

Relations entre la production d'huile et le nombre de régimes chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Conséquences pour la pollinisation dans les jeunes plantations

J. MEUNIER, F. POTIER, P. AMBLARD et B. TAILLIEZ

Résumé. — A l'aide de résultats expérimentaux et de données génétiques, cet article illustre la prépondérance du nombre de régimes sur le poids moyen d'un régime dans l'amélioration du poids total. Il apparaît bien que l'amélioration génétique du palmier à huile par sélection clonale ou sexuée, directe ou indirecte, aboutit à une augmentation du nombre de régimes et donc à un sex-ratio élevé. Dans des conditions écologiques favorables, celui-ci atteint des valeurs telles que la production de pollen est très souvent insuffisante à l'entrée en production. Si des apports de pollen extérieur sont effectués, la situation évolue très vite vers une diminution du sex-ratio, ce qui rend alors la pollinisation naturelle tout à fait efficace. La pollinisation assistée est actuellement la technique la plus utilisée pour faire face avec succès aux carences en pollen observées dans les jeunes plantations. Du fait des contraintes qu'elle impose, d'autres solutions sont recherchées dans le domaine des techniques culturales : introduction de sources de pollen dans la plantation, ou dans le domaine de la génétique : sélection de matériel plus masculin, amélioration du taux d'extraction de l'huile.

INTRODUCTION

Relations entre la production d'huile et le nombre de régimes chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.)
Conséquences pour la pollinisation dans les jeunes plantations.

Le principal objectif de l'amélioration génétique du palmier à huile est l'augmentation de la production d'huile de palme. Cette production est la résultante de caractéristiques de production (nombre de régimes, poids moyen d'un régime) et de qualité du régime, exprimée par le taux d'extraction, lui-même décomposable en plusieurs termes.

Du fait de la valeur plus ou moins élevée de leur hérédité et de l'existence de corrélations entre certaines caractéristiques — par exemple une corrélation négative entre le nombre de régimes et le poids moyen d'un régime [de Berchoux et Gascon, 1965; Ooi *et al.*, 1973; van der Vossen, 1974] — ces composantes interviennent à des degrés divers dans l'amélioration génétique de la production d'huile. Parmi celles-ci, le nombre de régimes joue en particulier un rôle déterminant : toute augmentation de ce caractère induit un accroissement du rendement en huile. En d'autres termes, l'amélioration génétique de la production d'huile va dans le sens d'une plus grande féminité

Cet article se propose d'étudier le rôle prépondérant du nombre de régimes dans le progrès génétique pour le rendement et d'en examiner les conséquences sur la conduite des jeunes plantations et sur certaines orientations de la sélection. Dans ce but, il portera en premier lieu sur l'illustration de la part importante prise par le nombre de régimes dans la production de régimes et, par suite, dans la production d'huile. Il exposera ensuite quelques-unes des mesures qui, dans le cadre de la sélection ou de la gestion des plantations, permettent de faire face au défaut de pollinisation dû à la féminité exacerbée du matériel végétal jeune.

I. — PLACE DU NOMBRE DE RÉGIMES DANS LA PRODUCTION

A. — Résultats expérimentaux.

L'importance du nombre de régimes pour le rendement d'une plantation de palmiers peut être illustrée à travers plusieurs exemples pris dans des essais destinés à estimer la valeur du matériel végétal en sélection

1. — Etude de tests de descendance.

Le tableau I résume les données de production enregistrées dans des essais comparatifs du premier cycle de sélection récurrente, implantés à La Mé, en Côte d'Ivoire et à Mondom au Cameroun, dans des milieux marqués par un déficit hydrique annuel voisin de 330 millimètres (période 1960-1986) et de 400 millimètres (période 1971-1980) respectivement. Ces données comprennent les performances moyennes des croisements en test et les performances moyennes, pour environ 20 % de l'effectif, des croisements les meilleurs sur le plan de la production d'huile. Les résultats de ces derniers, exprimés en pourcentage de la valeur moyenne de l'ensemble des croisements, figurent également dans le tableau.

Les meilleurs croisements de chacun de ces essais se caractérisent par une amélioration simultanée du poids total de régimes et du taux d'extraction. Dans la plupart des essais, l'amélioration du poids total de régimes est liée à une augmentation sensible du nombre de régimes et à une légère diminution du poids moyen d'un régime.

La prépondérance du nombre de régimes sur le poids moyen d'un régime dans l'amélioration du poids total se retrouve également dans les résultats des essais mis en place en Indonésie dans des écologies très favorables à l'élaéculture. Le tableau II, qui regroupe pour quelques essais les

TABLEAU I. — Données de production de quelques essais de premier cycle de La Mé et de Mondoni — (Production data from a few first cycle trials at La Mé and Mondoni)

Essai (Trial)	Période de production (Production period)	n	NR (BN)	PMR (MBW)	PTR (TBW)	% HP ₁ (OP ₁)
LM-GP 06	6-9 ans (years)	23	a 11,1	11,0	121,6	21,0
			b 11,6 (104,9)	10,9 (99,1)	126,1 (103,7)	21,5 (102,6)
LM-GP 08	6-18 "	20	7,1	15,9	110,7	22,1
			7,5 (106,1)	15,3 (96,2)	114,6 (103,6)	24,1 (109,4)
LM-GP 09	6-10 "	24	9,5	12,8	119,4	21,7
			10,3 (108,2)	12,7 (99,1)	127,2 (106,5)	22,5 (103,6)
MD-GP01-2	6-13 "	25	7,2	15,7	111,9	23,2
			8,0 (111,1)	15,1 (96,3)	120,3 (107,5)	24,0 (103,3)
MD-GP02-1	6-9 "	24	7,9	14,2	111,9	23,4
			8,5 (106,9)	14,7 (103,1)	124,3 (111,0)	24,1 (103,0)
MD-GP02-2	6-9 "	21	7,4	15,2	110,8	23,1
			8,9 (119,6)	13,7 (90,1)	122,0 (110,1)	23,1 (100,1)

n : nombre de croisements en test — (number of crosses in trial)

NR : nombre de régimes — (BR number of bunches).

PMR : poids moyen d'un régime (en kg) — (MBW mean bunch weight - kg).

PTR : poids total de régimes (en kg par arbre et par an) — (TBW total bunch weight - kg/tree/yr)

% HP₁ : taux d'extraction industriel — (OP₁ industrial extraction rate)

a : performances moyennes de l'ensemble des croisements en test — (mean performance of all the crosses in the trial)

b : performances moyennes des 20 % meilleurs croisements () pourcentage par rapport à la valeur moyenne de l'ensemble des croisements — (mean performance of the 20 % best crosses () percentage compared to the mean value of all the crosses)

LM : La Mé.

MD : Mondoni

TABLEAU II. — Corrélations entre le poids total de régimes et ses composantes dans des essais implantés en Indonésie — (Correlations between total bunch weight and its components in trials planted in Indonesia)

Essai (Trial)	Localisation (Location)	Effectif (Number)	Période de production (Production period)	r (NR, PTR) (BN, TBW)	r (PMR, PTR) (MBW, TBW)
BB-GT 1A	Bangun Bandar	16	6 ans (years)	0,645**	- 0,357
			12 "	0,856***	- 0,528*
			6-12 "	0,570*	- 0,242
AK-GP 08	Aek Kwasan	25	7 "	0,492*	0,435*
			11 "	0,545**	- 0,227
			7-11 "	0,564**	- 0,143
BO 11 S	Marihat	20	4 "	0,939***	0,625**
			11 "	0,872***	- 0,400
			4-11 "	0,852***	- 0,112
BO 17 S	Marihat	25	4 "	0,910***	0,333
			10 "	0,860***	- 0,465
			4-10 "	0,815***	- 0,193

r (NR, PTR) : corrélation entre le nombre et le poids total des régimes — (BN, TBW : correlation between bunch number and total weight).

r (PMR, PTR) : corrélation entre le poids moyen d'un régime et le poids total — (MBW, TBW : correlation between mean bunch weight and total weight)

* : corrélation significative à 5 % — (significant correlation at 5 %).

** : corrélation significative à 1 % — (significant correlation at 1 %).

*** : corrélation significative à 1 % — (significant correlation at 1 %).

valeurs des corrélations calculées entre le poids total de régimes et chacune de ses composantes montre que, dans les cas étudiés, le classement selon le poids total suit toujours celui selon le nombre de régimes et rarement celui selon le poids moyen.

2. — Choix des têtes de clones.

Le développement des techniques de multiplication végétative *in vitro* rend possible aujourd'hui la production de clones sélectionnés. Celle-ci repose sur le choix dans les bons croisements des têtes de clones i.e. des palmiers les meilleurs pour la production d'huile. L'examen des caractéristiques de production de régimes des têtes de clones choisies par l'IRHO (Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux) fait apparaître que la grande majorité d'entre elles présente un nombre de régimes supérieur à celui du croisement d'origine. Le tableau III basé sur l'exemple des 150 premières têtes de clones identifiées à La Mé illustre cette situation.

TABLEAU III. — Place du nombre de régimes des têtes de clones choisies à La Mé par rapport au nombre de régimes du croisement d'origine — (*Role played by the number of bunches produced by the ortets chosen at La Mé, compared to the number of bunches of original cross*)

Type de croisement (<i>Type of cross</i>)	(1)	(2)	(3)
Deli × La Mé	24	116	95
Deli × Yangambi	5	32	27
Deli × NIFOR	1	1	1
Total	30	149	123

(1) : Nombre de croisements — (*Number of crosses*).

(2) : Nombre de têtes de clones — (*Number of ortets*).

(3) : Nombre de têtes de clones ayant un nombre de régimes supérieur à celui du croisement d'origine — (*Number of ortets with a bunch number higher than that of the original cross*).

Dans près de 83 % des cas, la bonne productivité des têtes de clones s'accompagne d'un nombre de régimes élevé. Des situations où le nombre de régimes est inférieur à la moyenne du croisement existent (environ 17 % des têtes de clones) mais elles se caractérisent alors très souvent par un gain de productivité plus réduit, ainsi qu'en témoigne le tableau IV.

On remarque que c'est dans les catégories où le progrès génétique n'excède pas 20 % que l'on trouve la plus forte proportion de têtes de clones à nombre de régimes inférieur à celui du croisement d'origine : 10 sur 33 (30,3 %), contre 16 sur 116 (13,8 %) lorsque le gain dépasse 20 %.

Les caractéristiques des têtes de clones sélectionnées à Bangun Bandar (Tabl. V) rendent compte elles aussi de l'étroite association entre le rendement et le nombre de régimes. Presque tous les palmiers les plus productifs, choisis donc comme têtes de clones, possèdent un nombre de régimes supérieur au nombre moyen du croisement.

B. — Données génétiques.

Les résultats obtenus à la suite de calculs d'héritabilités et de l'établissement d'index de sélection appuient l'importance de la contribution du nombre de régimes à l'amélioration de la production de régimes et du rendement en huile.

Les calculs d'héritabilités, effectués par différents auteurs et récapitulés dans le tableau VI, montrent que le nombre de

régimes est généralement plus héritable que le poids moyen et qu'il donnera donc plus de prise à la sélection.

En outre, une étude sur la production d'hybrides en fonction du nombre et du poids moyen des régimes de leurs parents souligne la supériorité des combinaisons à « grand nombre de petits régimes » sur celles à « petit nombre de gros régimes », ce qui permet peut-être de comprendre pourquoi les croisements qui ont de bonnes performances sont le plus souvent très féminins [Baudouin *et al.*, 1989].

Par ailleurs, Soh et Chow (1987) ont évalué les efficacités relatives de différents types de sélection indirecte pour la production d'huile, basés sur l'utilisation d'index de sélection construits à partir des composantes du rendement et des caractéristiques végétatives. Leurs résultats démontrent que la sélection indirecte est plus efficace que la sélection directe et que le nombre de régimes est — avec le pourcentage d'amande sur fruit et, dans une moindre mesure, le pourcentage de pulpe sur fruit — le caractère qui contribue le plus à l'amélioration du rendement en huile.

Tous les résultats exposés dans cette première partie tendent à montrer que l'amélioration du palmier à huile, par sélection clonale ou sexuée, directe ou indirecte, aboutit à une augmentation du nombre de régimes et donc à un sex-ratio élevé. Celui-ci évolue considérablement au cours de la vie de la plante, de telle sorte que l'extrême féminité associée aux croisements performants ne s'observe que dans les jeunes plantations. C'est ce qui va être montré dans le paragraphe suivant.

II. — ÉVOLUTION DU NOMBRE DE RÉGIMES EN FONCTION DE L'ÂGE

A. — Variations du nombre de régimes au cours du temps.

D'une façon générale, le nombre de régimes décroît rapidement au fur et à mesure que le palmier vieillit, principalement en raison de la réduction du sex-ratio et de l'affaiblissement du rythme d'émission foliaire [Corley et Gray, 1976 ; Hartley, 1977].

Nous avons reproduit sur les figures 1 à 3 l'évolution, en fonction de l'âge, du nombre de régimes de plusieurs croisements inclus dans le matériel végétal de quelques essais implantés dans des environnements différents. Ces essais comportent des descendance dont les composantes de production varient selon l'origine génétique.

En dépit de la diversité des conditions écologiques et génétiques, les courbes présentent presque toutes la même allure : très important pendant le jeune âge, le nombre de régimes diminue ensuite régulièrement. Toutefois, certaines années, les effets des facteurs du milieu occasionnent quelques fluctuations par rapport à ce type d'évolution.

B. — Nombre de régimes au jeune âge.

Pendant le jeune âge, dans des écologies favorables, le nombre de régimes atteint souvent des valeurs très élevées qui, pour les matériels les plus productifs, sont essentiellement limitées par le taux d'apparition des feuilles, le sex-ratio étant alors proche de 1. De ce fait, le nombre d'inflorescences mâles émises à l'entrée en production est faible et, en l'absence d'apport de pollen extérieur, la production se situera à un niveau alarmant, voire quasiment nul.

Le manque de pollen qui compromet la production pendant le jeune âge n'est pas un problème uniquement lié aux cultivars hautement féminins : dans les jeunes planta-

TABLEAU IV. — Supériorité des têtes de clones par rapport au croisement d'origine en fonction de la valeur relative du nombre de régimes — (*Superiority of ortets over original cross, depending on the relative bunch number value*)

Gain (Gain) (1)	Nombre de têtes de clones (<i>Number of ortets</i>)	
	NR supérieur (<i>Higher BN</i>) (2)	NR inférieur (<i>Lower BN</i>) (3)
Plus de 30 % (<i>More</i>)	60	4
Entre 20 et 30 % (<i>Between</i>)	40	12
Entre 10 et 20 %	19	6
Moins de 10 % (<i>Less</i>)	4	4
Total	123	26

(1) Gain de productivité des têtes de clones par rapport au croisement d'origine pour le rendement en huile — (*Gain in productivity of ortets compared to the original cross in terms of oil yield*)

(2) Nombre de têtes de clones ayant un nombre de régimes supérieur à celui du croisement d'origine — (*Number of ortets with a higher number of bunches than the original cross*)

(3) Nombre de têtes de clones ayant un nombre de régimes inférieur à celui du croisement d'origine — (*Number of ortets with a lower number of bunches than the original cross*)

TABLEAU V. — Nombre de régimes des têtes de clones de Bangun Bandar et des croisements d'origine — (*Number of bunches produced by the ortets at Bangun-Bandar and by the original crosses*)

Type de croisement (<i>Type of cross</i>)	Nombre de têtes de clones (<i>Number of ortets</i>)		Nombre de régimes (<i>Number of bunches</i>)		Période de production (<i>Production period</i>)
	NR supérieur (<i>Higher BN</i>)	NR inférieur (<i>Lower BN</i>)	croisement (<i>cross</i>)	têtes de clones (<i>ortets</i>)	
Deli × Yangambi	2	2	22,4	23,0	6-11 ans (<i>years</i>)
Deli × Yangambi	6	—	15,5	19,6	« «
Deli × Yangambi	5	1	19,6	22,7	« «
Deli × Yangambi	7	—	16,1	19,9	6-8 «
Deli × Yangambi	3	—	19,2	21,0	6-9 «
Deli × La Mé	3	1	21,1	22,2	« «
Deli × NIFOR	3	2	19,2	20,4	« «
Deli × La Mé	5	—	21,9	24,9	« «
	34	6			

tions établies dans les milieux les plus propices à l'élaéculture, les moins féminins des croisements à fort rendement produisent néanmoins, en valeur absolue, un grand nombre de régimes (Fig 1, par exemple) et on peut douter que le surcroît d'inflorescences mâles lié à l'amoinissement de la féminité suffise à assurer une pollinisation satisfaisante pendant toute la durée de la floraison femelle. En extrême-orient, la production mensuelle d'inflorescences mâles peut tomber à zéro à certaines périodes de l'année [Hartley, 1977] et cela même lorsqu'il s'agit de matériel *dura* Deli [Gray, 1966]. En revanche, à d'autres moments il y a des pointes d'apparition d'inflorescences mâles, souvent induites par des périodes de sécheresse prolongée [Corley, 1976a].

On peut rappeler également [Hartley, 1977] que, dans le sud-est asiatique, des pertes de production imputées au manque de pollen ont été signalées dès l'entre-deux-guerres dans des jeunes plantations industrielles comportant alors du matériel bien moins féminin que celui diffusé aujourd'hui. C'est à cette époque que la pollinisation assistée fut mise en vogue. Son utilisation se répandit après la seconde guerre mondiale, en raison du nombre limité d'inflorescences mâles

produites dans les jeunes plantations et elle devint dès lors pratique courante.

C. — Nombre de régimes à l'âge adulte.

Le nombre de régimes décline très rapidement en fonction du temps, tandis que le nombre d'inflorescences mâles augmente sensiblement si des conditions satisfaisantes de pollinisation sont maintenues pendant le jeune âge [Gray, 1969]. Les apports de pollen extérieur peuvent alors cesser au bout de deux ou trois campagnes. Cependant, si les premières inflorescences femelles ne sont pas bien pollinisées (ou ne donnent pas suffisamment de fruits), le nombre de régimes femelles reste élevé et la production continue à être remise en question au cours des campagnes suivantes, faute de pollen en quantité suffisante. Une production de régimes, réduite se traduit en effet par une augmentation de la quantité de matière sèche incorporée dans les tissus végétatifs [Corley, 1976b], ce qui favorise l'apparition ultérieure d'organes fructifères. Dans ces conditions, le sex-ratio ne peut évoluer en faveur des inflorescences mâles.

TABLEAU VI. — Valeurs des hérabilités des composantes de la production de régimes — (*Heritability values for bunch production components*)

Type de matériel (<i>Type of material</i>)	H ² NR (<i>BN</i>)	h ² PMR (<i>MBW</i>)	h ² PTR (<i>TBW</i>)	Référence (<i>Reference</i>)
<i>dura</i> Deli	0,544 ± 0,204	0,194 ± 0,194	0,194 ± 0,194	Hardon et Thomas, 1968
	0,389 ± 0,323	0,366 ± 0,254	0,397 ± 0,211	
	0,539 ± 0,566	- 0,362 ± 1,242	0,480 ± 0,259	
<i>tenera</i> × <i>dura</i>	0,318 ± 0,078	0,083 ± 0,058		Meunier <i>et al.</i> , 1970
	(0,601 ± 0,306)(1)			
<i>tenera</i> × <i>tenera</i> et <i>tenera</i> × <i>dura</i>	0,51 ± 0,21	0,2 ± 0,13	0,09 ± 0,20	Van der Vossen, 1974
<i>dura</i> × <i>pisifera</i> (Deli × La Mé)	0,43	0,41	0,29	Jacquemard <i>et al.</i> , 1981
	0,51	0,64	0,15	
<i>dura</i> × <i>pisifera</i>	0,48	0,31	0,22	Soh et Chow, 1987

h² NR : hérabilité du nombre de régimes — (*BN* : *bunch number heritability*)

h² PMR : hérabilité du poids moyens d'un régime — (*MBW* : *mean bunch weight heritability*).

h² PTR : hérabilité du poids total de régimes — (*TBW* : *total bunch weight heritability*).

(1) : croisements Deli × La Mé uniquement — (*Deli* × *La Mé* crosses only).

TABLEAU VII. — Caractéristiques de quelques essais suivis par l'IRHO — (*Characteristics of some trials monitored by IRHO*)

Essai (<i>Trial</i>)	Localisation (<i>Location</i>)	Nombre (<i>Number</i>) (1)	Production (<i>Production</i>) (2)	Types de croisements étudiés (<i>Types of crosses studied</i>)
BB-GT 1A	Bangun Bandar (Sumatra)	16	29,12	Deli × La Mé SOCFINDO × SOCFINDO Deli × Yangambi SOCFINDO × Yangambi Deli × Angola Deli × WAIFOR Deli × Sibiti
AK-GP 12	Aek Kwasan (Nord Sumatra)	19	25,77	témoins locaux indonésiens (<i>local Indonesian controls</i>) Deli × La Mé
BO 17 S	Marihat (Sumatra)	25	26,66	Deli × Yangambi

(1) : nombre de croisements — (*number of crosses*)

(2) : production moyenne de l'essai (période 6-9 ans) en tonnes de régimes par hectare — (*trial production mean in tonnes FFB/ha* — 6-9 year period)

En conclusion, il apparaît bien que, quelle que soit son origine génétique, le matériel végétal sélectionné bénéficiant de conditions favorables porte des inflorescences femelles en nombre tel que la fourniture de pollen est très souvent insuffisante à l'entrée en production. Si des apports de pollen extérieur sont effectués, la situation évolue très vite vers une diminution du sex-ratio, ce qui rend alors la pollinisation naturelle tout à fait efficace.

III. — QUELQUES SOLUTIONS POUR FAIRE FACE AU MANQUE DE POLLEN

Nous allons examiner quelques actions qui peuvent être envisagées pour remédier au manque de pollen constaté dans les jeunes plantations situées dans des milieux propices à la culture du palmier à huile. Ces actions se rattachent essentiellement à deux types d'approches :

— une approche liée à la conduite des plantations, qui fait appel à des pratiques culturales associées ou non à divers traitements physiologiques destinés à orienter la sexualisation : pollinisation assistée, introduction d'insectes pollinisateurs, utilisation d'hormones, etc. ;

— une approche liée à la génétique, qui consiste à créer des palmiers plus masculins et donc à réduire les carences en pollen dans le matériel planté.

Pour la clarté de l'exposé, nous présentons séparément les différentes techniques mais il est évident qu'une utilisation combinée de certaines d'entre elles renforce leur efficacité.

A. — Techniques culturales.

Ce sont ces techniques, surtout la pollinisation assistée, qui sont employées aujourd'hui pour pallier les inconvénients occasionnés par le manque de pollen.

1. — Pollinisation assistée.

La pollinisation assistée a fait l'objet de conseils de pratique agricole [Taillez et Valverde, 1971 et, après réactualisation, Arnaud, 1979 a et b]. Hardon et Corley (1976) et Hartley (1977) en donnent également une description. La pollinisation assistée assure des rendements satisfaisants au début de la mise en production et garantit l'apparition ultérieure d'inflorescences mâles qui suffiront à polliniser à elles seules les régimes femelles après quelques campagnes.

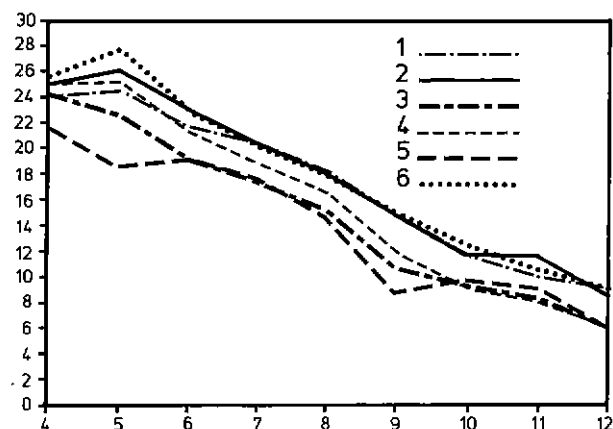


FIG. 1. — Nombre de régimes selon l'âge — (Number of bunches according to age).
Bangun-Bandar, Essai BB-GT 1A (année de plantation : 1974) — (Trial BB-GT 1A — planting year 1974).

	n	PTR (TBW)
1 = Deli × La Mé	8	215,6
2 = SOCFINDO × SOCFINDO	2	226,8
3 = Deli × Yangambi	2	213,0
4 = SOCFINDO × Yangambi	1	205,6
5 = Deli × Angola	1	203,0
6 = Deli × WAIFOR	1	230,0

n : Nombre de croisements — (Number of crosses).
PTR : Poids total de régimes en kg/arbre/an (période 6-9 ans) — (Total weight in kg/tree/year — 6-9 year period).

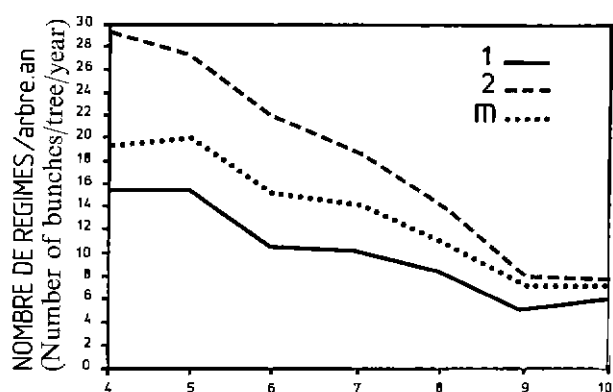


FIG. 3. — Nombre de régimes selon l'âge — (Number of bunches according to age).
PP Marihat Essai BO 17S (date de plantation : septembre-novembre 1977) — (Trial BO 17S — planting date : September-November 1977).

	PTR (TBW)
1 : PA 0148D × MA 086	181,4
2 : TI 0241D × MA 036	226,9
M : moyenne de l'essai BO 17S (25 croisements) (mean of trial BO 17S — 25 crosses)	197,5

PTR : Poids total de régimes en kg/arbre/an (période 6-9 ans) — (TBW : Total bunch weight in kg/tree/year — 6-9 year period).

Pour la mener avec de bonnes chances de succès, il importe de prévoir, avant la création d'une plantation, des sources de pollen et le personnel nécessaire aux opérations de collecte et de pollinisation.

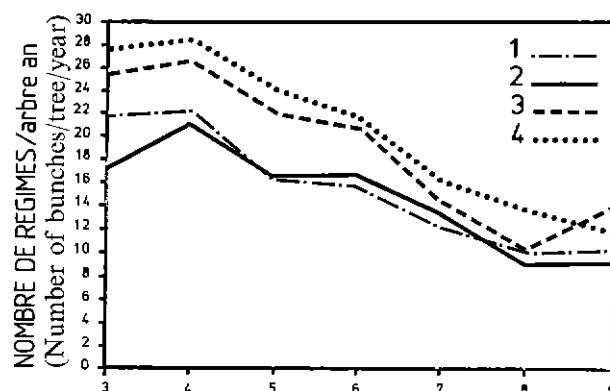


FIG. 2. — Nombre de régimes selon l'âge — (Number of bunches according to age).
Aek-Kwasan Essai AK-GP 12 (année de plantation : 1978) — (Trial AK-GP 12 — planting year 1978).

	PTR (TBW)
Témoins indonésiens (Indonesian controls)	
1 : TJ 66 = T347D × DS66P	180,3
2 : BJ 95 = DS155D × SP510T	199,2
Croisements Deli × La Mé (Crosses)	
3 : LM 5376 = L2531D × L2255P	197,5
4 : LM 6580 = L2507D × L2236P	193,6

PTR : Poids total de régimes en kg/arbre/an (période 6-9 ans) — (TBW : Total bunch weight in kg/tree/year — 6-9 year period).

2. — Introduction d'insectes pollinisateurs.

Le palmier à huile a longtemps été réputé anémophile mais des entomologistes ont montré récemment que les insectes intervenaient pour une part appréciable dans la pollinisation de cette espèce [Syed, 1979]. Dans le sud-est asiatique toutefois, l'activité de la faune indigène ne provoque qu'une pollinisation médiocre et il faut introduire des espèces étrangères pour induire une meilleure pollinisation naturelle [Syed, 1982]. C'est pourquoi des populations d'*Elaeidobius kamerunicus*, petit coléoptère originaire d'Afrique, ont été introduites, en Malaisie d'abord puis en Indonésie. La présence de ces insectes entraîne une amélioration du taux de nouaison et, par conséquent, une augmentation du rendement en huile [Syed *et al.*, 1982 ; Corrado, 1985].

Actuellement, la pollinisation assistée accompagnée de l'introduction d'insectes pollinisateurs permet de résoudre correctement les problèmes de fécondation rencontrés lors de la création de plantations. Elle est pratiquée de façon courante en extrême-orient et à certains endroits d'Amérique latine. En vue de satisfaire les planteurs désireux de s'affranchir des contraintes qu'elle impose, d'autres solutions sont recherchées. Nous présentons ci-après celles qui sont à l'étude sur le plan agronomique.

3. — Recherche de nouvelles techniques agronomiques.

Les études portent sur la répartition de sources de pollen dans la plantation. L'une des possibilités consiste à intercaler, dans le matériel en production, des palmiers hautement féminins et des palmiers de même origine mais ayant dès le jeune âge un sex-ratio plus bas. Ces derniers fourniront alors du pollen et entretiendront les populations d'insectes pollinisateurs. Ils peuvent être obtenus après un traitement

TABLEAU VIII. — Données de production des essais de second cycle d'Aek Kwasan — (*Production data from second cycle trials at Aek Kwasan*)

Essai (<i>Trial</i>)	Période de production (<i>Production period</i>)	n	NR (<i>BN</i>)	PMR (<i>MBW</i>)	PTR (<i>TBW</i>)	% HPi (<i>OPi</i>)
AK-GP 02	7-12 ans (<i>years</i>)	24	a 15,9	13,3	210,0	22,2
			b 15,3	13,6	207,8	24,3
			(96,3)	(102,5)	(99,0)	(109,5)
AK-GP 06	7-11 "	25	15,1	13,5	201,0	25,3
			14,8	13,8	205,5	27,1
			(98,5)	(102,6)	(102,2)	(106,9)
AK-GP 07	7-11 "	24	12,9	13,7	173,2	22,8
			14,2	13,2	183,5	24,1
			(110,6)	(95,9)	(106,0)	(105,8)
AK-GP 08	7-11 "	24	16,3	13,9	225,3	24,1
			16,5	14,1	230,4	25,2
			(100,8)	(101,2)	(102,2)	(104,5)
AK-GP 12	6 - 9 "	19	14,6	13,1	190,9	25,4
			14,3	13,7	195,2	26,2
			(97,8)	(104,8)	(102,2)	(103,2)
AK-GP 13	6 - 9 "	21	13,3	14,6	191,0	25,4
			13,1	15,2	197,0	27,3
			(98,7)	(104,0)	(103,1)	(107,6)
AK-GP 15	7- 9 "	23	14,3	14,7	203,8	24,1
			14,1	15,5	217,5	25,1
			(99,1)	(105,8)	(106,7)	(104,2)
AK-GP 16	7- 9 "	24	13,7	14,6	197,7	25,1
			13,9	14,7	202,8	27,2
			(101,7)	(100,8)	(102,6)	(108,2)
AK-GP 17	7- 9 "	16	12,7	13,7	173,1	25,9
			13,0	14,0	180,5	27,0
			(101,9)	(102,1)	(104,3)	(104,1)
AK-GP 22	7- 8 "	19	13,6	15,9	211,2	25,3
			13,4	16,8	223,6	26,4
			(98,8)	(105,8)	(105,9)	(104,5)

n : Nombre de croisements en test — (*Number of crosses in trial*).

NR : Nombre de régimes — (*BN. Number of bunches*)

PMR : Poids moyen d'un régime (en kg) — (*MBW. Mean bunch weight-kg.*)

PTR : Poids total de régimes (kg/arbre/an) — (*TBW Total bunch weight-kg/tree/year*)

% HPi : Taux d'extraction industriel — (*OPi. Industrial extraction rate*).

a : Performances moyennes de l'ensemble des croisements en test — (*Mean performance for all the crosses in the trial*)

b : Performances moyennes des 20 % meilleurs croisements () pourcentage par rapport à la valeur moyenne de l'ensemble des croisements — (*Mean performance of the 20 % best crosses () percentage compared to the mean of all the crosses*).

hormonal des jeunes plants ou après un séjour prolongé en pépinière. Ces deux méthodes sont actuellement en cours d'expérimentation : on teste l'action de l'Ethrel (acide 2 - chloro éthyl phosphonique) sur la masculinisation des jeunes palmiers et on évalue l'efficacité d'un maintien de ceux-ci en pépinière pendant deux ans.

On peut également envisager de planter, en plus du matériel végétal sélectionné, des palmiers choisis pour leur plus forte masculinité, qui ne serviront qu'à assurer une pollinisation naturelle dans la plantation. Mais la réalisation d'une telle pratique est délicate et ses bienfaits sont incertains : d'une part, il faut que les individus supplémentaires soient disposés de telle sorte que le nuage pollinique auquel ils donnent naissance couvre tous les palmiers en production ; d'autre part, ces sources de pollen concurrencent le matériel hautement productif pour la fourniture de lumière, d'eau et d'éléments nutritifs.

Alors que cette seconde possibilité risque de nuire à la production, la première paraît susceptible de conduire à des résultats positifs et de trouver une application dans les plantations établies dans des écologies très favorables à l'élaéculture.

B. — Approche génétique.

Comme les techniques précédentes, elle vise à proposer des alternatives à la pollinisation assistée. Elle peut s'articuler autour de plusieurs axes tels que :

1) La recherche d'individus qui réalisent un poids total de régimes élevé à partir d'un nombre de régimes moyen et d'un haut poids moyen d'un régime ; c'est le cas par exemple de certaines des têtes de clones examinées dans le paragraphe I-A-2. Toutefois, les chances d'aboutir sont minimes car, comme nous l'avons souligné précédemment, une produc-

- [20] SYED R. A., LAW I H et CORLEY R H. V. (1982). — Insect pollination of oil palm: introduction, establishment and pollinating efficiency of *Elaeidobius kamerunicus* in Malaysia. *The Planter* 58, p. 547-561
- [21] TAILLIEZ B et VALVERDE G. (1971) — La pollinisation assistée

dans les plantations de palmier à huile. Conseils de l'IRHO, n° 111 *Oléagineux*, 26, n° 11, p. 683-686

- [22] VAN DER VOSSEN H. A. M (1974) — Towards more efficient selection for oil yield in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacquin) Thesis. University of Wageningen, 107 p.

SUMMARY

Relationship between oil production and the number of bunches in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Consequences for pollination in young plantations.

J. MEUNIER, F. POTIER, P. AMBLARD and B. TAILLIEZ, *Oléagineux*, 1989, 44, n° 6, p. 269-279

This article uses experimental results and genetic data to illustrate the overwhelming influence of bunch number compared to mean bunch weight in the improvement of total bunch weight. It does indeed appear that genetic improvement of oil palm by clonal or sexual selection, whether direct or indirect, leads to an increase in the number of bunches and therefore to a high sex ratio. Under suitable ecological conditions it reaches values such that pollen production is very often inadequate when the palms start bearing. If pollen applications are made, the situation tends very quickly towards a reduction in the sex ratio, thereby making open pollination perfectly effective. Assisted pollination is currently the most widely used technique for successfully overcoming the pollen shortages observed in young plantations. In view of the constraints involved, other solutions are being sought in the field of crop techniques (introduction of pollen sources in the plantation), or in the field of genetics (selection of more masculine material, improvement of the oil extraction rate).

RESUMEN

Relaciones entre la producción de aceite y el número de racimos en la palma africana. Consecuencias para la polinización en las plantaciones jóvenes.

J. MEUNIER, F. POTIER, P. AMBLARD y B. TAILLIEZ, *Oléagineux*, 1989, 44, N° 6, p. 269-279.

Este artículo se funda en resultados experimentales y datos genéticos para ilustrar la preponderancia del número de racimos sobre el peso promedio de un acimo en la mejora del peso total. Se desprende claramente que el mejoramiento genético de la palma africana por vía de selección clonal o sexual, ya sea directa o indirecta, conduce a incrementar el número de racimos, y por lo tanto proporciona una relación sexual elevada. Dentro de condiciones ecológicas favorables, la relación sexual alcanza valores tales que la producción de polen muchas veces es insuficiente en el momento de la primera producción. Como se realice aportes de polen del exterior, la situación evoluciona muy pronto hacia una disminución de la relación sexual, por lo que la polinización natural viene a ser muy eficiente. La técnica más usada para hacer frente con éxito a las faltas de polen observadas en las plantaciones jóvenes, es la polinización asistida. Debido a las sujeciones que ésta impone, se buscan otras soluciones en el aspecto de las prácticas de cultivo, que consisten en introducir fuentes de polen en la plantación, o en el aspecto genético, por medio de la selección de material más masculino, o de la mejora de la tasa de extracción del aceite.

Relationship between oil production and the number of bunches in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Consequences for pollination in young plantations

J. MEUNIER, F. POTIER, P. AMBLARD and B. TAILLIEZ

INTRODUCTION

The main aim of oil palm genetic improvement is to increase palm oil production. Such production is the result of yield characteristics (number of bunches, mean bunch weight) and bunch quality, expressed by the extraction rate, which in its turn breaks down into several terms.

Through the more or less high value of their heritability and the existence of correlations between certain characteristics — e.g. a negative correlation between bunch number and mean bunch weight [de Berchoux and Gascon, 1965; Ooi *et al.*, 1973; van der Vossen, 1974] — these components intervene to varying degrees in the genetic improvement of oil production. Among these, bunch number plays a particularly decisive role: any increase in this character induces an increase in oil yields. In other words, the genetic improvement of oil production implies greater femininity.

This article sets out to study the overwhelming role of bunch number in genetic progress as far as oil yield is concerned and to

examine the consequences for the management of small plantations and for orienting certain aspects of selection. In this aim, it will firstly illustrate the large part played by the number of bunches in bunch production and, then, in oil production. It will then go on to indicate some of the measures which, in a selection or plantation management context, make it possible to overcome the lack of pollination due to the excessive femininity of young planting material.

I. — ROLE PLAYED BY BUNCH NUMBER IN PRODUCTION

A. — Experimental results.

The importance of the number of bunches for yields in an oil palm plantation can be illustrated by a few examples taken from trials designed to estimate the value of planting material undergoing selection.

1. — Study of progeny tests.

Table I summarizes the production data recorded in recurrent selection first cycle comparative trials set up at La Mé in Côte d'Ivoire and at Mondoni in Cameroon, in environments marked by an annual water deficit of around 330 millimetres (1960-1986) and 400 millimetres (1971-1980) respectively. These data include the mean performance of the crosses being tested and the mean performance, for around 20 % of the palms, of the best crosses from an oil production point of view. The results for these latter crosses, expressed as a percentage of the mean value for the crosses as a whole, are also given in the table.

The best crosses from each of these trials are characterized by a simultaneous increase in total bunch weight and in the extraction rate. In most of the trials, improvement of total bunch weight is associated with a significant increase in the number of bunches and a slight drop in mean bunch weight.

The preponderance of the number of bunches compared to mean bunch weight in total weight improvement is also found in the results of trials set up in Indonesia in ecologies that are very suitable for oil palm growing. Table II, which combines for a few trials, the correlation values calculated between total bunch weight and each of the components, shows, that, in the cases studied, categorization according to total weight always follows that according to the number of bunches and rarely according to mean weight.

2. — Choice of ortets.

The development of *in vitro* vegetative propagation techniques now makes it possible to produce selected clones. Such production is based on the choice of ortets from good crosses, i.e. the best palms for oil production. Examination of the bunch production characteristics of the ortets chosen by IRHO (Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux) reveals that the large majority of them have a larger number of bunches than that of the original cross. Table III, based on the example of the first 150 ortets to be identified at La Mé, illustrates this situation.

In almost 83 % of cases, good ortet productivity is combined with a high number of bunches. Situations where the number of bunches is lower than the mean of the cross do exist (approximately 17 % of the ortets), but they are then very often characterized by a lower gain in productivity, as shown in Table IV.

It can be seen that it is in the categories where genetic progress does not exceed 20 % that the highest proportion of ortets with a lower number of bunches than the original cross is found: 10 out of 33 (30.3 %) as opposed to 16 out of 116 (13.8 %) when the gain surpasses 20 %.

The characteristics of the ortets selected at Bangun Bandar (Table V) also show the close link between yield and bunch number. Almost all the highest yielding oil palms, selected for this reason as ortets, have a bunch number higher than the mean of the cross.

B. — Genetic data.

The results obtained after calculating heritability and drawing up selection indices confirm the extent to which bunch number contributes to bunch production and oil yield improvement.

Heritability calculations carried out by various authors and summarized in table VI show that bunch number is usually more heritable than mean weight and will therefore render selection more effective.

Further, a study of hybrid production depending on the bunch number and mean bunch weight of their parents underlines the superiority of combinations with « a large number of small bunches » over those with « a small number of large bunches », which may explain why crosses which perform well are most often very feminine [Baudouin *et al.*, 1989].

In addition, Soh and Chow (1987) assessed the relative effectiveness of different types of indirect selection for oil production, based on the use of selection indices established from yield components and vegetative characteristics. Their results show that indirect selection is more effective than direct selection and that bunch number is — along with the percentage of kernel/fruit and, to a lesser degree, the percentage of mesocarp/fruit — the character which contributes most to oil yield improvement.

All the results mentioned in this first section tend to show that oil palm improvement, either by clonal or sexual selection, whether direct or indirect, leads to an increase in bunch number and therefore to a high sex ratio. The sex ratio evolves considerably during the plant's lifetime, such that the extreme femininity associated with high-yielding crosses is only seen in young plantations, as will be shown in the following section.

II. — EVOLUTION IN BUNCH NUMBER ACCORDING TO AGE

A. — Variations in bunch number over time.

Generally speaking, bunch number decreases rapidly as the oil palm ages, mainly due to a reduced sex ratio and a drop in the rhythm of leaf emission [Corley and Gray, 1976; Hartley, 1977].

Figures 1 to 3 illustrate the evolution in bunch number according to age for several crosses included in the planting material of a few trials planted in different environments. These trials contain progenies whose production components vary depending on genetic origin.

Despite the diversity of the ecological and genetic conditions, almost all the curves have the same appearance: the number of bunches is very high in young palms, then diminishes regularly. Nonetheless, in certain years, the effects of environmental factors lead to a few deviations from this type of evolution.

B. — Bunch number in young oil palms.

In the case of young oil palms, in favourable ecologies, the number of bunches often reaches very high values which, for the higher yielding materials, are mainly limited by the leaf emission rate with a sex ratio at that time of almost 1. Hence, the number of male inflorescences emitted at the start of bearing is low and, in the absence of pollen applications, production will be at an alarming level, or virtually nil.

The pollen shortage problem, which jeopardizes production in young oil palms, is not solely linked to highly feminine cultivars; in young plantations set up in the environments most suited to oil palm growing, the least feminine of the high-yielding crosses still produce, in absolute terms, a large number of bunches (Fig. 1) and it is doubtful whether an increase in male inflorescences associated with a drop in femininity is enough to ensure satisfactory pollination throughout the female flowering period. In the far east, monthly male inflorescence production can drop to zero at certain times of the year [Hartley, 1977], even in the case of Deli *dura* material [Gray, 1966]. On the other hand, there are male inflorescence production peaks at certain times, which are often induced by lengthy periods of drought [Corley, 1976a].

It can also be mentioned [Hartley, 1977] that, in southeast Asia, production losses due to lack of pollen were reported as early as the years between the two wars in young commercial plantations, which then contained planting material which was much less feminine than that distributed today. It was at that time that assisted pollination became popular. Its use became more widespread after the second world war, due to the limited number of male inflorescences produced in young plantations and it then became a standard practice.

C. — Number of bunches on adult palms.

Bunch number declines very rapidly with time, whereas the number of male inflorescences increases significantly if satisfactory pollination conditions are maintained during the young age [Gray, 1969]. Pollen application can then be halted after two or three campaigns. However, if the first female inflorescences are not properly pollinated (or do not produce enough fruits), the number of female bunches remains high and production continues to be uncertain during the following campaigns, due to insufficient quantities of pollen. Reduced bunch production leads to an increase in the quantity of dry matter incorporated into the vegetative tissue [Corley, 1976b], which favours the later appearance of fruiting organs. Under these conditions, the sex ratio cannot evolve in favour of male inflorescences.

To conclude, it seems that, whatever the genetic origin, selected planting material benefitting from suitable conditions bears female inflorescences in such numbers that the pollen supply is very often insufficient at the start of bearing. If pollen is applied, the situation evolves very rapidly towards a reduction in the sex ratio, which then makes open pollination perfectly effective.

III. — A FEW SOLUTIONS FOR OVERCOMING A LACK OF POLLEN

We shall now go on to examine a few measures that can be envisaged to remedy the lack of pollen seen in young plantations in environments propitious to oil palm growing. These measures can basically be approached in two ways:

— an approach linked with plantation management which calls for agricultural practices whether or not combined with various

physiological treatments intended to orient sex differentiation assisted pollination, introduction of pollinating insects, use of hormones, etc.

— an approach associated with genetics, which consists in creating more masculine oil palms, thereby reducing pollen shortages in the material planted.

For the sake of clarity, we shall describe the different techniques separately, but it is obvious that certain of them will be more effective when combined with each other.

A. — Agricultural practices.

It is these techniques, especially assisted pollination, which are used today to lessen the drawbacks caused by a lack of pollen

1. — Assisted pollination.

Assisted pollination has been covered in advice notes [Tailhez and Valverde, 1971 and, after updating, Arnaud, 1979a and b]. Hardon and Corley (1976) and Hartley (1977) also describe it. Assisted pollination ensures satisfactory yields at the start of bearing and guarantees the later appearance of male inflorescences which will alone be sufficient for the pollination of female bunches after a few campaigns. In order to carry it out with a good chance of success, pollen sources and the personnel required for collection and pollination operations should be ensured before a plantation is created.

2. — Introduction of pollinating insects.

The oil palm has long been reputed to be anemophilous, but entomologists have shown recently that insects play an appreciable role in the pollination of this species [Syed, 1979]. However, in southeast Asia, native fauna activity only leads to mediocre pollination and foreign species have to be introduced to induce better open pollination [Syed, 1982]. This is why populations of *Elaeidobius kamerunicus*, a small coleopteran of African origin, have been introduced, firstly in Malaysia then in Indonesia. The presence of these insects leads to an improved fruit-set rate and, consequently, to an increase in oil yield [Syed *et al.*, 1982; Corrado, 1985].

At the moment, assisted pollination combined with the introduction of pollinating insects provides an adequate solution to the fertilization problems encountered when setting up plantations. It is standard practice in the far east and in certain places in latin America. With a view to satisfying growers who wish to overcome the constraints it involves, other solutions are being sought. We shall go on to describe those which are being studied in the field of agronomy.

3. — Research into new agronomical techniques.

The study concentrates on the distribution of pollen sources throughout the plantation. One possibility is to inter-plant highly feminine oil palms with palms of the same origin, but which had a lower sex ratio right from when young. These latter oil palms will then provide pollen and will maintain pollinating insect populations. They can be obtained after giving seedlings hormones treatment or after an extended stay in the nursery. These two methods are currently being tested: the action of Ethrel (2-chloro ethyl phosphonic acid) on the masculinization of young oil palms is being tested and the effectiveness of keeping them in the nursery for two years is being assessed.

In addition to selected planting material, consideration can be given to planting oil palms chosen for their high masculinity, which will only be used to ensure open pollination in the plantation. However, such measures are difficult to implement and their benefits are uncertain; on the one hand, the additional individuals have to be positioned so that the cloud of pollen from them covers all the bearing oil palms and, on the other hand, these pollen sources compete with the high-yielding material for light, water and nutritive elements.

Whilst this latter possibility is likely to adversely affect production, the former seems likely to give positive results and be suitable for application in plantations set up in ecologies which are greatly suited to oil palm growing.

B. — Genetic approach.

This approach, just like the previous techniques, is aimed at proposing alternatives to assisted pollination. Several lines of approach can be taken, such as

1) Research to find individuals which give a high total bunch weight from an average number of bunches and a high mean bunch weight; this is the case, for example, with certain ortets examined in paragraph I-A-2. Nonetheless, the chances of achieving this are minimal because, as we have already emphasized, substantial yields normally arise from a large number of bunches. Moreover, a very high mean weight can hinder harvesting operations

2) Research to find oil palms, which, for an equal (and high) number of bunches and total bunch weight, produce additional male inflorescences. Significant progress cannot be expected since genetic variability for this character is low. In addition, an increased number of male inflorescences is far from being a guarantee of an extended flowering period, as we have already mentioned. Nonetheless, this approach is worth looking into and male inflorescence counts are currently going ahead on young trees.

3) Improvement of the extraction rate, which, bunch weight being equal, leads to an increase in oil yields, which is the major aim of selection. To this end, oil production being equal, preference is always given to the highest extraction rates. Thus, in second cycle trials, the contribution made by the extraction rate to genetic progress in yield is greater than in the first cycle. The data given in Table VII, which can be compared to those in Table I, reflect this situation.

In these second cycle trials, the improvement in total bunch weight is due to an increase, either in the number of bunches, or, more frequently, in mean bunch weight. In this respect, it should be pointed out that selection was carried out within more restricted material which already had a large number of bunches.

It should also be added that improvement of the extraction rate, which represents an important possibility for increasing yield, will necessarily remain quite limited since the percentage of oil/mesocarp, which is a fundamental extraction rate component, has low heritability [Meunier *et al.*, 1970; van der Vossen, 1974; Soh and Chow, 1987].

All these observations tend to show that genetic solutions alone will not be able to solve the pollen shortage problem, either because they go against productivity, or because they bring into play character which vary little or which have low heritability. They will therefore have to be combined with other techniques. This will prove particularly necessary in plantations with clones. In fact, given the genetic homogeneity of clonal material and the floral biology of the oil palm, the male flowers of all the plants are likely to appear grouped together at the same time. The only variations will depend on local ecological conditions: soil fertility gradient, cover crop heterogeneity, existence of diseases, etc. The probability of male and female flowering phases overlapping, from one individual to the next, will then be more greatly reduced. In order to increase this probability, it is planned to set up multi-clonal plantations, but, whilst young, it will no doubt be impossible to do without crop practices such as those described above. It is probable that the future extension of clonal material will favour the development of assisted pollination.

CONCLUSION

Genetic improvement of the oil palm involves an increase in bunch weight and in the extraction rate, the latter being necessarily limited. It implies an increase in bunch number, which exacerbates pollen shortages during the early years of a plantation. Pollination techniques must therefore be used, the most widely used technique being assisted pollination, which appears today as a necessity imposed by the plant's biology and for obtaining high oil yields. This is a costly operation but it is unarguably effective and cost-effective in the end. Nonetheless, alternatives are being studied.

Acknowledgements. — Our sincere thanks go to the P. P. Marihat and Bangun Bandar (north Sumatra) research stations, who allowed us to use in this article the results they kindly supplied to us.