

Evaluation de quelques écotypes de cocotier par une approche biométrique

1. Etude des populations de Grands

Assessment of a few coconut ecotypes a biometric approach

1. Study of Tall populations

Y.P. N'CHO⁽¹⁾, A. SANGARE⁽¹⁾, R. BOURDEIX⁽¹⁾, F. BONNOT⁽²⁾, L. BAUDOUIN⁽³⁾

Résumé. — L'évaluation de dix-sept écotypes Grands de cocotier a été faite par une approche biométrique. Vingt-quatre descripteurs morphologiques ont été utilisés. Une analyse discriminante a permis de mettre en évidence les différentes relations qui existent entre ces écotypes ; ces résultats, qui sont en conformité avec ceux donnés par l'étude des polyphénols foliaires, seront affinés avec l'introduction de caractères supplémentaires sur le fruit. Cette approche de l'évaluation des écotypes d'une collection de cocotiers, qui permet d'appréhender les apparentements entre écotypes, peut servir de prédicteur de l'hétérosis au sélectionneur dans le choix des populations à utiliser dans un schéma d'amélioration. Par ailleurs, des liaisons importantes existent entre certains de ces caractères morphologiques ; la signification biologique de ces liaisons est brièvement discutée.

Mots clés. — Collection, cocotier, écotypes Grands, caractères morphologiques, évaluation biométrique, liaisons entre caractères.

Abstract — Seventeen Tall coconut ecotypes were assessed taking a biometric approach. Twenty-four morphological descriptors were used. A discriminant analysis revealed the different relations existing between ecotypes, these results, which tally with those from the study of leaf polyphenols, will be made more precise with the addition of further characters for fruit. This approach for the assessment of ecotypes in a coconut collection, which brings out relationships between ecotypes, can be used by breeders to forecast heterosis when choosing populations to be used in a breeding scheme. In addition, there are substantial links between some of these morphological characters: the biological meaning of these links is briefly discussed.

Key words — Collection, coconut palm, Tall ecotypes, morphological characters, biometric assessment, links between characters.

INTRODUCTION

Les connaissances sur la variabilité génétique de l'espèce *Cocos nucifera* L. restent encore très limitées. On ignore la localisation précise du centre d'origine de l'espèce. A partir du Pacifique ou d'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. Pourtant, obtenir une vision globale de la variabilité du cocotier permettrait d'optimiser les méthodes d'amélioration. Plusieurs tentatives utilisant diverses méthodes d'approche ont été réalisées.

La diversité morphologique spectaculaire qui s'exprime au niveau de la forme, la taille et la couleur du fruit a été utilisée pour proposer un modèle de la diversification du cocotier basé sur la confrontation d'un type sauvage (Niu Kafa) et d'un type sélectionné (Niu vai) (Harries, 1978).

Cette diversité phénotypique contraste cependant avec un très faible polymorphisme enzymatique mis en évidence par électrophorèse (Benoit et Ghesquière, 1984). Ce faible polymorphisme est probablement lié aux multiples effets fondateurs survenus lors de la dissémination du cocotier.

Plus récemment, une méthode d'approche originale a consisté en l'analyse du polymorphisme des polyphénols foliaires (Jay *et al.*, 1988). Celle-ci a fourni des images de la

INTRODUCTION

Knowledge of genetic variability in the *Cocos nucifera* L. species is still very limited. The species' precise centre of origin is unknown. From the Pacific or the Far East coconut has been disseminated throughout the Indian Ocean and as far as Africa. Its existence in Latin America is due to its double introduction from the East and the West. However, obtaining an overall picture of coconut variability would make it possible to optimize breeding methods. Several attempts have been made taking various approaches.

The spectacular morphological diversity that is expressed in the shape, size and colour of the fruit has been used to propose a coconut diversification model based on the comparison of a wild type (Niu Kafa) and a selected type (Niu Vai) (Harries, 1978).

However, this phenotypic diversity is in contrast to very low enzymatic polymorphism revealed by electrophoresis (Benoit and Ghesquière, 1984). This low polymorphism is probably linked to multiple foundation effects occurring during coconut dissemination.

More recently an original approach was taken consisting of the analysis of leaf polyphenol polymorphism (Jay *et al.*, 1988), this provided images of the variability, which are su-

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

(2) CIRAD-CP - Unité de Recherche Biométrie - BP 5035 - 34032 Montpellier cedex - (France)

(3) CIRAD-CP - Unité de Recherche Amélioration - BP 5035 - 34032 Montpellier cedex - (France)

(1) IDEFOR/DPO - Marc Delorme station - BP 13 Abidjan - 07 (Ivory Coast)

(2) CIRAD-CP - Biometry Research Unit - BP 5035 - 34032 Montpellier cedex - (France)

(3) CIRAD-CP - Breeding Research Unit - BP 5035 - 34032 Montpellier cedex - (France)

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 permet au moins d'identifier des apparentements entre écotypes issus de diverses origines.

La description des écotypes de la collection de la station de Recherches Marc Delorme (Côte-d'Ivoire) a fait l'objet de nombreuses publications (Nuce de Lamothe et Rognon, 1977 ; Nuce de Lamothe et Wuidart, 1979 et 1981 ; Le Saint *et al.*, 1983 ; Sangaré *et al.*, 1984 ; N'Cho *et al.*, 1988). Cependant ces descriptions qualitatives faites en série concernaient un nombre limité de populations comparées aux témoins Grand Ouest Africain (dans le cas des Grands) ou Nain Jaune Malaisie (dans le cas des Nains).

Cet article propose une synthèse visant à quantifier la variabilité des caractéristiques morphologiques et la production des cultivars Grands en collection. Cette quantification vise, en particulier, à estimer des apparentements entre populations, qui pourraient constituer un prédicteur utile de l'hétérosis.

MATERIEL ET METHODE

Matériel végétal

La station Marc Delorme a réuni depuis sa création cinquante-trois écotypes différents, introduits de toute la zone intertropicale. Cette collection se caractérise par sa diversité et par l'importance de ses effectifs : quarante-quatre souches sont représentées par au moins cent arbres. Cet effectif, important pour une plante pérenne à fort encombrement, permet d'analyser et d'utiliser à la fois la variabilité inter et intra écotypes.

L'étude présentée ci-dessous porte sur dix-sept écotypes Grands plantés entre 1968 et 1982. Elle couvre une grande partie de l'aire de distribution du cocotier .

- l' Afrique : Grands Ouest Africain (GOA), Cameroun (GCA), et Mozambique (GMZ) ;
- le Pacifique : Grands Kar Kar (GKK), Rennell (GRL), Vanuatu (GVT), Rotuma (GRT), Salomon (GSN) et Tonga (GTG) ;
- l'océan Indien : Grands des Indes Adaman Ordinary (GND2), Laccadive Micro (GND7), Laccadive ordinary (GND8), Comores (GCO), et Sri Lanka (GSL) ;
- l'Extrême-Orient : Grands du Cambodge Ream (GCB7), Sre Cham (GCB8), et Malaisie (GML).

Dispositifs expérimentaux

La densité de plantation est 143 arbres par hectare. Chaque parcelle d'introductions comprend au moins un témoin, en général le Grand Ouest Africain. Les dispositifs de plantations se classent schématiquement en quatre types distincts :

- dispositif en lignes alternées, les lignes étant monovariétales, ou bivariétales ;
- dispositif en "blocs alternés" de taille réduite. En général le bloc, composé de deux lignes contigües, est encadré de deux lignes témoins ;
- dispositif en lignes contigües. Dans ce cas, cinq ou six lignes de la variété sont plantées en un bloc unique ;
- dispositif en Blocs de Fisher. Ce type de dispositif a été employé plus récemment, essentiellement pour le renouvellement de la collection.

perposed on the geographical origins. This is a definite step forward, in that numerous ecotypes result from a complex series of introductions; whilst this method does not provide a reliable heterosis predictor, it can at least be used to identify relationships between ecotypes obtained from various origins.

A description of the ecotypes in the collection at the Marc Delorme Research Station (Ivory Coast) has been given in numerous publications (Nuce de Lamothe and Rognon, 1977; Nuce de Lamothe and Wuidart, 1979 and 1981; Le Saint et al., 1983; Sangaré et al., 1984; N'Cho et al., 1988). However, these qualitative descriptions produced in series covered a limited number of populations compared with West African Tall (for Talls) or Malayan Yellow Dwarf (for Dwarfs) controls.

This article proposes an overview intended to quantify the variability of morphological characteristics and the production of Tall cultivars in the collection. Such quantification particularly sets out to determine relationships between populations that could provide a useful heterosis predictor.

MATERIAL AND METHODS

Planting material

Since it was founded, the Marc Delorme station has built up a collection of fifty-three different ecotypes, introduced from throughout the intertropical zone. The collection is characterized by its diversity and the numbers involved: forty-four strains are represented by at least a hundred palms. The number involved, which is large for a bulky perennial plant, means that both between and within-ecotype variability can be analyzed and used at the same time.

The study described below was conducted on seventeen Tall ecotypes planted between 1968 and 1982. It covers a large proportion of the coconut's range of distribution:

- Africa: West African (WAT), Cameroon (CMT) and Mozambique Talls (MZT),
- Pacific Kar Kar (KKT), Rennell (RLT), Vanuatu (VT), Rotuma (RTT), Solomon (SNT) and Tonga (TGT) Talls,
- Indian Ocean: Indian Andaman Ordinary (NDT2), Laccadive Micro (NDT7), Laccadive ordinary (NDT8), Comoro (COT) and Sri Lanka (SLT) Talls,
- Far East: Cambodia Ream (CBT7), Sre Cham (CBT8) and Malayan (MLT) Talls.

Experimental designs

The planting density is 143 palms per hectare. Each plot of introductions includes at least one control, usually the West African Tall. The planting designs fall roughly into four different types:

- alternate rows, with one or two varieties per row;
- small "alternate blocks". A block, comprising two adjacent rows, usually has a control row either side,
- adjacent rows. In this case, five or six rows of the variety are planted in a single block;
- fisher blocks. This type of design has been employed more recently, primarily for collection renewal.

Le tableau en annexe 1, donne la date de plantation des différents écotypes, leur origine géographique ainsi que l'effectif des arbres observés.

Suivi agronomique

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

La collection est plantée sur un sol constitué de colluvions de sables tertiaires à 8-10 % d'argile, pauvre en matière organique et en éléments minéraux. Une couverture de légumineuses rampantes (*Pueraria*, *Centrosema*) a été semée et s'est implantée correctement. Le climat de type soudano-guinéen se caractérise par deux saisons sèches de longueurs inégales, l'une de décembre à avril, l'autre en août-septembre.

Evaluation

La description et l'évaluation de la collection comportent une série importante de mesures standardisées qui concernent tous les stades de la vie de l'arbre. Les méthodes d'évaluation utilisées à la station Marc Delorme ont déjà été décrites (Wuidart et Rognon, 1978 ; Nucé de Lamothe et Rognon, 1982).

En résumé, tous les arbres sont individuellement suivis pour la précocité de floraison, l'émission foliaire, le nombre de régimes et de noix. La production est enregistrée au minimum jusqu'à l'âge de douze ans. L'analyse des composants du fruit s'effectue sur un échantillon de cinquante arbres dès la seconde année de production. Les périodes d'observation sont de 6 ans pour la composition du fruit et de 2 ans pour le caractère teneur en huile. L'analyse individuelle du fruit porte sur un échantillon de 24 noix par an récolté à intervalles réguliers (bimensuel pour les grands).

Enfin, de nombreuses autres observations morphologiques ont réalisées sur un échantillon aléatoire de 30 arbres :

- circonférence du bulbe à 20 cm du sol (C20),
- circonférence du stipe à 150 cm du sol (C150),
- nombre de cicatrices foliaires (CF) entre un mètre et deux mètres du sol,
- longueur du pétiole (LP) et du rachis de la feuille (LR),
- nombre de folioles d'un côté de la feuille (NBF), longueur (LF) et largeur (LGF) des folioles, le produit des trois donnant une surface foliaire théorique (SF), exprimée ici en m^2 ,
- longueur du pédoncule (ILP) et de l'axe de l'inflorescence (ILA),
- longueur (ILE) et nombre (NBE) des épillets,
- distance entre le point d'insertion de l'épillet sur l'axe et le point d'insertion de la première fleur femelle sur l'épillet (ILPRF).

D'autres mesures ont été réalisées spécifiquement pour cette étude sur un échantillon aléatoire de 100 fruits par écotype :

- diamètre polaire du fruit (FDP),
- diamètres équatoriaux du fruit mesurés selon deux méthodes : FEDt (diamètre équatorial externe correspondant à la distance entre les deux côtés les plus éloignés du fruit entier au niveau de la zone équatoriale) et FEDr (diamètre équatorial interne égal à la moyenne géométrique des valeurs mesu-

The table in annex 1 gives the planting date for the different ecotypes, their geographical origin and the number of palms observed.

Agronomical monitoring

The methods used by the Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux to set up coconut experiments and which are applied to the collections, have been described in detail in several publications, covering in particular: seed bed management (Wuidart, 1979a and 1981a and b), poly-bag nurseries (Wuidart, 1979b; Rognon, 1971), planting (Pommier, 1979, Duhamel, 1987) and fertilization (Coomans and Ochs, 1976; Ouvrier, 1984).

*The collection is planted on a soil comprising colluvial deposits of tertiary sands with 8-10% clay, poor in organic matter and mineral elements. A spreading legume cover crop (*Pueraria Centrosema*) has been sown and is well established. The Sudan-Guinean type climate is characterized by two dry seasons of different lengths, one from December to April and the other in August-September*

Assessment

Describing and assessing the collection involves a considerable series of standardized measurements, covering all stages of a tree's life. The assessment methods used at the Marc Delorme Station have already been described (Wuidart and Rognon, 1978; Nucé de Lamothe and Rognon, 1982).

In brief, all the palms are individually monitored for flowering precocity, leaf emission, number of bunches and nuts. Production is recorded at least up to the age of twelve years. An analysis of fruit components is carried out on a sample of fifty palms from the 2nd production year onwards. Observations are carried out for six years for fruit composition and two years for the oil content trait. Individual fruit analysis is carried out on a sample of 24 nuts per year harvested at regular intervals (fortnightly for the Tall).

Finally, numerous other morphological observations are carried out on a random sample of 30 palms:

- root bulb circumference 20 cm from the ground (C20),
- stem circumference 150 cm from the ground (C150),
- number of leaf scars (LS) between one and two metres from the ground,
- length of leaf petiole (PL) and rachis (RL),
- number of leaflets down one side of the leaf (NL), leaflet length (LL) and width (LW), the product of the three giving a theoretical leaf area (LA), expressed here in m^2 ,
- length of the peduncle (IPL) and of the inflorescence axis (IAL),
- length (ISL) and number (INS) of spikelets,
- distance between the point of spikelet insertion on the axis and the insertion point of the first female flower on the spikelet (IFFFD).

Other measurements were taken specifically for this study on a random sample of 100 fruits per ecotype:

- fruit polar diameter (FPD),
- equatorial diameters of the fruit using two methods: FEDt (external equatorial diameter corresponding to the distance between the two sides of the whole fruit furthest apart in the equatorial zone), and FEDr (internal equatorial diameter equal to the geometric mean of the values measu-

rées sur le fruit coupé transversalement au niveau de la zone équatoriale),

- épaisseur de la bourre (NEB),
- épaisseur de la coque (NEC),
- épaisseur de l'albumen (NEA),
- diamètre de la cavité (NDC).

Enfin les données de production nombre de noix/régime (NNR) et nombre moyen de régime/arbre (NRM) qui sont ici prises en compte, sont celles de la phase juvénile (6 à 10 ans). Les caractères de la feuille, du stipe, de l'inflorescence et du fruit ont respectivement été observés dans les périodes 6-10 ans, 10 ans, 6-10 ans et 9-10 ans. Toutes les mesures sont exprimées en cm, sauf indication contraire.

Méthodes statistiques

Les statistiques élémentaires (moyenne, écart-type et coefficient de variation) ont été calculées pour chaque variable sur l'ensemble des individus. Des analyses de variance univariées ont été réalisées afin de mettre en évidence la part de la variabilité totale représentée par les différences entre écotypes. La signification de ces différences apparaît encore plus nettement lorsqu'on réalise une analyse multivariée. L'analyse discriminante permet ainsi de définir les combinaisons de variables qui distinguent le mieux les dix-sept écotypes, en tenant compte de la variabilité intra-écotype. La procédure CANDISC de la librairie SAS, qui a été utilisée permet aussi de calculer des distances de Mahalanobis (Thomassonne 1988). Ces distances, reprises par la procédure CLUSTER ont permis de regrouper les écotypes en fonction de leurs similitudes. Le résultat est présenté sous forme d'un dendrogramme.

RESULTATS

Distribution des caractères observés

Le tableau I présente les valeurs moyennes des différents caractères observés sur l'ensemble des Grands étudiés. L'examen des coefficients de variation montre que leur variabilité dépend de la nature des caractères considérés : les caractères les plus stables sont ceux des feuilles ($7 < CV < 9$ à l'exception de la surface foliaire $CV = 14$). Les caractères ayant une variabilité moyenne ($11 < CV < 22$) sont ceux de l'inflorescence, du stipe, et certaines caractéristiques du fruit (forme du fruit, épaisseur de l'albumen). A l'opposé, les caractéristiques de production (nombre de noix par régime et nombre de régimes par arbre) et quelques caractères du fruit (épaisseur de la bourre et de la coque, diamètre de la cavité) se distinguent par une très forte variabilité. Notons toutefois que la grande variabilité de ces composantes du rendement sus-mentionnées est en partie due à la période des observations réalisées (production juvénile très instable).

Le facteur écotype

Le tableau II présente les moyennes des dix-sept écotypes pour les caractères les plus discriminants. Variables et écotypes ont été classés de manière à faire ressortir les similitudes les plus remarquables.

Le tableau III donne les valeurs de la statistique F pour l'effet écotype et son degré de signification pour chacun des caractères observés avec leurs écart-types. Précisons que les écart-types inter écotypes et résiduels ont été calculés à partir des valeurs estimées sur les composantes de variances correspondantes. Ces valeurs de F sont toutes significatives à l'exception du caractère épaisseur de la coque. Il est donc possible de différencier les écotypes étudiés sur la base de chacune des 23 autres variables étudiées. Les écart-types ré-

red on the fruit cut crosswise in the equatorial zone),

- *husk thickness (NHT),*
- *shell thickness (NST),*
- *meat thickness (NMT),*
- *cavity diameter (NCD).*

Finally, the production data - number of nuts/bunch (NNB) and the mean number of bunches/tree (NMB), which are taken into account, are those of the juvenile phase (6 to 10 years). The leaf, stem, inflorescence and fruit characters were observed for the 6-10, 10, 6-10 and 9-10 year periods respectively. All the measurements are expressed in cm unless indicated otherwise.

Statistical methods

Elementary statistics (mean, standard deviation and coefficient of variation) were calculated for each variable on all the individuals. Single-variable analyses of variance were carried out to detect the amount of total variability represented by the differences between ecotypes. The significance of these differences became even clearer when a multivariate analysis was carried out. A discriminant analysis could therefore be used to define combinations of variables that best distinguish the seventeen ecotypes, taking into account within-ecotype variability. The SAS library CANDISC procedure used also enables calculation of Mahalanobis distances (Thomassonne, 1988). These distances, were used, after undergoing the CLUSTER procedure, to group ecotypes according to their similarities. The result is presented in dendrogram form.

RESULTS

Distribution of the characters observed

Table I shows the mean values of the different characters observed for all the Talls studied. An examination of the coefficients of variation shows that their variability depends on the type of characters in question: the most stable characters are those for leaves ($7 < CV < 9$ apart from the leaf area, $CV = 14$). The characters with average variability ($11 < CV < 22$) are those for the inflorescence, stem and certain fruit characteristics (fruit shape, meat thickness). On the other hand, production characteristics (number of nuts/bunch and number of bunches/tree) and a few fruit characters (husk and shell thickness, cavity diameter) stand out through their very high variability. It should be noted, however, that the high variability of the yield components mentioned above is partly due to the period during which observations were carried out (very unstable juvenile production).

The ecotype factor

Table II shows the means of the seventeen ecotypes for the most discriminant characters. Variables and ecotypes have been classed so as to bring out the most noticeable similarities.

Table III shows the values of the F statistic for the ecotype effect and its degree of significance for each of the characters observed, along with their standard deviations. We would point out that the between-ecotype and residual standard deviations were calculated from values estimated using the corresponding variance components. These F values are all significant apart from the shell thickness character. It is therefore possible to differentiate between the ecotypes studied on the basis of each of the 23 variables studied. The residual

TABLEAU I. — Valeurs moyennes par variable et coefficients de variation (C.V.) — (Mean value per variable and coefficients of variation -C.V.)

Variable	(Variable)	Moyenne (Mean)	Ecart type (Standard deviation)	C.V.	
C20	(C20)	cm	176,29	31,32	17,77
C150	(C150)	cm	92,12	11,03	11,96
CF	(LS)	cicatrices/m (scars/m)	12,16	2,73	22,48
LP	(PL)	cm	153,08	14,73	9,62
LR	(RL)	cm	432,77	3,69	7,32
LFE	(LFE)	cm	585,84	41,11	7,02
NB	(NL)	folioles/demi-palme (leaflets/half-fond)	117,67	6,08	5,17
LF	(LL)	cm	126,89	10,31	8,12
LGF	(LW)	cm	6,47	0,53	8,19
SF	(LA)	m ²	19,35	2,74	14,14
ILP	(IPL)	cm	62,48	8,33	13,34
ILA	(IAL)	cm	41,89	5,67	13,55
NBE	(INS)	épillets/inflorescence (spikelets/inflorescence)	39,22	6,37	16,25
ILE	(ISL)	cm	47,74	5,55	11,61
ILPRF	(IFFD)	cm	8,86	1,56	17,63
FDP	(FPD)	cm	21,02	2,40	11,42
FDEt	(FEDt)	cm	15,64	2,45	15,65
FDEr	(FEDr)	cm	15,38	2,36	15,34
NEB	(NHT)	cm	2,55	0,73	28,83
NEC	(NST)	cm	0,32	0,16	51,19
NEA	(NMT)	cm	1,23	0,17	14,11
NDC	(NCD)	cm	7,22	2,08	28,80
NNR	(NNB)	noix/régime (nuts/bunch)	5,41	3,08	56,90
NRM	(NMB)	régime (bunch)	8,93	2,82	31,63

TABLEAU II. — Caractéristiques principales des écotypes — (Main characteristics of the ecotypes)

	LP (PL) 1+	C20 (C20) 1+	C150 (C150) 1+	LGF (LW) 1-	FDP (FPD) 2+	FDEt (FEDt) 2+	FDEr (FEDr) 2+	NDC (NCD) 2+	NNR (NNB) 2+ n/reg. (n/bunch)	NRM (NMB) 2-reg (bunch)	ILP (IPL) 3+	ILPRF (IFFD) 3+	ILE (ISL) 3+
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm			cm	cm	cm
GOA (WAT)	146	151	85	6,8	21,0	14,8	14,5	6,5	3,79	7,83	61,4	8,57	46,0
GCA (CMT)	147	148	82	6,6	22,0	14,6	14,5	6,4	6,64	7,07	60,8	8,84	49,0
GSL (SLT)	149	184	92	6,4	20,7	14,8	14,7	7,1	3,77	8,22	62,8	9,31	48,4
GRT (RTT)	136	194	97	6,8	22,7	15,9	15,7	7,5	5,40	9,08	65,6	9,02	52,9
GTG (TGT)	151	175	91	6,3	19,4	15,1	15,0	7,1	5,90	10,40	62,5	7,62	46,7
GND2 (NDT2)	140	142	82	76,3	19,6	15,5	15,2	7,9	6,91	7,08	62,6	8,69	44,1
GND8 (NDT8)	148	179	90	6,1	19,5	13,0	12,8	4,8	6,53	11,30	54,8	8,85	45,1
GND7 (NDT7)	140	175	88	6,0	18,4	12,0	12,0	4,3	11,10	10,10	53,0	8,69	44,7
GVT (VTT)	138	205	95	6,0	20,1	14,7	14,6	6,7	8,80	11,10	60,6	9,28	48,6
GSN (SNT)	170	217	107	6,4	20,5	15,0	14,6	6,8	9,46	11,50	67,7	10,60	55,9
GCO (COT)	156	211	107	6,1	22,5	16,3	16,2	6,9	5,07	10,38	72,6	9,10	48,3
GMZ (MZT)	161	188	97	6,4	20,7	16,8	16,6	7,7	4,56	12,69	69,9	8,70	46,1
GML (MLT)	169	185	100	6,3	22,1	20,1	19,7	10,8	2,43	5,22	56,4	7,39	43,9
GCB7 (CBT7)	164	197	101	6,4	21,0	18,5	18,0	9,2	4,94	10,32	61,1	8,51	48,8
GCB8 (CBT8)	166	187	100	6,4	20,6	18,5	18,4	9,3	4,71	10,10	60,6	8,08	46,1
GKK (KKT)	174	177	97	6,3	23,2	18,1	17,7	9,1	3,80	6,20	63,4	9,80	50,7
GRL (RLT)	163	221	97	6,6	24,3	17,6	17,2	9,6	6,33	8,55	73,3	11,30	55,8

(1) 1+ Positivement associé à l'axe 1 de l'analyse discriminante — (1+ positively associated with first axis of discriminant analysis)

TABLEAU III. — Analyses de variances selon le facteur écotype — (Analyses of variance according to the ecotype factor)

Variable (Variable)	Ecart type résiduel (Residual standard deviation)	Ecart type entre écotype (Standard dev between ecotypes)	F	Pr > F
C20	20,23	24,86	53,68	0,01%
C150	7,94	7,99	35,91	0,01%
CP	2,18	1,74	22,61	0,01%
LP	11,33	9,88	26,99	0,01%
LR	2524	20,19	22,72	0,01%
LFE	31,04	28,24	29,41	0,01%
NBF	5,48	2,87	9,74	0,01%
LF	8,82	5,70	14,83	0,01%
LGF	0,46	0,28	12,95	0,01%
SF	2,40	1,42	12,39	0,01%
ILP	6,88	4,97	18,53	0,01%
ILA	4,70	3,38	18,38	0,01%
NBE	5,31	3,73	17,52	0,01%
ILE	4,47	3,46	21,26	0,01%
ILPRF	1,33	0,87	15,16	0,01%
FDP	2,05	1,33	14,80	0,01%
FDEt	1,65	1,89	46,67	0,01%
FDEr	1,57	1,84	49,03	0,01%
NEB	0,69	0,29	6,20	0,01%
NEC	0,16	0,03	1,13	NS
NEA	0,16	0,08	8,83	0,01%
NDC	1,46	1,55	40,20	0,01%
NNR	2,28	2,17	32,18	0,01%
NRM	2,20	1,88	25,26	0,01%

Pour la valeur de la statistique F, les degrés de liberté sont : $n_1 = 16$, $n_2 = 587$ — (For the value of the F statistic the degrees of freedom are $n_1 = 16$, $n_2 = 587$)

siuels des différentes variables du tableau III montrent également qu'il existe une variabilité intra-écotype importante.

Relations entre variables

Les corrélations entre variables prises deux à deux donnent une idée du degré d'association qui existe entre les différents paramètres mesurés. La plupart des liaisons significatives existant entre les caractères étudiés sont positives. Ces relations existent surtout entre les caractères du stipe, entre ceux de la feuille, ou entre les variables du fruit. Ainsi, au niveau du stipe, on peut remarquer la forte liaison (0.77) entre le bulbe racinaire à 20 cm du sol et la circonférence du stipe mesurée à 150 cm ; ces deux caractères sont négativement liés au nombre de cicatrices foliaires. Tout se passe comme si chez les cocotiers Grands, la constitution du bulbe racinaire déterminait la robustesse du stipe, mais du fait de cette croissance latérale initiale, la vitesse d'émission foliaire se trouvait ralentie, d'où le faible nombre relatif de cicatrices foliaires.

Au niveau des feuilles, on retrouve bien les liaisons arithmétiques entre la longueur de la feuille, le pétiole et le rachis, ainsi qu'entre la surface foliaire théorique et les dimensions de la foliole.

Sur les inflorescences, on peut noter que le point d'insertion de la première fleur femelle sur l'épillet est proportionnelle (0.64) à la longueur de l'épillet.

Bien que souvent assimilé à une sphère, le fruit coupé transversalement n'est pas uniforme chez la plupart des écotypes. Toutefois, l'estimation rapide de son diamètre équatorial par la distance entre les deux côtés extrêmes du fruit (FDEt) rend parfaitement compte du diamètre réel (FDEr), comme l'indique la forte corrélation (0.97) entre ces deux méthodes de mesure de la forme du fruit. La relation entre le diamètre équatorial du fruit et celui de la cavité de la noix se trouve confirmée.

Sur les composantes de la production, il est à signaler la relation négative bien que faible (-0.34), existant entre le nombre de noix par régime et le diamètre équatorial du fruit.

standard deviations of the different variables in table III also show that there is considerable within-ecotype variability.

Relations between variables

The correlations between variables taken two-by-two provide an idea of the degree of association existing between the different parameters measured. Most of the significant links existing between the characters studied are positive. These relations are particularly marked between stem characters, between leaf characters, or between fruit variables. Thus for the stem, a strong link can be seen (0.77) between the root bulb 20 cm from the ground and the stem girth measured 150 cm from the ground, these two characters are negatively linked to the number of leaf scars. In Tall coconuts, all indications are that root bulb formation determines stem sturdiness, but due to this initial lateral growth, the rate of leaf emission is slowed down, hence the relatively small number of leaf scars.

For the leaves, there are arithmetic links between leaf length, the petiole and the rachis, and between the theoretical leaf area and leaflet dimensions.

On inflorescences, the point of insertion of the first female flower on the spikelet is seen to be proportional (0.64) to the length of the spikelet.

Although often likened to a sphere, when a fruit is cut cross-wise, it is not uniform in most ecotypes. Nevertheless, a rapid estimate of its equatorial diameter using the distance between the two sides of the fruit furthest apart (FDEt) gives a perfect picture of the real diameter of the fruit (FDEr), as indicated by the strong correlation (0.97) between these two fruit shape measurement methods. The relation between the fruit's equatorial diameter and that of the nut cavity is confirmed.

For production components, there is a negative relation, albeit low (-0.34), between the number of nuts/bunch and the fruit's equatorial diameter.

TABLEAU IV. — Corrélations canoniques et inertie des axes — (Canonical correlations and axis inertia)

Corrélation canonique (Canonical correlation)	Proportion	Fréquence cumulée (Cumulated frequency)
0,89	0,34	0,34
0,84	0,21	0,55
0,78	0,13	0,68
0,67	0,07	0,76
0,66	0,07	0,82
0,63	0,06	0,88

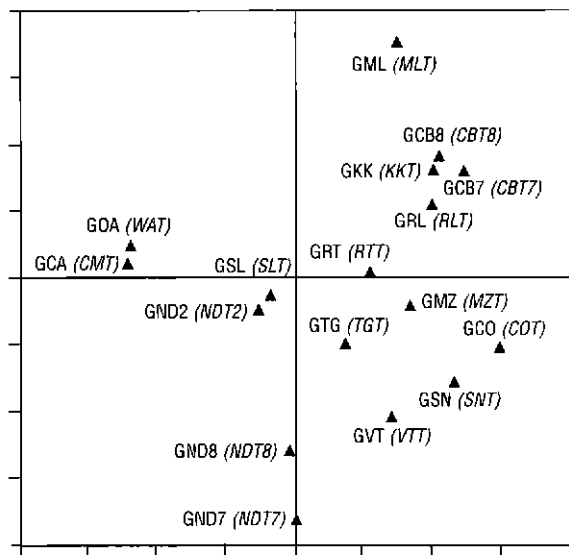


FIG. 1. — Représentation des écotypes selon les 2 premiers axes de l'analyse discriminante — (Representation of the ecotypes according to the first two axes of the discriminant analysis)

L'analyse discriminante

Le tableau IV donne les corrélations canoniques et les pourcentages d'inertie associés à chaque axe. Les 3 premiers axes de la diagonalisation expriment à eux seuls environ 70 % de la variabilité totale. Les corrélations des axes avec les variables initiales (Tabl. V) indiquent que :

- l'axe 1 (33,8 % de la variabilité totale) est caractérisé par les variables de robustesse du stipe (C20 et C150) et la longueur du pétiole de la feuille. Le caractère largeur de la foliole qui est lié à un degré moindre à cet axe s'y oppose aux autres caractères. On peut noter également que les variables longueur de la feuille et épaisseur de la bourre sont moyennement liées à cet axe ;
- l'axe 2 (21 % de la variabilité totale) est surtout caractérisé par certaines variables de forme du fruit (diamètre polaire et équatorial) et de la noix (diamètre de la cavité). Cet axe oppose le nombre de noix par régime et le nombre moyen de régimes aux autres variables du fruit et de la noix ;
- l'axe 3 (13,4 % de la variabilité totale) est caractérisé par les variables longueur du pédoncule, longueur de l'épillet, le point d'insertion de la première fleur femelle sur l'épillet ; on trouve également associé à cet axe l'épaisseur de l'albumen.

D'autres caractères de la feuille et de l'inflorescence sont associés aux axes de moindre importance. Ainsi la longueur de la foliole identifie l'axe 4, le nombre de cicatrices foliaires et le nombre de folioles s'opposent sur l'axe 5, alors que le nombre d'épillets s'associe à l'axe 6.

Remarquons que la variable épaisseur de la coque n'est liée significativement à aucun axe ; ceci est bien en accord avec les résultats de l'analyse univariée, dans laquelle il a déjà été noté que cette variable n'avait pas de pouvoir discriminant entre écotypes.

A partir de ces variables les plus liées aux axes 1 et 2, et du troisième axe, on peut discriminer les différents groupes.

Discriminant analysis

Table IV gives the canonical relations and the inertia percentages associated with each axis. The first 3 axes of the diagonalization alone express around 70 % of total variability. The correlations of the axes with the initial variables (Table V) indicate that:

- axis 1 (33.8 % of total variability) is characterized by the stem sturdiness (C20 and C150) and petiole length variables. The leaflet width character, which is linked to a lesser degree to this axis, is matched against the other characters. The leaf length and husk thickness variables are also seen to be moderately linked to this axis;
- axis 2 (21 % of total variability) is characterized in particular by certain fruit shape variables (polar and equatorial diameters) and nut variables (cavity diameter). This axis matches the number of nuts per bunch and the mean number of bunches against the other fruit and nut variables;
- axis 3 (13.4 % of total variability) is characterized by the variables relative to peduncle length, spikelet length and the point at which the first female flower is inserted on the spikelet; meat thickness is also associated with this axis.

Other leaf and inflorescence characters are associated with less important axes. Thus, leaflet length identifies axis 4, and the number of leaf scars and number of leaflets are matched against each other along axis 5, whilst the number of spikelets is associated with axis 6.

It is worth noting that the shell thickness variable is not significantly linked to any axis; this tallies well with the results of the univariate analysis in which it had already been noticed that this variable had no ability to discriminate between ecotypes.

Based on the variables most closely linked to axes 1 and 2, and on the third axis, it is possible to discriminate between

TABLEAU V. — Degré d'association des variables avec les axes — (*Degree of variable and axis association*)

Variable	Axe 1 (Axis 1)	Axe 2 (Axis 2)	Axe 3 (Axis 3)	Axe 4 (Axis 4)	Axe 5 (Axis 5)	Axe 6 (Axis 6)
C20	0,89	-0,09	0,33	0,10	-0,23	0,02
C150	0,92	0,09	0,06	0,20	-0,19	0,01
CF	0,21	-0,25	-0,38	-0,35	0,72	0,27
LP	0,73	0,48	0,05	0,12	-0,23	-0,16
LR	0,45	0,42	-0,30	0,37	-0,46	-0,14
LFE	0,58	0,47	-0,20	0,30	-0,41	-0,16
NBF	-0,05	0,43	-0,27	-0,01	-0,72	0,41
LF	0,15	0,13	0,26	0,80	-0,28	-0,19
LGF	-0,64	0,45	0,39	0,21	-0,07	0,24
SF	-0,32	0,35	0,30	0,60	-0,43	0,15
ILP	0,39	0,14	0,69	0,32	0,38	0,04
ILA	0,35	0,44	0,44	-0,02	-0,25	0,37
NBE	0,43	0,07	-0,34	0,24	-0,15	0,67
ILE	0,45	-0,00	0,79	-0,08	-0,25	-0,01
ILPRF	0,29	-0,21	0,75	-0,06	-0,17	-0,29
FDP	0,19	0,61	0,59	-0,04	-0,05	0,08
FDEt	0,56	0,82	-0,04	0,00	0,10	-0,04
FDEr	0,58	0,80	-0,06	0,01	0,10	-0,02
NEB	0,52	0,49	-0,48	0,09	0,10	-0,08
NEC	0,03	-0,10	0,38	0,23	0,18	0,34
NEA	0,31	-0,32	0,69	0,09	0,00	0,50
NDC	0,53	0,81	0,06	-0,12	0,14	-0,08
NNR	0,30	-0,76	0,12	-0,39	-0,13	-0,23
NRM	0,51	-0,60	0,04	0,44	-0,04	0,11

La figure 1 illustre la discrimination dans le plan 1-2 des dix-sept écotypes étudiés. L'axe 3, non représenté ici, permet essentiellement d'opposer le GRL aux autres écotypes. L'utilisation des fonctions discriminantes permet de reconstituer les groupes initiaux avec une bonne précision. En effet, 82 % des individus sont correctement classés dans leur écotype. Le plus mauvais résultat est obtenu pour le GVT dont seulement 60 % des individus sont correctement classés.

DISCUSSION

Les résultats présentés au chapitre précédent montrent que les différents caractères mesurés ont une variabilité non négligeable pour l'ensemble des écotypes. De plus il existe de fortes corrélations entre certaines de ces variables. La signification biologique d'une liaison génétique entre deux caractères peut avoir trois origines (Gallais, 1989) :

- La pléiotropie : situation observée lorsqu'un gène (ou un bloc de gènes) agit simultanément sur plusieurs caractères. Ce gène peut alors susciter une séquence d'actions soit par des interactions multiples, soit en agissant sur des chaînes physiologiques de biosynthèse au niveau de la plante (Ledent, 1984) ;
- le linkage dû à la sélection naturelle qui réunit des groupes de gènes dont la combinaison présente un avantage sélectif. Ce type de relation créé par une sélection naturelle a également une base physiologique (Gallais, 1984)
- le déséquilibre de liaison suite à un effet de dérive entraînant des associations sans signification génétique. Ce dernier type de corrélation n'est pas physiologique de nature (Adams, 1967 ; Das, 1972).

Ledent (1984) décrit deux types de relations directes et indirectes pouvant exister entre les caractères morphologiques d'une plante :

- Les relations indirectes entre la taille de différentes organes : cette situation, observée sur des caractères qui se développent simultanément, est parfois causée par des réponses consécutives à des varia-

the different groups. Figure 1 illustrates discrimination in plane 1-2 for the seventeen ecotypes studied. Axis 3, which is not represented here, is primarily used to match RLT against the other ecotypes. Discriminant functions are used to accurately reconstitute the initial groups. In fact, 82 % of the individuals are correctly classed in their ecotype. The worst result is obtained for VTT, with only 60 % of the individuals correctly classed.

DISCUSSION

The results presented show that the different characters measured include considerable variability for all the ecotypes. Moreover, there are strong correlations between some of these variables. The biological significance of a genetic link between two characters can result from three factors (Gallais, 1989):

- *pleiotropy: situation seen when a gene (or block of genes) acts simultaneously on several characters. The gene may then induce a sequence of actions, either through multiple interactions, or by acting upon physiological biosynthesis chains in the plant (Ledent, 1984).*
- *linkage, due to natural selection, which combines groups of genes whose combination offers a breeding advantage. This type of relation, created by natural selection, also has a physiological basis (Gallais, 1984).*
- *link imbalance following a drift effect leading to associations with no genetic meaning. This type of correlation is not physiological by nature (Adams, 1967; Das, 1972).*

Ledent (1984) described two types of relations, direct and indirect, that can exist between the morphological characters of a plant:

- *indirect relations between the size of different organs: this situation, observed on characters that develop simultaneously, is sometimes caused by responses following sequential variations in the*

tions séquentielles de l'environnement interne (ex. température, hormones, assimilats). Dans ce type de corrélation il n'y a pas de relation causale directe entre les caractères ;

- les relations causales directes entre organes par suite d'une compétition pour une quantité limitée de ressource (azote, hormones, assimilats carbonés) ou par une croissance corrélatrice quand, par exemple, l'hormone produite par un organe affecte le développement d'un autre.

Ce dernier type de relation causale explique aisément la liaison négative pouvant exister entre les composantes du rendement (nombre de noix et coprah par noix), la compétition entre les noix d'un même régime, entre le bulbe racinaire et l'émission foliaire. D'une manière générale elle permet d'expliquer, en partie, les liaisons observées au sein des caractères du stipe, de ceux de la feuille ou du fruit.

Selon Ledent (1984), les liaisons entre caractères végétatifs dépendent souvent de leur variabilité et du matériel étudié. Une étude actuellement en cours menée sur un matériel de même origine génétique nous permettra de mieux apprécier ces liaisons pouvant exister, d'une part entre les caractères morphologiques du jeune âge et ceux de la phase productive, et d'autre part entre ces caractères morphologiques et ceux du rendement.

Les différentes variables étudiées à l'exception de l'épaisseur de la coque peuvent permettre de discriminer les écotypes entre eux. Certains caractères discriminent plus (fortes valeurs de F) que d'autres (faibles valeurs de F). Ainsi les variables circonférence du bulbe, diamètre équatorial du fruit, diamètre de la cavité, peuvent permettre une forte séparation des écotypes.

Les trois premiers axes (70 % de la variabilité totale) donnent les meilleures combinaisons linéaires existantes entre les 24 variables mesurées qui permettent de discriminer les groupes, confirmant ainsi l'intérêt d'une analyse multivariée. Toutes les variables ne participent pas de la même manière à cette discrimination. Ainsi, les circonférences du bulbe et du stipe, la longueur de la feuille et du pétiole, participent de manière prépondérante à la combinaison linéaire définie par l'axe 1 alors que les variables longueur de la feuille et épaisseur de la bourre y contribuent moyennement. Certaines variables morphologiques du fruit et de la noix (diamètre polaire et équatorial, diamètre de la cavité) et les composantes du rendement (nombre de noix par régime, nombre moyen de régimes) caractérisent l'axe 2 alors que l'axe 3 se distingue par les caractères de l'inflorescence et l'épaisseur de l'albumen.

Le dendrogramme de la figure 2 regroupe les écotypes en fonction de leur plus ou moins grande similitude. Si l'on choisit arbitrairement une distance moyenne voisine de 0,55 pour regrouper les écotypes on obtient 9 groupes de 1 à 3 écotypes, qui présentent le plus souvent des affinités géographiques.

Il est intéressant de noter que le GMZ se classe logiquement plus près du GCO que des écotypes ouest-africains GOA et GCA. L'écotype du Mozambique, qui porte de très longues feuilles, se caractérise par un bulbe racinaire très développé, des fruits relativement plus gros que ceux des autres écotypes africains. Il se distingue aussi par la production d'un plus grand nombre de régimes à long pédoncule et ayant un nombre d'épillet élevé. D'une manière générale, et en particulier sur ce point, les données morphologiques sont en accord avec les résultats d'une étude réalisée précédemment sur les polyphénols foliaires de cocotier (Jay *et al.*, 1988).

Le classement des écotypes GOA et GCA avec le GSL peut sembler plus étonnant, mais il faut se souvenir que le cocotier a pu être introduit en Afrique de l'Ouest à une époque relativement récente.

Si l'on s'intéresse aux grandes zones géographiques, on constate que la région du Pacifique présente une variabilité

internal environment (e.g. temperature, hormones, assimilates) In this type of correlation, there is no direct causal relation between the characters,

- *direct causal relations between organs following competition for a limited quantity of resources (nitrogen, hormones, carbonaceous assimilates) or by correlative growth when, for example, the hormone produced by an organ affects the development of another This latter type of causal relation easily explains the negative link that can exist between yield components (number of nuts and copra/nut), competition between the nuts in the same bunch, between the root bulb and leaf emission. Generally speaking, it partly explains the links observed within stem, leaf or fruit characters.*

According to Ledent (1984), the links between vegetative characters often depends on their variability and on the material in question. A study currently being conducted on material of the same genetic origin will enable us to be more precise about these links that may exist between morphological characters in young palms, and those in the productive phase, and between these morphological characters and yield characters

The different variables studied, apart from shell thickness, can be used to distinguish ecotypes from each other. Certain characters (high F values) discriminate more than others (low F values). Thus, the variable relative to root bulb circumference, fruit equatorial diameter and cavity diameter can provide a clear separation of ecotypes.

The first three axes (70 % of total variability) give the best linear combinations existing between the 24 variables measured, enabling a distinction to be made between the groups, thereby confirming the merits of a multivariate analysis. The variables do not all contribute to this discrimination in the same way. The root bulb and stem girths and the leaf and petiole lengths play a major role in the linear combination defined by axis 1, whereas the leaf length and husk thickness variables only play a moderate role. Certain morphological characters of the fruit and nut (polar and equatorial diameters, cavity diameter) and the yield components (number of nuts per bunch, mean number of bunches) characterize axis 2, whereas axis 3 is characterized by inflorescence and meat thickness characters.

The dendrogram in figure 2 groups together ecotypes according to the extent of their similarity. If an arbitrary mean distance of around 0.55 is chosen for grouping ecotypes, 9 groups of 1 to 3 ecotypes are obtained, which usually reveal geographical affinities.

*It is interesting to note that the MZT is logically classed nearer the COT than to the West African ecotypes WAT and CMT. The Mozambique ecotype, which has very long leaves, is characterized by a highly developed root bulb and relatively larger fruits than those of the other African ecotypes. It also stands out through its production of a larger number of bunches with a long peduncle and a large number of spikelets. Generally speaking and particularly as regards this point, the morphological data tally with the results of a study already carried out on coconut leaf polyphenols (Jay *et al.*, 1988).*

The classification of WAT and CMT ecotypes with SLT may seem more surprising, but it should be remembered that coconut may have been introduced into West Africa relatively recently

Taking the broad geographical zones, it can be seen that the Pacific region offers maximum variability with ecotypes

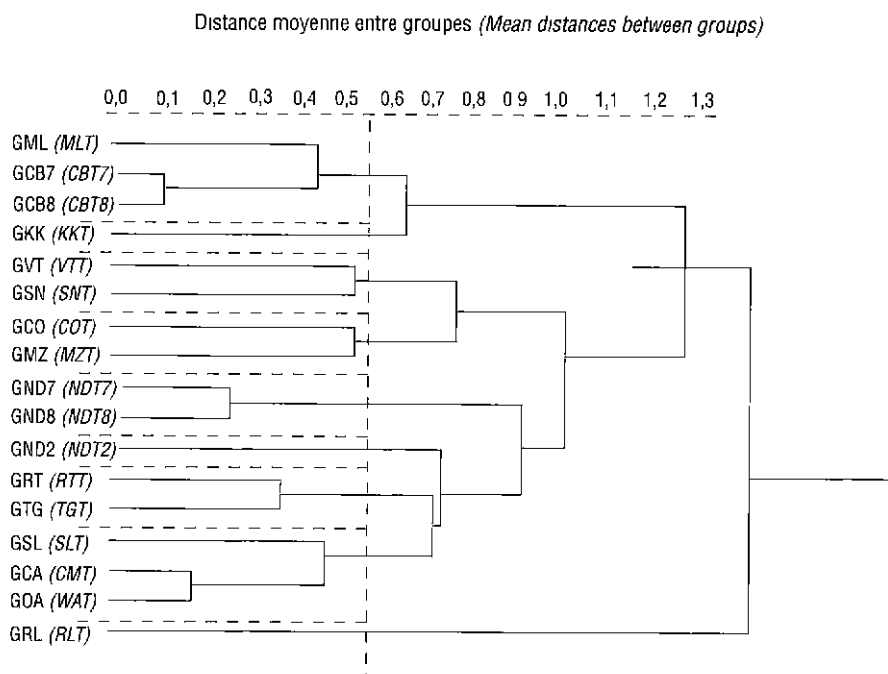


FIG. 2. — Classification des écotypes étudiés. NB : les distances mentionnées ici sont calculées par le programme de classification. Il ne s'agit pas des distances Mahalanobis. — (Classification of the ecotypes studied. NB : the distances mentioned above were calculated by the classification program. They are not Mahalanobis distances.)

maximale avec des écotypes répartis dans toutes les branches du dendrogramme. L'océan Indien regroupe également une variabilité importante. Certains écotypes dans ces deux zones géographiques, se trouvent ainsi très éloignés les uns des autres comme sont les cas des Grands Rennell et Kar Kar pour le Pacifique, des Grands Comores et Andaman de l'océan Indien. Cette situation peut permettre d'expliquer la vigueur hybride observée sur certains croisements entre écotypes originaires d'une même zone géographique.

Les trois premiers axes permettent de différencier correctement ces écotypes. Le long de l'axe 1, on distingue des écotypes à stipe élancé et à longues feuilles (GOA, GCA) des populations d'aspect plus massif (GMZ et GCO) alors que l'axe 2 sépare des écotypes portant un nombre relativement faible de gros fruits (GML, GCB7, GCB8, GKK, GRL) de ceux qui produisent un grand nombre de petits fruits (GND7, GND8, GVT, GSN). Quant à l'axe 3, non représenté ici, il isole le GRL caractérisé par la forme de son inflorescence.

Si l'on fait l'hypothèse que ces différences morphologiques reflètent correctement les distances génétiques, on peut envisager de les exploiter dans le cadre d'un programme d'amélioration, pour rechercher les situations d'hétérosis. Ceci contribuerait à améliorer l'efficacité de la sélection d'hybrides Grands \times Grands en donnant des indications sur les écotypes à recombinaison préférentiellement (Bourdeix *et al.*, 1991). Cependant, il serait utile d'ajouter aux caractères étudiés certaines caractéristiques du fruit qui présentent une répartition géographique connue (IRHO, 1986). On sait, par exemple, que des variétés d'Afrique et de l'océan Indien se caractérisent par des pourcentages de bourre élevés et d'eau libre faible alors que certains cultivars d'Extrême-Orient se distinguent par une forte quantité d'eau libre et cela pour un même stade de maturation du fruit.

CONCLUSION

L'étude des variables morphologiques montre l'existence de corrélations entre les différents caractères étudiés. Ce résultat revêt une importance pour l'évaluation des collections de cocotiers dans la mesure où il permet de réduire le volume des descripteurs utilisés dans la caractérisation des écotypes. En effet il n'est pas indispensable de mesurer simultanément

spread throughout all the branches of the dendrogram. The Indian Ocean also offers considerable variability. Certain ecotypes in both these geographical zones are also found very far away from each other, such as the Rennell and Kar Kar Talls in the Pacific and the Comoro and Andaman Talls in the Indian Ocean. This situation may explain the hybrid vigor observed in certain crosses between ecotypes originating from the same geographical zone.

The first three axes enable accurate differentiation of these ecotypes. Along axis 1 there are ecotypes with a slender stem and long leaves (WAT, CMT) and populations with a stockier appearance (MZT and COT), whereas axis 2 separates ecotypes with a relatively small number of large fruits (MLT, CBT7, CBT8, KKT, RLT) from those producing a large number of small fruits (NDT7, NDT8, VTT, SNT). As regards axis 3, which is not shown here, it isolates RLT, which is characterized by the shape of its inflorescences.

If these morphological differences correctly reflected genetic distances, they could be used in breeding programmes, to find heterosis situations. This would help to improve the effectiveness of Tall \times Tall hybrid selection by indicating the ecotypes to which preference should be given for recombination (Bourdeix *et al.*, 1991). However, it would be useful to add certain fruit characteristics with a known geographical distribution (IRHO, 1986) to the characters being studied. For example, it is known that varieties from Africa and the Indian Ocean are characterized by a high husk percentage and a low free water percentage, whereas certain cultivars from the Far East have a high free water content, at the same fruit ripening stage.

CONCLUSION

A study of morphological variables reveals the existence of correlations between the different characters studied. This result is important for the assessment of coconut collections in that it means the volume of descriptors used in ecotype characterization can be reduced. In fact, it is not essential to measure simultaneously two variables that are

deux variables que l'on sait déjà fortement corrélées sur un même organe (stipe, feuille, inflorescence).

Ces caractères donnent une bonne estimation de la variabilité existant aussi bien à l'intérieur qu'entre les écotypes de cocotiers Grands. Par ailleurs, ces variables morphologiques et celles du rendement permettent de caractériser différents groupes au sein des Grands, confirmant même certains apparentements déjà mis en évidence par l'étude sur les polyphénols foliaires. L'exploitation de ces résultats dans un programme d'amélioration est envisageable pourvu que les différences morphologiques traduisent effectivement des distances génétiques.

Les méthodes moléculaires telles que les RFLP ont sur les observations végétatives l'avantage d'être indépendantes de l'environnement. Le nombre élevé de marqueurs mis en évidence est également très attractif. Cependant, leur application éventuelle ne saurait remplacer l'approche biométrique, mais viendrait plutôt la compléter afin de mieux cerner l'organisation de l'espèce.

already known to be strongly correlated for the same organ (stem, leaf, inflorescence)

These characters provide a good estimate of the variability existing both within and between Tall coconut ecotypes. In addition, these morphological variables and those relative to production enable characterization of different groups within the Talls, even confirming certain relationships already detected by the study of leaf polyphenols. Exploitation of these results in a breeding programme can be considered provided that the morphological differences indeed reflect genetic distances.

Molecular methods, such as RFLP, offer the advantage of being independent of the environment, compared to vegetative observations. The large number of markers discovered is also attractive. However, any such application should not be considered as a replacement of the biometric approach, but complementary to it, enabling a clearer picture to be had of the way the species is organized.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ADAMS M.W (1967) —Basis of yield components compensation in crop plants with special reference to the field bean *Phaseolus vulgaris* *Crop science* 7 505-510.
- [2] BENOIT H., GHESQUIERE M (1984). —Electrophorèse, compte rendu cocotier. IV. Déterminisme génétique Rapport interne IRHO-CLRAD, (FRA). 11 p
- [3] BOURDEIX R., MEUNIER J., N'CHO Y.P (1991a). —Une stratégie de sélection du cocotier *Cocos nucifera* L. II. Amélioration des hybrides Grand x Grand. *Oléagineux*, 46, (7), 267-282
- [4] CHOMCHALLOW N (1986). — Codes for coconut varieties IBPGR (unpublished)
- [5] DAS P K (1972) —Studies on selection for yield in wheat an application of genotypic and phenotypic correlations, path coefficient analysis and discriminant functions. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 79 447-453.
- [6] DUHAMEL G (1987) —Piquetage des cocoteraies. Conseil de l'IRHO n°280. *Oléagineux*, 42, (8-9), 325-326
- [7] GALLAIS A. (1984). —Use of indirect selection in plant breeding In : W Lange A.C Zeven N.G. Hogenboom (Eds) : Efficiency in plant breeding - Proceedings 10th Congress of Eucarpia Pudoc, Wageningen, 45-60.
- [8] GALLAIS A. (1989). —Théorie de la sélection en amélioration des plantes. ed. Masson 588 p.
- [9] HARRIES H.C. (1978) —Evolution, dissemination and classification of *Cocos nucifera* L. *Botanical Review*, 44, 265-320
- [10] IRHO (1986). —Rapport scientifique cocotier station Marc Delorme 214 p
- [11] JAY M., BOURDEIX R., POTIER F., SANLAVILLE C. (1988) —Premier résultats de l'étude des polyphénols foliaires du cocotier In: National Symposium on Coconut Breeding and Management, Kerala Agricultural University, (IND)
- [12] LEDENT J.F (1984). —Morphological characters a Physiological analysis In W Lange, A C Zeven et N.G Hogenboom (Eds) Efficiency in plant breeding Proceedings 10th congress of Eucarpia Pudoc, Wageningen, 65-68
- [13] LE SAINT J.P et NUCE de LAMOTHE M de et SANGARE A (1983) —Les cocotiers Nains à Port-Bouet (Côte-d'Ivoire) II Nain Vert Sri Lanka et complément d'information sur les Nains Jaune et Rouge Malaisie, Nain Vert Guinée Equatoriale, Nain Rouge Cameroun. *Oléagineux*, 38, (11), 595-606
- [14] N'CHO Y.P., LE SAINT J.P., SANGARE A, (1988) —Les cocotiers Nains à Port-Bouet (Côte-d'Ivoire). III Nain Brun Nouvelle-Guinée, Nain Vert Thaïlande, Nain Rouge Polynésie. *Oléagineux*, 43, (2), 55-66
- [15] NUCE de LAMOTHE M. de, ROGNON F (1977). —Les cocotiers nains à Port-Bouet (Côte-d'Ivoire). I. Nain Jaune Ghana, Nain Rouge Malaisie, Nain Vert Guinée Equatoriale et Nain Rouge Cameroun *Oléagineux*, 32, (8-9), 367-375
- [16] NUCE de LAMOTHE M de et WUIDART W (1979) —Les cocotiers Grands à Port-Bouët (Côte-d'Ivoire). 1 Grand Ouest Africain, Grand de Mozambique, Grand de Polynésie, Grand de Malaisie. *Oléagineux*, 34, (7), 339-349.
- [17] NUCE de LAMOTHE M de et WUIDART W (1981) —Les cocotiers Grands à Port-Bouet (Côte-d'Ivoire). II. Grand Rennel, Grand Salomon, Grand Thaïlande, Grand Nouvelles Hébrides *Oléagineux*, 36, (7), 353-365
- [18] NUCE de LAMOTHE M de et WUIDART W (1982) —L'observation des caractéristiques de développement végétatif de floraison et de production chez le cocotier. *Oléagineux*, 37, 291-300
- [19] OUVRIER M. (1984) —Exportation par la récolte du cocotier hybride PB121 en fonction de la fumure potassique et magnésienne *Oléagineux*, 39, (5), 263-271.
- [20] POMMIER M (1979) —Plantation des cocotiers élèves en sacs de plastique Conseil de l'IRHO n°189. *Oléagineux*, 34, (1), 17-20
- [21] ROGNON F. (1971). —Les pépinières de cocotiers en sacs de plastique. Conseil de l'IRHO n°106. *Oléagineux*, 26, (5), 307-310.
- [22] SANGARE A., LE SAINT J.P., NUCE de LAMOTHE M de (1984) —Les cocotiers Grands à Port Bouet (Côte-d'Ivoire) 3 Grand Cambodge Grand Tonga, Grand Rotuma *Oléagineux*, 39, (4), 205-215
- [23] TOMASSONE (1988). —Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle discriminante. Collection STAT-ITCF. 56 p
- [24] WUIDART W., ROGNON F. (1978). —L'analyse des composantes de la noix du cocotier. Méthode de détermination du coprah *Oléagineux*, 33, (5) 225-233.
- [25] WUIDART W (1979a) —Production de matériel végétal cocotier Sélection au stade germe Conseil de l'IRHO n°196 *Oléagineux*, 34, (8-9), 395-397
- [26] WUIDART W. (1979b) —Production de matériel végétal cocotier Sélection en pépinière. Conseil de l'IRHO n°197. *Oléagineux*, 34, (10), 453-456.
- [27] WUIDART W. (1981a) —Production de matériel végétal cocotier. Sélection des hybrides en germe Conseil de l'IRHO n°218. *Oléagineux*, 36, (10), 497-500.
- [27] WUIDART W. (1981b) —Production de matériel végétal cocotier Tenue d'un germe Conseil de l'IRHO n°215 *Oléagineux*, 36, (6), 305-309

RESUMEN

Evaluación de algunos ecotipos de cocotero mediante un enfoque biométrico. 1. Estudio de las poblaciones de Grandes

Y.P. N'CHO, A. SANGARE, R. BOURDEIX, F. BONNOT, L. BAUDOIN, *Oléagineux*, 1993, 48, N°3, p. 121-132

La evaluación de 17 ecotipos de Grandes de cocotero se realizó mediante un enfoque biométrico. Se usaron 24 características morfológicas. Se logró evidenciar las diferentes relaciones existentes entre estos ecotipos mediante un análisis discriminante; estos resultados, que están conformes con los que proporciona el estudio de polifenoles foliares, se ajustarán introduciendo caracteres adicionales sobre el fruto. Este enfoque de la evaluación de los ecotipos de una colección de cocoteros, que permite comprender los parentescos entre ecotipos, puede servirle de elemento básico de predicción de la heterosis al especialista en mejoramiento para elegir las poblaciones a utilizar en un esquema de mejoramiento. Por otra parte, importantes relaciones existen entre algunos de estos caracteres morfológicos; se discute brevemente el significado biológico de estas relaciones.

Palabras claves. — Colección, cocotero, ecotipos grandes, caracteres morfológicos, evaluación biométrica, relaciones entre caracteres.

ANNEXE 1. — Matériel végétal — (*Planting Material*)

Origine (Origin)	Désignation dans la collection de la Station Marc Delorme (Designation in station Marc Delorme collection)	Code IBPGR ⁽¹⁾ (IBPGR code)	Date de plantation (Planting date)	Effectif ⁽³⁾ (Number)
Afrique (Africa)	Grand Onest Africain (West African Tall)	(GOA) (WAT)		175
	Grand Cameroun (Cameroon Tall)	(GCA)		
	Grand Mozambique (Mozambique Tall)	(CMT) (GMZ) (MZT)	(2) 1981	29 26
Pacifique (Pacific)	Grand Karkar (Karkar Tall)	(GKK) (KKT)		15
	Grand Rennell (Rennell Island Tall)	(GRL) (RLT)		30
	Grand Vanuatu (Vanuatu Tall)	(GVT) (VIT)		20
	Grand Rotuma (Rotuman Tall)	(GRT) (RTT)		29
	Grand Salomon (Solomon Island Tall)	(GSL) (SNT)		29
	Grand Tonga (Tongan Tall)	(GTG) (TGT)		30
	Océan Indien (Indian Ocean)	Andaman Ordinary (Andaman Ordinary)	(GND2) (NDT2)	
Laccadive Micro (Laccadive Micro)		(GND7) (NDT7)		29
Laccadive Ordinary (Laccadive Ordinary)		(GND8) (NDT8)		27
Grand Comores (Comoro Tall)		(GCO) (COT)	(2)	23
Grand Sri Lanka (Sri Lanka Tall)		(GSL) (SLT)		30
Grand Cambodge Ream (Cambodia Ream Tall)		(GCB7) (CBT7)	(2)	29
Grand Cambodge Sre Cham (Cambodia Sre Cham Tall)		(CBT8) (CBT8)	(2)	28
Grand Malaisie (Malaisia Tall)		(GML) (MLT)		27

(1) Selon Chomchallow 1986 (according to Chomchallow 1986)

(2) Code non attribué (code not attributed)

(3) Arbres observés pour tous les caractères (palms observed for all the traits)