

Une stratégie de sélection du cocotier *Cocos nucifera* L.

I. Synthèse des acquis

R. BOURDEIX, Y. P. N'CHO, J. P. LESAIN, A. SANGARE

Résumé. — Cet article présente une synthèse des données susceptibles d'orienter le choix d'une stratégie d'amélioration génétique du cocotier : organisation génétique de l'espèce, objectifs de sélection et matériel vulgarisé, analyse du comportement génétique. Les conclusions auxquelles nous aboutissons sont les suivantes : 1) l'amélioration du cocotier doit se scinder en programmes qui, si leur finalité est la même (création d'hybrides performants), viseront des objectifs à court terme différents. En particulier il faut poursuivre l'amélioration des trois types hybrides Nain × Grand, Grand × Grand et Nain × Nain, et anticiper sur la mise au point de la technique de multiplication végétative *in vitro* qui permettra à terme la vulgarisation de clones. 2) L'une des priorités de l'amélioration reste la collecte, l'étude et l'évaluation d'un grand nombre d'écotypes. 3) Les mêmes écotypes ont tendance à bien se comporter en hybridation ; il est donc possible d'évaluer l'aptitude à la combinaison d'un écotype en le croisant avec un nombre limité de testeurs. 4) Certains géniteurs issus d'écotypes performants se comportent particulièrement bien en croisement avec divers Nains comme avec le Grand Ouest Africain. Ces géniteurs sélectionnés, fruits de trente ans de recherches, devraient jouer un rôle prépondérant dans la poursuite de l'amélioration génétique du cocotier.

Mots clés: cocotier, amélioration génétique, écotypes, hybride, aptitude à la combinaison.

INTRODUCTION

L'amélioration génétique du cocotier est récente, et a été ralentie par de fortes contraintes techniques : longue phase improductive, faible coefficient de multiplication, encombrement, absence de propagation végétative. Tout programme d'amélioration du cocotier nécessite des surfaces et des délais très importants : un essai génétique de taille moyenne occupe une surface de huit hectares pour une durée minimale de douze ans. Le choix d'une stratégie de sélection est donc déterminant et conditionne dès le départ le succès de dix à vingt ans de recherches (Meunier *et al.*, 1984).

Divers travaux, réalisés essentiellement depuis 1950, ont permis de réunir un ensemble de données sur la variabilité de l'espèce et son comportement génétique. Si, d'un point de vue fondamental, l'analyse de ces résultats génère plus d'interrogations que de certitudes, en pratique les données récentes sont suffisantes pour formaliser une stratégie d'amélioration génétique.

Cet article présente une brève synthèse des éléments susceptibles d'orienter les stratégies d'amélioration.

APPROCHE DE L'ORGANISATION GÉNÉTIQUE DE L'ESPÈCE

C'est probablement au niveau de la structure génétique et de la variabilité de l'espèce que les connaissances sont les plus limitées.

La dissémination du cocotier est due à la flottaison des noix au gré des courants marins et, plus tardivement, aux voyages et migrations humaines. L'histoire de la diversification du cocotier est une suite d'effets fondateurs qui ont induit de fortes dérives génétiques. La sélection humaine a aussi joué un rôle qu'il est difficile de quantifier. A l'heure actuelle il n'existe plus de peuplements spontanés. On ignore la localisation précise du centre d'origine de l'espèce : à partir du Pacifique ou de l'Extrême-Orient, le cocotier s'est disséminé dans l'Océan Indien et jusqu'en Afrique. Sa présence en Amérique latine est due à une double introduction par l'est et l'ouest (Harries, 1978).

Il existe deux types de cocotiers, les Nains et les Grands. La cocoteraie mondiale contient moins de 5 % d'écotypes

Nains mais ces derniers sont présents dans toute la zone intertropicale. L'origine et le déterminisme génétique du nanisme sont inconnus. Outre leur faible croissance en hauteur, la plupart des écotypes Nains montrent un ensemble de caractéristiques communes : autogamie préférentielle (les Grands sont allogames), précocité, nombre élevé de régimes par an. Grâce à ces caractéristiques, les Nains jouent un rôle important dans les programmes d'amélioration.

On observe, chez le cocotier, une diversité morphologique spectaculaire qui s'exprime essentiellement au niveau du fruit, par la couleur, la taille et la forme. Cette diversité contraste avec un très faible polymorphisme enzymatique mis en évidence par électrophorèse (Benoit et Ghesquière, 1984).

L'analyse des polyphénols foliaires (Jay *et al.*, 1988) fournit des images de la variabilité qui se superposent aux origines géographiques. Elle constitue un progrès décisif, dans la mesure où de nombreux écotypes résultent d'une suite complexe d'introductions successives : si cette méthode ne fournit pas un prédicteur fiable de l'hétérosis, elle permettra au moins d'identifier des apparentements entre écotypes issus de diverses origines. Enfin cette méthode a révélé une partition des Nains en deux groupes, l'un originaire du Pacifique, l'autre d'Extrême-Orient.

Ces diverses données sur la structure génétique de l'espèce incitent à penser que les écotypes étudiés jusqu'à présent ne représentent probablement qu'une part de la variabilité existante. L'une des priorités de l'amélioration reste la collecte, l'étude et l'évaluation d'un grand nombre d'écotypes.

OBJECTIFS DE SÉLECTION ET MATÉRIEL VULGARISÉ

1. — Les objectifs de sélection.

Il n'existe pas d'idéotype intégrant l'ensemble des utilisations du cocotier, qui sont nombreuses et extrêmement variées.

Dans cet article, on considérera : l'augmentation du rendement, classiquement exprimé en coprah ⁽¹⁾ par hectare, comme l'objectif prioritaire. D'autres facteurs seront cependant pris en compte :

- d'importants problèmes phytopathologiques incitent à rechercher des résistances génétiques,
- une production précoce permet l'amortissement rapide de l'investissement réalisé lors de la plantation,
- enfin l'adaptation du cocotier à la sécheresse et à une faible humidité atmosphérique permettrait d'étendre l'aire de culture de la plante.

La taille des noix ne constitue pas un critère déterminant. Pour les utilisations unitaires (noix à boire, exportation comme fruit) on préfère, pour des raisons commerciales, des noix de taille moyenne : les gros fruits, plus fragiles, sont cependant traditionnellement appréciés dans certaines régions d'Asie et du Pacifique.

2. — Type de matériel vulgarisé.

Les résultats obtenus montrent clairement que le type de matériel le plus efficace à l'heure actuelle est l'hybride que nous définirons (dans son sens le plus large) comme le croisement entre deux structures génétiquement différentes (non apparentées). Par le terme « structure » on entend soit une population, soit une famille, soit un individu.

L'amélioration du cocotier, telle que nous la concevons actuellement, consiste donc en la recherche d'hybrides performants.

3. — Stratégie d'utilisation du nanisme.

Une des principales questions consiste à déterminer comment le nanisme doit être intégré dans les stratégies d'amélioration.

a) Nain × Nain, Nain × Grand ou Grand × Grand ?

La quasi-totalité des hybrides vulgarisés actuellement sont de type Nain × Grand, alors que l'on connaît des hybrides Grand × Grand au moins aussi productifs mais légèrement moins précoces. En effet, plus la proportion de Nains augmente dans l'hybride, meilleure est la précocité, et plus l'encombrement réduit permet des densités de plantations élevées ⁽²⁾.

Cependant la plupart des Nains, autogames, sont très homogènes et probablement proches de la lignée pure. Il existe des différences entre écotypes Nains mais le nanisme, à l'échelle de la cocoteraie mondiale, reste un phénomène marginal. La variabilité génétique des Nains est donc très inférieure à celle des Grands. Concevoir une méthode basée uniquement sur des hybrides Nain × Grand reviendrait à opposer deux populations dont les niveaux de variabilité sont très inégaux : cette alternative n'est — en théorie — pas optimale. Enfin, en sélectionnant sur la précocité, il doit être possible de créer des hybrides Grand × Grand aussi précoces que des Nain × Grand.

D'autre part, les premiers tests d'hybrides Nain × Nain ont montré que ces combinaisons, très homogènes, pouvaient présenter un intérêt agronomique réel (Le Saint *et al.*, 1987).

(1) Le coprah est l'albumen de la noix de coco déshydraté à 6 % d'humidité.

(2) Cependant le développement des cultures associées incite dans certains cas à ne pas privilégier la densité de plantation aux dépens de la production individuelle.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble donc prématuré de restreindre l'amélioration variétale à un type hybride unique. Tout au plus peut-on énoncer un ordre de priorité : d'abord le type Nain × Grand qui constitue l'essentiel du matériel vulgarisé jusqu'à présent ; ensuite le type Grand × Grand, qui a les potentialités les plus fortes ; enfin, le type Nain × Nain, qui donne des hybrides homogènes et très précoces, mais dont les potentialités à moyen terme sont probablement limitées.

b) Voies intermédiaires.

Il n'est pas évident qu'un schéma séparant les Nains des Grands constitue la meilleure solution. L'intercroisement d'hybrides Nain × Grand permettrait de fixer les caractéristiques favorables des Nains dans des populations à variabilité beaucoup plus large.

Les rares études de l'hérédité du nanisme n'ont pas permis de déterminer si la croissance en hauteur était contrôlée par des gènes majeurs. Cependant l'intercroisement d'hybrides Nain × Grand fournit des descendance très hétérogènes en taille. Cette hétérogénéité, si elle se maintient dans les générations successives, risque d'induire des effets de compétition qui auront un effet dépressif sur le rendement. L'utilisation de ce type de géniteur impliquerait une sélection préalable pour la croissance en hauteur. Une telle sélection fixatrice est coûteuse et retarde l'amélioration du rendement.

D'autre part, il existe une certaine complémentarité entre les Nains et les Grands. Les Nains forment un groupe à part entière qui possède des caractéristiques spécifiques et une bonne aptitude à la combinaison avec les Grands. Il faut utiliser cette complémentarité.

Ces arguments incitent à éviter les situations de ségrégation du nanisme dans le schéma d'amélioration génétique du cocotier. Remarquons cependant que cette option ne se justifie que si le matériel sélectionné continue à être vulgarisé par voie sexuée, comme c'est le cas actuellement.

c) Préparation à la sélection clonale.

La mise au point d'une technique de propagation végétative constituerait un progrès déterminant dans la mesure où, chez le cocotier, le faible coefficient de multiplication est l'un des principaux facteurs limitants. Des recherches d'une méthode via la culture *in vitro* sont actuellement en cours.

Les situations de ségrégation du nanisme (intercroisements d'hybrides Nain × Grand) se justifient pleinement dans l'optique d'une sélection clonale. En effet, on peut espérer identifier des « têtes de clones » qui auront les caractéristiques favorables des Nains (précocité, émission rapide des régimes, faible croissance en hauteur) et un excellent niveau de production.

ANALYSE DU COMPORTEMENT GÉNÉTIQUE

Nous avons analysé les essais génétiques réalisés en Côte-d'Ivoire par l'Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux.

Le schéma d'amélioration génétique du cocotier appliqué à la station M. Delorme (Côte-d'Ivoire) se décompose en trois phases :

— Constitution d'une collection regroupant de nombreux écotypes issus de diverses origines.

— Etude des combinaisons entre écotypes dans des tests comparatifs (on utilisera, par extension, le terme « hybride » pour désigner ces croisements entre deux écotypes).

TABLEAU I. — Inventaire de la collection

Région d'introduit	Code	N° introd.	Type	Population	Pays d'origine
1 Afrique	GOA2	CI1	Grand Ouest Africain	Agriculture	Côte-d'Ivoire
	GOA3	CI2	Grand Ouest Africain	J. Akabo	Côte-d'Ivoire
	GOA4	CI3	Grand Ouest Africain	Mensah	Côte-d'Ivoire
2.	GOA6	DH2	Grand Ouest Africain	Ouidah	Bénin
3.	GCA	CA1	Grand Cameroun	Kribi	Cameroun
4	NRC	CA2	Nain Rouge Cameroun		Cameroun
5.	NJG (1)	GH1	Nain Jaune Ghana		Ghana
6.	NVE (2)	GE1	Nain Vert Guinée Equat.		Guinée Equat
7.	GMZ	MZ1	Grand Mozambique	Companhia do Boror	Mozambique
8. Pacifique Sud	GPY1	PY1	Grand Polynésie	Tahiti	Polynésie
	GPY2	PY2	Grand Polynésie	Rangiroa	Polynésie
9.	NRV	PY4	Nain Rouge Polynésie	Tahiti	Polynésie
11.	GNG1	NG1	Grand Nouvelle Guinée	Kar-Kar	Papouasie
12	GNG3	NG3	Grand Nouvelle Guinée	Markham Valley	Papouasie
13.	GNG4	NG4	Grand Nouvelle Guinée	Gazeile	Papouasie
14.	NBN	NG2	Nain Brun Nlle Guinée	Madang	Papouasie
15.	GVT	VT1	Grand Vanuatu	Saraoutou	Vanuatu
16.	NNL	FJ1	Nain Niu Leka		Iles Fidji
17.	GRT	RT1	Grand Rotuma		Iles Fidji
18	GTG	TG1	Grand Tonga		Iles Tonga
19.	GRL	SN1	Grand Rennell		Iles Salomons
20.	GSN	SN2	Grand Salomons		Iles Salomons
21. Extrême-Orient	GCB2	CB2	Grand Cambodge	Tuk Sao	Cambodge
	GCB3	CB3	Grand Cambodge	Kampot	Cambodge
	GCB4	CB4	Grand Cambodge	« Kopal » Tam	Cambodge
	GCB5	CB5	Grand Cambodge	« Feu » Kompomg Trach	Cambodge
	GCB7	CB7	Grand Cambodge	Ream	Cambodge
	GCB8	CB8	Grand Cambodge	Sre Cham	Cambodge
	GCB9	CB9	Grand Cambodge	Battambang	Cambodge
	GCB10	CB10	Grand Cambodge	Koh Rong	Cambodge
	GCB11	CB11	Grand Cambodge	Ktis Battambang	Cambodge
	GCB12	CB12	Nain Vert Cambodge	Kolke	Cambodge
27.	NVC	CB12	Nain Vert Cambodge	Kolke	Cambodge
28.	GDO1	DO1	Grand Indonésie	Takome	Indonésie
29.	GDO2	DO2	Grand Indonésie	Tenga	Indonésie
30	GDO3	DO3	Grand Indonésie	Palu	Indonésie
31	NDO	DO4	Nain Brun Indonésie	Ternate	Indonésie
32	GML	ML4	Grand Malaisie		Malaisie
	NJM	ML1	Nain Jaune Malaisie		Malaisie
33	NRM	ML2	Nain Rouge Malaisie		Malaisie
34.	NVM	ML3	Nain Vert Malaisie		Malaisie
35.	GTN	PH1	Grand Philippines	Taganan	Philippines
36.	NVP2	PH2	Nain Vert Philippines	Catigan	Philippines
37.	NVP3	PH3	Nain Vert Philippines	Tacunan	Philippines
38.	GPH4	PH4	Grand Philippines	Bay-Bay	Philippines
39.	NVP5	PH5	Nain Vert Philippines	Pilipog	Philippines
40.	NVP6	PH6	Nain Vert Philippines	Kinabalan	Philippines
41.	NVP7	TH3	Nain Vert Philippines	Aromatic	Thaïlande
42.	GTH1	TH1	Grand Thaïlande	Sawi	Thaïlande
43.	NVT	TH2	Nain Vert Thaïlande		Thaïlande
44.	GTH4	TH4	Grand Thaïlande	Ko Samui	Thaïlande
45 Océan Indien	GCO	CO1	Grand Comores	Moheli	Comores
	GND2	ND2	Grand des Indes	Andaman Ordinary	Inde
	GND3	ND3	Grand des Indes	Andaman Géant	Inde
	GND5	ND5	Grand des Indes	Kappadam	Inde
	GND7	ND7	Grand des Indes	Laccadive Micro	Inde
	GND8	ND8	Grand des Indes	Laccadive Ordinary	Inde
51.	GSL	SL1	Grand Sri Lanka		Sri Lanka
52. Amérique latine	NVS	SL2	Nain Vert Sri Lanka	Pumilla	Sri Lanka
	NVB	BR1	Nain Vert Brésil		Brésil
53	GPA1	PA1	Grand Panama	Aguadulce	Panama
	GPA2	PA2	Grand Panama	Monagre	Panama

(1) Proche du Nain Jaune Malais.

(2) Proche du Nain Vert Brésil

— Amélioration séparée des hybrides les plus performants par sélection sur les aptitudes à la combinaison des individus (Nuce de Lamothe, 1970 ; Gascon *et al.*, 1976).

L'intérêt de cette méthode de sélection n'est plus à démontrer.

La première phase de tests comparatifs a mis en évidence des hybrides produisant le double de la plupart des écotypes Grands (Nuce de Lamothe et Rognon, 1986). La technique de pollinisation assistée (Nuce de Lamothe et Rognon, 1972) a facilité la vulgarisation à l'échelle mondiale des meilleurs hybrides entre écotypes.

Les résultats récents de l'amélioration des meilleurs hybrides montrent qu'un progrès génétique supplémentaire de l'ordre de 20 à 30 % est réalisé par sélection intrapopulation. Les semences améliorées de « seconde génération » seront vulgarisées d'ici deux à trois ans (Bourdeix *et al.*, 1988).

1. — Croisements entre écotypes.

Le tableau I et la figure 1 récapitulent respectivement l'ensemble des écotypes réunis en Côte-d'Ivoire et les croisements réalisés. Le progrès obtenu grâce aux hybrides entre écotypes a révélé l'intérêt de l'exploitation de la vigueur hybride chez le cocotier.

Certains essais ont des plans de croisement de type factoriel ou diallèle qui ont permis de réaliser des analyses génétiques (Meunier *et al.*, 1984) ; Bourdeix, 1989). Le nombre d'écotypes parentaux impliqués est toujours faible (jamais supérieur à neuf) et les hybrides testés sont des croisements entre populations et non entre individus.

Les analyses récentes montrent que la performance relative des différents hybrides dépend essentiellement des écoty-

pes parentaux. En particulier, certains d'entre eux (Grand Ouest Africains, Rennell, Vanuatu) semblent se comporter toujours mieux que d'autres (Grands Malaisie, Mozambique, Panama), quel que soit le partenaire.

Ce comportement « additif » n'est pas incompatible avec un fort effet d'hétérosis : en comparant le niveau de production moyen des hybrides à celui du témoin Grand Ouest Africain et des écotypes parentaux en collection, on constate qu'ils ont en moyenne une production nettement supérieure : environ 60 % pour le coprah par arbre en considérant 21 écotypes et 42 hybrides (Bourdeix, 1989).

Enfin il n'existe pas de liaison nette entre le niveau de production des écotypes parentaux (coprah/arbre) et celui des hybrides qui en résultent.

Parmi les hypothèses susceptibles de rendre compte de ces résultats, on peut mentionner la suivante : les écotypes présenteraient pour la plupart et à des degrés variables une dépression de consanguinité qui résulterait de deux facteurs :

— au niveau de l'écotype : des effets fondateurs successifs auraient induit une perte allélique,

— au niveau des individus : l'autofécondation partielle est possible chez tous les écotypes dont le mode de reproduction a été étudié (Rognon, 1976 ; Sangare *et al.*, 1978). De plus, la descendance d'un arbre est souvent plantée groupée et parfois à proximité de cet arbre, ce qui favorise les croisements entre apparentés.

Le fait que la consanguinité provoque une baisse de rendement chez les cocotiers grands a été démontré (Satyabalan *et al.*, 1960 ; Bourdeix *et al.*, 1988). L'hybridation entre écotypes créerait des individus non consanguins, donc plus producteurs. Ensuite, au sein des populations d'hybri-

TABLEAU II. — Inventaire des tests d'aptitude à la combinaison des individus

Essai	Croisement	Nain ou Grand × Grand	Poll	Obs.	Densité	Date plant.
PBGC2.1	GOA × GMZ	Ouest Africain × Mozambique	24		143	1970
PBGC2.2	GOA × GPY1	Ouest Africain × Polynésie-Taïti	24		143	1970
PBGC2.3	GOA × GPY1	Ouest Africain × Polynésie-Taïti	15		143	1970
PBGC13	GOA × GPY1	Ouest Africain × Polynésie-Taïti	24	—	143	1975-76
PBGC6	GOA × GML	Ouest Africain × Malaisie	24		143	1972
PBGC16	GOA × GRL	Ouest Africain × Rennell	15	—	143	1980
PBGC29	GOA × GRL	Ouest Africain × Rennell	15	—	143	1984
PBGC32	GOA × GVT	Ouest Africain × Vanuatu	15	—	143	1988
PBGC15	NJM × GOA	Jaune Malaisie × Ouest Africain	15	—	160	1978
PBGC26	NJM × GOA	Jaune Malaisie × Ouest Africain	15	—	160	1982
PBGC17	NJM × GPY1	Jaune Malaisie × Polynésie-Taïti	15	—	143	1977
PBGC20	NRM × GRL	Rouge Malaisie × Rennell	15	—	160	1978
PBGC23	NRM × GPY1	Rouge Malaisie × Polynésie-Taïti	15	—	160	1980
PBGC27	NRM × GPY1	Rouge Malaisie × Polynésie-Taïti	15	—	160	1982
PBGC25	NRC × GRL	Rouge Cameroun × Rennell	15	—	160	1981
PBGC28	NRC × GOA	Rouge Cameroun × Ouest Africain	15	—	160	1983
PBGC31	NRC × GOA	Rouge Cameroun × Ouest Africain	15	—	160	1986

Poll : Nombre de géniteurs mâles testés par essai

Obs. : Essai dont l'évaluation est en cours

Densité : Nombre d'arbres par hectare

Nombre de combinaisons G × G plantées : 156 (78,3 ha).

Nombre de combinaisons N × G plantées : 135 (71,2 ha).

TABLEAU III. — Classement comparé de géniteurs Grand Rennell et Grand Polynésie en croisement avec différents testeurs

Grand Rennell	PBGC 16 Croisements avec GOA		PBGC 20 Croisements avec NRM		PBGC 25 Croisements avec NRC	
	Production Coprah kg/arbre/an	Classement	Production Coprah kg/arbre/an	Classement	Production Coprah kg/arbre/an	Classement
P 2664	25,348	1	24,416	2	26,969	1
P 2054	22,182	2	21,439	3	26,402	3
P 2556	22,577	6	25,109	1	25,259	6
P 1842	22,251	5	20,774	5	25,920	4
P 2654	23,752	4	18,189	11	26,626	2
P 2550	20,466	7	20,949	4	24,742	7
P 2665	19,010	3	18,162	12	25,296	5
P 1868	22,543	8	18,367	10	24,101	8
P 1867	20,801	10	19,712	7	23,273	10
P 2589	20,062	11	18,984	8	23,416	9
P 1846	16,801	9	15,963	14	22,498	11
P 2062	20,412	15	20,225	6	20,785	14
P 2078	23,243	13	17,863	13	22,487	12
P 2591	18,088	14	18,850	9	20,587	15
P 1854	18,135	12	15,110	15	22,042	13

Grand Polynésie	PBGC 2-2 Croisements avec GOA		PBGC 13 Croisements avec GOA		PBGC 17 Croisements avec NJM		PBGC 23 Croisements avec NRM	
	Production Coprah kg/arbre/an	Classement	Production Coprah kg/arbre/an	Classement	Production Coprah kg/arbre/an	Classement	Production Coprah kg/arbre/an	Classement
P 167			19,141	1	18,854	1	18,994	2
P 306	17,865	1			16,356	6	20,042	1
P 594			13,492	2	17,037	4	17,437	3
P 600					17,772	3	15,556	5
P 608			12,858	3	18,543	2	15,457	6
P 318	14,902	3			14,767	9	15,794	4
P 607					16,829	5	15,360	8
P 1839					13,602	11	15,449	7
P 604	12,199	6			14,778	8	14,398	11
P 616	17,786	2			16,092	7	13,612	13
P 2499					13,915	10	13,662	12
P 641	13,845	5			12,520	14	15,033	9
P 606			11,275	4	12,622	13	14,443	10
P 316	14,619	4			13,035	12	12,714	14
P 315	11,591	7			11,704	15	10,809	15

Périodes d'observation

PBGC2-2	: coprah par noix moyen	8 à 11 ans,	nombre de noix moyen	6 à 12 ans.
PBGC13	: «	6 à 9 ans,	«	5 à 12 ans.
PBGC17	: «	5 à 8 ans,	«	4 à 11 ans.
PBGC20	: «	4 à 8 ans,	«	4 à 9 ans.
PBGC23	: «	5 à 8 ans,	«	5 à 11 ans.
PBGC25	: «	5 à 7 ans,	«	5 à 7 ans.

des (en l'absence de consanguinité), les performances relatives pourraient exprimer des effets d'aptitude générale à la combinaison.

Bien que d'autres explications puissent intervenir dans ces phénomènes d'hétérosis (Demarly, 1977 ; Mac Key, 1976), l'hypothèse avancée semble confortée par les résultats obtenus dans l'amélioration des meilleurs hybrides.

2. — Amélioration des meilleurs hybrides.

Le tableau II présente l'ensemble des hybrides améliorés à la station Marc Delorme. Les premiers résultats montrent qu'un progrès génétique supplémentaire de l'ordre de 20 à 30 % est réalisé par sélection intra-population (Bourdeix *et al.*, 1988).

SUMMARY

A coconut (*Cocos nucifera* L.) selection strategy. I. Rundown of achievements.

Y. P. N'CHO, J. P. LESAIN, A. SANGARE, *Oléagineux*, 1990, 45, N° 8-9, p. 359-371.

This article summarizes the data that can be used for guidance when choosing a coconut genetic improvement strategy: the species' genetic organization, selection aims and extended material, analysis of genetic performance. The conclusions reached are as follows: 1) Coconut improvement should be divided up into programmes with different short-term objectives, even though their ultimate goal is the same (creation of high yielding hybrids). More specifically, the improvement of the three types of hybrids, Dwarf × Tall, Tall × Tall and Dwarf × Dwarf, should be continued and the way should be paved for development of the *in vitro* vegetative propagation technique, which will eventually enable the extension of clones. 2) One of the priorities of improvement remains the collection, study and assessment of a large number of ecotypes. 3) The same ecotypes tend to perform well when hybridized; it is thus possible to assess the combining ability of an ecotype by crossing it with a limited number of testers. 4) Certain parents obtained from high-performance ecotypes perform particularly well when crossed with various Dwarfs and with the West African Tall. These selected parents, the result of thirty years' research, should play a leading role in the continued genetic improvement of coconut.

RESUMEN

Una estrategia de selección del cocotero *Cocos nucifera* L. — I. — Síntesis de la experiencia.

R. BOURDEIX, Y. P. N'CHO, J. P. LESAIN, A. SANGARE, *Oléagineux*, 1990, 45, N° 8-9, p. 359-371.

El presente artículo hace la síntesis de los datos capaces de orientar la elección de una estrategia de mejora genética del cocotero: organización genética de la especie, objetivos de selección y material difundido, análisis del comportamiento genético. Las conclusiones que alcanzamos son: 1) la mejora del cocotero ha de dividirse en programas que a pesar de tener la misma finalidad (creación de híbridos de alto rendimiento) tendrán objetivos distintos a corto plazo; en particular, debe proseguirse la mejora de los tres tipos de híbridos Enano × Grande, Grande × Grande y Enano × Enano, anticipándose al desarrollo de la técnica de propagación vegetativa *in vitro* que a largo plazo proporcionará la difusión de clones. 2) Una de las prioridades para el mejoramiento consiste en reunir, estudiar y evaluar un número alto de ecotipos. 3) Los mismos ecotipos tienden a comportarse bien en la hibridación, así que es posible evaluar la habilidad combinatoria de un ecotipo cruzándolo con un número limitado de probadores. 4) Algunos genitores procedentes de ecotipos de alto rendimiento tienen un comportamiento especialmente favorable cuando se cruzan con varios Enanos como con el Grande Oeste Africano. Estos genitores seleccionados, resultados de treinta años de investigaciones, habrían de desempeñar un papel preponderante en la continuación de la mejora genética del cocotero.

A coconut (*Cocos nucifera* L.) selection strategy. I. Rundown of achievements

M. BOURDEIX, Y. P. N'CHO, J. P. LESAIN, A. SANGARE

Key words: coconut, genetic improvement, ecotypes, hybrides, combining ability.

INTRODUCTION

Coconut genetic improvement is recent, and has been hindered by heavy technical constraints: long unproductive phase, low coefficient of multiplication, bulkiness, lack of vegetative propagation. Any coconut improvement programme requires a very large area and takes a considerable length of time: a medium-sized genetic trial covers eight hectares for at least twelve years. The selection strategy chosen is therefore decisive and, from the outset, it governs the success of ten to twenty years' research (Meunier *et al.*, 1984).

Different research projects primarily conducted since 1950, have provided data on the species' variability and its genetic performance. Whilst an analysis of these results basically sows more doubt than certitude, the latest data are sufficient in practice to draw up a genetic improvement strategy.

This article gives a brief rundown of the data that can be used to orient improvement strategies.

THE SPECIES' GENETIC ORGANIZATION

It is probably knowledge of the species' genetic structure and variability that is most lacking.

Coconut dissemination is due to seednuts being transported by sea currents and, later, by human migration and travel. The history of coconut diversification boils down to a series of founding effects that have induced strong genetic drift. Human selection has also played a role that is difficult to quantify. There are no longer any wild stands. The species' centre of origin is unknown, from the Pacific or the Far East, coconut spread throughout the Indian Ocean region as far as Africa. Its existence in Latin America comes from a double introduction from East and West (Harnes, 1978).

There are two types of coconut, Dwarfs and Talls. The world's coconut groves contain under 5% Dwarf ecotypes, but they exist throughout the intertropical zone. The origin and genetic determinism of dwarfism are unknown. In addition to their low vertical growth rate, most Dwarf ecotypes reveal a set of common characteristics: preferential autogamy (Talls are allogamous), precocity, high number of bunches per year. By virtue of these characteristics, Dwarfs play an important role in improvement programmes.

Spectacular morphological diversity is seen in coconut. It is basically expressed in the fruits through their colour, size and shape. This diversity is in contrast to the very low enzymatic polymorphism revealed by electrophoresis (Benoit and Ghesquière, 1984).

An analysis of leaf polyphenols (Jay *et al.*, 1989) provides a picture of the variability overlying geographical origins. This is a definite step forward, insofar as numerous ecotypes result from a complex series of successive introductions; whilst this method does not offer a reliable heterosis predictor, it at least makes it possible to identify relationships between the ecotypes obtained from different origins. Finally, this method has revealed that Dwarfs are split into two groups, one from the Pacific, the other from the Far East.

The different data on the species' genetic structure suggest that the ecotypes studied to date probably only represent part of the variability that exists. One of the priorities of improvement remains the collection, study and assessment of a large number of ecotypes.

SELECTION AIMS AND EXTENDED MATERIAL

1. — Selection aims.

There is no ideotype that combines all uses of the coconut, which are numerous and extremely varied

TABLE I. — Collection inventory

Region of introduction	Introduction code No.	Type	Population country of origin
1. Africa	WAT2	West African Tall	
3.	CAT	Cameroon Tall	Cameroon
4.	CRD	Cameroon Red Dwarf	
5.	GYD (1)	Ghana Yellow Dwarf	
6.	EGD (2)	Equat Guinea Green Dwarf	Equat. Guinea
7.	MZT	Mozambique Tall	
8. South Pacific	PYT1	Polynesia Tall	Polynesia
10.	PRD	Polynesia Red Dwarf	
11	NGT1	New Guinea Tall	Papua New Guinea
14	NBD	New Guinea Brown Dwarf	
15.	VTT	Vanuatu Tall	
16.	NLD	Niu Leka Dwarf	Fiji
17.	RTT	Rotuma Tall	
18.	TGT	Tonga Tall	Tonga
19.	RLT	Rennell Tall	Solomon Islands
20.	SNT	Solomons Tall	
21. Far East	CBT2	Cambodia Tall	Cambodia
27	CGD	Cambodia Green Dwarf	
28.	DOT1	Indonesia Tall	Indonesia
31	DOD	Indonesian Brown Dwarf	
32.	MLT	Malayan Tall	Malaysia
	MYD	Malayan Yellow Dwarf	
33.	MRD	Malayan Red Dwarf	
34.	MGD	Malayan Green Dwarf	
35.	TNT	Philippine Tall	Philippines
36.	PGD2	Philippine Green Dwarf	
38.	PHT4	Philippine Tall	
41	PGD7	Philippine Green Dwarf	Thailand
42.	THT1	Thailand Tall	
43.	TGD	Thailand Green Dwarf	
45 Indian	COT	Comoro Tall	Comoro Islands
46. Ocean	NDT2	Indian Tall	India
51.	SLT	Sri Lanka Tall	Sri Lanka
52.	SGD	Sri Lanka Green Dwarf	
53. Latin America	BGD	Brazilian Green Dwarf	Brazil
	PAT1	Panama Tall	Panama

(1) Close to the Malayan Yellow Dwarf

(2) Close to the Brazilian Green Dwarf.

This article takes the improvement of yields, conventionally expressed in copra⁽¹⁾ per hectare, to be the primary objective. Nevertheless, other factors will also be taken into account.

— considerable phytopathological problems prompt research into genetic resistance,

— early production makes for rapid recouping of the investment made at the time of planting,

— finally, adapting coconut to drought and low relative humidity would make it possible to extend the zone in which it is cultivated.

Nut size is not a determining criterion. Medium sized nuts are preferred for single-use cases (nuts for coconut milk, fruit exports), for commercial reasons. However, larger, more fragile fruits are traditionally preferred in certain Asian and Pacific regions

2. — Type of material extended.

The results obtained clearly show that the most effective material is currently *the hybrid*, which we shall define (in its broadest sense)

(1) Copra is the solid endosperm of the coconut dehydrated to a 6% moisture content.

as the cross between two genetically different (unrelated) structures. The term «structure» refers to a population, a family or an individual.

Coconut improvement, as it is currently perceived, is therefore the search for high-performance hybrids.

3. — Strategy for the use of dwarfism.

One of the main questions is to determine how dwarfism should be integrated into improvement strategies.

a) Dwarf × Dwarf, Dwarf × Tall or Tall × Tall?

Virtually all the hybrids currently extended are of the Dwarf × Tall type, though there are Tall × Tall hybrids that are known to be just as productive, but slightly less precocious. In fact, the greater the Dwarf proportion in the hybrid, the better the precocity and the smaller the bulk, the higher the possible planting densities⁽²⁾.

(2) However, in certain cases, intercrop development leads to planting density not being given priority over individual production.

Il existe donc une variabilité exploitable à l'intérieur des écotypes.

Sur la station Marc Delorme, les mêmes géniteurs ont été croisés avec différents testeurs. Ainsi, 15 Grands Rennell ont été successivement croisés avec le Grand Ouest Africain, le Nain Rouge Malaisie et le Nain Rouge Cameroun ; certains géniteurs Grand Polynésie ont été croisés avec le Grand Ouest Africain, les Nains Jaune et Rouge Malaisie.

Le tableau III présente le classement de ces géniteurs en fonction des différents testeurs. Les recoupements entre essais indiquent que certains géniteurs se classent en tête, qu'ils soient croisés avec le Grand Ouest Africain ou divers écotypes Nains. Ce résultat, très important pour l'amélioration, semble indiquer que des géniteurs ayant une excellente aptitude générale à la combinaison (1) ont été identifiés.

CONCLUSION

L'amélioration génétique du cocotier atteint actuellement un stade critique, dans la mesure où un choix parmi des options méthodologiques très diverses s'avère indispensable.

(1) Le fait que les différents testeurs utilisés présentent des caractéristiques communes a pu aussi jouer un rôle. En particulier le Grand Ouest Africain, comme les écotypes Nains, se distingue par son aptitude à transmettre en hybridation un grand nombre de régimes

Les éléments qui viennent d'être exposés permettent de dégager certaines lignes directrices qui vont orienter le choix d'une stratégie :

— Il apparaît que l'amélioration génétique du cocotier doit nécessairement se scinder en programmes qui, si leur finalité est la même (création d'hybrides performants), viseront des objectifs à court terme très différents. En particulier, il faut poursuivre l'amélioration des trois types hybrides : Nain × Grand, Grand × Grand, et Nain × Nain, et anticiper sur la mise au point de la technique de multiplication végétative *in vitro* qui permettra à terme la vulgarisation de clones.

— L'une des priorités de l'amélioration génétique reste la collecte, l'étude et l'évaluation d'un grand nombre d'écotypes.

— Les mêmes écotypes ont tendance à bien se comporter en hybridation ; il est donc possible d'évaluer l'aptitude à la combinaison d'un écotype en le croisant avec un nombre limité de testeurs.

— Certains géniteurs issus d'écotypes performants se comportent particulièrement bien en croisement, avec divers Nains comme avec le Grand Ouest Africain. Leur exploitation permet une augmentation de 20 à 30 % du rendement. Ces géniteurs sélectionnés, fruits de trente ans de recherches, devraient jouer un rôle prépondérant dans la poursuite de l'amélioration génétique du cocotier.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] MEUNIER J., SANGARE A., LE SAINT J. P., BONNOT F. (1984). — Analyse génétique des caractères du rendement chez quelques hybrides de cocotier *Cocos nucifera* L. *Oléagineux*, **39**, 581-586
- [2] HARRIES H. C. (1978). — Evolution, dissemination and classification of *Cocos nucifera* L. *Botanical Review*, **44**, 265-320
- [3] BENOIT H., GHESQUIERE M. (1984). — Electrophorèse, compte-rendu cocotier IV. Déterminisme génétique. Rapport interne IRHO-CIRAD, (FRA), 11 p
- [4] JAY M., BOURDEIX R., POTIER F., SANLAVILLE C. (1988). — Premiers résultats de l'étude des polyphénols foliaires du cocotier. In : National Symposium on Coconut Breeding and Management, Kerala Agricultural University, (IND). Repris dans *Oléagineux* (1989), **44**, 151-161.
- [5] LE SAINT J. P., NUCE de LAMOTHE M. de (1987). — Les hybrides de cocotiers nains : performance et intérêt. *Oléagineux*, **42** (10), 353-362
- [6] NUCE de LAMOTHE M. de (1970). — Application du principe des croisements interorigines au cocotier. Premiers résultats obtenus en Côte-d'Ivoire. *Oléagineux*, **25**, 207-210.
- [7] GASCON J. P., NUCE de LAMOTHE M. de (1976). — Amélioration du cocotier. Méthode et suggestions pour une coopération internationale. *Oléagineux*, **31**, 479-482
- [8] NUCE de LAMOTHE M. de, ROGNON F. (1986). — Cocotiers hybrides ou cocotiers grands ; un choix basé sur des résultats. *Oléagineux*, **41**, 549-555.
- [9] NUCE de LAMOTHE M. de, ROGNON F. (1972). — La production de semences hybrides chez le cocotier par pollinisation assistée. *Oléagineux*, **27**, 539-544.
- [10] BOURDEIX R., SANGARE A., LE SAINT J. P., N'CHO Y. P. (1988). — Efficacité des tests hybrides d'aptitude individuelle à la combinaison chez le cocotier : premiers résultats. In : National Symposium on Coconut Breeding and Management, Kerala Agricultural University, (IND). Repris dans *Oléagineux* (1989), **44**, 209-214.
- [11] BOURDEIX R. (1989). — La sélection du cocotier *Cocos nucifera* L. Etude théorique et pratique, optimisation des stratégies d'amélioration génétique. Thèse de Doctorat ès-Sciences, Université de Paris Sud Centre d'Orsay.
- [12] ROGNON F. (1976). — Biologie florale du cocotier. *Oléagineux*, **31**, 13-18
- [13] SANGARE A., WUIDART W. et NUCE de LAMOTHE M. de (1978). — Les phases mâles et femelles de l'inflorescence du cocotier. Influence sur le mode de reproduction. *Oléagineux*, **33**, 609-617
- [14] SATYABALAN K., LAKSHMANACHAR M. S. (1960). — Coconut Breeding effects of some breeding procedure. *Ind. Cocon. J.*, **8**, 113-115
- [15] DEMARLY Y. (1977). — Génétique et amélioration des plantes. Masson (FRA), 287 p.
- [16] MAC KEY J. (1974). — Genetic and evolutionary principles of heterosis. Heterosis in plant breeding. Proceedings of 7th Congress of Eucarpia. Elsevier, 364 p.

Nonetheless, most of the Dwarfs, which are autogamous, are very homogeneous and probably close to the pure line. There are differences between Dwarf ecotypes, but dwarfism remains a marginal phenomenon in coconut groves on a world scale. The genetic variability of Dwarfs is therefore much less than that of Talls. Designing a method based solely on Dwarf × Tall hybrids would amount to bringing together two populations whose variability levels are very unequal: in theory, this is not the best solution. Finally, if selection is undertaken according to precocity, it should be possible to create Tall × Tall hybrids that are just as precocious as the Dwarf × Talls.

Moreover, the first Dwarf × Dwarf hybrid tests showed that these very homogeneous combinations could be of true agricultural value (Le Saint *et al.*, 1987).

As far as we know at the moment, it therefore seems too early to limit varietal improvement to a single type of hybrid. At best, an order of priority can be given: first the Dwarf × Tall type, which makes up most of the material extended so far, then the Tall × Tall type, which has the greatest potential, and finally the Dwarf × Dwarf type, which gives very homogeneous and precocious hybrids, but whose medium-term potential is probably limited.

b) Intermediate channels.

It is by no means sure that a scheme separating Dwarfs from Talls is the best solution. Crossing between Dwarf × Tall hybrids would make it possible to fix the favourable characteristics of the Dwarfs in populations with much broader variability.

The rare dwarfism heredity studies conducted were unable to confirm whether vertical growth was controlled by major genes. However, crossing between Dwarf × Tall hybrids leads to very heterogeneous progenies as far as height is concerned. If this heterogeneity persists in later generations, it is likely to induce competition effects, which would depress yields. Using this type of parent would require prior selection based on vertical growth. Such selection is expensive and delays yield improvement.

There is also a certain complementarity between Dwarfs and Talls. Dwarfs make up a group in their own right, with specific characteristics and good combining ability with Talls. This complementarity should be used.

These points argue in favour of avoiding dwarfism segregation situations in coconut genetic improvement schemes. It should be noted, however, that this option can only be justified if the selected material continues to be extended sexually, as is currently the case.

c) Preparing for clonal selection.

The development of a vegetative propagation technique would be a definite step forward, insofar as the coconut's low coefficient of multiplication is one of the main limiting factors. The search for a method using *in vitro* culture is under way.

Dwarfism segregation situations (crosses between Dwarf × Tall hybrids) are completely justified in a clonal selection context. In fact, it can be hoped to identify « ortets » which will have favourable Dwarf characteristics (precocity, rapid bunch production, low vertical growth) and excellent yields.

ANALYSIS OF GENETIC PERFORMANCE

We analyzed the genetic trials conducted in Côte-d'Ivoire by the Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux.

The coconut genetic improvement scheme applied at the M. Delorme station (Côte-d'Ivoire) breaks down into three phases:

— Establishment of a collection containing numerous ecotypes of different origins.

— Study of combinations between ecotypes in comparative tests (by extension, the term « hybrid » will be used to describe these crosses between two ecotypes).

— Separate improvement of the hybrids that perform best through selection based on individual combining ability (Nucé de Lamothe, 1970; Gascon *et al.*, 1976).

The validity of this selection method requires no further demonstration.

The first phase of comparative tests revealed hybrids producing twice as much as most Tall ecotypes (Nucé de Lamothe and Rognon, 1986). The assisted pollination technique (Nucé de Lamothe and Rognon, 1972) simplified extension of the best hybrids between ecotypes on a world scale.

TABLE II. — Inventory of individual combining ability tests

Trial	Cross	Dwarf or Tall × Tall	Poll	Obs.	Density	Planting date
PBGC2.1	WAT × MZT	West African × Mozambique	24		143	1970
PBGC2.2	WAT × PYT1	West African × Polynesia-Tahiti	24		143	1970
PBGC2.3	WAT × PYT1	West African × Polynesia-Tahiti	15		143	1970
PBGC13	WAT × PYT1	West African × Polynesia-Tahiti	24	—	143	1975-76
PBGC6	WAT × MLT	West African × Malayan	24		143	1972
PBGC16	WAT × RLT	West African × Rennell	15	—	143	1980
PBGC29	WAT × RLT	West African × Rennell	15	—	143	1984
PBGC32	WAT × VTT	West African × Vanuatu	15	—	143	1988
PBGC15	MYD × WAT	Malayan Yellow × West African	15	—	160	1978
PBGC26	MYD × WAT	Malayan Yellow × West African	15	—	160	1982
PBGC17	MYD × PYT1	Malayan Yellow × Polynesia-Tahiti	15	—	143	1977
PBGC20	MRD × RLT	Malayan Red × Rennell	15	—	160	1978
PBGC23	MRD × PYT1	Malayan Red × Polynesia-Tahiti	15	—	160	1980
PBGC27	MRD × PYT1	Malayan Red × Polynesia-Tahiti	15	—	160	1982
PBGC25	CRD × RLT	Cameroon Red × Rennell	15	—	160	1981
PBGC28	CRD × WAT	Cameroon Red × West African	15	—	160	1983
PBGC31	CRD × WAT	Cameroon Red × West African	15	—	160	1986

Recap :

Poll : Number of male parents tested per trial

Obs : Trial currently under observation

Density : Number of trees per hectare

Number of T × T combinations planted : 156 (78.3 ha).

Number of D × T combinations planted : 135 (71.2 ha)

TABLE III. — boldComparative classification of Rennell Tall and Polynesia Tall parents in crosses with different testers

Rennell Tall	PBGC 16 Crosses with WAT		PBGC 20 Crosses with MRD		PBGC 25 Crosses with CRD	
	Production copra/palm/year kg	Rank	Production copra/palm/year kg	Rank	Production copra/palm/year kg	Rank
P 2664	25.348	1	24.416	2	26.969	1
P 2054	22.182	2	21.439	3	26.402	3
P 2556	22.577	6	25.109	1	25.259	6
P 1842	22.251	5	20.774	5	25.920	4
P 2654	23.752	4	18.189	11	26.626	2
P 2550	20.466	7	20.949	4	24.742	7
P 2665	19.010	3	18.162	12	25.296	5
P 1868	22.543	8	18.367	10	24.101	8
P 1867	20.801	10	19.712	7	23.273	10
P 2589	20.062	11	18.984	8	23.416	9
P 1846	16.801	9	15.963	14	22.498	11
P 2062	20.412	15	20.225	6	20.785	14
P 2078	23.243	13	17.863	13	22.487	12
P 2591	18.088	14	18.850	9	20.587	15
P 1854	18.135	12	15.110	15	22.042	13

Polynesia Tall	PBGC 2-2 Crosses with WAT		PBGC 13 Crosses with WAT		PBGC 17 Crosses with MYD		PBGC 23 Crosses with MRD	
	Production copra/palm/year kg	Rank	Production copra/palm/year kg	Rank	Production copra/palm/year kg	Rank	Production copra/palm/year kg	Rank
P 167			19.141	1	18.854	1	18.994	2
P 306	17.865	1			16.356	6	20.042	1
P 594			13.492	2	17.037	4	17.437	3
P 600					17.772	3	15.556	5
P 608			12.858	3	18.543	2	15.457	6
P 318	14.902	3			14.767	9	15.794	4
P 607					16.829	5	15.360	8
P 1839					13.602	11	15.449	7
P 604	12.199	6			14.778	8	14.398	11
P 616	17.786	2			16.092	7	13.612	13
P 2499					13.915	10	13.662	12
P 641	13.845	5			12.520	14	15.033	9
P 606			11.275	4	12.622	13	14.443	10
P 316	14.619	4			13.035	12	12.714	14
P 315	11.591	7			11.704	15	10.809	15

Observation Periods

PBGC2-2 : mean copra/nut 8-11 yrs, mean number of nuts 6-12 yrs.

PBGC13 : mean copra/nut 6- 9 yrs, mean number of nuts 5-12 yrs.

PBGC17 : mean copra/nut 5- 8 yrs, mean number of nuts 4-11 yrs.

PBGC20 : mean copra/nut 4- 8 yrs, mean number of nuts 4- 9 yrs.

PBGC23 : mean copra/nut 5- 8 yrs, mean number of nuts 5-11 yrs

PBGC25 : mean copra/nut 5- 7 yrs mean number of nuts 5- 7 yrs

Recent results in the improvement of the best hybrids show that further genetic progress of around 20 to 30 % is made through within-population selection. Improved « second generation » seeds will be extended within the next two to three years (Bourdeix *et al.*, 1988).

1. — Crosses between ecotypes.

Table I and figure 1 list all the ecotypes brought together in Côte-d'Ivoire and the crosses carried out respectively. The progress

made using hybrids between ecotypes revealed the advantages offered by exploiting the coconut's hybrid vigour.

Certain trials have factorial or diallel type crossing plans that have enabled genetic analyses to be carried out (Meunier *et al.*, 1984 ; Bourdeix, 1989). The number of parent ecotypes involved is always small (never more than nine) and the hybrids tested are crosses between populations, not between individuals.

Recent analyses have shown that the *relative* performance of different hybrids primarily depends on the parent ecotypes. In

particular, some of them (West African, Rennell, Vanuatu Talls) always seem to perform better than others (Malayan, Mozambique, Panama Talls), whatever their partner.

This « additive » behaviour is not incompatible with a strong heterosis effect; a comparison of the mean production level of hybrids with that of the West African Tall control and parental ecotypes in collections reveals that they have, on average, a distinctly better production rate: approximately 60 % for copra per tree considering 21 ecotypes and 42 hybrids (Bourdeix, 1989).

Finally, there is no clear connection between the production level of parent ecotypes (copra/tree) and that of the resulting hybrids.

Of the hypotheses liable to explain these results, the following is worth mentioning: for the most part and to varying degrees, the ecotypes show signs of in-breeding depression resulting from two factors.

— as regards the ecotype: successive founding effects have induced allele losses,

— as regards individuals: partial selfing is possible in all the ecotypes whose reproduction mode has been studied (Rognon, 1976; Sangare *et al.*, 1978). In addition, the progeny of a tree is often planted in groups and sometimes in proximity to it, which favours crosses between related trees.

The fact that inbreeding causes a fall in yields in Tall coconuts has been demonstrated (Satyabalan *et al.*, 1960; Bourdeix *et al.*, 1988). Hybridization between ecotypes would create non-inbred, hence more productive, individuals. The relative performance within the hybrid populations (in the absence of inbreeding) could then express the general combining ability effects.

Although there may be other explanations for these heterosis phenomena (Demarly, 1977; MacKey, 1976), the hypothesis put forward seems to be backed up by the results obtained in improving the best hybrids.

2. — Improvement of the best hybrids.

Table II shows all the improved hybrids at the Marc Delorme station. The first results reveal that further genetic progress of around 20 to 30 % is obtained through within-population selection (Bourdeix *et al.*, 1988).

There is therefore usable variability within ecotypes.

At the M. Delorme station, the same parents have been crossed with different testers. Thus, 15 Rennell Talls have been crossed in

succession with the West African Tall, the Malayan Red Dwarf and the Cameroon Red Dwarf; certain Polynesia Tall parents have been crossed with the West African Tall and the Malayan Yellow and Red Dwarfs.

Table III indicates the classification of the parents according to the different testers. Cross checks between the trials indicate that certain parents come out on top, whether crossed with the West African Tall or various Dwarf ecotypes. This result, which is very important for improvement, seems to indicate that parents with an excellent general combining ability have been identified⁽¹⁾.

CONCLUSION

Genetic improvement of coconut has now reached a critical stage, insofar as it has now become essential to choose between the very different methodological options open. The data set out above provide certain guidelines that can be applied in making a choice:

— It would appear necessary for coconut genetic improvement to be divided up into programmes with very different short-term aims, even if their ultimate goal is the same (creation of high-yielding hybrids). More specifically, the improvement of the three types of hybrids, Dwarf × Tall, Tall × Tall and Dwarf × Dwarf, should be continued and the way should be paved for development of the *in vitro* vegetative propagation technique, which will eventually enable the extension of clones.

— One of the priorities of genetic improvement remains the collection, study and assessment of a large number of ecotypes.

— The same ecotypes tend to perform well when hybridized; it is thus possible to assess the combining ability of an ecotype by crossing it with a limited number of testers.

— Certain parents obtained from high-performance ecotypes perform particularly well when crossed with various Dwarfs and with the West African Tall. They enable yield increases of 20 to 30 %. These selected parents, the result of thirty years' research, should play a leading role in the continued genetic improvement of coconut.

(1) The fact that the different testers used have common characteristics may also have played a role. In particular, the West African Tall, like the Dwarf ecotypes, is distinguished by its ability to transmit a large number of bunches when hybridized.

BON DE COMMANDE NUMÉROS SPÉCIAUX

A retourner à : *return to* : reexpidase a :

OLÉAGINEUX - 11, Square Pétrarque, 75116 Paris (France) — Tél. : (1) 45 53 60 25 — Téléx : 630491 — Télécopie : 45 53 68 11

Nom (*Name - Nombre*)

Adresse (*Adress - Dirección*)

.....

.....

Doc. Quantité Prix de vente (*Sale price - Precio de venta*) date 198
 (*Quantity - Cantidad*) FRANCE (TTC) ETRANGER Signature :

A 68 FF 72 FF.

B 94 FF 102 FF.

C 104 FF 123 FF.

D 84 FF 82 FF.

E 225 FF 245 FF.

Règlement par chèque bancaire (*Enclose bank cheque made out to - Pago por cheque bancario a*) :

IRHO-OLÉAGINEUX

Banque Nationale de Paris — Agence Kléber — 51, avenue Kléber, 75116 Paris (France) — RIB : 30004 — 00892 — 00000430596 — clé 21