

# Transmission génétique par voie clonale des caractères liés à la production d'huile chez le palmier à huile

## *Genetic transmission of characters linked to oil yields in oil palm by cloning results for young palms (1)*

L. BAUDOUI (2), T. DURAND-GASSELIN (3)

**Résumé.** — La multiplication du palmier à huile par culture *in vitro* permet de reproduire un génotype clonal de façon conforme et à grande échelle. Elle ouvre la voie à l'exploitation de la variabilité existant à l'intérieur des croisements. Entre autres avantages, elle rend possible une nouvelle augmentation de la production d'huile. Cette amélioration dépend de l'utilisation de méthodes de sélection adaptées et de l'hérédité au sens large. On dispose maintenant de résultats d'essais clonaux qui permettent d'estimer ce paramètre directement pour les caractéristiques du jeune âge. Comme prévu, l'héritabilité est élevée pour le nombre de régimes ( $\approx 0,7$ ) et le poids moyen du régime ( $\approx 0,5$ ). L'héritabilité de la production de régimes est voisine de 0,4, ce qui est supérieur aux précédentes estimations indirectes. L'héritabilité est plus faible pour le pourcentage de fruits ( $\approx 0,3$ ) tandis que les pourcentages de pulpe et d'huile (respectivement 0,6 et 0,5) s'avèrent fortement héritables. L'héritabilité du taux d'extraction ( $\approx 0,4$ ) est non négligeable. Il en résulte une bonne transmission de la production d'huile ( $h^2 \approx 0,4$ ). Les résultats obtenus concernent des plantations clonales jeunes et devront être confirmés à l'âge adulte. Le résultat le plus marquant est que la production et la qualité du régime ont une héritabilité nettement plus élevée que celle suggérée par les estimations précédentes. Ceci indique que les clones fournis actuellement ont une production d'huile sensiblement plus élevée que celle des palmiers issus de graines. Un petit nombre de clones se distingue par une production exceptionnelle, et seront les seuls retenus à l'issue des tests clonaux.

**Mots clés.** — *Elaeis guineensis*, héritabilité, clones, production de régimes, qualité de régimes, production d'huile.

### INTRODUCTION

L'intérêt de la multiplication végétative du palmier à huile a été souvent souligné [Noiret, 1981, Corley *et al.*, 1981]. Elle permet l'exploitation de la variabilité subsistant à l'intérieur des croisements sélectionnés, et autorise également la multiplication d'individus réunissant des caractéristiques particulièrement souhaitables. Ce dernier point peut trouver son application notamment dans l'amélioration de la tolérance aux maladies ou de la qualité de l'huile. Ainsi, on pourra cloner des hybrides ou des back-crosses entre *E. oleifera* et *E. guineensis*, pour peu que leur fertilité soit suffisante, alors

**Summary.** — *Oil palm vegetative propagation by in vitro culturing enables almost unlimited reproduction of true-to-type clone genotypes. It opens the way to exploiting the variability which exists within crosses. Further oil yield improvements can be expected, amongst other advantages. This improvement depends on using adapted breeding methods and on broad sense yield heritability. Results are now available on clone trials which make it possible to estimate this parameter directly for characteristics of young palms. As expected, heritability is high in terms of bunch number ( $\approx 0.7$ ) and mean bunch weight ( $\approx 0.5$ ). Bunch production heritability is around 0.4, which is higher than previous indirect estimates. Heritability is lower for fruit/bunch percentage ( $\approx 0.3$ ), whereas mesocarp/fruit and oil/mesocarp percentages ( $\approx 0.6$  and  $\approx 0.5$  respectively) prove extremely heritable. The oil/bunch percentage heritability ( $\approx 0.4$ ) is worthy of note. This results in a good transmission of oil production ( $h^2 \approx 0.4$ ). The results obtained concern young clone plantings, and will have to be confirmed once the palms are mature. The most striking result is that bunch production and quality are much more heritable than previous estimates had suggested. This indicates that the clones currently supplied produce markedly higher oil yields than palms obtained from seed. A small number of clones distinguish themselves by producing exceptional yields, and these are the only ones which will be used after the clone trials.*

**Key words.** — *Elaeis guineensis*, heritability, clones, bunch production, bunch quality, oil production.

### INTRODUCTION

*The merits of oil palm vegetative propagation have often been emphasized [Noiret, 1981, Corley et al., 1981]. It enables utilization of the variability that exists within selected crosses and also allows multiplication of individuals with particularly sought-after characters. This latter point is particularly applicable in the improvement of disease tolerance or oil quality. It is thus possible to clone hybrids or back-crosses between *E. oleifera* and *E. guineensis*, provided they are sufficiently fertile, whereas the transmission of these characters via seeds is not feasible in the short term.*

*As regards oil production and its components, the progress expected from cloning has been mentioned by various teams [Hardon et al., 1982, Soh, 1986, Meunier, 1987]. The results that can be expected from cloning depend on the*

(1) Communication présentée à la Conférence Internationale du PORIM : Progress, Prospects and Challenges towards the 21st century 9-14 September 1991, Kuala Lumpur Hilton-Malaysia"

(2) CIRAD-IRHO, Montpellier - (France)

(3) IRHO-CI, Station de La Mé - (Côte-d'Ivoire)

que la transmission de ces caractères par graine n'est pas envisageable à court terme.

En ce qui concerne la production d'huile et ses composantes, le progrès attendu grâce au clonage a été évoqué par différentes équipes [Hardon *et al.*, 1982, Soh, 1986, Meunier, 1987]. Ce qu'on peut attendre des clones dépend de la valeur moyenne de la population de base, des méthodes de sélection et de l'héritabilité au sens large  $h^2_b$ .

Rappelons que ce paramètre est le rapport de la variance génétique sur la variance totale. Comme tel, il dépend de la diversité de la population considérée et de l'hétérogénéité due à l'environnement. Cette dernière comprend non seulement les différences de fertilité du sol, mais aussi les autres facteurs, conduite de la culture, méthodes de mesure etc., qui influent sur les résultats observés.

D'un point de vue rigoureux, ce genre de calcul n'est applicable qu'à l'expérimentation où il est effectué. C'est pourquoi il est utile de disposer d'estimations répétées, avec des méthodes différentes, de l'héritabilité. Ainsi, on pourra généraliser les résultats obtenus à des populations et à des environnements similaires.

Certaines estimations de l'héritabilité au sens large ont déjà pu être réalisées à partir de tests de descendance, notamment par l'utilisation de dispositifs hiérarchiques [Jacquemard *et al.*, 1981].

Une autre approche, plus directe, passe par la comparaison des clones et des croisements. La plantation, à la station de La Mé, de clones obtenus par le procédé simplifié de l'équipe ORSTOM-IRHO [Pannetier *et al.*, 1981] depuis 1983 rend aujourd'hui possible son application, du moins pour la production au jeune âge.

*mean value of the basic population, the selection methods and broad sense heritability  $h^2_b$ .*

*It should be remembered that this parameter is the ratio of genetic variance to total variance. As such, it depends on the diversity of the population considered and heterogeneity due to the environment. The latter parameter includes not only differences in soil fertility, but also other factors, such as cropping techniques, measurement methods, etc., which affect the results observed.*

*Strictly speaking, this type of calculation can only be applied to the experiment for which it is carried out. It is therefore useful to have repeated heritability estimates, using different methods. In this way, it would be possible to generalize the results obtained to cover similar populations and environments.*

*Certain broad sense heritability estimates have already been made, through progeny tests, using hierarchical designs in particular [Jacquemard *et al.*, 1981].*

*Another, more direct, approach involves comparison of clones and crosses. The planting at the La Mé station comprising clones obtained using the simplified process developed by the ORSTOM-IRHO team [Pannetier *et al.*, 1981] since 1983, now enables its application, at least for production in young palms.*

TABLEAU I. — Caractéristiques de quelques essais — (*Characteristics of a few trials*)

Essai ( <i>Trial</i> )	Nombre de clones ( <i>Number of clones</i> )	Nombre de croisements ( <i>Number of crosses</i> )	Nombre d'arbres par objet ( <i>Number of trees / treatment</i> )	Dispositif ( <i>Design</i> )	Date de plantation ( <i>Planting date</i> )	Type de sol ( <i>Type of soil</i> )
LM-GP 49	5	1	variable ( <i>variable</i> )	en lignes ( <i>in rows</i> )	1983	organique homogène ( <i>organic, homogeneous</i> )
LM-GP 54	1	1	"	"	1984	"
LM-GP 55	1	2	"	"	"	"
LM-GP 63	3	2	"	"	"	"
LM-GP 64	5	1	64	blocs de Fisher ( <i>Fisher blocks</i> )	"	gleys humiques à minéraux ( <i>humic to mineral gleys</i> )
LM-GP 65	7 + 1	2	24	"	"	"
LM-GP70	5	3	48	"	1985	sables tertiaires ( <i>tertiary sands</i> )
LM-GP 73	12	5	42	"	"	gleys humiques à minéraux ( <i>humic to mineral gleys</i> )
LM-GP 76	5	1	96	"	1986	sables tertiaires ( <i>tertiary sands</i> )
LM-GP 77	3	2	48	"	"	"

## MATERIEL ET METHODES

### 1. — Les essais

Une présentation des essais clonaux plantés depuis 1983 à la Station de La Mé est exposée dans Durand-Gasselin *et al.*, 1990. A la fin juin 1990, 150 clones sont plantés en essai (dont 97 en dispositif statistique). La surface totale des essais atteint 174 ha et s'accroît à un rythme de 30 à 50 ha par an. La grande majorité de ces clones provient d'arbres sélectionnés à La Mé dans 65 croisements. Le tableau I donne les caractéristiques de quelques essais dont les résultats sont exploités ci-dessous.

### 2. — Calcul d'héritabilité

La comparaison de clones et de croisements dans les mêmes essais permet d'estimer l'héritabilité des composantes de la production d'huile selon trois méthodes

#### a. — Comparaison des variances des clones et des croisements

Le palmier est une plante allogame et les géniteurs utilisés sont fortement hétérozygotes. Il en résulte l'existence d'une variabilité génétique à l'intérieur de chaque croisement. S'y ajoute une variabilité liée à l'hétérogénéité de l'environnement :

$$\text{Var } X = \sigma^2_g + \sigma^2_e$$

Les clones sont génétiquement homogènes, et si l'on admet l'inexistence de variation somaclonale, la seule source de variation restante est l'environnement :

$$\text{Var } C = \sigma^2_e$$

Une estimation directe de la variance génétique des croisements peut donc être obtenue par :

$$\sigma^2_g = \text{Var } X - \text{Var } C$$

$$\text{et l'héritabilité vaut } h^2_{bl} = \frac{\text{Var } X - \text{Var } C}{\text{Var } X}$$

La plantation des essais en blocs de Fisher permet le contrôle des variations environnementales entre blocs. Aussi, chaque fois que c'est possible, le calcul de la variance des croisements et des clones est réalisé à partir des moyennes des variances intra-parcelle élémentaires.

#### b. Régression entre clone et tête de clone

La variabilité des performances observées des clones est due à deux sources : la variabilité génétique entre clones et celle de l'environnement. D'un autre côté, la covariance entre un clone et sa tête de clone est égale à la variance génétique. On peut donc calculer l'héritabilité au sens large comme le coefficient de régression des clones sur les têtes de clones.

$$h^2_{b2} = b$$

avec [clone] = a + b [tête de clone]

Falconer (1960) signale que cette méthode peut être appliquée même en présence de sélection : la précision est réduite du fait de la diminution de la variance entre têtes de clones, mais le résultat attendu ne change pas.

## MATERIAL AND METHODS

### 1. — Trials

The clone trials planted at the La Mé station since 1983 were described by Durand-Gasselin *et al.* (1990). At the end of June 1990, 150 clones were already planted in trials (97 in statistical designs) The total area of the trials is 174 ha and is increasing at a rate of 30 to 50 ha per year. The great majority of these clones come from palms selected at La Mé from 65 crosses. Table 1 gives the characteristics of a few trials whose results are analyzed below.

### 2. — Heritability calculation

The comparison of clones and crosses in the same trials makes it possible to estimate the heritability of oil production components, using three methods

#### a. — Comparison of clone and cross variance

Oil palms are allogamous plants and the parents used are highly heterozygous, which results in genetic variability within each cross. This is combined with variability linked to environmental heterogeneity

$$\text{Var } X = \sigma^2_g + \sigma^2_e$$

If somaclonal variation is ruled out, clones are genetically homogeneous. The only source of variation is therefore the environment.

$$\text{Var } C = \sigma^2_e$$

The genetic variance of crosses can therefore be directly estimated by:

$$\sigma^2_g = \text{Var } X - \text{Var } C$$

$$\text{and heritability is } h^2_{bl} = \frac{\text{Var } X - \text{Var } C}{\text{Var } X}$$

Planting trials in Fisher blocks makes it possible to check environmental variations between blocks. Hence, whenever possible, cross and clone variance is calculated from the mean variances within the elementary plots.

#### b. — Regression between clones and ortets

The variability of performance observed in the clones stems from two sources: genetic variability between clones and environmental variability. In another respect, the covariance between a clone and its ortet is the same as genetic variance. Broad sense heritability can therefore be calculated as the coefficient of clone regression on the ortets.

$$h^2_{b2} = b$$

where [clone] = a + b [ortet]

Falconer (1960) indicated that this method can be applied even when selection is involved; the accuracy is reduced due to the lower variance between ortets, but the expected result does not change.

### c. Héritabilité réalisée

La troisième méthode exploite les résultats observés à la suite de la sélection :

$$P = h^2 S \text{ (Falconer, 1960)}$$

$P$  est le progrès génétique effectivement réalisé.  $S$  est la différentielle de sélection. Cette méthode exige donc d'une part de connaître l'écart entre la tête de clone et le croisement dont il est issu et d'autre part la différence entre le clone et le même croisement, planté à nouveau dans les mêmes conditions. Contrairement à la méthode précédente, la précision est d'autant plus élevée que la sélection est plus sévère.

L'estimation du rapport  $P/S$  est réalisée par le calcul de la pente de la droite passant par l'origine (Snedecor et Cochran, 1967).

$$h^2_{b3} = \sum (P_i S_i) / \sum (S_i^2)$$

### 3. — Précision des estimations

Nous avons calculé un intervalle de confiance ( $\alpha = 0,05$ ), afin d'évaluer la précision des estimations réalisées. Bien que l'héritabilité soit comprise entre 0 (caractère totalement déterminé par l'environnement) et 1 (caractère entièrement soumis au contrôle génétique), l'imprécision inhérente à ce type de calcul peut conduire à des valeurs sortant de ce domaine.

## RESULTATS

### Production de régimes

Seule la première méthode de calcul de l'héritabilité a été utilisée pour les caractères de production de régimes. En effet, ceux-ci sont très affectés par l'environnement et surtout l'âge physiologique de la plante. De ce fait, il est difficile de comparer entre eux des clones plantés à des dates et sur des sols différents, pour un trop petit nombre d'années. En revanche les comparaisons des variances à l'intérieur d'un même essai restent relativement fiables.

Le tableau II résume les héritabilités ( $h^2_{b1}$ ) calculées dans 10 essais clonaux pour la production de régimes et ses composantes (nombre et poids moyen du régime). Dans tous ces essais, les clones se montrent plus homogènes que les croisements, quel que soit le caractère considéré.

Une estimation globale de l'héritabilité, tenant compte de tous ces essais donnerait 0,66 pour le nombre de régime, 0,49 pour le poids moyen et 0,44 pour le poids total de régimes. En réalité, cette estimation est plutôt pessimiste, car les essais qui montrent les héritabilités les plus faibles présentent des causes d'hétérogénéité ou d'erreur bien identifiées : effectif faible (LM-GP 49), forte hétérogénéité des sols (LM-GP 73), ou bien des observations portant sur une seule année de production (LM-GP 76 et LM-GP 77).

### Qualité du régime

L'étude de la composition des régimes pose un certain nombre de problèmes chez des arbres aussi jeunes. Les premiers régimes sont très petits et présentent une composition atypique. Pour remédier à cette difficulté, seuls les régimes d'un poids supérieur à 5 kg sont pris en compte. Le résultat de ce tri est une homogénéisation des caractéristiques des régimes d'un même arbre.

Une fois ces précautions prises, la composition des régimes dépend moins de l'âge physiologique des arbres, et la comparaison de la composition des régimes des clones avec leur tête de clone et avec leur croisement d'origine devient possible. Le tableau III indique l'héritabilité de ces compo-

### c. Realized heritability

The third method uses the results observed after selection:

$$P = h^2 S \text{ (Falconer, 1960)}$$

$P$  is the genetic progress actually achieved,  $S$  is the selection differential. This method therefore requires knowledge of the difference between the ortet and the cross from which it comes, and the difference between the clone and the same cross, planted again under the same conditions. Unlike the previous method, the stricter the selection, the greater the accuracy.

The  $P:S$  ratio is estimated by calculating the gradient of the straight line passing through the origin (Snedecor and Cochran, 1967).

$$h^2_{b3} = \sum (P_i S_i) / \sum (S_i^2)$$

### 3. Accuracy of estimates

We calculated a confidence interval ( $\alpha = 0.05$ ), so as to assess the accuracy of the estimates made. Although heritability is between 0 (character totally determined by the environment) and 1 (character totally under genetic control), the inherent inaccuracy of this type of calculation may lead to values outside this range.

## RESULTS

### Bunch production

Only the first heritability calculation method was used for bunch production characters. In fact, they are greatly affected by the environment and particularly by the plant's physiological age. It is therefore difficult to make a comparison between clones planted on different dates and on different soils for too short a time. However, a comparison of variances within the same trial remains relatively reliable.

Table II summarizes the heritability values ( $h^2_{b1}$ ) calculated in 10 clonal trials for bunch production and its components (number of bunches and mean bunch weight). In all these trials, the clones prove more homogeneous than the crosses, regardless of the character considered.

An overall estimate of heritability, taking all the trials into account, would give 0.66 for the number of bunches, 0.49 for mean bunch weight and 0.44 for total bunch weight. In reality, this estimate is rather pessimistic, as the trials with the lowest heritability have clear-cut causes of heterogeneity or error: small number of plants (LM-GP 49), high soil heterogeneity (LM-GP 73), or observations only carried out for one production year (LM-GP 76 and LM-GP 77).

### Bunch quality

The study of bunch composition poses a certain number of problems in such young palms. The first bunches are very small, with atypical composition. In order to overcome this difficulty, only bunches weighing over 5 kg are taken into account. Such sorting improves uniformity of characteristics in bunches from the same tree.

Once these precautions have been taken, bunch production is less dependent on the physiological age of the palms and the comparison of clone bunch composition with that of their ortets and of their original cross becomes possible. Table III shows the heritability of these components using the comparison of within-treatment variances ( $h^2_{b1}$ ) for four

TABLEAU II. — Héritabilité au sens large ( $h^2_{b1}$ ) des composantes de la production de régime — (Broad sense heritability -  $h^2_{b1}$  - of bunch production components)

Essai (Trial)	Période mesurée (ans) (Period measured - years)	Degrés de liberté (Degrees of freedom)	Héritabilité $h^2_{b1}$ (Heritability $h^2_{b1}$ )		
			Nombre de régimes (Number of bunches)	Poids moyen du régime (Mean bunch weight)	Poids total de régimes (Total bunch weight)
LM-GP 49	3 - 6	25 / 97	0,60 ( 0,29 ; 0,77)	0,18 (-0,47 ; 0,53)	0,18 (-0,47 ; 0,53)
LM-GP 54	3 - 5	95 / 143	0,85 ( 0,78 ; 0,89)	0,77 ( 0,68 ; 0,84)	0,74 ( 0,62 ; 0,82)
LM-GP 55	3 - 5	72 / 104	0,83 ( 0,73 ; 0,89)	0,76 ( 0,64 ; 0,85)	0,59 ( 0,37 ; 0,73)
LM-GP 63	3 - 5	62 / 222	0,70 ( 0,56 ; 0,79)	0,70 ( 0,56 ; 0,79)	0,66 ( 0,50 ; 0,77)
LM-GP 64	3 - 5	59 / 316	0,81 ( 0,73 ; 0,87)	0,91 ( 0,87 ; 0,94)	0,68 ( 0,54 ; 0,78)
LM-GP 65	3 - 5	46 / 151	0,63 ( 0,43 ; 0,76)	0,32 (-0,05 ; 0,57)	0,48 ( 0,19 ; 0,67)
LM-GP 70	3 - 4	105 / 123	0,64 ( 0,48 ; 0,75)	0,38 ( 0,10 ; 0,57)	0,53 ( 0,32 ; 0,67)
LM-GP 73	3 - 4	22 / 143	0,25 (-0,33 ; 0,57)	0,01 (-0,75 ; 0,44)	0,10 (-0,59 ; 0,49)
LM-GP 76	3	90 / 406	0,59 ( 0,44 ; 0,69)	0,53 ( 0,36 ; 0,65)	0,24 (-0,03 ; 0,44)
LM-GP 77	3	81 / 69	0,69 ( 0,44 ; 0,82)	0,35 (-0,15 ; 0,63)	0,28 (-0,27 ; 0,59)

N.B. : L'intervalle de confiance à 5 % est entre parenthèses. — (The confidence interval at 5% is in brackets)

TABLEAU III. — Héritabilité au sens large ( $h^2_{b1}$ ) des composantes de la qualité du régime — (Broad sense heritability -  $h^2_{b1}$  - of bunch quality components and oil production)

Essai (Trial)	Période mesurée (Period measured)	Degrés de liberté (Degrees of freedom)	Héritabilité $h^2_{b1}$ (Heritability $h^2_{b1}$ )				
			% fruits/régimes (%fruits/bunch)	% pulpe/fruits (%mesocarp/fruit)	% huile/pulpe (%oil/mesocarp)	% huile/régime (%oil/bunch)	Production d'huile (Oil production)
LM-GP 49	4-7 ans	27/78	0,30 (-0,29 ; 0,62)	0,79 (0,61 ; 0,89)	0,62 ( 0,31 ; 0,80)	0,21 (-0,42 ; 0,58)	0,53 (0,13 ; 0,74)
LM-GP 54/55/63	4-6 ans	75/336	0,27 (-0,02 ; 0,48)	0,55 (0,37 ; 0,68)	0,14 (-0,19 ; 0,39)	0,32 ( 0,04 ; 0,51)	0,41 (0,17 ; 0,57)
LM-GP 64/65	4-5 ans	25/264	0,27 (-0,22 ; 0,56)	0,71 (0,52 ; 0,83)	0,77 ( 0,61 ; 0,86)	0,55 ( 0,24 ; 0,73)	0,48 (0,13 ; 0,69)
LM-GP 70	4-5 ans	39/205	0,49 ( 0,20 ; 0,67)	0,70 (0,52 ; 0,81)	0,37 ( 0,00 ; 0,59)	0,44 ( 0,12 ; 0,64)	0,44 (0,12 ; 0,64)

N.B. L'intervalle de confiance à 5 % est entre parenthèses — (The confidence interval at 5% is in brackets)

TABLEAU IV. — Héritabilité des composantes de la qualité du régime, estimée par regression — (Heritability of bunch quality components estimated by regression)

Caractère (Character)	Régression clone/ortet $h^2_{b2}$ (20 couples) (Clone/ortet regression $h^2_{b2} - 20$ pairs)		Progrès réalisé $h^2_{b3}$ (6 couples) (Progress achieved $h^2_{b3} - 6$ pairs)	
	Estimation (Estimate)	Intervalle de confiance (Confidence interval)	Estimation (Estimate)	Intervalle de confiance (Confidence interval)
% F/R (% fruit/bunch)	0,180	(-0,52 ; 0,89)	-0,056	(-1,60 ; 0,59)
% P/F (% mesocarp/fruit)	0,662	( 0,37 ; 1,13)	0,619	( 0,15 ; 1,09)
% H/P (% oil/mesocarp)	0,943	( 0,40 ; 1,48)	1,010	(-0,08 ; 2,10)
Taux d'extraction (Extraction rate)	0,488	(-0,01 ; 0,99)	0,449	(-0,24 ; 1,14)

santes par comparaison des variances intra-traitement ( $h^2_{b1}$ ) pour 4 groupes d'essais et le tableau IV mentionne les résultats obtenus par régression clone-tête de clone ( $h^2_{b2}$ ) et par le progrès réalisé ( $h^2_{b3}$ ).

Etant donné le nombre encore faible de données disponibles, les méthodes utilisées (particulièrement la troisième) donnent des résultats peu précis. Toutefois, il est à noter qu'elles dérivent de statistiques indépendantes. Dans la mesure où leurs résultats concordent leur fiabilité s'en trouve renforcée.

C'est pour le taux d'extraction que l'accord est le meilleur, puisqu'à l'exception de LM-GP 49, tous les résultats sont entre 0,3 et 0,6. Il y a aussi un bon accord entre les méthodes pour indiquer une faible héritabilité du % de fruits (entre 0,0 et 0,3) et une valeur assez élevée pour le % de pulpe (voisin de 0,6). Les méthodes fondées sur la régression démontrent que le % d'huile sur pulpe s'est très bien transmis des têtes de clones à leurs descendances ( $h^2_b$  voisin de 1), alors que la variabilité génétique détectée par comparaison des variances clonales et sexuées semble plus faible ( $h^2_{b1}$  entre 0,2 et 0,7).

A l'exception du % de fruit, qui souffre d'une faible répétabilité, les composantes du régime sont très bien transmises par voie clonale, et il en résulte une bonne héritabilité du taux d'extraction, confirmée par les trois méthodes.

### Production d'huile de palme

En utilisant la production de régimes observée pour tous les arbres analysés, nous pouvons également calculer l'héritabilité de la production d'huile (Tabl. III). Le résultat obtenu confirme que la variabilité génétique constatée pour la production de régime se retrouve pleinement dans leur résultat, qui est la production d'huile.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats présentés dans cet article concernent de très jeunes essais. Ils devront être confirmés à l'âge adulte. Cependant, ils fournissent des indications précieuses sur la transmission génétique de la production et de ses composantes par voie clonale.

Bien qu'elles mesurent toutes le même phénomène (la transmission conforme des caractères génétiques par clonage), les méthodes de calcul de l'héritabilité présentées ici ne sont pas strictement équivalentes, mais elles en présentent trois aspects complémentaires :

- $h^2_{b1}$  exprime le fait que les clones sont plus homogènes que les croisements, en raison de l'absence de variabilité génétique.
- $h^2_{b2}$  mesure la ressemblance des clones avec leur tête de clone.
- Enfin  $h^2_{b3}$  démontre l'efficacité de la sélection effectuée sur les caractères considérés.

Dans le cas des analyses de régimes, ces trois méthodes fournissent des résultats concordants, sauf pour le % d'huile sur pulpe. Chacune de ces estimations est peu précise, mais leur recoupement permet d'avoir une bonne idée de l'héritabilité de ces caractères. En particulier, on notera que la variabilité du taux d'extraction admet une composante génétique non négligeable (entre 0,4 et 0,5).

Seul  $h^2_{b1}$  a pu être utilisé pour la production de régimes. La bonne transmission du nombre et du poids moyen était attendue compte-tenu des résultats antérieurs. Les valeurs obtenues pour l'héritabilité au sens large de la production de régimes sont en revanche supérieures à celles estimées précédemment (Soh 1986, Meunier *et al.* 1988). Ce dernier article exploite les résultats d'essais de second cycle. Bien

*groups of trials and table IV shows the results obtained using clone-ortet regression ( $h^2_{b2}$ ) and achieved progress ( $h^2_{b3}$ ).*

*Given that the number of analyses carried out is still small, the results obtained with the methods used (especially the third) lack precision. Nevertheless, it should be noted that they are derived from independent statistics. The fact that their results tally strengthens their reliability.*

*The best agreement is for the extraction rate, since, apart from LM-GP 49, all the results fall between 0.3 and 0.6. There is also good agreement between the methods for a low fruit % heritability (between 0.0 and 0.3), and quite a high value for the mesocarp % (around 0.6). The methods based on regression show that the percentage of oil/mesocarp is very well transmitted from ortets to their progenies ( $h^2_b$  almost 1), whereas the genetic variability detected by comparing clonal and seed material variances seems lower ( $h^2_{b1}$  between 0.2 and 0.7).*

*With the exception of the fruit %, which is subject to low repeatability, bunch components are very well transmitted through cloning and this also leads to good extraction rate heritability, which is confirmed by all three methods.*

### Palm oil production

*By using the bunch production observed for all the palms analyzed, we can also calculate oil production heritability (Table III). The result obtained confirms that the genetic variability seen for bunch production is passed on in full to oil production.*

## DISCUSSION AND CONCLUSION

*The results presented in this article concern very young trials. They will have to be confirmed on adult palms. Nevertheless, they provide valuable information on the genetic transmission of production and its components through cloning.*

*Although they all measure the same phenomenon (true-to-type transmission of genetic characters through cloning), the heritability calculation methods described are not strictly the same, but they offer three complementary aspects*

- $h^2_{b1}$  expresses the fact that clones are more homogeneous than crosses, due to the lack of genetic variability.
- $h^2_{b2}$  measures clone-ortet resemblance.
- $h^2_{b3}$  demonstrates the effectiveness of the selection carried out on the characters considered.

*For bunch analysis, the results from these three methods tally, except for the percentage of oil/mesocarp. Each of these estimates lacks precision, but cross-checking provides a good idea of the heritability of these characters. In particular, it can be seen that the variability of the extraction rate involves a substantial genetic component (between 0.4 and 0.5).*

*Only  $h^2_{b1}$  can be used for bunch production. The effective transmission of bunch number and mean bunch weight was expected, given previous results. However, the values obtained for the broad sense heritability of bunch production are higher than those estimated previously (Soh, 1986, Meunier *et al.*, 1988). The latter article uses the results of second cycle trials. Although they do not give direct access to the*

qu'ils ne donnent pas directement accès aux composantes de la variance, la connaissance de la variance entre croisements permet d'obtenir une estimation de l'héritabilité dans deux hypothèses : une hérédité totalement additive conduit à une estimation basse (0,07 à 0,16). Si la variabilité est entièrement due aux aptitudes spécifiques à la combinaison, l'estimation est plus élevée (0,14 à 0,32).

La valeur proche de 0,4 trouvée ici tend à corroborer la seconde hypothèse. Ce résultat est important car il signifie que la valeur génétique d'un arbre tient plus à l'existence de combinaisons génétiques particulières qu'à l'aptitude générale à la combinaison de ses parents. Dans un tel cas, la variabilité génétique s'exprime essentiellement à l'intérieur des croisements. Le clonage est alors une méthode privilégiée pour tirer parti de cette variabilité.

La bonne transmission des composantes qui interviennent dans la production d'huile se retrouve pleinement dans leur résultante. Ceci est dû au fait qu'il n'existe pas d'antagonisme entre qualité du régime et production de régimes. Les progrès réalisés par la sélection sur chacune de ces composantes se traduisent donc par un progrès équivalent de la production d'huile.

Dans l'hypothèse où les résultats présentés ici se trouveront confirmés à l'âge adulte, ils permettent de porter un jugement sur l'apport de la multiplication végétative, dans les conditions de La Mé.

On peut en effet estimer le coefficient de variation phénotypique des croisements à 18 %. D'autre part, le taux de sélection des clones sur la production d'huile est d'environ 20 % (le taux réel est plus faible car d'autres critères sont pris en compte).

En diffusant directement la moitié de ces clones, on assure un progrès génétique moyen de 13 % par rapport au croisement de départ (avec une hérédité de 0,4).

Les clones sont systématiquement testés en champ. Si l'on réalise à l'issue de ce test une nouvelle sélection de 20 %, les clones produiront 22 % de plus que le croisement de départ.

*components of variance, knowledge of the variance between crosses makes it possible to obtain an estimate of heritability under two hypotheses: entirely additive heredity leads to a low estimate (0.07 to 0.16). If variability is entirely due to specific combining ability, the estimate is higher (0.14 to 0.32).*

*The value of around 0.4 found in this case tends to corroborate the second hypothesis. This result is important, since it means that genetic value of a tree stems more from the existence of particular genetic combinations rather than from the general combining ability of its parents. In such a case, genetic variability is primarily expressed within crosses. Cloning is then an ideal way of making the most of such variability*

*The good transmission of the components involved in oil production is fully borne out in their resultant. This is due to the fact that there is no antagonism between bunch quality and bunch production. The progress made in selection based on each of these components therefore leads to equal progress in oil production*

*If the results described here are confirmed once the palms are mature, it will be possible to judge the contribution made by vegetative propagation under La Mé conditions.*

*In fact, the phenotypical coefficient of variation for crosses can be estimated at 18%. In addition, the rate of clone selection based on oil production is around 20% (the true rate is lower, as other criteria are taken into account).*

*By distributing half of these clones directly, average genetic progress of 13% can be assured, compared to the original cross (with 0.4 heritability).*

*Clones systematically undergo field tests. If further 20% selection is carried out after field testing, clones will produce 22% more than the original cross*

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] CORLEY R.H.V., WONG C.Y., WOOL K.C., JONES L.H. (1981). —Early results from the first oil palm clone trials. In *The oil palm in agriculture in the eighties*, 1, 173-196, In *corporated Society of Planters*, Kuala Lumpur
- [2] DURAND-GASSELIN T., LE GUEN V., KONAN K. et DUVAL Y. (1990). —Plantations en Côte-d'Ivoire de palmiers à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) obtenus par culture *in vitro*. Premiers résultats. *Oléagineux*, 45, (1) 1-11
- [3] FALCONER D.S. (1967). —Introduction to quantitative genetics. *Oliver and Boyd*, Edinburg and London 367 p.
- [4] HARDON J.J., CORLEY R.H.V. and LEE C.H. (1982). —Breeding and selection for vegetative propagation in the oil palm. In *Improvement of vegetatively propagated plants* Proc. 8th Long Ashton Symp. Academic Press Limited, London
- [5] JACQUEMARD J.C., MEUNIER J., BONNOT F. (1981). —Etude génétique de la reproduction d'un croisement chez le palmier à huile *Elaeis guineensis*. Application à la production de semences sélectionnées et à l'amélioration. *Oléagineux*, 36, (7), 343-352
- [6] MEUNIER J., BAUDOUIN L., NOUY B., NOIRET J.M. (1988). —Estimation de la valeur des clones de palmier à huile. *Oléagineux*, 43, (5), 195-200.
- [7] NOIRET J.M. (1981). —Application de la culture *in vitro* à l'amélioration et à la production de matériel clonal chez le palmier à huile. *Oléagineux*, 36, (3), 123-126.
- [8] PANNETIER C., ARTHUIS P., LIEVOUS D. (1981). —Néof ormation de jeunes plantes de *Elaeis guineensis* à partir de caïls primaires obtenus sur fragments foliaires cultivés *in vitro*. *Oléagineux*, 36, (3), 119-122
- [9] SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G. (1967). —Statistical Methods 6th edition. The Iowa State University Press, Ames, USA.
- [10] SOH A.C. (1986). —Expected yield increase with selected palm clones from current D x P seedling materials and its implications on clonal propagation, breeding and ortet selection. *Oléagineux*, 41, (2), 51-56.