

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

## III. Amélioration des hybrides Nain x Grand

### *Coconut Cocos nucifera* L. selection strategy

### *III - Improvement of Dwarf x Tall hybrids*

R. BOURDEIX(1), J. MEUNIER(2), Y.P. N'CHO(1)

**Résumé.** — Une première partie a proposé une synthèse des acquis récents de la sélection du cocotier. Les orientations ainsi définies ont contribué à la mise en place du schéma d'amélioration utilisé en Côte-d'Ivoire par l'IRHO. Après une seconde partie consacrée aux hybrides Grand x Grand, le troisième volet de cet article décrit la méthode d'amélioration des hybrides Nain x Grand. Au premier cycle de sélection, les différents écotypes Grands sont croisés avec un testeur Nain, et les écotypes Nains sont croisés avec un testeur Grand. La phase suivante consiste à intercroiser les écotypes qui se comportent le mieux en hybridation, Grands entre eux et Nains entre eux. Elle permet la création de deux populations complémentaires. Les cycles suivants améliorent ces deux populations l'une par rapport à l'autre grâce à une sélection récurrente réciproque sur famille de demi-frères. L'intérêt du schéma d'amélioration est discuté. Les connexions possibles entre les deux axes de sélection -Nain x Grand et Grand x Grand- sont ensuite exposées ; elles permettent de réaliser certaines économies de temps et de moyens. L'intégration de la méthode dans le cadre d'un réseau international de recherches est aussi abordée.

**Mots clés.** — Cocotier, amélioration génétique, écotypes hybrides, aptitude à la combinaison

#### INTRODUCTION

L'amélioration du cocotier atteint actuellement un stade critique, dans la mesure où un choix parmi plusieurs options méthodologiques s'avère indispensable. Dans la première partie de cet article (Bourdeix *et al.*, 1990), une synthèse des acquis récents de la sélection du cocotier a été exposée. Les orientations ainsi définies ont contribué à la mise en place du schéma d'amélioration génétique utilisé en Côte-d'Ivoire par l'Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (IRHO). Ce schéma comprend deux axes principaux : amélioration des hybrides Grand x Grand et amélioration des hybrides Nain x Grand.

Dans la seconde partie de cet article (Bourdeix *et al.*, 1991) une méthode de sélection des hybrides Grand x Grand a été pro-

**Summary.** — Part I of this article gave a rundown of recent achievements in coconut breeding. The orientations defined in it contributed to the introduction of the improvement scheme used by IRHO in Côte-d'Ivoire. Following on from part II, which covered Tall x Tall hybrids, part III of the article describes the Dwarf x Tall hybrid improvement method. During the first selection cycle the different Tall ecotypes are crossed with a Dwarf tester, and the Dwarf ecotypes are crossed with a Tall tester. The following phase consists in intercrossing the ecotypes that perform best in crosses, Tall with each other and Dwarfs with each other. This leads to the creation of two complementary populations. The following cycles improve these two populations with respect to each other, through reciprocal recurrent selection on half-sib families. The merits of the improvement scheme are discussed. The possible connections between the two selection procedures - Dwarf x Tall and Tall x Tall - are then described. These connections make it possible to save time and resources. Integration of the method into an international research network is also considered.

**Key words.** — Coconut, genetic improvement, ecotypes, hybrids, combining ability

#### INTRODUCTION

Coconut improvement is now at a critical stage, insofar as it is now essential to make a choice between several methodological options. In part I of this article (Bourdeix *et al.*, 1990), a rundown was given of recent achievements in coconut breeding. The orientations defined contributed towards the introduction of the genetic improvement scheme used by the Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (IRHO) in Côte-d'Ivoire. This method involves two main processes. Tall x Tall hybrid improvement and Dwarf x Tall hybrid improvement.

Part II of this article (Bourdeix *et al.*, 1991) proposed a selection method for Tall x Tall hybrids. It consisted in crea-

(1) Division Sélection - Station M. Delorme - BP 13 - Abidjan 07 (Côte-d'Ivoire)

(2) Directeur Division Sélection IRHO/CIRAD - BP 5035 - 34032 Montpellier Cédex (France)

(1) Selection Division - Station M. Delorme - BP 13 - Abidjan 07 (Côte-d'Ivoire)

(2) Selection Division Director IRHO/CIRAD - BP 5035 - 34032 Montpellier Cédex (France)

posée. Celle-ci consiste à créer deux populations autour de deux écotypes choisis pour leur bon comportement en hybridation. En Côte-d'Ivoire, les deux écotypes retenus sont le Grand Ouest Africain (GOA) et le Grand Rennell (GRL). Au premier cycle de sélection, les différents écotypes sont croisés avec GOA et GRL dans le but de les répartir en deux groupes : d'une part, les écotypes se combinant bien avec GOA, d'autre part, ceux se combinant bien avec GRL. Des croisements intra-groupes permettent ensuite la constitution de deux populations complémentaires. Les cycles suivants de sélection améliorent ces deux populations l'une par rapport à l'autre grâce à une sélection récurrente réciproque sur famille de demi-frères.

Le troisième volet, présenté ici, complète l'exposé en décrivant la méthode d'amélioration des hybrides Nain  $\times$  Grand, ainsi que les connexions entre les deux axes de sélection. L'intégration possible de la méthode à un réseau international de recherches sera aussi abordée. En effet, compte-tenu des coûts impliqués et de la nécessité de collecter et d'échanger du matériel végétal, seule une coopération internationale permettrait de poursuivre efficacement l'amélioration génétique du cocotier.

## DESCRIPTION DE LA METHODE

### 1. — Principes généraux

Les principes qui ont régi le choix d'une méthodologie ont été exposés précédemment. Seules les grandes lignes seront rappelées ici. L'ensemble du schéma repose sur la même méthode, la sélection récurrente réciproque (Comstock *et al.*, 1949). Celle-ci consiste en la création de deux populations qui sont maintenues en isolement reproductif et améliorées l'une vis-à-vis de l'autre. Dans le cas du cocotier, deux axes de sélection récurrente réciproque sont proposés : amélioration des hybrides Grand  $\times$  Grand et amélioration des hybrides Nain  $\times$  Grand. La figure 1 présente une illustration synthétique de ces deux axes. L'amélioration de l'hybride Nain  $\times$  Grand, qui est plus particulièrement développée ici, y est figurée en blanc.

Les tests de descendance mis au point à la station Marc Delorme ont déjà été décrits (Nucé de Lamothe, 1970 ; Gascon et Nucé de Lamothe, 1976). Ceux-ci sont de deux types :

- des tests d'aptitude à la combinaison des écotypes (A.C.E.), où chaque écotyle, conçu comme une unité, est croisé avec un ou plusieurs testeurs. Le terme testeur peut désigner une population, une famille ou un individu ;
- des tests d'aptitude à la combinaison des individus (A.C.I.) où des géniteurs choisis dans une population sont croisés individuellement avec une même structure génétique (testeur).

### 2. — Amélioration des hybrides Nain $\times$ Grand

La grande majorité des hybrides de cocotiers plantés dans le monde est de type Nain  $\times$  Grand. Le tableau I montre qu'il existe une réelle complémentarité entre les Nains et les Grands. Ceci justifie que les deux groupes soient maintenus en isolement reproductif et améliorés l'un en fonction de l'autre.

- Le premier cycle de sélection : constitution des populations de base

Le premier cycle comprend deux étapes : une phase de test (A.C.E.) permet de déterminer les écotypes qui se comportent bien en hybridation, puis une phase d'intercroisement entre ces écotypes aboutit à la création de deux populations de base, l'une de type Nain ( $N_1$ ) et l'autre de type Grand ( $G_1$ ).

*ting two populations around two ecotypes chosen for their good hybridization performance. In Côte-d'Ivoire, the two ecotypes chosen were the West African Tall (WAT) and the Rennell Tall (RLT). In the first selection cycle, the different ecotypes are crossed with WAT and RLT so as to split them into two groups: the ecotypes combining well with WAT, and those combining well with RLT. Within-group crosses then lead to the creation of two complementary populations. Subsequent selection cycles improve these two populations with respect to each other through reciprocal recurrent selection on half-sib families*

*This third section completes the rundown and describes the Dwarf  $\times$  Tall hybrid improvement method, along with the connections between the two selection procedures. The possibility of integrating the method into an international research network will also be looked at. In fact, given the costs involved and the need to collect and exchange planting material, international cooperation is the only way to ensure effective continuation of coconut genetic improvement.*

## I. — THE METHOD

### 1. — General principles

*The principles that governed the choice of method have already been described. Only a brief reminder of the broad outlines will be given here. The entire scheme is based on the same method, reciprocal recurrent selection (Comstock *et al.*, 1949). It consists in creating two populations kept in reproductive isolation and improved with respect to each other. For coconut, two reciprocal recurrent selection procedures are proposed: improvement of Tall  $\times$  Tall hybrids and improvement of Dwarf  $\times$  Tall hybrids. Figure 1 is a schematic diagram of these two procedures. Improvement of Dwarf  $\times$  Tall hybrids, which is the main concern of this part III, is shown in white.*

*The progeny tests developed at the Marc Delorme station have already been described (Nucé de Lamothe, 1970; Gascon and Nucé de Lamothe, 1976). There are two types of test:*

- *Ecotype combining ability tests (ECA), where each ecotype, taken as a unit, is crossed with one or more testers. The term tester may be used to describe a population, a family or an individual.*
- *Individual combining ability tests (ICA), where parents chosen from a population are crossed individually with the same genetic structure (tester).*

### 2. — Dwarf $\times$ Tall hybrid improvement

*Most coconut hybrids planted around the world are of the Dwarf  $\times$  Tall type. Table I shows that there is true complementarity between Dwarfs and Talls. This justifies keeping the two groups in reproductive isolation and improving them with respect to each other.*

- *First selection cycle: creating the basic population*

*The first cycle comprises two stages: a test phase (ECA) makes it possible to determine the ecotypes that perform well in hybridization; then an intercrossing phase between these ecotypes leads to the creation of two basic populations, a Dwarf type ( $D_1$ ) and a Tall type ( $T_1$ ).*

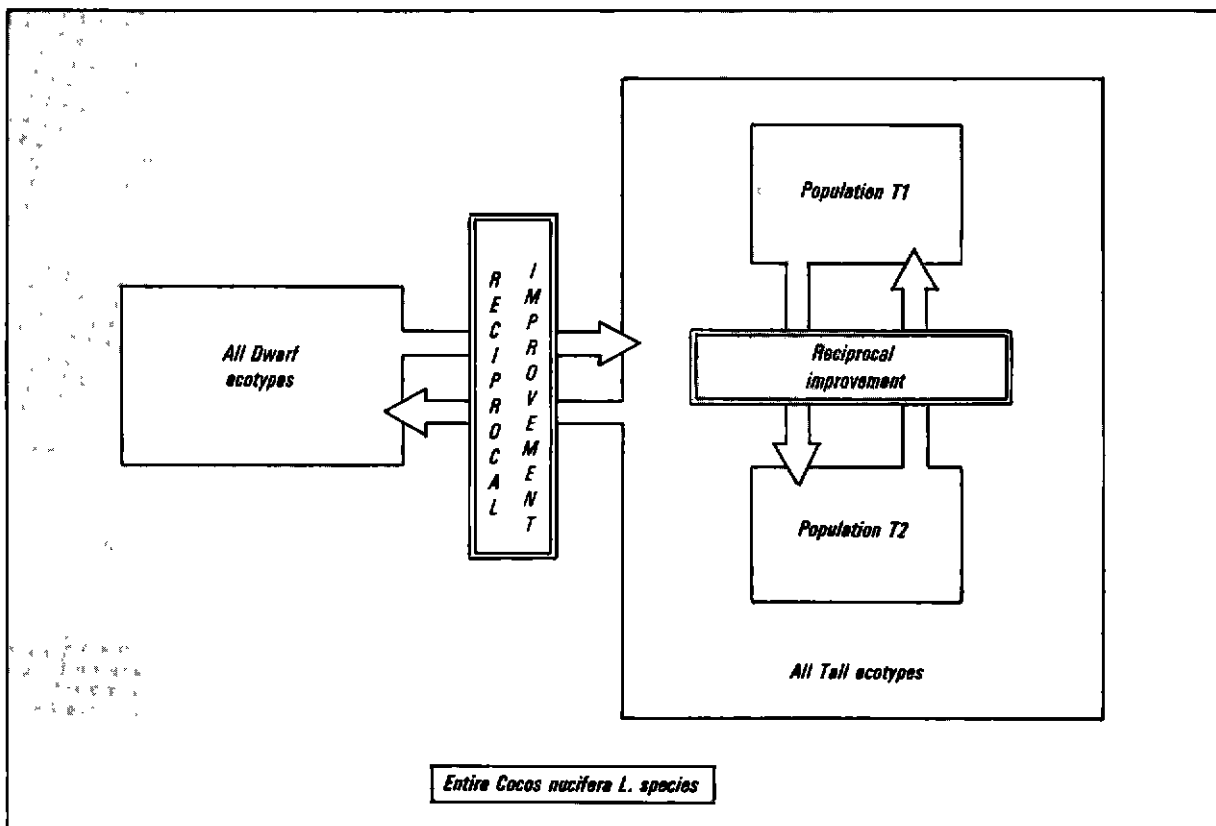
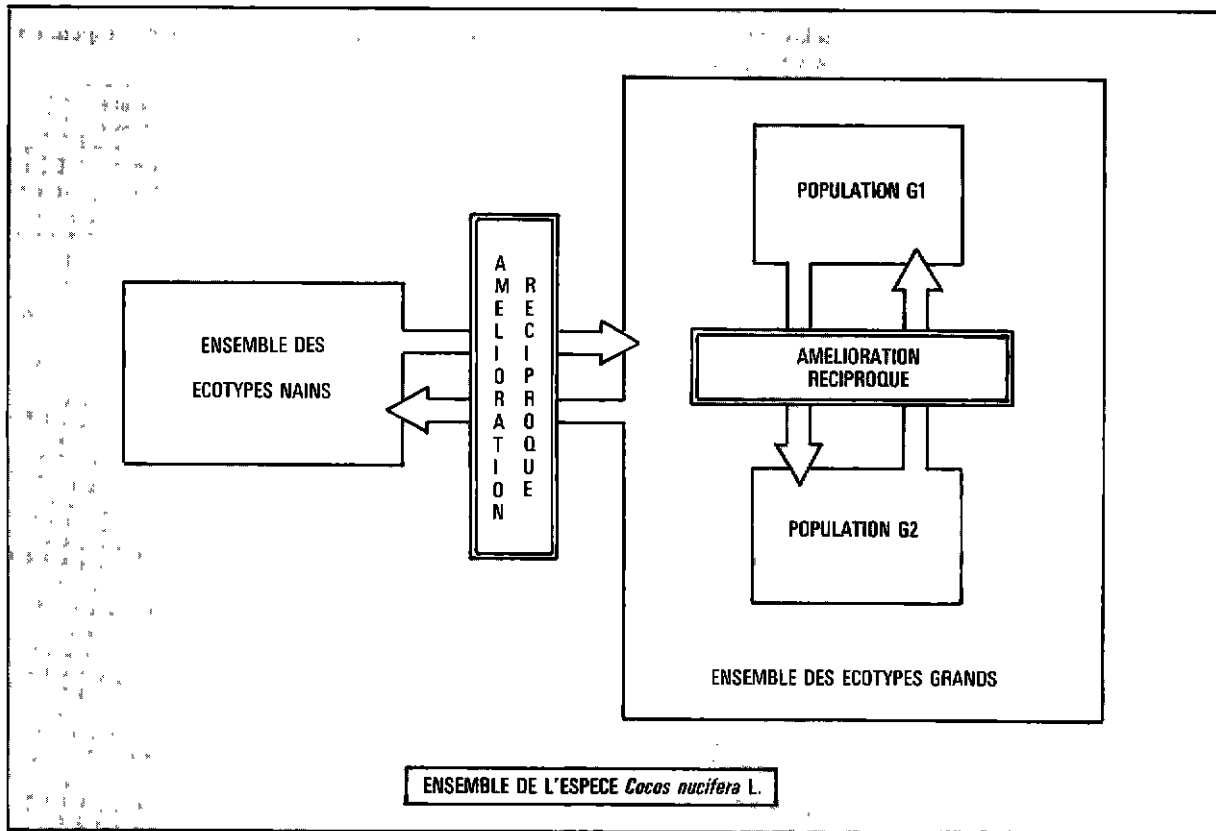


FIG. 1 — Representation synthétique des deux axes de sélection, place de l'axe Nain – Grand (figure en blanc) — (Schematic diagram of the two selection procedures the Dwarf x Tall procedure in context — shown in white)

TABLEAU I. — Comparaison de la production d'écotypes Nains et Grands avec les hybrides Nain × Grand correspondants —  
(Comparison of Dwarf and Tall ecotypes production with the corresponding Dwarf × Tall hybrids)

Hybrides ou écotypes testés (hybrids or ecotypes tested)	Jeune âge (Young trees)			Coprah par noix (g) (Copra/nut -g)	Age adulte (Adult trees)			
	Prec. (mois) (Prec. - months)	Rég. (Bunches)	Noix (Nuts)		CP/a (kg) (CP/t -kg)	Rég (Bunches)	Noix (Nuts)	CP/a (kg) (CP/t -kg)
Collection, plantation 1968/69 (Collection, 1968/69 planting)		6-8 ans (6-8 years)		6-10 ans (6-10 years)	9-18 ans (9-18 years)			
GOA (Témoin) (WAT - Control)		8.9	45	8.9	198	12.9	82	16.2
GRL (Grand Rennell) (RLT - Rennell Tall)		8.0	47	14.5	310	10.4	48	14.9
GPY1 (Grand Polynésie Tahiti) (PYT1 - Tahiti Polynesia Tall)		7.1	34	9.3	273	12.2	68	18.6
Collection, plantation 1972 (Collection, 1972 planting)		5-8 ans (5-8 years)			9-16 ans (9-16 years)			
NJM (Nain Jaune Malais) (MYD - Malayan Yellow Dwarf)		8.7	40	4.7	118	12.4	68	8.0
NRM (Nain Rouge Malais) (MRD - Malayan Red Dwarf)		10.1	48	6.8	142	13.9	82	11.6
Collection, plantation 1978 (Collection, 1978 planting)		5-8 ans (5-8 years)		6-10 ans (6-10 years)	9-10 ans (9-10 years)			
NJG (Nain Jaune Ghana) (GYD - Ghana Yellow Dwarf)		8.5	41	4.3	106	14.7	80	8.5
NVE (Nain Vert Guinée Equat.) (EGD - Equat Guinea Green Dwarf)		5.7	25	3.2	129	13.6	66	8.5
PBGC5, plantation 1971 (PBGC5, 1971 planting)		5-8 ans (5-8 years)		6-10 ans (6-10 years)	9-10 ans (9-10 years)			
GOA × GOA (Témoin) (WAT × WAT - Control)	73.0	5.6	31	7.4	235	12.0	58	13.7
NJM × GOA (MYD × WAT)	63.0	12.3	99	23.8	247	14.8	109	27.0
NRM × GOA (MRD × WAT)	63.2	11.8	74	19.2	265	14.4	94	25.1
NVE × GOA (EGD × WAT)	59.0	11.5	83	21.4	267	14.3	93	25.0
NJM × GPY1 (MYD × PYT1)	63.6	11.3	89	21.9	253	14.2	110	28.0
NRM × GPY1 (MRD × PYT1)	62.4	11.4	84	23.0	282	14.2	101	28.6
NVE × GPY1 (EGD × PYT1)	60.3	10.2	80	20.3	262	13.5	96	25.5
NRM × GRL (MRD × RLT)	59.7	9.9	63	19.5	321	13.5	78	25.1
PBGC11 Plantation 1974 (PBGC11, 1974 planting)		4-8 ans (4-8 years)		5-8, 11 ans (5-8, 11 years)	9-14 ans (9-14 years)			
GOA × GOA (Témoin) (WAT × WAT - Control)	53.1	7.9	37	8.3	225	13.7	75	17.1
NJM × GRL (MYD × RLT)	40.0	12.5	86	25.1	289	16.5	123	35.3
NVE × GRL (EGD × RLT)	43.9	10.9	62	20.1	311	15.4	86	27.1

#### Légende (Key)

- Prec : Délai entre la plantation et l'apparition de la première spathe (mois) — (Time between planting and appearance of the first spathe - months)  
 Rég. (Bunches) : Moyenne du nombre annuel de régimes par arbre — (Mean of the annual number of bunches per tree)  
 Noix (Nuts) : Moyenne du nombre annuel de noix par arbre — (Mean of the annual number of nuts per tree)  
 Coprah/noix : Moyenne annuelle (grammes) Le coprah est l'albumen de la noix déshydraté à 6% d'humidité  
 (Copra/nut) (Annual mean (grammes) Copra is the solid endosperm of the nut dehydrated to a moisture content of 6%)  
 CP/a (CP/t) : Coprah par arbre annuel (kilogrammes). Les valeurs de coprah par arbre peuvent être différentes du produit (nombre de noix × coprah par noix), car des analyses statistiques séparées ont été réalisées sur chaque paramètre (coprah par arbre calculé par produit pour chaque parcelle expérimentale puis analysé). — (Annual copra per tree (kilogrammes). The copra values per tree may be different from the product (number of nuts × copra per nut), as separate statistical analyses were carried out on each parameter (copra per tree calculated by product for each experimental plot, then analysed)

## a) Première génération : phase de test

Les tests de premier cycle consistent à réaliser deux types d'essais complémentaires. Les écotypes Grands sont croisés avec un testeur Nain, et les écotypes Nains sont croisés avec un testeur Grand. Le but de ce test est d'identifier les écotypes Grands qui présentent une bonne aptitude à la combinaison avec les Nains, et réciproquement.

## b) Seconde génération : phase de recombinaison

La phase de recombinaison consiste à croiser les meilleurs écotypes, Grands entre eux et Nains entre eux.

Les écotypes Grands qui se combinent le mieux avec le testeur Nain sont intercroisés, de façon à obtenir une population de base  $G_1$  constituée de nombreux croisements entre deux écotypes<sup>(1)</sup>. Pour éviter une perte de variabilité trop rapide, l'intensité de la sélection réalisée sur les écotypes doit être faible. La population de base peut, par exemple, être constituée en retenant pour chaque écotype un nombre de descendants proportionnel à sa valeur en croisement.

Le cas des écotypes Nains est un peu différent : la plupart sont autogames et ont subi de nombreux effets fondateurs. Ils peuvent donc être considérés comme des lignées pures (homozygotes). Pour tirer réellement parti de la recombinaison entre écotypes Nains, il faut réaliser au minimum deux générations d'intercroisements. En d'autres termes, il est nécessaire de créer une population d'hybrides quatre voies avant d'entamer la phase de test du second cycle d'amélioration.

Réaliser deux générations successives d'intercroisement semble, en première approche, extrêmement lourd d'un point de vue pratique. Mais en fait la précocité et surtout l'homozygotie des écotypes Nains simplifient le problème. Notamment, chaque hybride simple, entre écotypes Nains peut être représenté par un effectif minimal.

Les figures 2 et 3 présentent une schématisation de l'ensemble du premier cycle de sélection. Celui-ci permet la création de deux populations complémentaires, l'une constituée de Nains ( $N_1$ ) et l'autre de Grands ( $G_1$ ).

- Les cycles de sélection suivants : amélioration des populations

À l'issue du premier cycle, la méthode utilisée est une sélection récurrente réciproque sur famille de demi-frères. Chaque cycle de sélection comprend deux générations :

- une phase de test (A.C.I.) consistant à croiser des individus Grands avec un testeur Nain, et des individus Nains avec un testeur Grand. Elle permet de détecter les individus Grands qui présentent une bonne aptitude à la combinaison avec les Nains, et réciproquement. Les géniteurs testés sont simultanément autofécondés, dans le double but de les conserver et de les multiplier ;
- puis une phase de recombinaison génétique consistant à intercroiser les meilleurs géniteurs (ou leurs autofécondations), Grands entre eux et Nains entre eux. On obtient ainsi deux populations améliorées et complémentaires, l'une constituée de Nains ( $N_2$ ) et l'autre de Grands ( $G_2$ ), qui forment la base du cycle suivant de sélection.

## a) First generation: test phase

The first cycle tests consist in conducting two types of complementary trials Tall ecotypes are crossed with a Dwarf tester and Dwarf ecotypes are crossed with a Tall tester. The purpose of the test is to identify the Tall ecotypes that combine well with the Dwarfs, and vice versa.

## b) Second generation: recombination phase

The recombination phase consists in crossing the best ecotypes, Talls with each other and Dwarfs with each other.

The Tall ecotypes that combine best with the Dwarf tester are intercrossed, so as to obtain a basic population  $T_1$  made up of numerous crosses between two ecotypes<sup>(1)</sup>. To prevent too rapid a loss of variability, the selection intensity practised on the ecotypes must be low. For example, the basic population can be made up by keeping a number of progenies for each ecotype proportional to its crossing value.

The situation is slightly different for Dwarf ecotypes: most are autogamous and have undergone numerous foundation effects. They can therefore be considered as pure families (homozygotes). In order to really make the most of recombination between Dwarf ecotypes, at least two generations of intercrosses need to be carried out. In other words, it is necessary to create a population of 4-way hybrids before embarking upon the test phase of the second improvement cycle.

At first glance, carrying out two successive generations of intercrosses seems extremely laborious from a practical point of view. However, the precocity and, in particular, the homozygosity of Dwarf ecotypes simplifies this task. First and foremost, each single hybrid between Dwarf ecotypes can be represented by a minimum number of trees.

Figures 2 and 3 contain schematic diagrams of the entire first selection cycle, which enables the creation of two complementary populations, one made up of Dwarfs ( $D_1$ ), the other of Talls ( $T_1$ ).

- Subsequent selection cycles: population improvement

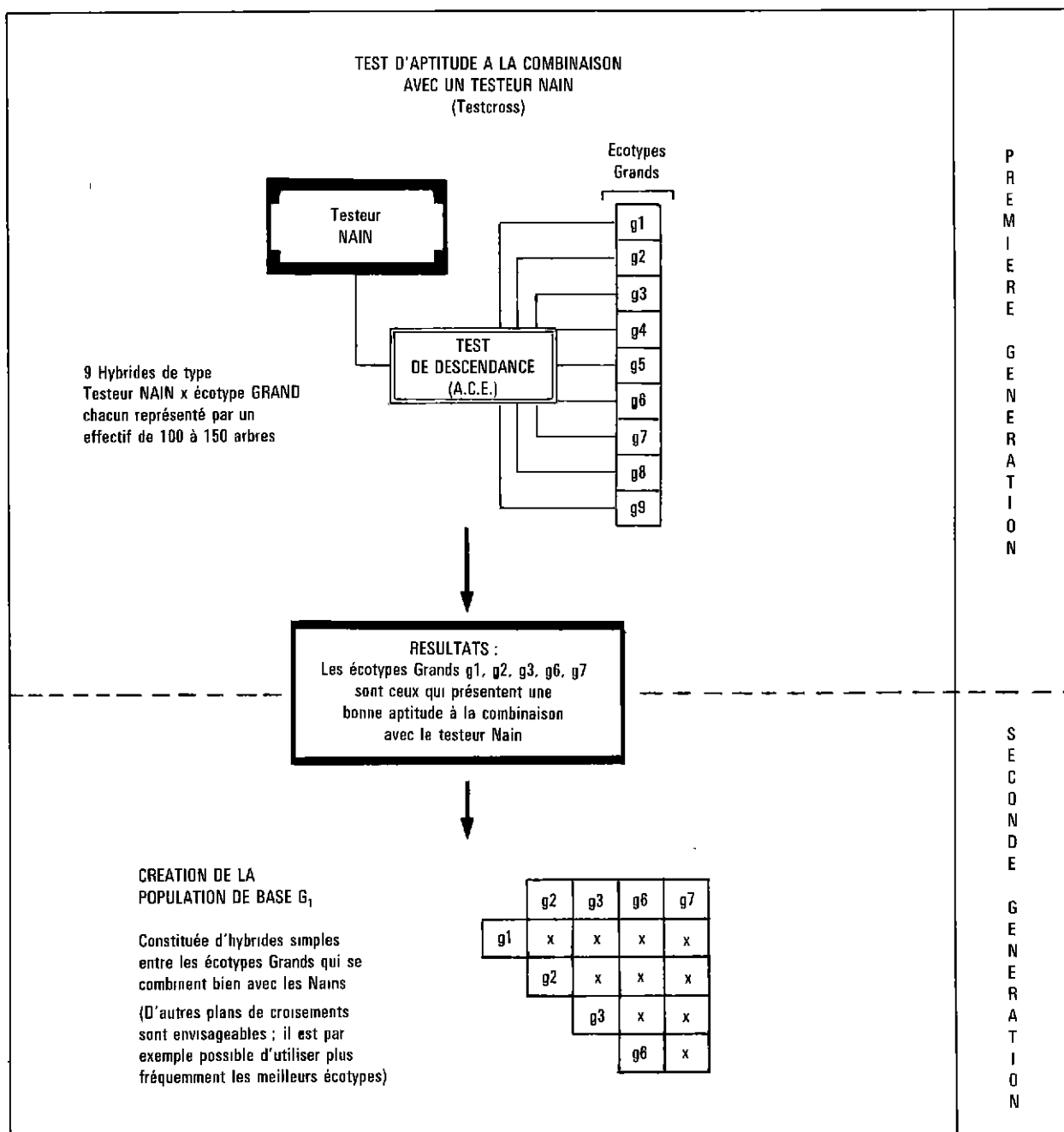
After the first cycle, the method used is reciprocal recurrent selection on half-sib families. Each selection cycle comprises two generations:

- a test phase (ICA), which consists in crossing Tall individuals with a Dwarf tester, and Dwarf individuals with a Tall tester. It makes it possible to detect Tall individuals that have good combining ability with Dwarfs and vice versa. The parents tested are simultaneously selfed, with the dual aim of preserving and multiplying them;
- a genetic recombination phase, which consists in intercrossing the best parents (or their selfs), Talls with each other and Dwarfs with each other. This gives two improved, complementary populations - one made up of Dwarfs ( $D_2$ ), the other of Talls ( $T_2$ ), which form the basis of the following selection cycle.

(1) Si, comme c'est le cas en Côte-d'Ivoire, on dispose d'un assez grand nombre d'hybrides simples entre écotypes Grands, on peut éventuellement réaliser une seconde génération d'intercroisement de façon à obtenir une population de base plus variable, constituée d'hybrides quatre voies.

(1) If, as in Côte-d'Ivoire, there is a large enough number of single hybrids between Tall ecotypes, a second generation of intercrosses could be carried out so as to obtain a more variable basic population made up of four-way crosses.

FIG 2. — Premier cycle de sélection Nain × Grand : amélioration des cocotiers Grands (Exemple théorique basé sur l'étude de neuf écotypes Grands numérotés g1 à g9)



Note — Compte tenu des effectifs proposés, cet exemple nécessite la plantation d'environ 15 hectares et la réalisation de 2000 fécondations artificielles

#### • Choix de testeurs

Chez le cocotier, les contraintes économiques liées au temps de génération et aux surfaces nécessaires rendent impraticables la réalisation de tests de confirmation des variétés produites.

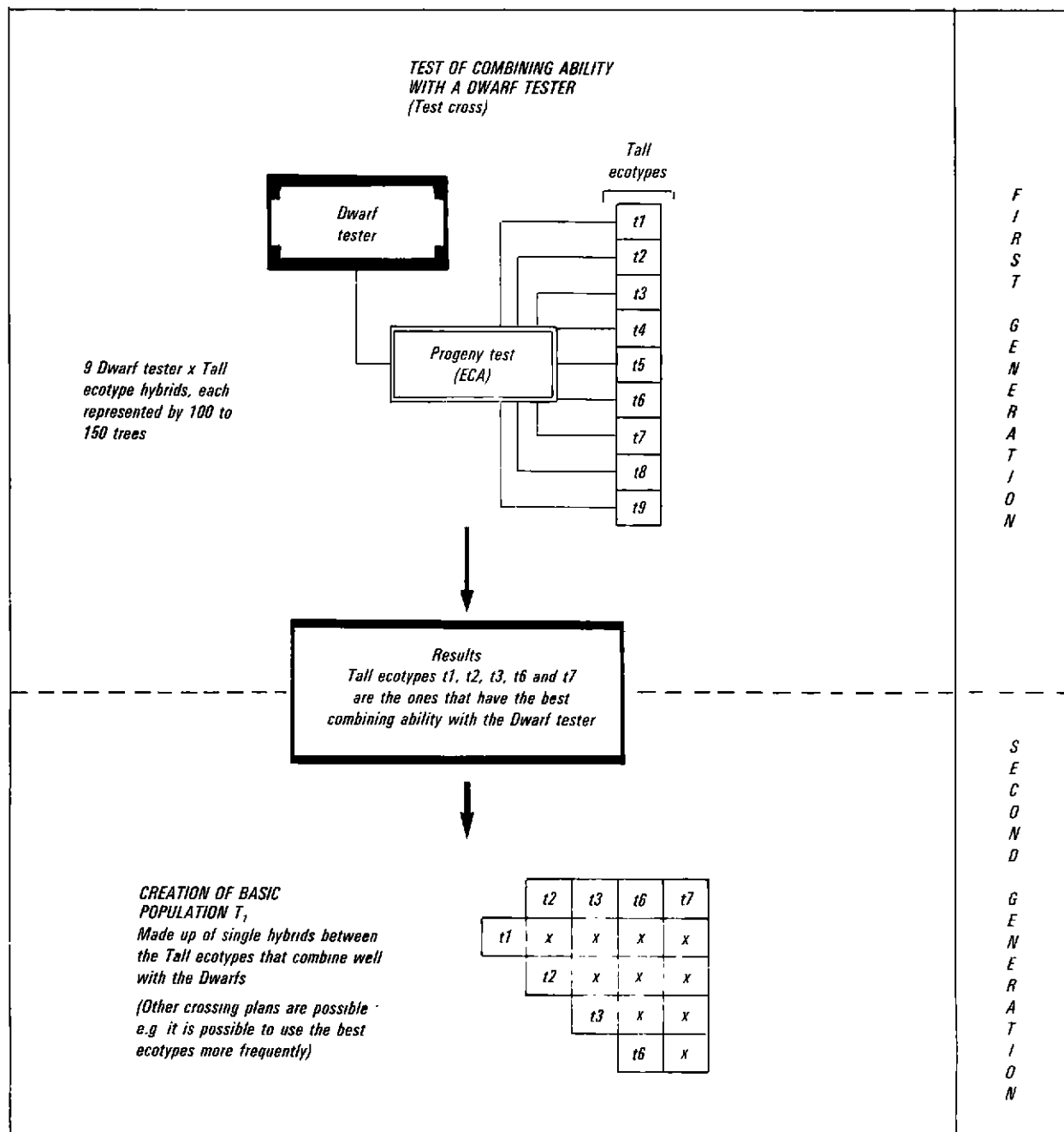
Les tests de descendance ont donc une double fonction : sélectionner les géniteurs (ou les écotypes) sur la base de leur aptitude à la combinaison et évaluer le potentiel des semences vulgarisées. Il en résulte que le choix d'un testeur est un compromis entre deux exigences contradictoires : il doit

#### • Choice of testers

With coconut, the economic constraints linked to the time taken for a generation and the land areas required make it impractical to carry out confirmation tests for the varieties produced.

Progeny tests therefore play a dual role: parent (or ecotype) selection based on their combining ability, and assessment of the potential of extended seeds. It transpires that the choice of a tester is a compromise between two contradictory necessities: it has to be representative of its original po-

FIG 2 — First Dwarf x Tall selection cycle : Tall coconut improvement (Theoretical example based on a study of nine Tall ecotypes numbered from t1 to t9)



Note Given the number of trees proposed, this example requires the planting of 15 hectares and 2,000 hand pollinations

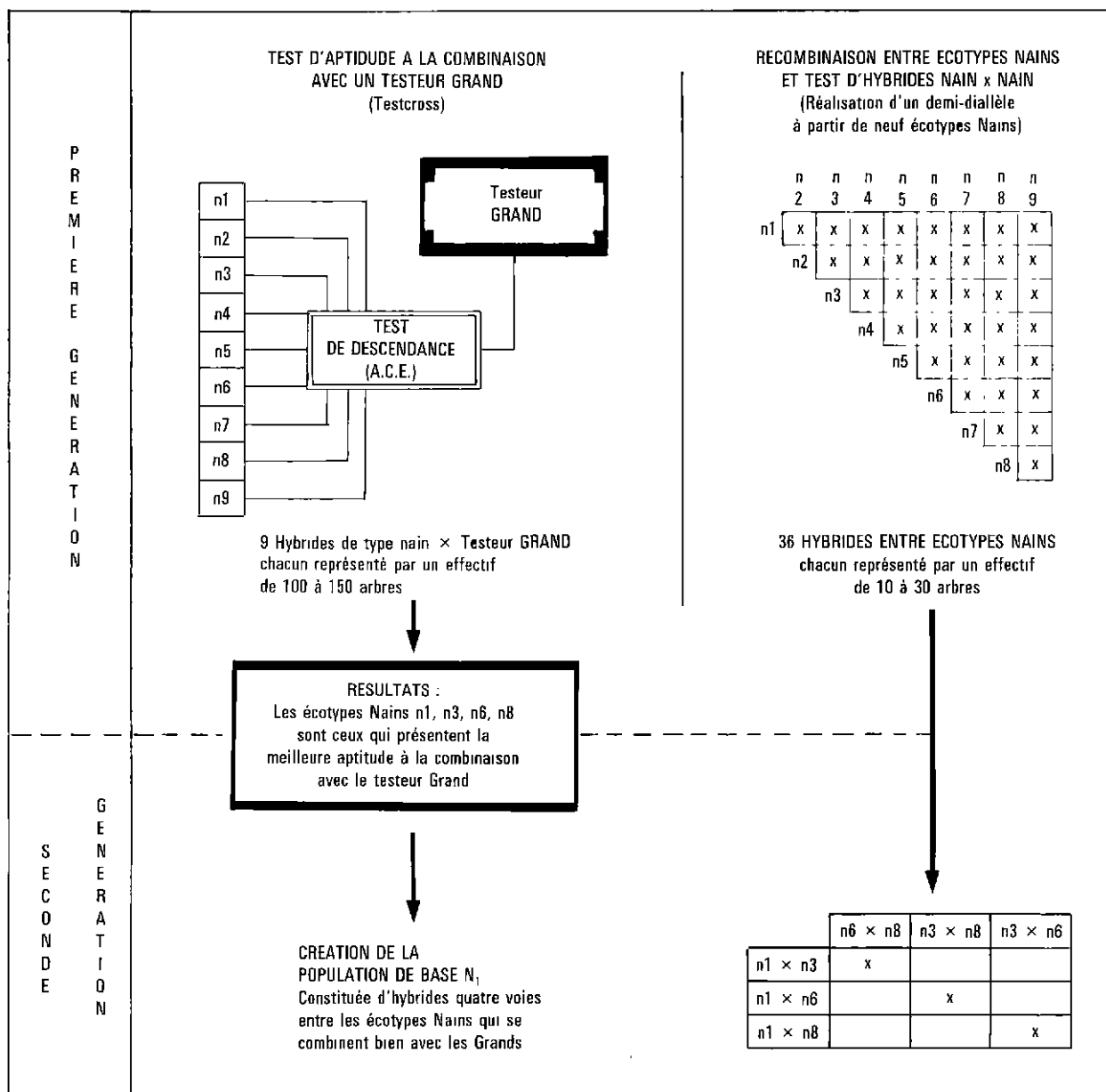
être représentatif de sa population d'origine et en même temps conférer un haut potentiel à sa descendance. Ce choix doit aussi tenir compte des conditions spécifiques à chaque programme de recherche. Par exemple, dans certaines zones, la tolérance à une maladie qui y sévit sera un critère essentiel.

A la station Marc Delorme, le testeur Nain retenu pour l'instant est l'écotype Nain Jaune Malaisie (NJM) qui présente une excellente aptitude à la combinaison avec les Grands. Ce choix est également motivé par des raisons économiques. En effet, beaucoup de champs semenciers plantés dans le monde sont constitués de Nain Jaune. Les semences

population and, at the same time, transmit high potential to its progeny. This choice should also take into account the conditions specific to each research programme. For example, in certain zones, tolerance to a disease that is rife there will be an essential criterion.

At the Marc Delorme station, the Dwarf tester chosen for the time being is the Malayan Yellow Dwarf ecotype (MYD), which has excellent combining ability with Talls. This choice is also governed by economic interests. In fact, many of the seed gardens planted around the world are made up of Yel-

FIG 3 — Premier cycle de sélection Nain × Grand : amélioration des cocotiers Nains (Exemple théorique basé sur l'étude de neuf écotypes Nains numérotés n1 à n9)



Note - Compte tenu des effectifs proposés, cet exemple nécessite la plantation d'environ 15 hectares et la réalisation de 2000 fécondations artificielles

améliorées pourront donc être produites sur des champs semenciers déjà en place. Seul le pollen changera d'un cycle à l'autre. Cette option permet de valoriser les investissements préalablement réalisés (Nucé de Lamothe et Rognon, 1972).

Le testeur Grand peut être constitué à partir d'un écototype ou de géniteurs sélectionnés sur leur aptitude à la combinaison avec les Nains. Cependant, sa base génétique doit être suffisamment large car le but est d'identifier des Nains qui se combinent bien avec l'ensemble de la population Grand et non avec un écototype particulier. A la station Marc Delorme, le choix s'est porté sur un croisement entre écotypes

*low Dwarfs. Improved seeds could therefore be produced in the seed gardens that exist already. Only the pollen will change from one cycle to the next. This option makes it possible to valorize the investments made beforehand (Nucé de Lamothe and Rognon, 1972).*

*The Tall tester may come from an ecotype or parents selected for their combining ability with Dwarfs. However, its genetic base must be broad enough, because the aim is to identify Dwarfs which combine well with the entire Tall population and not with a particular ecotype. At the Marc Delorme station, the tester chosen was a cross between ecotypes: the WAT × RLT hybrid. These two ecotypes combine*



Un précédent article (Durand-Gasselín *et al.* 1990) faisait état des premières données de production des essais plantés en Côte-d'Ivoire. La présente communication a pour objet de faire le point sur la productivité en régimes et en huile au jeune âge de l'ensemble des clones produits selon le procédé ORSTOM/IRHO.

## MATERIEL ET METHODES

### 1. — Les sites expérimentaux

Les essais étudiés dans cette communication sont situés sur 4 localisations différentes :

- la station de La Mé en Côte-d'Ivoire où les essais clonaux sont implantés sur 3 types de sols : sables tertiaires, zone hydromorphe à tourbes épaisses, zone hydromorphe à gleys (humiques ou minéraux) ;
- la station SOCFINDO de Bangun Bandar à Nord Sumatra qui est caractérisée par des sols de type volcanique (Tampubolon *et al.*, 1990) ;
- le bloc génétique SOCFINDO/IRHO d'Aek Kwasan où l'essai clonal étudié est établi sur des sols sédimentaires ;
- la station expérimentale du FELDA en Malaisie, avec des sols de type argileux mais bien drainés.

### 2. — Les essais

Les données de huit essais plantés à La Mé, deux essais à Bangun Bandar, un essai à Aek Kwasan et un essai du FELDA sont analysées ici. Excepté pour les quatre premiers essais plantés à La Mé - pour lesquels le matériel clonal n'était pas disponible en quantité suffisante - tous les autres essais sont en dispositif statistique permettant une estimation précise de la valeur des clones. Une comparaison directe avec du matériel issu de graines est possible grâce à la présence d'un ou plusieurs témoins sexués dans la majorité de ces essais.

Trois autres jeunes essais du FELDA pour lesquels on ne dispose que de 8 à 10 mois d'enregistrement de la récolte sont également présentés à titre de comparaison.

Dans le tableau I sont précisés la liste et les caractéristiques de l'ensemble des essais.

### 3. — Les clones testés

Les résultats présentés dans cette communication concernent uniquement des clones produits selon le procédé ORSTOM/IRHO, dans les unités suivantes :

- laboratoire ORSTOM de Bondy (France)
- laboratoire IRHO/CI de La Mé
- laboratoire SOCFINDO de Bangun Bandar
- laboratoire FELDA de Kuala Lumpur

La plupart des clones produits par Bondy, La Mé ou Bangun Bandar sont issus de croisements du type Afrique × Deli testés dans des essais comparatifs de descendance pour lesquels on dispose des données de production individuelle de régimes et de taux d'extraction. Certaines techniques (Baudouin *et al.*, 1987) permettent de gommer une partie des effets de l'environnement lors du choix des ortets, ce qui rend plus fiable l'estimation de leur potentiel par rapport à la moyenne du croisement dont ils sont issus.

Un certain nombre de clones sont testés dans des essais et même dans des pays différents, ce qui rend d'autant plus intéressante la comparaison des résultats de production.

*This paper aims to provide an update on bunch and oil productivity when young for all the clones produced using the ORSTOM/IRHO procedure.*

## MATERIAL AND METHODS

### 1. — Experimental sites

*The trials studied in this paper are located at four different sites:*

- *The La Mé Station in Côte-d'Ivoire, where the clone trials are planted on three types of soil, tertiary sands, a waterlogged zone with deep peat soils and a waterlogged zone with gleys (humic or mineral).*
- *The SOCFINDO Bangun Bandar Station in North Sumatra, which is characterized by volcanic type soils (Tampubolon *et al.*, 1990).*
- *The SOCFINDO/IRHO genetic block at Aek Kwasan, where the clone trial studied was set up on sedimentary soils.*
- *The FELDA Experimental Station in Malaysia, with clay type but well drained soils.*

### 2. — The trials

*The data for 8 trials planted at La Mé, two at Bangun Bandar, one at Aek Kwasan and one at FELDA are analyzed here. Except for the first four trials planted at La Mé - for which clonal material was not available in sufficient quantities - all the other trials were planted in statistical designs, enabling accurate estimates of clone value. Direct comparison with material produced from seed is possible due to the existence in most of the trials of one or more controls obtained from seed.*

*The results for three other young trials at FELDA, for which only 8 to 10 months' harvest records are available are also given as a comparison.*

*Table I gives a list and the characteristics of the various trials.*

### 3. — The clones tested

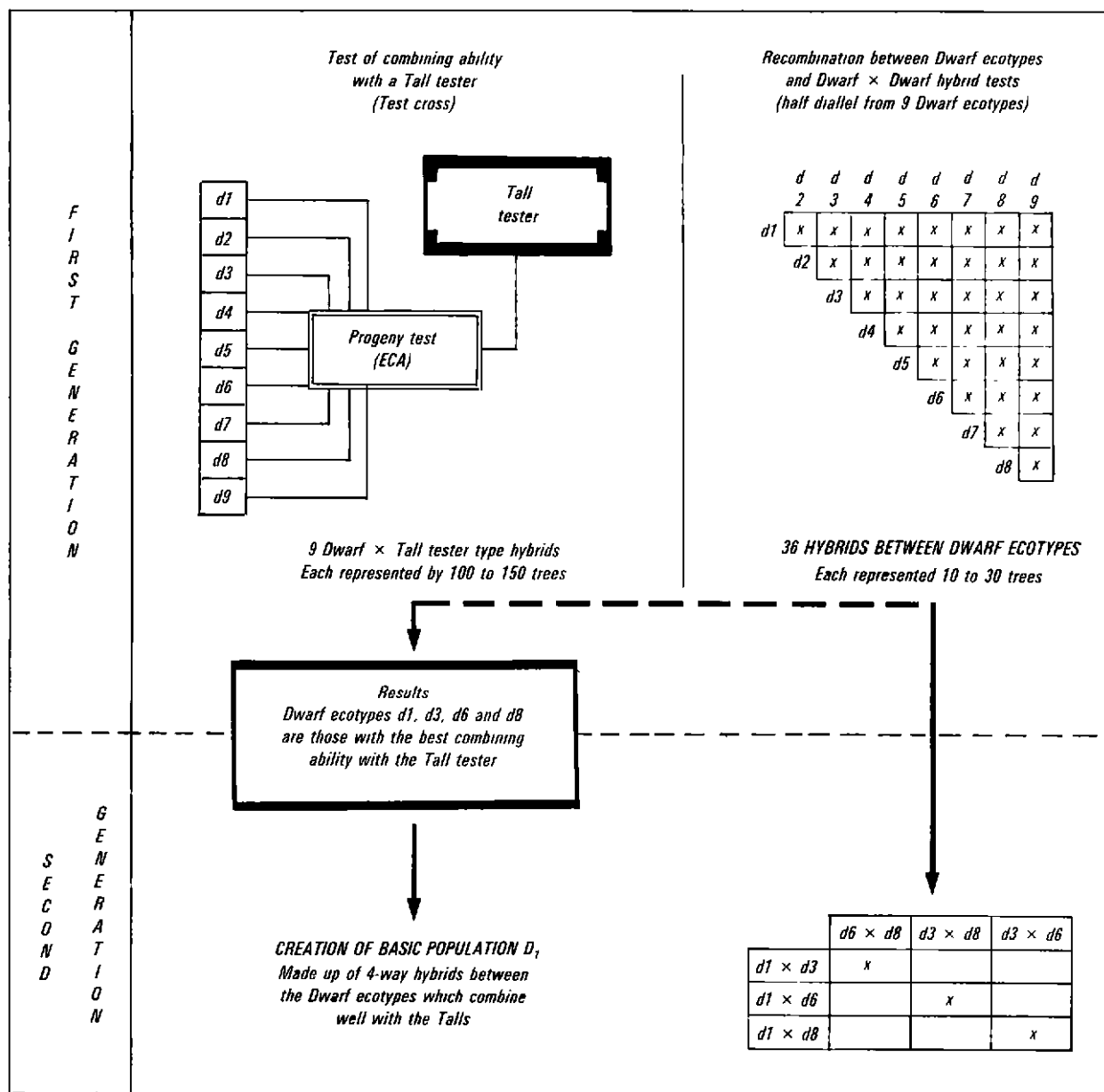
*The results given in this paper concern only those clones produced using the ORSTOM/IRHO procedure, in the following units:*

- *the ORSTOM Laboratory, Bondy, France*
- *the IRHO/CI Laboratory, La Mé*
- *the SOCFINDO Laboratory, Bangun Bandar*
- *the FELDA Laboratory, Kuala Lumpur.*

*Most of the clones produced by Bondy, La Mé and Bangun Bandar were obtained from African × Deli type crosses, tested in progeny comparative trials, for which individual bunch production and extraction rate data are available. Certain techniques (Baudouin *et al.*, 1987) make it possible to erase some environmental effects when choosing ortets, which makes for more reliable estimation of their potential compared with the mean for the cross from which they were obtained.*

*A certain number of clones are being tested in different trials and even different countries, which makes comparison of production results even more interesting.*

FIG. 3 — First Dwarf × Tall selection cycle : Dwarf coconut improvement (Theoretical example based on a study of nine Dwarf ecotypes numbered from d1 to d9)



Note Given the number of trees proposed, this example requires the planting of 15 hectares and 2,000 hand pollinations

comme testeur : l'hybride GOA × GRL. Ces deux écotypes se combinent bien entre eux et avec les Nains. Cette bonne aptitude à la combinaison est encore améliorée en utilisant les meilleurs géniteurs sélectionnés dans ces populations. Un progrès supplémentaire de 10 % est ainsi obtenu (R. Bourdeix *et al.*, 1991).

En Côte-d'Ivoire, ce choix présente évidemment l'avantage supplémentaire d'établir une liaison directe entre les axes Grand × Grand et Nain × Grand. Cette connexion, sans être obligatoire, permet une économie de moyens en début de programme.

well with each other and with Dwarfs. This good combining ability is further improved by using the best parents selected from these populations. A further 10% progress is achieved in this way (Bourdeix *et al.*, 1991).

In Côte-d'Ivoire, this choice obviously offers the additional advantage of establishing a direct link between the two procedures: Tall × Tall and Dwarf × Tall. This connection, whilst not obligatory, makes for savings in the resources required at the start of the programme.

Les testeurs évolueront en fonction des résultats de chaque cycle de sélection. D'une façon générale, les testeurs d'un cycle donné  $n$  seront constitués en intercroisant, séparément pour chaque population, les autofécondations des meilleurs géniteurs détectés lors du cycle  $n - 1$ . Le testeur Nain sera en outre reproduit à grande échelle dans des champs semenciers.

- Création variétale

La première sortie variétale a consisté à vulgariser directement les meilleurs croisements entre écotypes. A la station Marc Delorme plusieurs hybrides Nain  $\times$  Grand ont montré une production double de celle de l'écotype Grand local. Ces hybrides ont été diffusés à l'échelle mondiale (Nucé de Lamothe, 1990).

Lors des cycles suivants, la méthode de production de semences est analogue dans son principe à celle proposée pour l'amélioration des hybrides Grand  $\times$  Grand. Cependant, pour des raisons d'ordre pratique, seuls les Nains sont utilisés comme arbres-mères pour la production de semences.

A la fin des tests A.C.I., il est possible de reproduire à grande échelle les meilleurs croisements détectés. Ceux-ci font intervenir des géniteurs Grand sélectionnés à un cycle donné  $n$  et le testeur Nain sélectionné au cycle précédent  $n - 1$ . Le pollen nécessaire à la production de semences sera prélevé sur les autofécondations des meilleurs géniteurs Grand.

Ensuite, pendant la phase de recombinaison, les géniteurs Nains sélectionnés au cycle  $n$  sont multipliés dans des champs semenciers. Il est alors possible de produire des semences à partir de Nains et de Grands issus du même cycle d'amélioration.

## DISCUSSION

### 1. — Importance relative de l'amélioration des nains

La part de ressources à allouer à l'amélioration des Nains dépend de l'importance de progrès qu'on peut en attendre. On peut remarquer que le nanisme est une caractéristique relativement rare au niveau de la cocoteraie mondiale, et que leur variabilité est probablement inférieure à celle des grands.

Certains arguments militent même en faveur du maintien de l'intégrité des écotypes nains. Il s'agit en effet de structures homozygotes, donc faciles à multiplier massivement de façon conforme.

Traditionnellement, les jardins à graines d'hybrides Nain  $\times$  Grand sont constitués d'écotypes Nains (principalement le NJM). Leur remplacement par des nains améliorés représentera un coût important, qui ne se justifiera que par un progrès substantiel.

Toutefois, cet obstacle sera partiellement levé par le développement de la multiplication végétative *in vitro*. Cette technique permettra en effet la reproduction conforme et à grande échelle des meilleurs génotypes, qu'il s'agisse de reproducteurs Nain  $\times$  Nain ou d'hybrides Nain  $\times$  Grand.

D'autre part, il n'existe pas toujours un lien strict entre la variabilité apparente d'une population et celle qui est utilisable par le sélectionneur. Enfin, certains écotypes Nains présentent des caractéristiques complémentaires qu'il paraît intéressant de recombinaison. Afin d'évaluer cette variabilité génétique utile, nous proposons donc de mener le schéma d'amélioration des Nains, au moins jusqu'aux tests de second cycle de sélection, soit trois générations :

- réalisation d'hybrides simples entre écotypes Nains,
- création d'une population améliorée d'hybrides quatre voies,

*The testers will evolve in line with the results of each selection cycle. Generally speaking, the testers from a given cycle  $n$  will be obtained by separately intercrossing the selfs of the best parents detected in cycle  $n - 1$ , for each population. The Dwarf tester will also be reproduced on a large scale in seed gardens.*

- Variety creation

*Initial variety production consisted in directly extending the best crosses between ecotypes. At the Marc Delorme station, several Dwarf  $\times$  Tall hybrids have produced twice as much as the local Tall ecotype. These ecotypes have been distributed on a worldwide scale (Nucé de Lamothe, 1990).*

*In the following cycles, the seed production method is similar in principle to that proposed for the improvement of Tall  $\times$  Tall hybrids, but for practical reasons only Dwarfs are used as mother-trees for seed production.*

*At the end of the ICA tests, it is possible to proceed with large-scale reproduction of the best crosses detected. They involve Tall parents selected during a given cycle  $n$  and the Dwarf tester selected during the previous cycle  $n - 1$ . The pollen required for seed production will be taken from the selfs of the best Tall parents.*

*Then, during the recombination phase, the Dwarf parents selected during cycle  $n$  are multiplied in seed gardens. It is then possible to produce seeds from Dwarfs and Talls obtained in the same improvement cycle.*

## DISCUSSION

### 1. — Relative importance of Dwarf improvement

*The amount of resources given over to Dwarf improvement depends on the degree of progress that can be expected. It can be said that dwarfism is a relatively rare characteristic in the world's coconut groves and that the variability of Dwarfs is probably less than that of Talls.*

*Some even argue in favour of maintaining the integrity of Dwarf ecotypes. In fact, they are homozygous structures and true-to-type mass multiplication is therefore easy.*

*Traditionally, Dwarf  $\times$  Tall hybrid seed gardens consist of Dwarf ecotypes (mainly the MYD). Replacing them with improved Dwarfs would be a costly business, which could only be justified if substantial progress were assured.*

*Nevertheless, this obstacle will be partially removed by the development of *in vitro* vegetative propagation. In fact, this technique will enable true-to-type reproduction of the best genotypes on a large scale, whether they be Dwarf  $\times$  Dwarf reproducers or Dwarf  $\times$  Tall hybrids.*

*In addition, there is still no strict link between the bulk variability of a population and the proportion that can be used by breeders. Finally, certain Dwarf ecotypes have complementary characteristics which seem to be worth recombining. In order to assess useful genetic variability, we propose proceeding with the Dwarf improvement scheme at least as far as the second selection cycle tests, i.e. three generations:*

- carrying out single crosses between Dwarf ecotypes,
- creating an improved four-way hybrid population.
- testing parents for their combining ability with a Tall tester.

- et enfin tests de géniteurs pour l'aptitude à la combinaison avec un testeur Grand.

Les résultats de ces tests permettront de déterminer l'importance à accorder par la suite à l'amélioration des Nains. Cette détermination reposera sur la comparaison des variances génétiques dans les tests réciproques [géniteurs Nains × Testeur Grand] et [géniteurs Grands × Testeur Nain] réalisés lors du second cycle de sélection.

Une autre voie de sélection, inabordable jusqu'à présent, concerne les hybrides entre écotypes Nains. Ceux-ci sont précoces, homogènes, et leur encombrement réduit permet de fortes densités de plantation (Le Saint et Nucé de Lamothe, 1987). Cependant, pour les raisons mentionnées ci-dessus, il semble préférable de ne pas investir trop de moyens dans une voie d'amélioration qui pourrait s'avérer limitée. Là encore, une phase d'évaluation est nécessaire. A la station Marc Delorme, la méthode retenue consiste à comparer un grand nombre d'hybrides de Nain, chaque hybride étant représenté par un effectif très réduit. Ces croisements sont déjà planifiés dans le cadre de l'amélioration des hybrides Nain × Grand (Fig. 3).

## 2. — Comparaison des deux axes de sélection

Les deux axes de sélection -Grand × Grand et Nain × Grand- reposent sur la même méthodologie. Dans les deux cas, le phénomène de vigueur hybride est exploité grâce à une sélection récurrente réciproque. De nombreux points évoqués lors de l'exposé de l'axe Grand × Grand restent donc applicables et seront rappelés brièvement.

Les contraintes liées à la biologie de la plante ont été prises en compte de la même façon. L'option qui consiste à tester des familles de demi-frères est adaptée au faible rendement des fécondations artificielles. La multiplication par autofécondation des géniteurs testés est nécessaire pour la production de semences. Du fait du fort encombrement de la plante, le nombre d'arbres étudiés à chaque cycle de sélection est limité. La mise au point de tests précoces est importante, car elle permettrait d'éliminer certains croisements avant leur plantation au champ. Enfin, bien que le cycle de sélection s'étale sur deux générations, le schéma décrit permet de produire du matériel supérieur à chaque génération.

Dans les deux cas, l'utilisation de testeurs constitués à partir de géniteurs sélectionnés permet de récupérer le progrès génétique réalisé lors des précédentes étapes.

Il existe cependant une différence de principe entre les deux axes de sélection, Grand × Grand et Nain × Grand. La partition des écotypes en deux types, Nain et Grand, repose sur des différences biologiques nettes : les deux populations sont naturellement divergentes et complémentaires. Par contre, dans le cas des hybrides Grand × Grand, les deux populations améliorées sont créées artificiellement en utilisant deux testeurs complémentaires. Dans ce cas, un génotype particulièrement performant pourra éventuellement être inclus au départ dans les deux populations de Grands. Ces deux situations présentent des avantages et inconvénients. Selon Gallais (1989) : "la complémentarité au départ assure un niveau minimum des hybrides qui pourront être développés à court terme ; elle permet aussi de ne faire porter l'effort de sélection que sur une partie du génome et ainsi d'être plus efficace. Par contre, à long terme cette méthode ne permet pas d'utiliser au maximum la variabilité génétique. (...) Pour utiliser au mieux la variabilité, la seule façon d'arriver à ce potentiel est de former une seule population au départ par intercroisement de deux ou plusieurs populations, puis de diviser arbitrairement en deux cette population."

En conclusion, l'amélioration des hybrides Nain × Grand permet d'obtenir rapidement des hybrides performants mais se révélera peut être limitée à long terme. Par contre, l'amélioration des hybrides Grand × Grand utilise une approche

*The results of these tests will make it possible to determine the importance to be attributed to Dwarf improvement. This will be based on a comparison of genetic variances in reciprocal tests [Dwarf parents × Tall tester] and [Tall parents × Dwarf tester] carried out during the second selection cycle.*

*Another selection procedure, not covered so far, is hybrids between Dwarf ecotypes. These are precocious and homogeneous, and their low bulk means that high planting densities can be used (Le Saint and Nucé de Lamothe, 1987). However, for the reasons mentioned above, it seems preferable not to invest too heavily in an improvement procedure that may prove limited. Once again, an assessment phase is necessary. At the Marc Delorme station, the method adopted consists in comparing a large number of Dwarf hybrids, each hybrid represented by a very small number of trees. These crosses are already planned for under Dwarf × Tall hybrid improvement (Fig. 3).*

## 2. — Comparison of the two selection procedures

*The two selection procedures - Tall × Tall and Dwarf × Tall - are based on the same methodology. In both cases, the hybrid vigour phenomenon is exploited through reciprocal recurrent selection. Numerous points covered during the section on Tall × Tall improvement therefore remain applicable and are briefly recalled below.*

*The constraints linked to the plant's biology were taken into account in the same way. The option consisting in testing half-sib families is adapted to the low yields from hand pollination. Multiplying by selfing tested parents is necessary for seed production. Given the bulk of the plant, the number of trees studied in each selection cycle is limited. It is important to develop early tests, as this would make it possible to eliminate certain crosses before planting out in the field. Finally, although the selection cycle is spread over two generations, the scheme described makes it possible to produce better material with each new generation.*

*In both cases, using testers made up of selected parents makes it possible to recover the genetic progress made during previous stages.*

*However, there is a difference in principle between the two selection procedures - Tall × Tall and Dwarf × Tall. The division of ecotypes into two types, Dwarf and Tall, is based on distinct biological differences: the two populations are naturally divergent and complementary. In this case, a genotype that performs particularly well might possibly be included in the two Tall populations at the outset. These two situations offer both advantages and disadvantages. According to Gallais (1989): "the complementarity at the outset ensures a minimum level for those hybrids that can be developed in the short term; it also means that selection efforts can be concentrated on part of the genome and therefore be more effective. However, in the long term, this method does not enable maximum use of genetic variability. (...) In order to make the most of variability, the only way to achieve this potential is to form a single population at the outset by intercrossing two or more populations, then dividing this population in two arbitrarily."*

*To conclude, improvement of Dwarf × Tall hybrids makes it possible to obtain high performance hybrids rapidly, but may prove limited in the long term. On the other hand, improvement of Tall × Tall hybrids uses a more exploratory approach, which guarantees continuous genetic progress over a large number of generations. These options tally well with*

plus exploratoire qui garantit un progrès génétique continu sur un grand nombre de générations. Ces options s'accordent bien avec les hypothèses formulées sur le potentiel des deux types hybrides Nain  $\times$  Grand et Grand  $\times$  Grand.

### 3. — Connexion entre les deux axes de sélection

Jusqu'à présent les principaux axes de l'amélioration ont été décrits de façon indépendante. Il est intéressant de compléter l'exposé en étudiant les interconnexions possibles entre les deux axes.

#### a) Interconnexions en début de sélection

Dans notre exemple, au premier cycle de sélection, chaque écotype Grand est croisé avec trois testeurs : NJM, GOA et GRL. Les deux testeurs Grands GOA et GRL présentent une excellente aptitude à la combinaison, à la fois entre eux et avec les Nains (Tabl. I).

Il est donc possible de choisir directement dans les hybrides de type "Grand  $\times$  testeur Grand" des individus qui seront testés pour leur aptitude à la combinaison avec les Nains. Ainsi, si un écotype Ecol se combine bien avec les Nains, on peut immédiatement croiser des individus Ecol  $\times$  GOA et Ecol  $\times$  GRL avec un testeur Nain. Cette méthode permet de réduire le temps et les moyens consacrés aux recombinaisons dans l'axe Nain  $\times$  Grand.

Grâce au même principe, on peut utiliser l'axe Grand  $\times$  Grand comme un intermédiaire permettant d'introduire une nouvelle variabilité dans l'amélioration des hybrides Nain  $\times$  Grand (par exemple pour intégrer un nouvel écotype, intéressant mais non sélectionné, dans des populations déjà améliorées).

#### b) Evolution à moyen terme

Si les deux axes de sélection -Nain  $\times$  Grand et Grand  $\times$  Grand- sont menés indépendamment, il est probable qu'ils finiront par diverger et que les structures sélectionnées dans chaque population de Grands ne correspondront plus : les géniteurs qui se combinent bien avec les Grands ne seront pas forcément ceux qui se combinent bien avec les Nains.

Néanmoins, cette divergence n'apparaîtra sans doute qu'au bout de plusieurs générations. Tant qu'elle n'est pas apparue, l'amélioration réalisée dans un axe de sélection peut théoriquement être utilisée dans l'autre. Il faut donc prévoir un moyen de transférer le progrès génétique d'un axe à l'autre.

La méthode proposée ci-dessous permet d'estimer en partie la divergence des populations. Elle consiste à choisir, dans les populations améliorées de l'axe Grand  $\times$  Grand ( $G_{1n}$  et  $G_{2n}$ ), des géniteurs qui seront testés uniquement pour l'aptitude à la combinaison avec les Nains. Il est clair que si les populations ont divergé, ces géniteurs présenteront une aptitude à la combinaison avec les Nains dégradée. Par contre, si ces géniteurs montrent un bon comportement, cela signifie que la divergence n'a pas encore eu lieu. On peut alors utiliser les meilleurs de ces géniteurs pour la constitution des populations améliorées suivantes :

- d'une part, la population  $G_{n+1}$ , sélectionnée pour l'aptitude à la combinaison avec les Nains,
- et d'autre part, leur population d'origine.  $G_{1n+1}$  ou  $G_{2n+1}$  selon les cas. Un seul test permet donc d'inclure un géniteur dans deux populations améliorées, ce qui représente une certaine économie de moyens.

On peut donc proposer qu'à chaque cycle de sélection, une certaine proportion (1/5 à 1/4) des géniteurs testés avec les Nains soient directement choisis dans les populations améliorées de l'axe Grand  $\times$  Grand. Cette méthode devra cependant être abandonnée dès qu'il apparaîtra une divergence

*the hypotheses put forward on the potential of the two types of hybrid. Dwarf  $\times$  Tall and Tall  $\times$  Tall.*

### 3. — Connections between the two selection procedures

*So far, the main improvement procedures have been described separately. It is worth completing these descriptions by studying possible interconnections between them.*

#### a) Interconnections at the start of selection

*In our example, during the first selection cycle, each Tall ecotype was crossed with three testers: MYD, WAT and RLT. The two Tall testers (WAT and RLT) have an excellent combining ability, both with each other and with Dwarfs (Table I).*

*It is therefore possible to choose individuals to be tested for their combining ability with Dwarfs directly from the "Tall  $\times$  Tall tester" type hybrids. Thus, if an ecotype Ecol combines well with Dwarfs, it is immediately possible to cross Ecol  $\times$  WAT and Ecol  $\times$  RLT individuals with a Dwarf tester. This method makes it possible to reduce the time and resources devoted to recombinations in the Dwarf  $\times$  Tall procedure.*

*By virtue of the same principle, the Tall  $\times$  Tall procedure can be used as an intermediate stage by which new variability can be introduced into Dwarf  $\times$  Tall hybrid improvement (e.g. to integrate a new ecotype that is interesting though not selected into populations that have already been improved).*

#### b) Medium-term evolution

*Although the two selection procedures - Dwarf  $\times$  Tall and Tall  $\times$  Tall - are carried out separately, it is probable that they will end up diverging and the structures selected from each Tall population will no longer correspond: the parents that combine well with Tall will not necessarily be those that combine well with Dwarfs.*

*Nevertheless, this divergence will no doubt only appear after several generations. So long as it has not appeared, the improvement achieved with one selection procedure can theoretically be used in the other. It is therefore necessary to provide a method of transferring genetic progress from one procedure to another.*

*The method proposed below enables a partial estimate to be made of population divergence. It consists in choosing from the improved populations in the Tall  $\times$  Tall procedure ( $T_{1n}$  and  $T_{2n}$ ), those parents that will be tested solely for their ability to combine with Dwarfs. It is obvious that if the populations have diverged, the ability of these parents to combine with Dwarfs will have deteriorated. However, if these parents perform well, it means that divergence has yet to take place. The best of these parents can therefore be used to make up the following improved population.:*

- population  $T_{n+1}$ , selected for its combining ability with Dwarfs,
- their original population  $T_{1n+1}$  or  $T_{2n+2}$ , depending on the case. A single test therefore makes it possible to include a parent in the two improved populations, which will lead to resource savings.

*Hence, for each selection cycle, it can be proposed that a certain proportion (1/5 to 1/4) of parents tested with Dwarfs be chosen directly from the Tall  $\times$  Tall procedure improved populations. However, this method should be dropped as*

nette entre les populations de Grands des deux axes de sélection.

Les résultats accumulés au cours du temps offriront une vision plus précise de l'intérêt relatif des deux axes de sélection. D'autre part, l'évolution des idéotypes induira peut être l'abandon de l'une des deux voies ou, au contraire, une spécialisation liée aux systèmes agraires et aux utilisations diverses du cocotier. A l'heure actuelle, cette seconde hypothèse semble plus probable.

#### 4. — Préparation à la sélection clonale

Un essai génétique cocotier, de la conception aux derniers résultats, s'étale sur environ quinze ans. On peut raisonnablement penser que d'ici une quinzaine d'années, la méthode de multiplication végétative *in vitro* sera opérationnelle. Il est donc indispensable d'anticiper cette mise au point.

En pratique, les moyens mis en oeuvre pour préparer la sélection clonale seront nécessairement limités. Celle-ci sera essentiellement réalisée dans les essais génétiques conçus pour la voie sexuée, qui sont bien adaptés (forte variance génétique inter et intra-descendance).

Dans l'optique d'une sélection clonale, il est également intéressant de créer des situations de ségrégation du nanisme, par exemple en intercroisant des hybrides Nain × Grand. Lors du premier cycle de sélection, des croisements de ce type ont été réalisés en Côte-d'Ivoire (Meunier *et al.*, 1984a). On espère obtenir des descendance très variables dans lesquelles certains arbres auront la précocité, la faible croissance des nains et un excellent niveau de production. Cette méthode peut être systématisée à chaque cycle de sélection, sans cependant y consacrer trop de moyens. Compte-tenu des multiples problèmes phytopathologiques rencontrés sur cocotier, la sélection clonale sera vraisemblablement aussi utilisée pour tenter de cumuler rapidement dans un seul génome plusieurs sources de tolérances aux maladies.

### CONCLUSION : INTEGRATION DE LA METHODE DANS LE CADRE D'UN RESEAU INTERNATIONAL

Le schéma de sélection utilisé à la station Marc Delorme semble bien adapté au cocotier. Il repose sur une gestion rationnelle de la variabilité, tient compte des contraintes liées à la biologie de la plante et intègre les acquis récents de la sélection. Il permet de transférer le progrès génétique réalisé lors des précédentes étapes d'amélioration. Malgré le faible coefficient de multiplication, des semences de qualité peuvent être produites à grande échelle. Enfin, le fait d'améliorer plusieurs types d'hybrides permettra de répondre aux exigences diverses des utilisateurs.

Il n'en reste pas moins que la mise en oeuvre d'un tel programme nécessite des moyens matériels et scientifiques importants pouvant même dépasser les possibilités d'un centre de recherche national dès lors que l'on ambitionne d'exploiter au mieux la variabilité de l'espèce. Seule une coopération internationale permettrait de poursuivre à son meilleur niveau l'amélioration génétique du cocotier.

L'une des priorités de l'amélioration génétique demeure la collecte et l'évaluation des populations disséminées dans toute la zone intertropicale. Il convient d'encourager toutes les initiatives, nationales et internationales, dans ce domaine. L'étude de la valeur en croisement de ces écotypes constitue une tâche beaucoup plus lourde encore.

L'adaptation ou la mise au point de techniques permettant l'analyse de la diversité du génome ou l'utilisation de tests précoces devraient aider les sélectionneurs à orienter leurs travaux. Le nombre de croisements à créer et à tester sera néanmoins considérable. Chaque centre concentrera ses ef-

*soon as distinct divergence appears between the Tall populations of the two selection procedures*

*The results accumulated over time will provide a clearer picture of each selection procedure's relative merits. In addition, ideotype evolution may lead to one of the procedures being dropped, or, on the other hand, there may be specialization linked to farming systems and the different uses to which coconut palms are put. At the moment, the latter hypothesis seems the more likely.*

#### 4. — Preparing for clonal selection

*A coconut genetic trial, from its beginnings to the final results, is spread over fifteen years or so. It is reasonable to believe that the *in vitro* vegetative propagation method will be operational within about fifteen years. It is therefore essential to pave the way for this development.*

*In practice, the resources brought into play to prepare for clonal selection are bound to be limited. Such selection will primarily be undertaken in well-adapted genetic trials designed for material produced from seed (substantial between- and within-progeny genetic variance).*

*With a view to clonal selection, it is also worth establishing dwarfism segregation situations, e.g. intercrossing Dwarf × Tall hybrids. Crosses of this type were carried out in Côte-d'Ivoire during the first selection cycle (Meunier *et al.*, 1984a). It is hoped to obtain very variable progenies in which certain trees will have the precocity and slow vertical growth of the Dwarfs, combined with excellent production. This method can be systematized for each selection cycle, though without devoting too many resources to it. Given the numerous phytopathological problems encountered with coconut, clonal selection will probably be used to try and ensure rapid cumulation of several sources of disease tolerance in a single genome.*

### CONCLUSION: INTEGRATING THE METHOD IN AN INTERNATIONAL NETWORK

*The selection scheme used at the Marc Delorme station seems to be well adapted to coconut. It is based on rational management of variability, takes into account constraints connected with the plant's biology and embraces recent breeding achievements. It makes it possible to transfer the genetic progress achieved during previous improvement stages. Despite the low coefficient of multiplication, top quality seeds can be produced on a large scale. Finally, the fact of improving several types of hybrids will enable solutions to be found for the different requirements of users.*

*Nevertheless, implementing such a programme requires substantial material and scientific resources which may even exceed the possibilities of a national research centre once the aim is to make maximum use of the species' variability. International cooperation is the only way of continuing coconut genetic improvement at its optimum level.*

*One of the priorities of genetic improvement remains the collection and assessment of populations disseminated throughout the intertropical zone. All initiatives in this field, both national and international, should be encouraged. A study of these ecotypes' crossing value is an even more laborious task.*

*Adaptation or development of techniques enabling analysis of genome diversity, or using early tests should help breeders to orient their work. Nevertheless, the number of crosses to be created and tested will be considerable. Each centre will concentrate its efforts primarily on local eco-*

forts en priorité sur les écotypes locaux et quelques génotypes introduits. Les différents programmes progresseront plus vite s'ils arrivent à s'associer dans un réseau international permettant les échanges des idées, des méthodes et des données, voire du matériel.

Quels que soient les schémas d'amélioration et les écotypes utilisés, il paraît évident que le progrès génétique global sera d'autant plus rapide et important que le travail sera réparti. Ceci suppose un minimum de coordination et d'éléments de comparaison : utilisation conjointe de certains écotypes de base très répandus comme les Nains malais, mise en commun de témoins, choix de testeurs définis... C'est vraisemblablement au niveau des phases de recombinaison génétique que ce réseau atteindrait sa pleine efficacité en permettant la mise en commun du progrès génétique réalisé sur chaque centre.

Les échanges de matériel végétal peuvent être réalisés soit sous forme de pollen soit sous forme d'embryons zygotiques cultivés *in vitro* (Assy Bah, 1986). Cette dernière technique limite considérablement les risques d'ordre phytopathologique. La mise en place d'un réseau international de tests permettrait en outre de quantifier les interactions génotype-milieu, phénomènes qui jusqu'à présent ont peu été étudiés chez le cocotier.

*types and a few introduced ecotypes. The different programmes will advance faster if they are able to join an international network where exchanges of ideas, methods, data and even material are possible.*

*Whatever the improvement schemes and ecotypes used, it seems obvious that the more the work is divided up, the greater and faster will be the genetic progress made. This implies a minimum amount of coordination and elements of comparison: joint use of certain widely distributed basic ecotypes, such as Malayan Dwarfs, pooling of controls, choice of defined testers, etc. It is probably during the genetic recombination phases that the network will reach its maximum effectiveness through the pooling of the genetic progress achieved at each centre.*

*Planting material exchanges can be undertaken either in the form of pollen or zygotic embryos cultured in vitro (Assy Bah, 1986). The latter technique considerably reduces phytopathological risks. Establishment of an international test network would also make it possible to quantify genotype-environment interactions, phenomena which have so far not been greatly studied in coconut.*

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] ASSY BAH B. (1986). — Culture *in vitro* d'embryons zygotiques de cocotier. *Oléagineux*, **41**, (7), 321-328.
- [2] BOURDEIX R., SANGARE A., LE SAINT J.P. (1989) — Efficacité des tests hybrides d'aptitude individuelle à la combinaison chez le cocotier. premiers résultats *Oléagineux*, **44** (5), 209-214.
- [3] BOURDEIX R., N'CHO Y.P., LE SAINT J.P., SANGARE A. (1990) — Une stratégie de sélection du cocotier *Cocos nucifera* L. I- Synthèse des acquis. *Oléagineux*, **45**, (8-9) 359-371.
- [4] BOURDEIX R., N'CHO Y.P., MEUNIER J. (1991) — Une stratégie de sélection du cocotier *Cocos nucifera* L. II- Amélioration des hybrides Grand × Grand. *Oléagineux*, **46**, (7), 267-282
- [5] COMSTOCK R.E., ROBINSON H.F., HARVEY P.H. (1949). — A breeding procedure to make maximum use of both General and Specific Combining Ability *Agronom. J.*, **41**, 360-367
- [6] GALLAIS A (1989) — Théorie de la sélection en amélioration des plantes. Collection Sciences Agronomiques. Masson, Paris (FRA) 588 p.
- [7] GASCON J.P., NUCE de LAMOTHE M. de (1976) — Amélioration du cocotier. Méthode et suggestions pour une coopération internationale. *Oléagineux*, **31**, (11), 479-482.
- [8] LE SAINT J.P., NUCE de LAMOTHE M. de (1987) — Les hybrides de cocotiers Nains performance et intérêt *Oléagineux*, **42**, (10), 353-362
- [9] MEUNIER J., LE SAINT J.P., GASCON J.P. (1984a). — Recent advances in genetic improvement of coconut yield. in : international conference on Cocoa and Coconut
- [10] NUCE de LAMOTHE M. de (1970). — Application du principe des croisements inter-origines au cocotier. Premiers résultats obtenus en Côte-d'Ivoire *Oléagineux*, **25**, (4) 207-210.
- [11] NUCE de LAMOTHE M. de, ROGNON F. (1972) — La production de semences hybrides chez le cocotier par pollinisation assistée. *Oléagineux*, **27**, (10), 539-544
- [12] NUCE de LAMOTHE M. de (1990). — La recherche sur le cocotier : progrès réalisés et perspectives. *Oléagineux*, **45**, (3), 119-129.

## RESUMEN

### Una estrategia para la selección del cocotero *Cocos nucifera* L. III. Mejoramiento de los híbridos Enano × Grande

BOURDEIX R., MEUNIER J., N'CHO Y.P., *Oléagineux*, **46**, N° 10, p 361-374

En una primera parte se propuso una síntesis de los avances recientes en el mejoramiento del cocotero. Las orientaciones así definidas han contribuido en que se estableciera el patrón de mejoramiento aplicado en Côte-d'Ivoire por el IRHO. La segunda parte se dedica a los híbridos Grande × Grande, y la tercera parte de este artículo describe el método de mejoramiento de los híbridos Enano × Grande. En el primer ciclo de mejoramiento, los varios ecotipos de Grandes se cruzan con una planta de prueba de Enano, y los ecotipos de Enano se cruzan con una planta de prueba de Grande. En la etapa siguiente los ecotipos que muestran el mejor comportamiento en las hibridaciones se inter cruzan, los Grandes entre sí y los Enanos entre sí; esta etapa proporciona la creación de dos poblaciones complementarias. En los ciclos siguientes estas dos poblaciones se mejoran una respecto a otra, mediante una selección recurrente recíproca con familia de medio hermanos. Se discute el interés de realizar el patrón de mejoramiento. Luego se presentan las posibles conexiones entre los dos ejes de mejoramientos (Enano × Grande y Grande × Grande), que permiten realizar ciertas economías de tiempo y medios. También se acomete el tema de la integración del método dentro de una red internacional de investigaciones.

**Palabras clave.** — Cocotero, mejoramiento genético, ecotipos, híbridos, aptitud a campagnar