

*One way of estimating selection effectiveness is to compare the best three families (PB 2526, PB 2525 and PB 2528) with the mean of the 15 families and the control obtained through assisted pollination, which shows that these three families produce 11 % more on average and 19 % more than the control. The latter falls way behind, especially at 5 years, when it is significantly poorer than all the families.*

#### • Adult trees

*The production of adult trees is average, at 26.7 kg of copra per tree per year, i.e. around 4t/ha of copra. This figure can be compared to PB 121 hybrid production in various trials.*

Trial No.	Annual production (kg of copra/tree)	Period
5	27.0	9-15 years
14	20.4	9-10 years
17	29.6	9-12 years
18	29.8	9-11 years
20	32.1	9-11 years

*The best three families produce 19 % more than the average and 15 % more than the control obtained through assisted pollination. For the 9-12 year mean, these families produce equivalent amounts, though not significantly more than the control (Duncan test at 5 %).*

TABLEAU I. — Précocité et résultats de production au jeune âge (moyenne 4-8 ans) — (*Precocity and production results for young trees -4-8 year mean*)

Numéro de descendance ( <i>Progeny number</i> )	Délai de plantation floraison (mois) ( <i>Time from planting to flowering -months-</i> )	Nombre de régimes ( <i>Number of bunches</i> )	Nombre de noix ( <i>Number of nuts</i> )	Coprah/noix 5-8 ans (g) ( <i>Copra/nut 5-8 yrs-g</i> )	Coprah/ha (tonnes) ( <i>Copra/ha -tonnes</i> )	Test de Duncan coprah/arbre niveau 5% ( <i>Duncan test copra/tree 5% level</i> )
PB2526 *	37,9	13,3	110,5	210,2	3,53	a
PB2525 *	38,1	13,2	100,0	215,7	3,26	a b
PB2523	36,2	13,8	101,0	207,5	3,16	b c
PB2528 *	36,8	13,5	94,4	212,3	3,05	b c d
PB2527	37,1	13,1	90,4	213,4	2,94	b c d
PB2521	37,2	13,4	89,7	216,7	2,94	b c d
PB2514	37,3	13,7	91,7	213,1	2,94	b c d
PB2516	38,3	13,3	93,8	206,4	2,93	b c d
PB2520	36,9	13,7	88,9	216,6	2,93	b c d
PB2517	36,4	13,9	85,4	218,1	2,84	c d
PB2522	36,6	13,6	83,0	221,8	2,83	c d
PB2519	37,1	14,0	88,9	208,4	2,82	c d
PB2518	39,6	12,9	82,1	224,2	2,81	c d
PB2524	38,9	12,8	82,7	222,0	2,79	c d
PB2513 témoin ( <i>control</i> )	37,7	13,3	90,2	204,7	2,76	c d
PB2515	36,6	13,7	82,6	214,3	2,66	d
Moyennes des trois meilleures descendance (*) ( <i>Means of the best three progenies -*</i> )	37,6	13,3	101,6	212,7	3,28	
Moyennes des quinze descendance ( <i>Mean of fifteen progenies</i> )	37,4	13,5	91,0	214,7	2,96	

TABLEAU II. — Résultats de production à l'âge adulte (moyenne 9-12 ans) — (*Production results for adult trees -9-12 year mean*)

Numéro de descendance ( <i>Progeny number</i> )	Nombre de régimes ( <i>Number of bunches</i> )	Nombre de noix ( <i>Number of nuts</i> )	Coprah/ha (tonnes) ( <i>Copra/ha -tonnes</i> )	Test de Duncan coprah/ha niveau 5% ( <i>Duncan test copra/ha 5% level</i> )
PB2526 *	16,9	157,7	5,06	a
PB2525 *	16,6	145,7	4,75	a b
PB2528 *	17,1	145,5	4,71	a b
PB2524	17,1	125,3	4,28	b c
PB2513 témoin ( <i>control</i> )	17,3	138,1	4,20	c
PB2521	17,2	126,1	4,10	c
PB2522	16,9	119,2	4,08	c
PB2518	16,7	118,4	4,06	c
PB2514	16,6	124,5	3,98	c
PB2527	16,4	120,9	3,96	c
PB2520	17,1	119,4	3,95	c d
PB2516	16,7	124,1	3,89	c d
PB2523	16,9	123,5	3,87	c d
PB2519	17,0	117,1	3,73	c d
PB2517	16,7	102,8	3,43	d e
PB2515	16,4	93,9	3,01	e
Moyennes des trois meilleures descendance (*) ( <i>Means of the best three progenies -*</i> )	16,9	149,6	4,84	
Moyennes des quinze descendance ( <i>Mean of fifteen progenies</i> )	16,8	124,3	4,06	

A l'âge adulte, la moyenne des quinze familles de demi-frères est inférieure d'environ 3 % au témoin issu de pollinisation assistée. La sélection phénotypique sévère réalisée sur les géniteurs semble donc inefficace en ce qui concerne la production de coprah à l'âge adulte.

*For adult trees, the mean for the fifteen half-sib families is around 3 % less than for the control obtained through assisted pollination. The rigorous phenotypic selection carried out on the parents therefore appears to be ineffective as far as adult copra production is concerned.*

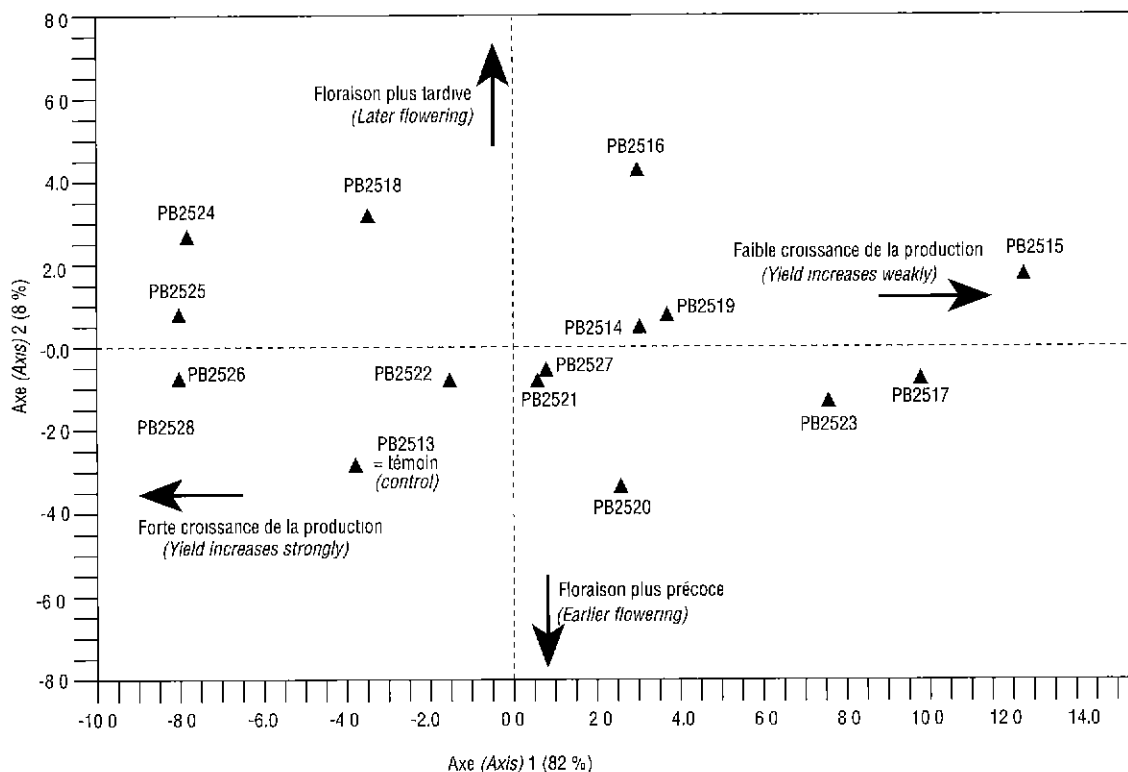


FIG. 1. — Evolution de la production - ACP : plan 1-2 (90% de la variation) — (Yield's evolution - PCA plane 1-2-90% of variation)

#### • Evolution

L'examen des données annuelles (annexe 2) montre l'existence de fluctuations importantes de la production. Il est donc utile d'étudier le comportement des familles testées en fonction de l'âge. L'analyse en composantes principales (ACP) permet d'identifier les combinaisons entre observations (ici les années) qui différencient le mieux des individus (ici les familles). L'ACP a été réalisée sur des données non standardisées, mais après avoir soustrait de chaque donnée la moyenne 9-12 ans de la famille correspondante. Ainsi, les données étudiées deviennent indépendantes de la production adulte, mais décrivent la manière dont celle-ci s'établit.

Le premier axe identifié (Fig. 1) représente 82% de la variabilité. Il est fortement corrélé à la production des premières années. Cette corrélation décroît avec l'âge pour devenir faiblement négative. Il oppose des familles dont la production s'accroît continuellement avec l'âge à PB 2525 pour laquelle elle reste presque constante et mauvaise. Il n'est pas étonnant de retrouver les trois meilleures familles dans le premier groupe : il n'est probablement pas possible à un cocotier d'atteindre un niveau très élevé dès son entrée en production. Le témoin a une évolution semblable, mais pour une production moindre.

Le second axe représente 8% de la variabilité. Il est négativement corrélé avec l'année 4 et positivement à l'année 5. Il correspond en réalité à des différences de précocité de la floraison. On constate ainsi que la perte de production constatée à l'entrée en production chez les familles les plus tardives est compensée dès l'année suivante par une production accrue.

#### □ Précocité

Sous le terme "précocité" on désigne le délai entre la plantation et l'apparition de la première spathe, enregistré avec une périodicité semestrielle. Le démarrage de l'essai s'est effectué dans de bonnes conditions. Les familles ont fleuri en moyenne trois ans et un mois après plantation. Dans le se-

#### □ Evolution

An examination of annual data (annex 2) shows the existence of considerable production fluctuations. It is therefore worth studying the performance of the families tested according to age. A principal components analysis (PCA) identifies the combinations of observations (years in this case) that best differentiate individuals (families in this case). The PCA was carried out on non-standardized data, after subtraction of the 9-12 year mean of the corresponding family from each data item. Thus, the data studied were rendered independent from adult production, but describe how it is established.

The first axis identified (Fig. 1) represents 82% of the variability. It is highly correlated with production in the early years. This correlation decreases with age, becoming slightly negative. It contrasts families whose production increases continuously with age with PB 2525, for which it remains almost constant and poor. It is not surprising to find the best three families in the first group: it is probably not possible for a coconut to reach a very high level as soon as it starts bearing. The control evolves in a similar way, but for lower production.

The second approach represents 8% of the variability. It is negatively correlated with year 4 and positively with year 5. In reality, it corresponds to differences in precocity and flowering. Thus, it is seen that the production loss observed at the start of production in the less precocious families is compensated for as early as the following year with increased production.

#### □ Precocity

The term "precocity" covers the time between planting and the appearance of the first spathe, recorded on a half-yearly basis. The trial got off to a good start. On average, the families flowered three years and one month after plan-

cond essai du même type (n°26), les familles ont fleuri en moyenne quatre ans et un mois après plantation.

L'essai n°15 est particulièrement homogène puisque l'écart entre la famille la plus précoce (PB2523) et la famille la plus tardive (PB2518) ne dépasse pas trois mois et demi. Le témoin se situe à une valeur intermédiaire. Les familles les plus productives ne sont ni les plus précoces ni les plus tardives. Compte tenu des remarques précédentes, une floraison légèrement plus précoce ne constitue pas non plus, pour ce type de matériel un avantage décisif pour la production au jeune âge.

#### □ Production de régimes

La production moyenne est assez bonne, avec en moyenne 13,5 régimes par arbre et par an au jeune âge et 16,8 à l'âge adulte.

Les meilleures descendance émettent un nombre de régimes identiques à la moyenne. Pour ce caractère, l'une de ces descendance (PB2525) est significativement inférieure au témoin. C'est d'ailleurs le témoin qui produit le plus grand nombre de régimes à l'âge adulte. Ce résultat est certainement lié à la sélection phénotypique réalisée sur les géniteurs du test.

#### □ Production de noix

##### • Analyse globale

Les familles testées ont produit en moyenne 91 noix par arbre et par an au jeune âge (4-8 ans) et 124 noix à l'âge adulte.

Comparée à la moyenne, la production de noix des trois meilleures familles est supérieure de 12% au jeune âge et de 20% à l'âge adulte. Le progrès réalisé sur le rendement est donc essentiellement dû à une amélioration du nombre de noix par régime, puisque le nombre de régimes n'a pas été augmenté.

Le témoin présente un nombre de noix par régime légèrement supérieur à celui de la moyenne des familles : 8,0 contre 7,4 en moyenne 9-12 ans.

##### • Effet du *Phytophthora*

Les premiers cas de *Phytophthora* sur cocotier en Côte-d'Ivoire ont été identifiés lors de l'année 1977. La maladie se traduit par deux symptômes généralement indépendants : chute de noix immatures et pourriture du cœur entraînant la mort de l'arbre. Le rôle de *Phytophthora katsurae* a été démontré et des méthodes de luttes chimiques ont été mises au point (Quillec *et al.*, 1984; Renard *et al.*, 1986).

Dans l'essai n°15, aucun arbre n'est mort de pourriture du cœur, mais des pertes importantes de noix ont été enregistrées. A partir de 1984, un relevé mensuel des chutes de noix immatures a été effectué. Le tableau III présente les pourcentages de chutes de noix observées sur les différentes descendance de 1984 à 1991. Les données présentées sont des rapports de moyennes arithmétiques : nombre de noix avortées divisé par le nombre total de noix (saines et avortées). Seules les noix au sol présentant les symptômes typiques de *Phytophthora* sont comptées comme avortées. Les dates citées correspondent à des années civiles et non aux campagnes d'enregistrement précédemment décrites.

Il existe de fortes variations de sensibilité à la chute des noix selon les descendance testées. En cumulé sur huit ans, certaines descendance perdent 34% de leurs noix alors que d'autres ne perdent que 4%. Parmi les trois descendance les plus productives, deux présentent les chutes de noix les plus faibles : 4,2% pour PB2525 et 5,9% pour PB2528. La descendance PB2526, première pour la production, se classe en sixième position avec 9,7% de chute.

Le fait que les meilleures descendance soient aussi tolérantes suscite une interrogation : ces descendance sont elles

*ting. In the second trial of the same type (No. 26), the families flowered four years and one month after planting, on average Trial No 15 was particularly homogeneous, since the difference between the most precocious family (PB 2523) and the least precocious family (PB 2518) did not exceed three and a half months. The control value was intermediate. The most productive families are neither the most nor the least precocious. Given the above comments, slightly earlier flowering does not, for this type of material, constitute a decisive advantage for production in young trees.*

#### □ Bunch production

*Mean production was quite good, with an average of 13.5 bunches per tree per year for young trees and 16.8 for adults*

*The number of bunches produced by the best progenies is identical to the mean. For this character, one of the progenies (PB 2525) is significantly poorer than the control. Moreover, the control produces the largest number of bunches when adult. This result is undoubtedly linked to the phenotypic selection carried out on the test parents.*

#### □ Nut production

##### • Overall analysis

*On average, the families tested produced 91 nuts per tree per year when young (4-8 years) and 124 nuts when adult*

*Compared to the mean, nut production for the best three families is 12% better in young trees and 20% better in adult trees. The progress made in yields is therefore primarily due to an improvement in the number of nuts per bunch, since the number of bunches did not increase.*

*The control produced a slightly larger number of nuts per bunch than the mean of the families. 8.0 as opposed to 7.4 for the 9-12 year mean.*

##### • Effect of *Phytophthora*

*The first cases of *Phytophthora* on coconut in the Ivory Coast were identified in 1977. The disease leads to two usually independent symptoms: immature nut-fall and bud rot leading to tree death. The role of *Phytophthora katsurae* was shown and chemical control methods were developed (Quillec *et al.*, 1984; Renard *et al.*, 1986).*

*In trial No 15, no trees died from bud rot, but substantial nut losses were recorded. From 1984 onwards, a monthly record was kept of immature nut-fall. Table III shows the nut-fall percentages observed on different progenies from 1984 to 1991. The data given are arithmetic mean ratios: number of aborted nuts divided by the total number of nuts (healthy and aborted). Only nuts on the ground with typical *Phytophthora* symptoms were classed as aborted. The dates indicated correspond to calendar years and not the recording seasons already described.*

*There were considerable variations in susceptibility to nut-fall, depending on the progenies tested. Cumulated over eight years, certain progenies lost 34% of their nuts, whereas others only lost 4%. Out of the three most productive progenies, two had the lowest nut-fall rate: 4.2% for PB 2525 and 5.9% for PB 2528. Progeny PB 2526, which came top for production, was sixth with 9.7% nut-fall.*

*The fact that the best progenies were also tolerant prompts the following question: are these progenies really higher-yielding or simply more tolerant of *Phytophthora*? In order to answer this question, the disease effect can be eliminated by calculating imaginary production taking all nuts*

TABLEAU III. — Essai n° 15 - Plantation 1978 - Evolution du pourcentage de chutes de noix dues au *Phytophthora* — (Trial No. 15 - 1978 planting changes in nut-fall percentage due to *Phytophthora*)

Numéro de descendance (Progeny number)	84	85	86	87	88	89	90	91	Cumulé (Cumulated) (1984-91)
PB2525	0,5	7,5	3,1	2,5	4,5	6,1	3,6	4,8	4,2
PB2528	1,0	8,0	5,0	6,4	6,6	7,3	5,2	5,8	5,9
PB2513 témoin (control)	4,9	9,8	6,5	5,6	7,2	11,1	6,8	8,1	7,8
PB2524	3,3	16,2	8,7	8,4	8,7	14,5	6,3	9,1	9,6
PB2518	2,6	14,0	7,4	7,2	7,6	16,9	8,6	8,4	9,7
PB2526	3,7	12,5	9,0	6,5	12,9	12,7	6,2	10,3	9,7
PB2523	4,2	12,5	8,9	11,1	13,0	18,9	10,6	11,2	11,8
PB2520	4,1	15,0	11,6	11,0	18,3	21,7	10,9	12,2	13,9
PB2522	2,5	16,2	11,5	8,7	17,9	22,0	12,4	12,4	14,0
PB2519	6,2	13,0	12,4	12,3	18,2	22,7	15,6	17,8	15,5
PB2516	5,5	15,6	11,9	8,7	18,7	27,1	15,5	21,4	16,7
PB2527	8,6	19,5	19,2	11,6	20,7	24,0	13,9	17,3	17,6
PB2521	5,8	24,2	20,9	16,8	15,3	24,9	14,1	16,3	18,0
PB2517	5,1	16,3	16,2	15,7	18,2	29,0	21,1	23,7	19,3
PB2514	7,0	16,2	16,4	20,5	22,0	25,5	19,7	23,4	19,8
PB2515	13,9	34,3	33,7	26,8	38,5	46,6	3,5	37,1	34,4
Cumulé (Cumulated)	5,1	15,7	12,5	11,6	15,7	20,5	12,6	14,9	14,2

réellement plus productives ou seulement plus tolérantes au *Phytophthora* ? Pour répondre à cette question, il est possible d'éliminer l'effet de la maladie en calculant une production fictive tenant compte de toutes les noix, saines et avortées. Dans cette simulation, PB2526 reste classée première, mais PB2525 et PB2528 se retrouvent en quatrième et cinquième position. Le témoin issu de pollinisation assistée chute en quinzième position. Même en l'absence de *Phytophthora*, les descendance choisies comme productrices resteraient bien classées, et nettement supérieures au témoin.

#### □ Analyse du fruit

##### • Coprah par noix

Le poids de coprah par noix de la moyenne des familles est de 215 g, valeur intermédiaire comparativement aux résultats enregistrés pour le PB121 dans d'autres essais :

N° Essai	Coprah/noix (g)
5	247
14	203
17	198
18	227
20	223

Les trois meilleures descendance ont un coprah par noix équivalent à celui de la moyenne. Le progrès réalisé sur le rendement est donc uniquement lié à l'augmentation du nombre de noix par régime.

Le témoin présente un coprah par noix inférieur de 5 % à la moyenne des descendance. Le fait que les géniteurs aient été sélectionnés sur le coprah par noix est sans doute à l'origine de cet écart.

##### • Composition relative du fruit

Le tableau IV montre que la composition relative des fruits est peu variable. Le pourcentage d'albumen sur fruit varie de 34 % (témoin) à 37 % (PB2526 classée première), pour une moyenne de 36 %. Le témoin et la meilleure descendance se situent donc aux valeurs extrêmes. Il semble que la sélection phénotypique sur les parents des descendance ait eu pour effet d'augmenter légèrement le pourcentage d'albumen sur fruit par rapport au témoin. D'autre part, une des raisons de la supériorité de la descendance PB2526 réside dans la bonne composition de ses fruits.

into account, whether healthy or aborted. In this simulation, PB 2526 remains in top position, but PB 2525 and PB 2528 come fourth and fifth. The control obtained through assisted pollination drops to fifteenth position. Even without *Phytophthora*, the progenies chosen as productive would remain well placed, and clearly better than the control.

#### □ Fruit analysis

##### • Copra per nut

The weight of copra per nut for the mean of the families was 215 g, an intermediate value compared to the results recorded for PB 121 in other trials:

Trial No.	Copra/nut (g)
5	247
14	203
17	198
18	227
20	223

The copra/nut for the best three progenies is equivalent to the mean. The progress made in yields is therefore only linked to an increase in the number of nuts per bunch.

The copra/nut for the control is 5 % less than the mean of the progenies. The fact that the parents were selected for their copra per nut no doubt lies behind this difference.

##### • Relative fruit composition

Table IV shows that the relative composition of the fruits hardly varies. The percentage of meat per fruit varies from 34 % (control) to 37 % (PB 2526, top position), for a mean of 36 %. The control and the best progeny are therefore found at the two extremes. It would seem that the phenotypic selection carried out on the parents of the progenies slightly increased the percentage of meat per fruit compared to the control. In addition, one of the reasons for PB 2526's superiority is its good fruit composition.

The percentage of oil/fruit, which is high but particularly stable, remains between 13 and 14 %. As a comparison, the oil/fruit percentage in the collection at the Marc Delorme



TABLEAU IV. — Composition relative du fruit — (Relative fruit composition)

Descendances (classées selon la production de coprah) (Progenies -classified according to copra production)	Pourcentages sur fruit entier (Percentages/whole fruit)						Huile sur albumen sec % (Oil/dry meat %)
	Bouire (Husk)	Coque (Shell)	Eau (Water)	Albumen (Meat)	Coprah (Copra)	Huile (Oil)	
	5-8 ans (5-8 yrs)	5-8 ans (5-8 yrs)	5-8 ans (5-8 yrs)	5-8 ans (5-8 yrs)	5-8 ans (5-8 yrs)	5-8 ans (5-8 yrs)	
PB2526 *	30	15	17	37	22	14	68
PB2525 *	33	15	17	35	21	13	68
PB2528 *	33	15	16	35	21	13	69
PB2523	31	15	17	36	22	13	69
PB2521	31	15	18	36	21	13	68
PB2524	34	14	17	36	22	13	68
PB2514	33	14	18	35	21	13	69
PB2513 témoin (control)	34	15	17	34	20	13	69
PB2527	32	15	16	36	22	14	69
PB2522	32	14	18	36	21	13	69
PB2520	32	14	18	36	21	13	69
PB2518	31	15	17	36	21	13	68
PB2516	32	14	17	36	21	13	68
PB2519	33	14	17	36	21	13	69
PB2517	33	15	16	36	21	13	68
PB2515	34	15	16	35	21	13	69
Moyenne 15 descendances (Mean of 15 progenies)	32,3	14,6	17,0	35,8	21,3	13,1	68,5
Moyenne 3 (*) meilleures descendances (Mean of the best 3 (*) progenies)	32,0	15,0	16,7	35,7	21,3	13,3	68,3

Le pourcentage d'huile sur fruit, élevé mais particulièrement stable, reste compris entre 13 et 14 %. A titre de comparaison, dans la collection de la station Marc Delorme, le pourcentage d'huile sur fruit varie de 9 %, pour certains Nains Malais et Sri-Lankais, à 14 % pour les Grands de Polynésie et certains Nains des Philippines.

Station varies from 9 % for certain Malayan and Sri Lankan Dwarfs to 14 % for the Polynesia Talls and certain Dwarfs from the Philippines.

## DISCUSSION ET PERSPECTIVES

### • Progrès génétique réalisé

L'hybride PB121 amélioré consistera -dans un premier temps- dans la reproduction des trois meilleures descendances de l'essai n°15. Celles-ci ont un rendement significativement supérieur à celle du témoin PB121 issu de pollinisation assistée. Les différences représentent 19 % au jeune âge (4-8 ans) et 15 % à l'âge adulte (9-12 ans). Le témoin a produit 4,2 t/ha de coprah, alors que les trois meilleures descendances ont atteint 4,8 t/ha. La meilleure d'entre elles dépasse 5 t/ha.

Ces chiffres correspondent à un environnement dans lequel le *Phytophthora* provoque une chute d'environ 14 % des noix. En l'absence de maladie - et dans des conditions agronomiques favorables - les rendements atteints seront vraisemblablement supérieurs.

La reproduction de ces descendances sera réalisée à grande échelle grâce au pollen prélevé sur les autofécondations des meilleurs géniteurs, en utilisant la technique habituelle de pollinisation assistée (Nucé de Lamothe et Rognon, 1972). Les champs semenciers déjà en place pourront être utilisés pour la production de l'hybride amélioré, puisque seule la nature du pollen change. La vulgarisation de ces semences de seconde génération devrait débiter en Côte-d'Ivoire en 1993. Ultérieurement, d'autres géniteurs GOA, issus d'un essai similaire encore jeune, viendront enrichir la base génétique de l'hybride PB121 amélioré.

## DISCUSSION AND PROSPECTS

### • Genetic progress achieved

The improved PB 121 hybrid will - initially - consist of the reproduction of the best three progenies in trial No. 15, which give significantly better yields than the PB 121 control obtained through assisted pollination. The differences amount to 19 % for young trees (4-8 years) and 15 % for adults (9-12 years). The control produced 4.2 t/ha of copra, whereas the best three progenies achieved 4.8 t/ha. The best exceeded 5 t/ha.

These figures apply for an environment in which *Phytophthora* causes around 14 % nut-fall. Without the disease - and under favourable agronomic conditions - the yields reached will probably be higher.

These progenies will be reproduced on a large scale using pollen from the selfs of the best parents, as per the usual assisted pollination technique (Nucé de Lamothe and Rognon, 1972). The existing seed gardens could be used to produce the improved hybrid, since only the nature of the pollen changes. Extension of this second generation seed should begin in the Ivory Coast in 1993. Later on, other WAT parents, obtained from a similar trial that is still in its early stages, will further enhance the genetic base of the improved PB 121 hybrid.

Compared to the control obtained through assisted pollination, the genetic progress made is explained by the in-

Si l'on se réfère au témoin issu de pollinisation assistée, le progrès génétique réalisé s'explique par l'augmentation du nombre de noix par régime (+12 %) et du coprah par noix (+5 %). Cependant, l'analyse montre que les améliorations réalisées sur ces deux composantes ont des origines différentes. Le progrès sur le nombre de noix est lié essentiellement à la variation entre les familles, alors que l'amélioration du coprah par noix provient de la sélection phénotypique réalisée avant le test sur les parents GOA.

#### • Le problème *Phytophthora*

L'hybride PB121 a été utilisé à grande échelle dans les programmes de développement de nombreux pays. Dans la quasi-totalité des cas, l'hybride s'est révélé plus précoce et plus productif que les cultivars Grands locaux. Cependant, quelques problèmes de nature phytopathologique ont été rencontrés.

En particulier, en Indonésie, il s'est révélé sensible à la pourriture du coeur due à *Phytophthora palmivora*. Le *Phytophthora* présent en Côte-d'Ivoire est une espèce différente. D'autre part, les symptômes se réduisent aux chutes des noix. Quelques cas de mortalité par pourriture du coeur existent, mais ils restent exceptionnels. Il est donc indispensable d'évaluer les descendances tolérantes dans des zones atteintes par la pourriture du coeur avant de préconiser son emploi éventuel dans ces zones.

Un échange de matériel génétique a été planifié dans le cadre d'un projet européen STD2 regroupant l'Indonésie, les Philippines et la Côte-d'Ivoire. Le PB121 amélioré sera évalué dans les zones atteintes par la pourriture du coeur afin de déterminer si les tolérances mises en évidence se maintiennent.

A plus long terme, d'autres options seront ouvertes en vue de la production de semences cumulant une production élevée et la tolérance au *Phytophthora*. Il existe, en effet, une gamme importante d'hybrides dont la production est voisine de celle du PB121 et dont la tolérance au *Phytophthora* semble meilleure. On peut citer les croisements du Nain Jaune avec les Grands Polynésie et Rennell (Franqueville *et al.*, 1989), ainsi que d'autres incluant le Nain Vert Sri Lanka et le Grand Tagnanan des Philippines. Certains de ces hybrides sont en cours d'amélioration et fourniront dans les prochaines années un matériel aussi productif que le PB121 amélioré.

#### • Capacité de production de semences

L'hybride PB121 amélioré sera produit dans un premier temps grâce au pollen prélevé sur trois familles d'autofécondations, chacune constituée d'un effectif de 100 arbres. Le principal facteur limitant de la production de semences améliorées sera la quantité de pollen disponible.

Il existe chez le cocotier une dépression de consanguinité. Dans l'essai génétique n°1, des autofécondations de Grand Ouest-Africain n'ont produit que 9,8 régimes par an en moyenne 9-12 ans, alors que les intercroisements ont atteint 11,1 régimes (Bourdeix, 1988), on peut donc estimer qu'un arbre issu d'autofécondation produira annuellement 10 inflorescences contenant chacune au minimum 15 g de pollen.

En 1992, l'essai PBGC15 a permis de déterminer les trois familles d'autofécondations qui seront utilisées pour la production de semences améliorées. En 1996, les résultats de l'essai n°26 permettront d'utiliser trois familles d'autofécondation supplémentaires. Enfin en l'an 2001, cent arbres issus de l'intercroisement des meilleurs GOA entreront en floraison. Le tableau V présente l'évolution du potentiel de production de semences hybrides PB121 améliorées de la station Marc Delorme (Côte-d'Ivoire). Il tient compte de ce que seulement un tiers des autofécondations ont fleuri à la fin 1991. Les calculs se basent sur le fait qu'un hectare de champ serencier, consomme 1,5 kg de pollen par an et produit environ 16000 semences.

*crease in the number of nuts per bunch (+12 %) and in copra per nut (+5 %) However, analysis shows that the improvements made in these two components have different origins The progress made in nut number is primarily linked to the variation between families, whereas the copra nut improvement stems from the phenotypic selection carried out prior to the test carried out on the WAT parents.*

#### • *The Phytophthora problem*

*The PB 121 hybrid has been used on a wide scale in the development programmes of numerous countries In almost all cases, the hybrid has proved to be more precocious and higher-yielding than the local Tall cultivars. However, a few phytopathological problems have been encountered.*

*In particular, in Indonesia, it has proved susceptible to bud rot caused by Phytophthora palmivora. The Phytophthora existing in the Ivory Coast is a different species and the symptoms are limited to nut-fall. There have been a few cases of mortality due to bud rot, but they remain rare. It is therefore essential to assess the tolerant progenies in zones affected by bud rot, before recommending any use of them in such zones*

*A planting material exchange has been planned under a European STD2 project involving Indonesia, the Philippines and the Ivory Coast. The improved PB 121 will be assessed in zones affected by bud rot, to ascertain whether the tolerance detected persists.*

*In the longer term, other options will be available for the production of seeds cumulating high yields and Phytophthora tolerance In fact, there is a large range of hybrids whose yields approach those of the PB 121 and whose Phytophthora tolerance seems better. Worth mentioning are the crosses between the Yellow Dwarf and the Polynesia and Rennell Talls (Franqueville *et al.*, 1989), along with others that include the Sri Lankan Green Dwarf and the Tagnanan Tall from the Philippines. Some of these hybrids are currently undergoing improvement and will produce material as productive as the improved PB 121 in the near future*

#### • *Seed production capacity*

*The improved PB 121 hybrid will initially be produced with pollen taken from three families of selfs, each containing 100 trees. The main factor limiting improved seed production will be the amount of pollen available*

*In coconut, there is in-breeding depression In genetic trial No. 1, the West African Tall selfs only produced 9.8 bunches per year on average (9-12 year mean), whereas the intercrosses reached 11.1 bunches (Bourdeix, 1988) It can therefore be estimated that a tree obtained by selfing will produce 10 inflorescences a year, each containing at least 15 g of pollen.*

*In 1992, trial PBGC15 was used to determine the three families of selfs that will be used for improved seed production. In 1996, the results of trial No. 26 will enable a further three families of selfs to be used. Finally, by the year 2001, a hundred trees obtained by intercrossing the best WATs will be starting to flower Table V shows the changes in improved PB 121 hybrid seed production potential at the Marc Delorme station (Ivory Coast) It takes into consideration the fact that only a third of the selfs had flowered by the end of 1991 The calculations are based on the fact that a hectare of seed gardens uses up a 1.5 kg of pollen per year and produces around 16,000 seednuts.*

TABLEAU V. — Potentiel de production de l'hybride PB121 amélioré à la station Marc Delorme (Côte-d'Ivoire) — (*Improved PB121 hybrid production potential at the Marc Delorme station -Ivory Coast*)

Année (Year)	1993	1995	1997	2001
Nombre de géniteurs mâles (Number of male parents)	105	300	600	700
Quantité de pollen (kg) (Quantity of pollen -kg)	15,8	45,0	90,0	105,0
Surface des champs semenciers (ha) (Area of seed gardens -ha)	10,5	30,0	60,0	70,0
Semences hybrides (milliers) (Hybrid seeds -thousands)	170	480	960	1120

#### • Efficacité de la sélection phénotypique

Au moment de la mise en place de cet essai, certains planteurs reprochaient au PB 121 la petite taille de ses noix. Les géniteurs ont donc été choisis essentiellement sur le critère d'un bon coprah par noix. De fait, on constate que les familles sélectionnées présentent une amélioration de 5 % en moyenne pour ce caractère. Comparées au témoin, elles produisent des fruits plus gros, et d'une meilleure teneur en coprah. L'existence d'une corrélation significative entre parents et descendance (0,515 \*) confirme que ce progrès est lié à la sélection réalisée.

Cependant, cette amélioration ne se traduit pas, comme on pourrait l'attendre par une supériorité des familles sélectionnées pour le rendement en coprah. Ce dernier est au contraire légèrement inférieur à celui du témoin, à l'âge adulte. Ceci s'explique parce que le nombre de noix est significativement inférieur à celui du témoin. Dans la mesure où il existe une corrélation négative entre nombre de noix et coprah par noix, la sélection réalisée sur ce dernier caractère pourrait avoir finalement réduit la production de coprah. Toutefois, les perturbations apportées par les conséquences du *Phytophthora* et l'échantillonnage des géniteurs utilisés pour le témoin font qu'il est difficile de conclure.

Il n'en reste pas moins que l'amélioration d'une seule composante du rendement, même si elle est héritable, ne suffit pas à garantir une évolution favorable de la production. Les corrélations entre caractères peuvent induire des effets négatifs, ou simplement inattendus. Ainsi, dans notre cas, les descendance sélectionnées entrent plus tôt en production que le témoin. Ce phénomène est particulièrement net à 5 ans, où le témoin est significativement inférieur à toutes les descendance. Existe-t-il un lien entre cet effet de précocité et la sélection parentale sur le coprah par noix ? Aucune des corrélations connues jusqu'à présent ne permet de le justifier.

#### • Poursuite du programme d'amélioration génétique

Un programme d'intercroisement des trois meilleurs géniteurs GOA a été initié en 1991. Ceux-ci sont croisés d'une part entre eux et d'autre part avec les meilleurs géniteurs Grand Rennell et Grand Polynésie identifiés dans des tests similaires. Ces croisements fourniront une population améliorée dans laquelle de nouveaux géniteurs seront testés pour l'aptitude à la combinaison avec les Nains.

### CONCLUSION

L'amélioration du cocotier est une entreprise encore récente. Des progrès génétiques rapides peuvent donc être réalisés. Ainsi, l'amélioration de l'hybride PB121 permet de proposer, en une seule génération, un matériel plus productif de 15 %. Ce progrès n'a cependant été possible que grâce à l'utilisation de méthodologies appropriées. En particulier, les tests d'aptitude à la combinaison sur familles de demi-frères sont fiables et bien adaptés à la biologie de la plante. Cette méthode, mise au point sur cocotier à l'IRHO, pourrait être intégrée dans les programmes d'amélioration de nombreux pays.

#### • Effectiveness of phenotypic selection

At the time the trial was set up, some growers criticized PB 121 for the smallness of its nuts. The parents were therefore chosen primarily on the criterion of good copra/nut, hence the selected families are seen to have improved by 5 % on average for this character. Compared to the control, they produce larger fruits, with a better copra content. The existence of a significant correlation between parents and progenies (0.515\*) confirms that the progress was linked to the selection undertaken.

However, contrary to what might be expected, this improvement is not reflected in the superiority of families selected for copra yields. Quite the opposite: the latter are slightly lower than for the control, once adult. This is because the number of nuts is significantly lower than that of the control. Insofar as there is a negative correlation between nut number and copra/nut, the selection carried out for the latter character may have reduced copra production in the end. Whatever the case, the disruption brought about by *Phytophthora* and sampling of the parents used for the control make it difficult to reach any conclusion.

Nevertheless, the improvement of a single yield component, even if it is heritable, is not enough to guarantee a favourable evolution of production. The correlations between characters may induce negative, or simply unexpected, effects. Thus, in our case, the selected progenies start bearing earlier than the control. This phenomenon is particularly clear at 5 years, when the control is significantly inferior to all the progenies. Is there a link between this precocity effect and parental selection based on copra per nut? None of the correlations known to date provide any confirmation of this.

#### • Continuation of the genetic improvement programme

A programme to intercross the best three WAT parents was launched in 1991. They are crossed with each other and with the best Rennell Tall and Polynesia Tall parents identified in similar tests. These crosses will provide an improved population from which new parents will be tested for their combining ability with Dwarfs.

### CONCLUSION

Coconut breeding is still in its early stages. There is therefore scope for rapid genetic progress. Thus, improvement of the PB 121 hybrid means that planting material that is 15 % more productive can be proposed within a single generation. However, such progress has only been made possible by the use of appropriate methods. In particular, combining ability tests on half-sib families are reliable and well suited to the plant's biology. This method, developed on coconut by IRHO, could be integrated into the breeding programmes in numerous countries.

Des facteurs de tolérance au *Phytophthora katusurae* ont été identifiés. Cependant le symptôme exprimé dans l'essai se limite à la chute de noix immatures. En Indonésie, des cas de pourriture du coeur due à *Phytophthora palmivora* ont été observés sur PB121. Il est donc nécessaire de tester le nouveau matériel dans ces zones sensibles pour déterminer son niveau de tolérance.

Si l'hybride PB121 amélioré constitue un matériel très performant, d'autres hybrides productifs ont aussi été identifiés. On pourrait citer diverses combinaisons incluant les Grands Rennell, Polynésie, Tagnanan et peut-être Sri Lanka. Certains de ces hybrides ont été proposés à la vulgarisation, mais ont peu retenu l'attention des utilisateurs. Leur amélioration a néanmoins été entreprise. Quelques-uns présentent une meilleure tolérance à la pourriture du coeur que le PB121 non amélioré.

Dans tous les cas, une diversification du matériel planté doit être préconisée. Elle permet une meilleure adaptation aux aléas de la culture, qu'ils soient de nature climatique ou phytopathologique.

*Phytophthora katusurae tolerance factors have been identified. However, the symptom expressed in the trial was limited to immature nut-fall. In Indonesia, cases of bud rot caused by Phytophthora palmivora have been observed on PB 121. It is therefore necessary to test the new material in these affected zones, to ascertain its tolerance level.*

*Whilst the improved PB 121 hybrid is top quality material, other productive hybrids have also been identified. Worth mentioning are various combinations that include the Rennell, Polynesia and Tagnanan Tall and maybe the Sri Lanka Tall. Some of these hybrids have been proposed for extension, but have had little response from users. Nevertheless, their improvement has been undertaken. Some are more tolerant of bud rot than the unimproved PB 121.*

*In all cases, planting material diversification is advisable. It makes for better adaptation to cropping risks, whether they be climatic or phytopathological*

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] BOURDEIX R (1988).—Efficacité de la sélection massale sur les composantes du rendement chez le cocotier. *Oléagineux*, 43, (7), p. 283-285
- [2] BOURDEIX R, SANGARE A., LE SAINT J.P. (1989). —Efficacité des tests hybrides d'aptitude individuelle à la combinaison chez le cocotier premiers résultats. *Oléagineux*, 44, (5), p. 209-214.
- [3] BOURDEIX R., N'CHO Y.P., LE SAINT J.P. (1990) —Une stratégie de sélection du cocotier. Synthèse des acquis *Oléagineux*, 45, p 359-371
- [4] BOURDEIX R, MEUNIER J., NCH'O Y.P. (1991a). —Une stratégie de sélection du cocotier *Cocos nucifera* L. II Amélioration des hybrides Grand×Grand. *Oléagineux*, 46, (7), p 267-282.
- [5] BOURDEIX R, MEUNIER J., NCH'O Y.P. (1991b). —Une stratégie de sélection du cocotier *Cocos nucifera* L. III. Amélioration des hybrides Nan×Grand. *Oléagineux*, 46, (10) p.361-374.
- [6] COOMANS P., OCHS R (1976). —Rentabilité des fumures minérales sur cocotier dans les conditions du Sud-Est Ivoirien *Oléagineux*, 31, (8-9), p 375-392.
- [7] DUHAMEL G (1987) —Piquetage des cocoteraies. Conseil de l'IRHO n°280. *Oléagineux*, 42, (8-9), p 325-326
- [8] GASCON J.P., NUCE de LAMOTHE M. de (1976). —Amélioration du cocotier. Méthode et suggestions pour une coopération internationale. *Oléagineux*, 31, (11), p 479-482.
- [9] NUCE de LAMOTHE M. de (1970). —Application du principe des croisements interorigines au cocotier. Premiers résultats obtenus en Côte-d'Ivoire *Oléagineux*, 25, (4) 207-210.
- [10] NUCE de LAMOTHE M. de, ROGNON F (1972). —La production de semences hybrides chez le cocotier par pollinisation assistée. *Oléagineux*, 27, (11), 539-544.
- [11] NUCE de LAMOTHE M., WUIDART W., ROGNON F., SANGARE A (1980). —La fécondation artificielle du cocotier. *Oléagineux*, 35, (4), 193-205
- [12] NUCE de LAMOTHE M. de, BENARD G. (1985). —L'hybride de cocotier PB121 (ou Mawa) (NJM×GOA) *Oléagineux*, 40, (5), 261-266
- [13] OUVRIER M. (1984) —Exportation par la récolte du cocotier hybride PB121 en fonction de la fumure potassique et magnésienne. *Oléagineux*, 39, (5), 263-271.
- [14] POMMIER M. (1979) —Plantation des cocotiers élevés en sacs de plastique. Conseil de l'IRHO n°189. *Oléagineux*, 34, (1), 17-20.
- [15] QUILLEC G RENARD J L (1984). —La pourriture du coeur due à *Phytophthora* sur cocotier. *Oléagineux*, 39, (3), 143-147.
- [16] ROGNON F. (1971) —Les pépinières de cocotier en sacs de plastique. Conseil de l'IRHO n°106. *Oléagineux*, 26, (5), 307-310.
- [17] RENARD J.L. QUILLEC G. (1984). —Le *Phytophthora heveae* sur cocotier *Oléagineux*, 39, (11), 529-534.
- [18] WUIDART W. (1979a) —Production de matériel végétal cocotier Sélection au stade germe Conseil de l'IRHO n°196 *Oléagineux*, 34, (8-9), 395-397.
- [19] WUIDART W. (1979b). —Production de matériel végétal cocotier. Sélection en pépinière Conseil de l'IRHO n°197 *Oléagineux*, 34, (10), 453-456
- [20] WUIDART W (1981a). —Production de matériel végétal cocotier. Sélection des hybrides en germe. Conseil de l'IRHO n°218. *Oléagineux*, 36, (10), 497-500.
- [21] WUIDART W. (1981b) —Production de matériel végétal cocotier. Tenue d'un germe. Conseil de l'IRHO n°215. *Oléagineux*, 36, (6), 305-309.

## RESUMEN

**Híbrido de cocotero PB 121 mejorado, cruzamiento de Enano Amarillo de Malasia y de padres Grande Oeste Africano mejorados**

R. BOURDEIX, Y.P. N'CHO, A. SANGARE, L. BAUDOIN, M. de NUCE DE LAMOTHE, *Oléagineux*, 1992, 47, N°11, p. 619-633

El cruzamiento de Enano Amarillo de Malasia con Grande Oeste Africano es el primer híbrido creado en la estación de investigaciones Marc Delorme (Côte-d'Ivoire). Este híbrido se denominó PB 121, y se difundió a escala mundial por el Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux. En 1978, se acometió el mejoramiento de este híbrido con pruebas de habilidad combinatoria individual. Los resultados de la primera prueba demuestran que las progenies de los mejores padres Grandes superan de modo significativo al híbrido PB 121 que suele entregarse a los cultivadores. En términos de copra por árbol, la diferencia asciende a un 19 % en los cocoteros jóvenes (4 - 8 años), y a un 15 % en los cocoteros adultos, y en esta etapa estas progenies sobrepasan las 4 8 toneladas de copra por hectárea, cuando el testigo PB 121 no pasa del tope de 4.2 toneladas. Dos progenies de tres evidencian un excelente nivel de tolerancia a la caída de nueces producida por *Phytophthora katsurae*. La tercera es demasiado productiva para que el impacto de la enfermedad baste para pasarla a la categoría inferior. El polen tomado en las autofecundaciones de los tres mejores padres servirá para producir un híbrido mejorado. Éste se difundirá bajo la denominación de PB 121 mejorado. La producción de semillas se iniciará en la estación Marc Delorme, con potencial de unas ciento setenta mil semillas. Más adelante la base genética del híbrido se ampliará con otros padres, seleccionados en las pruebas ulteriores, incrementando así su capacidad de producir semillas, que se desarrollará poco a poco, hasta alcanzar 1.100.000 en el año 2001.

**Palabras claves.** — *Cocos nucifera* L., híbrido Enano — Grande, producción de semillas, mejoramiento genético, habilidad combinatoria individual

## ANNEXE 1.

**Essai n°15 - Plantation 1978 - Résultats du diagnostic foliaire — (Trial No.15, 1978 planting - Leaf analysis results)**

Matériel végétal (Planting material)	Années (Years)	Feuilles (Leaves)	Résultats D F (L.A results)						
			N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Cl %
Niveaux critiques (minima) (Critical levels -minimum)			2,20	0,120	1,400	—	0,200	—	0,300
NJM × GOA Témoin (MYD × WAT Control)	78								
	87	14	2,08	0,172	1,237	0,340	0,330	0,117	0,513
	88	14	2,34	0,159	1,137	0,294	0,302	0,120	0,487
	89	14	2,18	0,182	1,345	0,304	0,303	0,144	0,684
NJM × GOA (MYD × WAT)	78								
	79								
	80	4	2,08	0,169	1,866	0,215	0,146		
	81	9	2,39	0,161	1,546	0,348	0,280		
Moyennes 15 descendances (Mean of 15 progenies)	82	14	2,35	0,154	1,571	0,290	0,353		
	83	14	2,43	0,193	1,358	0,499	0,375		0,459
	84	14	2,37	0,169	1,271	0,441	0,358	0,088	0,568
	85	14	2,31	0,177	1,538	0,327	0,212		
	86	14	2,24	0,185	1,456	0,344	0,283	0,105	
	87	14	2,07	0,175	1,356	0,316	0,261	0,119	0,513
	88	14	2,37	0,161	1,276	0,252	0,252	0,111	0,472
89	14	2,36	0,186	1,315	0,288	0,262	0,135	0,662	
90	14	2,42	0,177	1,360	0,275	0,245	0,135	0,596	
Moyennes 1987-90 (Means 1987-90)									
NJM × GOA Témoin (MYD × WAT Control)		14	2,26	0,172	1,224	0,314	0,313	0,130	0,567
		14	2,31	0,175	1,327	0,283	0,255	0,125	0,561
NJM × GOA 15 descendances (MYD × WAT 15 progenies)		14	2,31	0,175	1,327	0,283	0,255	0,125	0,561

**Essai n°15 - Plantation 1978 — Récapitulatif des fumures appliquées par arbre — (Trial No.15, 1978 planting — Recap of fertilizers applied per tree)**

Années (Years)	Fumure appliquée (Fertilizer applied)				
	N (kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g)	K <sub>2</sub> O (kg)	MgO (kg)	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g)
78					
79	0,17	41	0,24	0,06	1,38
80	0,28	54	0,72	0,22	2,30
81			1,20	0,28	2,30
82			1,50	0,28	
83			0,90	0,21	
84			0,90	0,22	
85			0,90	0,28	
86			0,60	0,28	
87			0,72	0,17	
88			0,72		
79 à 88	0,45	95	8,40	1,90	5,98

**ANNEXE 2.**
**Essai n°15 - Plantation 1978 — Données annuelles de production — (Trial No. 15, 1978 planting annual production data)**

Age	Descendances (Progenies)	2514	2515	2516	2517	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524	
	Emission foliaire annuelle 3-30 mois (Annual leaf emission 3-30 months)	11,8	12,0	12,0	12,1	11,6	12,1	12,0	12,1	11,8	12,1	11,5	
4	Nombre de régimes (Number of bunches)	8,0	8,7	6,6	8,3	4,6	7,9	8,7	7,4	7,4	9,8	4,9	
5		15,1	14,7	15,3	15,9	14,8	15,0	15,0	15,5	15,2	14,8	15,0	
6		15,2	14,9	14,0	14,8	14,7	15,9	14,3	13,4	14,9	14,3	14,5	
7		15,4	15,0	15,2	15,2	15,0	15,7	15,6	15,2	14,9	15,1	14,8	
8		15,3	15,0	15,8	15,4	15,1	15,7	15,2	15,6	15,9	15,2	15,1	
9		17,4	17,5	17,9	17,5	17,4	17,7	17,9	17,6	17,6	18,0	18,1	
10		16,2	16,3	16,2	16,2	16,1	16,6	16,2	16,8	16,3	16,1	16,3	
11		16,6	16,8	17,1	16,9	17,2	17,1	17,5	17,4	17,4	17,0	17,1	
12		16,2	15,2	15,6	16,0	16,2	16,5	16,7	17,0	16,5	16,7	16,8	
4		Nombre de noix (Number of nuts)	60	67	47	69	31	54	74	62	54	79	35
5			92	87	99	80	87	79	81	90	82	90	92
6			102	84	101	88	90	100	89	97	83	111	78
7	106		88	113	102	108	107	108	103	103	119	110	
8	97		85	109	88	95	104	94	98	96	106	96	
9	108		91	116	96	101	106	104	109	105	119	96	
10	117		87	118	101	108	110	108	120	105	114	116	
11	133		99	133	105	133	124	133	135	133	127	151	
12	137		98	130	107	132	130	132	140	135	132	137	
5	Coprah par noix (g) (Copra per nut -g)		210	210	204	206	220	201	207	204	213	199	213
6			209	207	198	213	222	207	220	215	216	206	218
7			213	210	208	217	223	206	222	220	228	212	226
8		220	221	215	235	235	219	224	223	231	214	235	
4	Coprah par arbre -kg (Copra per tree -kg)	12,5	13,8	9,4	14,4	6,7	10,7	15,1	12,6	11,4	15,7	7,1	
5		19,2	18,1	20,2	16,6	19,0	15,8	16,7	18,2	17,6	17,7	19,7	
6		21,0	17,6	20,3	18,5	19,7	20,6	18,8	20,3	17,8	22,1	17,2	
7		22,6	18,5	23,4	22,3	24,2	22,1	23,7	22,6	23,5	25,0	24,9	
8		21,1	18,5	23,6	20,5	22,4	23,0	21,3	21,7	22,5	22,4	22,8	
9		23,3	19,3	23,7	21,5	22,6	21,9	22,6	23,3	23,3	24,9	21,2	
10		24,5	18,3	24,2	22,1	24,4	22,9	23,5	25,7	23,7	23,4	26,0	
11		28,0	21,0	27,5	23,1	30,0	26,0	29,0	29,0	30,0	26,3	34,0	
12		28,8	20,7	26,9	23,6	29,9	27,2	28,7	29,9	30,4	27,2	31,3	

## Essai n°15 - Plantation 1978 — Données de production (suite) — (Trial No. 15, 1978 planting production data) -cont'd

Age	Descendances (Progenies)	2525	2526	2527	2528	2513 Témoin (Control)	Moyenne 15 Desc. (Mean 15 prog.)	Moyenne 3 prem. Desc. (Mean best 3 prog.)
	Emission foliaire annuelle 3-30 mois (Annual leaf emission 3-30 months)	11,6	12,2	12,0	12,0	11,9	11,9	11,9
4	Nombre de régimes (Number of bunches)	6,4	6,9	6,9	7,1	6,7	7,3	6,8
5		14,3	15,4	14,7	14,8	14,3	15,0	14,8
6		14,2	12,8	13,1	14,8	13,5	14,4	13,9
7		15,4	15,8	15,6	15,6	16,2	15,3	15,6
8		15,4	15,5	14,7	15,7	15,3	15,4	15,5
9		17,1	17,2	17,1	17,8	18,2	17,6	17,4
10		16,1	16,3	16,0	16,4	16,6	16,3	16,3
11		16,9	17,0	16,8	17,5	17,5	17,1	17,1
12		16,5	17,2	15,9	16,9	16,9	16,4	16,9
4	Nombre de noix (Number of nuts)	48	68	59	52	53	57	56
5		96	111	88	86	75	89	98
6		103	106	96	94	98	95	101
7		139	146	118	129	125	113	138
8		114	122	89	112	102	100	116
9		119	128	101	114	119	108	120
10		140	146	111	138	127	116	141
11		167	183	138	168	153	137	173
12		159	175	134	164	150	136	166
5	Coprah par noix (g) (Copra per nut -g)	212	199	203	205	200	207	205
6		212	210	212	205	194	211	209
7		216	213	212	218	207	216	216
8		224	220	229	223	212	225	222
4	Coprah par arbre -kg (Copra per tree -kg)	9,9	13,4	11,9	10,6	10,5	11,7	11,3
5		20,3	22,2	18,0	17,7	14,9	18,5	20,1
6		21,4	21,6	19,8	19,3	19,1	19,7	20,8
7		29,9	30,8	25,2	28,2	25,6	24,5	29,6
8		25,3	27,0	20,5	24,8	21,2	22,5	25,7
9		25,2	26,7	21,6	23,8	24,3	23,0	25,2
10		30,0	30,9	24,0	29,3	25,5	24,9	30,1
11		35,9	38,6	29,8	36,0	30,6	29,6	36,8
12		34,1	36,9	28,9	34,8	30,2	29,3	35,3