

Premier bilan de 12 années de recherches génétiques sur le cocotier en Côte-d'Ivoire ⁽¹⁾

M. de NUCÉ de LAMOTHE (2), W. WUIDART (3) et F. ROGNON (3)

Résumé. — Le bloc d'amélioration du cocotier de Côte-d'Ivoire représente le plus grand effort de recherche sur la sélection du cocotier dans le monde. Sa plantation a débuté en 1967, le bloc couvre 442 ha dont 61 ha d'introductions, 176 ha d'essais génétiques, 167 ha de champs semenciers, 19 ha de champs de multiplication et 19 ha d'essais divers. La collection comporte 37 souches représentées chacune par au moins 70 individus et très souvent par plusieurs centaines. 66 hybrides entre souches et 225 descendance d'individus sont testés dans des essais comparatifs utilisant des dispositifs statistiques. Les champs semenciers sont exploités par pollinisation assistée mais pour des raisons d'isolement tous les arbres-mères seront progressivement transférés sur une plantation de palmiers à huile ; seuls les géniteurs mâles continueront à être sélectionnés sur le bloc. Les 1^{er} résultats des essais comparatifs montrent l'intérêt de certains croisements Nain × Grand. Le Nain Rouge Malais × Tahiti produit autant que le P-B 121 qui est actuellement l'hybride le plus utilisé au monde mais offre, en raison de son hétérogénéité, de meilleures perspectives d'amélioration que celui-ci. Les hybrides Nain Rouge Cameroun × Ouest Africain et Nain Rouge Cameroun × Rennell donnent, en cumulé à 6 ans, plus de 6 t de coprah/ha contre moins de 4 t au même âge pour le P-B 121. Dès maintenant les essais d'aptitudes des individus à la combinaison mettent en évidence des différences considérables entre descendance. Ces résultats sont d'un très grand intérêt car ils prouvent la valeur de la méthode choisie par l'I. R. H. O. et permettent d'espérer de forts accroissements de rendement.

Dans un article paru en 1971 dans *Oléagineux*, Frémond et de Nucé de Lamothe [1], ont exposé le but et le programme de réalisation du bloc d'amélioration du cocotier de Port-Bouët. Il paraît utile 8 ans plus tard de faire le point des réalisations et de donner les premiers résultats.

I. — INTRODUCTION

La Station cocotier Marc-Delorme à Port-Bouët a été créée en 1952. Les premiers travaux de sélection ont porté sur l'étude des cocotiers locaux et la plantation de quelques variétés exotiques. Ils ont permis l'obtention d'un hybride remarquable [2, 3], actuellement utilisé dans la plupart des pays grands producteurs : le P-B 121 ou Nain Jaune Malais × Grand Ouest Africain. Mais, assez rapidement, il est apparu que l'exploitation de ces résultats et les progrès futurs dépendaient entièrement de la capacité de la Station à accroître son potentiel de production de semences, à augmenter la variabilité génétique au sein de sa collection de matériel végétal et à tester un très grand nombre de combinaisons hybrides, tout en utilisant des méthodes et techniques valables sur les plans génétique et statistique.

En 1966, le gouvernement de Côte-d'Ivoire mettait à la disposition de la Station les moyens financiers, matériels et humains indispensables à l'extension de ses activités de sélection. En 1967, commençait la création du bloc d'amélioration du cocotier, qui devait couvrir 500 ha et dont les buts étaient :

— accroître la variabilité au sein de la collection de matériel végétal par introductions de nouvelles variétés exotiques ;

— étudier la valeur d'un grand nombre de combinaisons hybrides et tenter d'améliorer les plus productives ;

— multiplier les géniteurs et produire les semences nécessaires à la réalisation des programmes de développement du cocotier en Côte-d'Ivoire et en Afrique ;

— enfin, faire progresser nos connaissances sur la génétique du cocotier et en particulier sur l'héritabilité des caractères.

Avant de faire le point des réalisations, 12 ans après le début des plantations, et de donner les premiers résultats, il convient de rappeler la méthode de sélection et les techniques retenues par l'I. R. H. O.

II. — LA MÉTHODE DE SÉLECTION DE L'I. R. H. O. ET LES TECHNIQUES

1. — La méthode.

La méthode de sélection du cocotier retenue par l'I. R. H. O. [1, 4] repose sur la recherche des aptitudes à la combinaison des souches et des individus et les choix phénotypiques pour les caractères héréditaires. Elle est bien adaptée à cette plante, à la longueur de sa phase improductive, à son mode de reproduction et à son faible taux de multiplication.

Théoriquement la sélection se déroule selon les phases suivantes :

a) *Prospections et introductions.*

Elles ont pour but d'accroître la variabilité génétique afin de mettre à la disposition du sélectionneur un stock de gènes dans lequel il pourra puiser en fonction de ses objectifs.

Les introductions revêtent 2 formes : pollen et noix. Le pollen permet d'obtenir immédiatement des hybrides dont on teste la valeur (gain d'une génération) ; les noix donnent les géniteurs qui seront utilisés dans les programmes ultérieurs.

(1) Communication présentée à la 5^e Session du Groupe de travail F. A. O. sur la production, la protection et le traitement de la noix de coco, 3-8 décembre 1979, Manille (Philippines).

(2) Directeur du Département Sélection du Cocotier de l'I. R. H. O., Station Marc-Delorme, 07 B. P. 13 Abidjan 07 (Côte-d'Ivoire).

(3) Service Sélection de l'I. R. H. O., Station Marc-Delorme (Côte-d'Ivoire).

b) Aptitudes à la combinaison entre souches et variétés.

Cette étape consiste à rechercher, dans des essais comparatifs, les souches et les variétés qui se combinent le mieux entre elles. On teste de préférence des croisements réalisés entre des souches qui diffèrent nettement par leur phénotype et, si possible, par leur génotype.

Dans chaque souche, le choix des arbres tient compte des caractères héréditaires (notamment albumen sur fruit sans eau).

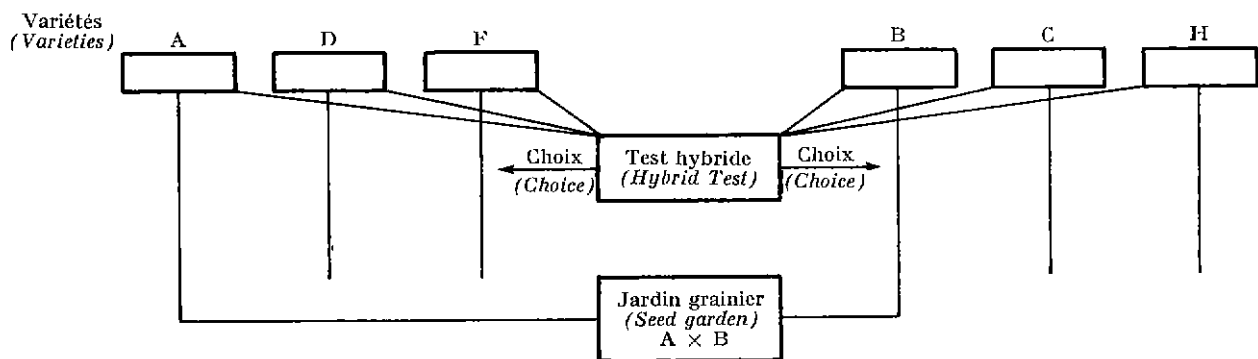
Lorsque les résultats des essais sont connus on reproduit les meilleurs hybrides dans des champs semenciers.

La figure 1 schématise la nature des croisements, et indique de quelle façon s'opère la production de semences.

c) Aptitudes à la combinaison d'individus.

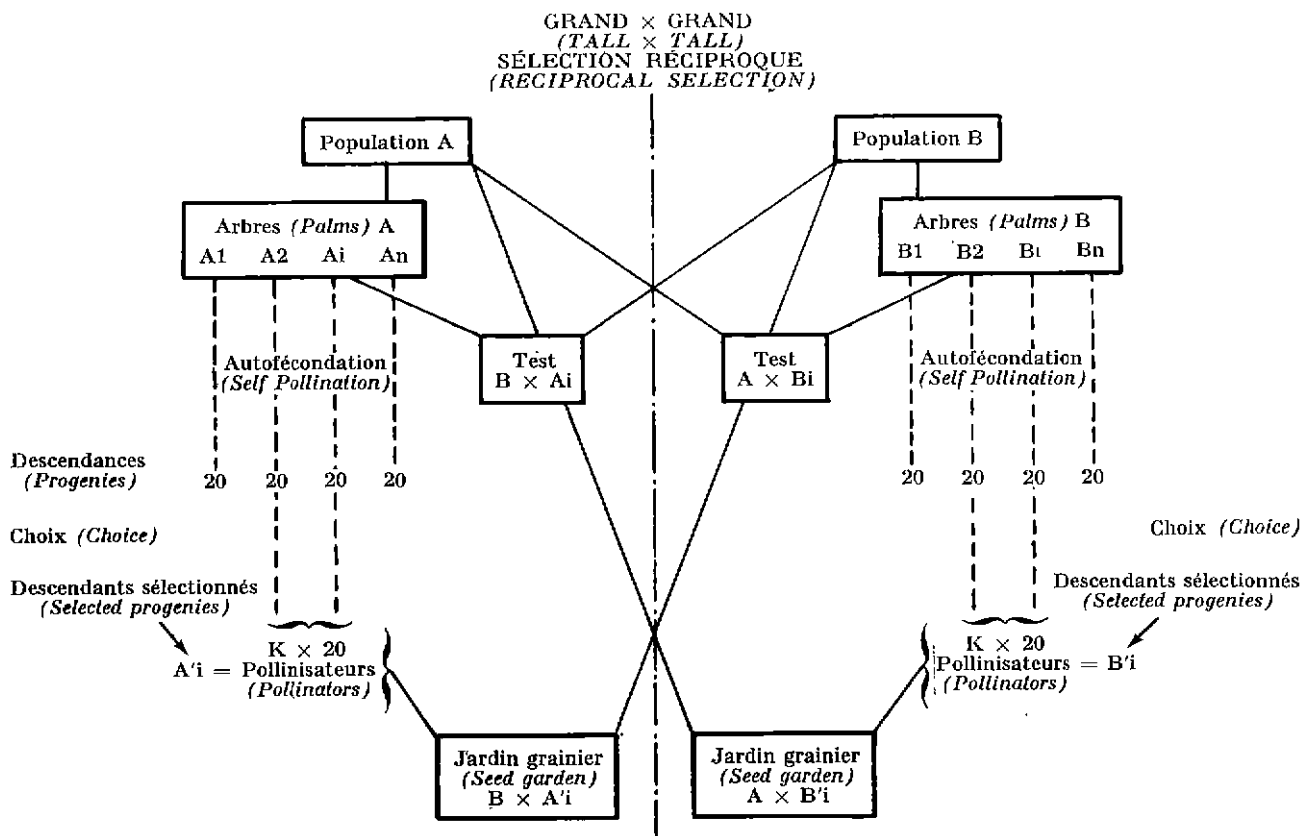
L'amélioration des meilleurs hybrides entre souches constitue l'étape suivante de la sélection. Elle utilise pour chacun d'eux (A × B) une méthode dérivée de la sélection récurrente réciproque mise au point par Comstock *et al.* [5] sur le maïs.

Des arbres de la souche A sont croisés avec un échantillon d'arbres de la souche B et des arbres de la souche B avec un échantillon d'arbres de la souche A. Les arbres croisés sont choisis en fonction de l'héritabilité des caractères. Les hybrides obtenus sont plantés dans des essais comparatifs (Fig. 2). Dès que possible les arbres des souches A et B sont autofécondés, d'où des descendance A' et B'. Lorsque sont connus les résultats des essais comparatifs d'hybrides, on sélectionne les descendance autofécondées A' et B' des individus qui se combinent le mieux avec l'autre souche pour,



▲ FIG. 1. — Aptitude à la combinaison entre variétés (Combining ability between varieties)

▼ FIG. 2. — Aptitude des individus à la combinaison (Combining ability of individual palms)



d'une part, constituer par croisements interdescendances A' et interdescendances B' les populations de départ d'un nouveau cycle de sélection, d'autre part, produire le pollen et les géniteurs nécessaires aux nouveaux champs semenciers. L'autofécondation a seulement pour rôle de multiplier les individus sélectionnés.

Comme pour toutes les sélections récurrentes il y a une phase de choix où sont cumulés les effets et une phase de brassage. Au cours des premières étapes de sélection les pools génétiques sont assez larges, ce sont principalement les aptitudes générales à la combinaison qui interviennent puis, à mesure que les pools génétiques se resserrent, les combinaisons deviennent plus spécifiques.

Lorsque l'un des 2 parents de l'hybride est une variété autogame ou assez homogène, le schéma de sélection est simplifié.

Pour commencer le premier cycle d'amélioration de l'hybride A × B on n'attend généralement pas d'avoir les résultats complets des tests d'aptitude à la combinaison entre souches, on commence à réaliser les croisements dès qu'on pense avoir de bonnes estimations de la valeur de l'hybride.

2. — Les techniques.

Les techniques utilisées conditionnent la valeur des résultats obtenus. Sans entrer dans le détail des techniques de l'I. R. H. O. il faut souligner l'importance :

— de la fécondation artificielle. — La légitimité des croisements est le point le plus important. Elle nécessite une bonne connaissance de la plante (cf. communication sur la fécondation artificielle [6]) ;

— des dispositifs de plantations. — Ils doivent permettre une étude statistique des résultats et la mise en évidence de différences, même assez faibles, entre croisements ;

— des observations. — Des récoltes régulières et un bon échantillonnage [7] sont indispensables pour l'observation des caractéristiques du fruit y compris le coprah sec ;

— de l'interprétation des résultats. — Seul l'ordinateur permet une exploitation complète d'une masse importante de résultats d'observations ;

— de la production de semences. — La légitimité est encore ici le point essentiel mais la flexibilité de l'exploitation, c'est-à-dire la possibilité de passer de la production d'un type d'hybride à celle d'un autre type, qui lui est supérieur, est d'un très grand intérêt (cf. communication sur la production de semences [8]).

III. — LE BLOC D'AMÉLIORATION DU COCOTIER

Le bloc d'amélioration du cocotier de la Station Marc-Delorme est implanté sur le cordon littoral à 20 km à l'est d'Abidjan et à 6 km de la mer. Le sol est sableux, pauvre en bases échangeables. Le couvert naturel était une forêt secondaire largement coupée de zones de cultures vivrières : manioc, igname, maïs. La pluviométrie y est inférieure à celle enregistrée sur la Station principale. Depuis 1971, le déficit hydrique annuel n'a jamais été inférieur à 300 mm, il a dépassé 600 mm en 1973, 1975, 1976 et 1977.

La plantation a débuté en 1967. Le tableau I récapitule les surfaces par année et par type de plantation. A ce jour le bloc comprend 442 hectares plantés dont :

- 61 ha d'introductions,
- 176 ha d'essais génétiques,
- 167 ha de champ semencier,
- 19 ha de champ de multiplication et
- 19 ha d'essais divers.

TABLEAU I. — Bloc d'amélioration du cocotier, Station Marc-Delorme à Port-Bouët (Côte-d'Ivoire)
(Coconut improvement block, Marc-Delorme Station, Port-Bouet — Ivory Coast)
surfaces en ha, en 1979 (Areas in ha, in 1979)

Date de plantation (Planting date)	Surface totale (Total area)	Introductions		Tests hybrides aptitude à la combinaison (Hybrid tests — Combining ability) entre (between)		Champ semencier arbres-mères (Seed field, mother-trees)		Champ de multi- plication (Multipli- cation field)	Divers (Miscel.)
		Grands (Talls)	Nains (Dwarfs)	souches (origins)	individus (individuals)	Nains (Dwarfs)	Grands (Talls)		
1967	27	—	—	—	—	27	—	—	—
1968	38,25	11,25	—	—	—	27	—	—	—
1969	124,75	11,25	—	7,7	—	71,3	34,5	—	—
1970	112,7	17	—	7,7	27,5	34,5	26	—	—
1971	32,0	—	—	29,8	—	—	—	—	2,2
1972	27,0	8	—	5,6	12	—	—	0,9	0,5
1973	11,8	—	—	5,3	—	—	—	5,6	0,9
1974	17,5	4	—	6,6	—	—	—	6,7	0,2
1975	67,8	0,8	—	5,1	7,2	41,6	—	0,2	12,9
1976	13,3	—	—	4,2	7,3	1,8	—	—	—
1977	15,7	—	—	2,2	10,7	2,8	—	—	—
1978	22,9	4,6	2,6	2,2	7,1	—	—	3,7	2,7
1979	31,0	0,9	0,5	12,7	14,7	—	—	2,2	—
Total	541,7	57,8	3,1	89,1	86,5	206,0	60,5	19,3	19,4
Surfaces abattues (fel- led areas).....	100,0	—	—	—	—	100,0	—	—	—
Surfaces plantées (planted areas)....	441,7	57,8	3,1	89,1	86,5	106,0	60,5	19,3	19,4
		60,9		175,6		166,5			

100 ha de champ semencier ont été arrachés pour des raisons d'isolement et de légitimité dont on traitera plus loin.

1. — La collection de matériel végétal.

Le tableau II donne la liste du matériel végétal cocotier rassemblé sur le bloc. On a distingué les **introductions**, dont les semences ont été importées de l'étranger, des matériels ou **lignées créées**, dont les semences ont été produites par la station dans des

populations locales (Ouest Africaines par exemple), ou exotiques (Malaisie, Nain Niu Leka, etc...).

Au total **37 souches ou variétés ont été réunies.**

a) Nombre d'arbres et dispositif.

En principe il suffit de 60 à 100 individus pour représenter de façon satisfaisante une population de plantes allogames [9]. Toutes les variétés plantées ici, mêmes celles qui ont un taux d'autogamie élevé et qui pourraient donc être représentées par un nombre

TABLEAU II. — Bloc d'amélioration du cocotier, collection de matériel végétal
(Coconut improvement block, planting material collection)

1. — Introductions							
Cocotiers Grands (Talls)				Cocotiers Nains (Dwarfs)			
	Souche (Origin)	Origine (Country)	Nombre vivants (Nbr. alive)		Souche (Origin)	Origine (Country)	Nombre (Number)
1	Rennell (GRL) (RLT)	Salomon	2 500 (1)	1	Nain Vert Kolke (Kolke Green Dwarf) (NVC) (CGD)	Cambodge (Cambodia)	128
2	Salomon (GSN) (SNT)	Salomon	380	2	Nain Vert Sri Lanka (Sri Lanka Green Dwarf) (NVS) (SGD)	Sri Lanka	194
3	Tahiti (GPY1) (PYT1)	Polynésie	482	3	Nain Vert Thaïlande (Thailand Green Dwarf) (NVT) (TGD)	Thaïlande (Thailand)	150
4	Rangiroa (GPY2) (PYT2)	Polynésie	1 140	4	Nain Rouge Tahiti (Tahiti Red Dwarf) (NRY) (YRD)	Polynésie (Polynesia)	90
5	Réam (GCB7) (CBT7)	Cambodge	197	5	Nain Brun Nouv.-Guinée (New Guinea Brown Dwarf) (NBN) (NBD)	Papua-Nouv.-Guinée (Papua-New Guinea)	75
6	Sré cham (GCB8) (CBT8)	Cambodge	124	6	Nain Rouge Malais (Malayan Red Dwarf) (NRM) (MRD)	Malaisie (Malaysia)	700 (1)
7	Battambang (GCB9) (CBT9)	Cambodge	170	7	Nain Vert Catigan (Catigan Green Dwarf) (NVP2) (P2GD)	Philippines	noix en pépinière (nuts in nursery)
8	Koh Rong (GCB10) (CBT10)	Cambodge	170	8	Nain Vert Tacunan (Tacunan Green Dwarf) (NVP3) (P3GD)	Philippines	
9	Niles-Hébrides (GNH) (NHT) (New Hebrides)	Niles-Hébrides (New Hebrides)	432				
10	Rotuma (GRT) (RTT)	Fidji (Fiji)	71				
11	Tonga (GTG) (TGT)	Tonga					
12	Comores (GCO) (COT)	Comores	360				
13	Mozambique (GMZ) (MZT)	Mozambique	1 500 (1)				
14	Sri Lanka (GSL) (SLT)	Sri Lanka	269				
15	Thaïlande (GTH) (THT)	Thaïlande	109 (1)				
16	Tagnanan (GTN) (TNT)	Tagnanan	800				
17	Kar Kar (GKK) (KKT)	Papua-Nouv.-Guinée	75				
18	Laccadive (GND8) (NDT8)	Inde (India)	150				
19	Microlaccadive (GND7) (NDT7)	Inde (India)	125				
20	Panama (GPA) (PAT)	Panama	noix en pépinière (nuts in nursery)				

2. — Matériels créés en Côte-d'Ivoire (Materials created in the Ivory Coast)							
	Croisement (Cross)	Origine (Country)	Nombre (Number)		Croisement (Cross)	Origine (Country)	Nombre (Number)
1	Ouest Africain × Ouest Africain (GOA4) (Mensah) (West African × West African — WAT4)	Côte d'Ivoire (1) (Ivory Coast)	1 000	1	Nain vert Guinée équatoriale × Nain vert Brésil (Equatorial Guinea Green Dwarf × Brazil Green Dwarf) (NVE-BGD)	Brésil (Brazil)	350 (1)
2	Ouest Africain × Ouest Africain (GOA3) (Akabo) (West African × West African — WAT3)	Côte d'Ivoire (2) (Ivory Coast)	250	2	Nain jaune Malais × Nain jaune Malais (Malayan Yellow Dwarf × Malayan Yellow Dwarf) (NJM-MYD)	Ghana	1 000 (1)
3	Ouest Africain × Ouest Africain (GOA5) Benin (West African × West African — WAT5)	Benin (2)	250	3	Nain rouge Cameroun × Nain rouge Cameroun (Cameroon Red Dwarf × Cameroon Red Dwarf) (NRC × CRD)	Cameroun (Cameroon)	1 000 (1)
4	Malaisie × Malaisie (GML) (Malaysia × Malaysia — MLT)	Malaisie (Malaysia)		4	Nain Niu Leka × Nain Niu Leka (Niu Leka Dwarf × Niu Leka Dwarf) (NNL × NLD)	Fidji (Fiji)	105
				5	Nain vert Malaisie autofécondé (Selfed Malayan Green Dwarf) (NVM-MGD)	Malaisie (Malaysia)	172

(1) Plantés au moins partiellement sur champs semenciers (Planted at least partially in seed fields).

(2) Plantés en partie comme témoin sur essais comparatifs d'hybrides (Planted in part as control in comparative hybrid trials).

d'individus plus faible, comptent au moins 70 arbres et souvent beaucoup plus de 100. La raison en est que la collection n'a pas pour seul but la conservation du matériel végétal mais doit répondre aux besoins du sélectionneur :

— pour réaliser les croisements. — le faible pouvoir de multiplication du cocotier, les alternances de fortes et faibles productions, les contraintes des époques et dispositifs de plantation et les chevauchements de programmes obligent à utiliser un grand nombre d'arbres-mères. Ainsi pour les études d'aptitude des individus à la combinaison il est utile de pouvoir disposer de 500 à 600 arbres-mères ;

— pour produire des semences. — le nombre de géniteurs mâles et femelles est alors fonction des besoins en semences : 1 arbre-mère pour 80 à 90 semences/an, 1 géniteur mâle pour, suivant la durée de la phase femelle des arbres-mères, 1 600 à 5 000 semences/an.

Le dispositif de plantation a légèrement varié au cours des années mais il a toujours été en lignes et a toujours comporté un témoin Ouest Africain pour les Grands et Nain Jaune de Malaisie pour les Nains. Les Grands sont plantés à 143 arbres/ha (9 m en triangle), les Nains à 205/ha (7 m 50 en triangle).

b) Légitimité.

Le sélectionneur peut rarement contrôler les opérations de collecte des noix qu'il introduit et les personnes qui supervisent ces opérations ne sont pas toujours compétentes. Il s'ensuit des risques de mauvais échantillonnage, d'où représentation imparfaite des populations et parfois illégitimité.

La collection réunie sur le bloc d'amélioration du cocotier n'a pas échappé complètement à ce genre de défaut ; ainsi les Nains Verts importés de Malaisie en 1968 ont dû être éliminés car tous se sont révélés hybridés. Mais, grâce à son réseau de stations et de chercheurs répartis dans le monde, l'I. R. H. O. a pu réduire très sensiblement les risques d'erreur et on peut considérer que la collection actuelle répond bien aux critères de légitimité et de représentativité.

c) Variabilité.

Il existe très peu d'études comparatives des variétés de cocotiers et les prospections se sont souvent bornées à entériner des distinctions plus ou moins valables faites par les planteurs. Dans ces conditions il était difficile de choisir des populations intéressant le sélectionneur et différant suffisamment les unes des autres.

Là aussi, c'est grâce au réseau de chercheurs de l'I. R. H. O. et à des concours divers que les difficultés ont pu être surmontées.

La collection du bloc d'amélioration est remarquable par la variabilité qu'on y rencontre. On a cherché à rassembler des souches d'origines géographiques variées et qui possédaient telle ou telle caractéristique marquée. Sans vouloir donner les raisons qui ont justifié le choix de chacune d'entre elles, il est peut-être utile de citer quelques-uns des caractères les plus intéressants pour le sélectionneur et de donner des exemples pris dans la collection :

— fort coprah/noix chez le Grand de Malaisie, le Tagnanan, le Rennell ;

— bonne composition du fruit chez Tahiti, Tagnanan, Rennell, Tonga ;

— nombre élevé de noix/arbre : Microlaccadive, Nouvelles-Hébrides, Ouest Africain, Salomon ;

— noix piriforme chez Nain Rouge Cameroun et Rennell ;

— forte teneur de l'albumen en huile et en protéines chez Ouest Africain ;

— réduction de la longueur des feuilles : Niu Leka ;

— résistance aux maladies, au Lethal Yellowing : les Nains, et au dépérissement des Nouvelles-Hébrides : les Nouvelles-Hébrides.

Certaines variétés, enfin, ont été introduites parce qu'elles avaient montré, sur d'autres centres de recherche, une certaine aptitude à la combinaison, ainsi le Panama à la Jamaïque, le Sri Lanka à Sri Lanka, le Laccadive en Inde.

d) Observations.

Les différentes souches sont plantées dans des conditions écologiques très voisines ce qui permet de les comparer. Les observations portent, dans le jeune âge, sur l'émission foliaire puis sur la précocité de floraison, et enfin les caractères de production et leur variabilité : nombre de régimes, nombre de noix, composition du fruit, teneur en huile du coprah. Le nombre d'arbres à observer et la durée des observations ont fait l'objet d'études préalables [9]. Des études particulières sont parfois conduites, par exemple sur le système foliaire ou la forme du régime.

2. — Les essais.

Les tableaux III et IV donnent les dates de plantation et les types d'hybrides testés dans les essais comparatifs : 66 hybrides entre souches, dont 38 Nain × Grand et 22 Grand × Grand, et 225 descendance d'individus.

a) Nombres et dispositifs.

Avec de légères variations pour tenir compte du nombre de plants disponibles au moment de la plantation et des conditions de terrain, les essais comparatifs d'hybrides entre souches comportent 144 plants/hybrides répartis sur 5, ou plus souvent 6, répétitions (1). Le dispositif est le plus souvent en blocs complets (blocs de Fisher) ou blocs incomplets balancés lorsque le nombre d'objets est trop élevé (PB-GC 5).

Les essais d'aptitude des individus à la combinaison sont plantés en lattices carré. Les premiers étaient des 5 × 5, comparant 24 descendance à un témoin ; actuellement, et pour des raisons pratiques (réduction de la durée de réalisation des croisements), on utilise le dispositif 4 × 4 à 5 répétitions (15 individus testés) et 12 arbres par parcelle élémentaire soit 5 × 12 = 60 arbres par descendance.

Jusqu'en 1976, dans tous les essais comparatifs d'hybrides, le témoin a été le Grand Ouest Africain (fécondation artificielle) ; depuis 1977, le témoin est

(1) Le PB-GC 3 fait exception puisqu'il comporte 300 plants en 10 répétitions.

TABLEAU III. — Bloc d'amélioration du cocotier (*Coconut improvement block*)

1. — Essais comparatifs d'hybrides entre souches (Comparative hybrid trials between origins)											
Nain × Nain (<i>Dwarf × Dwarf</i>)				Nain × Grand (<i>Dwarf × Tall</i>)				Grand × Grand (<i>Tall × Tall</i>)			
Essais (Trials)	Plantation (Planting)	Nbre (No.) d'hybrides	Surfaces (Areas) (ha)	Essais (Trials)	Plantation (Planting)	Nbre (No.) d'hybrides	Surfaces (Areas) (ha)	Essais (Trials)	Plantation (Planting)	Nbre (No.) d'hybrides	Surfaces (Areas) (ha)
GC 4	1971	3	4,7	GC 5	1971	10	13,7	GC 3	1969-70	6	15,5
GC 10	1975	3	4,2	GC 11	1974	4	6,7	GC 7	1971	5	5,8
				GC 12	1976	2	4,2	GC 8	1972-73	6	10,8
				GC 14	1977-78	3	4,5	GC 9	1971	2	5,8
				GC 18	1979	4	5,4	GC 21	1980	3	
				GC 19	1979	6	3,9				
				GC 22	1979	2	3,4				
				GC 24	1980	7					
		6				38				22	
										Total 66	
2. — Essais d'aptitude individuelle à la combinaison, amélioration d'hybrides (Individual combining abilities trials, hybrid improvement)											
Hybrides Grand × Grand (<i>Tall × Tall</i>)					Hybrides Nain × Grand (<i>Dwarf × Tall</i>)						
Essais (Trials)	Hybride	Individus testés (Individ. tested)	Plantation (Planting)	Surfaces (Areas) (ha)	Essais (Trials)	Hybride	Individus testés (Individ. tested)	Plantation (Planting)	Surfaces (Areas) (ha)		
GC 2-1	Ouest Africain (<i>West African</i>) × Mozambique	24	1970	11,2	GC 15	Nain jaune Malais (<i>Malayan Yellow Dwarf</i>) × Ouest Africain (<i>West African</i>)	15	1978	7,1		
GC 2-2	Ouest Africain (<i>West African</i>) × Tahiti	39	1970	16,1	GC 17	Nain jaune Malais (<i>Malayan Yellow Dwarf</i>) × Tahiti	15	1977	10,7		
GC 6	Ouest Africain (<i>West African</i>) × Malaisie (<i>Malaysia</i>)	24	1972	11,6	GC 20	Nain rouge Malais (<i>Malayan Red Dwarf</i>) × Rennell	15	1979	7,0		
GC 13	Ouest Africain (<i>West African</i>) × Tahiti	{ + 24	1975-76	14,4	GC 23	Nain rouge Malais (<i>Malayan Red Dwarf</i>) × Tahiti	15	1980			
GC 16	Ouest Africain (<i>West African</i>) × Rennell	15	1980		GC 25	Nain rouge Cameroun (<i>Cameroon Red Dwarf</i>) × Rennell	15	1981			
		150					75				

le P-B 121 obtenu par fécondation artificielle de cocotiers Nain Jaune Malais avec du pollen Grand Ouest Africain.

La densité de plantation retenue initialement était de 143 arbres/ha (9 m en triangle) ; actuellement on tient davantage compte de la croissance relative des arbres et l'on plante les hybrides entre Grands à 143 arbres/ha, les hybrides Nain × Grand à 160 arbres/ha (8,50 m en triangle) et les hybrides entre Nains à 205 arbres/ha (7,50 m en triangle).

b) Croisements étudiés.

Sauf études particulières (héritabilité des caractères, test d'hybrides utilisés dans d'autres pays, etc...), et lorsqu'on ne dispose pas d'information sur les aptitudes générales des souches à la combinaison, on cherche à croiser les souches qui ont des caractères complémentaires et, si possible, qui ne sont pas apparentées. Ainsi à titre d'exemple, le Nain Vert Sri Lanka, qui produit un grand nombre de très petites noix, a été croisé avec des variétés à grosses noix originaires d'autres pays : Rennell, Tahiti, Malaisie, mais également avec le Grand Sri Lanka car ce croisement a été étudié à Sri Lanka, et le Grand Ouest Africain dont on connaît la bonne aptitude générale à la combinaison.

En attendant que l'étude de la variabilité enzymatique par électrophorèse puisse être appliquée au cocotier, l'éloignement géographique et l'isolement des populations sont considérés comme les critères les plus sûrs de non parenté.

La recherche des aptitudes individuelles à la combinaison ne devrait être entreprise que lorsqu'on connaît la valeur du croisement que l'on veut améliorer et la variabilité de ses caractères. Dans la pratique, et pour gagner quelques années, on n'attend pas d'avoir des résultats complets sur l'hybride pour commencer le premier cycle d'amélioration. On peut être amené à réaliser ainsi des essais qui se révèlent ensuite avoir peu d'intérêt (c'est probablement le cas ici du GC 2-1 Local × Mozambique) ; mais on a de bonnes chances de progresser plus rapidement et, dans le cas de la recherche sur le cocotier, le temps est le principal facteur limitant.

c) Légitimité.

Avant que la technique de fécondation artificielle ne soit vraiment au point, en dépit des soins apportés et des contrôles effectués, on avait souvent dans les croisements de Nains quelques illégitimes résultant d'autofécondations accidentelles. Mais ceux-ci pou-

TABLEAU IV. — Bloc d'amélioration du cocotier. Croisements entre souches réalisés de 1967 à 1979 (Coconut improvement block. Crosses between origins made between 1967 and 1979)

Arbres-mères (Mother-trees)	Parents mâles (Male parents)												Hybrides								
	Nains (Dwarfs)						Grands (Talls)														
	Jaune (Yellow)	Rouge (Red)	Vert Brésil (Brazil Green)	Rouge Cameroun (Cameroon Red)	Niu Leka	Vert Sri Lanka (Green)	Ouest Africain (West African)	Mozam- bique	Tahiti	Malaisie (Malay.)	Rep- nell	Panama	Tagna- non	Niles- Hébrides (New Hebr.)	Salomon (Solo- mon)	Rotuma	Marikham Valley	Jamaï- que (Jamaï- ca)	Ouest African (West African)	× Tahiti × Ren- nell	
Nains (Dwarfs)																					
Jaune Malais (Malayan Yellow)	+		0		+																
Rouge Malais (Malayan Red)			+		+																
Rouge Cameroun (Cameroon Red)																					
Vert Brésil (Brazil Green)																					
Vert Sri Lanka (Green)																					
Vert Catiguan (Green)																					
Vert Tacunan (Green)																					
Grands (Talls)																					
Ouest Africain (West African)																					
Mozambique																					
Tahiti																					
Rennell																					
Malais (Malayan)																					
Sri Lanka																					
Niles-Hébrides (New Hebrides)																					

+ = Croisements dans des essais d'aptitude à la combinaison entre souches (Crosses in combining ability trials between origins).
 0 = Croisements réciproques des précédents (Reciprocal crosses of the preceding ones).

vaient presque toujours être détectés et éliminés au stade pépinière. Ainsi la légitimité des arbres plantés, même au début de la création du bloc, peut être considérée comme bonne. Par contre, on a eu le tort dans les premières années de ne pas sélectionner assez sévèrement sur l'aspect des plants en pépinière, et donc de mettre en place des arbres qui ne l'auraient pas été sur une bonne plantation commerciale.

d) Observations.

Pour tous les essais on observe individuellement sur chaque arbre les nombres de régimes et de noix et sur des échantillons [7], la bourre, la coque, l'eau, l'albume frais, l'albume sec et la teneur en huile.

Après étude statistique le coprah/ha est calculé en multipliant le coprah moyen/arbre par 135, ou 152, suivant que la densité est 143 ou 160 arbres/ha ; ceci afin d'approcher les conditions d'une plantation commerciale où existent toujours quelques morts et anormaux.

3. — Champs semenciers et champs de multiplication.

Champs semenciers.

Lorsqu'a commencé la création du bloc d'amélioration, la technique de production de semences était la fécondation naturelle dirigée. Les géniteurs mâles étaient interplantés avec les géniteurs femelles. Seuls devaient être laissés libres d'émettre du pollen, et donc de féconder les arbres-mères, ceux qui étaient sélectionnés sur les caractères fortement héréditaires. La plantation des champs semenciers sur le bloc d'amélioration était justifiée par le grand nombre d'observations à réaliser pour effectuer ces choix. D'autre part, on envisageait de profiter du dispositif de plantation des champs d'introductions pour y produire des semences. Les problèmes d'isolement, en vue d'éviter les contaminations par des pollens indésirables, paraissaient solubles.

Deux cent vingt ha de champs semenciers ont ainsi été plantés sur le bloc de 1967 à 1970, dont 160 pour produire des hybrides Nain × Grand et 60 ha pour des Grand × Grand. On a anticipé sur les résultats des essais comparatifs d'hybrides, et mis en place différents types de géniteurs mâles. Mais à partir de 1975 il apparut que certains champs semenciers étaient insuffisamment isolés et 69 ha devaient être arrachés dans les années suivantes (Tabl. V).

En 1972 était intervenue la mise au point de la technique de pollinisation assistée qui permettait de planter les géniteurs mâles loin des géniteurs femelles. Il n'y avait dès lors plus aucune raison de courir le risque d'obtention d'illégitimes en rassemblant, en un même lieu, essais et champs semenciers. Les arbres-mères pouvaient être plantés sur un terrain parfaitement isolé de tout cocotier, le bloc d'amélioration se contentant d'assurer la fourniture de pollen à partir de géniteurs mâles sélectionnés.

C'est en 1976 qu'intervient la décision de transférer progressivement tous les champs semenciers de la Station, au centre d'une plantation de palmiers à huile de 4 000 ha. L'année précédente 42 ha de champs semenciers avaient encore été plantés sur le bloc,

TABLEAU V. — Bloc d'amélioration du cocotier. Les champs semenciers, nombre d'arbres-mères
(Coconut improvement block. The seed fields, number of mother-trees)

Champ semencier (Seed Field)	Types d'arbres-mères (mother-trees)						
	Nains (Dwarfs)				Grands (Talls)		
	Jaune Malais (Malayan Yellow)	Rouge Malais (Malayan Red)	Vert Brésil (Brazil Green)	Rouge Cameroun (Cameroon Red)	Ouest Africain (West African)	Mozambique	Rennell
CS 4.....					4 000		
CS 5.....	7 300	700					
CS 6.....					1 160	1 300	722
CS 7.....	2 900	750	350				
CS 9.....				3 800			
	10 200	1 450	350	3 800	5 160	1 300	722

dont 32 en remplacement des Nains Verts Malaisie illégitimes.

Dans les 5 à 6 prochaines années la totalité des arbres-mères des champs semenciers aura disparu du bloc d'amélioration et les 167 ha laissés libres pourront être utilisés pour les introductions, les essais et champs de multiplication.

Les champs de multiplication.

Dix-neuf ha de champs de multiplication ont été créés où sont plantés les descendants autofécondés des géniteurs dont l'aptitude individuelle est étudiée. Comme on l'a vu au paragraphe II.1, les arbres des descendances sélectionnées seront utilisés pour créer la population de départ d'un nouveau cycle de sélection, et comme source de pollen pour les champs semenciers. On a décidé de planter 75 à 100 descendants autofécondés de chaque géniteur si celui-ci intervient dans un croisement Nain × Grand, et 25 à 30 s'il s'agit d'un croisement Grand × Grand. Chaque descendance sélectionnée permettra de polliniser ainsi 1 500 à 2 000 arbres-mères, correspondant à 120-180 000 semences/an.

Les croisements A' × A' et B' × B' entre descendances sélectionnées ne peuvent être réalisés que lorsque celles-ci sont identifiées. Les arbres seront plantés sur les champs de multiplication et fourniront également du pollen.

IV. — PREMIERS RÉSULTATS

La climatologie des 5 dernières années a été particulièrement mauvaise, l'interprétation des résultats qui vont suivre doit en tenir compte. Il est probable que

dans des conditions de pluviométrie plus favorables les productions auraient été supérieures et auraient traduit les progrès réalisés de 1962 à 1971 dans les techniques de plantation et dans la connaissance des besoins nutritifs du cocotier.

1. — Les hybrides Nain × Grand.

L'hybride P-B 121 entre Nain Jaune Malais et Grand Ouest Africain [10] planté en 1962-63 a produit en moyenne sur 5 ans, plus de 5,7 tonnes de coprah/ha/an (Tabl. VI). Dans l'essai PB-GC 5, étudiant 10 types

TABLEAU VI. — Hybride P-B 121 (NJM × GOA), plantation 1962-63, Station Marc-Delorme
(Hybrid P-B 121 [MYD × WAT], 1962-63 planting, Marc-Delorme Station)

Age années (years)	Kg coprah/ha/an (copra/ha/year)	Cumulé (Cumul.)
4-5	260	260
5-6	2 120	2 380
6-7	3 470	5 850
7-8	3 980	9 830
8-9	4 400	14 230
9-10	5 420	19 650
10-11	5 580	25 230
Moyenne (Average)		
11-12 }	5 765	
15-16 }		

d'hybrides Nain × Grand, le P-B 121 se classe toujours en tête, mais il semble que d'autres hybrides puissent l'égaliser, en particulier le Nain Rouge Malais × Tahiti et peut-être le Nain Jaune Malais × Tahiti (Tabl. VII).

TABLEAU VII. — Productions — Essai PB-GC 5, plantation octobre 1971 sur le bloc d'amélioration
(Yields — Trial PB-GC 5, October 1971 planting on the improvement block)

Age — années (years).....	3,5-4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	6,5-7,5	Cumulé (Cumul.) 7,5	P. 100
Ouest Africain-témoin (West African-Control).....	0	3	207	1 311	1 521	100 17
Nain Jaune × Ouest Africain — P-B 121 (Yellow Dwarf × Ouest African).....	60	2 517	2 398	3 893	8 868	583 100
Nain Jaune × Tahiti (Yellow Dwarf × Tahiti).....	311	2 211	2 108	3 820	8 450	556 95
Nain Rouge Malais × Tahiti (Malayan Red Dwarf × Tahiti).....	309	2 339	2 339	4 012	8 999	592 101
Nain Rouge Malais × Rennell (Malayan Red Dwarf × Rennell).....	76	1 532	2 071	3 134	6 813	448 77
Nain Vert × Grand Malais (Green Dwarf × Malayan Tall).....	0	989	1 974	3 562	6 525	429 74

Le Nain Rouge Malais × Rennell a un excellent coprah/noix, 348 g pour la dernière campagne contre 266 g pour le P-B 121 et 303 g pour le Nain Rouge Malais × Tahiti, mais a un coprah/arbre et coprah/ha plus faibles ; le P-B 121 produit 30 p. 100 de plus en cumulé après 4 ans de récolte.

L'hybride le moins productif est actuellement le Nain Vert × Grand Malais.

Ces résultats demandent évidemment à être confirmés. On ne les considérera comme définitifs qu'à la fin de la 13^e année, c'est-à-dire après 5 campagnes supplémentaires.

Les NRM × Tahiti et NJM × Tahiti sont manifestement hétérogènes (étude en cours), ils ont donc probablement de bonnes possibilités d'amélioration par l'étude de l'aptitude à la combinaison des individus Tahiti.

L'essai P-B GC 11 vient d'entrer en production. On dispose d'une année de récolte en nombre de noix (Tabl. VIII), le coprah/noix est estimé à partir de 2 analyses effectuées en 1979. On a aussi estimé la production 1979-1980 par comptage des fruits âgés de plus de 3 mois. Deux hybrides, le NRC × GOA et le NRC × GRL, se distinguent par un niveau de production particulièrement élevé ; à la fin de la 6^e année, ils ont tous deux produit, en cumulé, plus de 6 t de coprah/ha, contre 2,5 à 3,5 t pour le P-B 121 au même âge. On enregistre sur ces arbres des chutes de fruits immatures, en effet les régimes sont extrêmement lourds et s'arrachent parfois. Mais ceci est un défaut du jeune âge. Ces résultats demandent à être confirmés mais ils sont suffisamment prometteurs pour que l'on envisage dès maintenant de planter des champs semenciers d'arbres-mères Nain Rouge Cameroun.

TABLEAU VIII. — Production PB-GC 11. Plantation 1974, bloc d'amélioration
(PB-GC 11 yield, 1974 planting, improvement block)

Nombre de noix (No. of nuts)	Ouest Africain (West African)	Nain rouge Cameroun (Cameroon Red Dwarf)	
		× Ouest Africain (West African)	× Rennell
4-5	0,5	84,8	89,3
5-6	?	117 (1)	100 (1)
Coprah/noix (copra/nut) — g —	220	230 (1)	240 (1)
Coprah/ha (copra/ha) — kg —			
4-5	15	2 633	2 772
5-6	?	3 630	3 240
		6 263 (1)	6 012 (1)

(1) Estimations.

2. — Les hybrides Grand × Grand.

Certains hybrides Grand × Grand peuvent se révéler aussi précoces et productifs que les Nain × Grand. Dans l'essai PB-GC 3 (Tabl. IX) le croisement Ouest

TABLEAU X. — Production PB-GC 2.2.
Plantation octobre 1970, bloc d'amélioration
(PB-GC 2.2 yield, October 1970 planting, improvement block)

Age années (years)	Kg coprah/ha (copra/ha)		
	Témoin Ouest Africain (West African control)	Une des meilleures descendances - objet 19 (one of the best progenies - treatment 19)	Une des moins bonnes descendances - objet 25 (one of the poorest progenies - treatment 25)
7-8	685	2 219	673
8-9	748	2 308	814

Ouest Africain a produit à 9 ans 25 p. 100 de sa production dans PB-GC 3 au même âge. Mais ce qui est remarquable ce sont les différences observées entre objets, c'est-à-dire entre descendances d'individus Tahiti ; l'objet 19 a produit 4,5 tonnes en 2 ans contre 1,5 t pour l'objet 25 ; or, les 2 géniteurs Tahiti ont des performances très voisines :

	Régimes/ an	Noix/ an	Kg coprah/ arbre/an
Pour l'objet 19, géniteur P-B 1268	9	94	20,1
Pour l'objet 25, géniteur P-B 1274	11	95	20,2

TABLEAU IX. — Production PB-GC 3.
Plantation 1969 et 1970,
bloc d'amélioration
(PB-GC 3 yield, 1969, 1970 planting,
improvement block)

Age années (years)	Kg coprah/ha (copra/ha)	
	Ouest Africain (West African)	Ouest Africain × Rennell (West African × Rennell)
4-5	96	303
5-6	814	2 335
6-7	1 596	4 060
7-8	1 821	3 751
8-9	1 986	3 912

Africain × Rennell a produit 14,3 t de coprah/ha à la fin de la 9^e année, soit l'équivalent du P-B 121 et 2,27 fois plus que le témoin Ouest Africain. Ces résultats et l'hétérogénéité de cet hybride justifient l'étude qui a débuté en 1978 sur les aptitudes à la combinaison, avec le GOA, d'individus Rennell.

3. — Etude des aptitudes des individus à la combinaison.

Les productions de l'essai PB-GC 2 qui étudie les aptitudes à la combinaison, avec le GOA, d'individus Tahiti ne sont pas très élevées (Tabl. X). Le témoin

TABLEAU XI. — Bloc d'amélioration du cocotier. Caractéristiques de la noix
(Coconut improvement block. Nut characteristics)

Variété (Variety)	Nombres d'arbres observés (No. of trees observed)	Durée des observations (année) (Length of observations — year)	Poids/noix (Weight/nut) — g —					Huile (Oil)	Q	MS (DM) p. 100	HS (oil dry) p. 100
			Bourre (Husk)	Coque (Shell)	Eau (Water)	Albumen	Coprah (Copra)				
Rotuma	41	1	492	220	254	490	288	188	24,1	52,2	66,3
	CV		20	20	35	20	19	18	10	4	2
Nlle Hébrides (New Heb.)	53	1	261	142	142	300	182	119	26,1	57,3	69,6
	CV		22	21	36	21	19	8	4	2	2
Tonga	50	1	385	195	203	426	253	166	25,3	56,1	70,1
	CV		21	18	33	19	16	10	6	2	2
Rennell	100	1	472	252	383	565	302	193	23,6	50,4	68,0
	CV		23	15	21	13	13	10	5	2	2
Salomon (Solomon)	99	1	390	163	160	339	197	129	22,5	54,7	69,6
	CV		21	17	27	15	15	10	5	2	2
Ouest Africain — pour comparaison (West African — for compa- rison)	152	1	483	162	94	302	180	122	19,5	57	71,5
	CV		19	11	28	10	11	11	4	2	2
Tonga arbre (tree) N° 101 14 01 observé 1 an (observed 1 year)			306	184	331	494	297	200	30	56,5	71,9

Ceci tend à prouver le rôle important que peuvent jouer les aptitudes individuelles à la combinaison chez le cocotier et constitue un début de preuve de l'intérêt du schéma de sélection retenue par l'I. R. H. O.

Beaucoup d'autres informations ont été acquises sur le bloc d'amélioration en particulier sur les caractéristiques des populations introduites ; il serait trop long de les décrire ici. On trouvera dans le tableau XI quelques valeurs ainsi que leurs coefficients de variations. Soulignons cependant les caractères remarquables du cocotier de Tonga, sa teneur en huile, sa teneur en matière sèche et son rendement, coprah/fruit sans eau. Dans la population Tonga du bloc d'amélioration on relève des individus ayant des fruits très bien

constitués, ainsi celui donné à titre d'exemple dans le tableau I.

V. — CONCLUSION

Le bloc d'amélioration du cocotier de Côte-d'Ivoire représente le plus grand effort de recherche sur la sélection du cocotier réalisé dans le monde. Douze ans après sa création les premiers résultats laissent entrevoir de grandes possibilités d'augmentation des rendements. Cette réalisation devrait faire considérablement progresser les connaissances sur la génétique du cocotier et ouvrir la voie à de nombreuses recherches ultérieures, sources de nouveaux progrès.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] FRÉMOND Y. et NUCÉ de LAMOTHE M. de (1971). — Le bloc d'amélioration du cocotier de Port-Bouët (Français-Anglais). *Oléagineux*, 26, p. 71-82.
- [2] FRÉMOND Y. et NUCÉ de LAMOTHE M. de (1971). — Caractéristiques et production du cocotier hybride-Nam Jaune Malaisie × Grand Ouest Africain. *Oléagineux*, 26, p. 459-464.
- [3] NUCÉ de LAMOTHE M. de et ROGNON F. (1975). — L'hybride Port-Bouët 121. Nouveaux résultats (Français-Anglais). *Oléagineux*, 30, p. 457-463.
- [4] GASCON J.-P. et NUCÉ de LAMOTHE M. de (1976). — Amélioration du cocotier. Méthode et suggestions pour une coopération internationale (Français-Anglais). *Oléagineux*, 31, p. 479-482.
- [5] COMSTOCK R. E., ROBINSON H. F. and HARVEY P. H. (1949). — A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. *Agron. J.*, 41, p. 360-367.
- [6] NUCÉ de LAMOTHE M. de, WUIDART W., ROGNON F. et SANGARÉ A. (1979). — La fécondation artificielle du cocotier, 5^e Session du Groupe de Travail FAO sur la production, la protection et le traitement de la noix de coco, 3-8 décembre 1979, Manille, Philippines.
- [7] WUIDART W. et ROGNON F. (1978). — L'analyse des composantes de la noix du cocotier. Méthode de détermination du coprah (Français-Anglais). *Oléagineux*, 33, p. 225-233.
- [8] WUIDART W. et ROGNON F. (1979). — La production de semences. 5^e Session du Groupe de Travail FAO sur la production, la protection et le traitement de la noix de coco, 3-8 décembre 1979, Manille, Philippines.
- [9] MARSHALL D. R. et BROWN A. H. D. (1978). — Définition d'une stratégie d'échantillonnage optimum pour la conservation génétique. *Conférence technique de la FAO sur les ressources génétiques végétales*, Rome.
- [10] SANGARÉ A. et ROGNON F. (1980). — Production de l'hybride Port-Bouët 121. 5^e Session du Groupe de Travail FAO sur la production, la protection et le traitement de la noix de coco, 3-8 décembre 1979, Manille (Philippines), et *Oléagineux*, 35, N° 2, p. 79-83.

SUMMARY

Review of 12 years of genetic research on the coconut in the Ivory Coast.

M. de NUCÉ de LAMOTHE, W. WUIDART and F. ROGNON, *Oléagineux*, 1980, 35, N° 3, p. 131-144.

The Ivory Coast coconut improvement block represents the largest coconut breeding research effort in the world. Begun in 1967, the block covers 442 ha of which 61 are introductions, 176 are genetic trials, 167 seed fields, 19 multiplication fields and 19 used for various trials. The collection includes 37 origins, each of which is represented by at least 70 individuals, and often by several hundred; 66 hybrids between origins and 225 progenies of individuals are tested in comparative trials using statistical designs. The seed fields are exploited by assisted pollination but to ensure isolation, all the mother-trees will gradually be transferred to an oil palm plantation; only the male parents will still be selected on the block. The preliminary results of comparative trials have shown the value of certain D × T crosses. The MRD × Tahiti produces as much as P-B 121, which is now the most-used hybrid in the world, but, due to its heterogeneity the former has better prospects for improvement. The CRD × WA and CRD × Rennell have yielded cumulatively at 6 years more than 6 t copra/ha as compared to 4 t at the same age for P-B 121. Trials of individual combining abilities have already shown considerable differences between progenies. These results are most interesting as they prove the value of the method chosen by the I. R. H. O., and give hope for great increases in yields.

RESUMEN

Primer balance de 12 años de investigaciones genéticas sobre el cocotero en Costa de Marfil.

M. de NUCÉ de LAMOTHE, W. WUIDART y F. ROGNON, *Oléagineux*, 1980, 35, N° 3, p. 131-144.

El bloque de mejora del cocotero de Costa de Marfil representa el mayor esfuerzo de investigación sobre la selección del cocotero en el mundo. La plantación de éste comenzó en 1967, cubriendo el bloque 442 ha, entre las cuales 61 ha de introducciones, 176 ha de pruebas genéticas, 167 ha de campos semilleros, 19 ha de campos de multiplicación y 19 ha de pruebas varias. La colección consta de 37 cepas, cada una de las cuales comprende por lo menos 70 individuos y muchas veces varios centenares. Se somete a pruebas en ensayos de comparación que utilizan dispositivos estadísticos, a 66 híbridos entre cepas, y 225 descendencias de individuos. Los campos semilleros son explotados por polinización asistida, pero por motivos de aislamiento todos los genitores femeninos serán poco a poco traspasados a una plantación de palma aceitera, y sólo seguirán seleccionados en el bloque los genitores masculinos. Los primeros resultados de pruebas de comparación demuestran el interés de algunos cruzamientos Enano × Grande. El Enano Rojo de Malasia × Tahiti produce tanto como el P-B 121 que es ahora el híbrido más usado en el mundo, pero debido a su heterogeneidad, las perspectivas de mejora de aquél son mejores que las del P-B 121. La producción acumulada a los 6 años de los híbridos Enano Rojo Camerún × Oeste Africano y Enano Rojo Camerún × Rennell, supera las 6 t de copra/ha, cuando en la misma edad la del P-B 121 es menor de 4 toneladas. Desde ahora los ensayos de aptitud combinatoria de los individuos evidencian diferencias cuantiosas entre las descendencias. Estos resultados son de mucho interés porque establecen el valor del método elegido por el I. R. H. O., y permiten esperar importantes incrementos de rendimiento.

Review of 12 years of genetic research on coconut in the Ivory Coast (1)

M. de NUCÉ de LAMOTHE (2), W. WUIDART (3) and F. ROGNON (3)

In an article which appeared in *Oléagineux* in 1971, Fremont and de Nuce de Lamothe [1] explained the aim and the programme for the Port-Bouet coconut improvement block. Eight year later, it seems useful to review what has been achieved as well as the first results.

I. — INTRODUCTION

The Marc Delorme coconut station at Port Bouet was created in 1952. The first breeding work dealt with the study of local coconuts and with planting some exotic varieties. This made it possible to obtain a remarkable hybrid [2, 3], now used in most of the large-scale producer countries: P-B 121 or Malayan Yellow Dwarf × West African Tall (MYD × WAT). But it became rather quickly apparent that exploiting these results and ensuring further progress depended entirely on the Station's capacity to increase its seed production potential, to increase the genetic variability of the planting material collection, and to test very numerous hybrid combinations while using methods and techniques valid from a genetic and statistical standpoint.

In 1966, the Ivory Coast government made available to the Station the finance, materials and personnel required to extend breeding activities. The coconut improvement block, which was to cover 500 ha, was begun in 1967, with the following aims:

— increase variability within the planting material collection by introducing new exotic varieties,

— study the value of very numerous hybrid combinations and try to improve the most productive ones,

— multiply the parents and produce seeds needed to accomplish coconut development programmes in the Ivory Coast and Africa,

— lastly, advance knowledge on coconut genetic and most particularly, on inheritability of characters.

Before reviewing what has been accomplished since the plantations were started 12 years ago, as well as the first results, the breeding method and techniques chosen by the I. R. H. O. should be recalled.

II. — I. R. H. O. BREEDING METHOD AND TECHNIQUES

1. — The method.

The coconut breeding method chosen by the I. R. H. O. [1, 4] is based on research for combining abilities between individuals or origins, and phenotypical choices for inheritable characteristics. It is well suited to the plant, to the length of its unproductive phase, to its mode of reproduction and low propagation rate.

In theory, breeding is carried out in the following steps:

a) *Prospections and introductions.*

Their aim is to increase genetic variability in order to make available to the breeder a stock of genes which he can select according to his aims.

Introductions are of 2 types: pollen and nuts. Pollen enables hybrids to be obtained immediately; their value is tested and one generation is gained; nuts give parents which can be used in succeeding programmes.

(1) Communication presented to 5th Session of the F. A. O. Technical Working Party on Coconut Production, Protection and Processing, 3-8 dec. 1979, Manila (Philippines).

(2) Director of the Coconut Breeding Department of the I. R. H. O. Marc-Delorme Station, 07 B. P. 13 Abidjan 07 (Ivory Coast).

(3) I. R. H. O. Plant Breeding Service, Marc-Delorme Station (Ivory Coast).

b) Combining abilities between origins and varieties.

This stage involves seeking through comparative trials, the origins and varieties which combine best. Preference is given to testing crosses between origins which are clearly differentiated by phenotype and if possible by genotype.

In each origin, the choice of trees takes inheritable characters (notably albumen/fruit less water) into account.

When the trial results are known, the best hybrids are reproduced in seed fields.

Figure 1 is a diagram of the type of the cross, and indicates how seed production operates

c) Individual combining abilities.

Improving the best hybrids between origins is the next step in breeding. For each one (A × B) a method is used derived from recurrent reciprocal selection developed by Comstock *et al.* [5] on corn.

Trees of origin A are crossed with a sample of trees from origin B and trees from origin B with a sample of trees from origin A. The crossed trees are chosen in function of character inheritability. The hybrids obtained are planted in comparative trials (Fig. 2). As soon as possible the trees of origins A and B are selfed, and give A' and B' progenies. When the results of the comparative hybrid trials are known, those individuals from the selfed A' and B' progenies which best combine with the other origin are chosen; the aim is both to constitute populations to start a new breeding cycle by crossing A' and B' progenies and to produce the pollen and parents needed for new seed fields. The role of selfing is simply to multiply selected individuals.

As in all recurrent selection, there is a stage of choices where effects cumulate, and a « mixing » phase. During the first breeding stages, the genetics pools are rather wide, it is mainly general combining abilities which are involved; then, as the genetic pools narrow, the combinations become more specific.

When one of the 2 parents of the hybrid is an autogamous or fairly homogeneous variety, the breeding plan is simplified.

One does not generally wait for complete results of the combining ability tests between origins to begin the first A × B hybrid improvement cycle; crosses are started as soon as good estimates of the hybrid's value can be made.

2. — Techniques.

The techniques used condition the value of the results obtained. Without going into details of the I. R. H. O.'s techniques, the importance of the following must be stressed:

— artificial pollination. — The most important point is legitimacy of crosses. This requires good knowledge of the plant (see paper on artificial pollination [6]);

— planting designs. — They must allow statistical study of the results and show up differences between crosses, even small ones;

— the observations. — Regular harvesting and good sampling [7] are indispensable to observe fruit characteristics including dry copra;

— interpreting the results. — Only a computer allows complete exploitation of a large volume of observation results;

— seed production. — Legitimacy here again is the main point, but great interest is paid also to flexibility of exploitation, i.e. the possible of changing from producing one type of hybrid to another and better one (see seed production paper [8]).

III. — THE COCONUT IMPROVEMENT BLOCK

The Marc-Delorme Station coconut improvement block is implanted on the off-shore bar 20 km East of Abidjan, 6 km from the sea. The soil is sandy and poor in exchangeable bases. The natural cover was secondary forest, cut by wide swathes of food crops: manioc, igname, maize. Rainfall is less than that recorded at the main Station. Annual water deficit has never been less than 300 mm since 1971; in 1973, 1975, 1976 and 1977, it was over 600 mm.

The planting started in 1967. Table I summarises surfaces per year and per planting type. The block today is made up of 442 planted ha including:

- 61 ha of introductions,
- 176 ha of genetic trials,
- 167 ha of seed field,
- 19 ha of multiplication field,
- 19 ha of various trials.

100 ha of seed field were, in the cause of isolation and legitimacy, uprooted, of which more below.

1. — Planting material collection.

Table II gives the list of coconut planting material collected in the block. The **introduction**, whose seeds were imported from abroad, should be distinguished from **created** materials or **lines** whose seeds were produced on the Station in local populations (West Africans for example) or exotic ones (Malaysia, Niu Leka Dwarf, etc...).

In all, **37 origins or varieties** are collected here.

a) Number of trees and lay-out.

In principle, 60 to 100 individuals suffice to represent a population of allogamous plants satisfactorily [9]. All the varieties planted here, even those with a high autogamy rate, and which could thus be represented by fewer individuals, count at least 70 trees and often over 100. This is because the aim of the collection is not just to preserve planting material but also to **satisfy the breeder's requirements**:

— **To make crosses.** — The coconut's low multiplication power, the alternation of high and low yields, the constraints regarding the time and layout of planting and overlapping programmes, impose the use of numerous mother-trees. It is thus useful to dispose of 500 to 600 mother-trees for studies of individual combining abilities.

— **To produce seeds.** — The number of male and female parents then depends on seed requirements; one mother-tree for 80 to 90 seeds/year, one male parent for 1 600 to 5 000 seeds/year according to the length of the mother-trees' female phase.

The planting lay-out has varied somewhat over the years, but it has always been in rows and included one West African control for the Talls, and one MYD for the Dwarfs. The Talls are planted 143 trees/ha (9 m triangle) and the Dwarfs at 205 (7 m 50 triangle).

b) Legitimacy.

The breeder is seldom able to control the harvesting of the nuts which he introduces, and the people who supervise it are not always competent. There are thus risks of poor sampling, leading to imperfect representation of the populations and sometimes to illegitimacy.

The collection assembled on the coconut planting block is not completely free from this sort of defect; thus the Green Dwarfs imported from Malaysia in 1968 had to be eliminated as all turned out to be hybrids. But thanks to its worldwide network of stations and research workers, the I. R. H. O. has been able to reduce the risk of error considerably, and it can now be said that the present collection amply satisfies the criteria of legitimacy and representativity.

c) Variability.

There are very few comparative studies of coconut varieties and surveys have often been limited to endorsing more or less valid distinctions made by the planters themselves. Under such conditions, it was difficult to choose populations interesting for the breeder and sufficiently differentiated.

Thanks again to the I. R. H. O.'s network of research workers, and to assistance from various sources, these obstacles were overcome.

The improvement block's collection is remarkable for its variability. Origins from varied geographical sources have been grouped here, each having some marked characteristic. Without going into detail as to why each choice was made, it may be useful to cite some of the most interesting characters from a breeding standpoint, and to give examples from the collection:

- high copra/nut in the Malayan Tall, the Tagnanan, the Rennell;
- good fruit composition in the Tahiti, the Tagnanan, the Rennell, the Tonga;
- high number of nuts/tree in the Microlaccadive, the New Hebrides, West African and Solomon;
- pyriform nuts in the Cameroon Red Dwarf (CRD) and Rennell;
- high oil and protein content in the West African albumen;
- reduced leaf length in the Niu Leka;
- resistance to diseases — to Lethal Yellowing: Dwarfs, to New Hebrides Wilt: the New Hebrides.

Lastly, some varieties were introduced as they had shown, in other research centres, a certain combining ability, like the Panama in Jamaica, the Sri Lanka in Sri Lanka, the Laccadive in India.

d) Observations.

The various origins are planted in very similar ecological conditions, which makes comparison possible. On immature palms, observations are made on leaf emission, then on precocity of flowering, and lastly on production characters and their variability : number of bunches, number of nuts, fruit composition, oil content of copra. The number of trees to be observed and the length of the observations have already been studied [9]. Particular studies are sometimes made, on the leaf system or bunch shape for example.

2. — Trials.

Tables III and IV give planting dates and types of hybrids tested in comparative trials : 66 hybrids between origins including 38 Dwarf \times Tall (D \times T) and 22 Tall \times Tall (T \times T), and 225 progenies of individuals.

a) Numbers and designs.

With slight variations to take into account the number of plants available at time of planting, and conditions on the terrain, the comparative hybrid trials between origins include 144 plants/hybrids in groups of 5, or more often 6 replications (1). The design is generally in complete of « Fisher » blocks, or incomplete balanced blocks when there are too many treatments (PB-GC 5).

Individual combining ability trials are planted in lattice squares. The first were 5 \times 5 comparing 24 progenies with one control : at present, for practical reason — reducing length of time required for crosses — the 4 \times 4 design with 5 replications is used for 15 individuals tested, and 12 trees per elementary plot, i.e. 5 \times 12 = 60 trees per progeny.

Until 1976 in all comparative hybrid trials, the control was WAT (artificial pollination) ; since 1977, the control has been P-B 121 obtained by artificial pollination of MYD coconuts with WAT pollen.

The planting density originally chosen was 143 trees/ha (9 m triangle) ; at present, more account is taken of the relative growth of trees and hybrids between Tall as planted at 143 trees/ha, D \times T hybrids at 160 trees/ha (8,50 m in triangle) and Dwarf hybrids at 205 trees/ha (7,50 m triangle).

b) Cross studies.

Apart from special studies (character heritability, tests on hybrids used abroad etc.) and where no information is available on the general combining abilities of the origins, an attempt is made to cross those which are, if possible, unrelated, and have complementary characters. For example, the Sri Lanka Green Dwarf which produces very numerous small nuts, was crossed with varieties having large nuts from other countries : Rennell, Tahiti, Malaysia ; but also with the Sri Lanka Tall as this cross was studied at Sri Lanka, and with the WAT, whose good general combining ability is known. Geographical distance and isolation of populations are considered the surest guarantees against any consanguinity until the study of enzymatic variability by electrophoresis can be applied to the coconut.

The search for individual combining abilities should be begun only once the value of the cross to be improved, as well as the variability of its characters are known. In practice, to gain a few years, the first improvement cycle is begun before complete results on the hybrid are known. Thus, trials can be made which later turn out to be of little interest (this is probably the case for GC 2-1 Local \times Mozambique) ; but there is a good chance of making faster progress, and, in the case of coconut research, time is the main limiting factor.

c) Legitimacy.

Before the artificial pollination technique had been perfected, in spite of great care and checking, some illegitimates due to accidental selfing often appeared in Dwarf crosses. But these could nearly always be detected and eliminated in the nursery. Thus, the legitimacy of trees planted, even when the block was started, can be considered good. On the other hand, in the initial years, the culling in the nursery on the appearance of the plants was unfortunately not strict enough, and trees were planted which would have been rejected by a good commercial plantation.

d) Observations.

In all trials, the number of bunches and of nuts are observed on each tree individually ; the husk, the shell, water,

fresh albumen, dry albumen and oil content, are observed on samples [7].

Following statistical study, copra/ha is calculated by multiplying average copra/tree by 135 or 152 according to whether the density is 143 or 160 trees/ha ; this is done to simulate conditions on a commercial plantation which always contains some dead trees and runts.

3. — Seed fields and multiplication fields.

Seed fields.

When the improvement block was begun, the seed production technique was directed natural pollination. The male parents were interplanted with females. Only trees selected for strongly heritable characters were allowed to emit pollen freely and thus fertilise mother-trees. Planting seed fields on the improvement block was justified by the numerous observations needed to make the selection. Furthermore, the plan was to take advantage of the planting lay-out of the introduction fields to produce seeds. It seemed possible to solve the isolation problems and thus avoid contamination by undesirable pollen.

220 ha of seed fields were thus planted on the block from 1967 to 1970, 160 to produce D \times T and 60 for T \times T. Before the comparative hybrid trial results were known, the decision was made to plant various types of male parent — Table V. From 1975 on, however, it appeared that certain seed fields were insufficiently isolated and 69 ha had to be felled in the following years.

In 1972, the assisted pollination technique was perfected, and male parents could be planted at some distance from the females. There was no longer any reason to run the risk of obtaining illegitimates by grouping in the same place both trials and seed fields. The mother-trees could be planted on land perfectly isolated from all other coconuts, and the improvement block assuring its pollen supply from selected male parents.

In 1976, the decision was made to gradually move all the Station's seed field to the centre of a 4 000 ha oil palm plantation. In 1975, 42 ha of seed fields had been planted on the block, 32 of which were replacements for illegitimate Malayan Green Dwarfs (MGD).

Over the next 5 to 6 years, all the seed fields' mother trees will be removed from the improvement block and the available 167 ha will be used for introductions, trials and multiplication fields.

Multiplication fields.

19 ha of multiplication fields were created, where selfed descendants of the parents whose individual ability is studied are planted. As stated in Paragraph II. 1, the trees of selected progenies will be used to create the initial population for a new breeding cycle, and as a source of pollen for the seed fields. It was decided to plant 75 to 100 selfed progenies from each parent if the latter intervenes in a D \times T cross, and 2 to 30 if it is a T \times T cross. Each selected progeny will thus pollinise 1 500 to 2 000 trees corresponding to 120 000 to 180 000 seeds/year.

The A' \times A' and B' \times B' crosses, between selected progenies, can only be done when the latter are identified. The trees will be planted on multiplication fields and will also supply pollen

IV. — FIRST RESULTS

The weather over the last 5 years has been unusually bad ; this should be taken into account when interpreting the results below. It is probable that under more favourable rainfall conditions, the yields would have been higher and would have reflected the progress made from 1962 to 1971 in planting techniques and knowledge of the coconut's nutrient needs.

1. — Dwarf \times Tall hybrids.

The P-B 121 MYD \times WAT hybrid [10] planted in 1962-1963 has produced an average of more than 5.7 tons copra/ha/year over 5 years (Table VI). In the PB-GC 5 trial, which studied 10 types of D \times T hybrid, PB 121 always led the field, but other hybrids promise to do as well, notably MRD \times Tahiti and possibly MYD \times Tahiti (Table VII).

MRD \times Rennell has an excellent copra/nut, 448 g for the last campaign as opposed to 266 g for P-B 121 and 303 g for MRD \times Tahiti, but a lower copra/tree and copra/ha ; PB 121 produces 30 p. 100 more cumulatively after 4 harvesting years.

(1) PB-GC 3 is an exception as it has 300 plants in 10 replications.

The least productive hybrid at present is Green Dwarf \times Malayan Tall.

These results must of course be confirmed. Only after the 13th year, i.e. after 5 additional campaigns, can they be considered.

The MRD \times Tahiti, and MYD \times Tahiti are evidently heterogeneous (study in progress); consequently, there is probably a good chance of improving them, by studying Tahiti individuals' combining ability.

The PB-GC 11 trial has just started bearing. The number of nuts for one harvesting year is available (Table VIII); the copra/nut is estimated on the basis of 2 analyses made in 1979. The 1979-1980 production has been estimated by counting fruits over 3 months old. The hybrids CRD \times WAT and CRD \times GRLT are distinguished by a particularly high yield by the end of the 6th year, they had both produced, cumulatively, more than 6 tons/copra/ha against 2.5 to 3.5 tons for PB 121 at the same age. Immature fruit sometimes drops from these trees, as the bunches are very heavy and sometimes break off. But this is a juvenile defect. The results must be confirmed, but are sufficiently promising for CRD seed fields of mother-trees to be schedule for planting now.

2. — Tall \times Tall hybrids.

Some T \times T hybrids are both as precocious and productive as D \times T. In the PB-GC 3 trial (Table IX), the WA \times Rennell cross had produced 14.3 tons copra/ha by the end of the 9th year, i.e. the same as PB 121 and 2.27 times more than the WA control. These results and the heterogeneity of this hybrid, justify the study which began in 1978 on individual combining ability between Rennell and WAT.

3. — Study of individual combining abilities.

The PB-GC 2 trial, studying Tahiti individual combining ability with WAT, has not given very high yields (Table X). The WA control at 9 years produced 25 p. 100 of its production in PB-GC 3 at the same age. But it is the differences between treatments which are remarkable, i.e. between progenies

of Tahiti individuals; the treatment 19 produces 4.5 tons in 2 years as against 1.5 t for treatment 25.

The two Tahiti parents have very similar performances:

	Bunches/ year	Nuts/ year	Kg copra/ tree/year
for treatment 19, parent PB 1268	9	94	20.1
for treatment 25, parent PB 1274	11	95	20.2

This tends to prove the important role which individual combining abilities can play in the coconut, and is initial proof of the value of the I. R. H. O.'s choice of breeding plan.

A good deal of other information has been acquired on the improvement block, notably on the characteristics of the populations introduced; it would take too long to describe them here. Table XI gives some values as well as their coefficients of variation. The remarkable characteristics of the Tonga coconut should, however, be stressed at this point, including its oil content, its dry matter content, its yield, its copra/fruit less water.

In the improvement block's Tonga population, there are individuals with very well composed fruit, such as the example cited in Table I.

CONCLUSION

The Ivory Coast coconut improvement block represents the largest research effort on coconut breeding in the whole world. The first results, 12 years after its creation, indicate excellent yield improvement potential. This achievement should considerably advance knowledge of coconut genetics, and open the way to further research and thus, to further advances.



Dans l'industrie

Une machine pour la préparation des fibres de noix de coco à partir des bourres.

Cette machine, mise au point par la firme Maschinenfabrik A. H. Meyer, en Allemagne Fédérale, est destinée à extraire les fibres des bourres de noix de coco, suivant des principes qui préservent leur qualité. D'une puissance d'environ 80 kW, son prix est de 158 000 D. M. FOB Brême, convoyeur d'alimentation inclus. Sa capacité est de 1 250 kg de bourres à l'heure, qui donnent environ 400 kg/h de fibres sèches.

Pour tous renseignements, s'adresser à A. H. Meyer, Postfach 1164, 2832 Twistringen, Bez. Bremen (R. F. A.).

