

**PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL  
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO  
(I. N. É. A. C.)**

---

OUVRAGE PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU  
MINISTÈRE BELGE DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE LA CULTURE

---

**Recherche  
de la densité optimale  
pour le palmier à huile  
planté en allées**

PAR

**R.E. GULDENTOPS**

Ingénieur agronome Gx  
Directeur Technique et Scientifique  
de la Direction Générale de l'I.N.É.A.C.  
à Kinshasa

**L. SCUVIE**

Ingénieur agronome Gx  
Ancien Assistant à la Division  
du Palmier à huile de l'I.N.É.A.C.  
Professeur à l'École Technique  
Supérieure à Kinshasa

**SÉRIE TECHNIQUE N° 75**

**1968**





**RECHERCHE**  
**DE LA DENSITÉ OPTIMALE**  
**POUR LE PALMIER A HUILE**  
**PLANTÉ EN ALLÉES**

**D/1968/0268/2**

**PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL  
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO  
( I. N. É. A. C. )**

---

**OUVRAGE PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU  
MINISTÈRE BELGE DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE LA CULTURE**

---

**Recherche  
de la densité optimale  
pour le palmier à huile  
planté en allées**

**PAR**

**R.E. GULDENTOPS**

Ingénieur agronome Gx  
Directeur Technique et Scientifique  
de la Direction Générale de l'I.N.É.A.C.  
à Kinshasa

**L. SCUVIE**

Ingénieur agronome Gx  
Ancien Assistant à la Division  
du Palmier à huile de l'I.N.É.A.C.  
Professeur à l'École Technique  
Supérieure à Kinshasa

**SÉRIE TECHNIQUE N° 75**

**1968**



## TABLE DE MATIÈRES

PRÉFACE . . . . .	9
INTRODUCTION . . . . .	11
CHAPITRE PREMIER. — <i>Données expérimentales</i> . . . . .	13
1. Description de l'Expérience I . . . . .	13
2. Méthode d'interprétation . . . . .	15
a. Choix de la méthode . . . . .	15
b. Formules statistiques utilisées. . . . .	15
3. Productions annuelles à l'hectare de l'ensemble de l'Expérience de Binga (1954 à 1965). . . . .	17
CHAPITRE II. — <i>Résultats enregistrés</i> . . . . .	22
1. Répétitions I et II (1950). . . . .	22
2. Répétitions III et IV (1951). . . . .	29
3. Conclusions . . . . .	36
CHAPITRE III. — <i>Étude de la production moyenne annuelle suivant l'âge de la plantation</i> . . . . .	37
1. Répétitions I et II (1950). . . . .	37
2. Répétitions III et IV (1951). . . . .	41
CHAPITRE IV. — <i>Extrapolation des résultats enregistrés à ce jour, à la production totale d'une plantation de longévité normale (20 années de récolte)</i> . . . . .	45
1. Répétitions I et II (1950). . . . .	46
2. Répétitions III et IV (1951). . . . .	49
CONCLUSIONS GÉNÉRALES . . . . .	53
RESUMÉ . . . . .	55
SUMMARY . . . . .	56
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	57
ANNEXE I. — <i>Mensurations de la hauteur du stipe.</i> . . . . .	59
ANNEXE II. — <i>Étude de l'influence des engrais minéraux dans chacun des dispositifs mis en comparaison.</i> . . . . .	64



## PRÉFACE

Le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) joue un rôle très important dans l'économie nationale de la République démocratique du Congo. L'évolution des exportations, établie par la Direction de la Statistique et des Études Économiques, reprise ci-dessous, suffit pour le confirmer (les quantités sont exprimées en tonnes métriques, sauf les diamants donnés en milliers de carats; les valeurs sont libellées en millions de francs congolais du taux de change de 50 FC = 1 \$ US).

Produits	Quantités		Valeurs	
	1956	1966	1956	1966
Cuivre . . . . .	253 936	310 852	10 980	13 359
Huile de palme et produits dérivés . . . . .	277 501	138 590	2 496	1 380
Café . . . . .	37 725	34 638	1 524	1 290
Minerais (manganèse, étain, zinc) . . . . .	435 988	340 466	2 139	1 671
Coton et fibres . . . . .	87 417		2 090	
Diamants . . . . .	13 446	12 480	} 1 990	} 1 442
Autres métaux précieux (or)	12	2		
Métaux communs (cobalt, cadmium, etc.) . . . . .	14 716	11 413	1 973	1 559
Caoutchouc . . . . .	32 527	29 660	1 035	626
Bois . . . . .	162 025	122 157	396	330
Étain métal . . . . .	2 717	1 903	280	326
Zinc métal. . . . .	40 765	50 970	470	701

Il ressort de ces données que l'huile de palme et ses sous-produits rapportent plus de devises que les autres produits d'origine végétale pris séparément et se classent, en 1966, au cinquième rang dans l'apport général des exportations du pays.

Le souci de l'I.N.É.A.C. est de sélectionner, à partir d'un matériel

complexe provenant de différentes variétés produites par l'hybridation naturelle ou par des intercroisements systématiques contrôlés, une variété plus productive.

*Elaeis guineensis* a été progressivement amélioré par les chercheurs de l'Institut. Sa production est passée de 500 kg/ha à 3 t/ha d'huile.

Parallèlement à la sélection, diverses méthodes culturales ont été expérimentées. La science, a dit EINSTEIN, est une expérience dans la recherche de la signification. C'est dans cet ordre d'idées, qui guide tout travail scientifique, que les auteurs du présent ouvrage, par une analyse statistique rigoureuse des données étalées sur plus de dix années de recherche, ont entrepris de nous fournir une réponse définitive quant à la méthode de la plantation en allées du palmier à huile. De la recherche de la signification des données de cette méthode sortira une réponse qui nous permettra d'opter pour une certaine méthode culturale à conseiller aux planteurs.

**L. MUKENDI**

Ingénieur agronome  
Directeur Général de l'I.N.E.A.C.

## INTRODUCTION

Grâce à la collaboration dévouée de la Société Anonyme des Cultures au Congo (S.A.C.C.), qui a mis gracieusement une partie de sa concession à la disposition de l'I.N.É.A.C., l'Institut a pu entreprendre, sur une vaste superficie, la comparaison des diverses solutions phytotechniques proposées entre 1945 et 1950 par la Division du Palmier à huile. L'étude de la plantation en allées en terrain non incinéré était alors d'actualité. Le système de lignes jumelées présente sur le système classique de la plantation équidistante les avantages suivants :

- Diminution de la longueur des sentiers (172 m contre 200 m).
- Facilité de supervision lors du passage dans le sentier central.
- Diminution des trajets de l'équipe de récolte.
- Facilité de replantation dans un interligne bien dégagé.
- Facilité de cultures intercalaires : plantes vivrières et caféiers dans le jeune âge, cacaoyers à l'âge adulte.
- Facilité de passage éventuel des engins mécaniques dans le grand interligne dès le jeune âge (entretien, labour pour plantes vivrières).

Les désavantages n'en sont pas moins évidents :

- Les lignes jumelées entraînent une forte concurrence racinaire et photique entre les palmiers d'une même allée qui induit une diminution de production par unité de surface.
- Le nombre de régimes non récoltés augmente, car le coupeur circulant dans le petit interligne risque de ne pas apercevoir les régimes situés sur la face du palmier vers le grand interligne.
- Les palmiers serrés auront tendance à avoir un allongement annuel du stipe plus important.
- Le grand interligne ne sera jamais entièrement couvert par les couronnes des palmiers aussi, en l'absence de cultures intercalaires, il exigera une main-d'œuvre (h. j.) plus importante pour son entretien.

Nous n'avons pas l'intention de prendre parti, ni de discuter l'intérêt futur de la plantation en lignes jumelées de palmiers à huile avec culture intercalaire dans les paysannats de la Cuvette centrale. Nous nous bornerons à interpréter les résultats de l'expérience culturelle « Expérience I » au Centre de Binga dont la responsabilité a été successivement assumée par MM. H. MICLOTTE (1950-1956), G. POELS (1956-1957), D. SANTMAN (1957-1958), P. PONCE (1959-1960), R. GULDENTOPS (1961-1964).

Des expériences similaires ont été entreprises, en 1951, à Bembelota, avec la collaboration de la Busira-Lomani, et en 1952, à Bokondji, avec la collaboration de la S.A.B. (Société Anonyme Belge pour le Commerce

du Haut Congo). Les observations de ces deux expériences ont malheureusement été interrompues en 1960.

On disposait donc respectivement des cinq et des quatre premières années de récolte. Les résultats de Bembelota ont été analysés par T. MARYNEN dans son travail « Contribution à l'étude de la densité de plantation chez les végétaux »<sup>1</sup>.

Remarquons que les palmiers avaient à peine atteint l'âge adulte et que l'expérience de Binga montre qu'il est dangereux d'extrapoler les résultats de cette période juvénile à l'entière de la production adulte.

Dans les deux premiers chapitres nous décrivons l'expérience et examinons les résultats globaux cloturés en 1965.

Dans les deux chapitres suivants, nous analysons l'évolution de l'écartement optimal suivant l'âge de la population.

En Annexe I, nous rapportons les mensurations effectuées sur l'allongement du stipe dans les différents objets de l'expérience et, en Annexe II, nous donnons les résultats des épandages d'engrais effectués depuis 1960 sur des sous-parcelles de l'expérience de densité.

★

Nous tenons à remercier chaleureusement M. F. JURION et les Membres du Conseil Scientifique Consultatif de l'I.N.É.A.C., qui ont eu l'amabilité de lire attentivement notre manuscrit et de nous formuler d'utiles suggestions.

Nous remercions M. T. MARYNEN († 1967) pour l'intérêt qu'il a pris à l'étudier et pour les nombreuses remarques qu'il a tenu à nous communiquer.

Nos remerciements vont également à MM. D. d'HIVAN et J. VAN SCHOONNEVELDT qui ont bien voulu nous guider dans la présentation générale de cette étude.

---

1. Publicat. I.N.É.A.C., Série scient. n° 102 (1963).

## CHAPITRE PREMIER

### *Données expérimentales.*

#### 1. Description de l'Expérience I.

L'expérience organisée au Centre expérimental d'Élaeiculture de Binga comportait un double but :

- Recherche de la distance optimale entre les allées; dans ce premier objectif on comparait, pour chacun des trois grands interlignes choisis, les diverses distances dans la ligne en vue de déterminer la densité optimale de plantation.
- Étude de l'influence des engrais minéraux dans chacun des dispositifs mis en comparaison.

##### a. *Données éoclimatiques et pédologiques.*

Le Centre de Binga est situé à 2°18' latitude Nord et à 20°29' longitude Est; l'altitude est de 400 mètres.

La pluie annuelle accuse 2056 mm; la durée de la saison sèche est nulle.

L'expérience a été installée sur sol forestier brun jusqu'à un mètre de profondeur, devenant rougeâtre plus bas. Ce sol est un peu plus lourd que le sol du type Yangambi ( $Y_0$ ), sa capacité de rétention en eau est donc un peu plus élevée et sa fertilité un peu plus avantageuse ( $P_2O_5$  extrait à l'acide sulfurique N/20 est de 1,5 mg/100 g; bases échangeables extraites à l'acide chlorhydrique N/20 sont de 1,5 m.éq./100 g).

##### b. *Données expérimentales.*

(1) Matériel employé : - Graines *dura* × *pisifera*  $F_1$  de première catégorie, provenant de la Division du Palmier à huile à Yangambi.

(2) Mise en place : - Avec motte de terre au moyen du plantoir Java sur terrain forestier non incinéré.

(3) Dispositif : - Douze objets répétés quatre fois, chaque parcelle comprend quatre hectares.

Les répétitions I et II ont été plantées en 1950 et les répétitions III et IV, en 1951.

Les douze objets sont les suivants :

- A. 5 allées aux 100 m (interlignes successifs de 6 et 14 m) :
- 1) distance dans la ligne : 7,69 m; 13 plants/ligne (130/ha).
  - 2) distance dans la ligne : 7,14 m; 14 plants/ligne (140/ha).
  - 3) distance dans la ligne : 6,66 m; 15 plants/ligne (150/ha).
  - 4) distance dans la ligne : 6,25 m; 16 plants/ligne (160/ha).
- B. 6 allées aux 100 m (interlignes successifs de 6 et 10,66 m) :
- 5) distance dans la ligne : 9,09 m; 11 plants/ligne (132/ha).
  - 6) distance dans la ligne : 8,30 m; 12 plants/ligne (144/ha).
  - 7) distance dans la ligne : 7,69 m; 13 plants/ligne (156/ha).
  - 8) distance dans la ligne : 7,14 m; 14 plants/ligne (168/ha).
- C. 5,5 allées aux 100 m (interlignes successifs de 6 et 12,8 m) :
- 9) distance dans la ligne : 8,30 m; 12 plants/ligne (132/ha).
  - 10) distance dans la ligne : 7,69 m; 13 plants/ligne (143/ha).
  - 11) distance dans la ligne : 7,14 m; 14 plants/ligne (154/ha).
  - 12) distance dans la ligne : 6,66 m; 15 plants/ligne (165/ha).

Ce dispositif expérimental est résumé par le tableau I.

**TABLEAU I**  
*Densité de plantation étudiée.*

Nombre de palmiers/100 m	Nombre d'allées / 100 m		
	5 allées	5,5 allées	6 allées
11 palmiers	—	—	132 palmiers/ha (5)
12 palmiers	—	132 palmiers/ha (9)	144 palmiers/ha (6)
13 palmiers	130 palmiers/ha (1)*	143 palmiers/ha (10)	156 palmiers/ha (7)
14 palmiers	140 palmiers/ha (2)	154 palmiers/ha (11)	168 palmiers/ha (8)
15 palmiers	150 palmiers/ha (3)	165 palmiers/ha (12)	—
16 palmiers	160 palmiers/ha (4)	—	—

\* Entre parenthèses : numéro indicatif de l'objet.

(4) Couvertures et entretien : - Grands et petits interlignes sont couverts d'un recru naturel contenant une forte proportion de *Pueraria*, semé en bordure des parcs. Les méthodes d'entretien normales sont appliquées dans cette expérience (5 sarclages/an des rings et sentiers, 2 coupes du recru dans l'interligne/an, 1 toiletteage des palmiers/an).

(5) Récolte : - L'expérience a été mise sous récolte le 15 avril 1954 pour les répétitions I et II, le 15 avril 1955 pour les répétitions III et IV. On dispose à ce jour de onze années de récolte pour les deux répétitions de 1950 et de dix années complètes de récolte pour les deux répétitions de 1951.

## 2. Méthode d'interprétation.

### a. Choix de la méthode.

Les résultats de ces expériences ont été analysés une première fois par la Division du Palmier à huile de l'I.N.É.A.C., à Yangambi, en 1959.

Dans cette première interprétation on adoptait d'abord une méthode préconisée par PRÉVOT [1955] pour déterminer la densité optimale. Il s'avéra cependant que ce procédé adapté à une expérience plantée à équidistance était peu recommandé pour une analyse d'un essai établi en allées. C'est pourquoi dans une seconde étude (1960) on adoptait exclusivement l'analyse par régression multiple suivant les méthodes mises au point par SNEDECOR [1956].

L'analyse donnait, sur la production individuelle, un coefficient de régression négatif hautement significatif pour l'augmentation de la densité dans la ligne, ce qui est normal. Par contre, l'augmentation du nombre d'allées à l'hectare avait un effet plutôt bénéfique, encore que non significatif, ce qui indiquait qu'aux distances adoptées, la concurrence d'une allée à l'autre était nulle.

La recherche d'une densité optimale dans la ligne donnait une production maximale à l'hectare pour une densité de 14,25 palmiers aux 100 m, soit un écartement de 7 m. Aujourd'hui, nous reprenons les chiffres de production cumulées arrêtés au 15 avril 1965 et nous tenterons une interprétation définitive. Il n'y a pas de raison valable d'adopter des méthodes différentes de celles préconisées par nos prédécesseurs surtout que les chercheurs pouvaient à l'époque bénéficier des avis des spécialistes de la Division de Biométrie de l'I.N.É.A.C.

### b. Formules statistiques utilisées.

#### (1) Coefficients de corrélation double.

$$b_1 = b_{x_1y} = \frac{(\sum x_2^2)(\sum x_1y) - (\sum x_1x_2)(\sum x_2y)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1x_2)^2}$$

Le dénominateur que nous désignerons par D apparaîtra encore ultérieurement.

$$b_2 = b_{x_2 y} = \frac{(\sum x_1^2)(\sum x_2 y) - (\sum x_1 x_2)(\sum x_1 y)}{D}$$

$x_1, x_2$  et  $y$  sont les écarts par rapport à la moyenne correspondante, d'où :

$$\sum x_a^2 = \sum X_a^2 - \frac{(\sum X_a)^2}{n}$$

$X_1$  = nombre de palmiers dans la ligne de 100 mètres.

$X_2$  = nombre d'allées aux 100 mètres.

$Y$  = production individuelle cumulée (kg de régimes).

$a$  = 1 ou 2

$$\sum x_a y = \sum (X_a Y) - \frac{\sum X_a \cdot \sum Y}{n}$$

(2) Droite de régression.

L'équation  $Y = \bar{Y} + b_1 x_1 + b_2 x_2$  dans laquelle  $x_1$  et  $x_2$  sont des écarts peut se transformer en la suivante :

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 \quad (a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2)$$

(3) Recherche de la variance due aux coefficients de régression.

La somme des carrés des écarts dus à la régression nous est donnée par la formule :

$$\sum y^2_{x_1 x_2} = b_1 \sum x_1 y + b_2 \sum x_2 y$$

Le calcul de l'erreur s'obtient suivant la méthode standard rappelée ci-dessous :

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Totale	$\sum y^2$	11				
Régression	$\sum y^2_{x_1 x_2}$	2			4,26	0,02
Erreur	$\sum y^2 - \sum y^2_{x_1 x_2}$	9	V*			

\* V = variance de l'erreur résiduelle.

(4) Signification des deux coefficients de régression (test  $t$ ).

$$t_{b_1} = \frac{b_1}{\sqrt{V \cdot C_1}} \quad t_{b_2} = \frac{b_2}{\sqrt{V \cdot C_2}}$$

$$C_1 = \frac{\sum x_2^2}{D} \quad C_2 = \frac{\sum x_1^2}{D}$$

Le  $t$  de comparaison correspond aux neuf degrés de liberté de l'erreur.

(5) Recherche du nombre optimal de palmiers dans la ligne (6 allées/100 m). La production à l'hectare ( $P_{ha}$ ) est estimée pour 6 allées/100 m par la formule :

$$P_{ha} = 12 X_1 Y$$

$X_1$  = nombre de palmiers dans la ligne de 100 mètres.

$Y$  = production individuelle cumulée de la droite de régression (cfr 2).

La dérivée  $\frac{Dy}{Dx} = 12a + 24b_1 X_1 + 72b_2$

Elle s'annule pour  $X_1^* = \frac{-3b_2 - 0,5a}{b_1}$  et nous obtenons ainsi le

nombre optimal de palmiers dans la ligne de 100 mètres.

(6) Recherche théorique du nombre optimal d'allées/100 mètres.

$$P_{ha} = 2 X_2 X_1^* Y$$

La recherche de  $X_2^*$  annulant la dérivée de cette équation nous donne chaque fois un nombre d'allées en dehors de la réalité pratique. Il n'a donc aucune portée phytotechnique.

(7) Formule de la régression unique (cfr graphiques).

$$b_1 = \frac{\sum x_1 y}{\sum x_1^2} \text{ et } Y = a + b_1 X_1 \text{ où } a = \bar{Y} - b_1 X_1.$$

### 3. Productions annuelles à l'hectare de l'ensemble de l'Expérience de Binga (1954 à 1965).

Les données de base sont reprises au tableau II (pp. 18 et sq.). Nous les avons fournies à l'intention des chercheurs qui pourraient les exploiter dans leurs recherches.

A partir de 1960, chaque objet a été subdivisé en deux sous-objets : avec et sans engrais. Dans le tableau II, les sous-objets désignés par les chiffres arabes se rapportent aux parcelles « sans engrais » et ceux désignés par la lettre E et représentés en caractères italiques se rapportent aux parcelles « engrais ».

TABLEA  
*Résultats en kilogramm*  
 (Calculés en fonction des densit  
 Répétitions I et II : Plantation 19

Objet	Densité théorique	1 <sup>e</sup> année			2 <sup>e</sup> année			3 <sup>e</sup> année	
		I-II	III-IV	Moy- enne	I-II	III-IV	Moy- enne	I-II	III-I
1 E	130	4576	3575	4075	4745	5096	4921	9542	656
2 E	140	4774	4746	4760	5054	6468	5761	10038	821
3 E	150	4740	5895	5318	4980	7260	6120	9135	894
4 E	160	5392	5776	5584	5840	7520	6680	10496	913
5 E	132	4924	5029	4977	5570	7511	6541	11748	974
6 E	144	5227	5846	5537	5861	7646	6754	12096	969
7 E	156	5257	5273	5265	6146	6724	6435	11060	929
8 E	168	6199	6518	6359	6367	9206	7787	12970	1087
9 E	132	4475	5148	4812	5267	6970	6119	10164	942
10 E	143	4919	5977	5448	5591	7922	6757	11040	1022
11 E	154	4789	5775	5282	5359	7777	6568	10349	1013
12 E	165	4752	5990	5371	5808	7623	6716	10626	968
1 à 12 E	Moyenne	5002	5462	5232	5549	7310	6430	10772	93
Année		1954- 1955	1955- 1956		1955- 1956	1956- 1957		1956- 1957	195 195

*kgimes par hectare.*

(kgimes de chaque objet)

Plantations III et IV : Plantation 1951.

N°	4 <sup>e</sup> année			5 <sup>e</sup> année			6 <sup>e</sup> année		
	I-II	III-IV	Moy- enne	I-II	III-IV	Moy- enne	I-II	III-IV	Moy- enne
54	9191	7139	8255	8463	8190	8327	8437	10101 9529	9269
28	9030	8904	8967	8904	9002	8953	8666	11074 10990	9870
38	9135	8865	9000	9030	8970	9000	8430	10725 10770	9578
16	9088	9088	9088	8800	8688	8744	8176	10992 10688	9584
45	10006	10190	10098	10428	10441	10435	10006	13147 12448	11577
34	10714	10051	10383	10382	10526	10454	9749	13133 13377	11441
79	11232	9422	10327	10639	10202	10421	10171	12605 12293	11388
20	10550	10466	10508	10416	9945	10181	9979	12398 11911	11189
35	9425	9623	9524	9636	10058	9847	9148	11906 12197	10527
33	9896	10124	10010	9653	10310	9982	9552	12799 13242	11176
1	9825	10025	9925	9733	9702	9718	9687	11627 12443	10657
56	9950	10098	10024	9488	9718	9603	9306	12078 12260	10692
50	9837	9515	9676	9631	9646	9639	9276	11882 11846	10579
	1957- 1958	1958- 1959		1958- 1959	1959- 1960		1959- 1960	1960- 1961	

TABLEAU  
*Résultats en kilogram*  
 (Calculés en fonction des den  
 (Répétitions I et II : Plantation 1

Objet	Densité théorique	7 <sup>e</sup> année			8 <sup>e</sup> année			I-
		I-II	III-IV	Moy- enne	I-II	III-IV	Moy- enne	
1	130	10751	8164	9458	8242	7605	7224	70
E		11647	7183	8915	9048	7956	8502	75
2	140	10010	8484	9247	8366	7308	7847	66
E		10094	8610	9352	8568	7560	8064	78
3	150	9975	8565	9270	8100	7050	7575	59
E		9720	8730	9225	8175	6825	7500	66
4	160	9392	8192	8792	7904	6544	7224	56
E		9680	7920	8800	8432	6720	7576	64
5	132	12698	10045	11372	10256	7986	9121	83
E		12118	9940	11029	9557	10256	9907	88
6	144	11909	9562	10736	9605	8611	9108	77
E		12398	10195	11297	8712	9086	8899	87
7	156	12433	9407	10920	9547	8471	9009	79
E		12418	9547	10983	10965	8845	9555	80
8	168	12264	8904	10584	9173	7241	8207	70
E		11760	9845	10803	8904	8316	8610	77
9	132	11372	9147	10263	8818	8250	8534	75
E		11022	9240	10131	8791	9398	9095	78
10	143	11326	9595	10461	9424	8294	8859	75
E		11227	9653	10440	9753	8666	9210	85
11	154	11042	8670	9856	9178	7454	8316	71
E		11627	8701	10164	8963	7577	8270	75
12	165	11220	8630	9925	8564	7260	7912	63
E		11072	10078	10575	9207	8580	8894	71
1-12	Moyenne	11200	8947	10074	8933	7673	8303	7
E		11149	9137	10143	9031	8315	8674	7
Année		1960- 1961	1961- 1962		1961- 1962	1962- 1963		1 1

2)  
 gimes par hectare.  
 que de chaque objet)  
 itions III et IV : Plantation 1951.

Site	Moyenne	10 <sup>e</sup> année			11 <sup>e</sup> année	Production cumulée théorique	
		I-II	III-IV	Moyenne	I-II	11 ans	10 ans
36	8522	9009	7371	8190	6461	86 424	74 022
18	8866	8528	7384	7956	7241	88 932	73 015
14	7896	8638	7070	7854	6818	86 996	80 388
22	8673	9296	6986	8141	7476	89 754	80 976
10	7268	7740	6150	6945	5985	83 175	81 030
75	7868	8265	6900	7583	6570	84 840	82 230
92	6944	7552	5872	6712	5584	83 920	80 000
76	7120	10032	6128	8080	6176	88 576	79 440
37	9616	10204	8567	9386	8461	102 696	93 495
16	10409	10415	10204	10310	9055	102 328	98 077
	9094	12154	7848	10001	7517	102 961	93 354
36	9792	11088	9115	10102	8453	103 478	96 319
23	9266	9173	7847	8510	7566	101 133	89 872
36	9352	10202	7862	9032	8814	104 222	90 152
39	8098	9206	7056	8131	6922	101 102	91 743
32	9005	9324	7258	8291	8266	102 463	94 617
36	8871	9794	7643	8719	7484	93 364	88 136
41	9511	10375	9174	9775	8514	94 697	92 374
33	9016	9510	7722	8616	7493	95 983	93 421
11	9724	10710	9009	9860	8137	99 015	96 039
18	8255	8947	6776	7862	6607	92 677	87 287
54	8748	9148	7084	8116	7346	94 357	89 181
14	7615	8283	6749	7516	6023	90 406	86 676
39	8242	8877	8580	8729	7079	93 310	91 952
4	8372	9184	7223	8204	6910	93 403	86 619
74	8943	9688	7974	8831	7761	95 414	88 698
3-		1963- 1964	1964- 1965		1964- 1965		

## CHAPITRE II

### *Résultats enregistrés.*

#### **1. Répétitions I et II (1950).**

Les productions individuelles moyennes, en kilogrammes de régimes par palmier, sont renseignées au tableau III (p. 23).

Si nous reprenons les chiffres de production cumulée, nous pouvons dresser les graphiques des figures 1 et 2. Pour la figure 1 on a mis en abscisse la densité à l'hectare, pour la figure 2, le nombre d'allées aux 100 mètres.

Dans le graphique de la figure 1 des droites unissent les différentes productions individuelles enregistrées pour un même nombre d'allées à l'hectare. La réponse négative du palmier à une augmentation de densité dans la ligne apparaît clairement par l'inclinaison des droites.

Les réponses sont identiques quel que soit le nombre d'allées aux 100 m, ce qui donne des droites parallèles.

Nous verrons plus loin que les distances entre les trois parallèles dépendent du fait qu'à densité égale, un dispositif à 6 allées permet un plus grand espacement dans la ligne.

Dans le graphique de la figure 2, on a uni les objets ayant même densité dans la ligne. Il met en évidence la faible influence du grand interligne sur les productions individuelles.

Le graphique de la figure 3 donne les productions individuelles cumulées en fonction du nombre de palmiers aux 100 m.

Sur ce graphique figure également la droite de régression unique dont le calcul est donné à la page 28.

Il n'est matériellement pas possible de tracer trois droites de régression (5, 5,5 et 6 allées aux 100 m), ces droites étant trop proches l'une de l'autre.

**TABEAU III**  
*Production individuelle moyenne.*  
(Kg de régimes)

Objets	Années de production												Production cumulée
	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965		
1	35,2	36,5	73,4	70,7	65,1	64,9	82,7	63,4	53,9	69,3	49,7	664,8	
2	34,1	36,1	71,7	64,5	63,6	61,9	71,5	59,9	47,7	61,7	48,7	621,4	
3	31,6	33,2	60,9	60,9	60,2	56,2	66,5	54,0	39,5	51,6	39,9	554,5	
4	33,7	36,5	65,6	56,8	55,0	51,1	58,7	49,4	35,6	47,2	34,9	524,5	
5	37,3	42,2	89,0	75,8	79,0	75,8	96,2	77,7	63,6	77,3	64,1	778,0	
6	36,3	40,7	84,0	74,4	72,1	67,7	82,7	66,7	53,8	84,4	52,2	715,0	
7	33,7	39,4	70,9	72,0	68,2	65,2	79,7	61,2	50,7	58,8	48,5	648,3	
8	36,9	37,9	77,2	62,8	62,0	59,4	72,0	54,6	42,0	54,8	41,2	601,8	
9	33,9	39,9	77,0	71,4	73,0	69,3	86,2	66,8	58,9	74,2	56,7	707,3	
10	34,4	39,1	77,2	69,2	67,5	66,8	79,2	65,9	53,0	66,5	52,4	671,2	
11	31,1	34,8	67,2	63,8	63,2	62,9	71,7	59,6	46,5	58,1	42,9	601,8	
12	28,8	35,2	64,4	60,3	57,5	56,4	68,0	51,9	38,7	50,2	36,5	547,9	

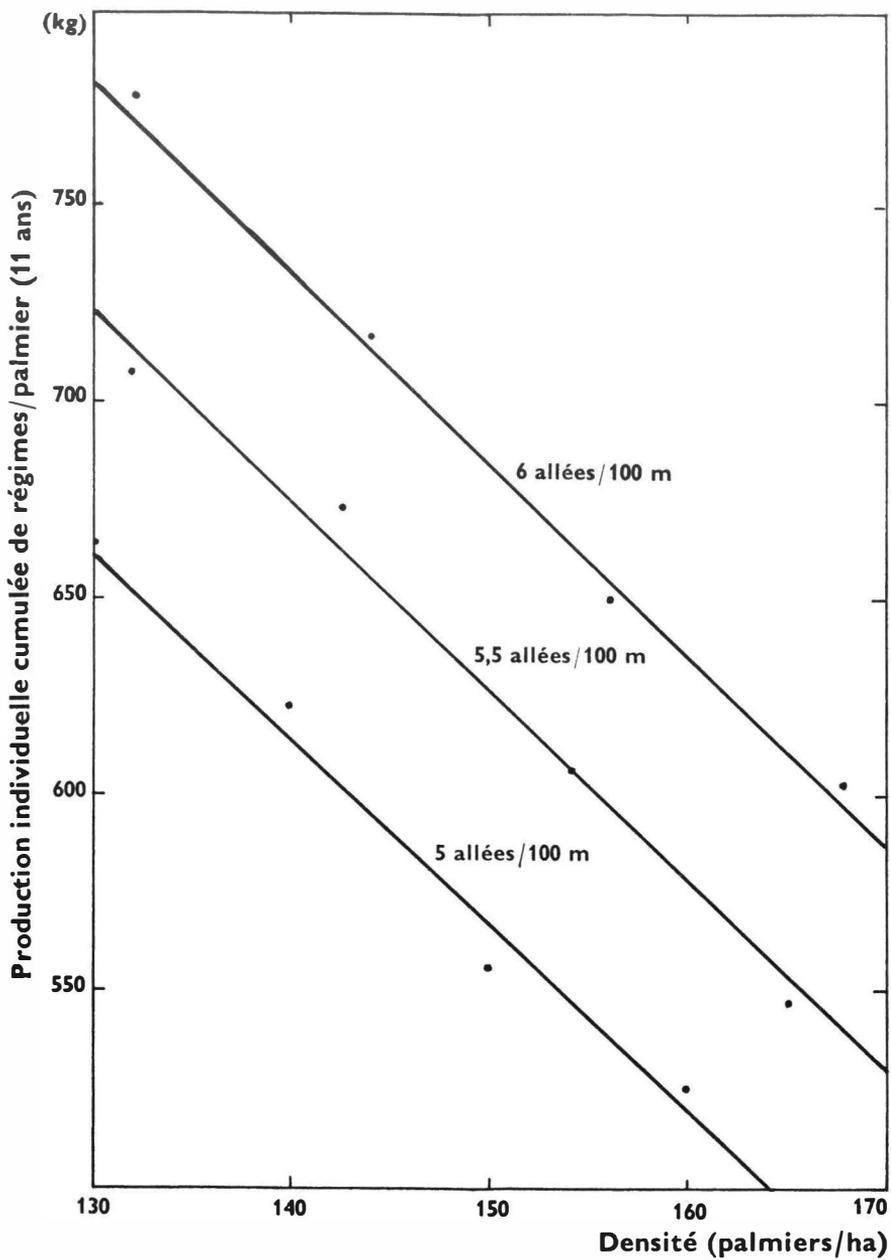


Fig. 1. — Répétitions I et II (1950). Relation linéaire entre la production individuelle sur 11 ans et la densité de plantation.

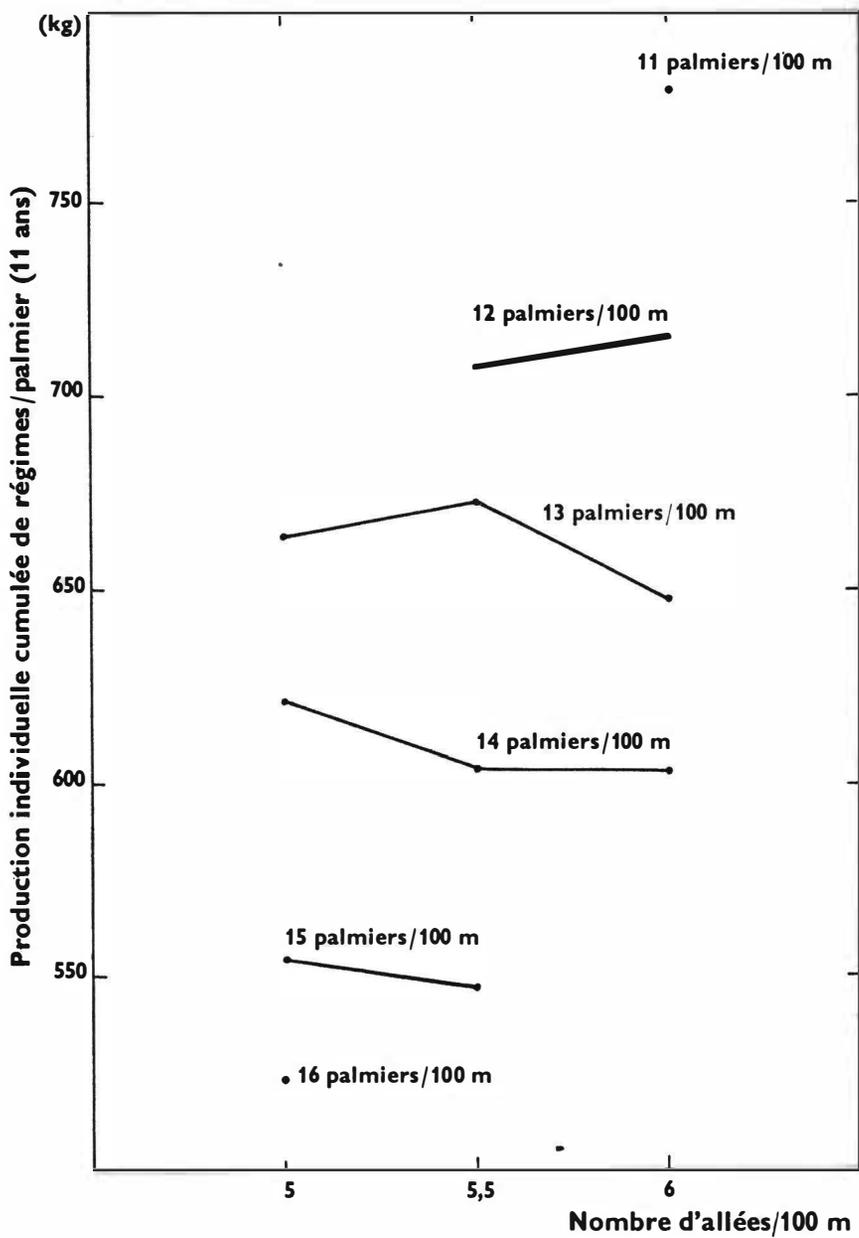


Fig. 2. — Répétitions I et II (1950). Relation entre la production individuelle cumulée sur 11 ans et le nombre d'allées aux 100 mètres.

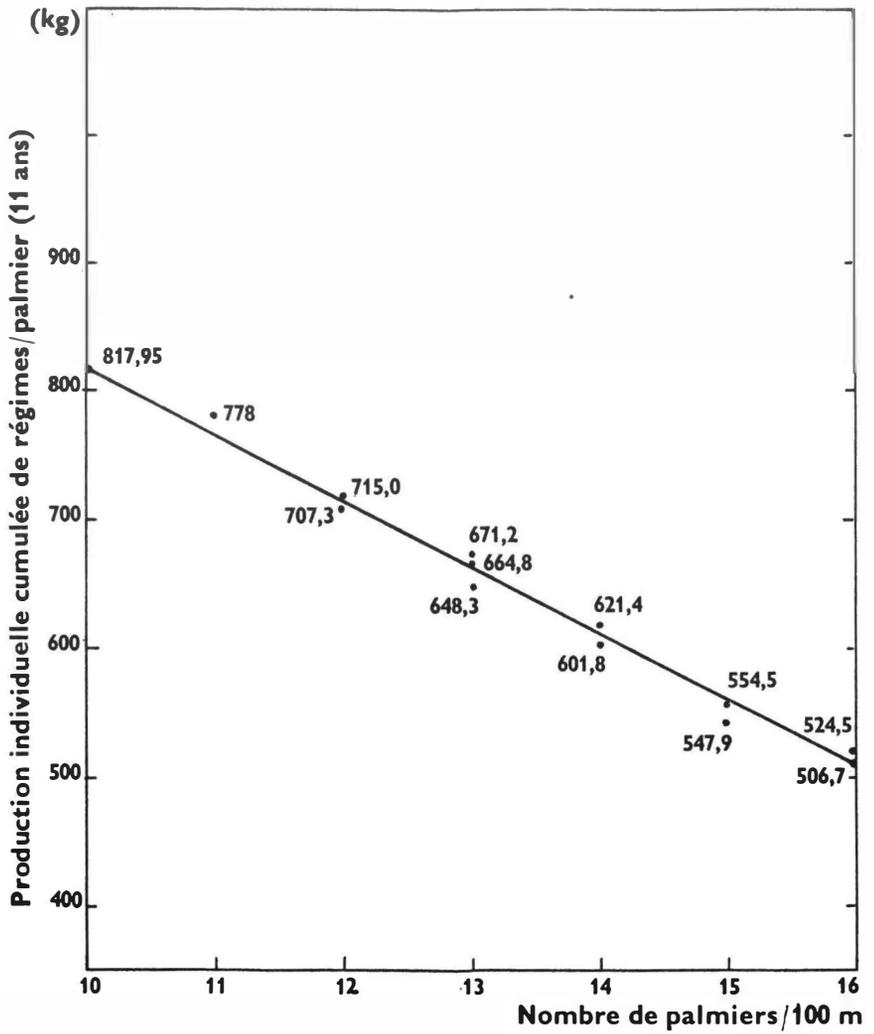


Fig. 3. — Répétitions I et II (1950). Relation linéaire entre la production individuelle cumulée sur 11 ans et le nombre de palmiers aux 100 mètres.

a. *Calcul de la droite de régression.*

Plan de régression (*Répétitions I et II*).

Objet	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y observé	Y calculé
1	13	5	664,8	670,7
2	14	5	621,4	616,3
3	15	5	554,5	562,0
4	16	5	524,5	507,6
5	11	6	778,0	765,1
6	12	6	715,0	710,8
7	13	6	648,3	656,4
8	14	6	601,8	602,1
9	12	5,5	707,3	717,9
10	13	5,5	671,2	663,6
11	14	5,5	601,8	609,2
12	15	5,5	547,9	554,8
<i>Calcul du plan de régression (Répétitions I et II).</i>				
Sommes	162	66	7636,5	
Moyenne	13,5	5,5	636,375	
$\Sigma x_1^2 = 23$		$\Sigma y^2 = 63095,33$	$\Sigma x_2 y = 188,95$	
$\Sigma x_2^2 = 2$		$\Sigma x_1 x_2 = -4$	$\Sigma x_1 y = 1193,25$	
D = 30		$b_1 = -54,356$	$b_2 = -14,238$	
<b>Y = 1448,49 - 54,356 X<sub>1</sub> - 14,238 X<sub>2</sub></b>				

b. *Analyse de la variance due aux coefficients de régression.*

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Total	63095,33	11				
Régression	62170,027	2	31085,01	302,35	4,26	8,02
Erreur	925,303	9	102,81			

L'analyse de la variance due aux coefficients de régression est hautement significative aux deux seuils envisagés.

c. *Signification des deux coefficients de régression.*

		t (table)
$C_1 = 0,0666$	$t_1 = -20,83$	0,05   0,01
$C_2 = 0,7666$	$t_2 = -1,60$	2,26   3,25

La signification de  $b_2$  est douteuse,  $t_1$  hautement significatif,  $t_2$  non significatif.

d. *Régression unique (fig. 3).*

$$by_1 = -51,88$$

$$Y = 1336,755 - 51,38 X_1$$

e. *Production maximale à l'hectare.*

(1) Supériorité du dispositif à 6 allées/100 m.

Les données analysées n'englobent pas l'optimum d'allées à l'hectare et le coefficient de régression n'étant pas significatif, toute l'interprétation est sujette à caution. Soulignons cependant qu'à densité à l'hectare égale le dispositif à 6 allées donne des productions individuelles supérieures, d'interprétation biométrique hautement significative. Une simple analyse de variance sur les données de 5 allées et 6 allées aux 100 m nous le confirme.

TABLEAU IV

*Production individuelle cumulée pour les différentes densités envisagées.*

Densités/ha	130	140	150	160	Totaux
5 allées/ha	664,8	621,4	554,5	524,5	2365,2
6 allées/ha	778,0	715,0	648,3	601,8	2743,1
<b>Totaux</b>	<b>1442,8</b>	<b>1336,4</b>	<b>1202,8</b>	<b>1126,3</b>	<b>5108,3</b>

*Analyse de la variance*

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Total	47791,52	7				
Densité/ha	29617,05	3	9872,35	91,57	9,28	29,40
Nombre d'allées /100 m	17851,05	1	17851,05	165,58	10,1	34,12
Erreur	323,42	3	107,81			

Le dispositif à 6 allées/100 m est très significativement supérieur au dispositif à 5 allées/100 m.

Nous avons mis en parallèle des densités qui en réalité sont légèrement différentes. Si on examine de plus près les densités réelles pour 6 allées/100 m, elles sont de 132, 144, 156 et 163. Il convient d'observer cependant que ces densités réelles ne font qu'augmenter l'avantage du dispositif à 6 allées/100 m puisque la production individuelle devrait être multipliée par un facteur légèrement supérieur.

D'où on analysera la densité optimale dans la ligne du dispositif de 6 allées aux 100 m; seule donnée certaine que le protocole de l'expérience peut fournir.

(2) Nombre de palmiers optimal aux 100 m (dispositif 6 allées).

$$Y = 1448,49 - (14,24 \times 6) - 54,36 X_1$$

$$P_{ha} = 12 X_1 Y$$

$$P_{ha} = 16356,6 X_1 - 652,32 X_1^2$$

$$\frac{D P_{ha}}{D X} = 16356,6 - 2 \times 652,32 X_1$$

La valeur de  $X_1$  annulant la dérivée est  $X_1 = 12,537$ .

A une densité de 12,537 palmiers aux 100 m correspond un écartement de 8 m dans la ligne (7,98).

On pourrait nous reprocher de tenir compte d'un facteur de régression qui n'est pas significatif. Remarquons cependant que les spécialistes de l'I.N.É.A.C. avant d'éliminer ce deuxième facteur de régression avaient vérifié qu'il n'était significatif ni dans les dernières années de récolte, ni dans la dernière année prise séparément, or dans notre cas il nous est apparu qu'avec le temps (voir analyses obtenues) ce coefficient devenait significatif. Il nous est paru donc utile de ne pas le négliger.

## 2. Répétitions III et IV (1951).

Les productions individuelles moyennes, en kilogrammes de régimes par palmier, sont renseignées au tableau V.

Le graphique de la figure 4 donne les productions individuelles cumulées en fonction des densités à l'hectare. Les droites joignent les différentes productions individuelles enregistrées pour un même nombre d'allées/100 mètres.

Le graphique de la figure 5 donne ces mêmes productions en fonction du nombre d'allées/100 mètres.

On a uni les objets ayant même densité dans la ligne. En fin d'analyse, nous commenterons les différences constatées avec les figures 1 et 2.

**TABLEAU V**  
*Production individuelle moyenne.*  
(Kg de régimes)

Objets	Année de production												Production cumulée
	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	
1	27,1	39,2	50,5	56,3	63,0	77,7	62,8	58,5	77,2	56,7			569,4
2	33,9	46,2	58,7	63,6	64,3	79,1	60,6	52,2	65,1	50,5			574,2
3	39,3	48,4	59,6	59,1	59,8	71,5	57,1	47,0	57,4	41,0			540,2
4	36,1	47,0	57,1	56,8	54,3	68,7	51,2	40,9	51,2	36,7			500,0
5	38,1	56,9	73,8	77,2	79,1	99,6	76,1	60,5	82,1	64,9			708,3
6	40,6	53,1	67,3	69,8	73,1	91,2	66,4	59,8	72,5	54,5			648,3
7	33,8	43,1	59,6	60,4	65,4	80,8	60,3	54,3	68,1	50,3			576,1
8	38,8	54,8	64,7	62,3	59,2	73,8	53,0	43,1	54,4	42,0			546,1
9	39,0	52,8	71,4	72,9	76,2	90,2	69,3	62,5	75,5	57,9			667,7
10	41,8	55,4	71,5	70,8	72,1	89,5	67,1	58,0	73,1	54,0			653,3
11	37,5	50,5	65,8	65,1	63,0	75,5	56,3	48,4	60,7	44,0			566,8
12	36,3	46,2	58,7	61,2	58,9	73,2	52,3	44,0	53,6	40,9			525,3

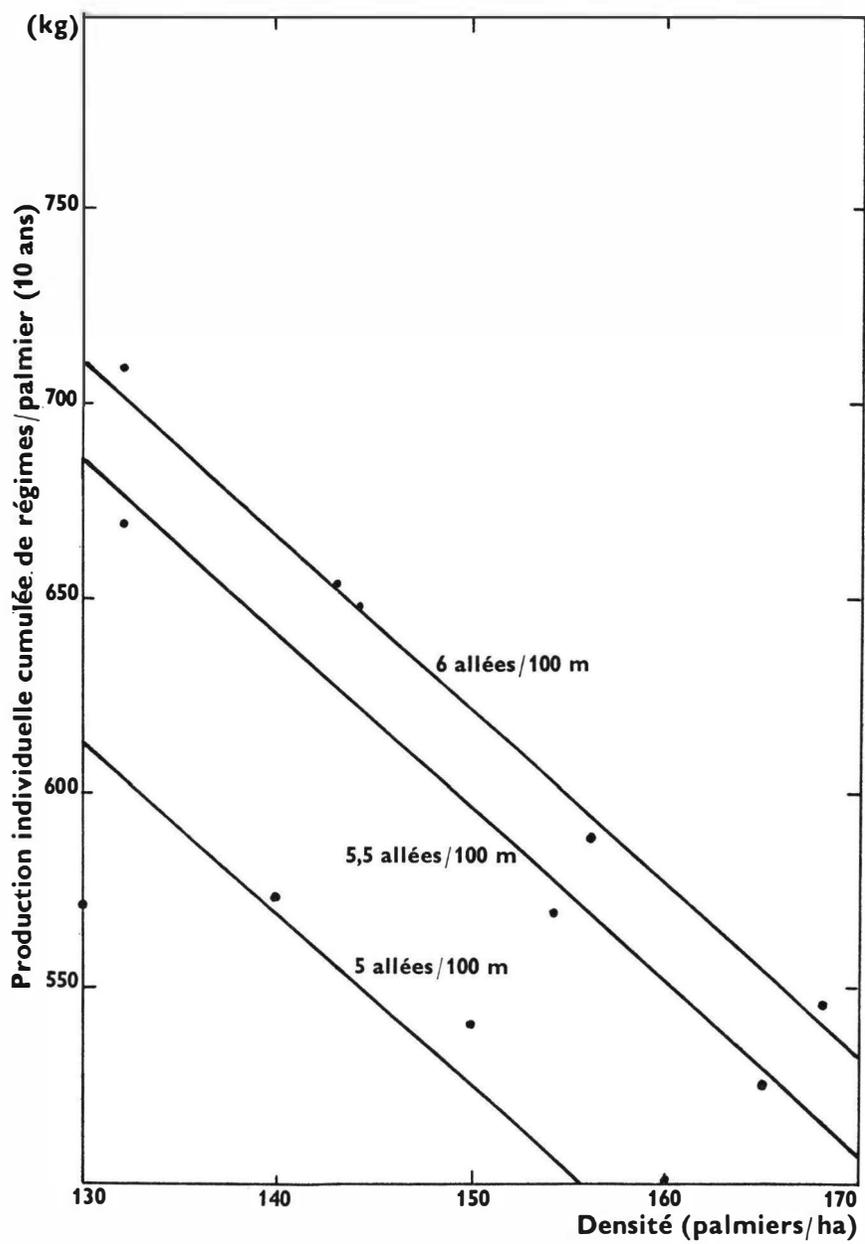


Fig. 4. — Répétitions III et IV (1951). Relation linéaire entre la production individuelle sur 11 ans et la densité de plantation.

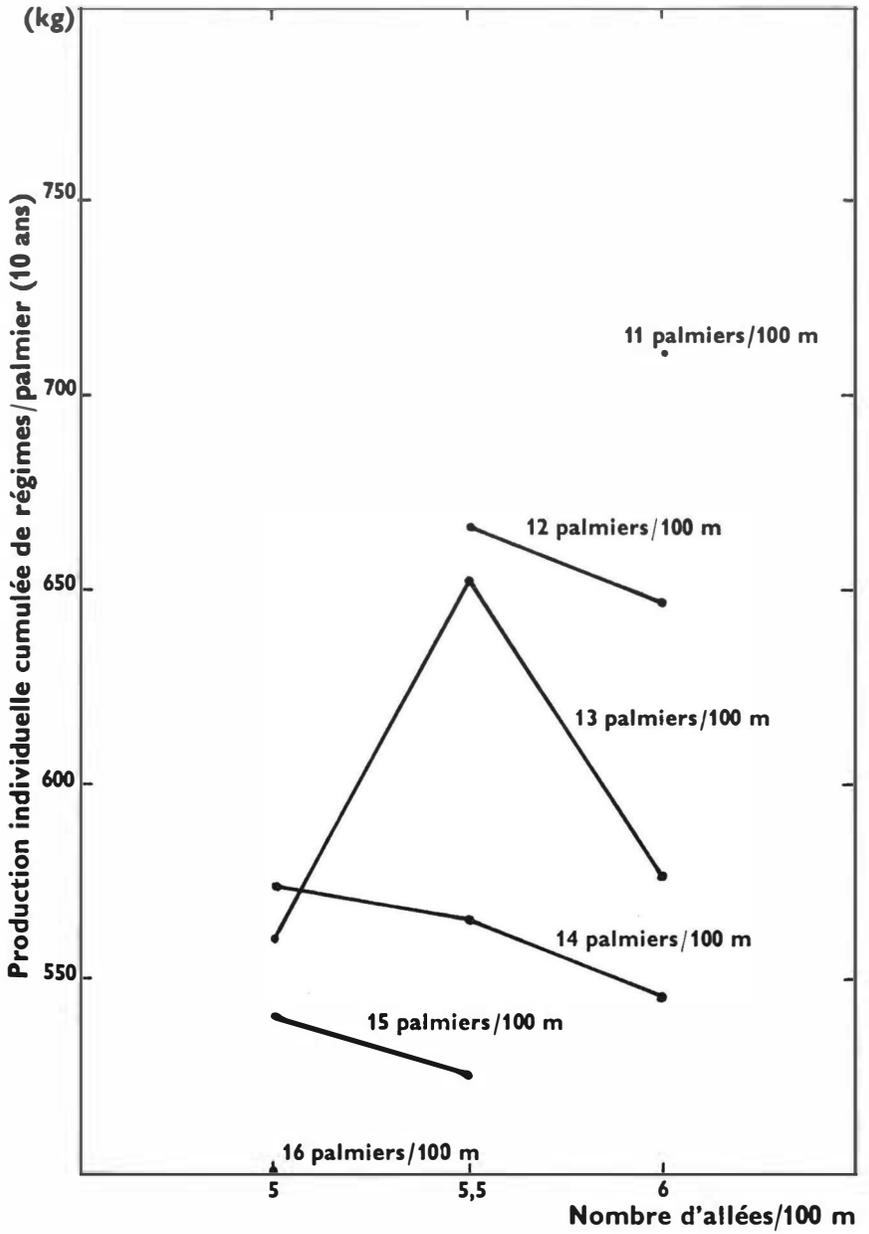


Fig. 5. — Répétitions III et IV (1951). Relation entre la production individuelle cumulée sur 11 ans et le nombre d'allées aux 100 mètres.

Le graphique de la figure 6 donne les productions individuelles cumulées en fonction du nombre de palmiers/100 m. Sur ce graphique figure également la droite de régression unique calculée à la page 35.

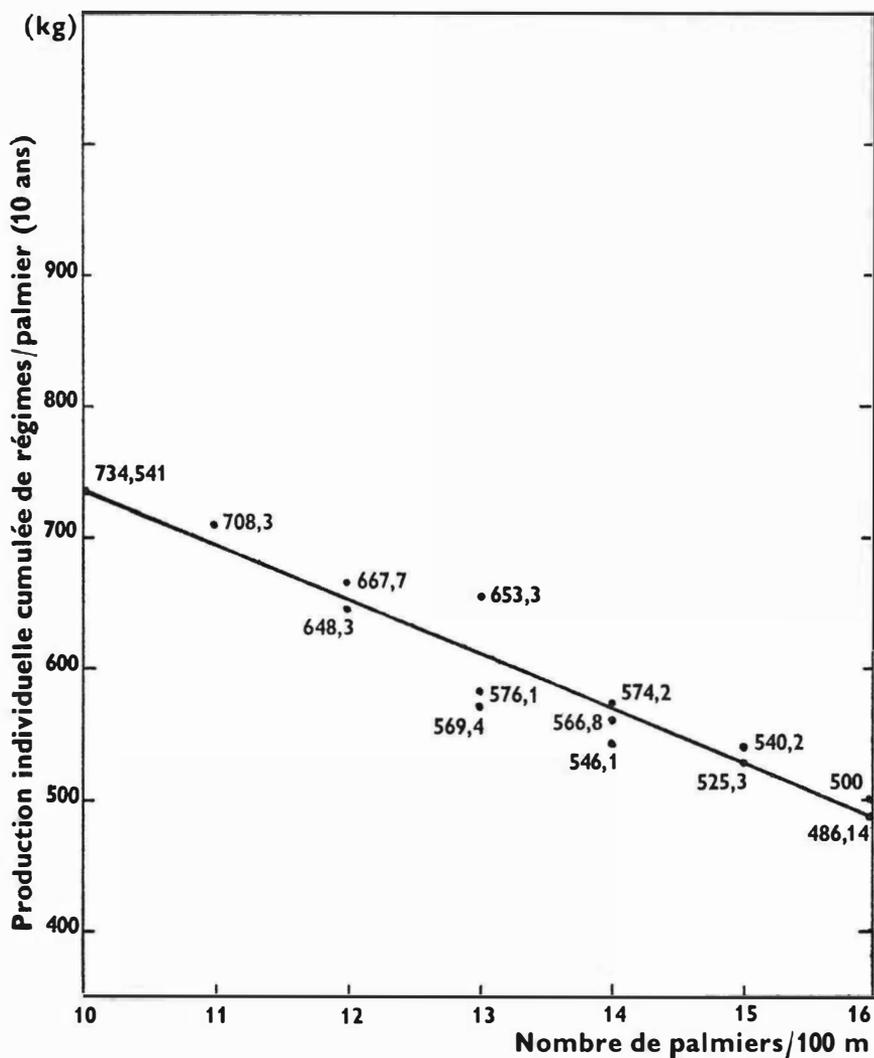


Fig. 6 — Répétitions III et IV (1951). Relation linéaire entre la production individuelle cumulée sur 11 ans et le nombre de palmiers aux 100 mètres.

a. Calcul de la droite de régression.

Plan de régression (Répétitions III et IV).

Objet	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y observé	Y calculé
1	13	5	569,4	618,5
2	14	5	574,2	574,7
3	15	5	540,2	530,9
4	16	5	500,0	487,0
5	11	6	708,3	692,3
6	12	6	648,3	648,4
7	13	6	576,1	604,6
8	14	6	546,1	560,8
9	12	5,5	667,7	655,4
10	13	5,5	653,3	611,6
11	14	5,5	566,8	567,7
12	15	5,5	525,3	523,9
<i>Calcul du plan de régression.</i>				
Somme	162	66	7075,7	
Moyenne	13,5	5,5	589,641	
$\Sigma X_1^2 = 23$ $\Sigma Y^2 = 45535,21$ $\Sigma X_2 Y = 147,5$ $\Sigma X_2^2 = 2$ $\Sigma X_1 X_2 = -4$ $\Sigma X_1 Y = -952,35$ $D = 30$ $b_2 = -13,896$ $b_1 = -43,823$ <b><math>Y = 1257,6795 - 43,823 X_1 - 13,896 X_2</math></b>				

b. Analyse de la variance due aux coefficients de régression.

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Total	45535,21	11				
Régression	39685,174	2	19842,587	30,527	4,26	8,02
Erreur	5850,039	9	650,00			

L'analyse de la variance due aux coefficients de régression est hautement significative aux deux seuils envisagés.

c. *Significance des deux coefficients de régression.*

$$\begin{array}{ccc|c} & & & t \text{ (table)} \\ C_1 = 0,0666 & t_1 = 6,66 & 0,05 & 0,01 \\ C_2 = 0,7666 & t_2 = 0,623 & 2,26 & 3,25 \end{array}$$

$t_1$  hautement significatif;  $t_2$  non significatif (la signification de  $b_2$  est douteuse).

d. *Régression unique* (cfr figure 6).

$$b_1 = -41,4$$

$$Y = 1148,541 - 41,4 X_1$$

e. *Production maximale à l'hectare.*

(1) Supériorité du dispositif à 6 allées/100 m.

Le coefficient de régression n'est pas significatif. De plus, sa faible valeur nous amènera un optimum pour la production par hectare en dehors des valeurs étudiées.

Toute étude rigoureuse est donc impossible comme pour les deux premières répétitions.

Contentons-nous de vérifier qu'à densité égale la production individuelle, donc totale, est à l'avantage de la disposition en 6 allées.

TABLEAU VI

*Production individuelle cumulée pour les différentes densités envisagées.*

Densités/ha	130	140	150	160	Totaux
5 allées/ha	569,4	574,2	540,2	500,0	2183,8
6 allées/ha	708,3	648,3	576,1	546,1	2478,8
Totaux	1277,7	1222,5	1116,3	1046,1	4662,6

Analyse de la variance :

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Total	30356,40	7				
Densité/ha	16257,38	3	5419,13	5,05	9,28	29,40
Nombre d'allées /100 m	10878,13	1	10878,13	10,13	10,13	34,12
Erreur	3220,89	3	1073,63			

Le dispositif à 6 allées est donc significativement supérieur à celui à 5 allées, l'homogénéité moins bonne du terrain (emplacement d'un ancien village) a empêché la différence d'être hautement significative.

(2) Nombre de palmiers optimal aux 100 m (dispositif 6 allées).

Nous utiliserons la formule exposée précédemment.

Y : production individuelle dans les dispositifs à 6 allées en fonction de  $x$  palmiers par ligne.

$$Y = 1257,6795 - 13,896 \times 6 - 43,823 X_1.$$

$$P_{ha} = 12 X_1 (1174,43 - 43,823 X_1)$$

$$P_{ha} = 14.093,16 X_1 - 525,876 X_1^2$$

$$\frac{DP}{DX} = 14.093,16 - 1051,752 X$$

La dérivée s'annule pour  $X_1 = 13,39$  palmiers par ligne, soit un écartement de 7,47 m.

### 3. Conclusions.

Après ces deux analyses, comparons les deux résultats. Les répétitions I et II donnent une production optimale pour un écartement de 8 m (7,98 m) dans la ligne (6 allées). Pour les répétitions III et IV l'optimum diffère de 51 cm (7,47 m).

Diverses explications peuvent être avancées sur cette divergence de 6 %, d'autant plus étonnante que l'expérience portant sur un grand nombre de répétitions, elle ne peut être due à l'erreur expérimentale.

Une première remarque s'impose : les répétitions III et IV sont de un an plus jeunes que les répétitions I et II et la distance optimale croît avec l'âge. Ainsi la Division du Palmier à huile analysant les 6 premières années des répétitions I et II avait trouvé 7 m comme écartement optimal. En 5 ans l'écartement optimal s'est donc déplacé de 98 cm vers un plus grand espacement, soit un déplacement moyen de 20 cm par an.

Suivant ce raisonnement, l'optimum des répétitions III et IV se situerait à 7,78 m, or il n'est qu'à 7,47 m. D'autres causes ont donc dû jouer.

Si les palmiers des répétitions III et IV ont un écartement optimal plus petit, c'est qu'ils ont eu une moins bonne croissance. Soit que les palmiers aient une taille adulte inférieure, soit qu'ils aient mis plus de temps pour atteindre le même développement.

Nous verrons plus loin que c'est la deuxième hypothèse qui est la plus vraisemblable. L'handicap des répétitions III et IV est avant

tout pédologique, car comme nous l'avons déjà signalé, ces répétitions ont été établies sur une ancienne implantation autochtone, ce qui présuppose une forêt secondaire d'âge récent, d'anciens champs, des sentiers, des fonds de cases. Cette partie de l'expérience a donc pâti de conditions pédologiques nettement inférieures (taux d'humus et d'azote inférieurs, parties tassées).

Celles-ci ont entraîné une croissance moins rapide des palmiers qui a eu pour conséquence de retarder la concurrence photique et racinaire.

Ceci a déplacé l'optimum vers une plantation plus serrée. Suivant qu'une parcelle s'est trouvée sur l'emplacement du village (Parcelle 30), sur l'emplacement d'ancien champ ou après forêt secondaire suffisamment restaurée, ses palmiers ont plus ou moins souffert des antécédents.

Cette variable non contrôlée par l'analyse a fortement augmenté l'hétérogénéité des résultats et explique que l'erreur des répétitions III et IV soit six à dix fois plus élevée que celle des répétitions I et II.

### CHAPITRE III

#### *Étude de la production moyenne annuelle suivant l'âge de la plantation.*

Avant de vouloir extrapoler les récoltes subséquentes, il nous a paru indispensable d'examiner par des graphiques l'évolution de la production moyenne annuelle. Il fallait, en effet, choisir les années qui serviraient de base à cette extrapolation.

#### **1. Répétitions I et II (1950).**

Afin d'alléger le tableau VII, nous avons pris les données réelles de production annuelle des champs comportant 6 allées aux 100 mètres, les données pour 15 et 16 palmiers dans la ligne, non représentées dans le dispositif, ont dû être estimées à partir des productions obtenues dans les autres dispositifs, l'analyse biométrique ayant démontré que l'écartement des allées a peu d'influence sur la production individuelle.

**TABLEAU VII**

*Productions moyennes annuelles/ha.*  
(Kg de régimes)

Année de récolte	Nombre de palmiers aux 100 m					
	11	12	13	14	15	16
1	4924	5227	5257	6199	5436	6470
2	5570	5861	6146	6367	6156	7008
3	11748	12096	11060	12970	11277	12595
4	10006	10714	11232	10550	10911	10906
5	10428	10382	10639	10416	10596	10560
6	10006	9749	10171	9979	10134	9811
7	12698	11909	12433	12264	12105	11270
8	10256	9605	9547	9173	9531	9485
9	8395	7747	7909	7056	7038	6835
10	10204	12154	9173	9206	9162	9062
11	8461	7517	7566	6922	6876	6701

**TABLEAU VIII**

*Production cumulée/ha.*  
(Kg de régimes)

Année de récolte	Nombre de palmiers aux 100 m					
	11	12	13	14	15	16
1	4924	5227	5257	6199	5436	6470
2	10494	11088	11403	12566	11592	13478
3	22242	23184	22463	25536	22869	26073
4	32248	33898	33695	36086	33780	36979
5	42676	44280	44334	46502	44376	47539
6	52682	54029	54505	56481	54510	57350
7	65380	65938	66938	68745	66615	68620
8	75636	75543	76485	77918	76146	78105
9	84031	83390	84394	84974	83184	84940
10	94235	95444	93567	94180	92346	94002
11	102696	102961	101133	101102	99222	100703

Si nous considérons les productions annuelles, il n'est guère possible de tirer des conclusions, étant donné leur trop forte variabilité. Par contre, si nous considérons les productions cumulées/ha (tableau VIII), nous avons un trop fort nivellement, car la tendance des premières années est compensée par celle des années subséquentes. C'est ainsi qu'après onze ans de récolte la différence entre la plus forte et la plus faible production cumulée à l'hectare n'est que de 3,5 pour cent.

A l'examen des chiffres du tableau VIII, il nous a paru plus judicieux de diviser les productions en trois périodes pour lesquelles on calcule la production moyenne annuelle (tableau IX).

**TABLEAU IX**  
*Production moyenne par période.*  
(Kg de régimes)

Période	Nombre de palmiers aux 100 m					
	11	12	13	14	15	16
de la 1 <sup>ère</sup> à la 3 <sup>e</sup> année de récolte	7414	7728	7488	8512	7623	8691
de la 4 <sup>e</sup> à la 6 <sup>e</sup> année de récolte	10147	10282	10681	10315	10547	10426
de la 7 <sup>e</sup> à la 11 <sup>e</sup> année de récolte	10003	9786	9326	8924	8942	8671

*a. Première période.*

Cette période, qui va de la 1<sup>ère</sup> à la 3<sup>e</sup> année de récolte, correspond aux récoltes sur palmier acaule ou à stipe court. Pendant ces années la couronne passe d'un diamètre de 7,24 m (4 ans) à 9,87 m (7 ans) [VAN-DERWEYEN, 1952].

Au début, la concurrence aérienne est à peu près nulle pour tous les écartements. Si par la suite elle augmente, elle n'a pas d'influence déterminante sur la production qui répond toujours avec un certain retard.

Il est donc normal que les premières récoltes soient à l'avantage des fortes densités/ha et que leurs chiffres reflètent le produit arithmétique d'une densité en augmentation par une production individuelle à peu près égale.

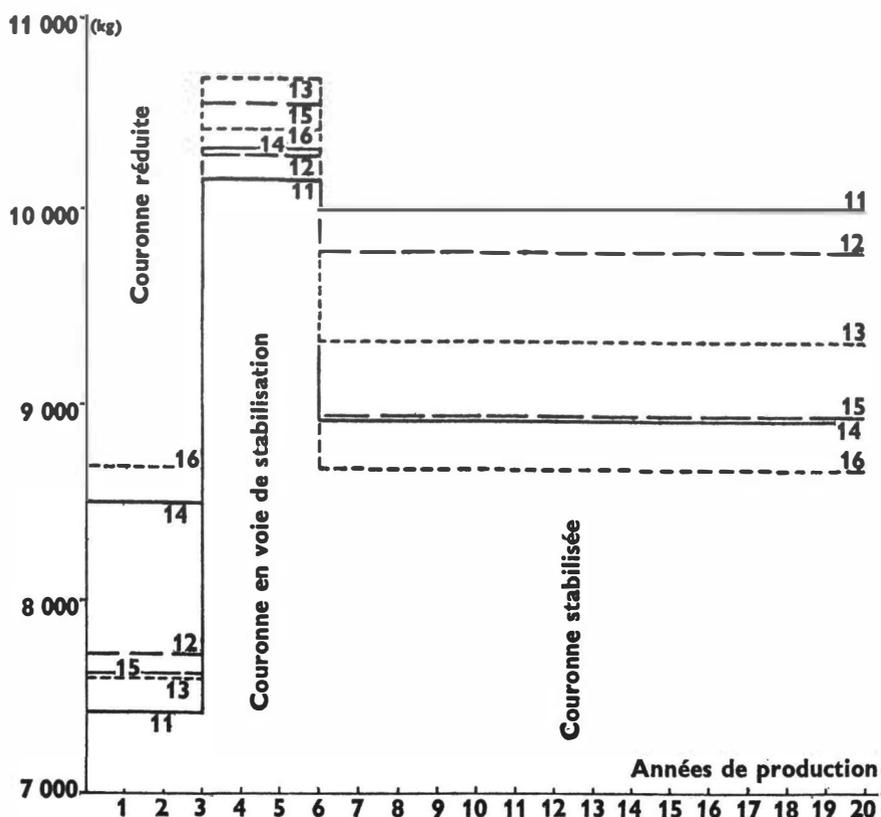


Fig. 7. — Histogramme de production moyenne annuelle suivant l'âge de la plantation (6 allées/100 m, de 11 à 16 palmiers dans la ligne/100 m).

### b. Deuxième période.

La deuxième période, de la 4<sup>e</sup> à la 6<sup>e</sup> année de récolte, correspond aux années où la couronne est en voie de stabilisation; la plupart des palmiers atteignent en effet à huit ans leur plein développement (10,50 m de diamètre). La concurrence joue partout, la plantation se ferme sauf pour le grand interligne.

La production par hectare est très uniforme quel que soit l'écartement. En effet, la diminution de production individuelle est à peu près compensée par le plus grand nombre de palmiers/ha.

### c. Troisième période.

Cette période va de la 7<sup>e</sup> à la 11<sup>e</sup> année de récolte. On pourrait croire que la situation est définitive; cependant, si l'on considère les rende-

ments subséquents (dont nous avons établi la moyenne) on doit reconnaître qu'avec l'âge une évolution très nette a lieu en faveur des grands écartements qui maintiennent leur productivité tandis que celle des plus petits écartements a tendance à diminuer.

A quel facteur attribuer ce phénomène inattendu? Les derniers rapports annuels du Centre d'Élaeculture de Binga mettent en avant un facteur nouveau : la croissance variable due au matériel homogène quant à la production, très hétérogène quant à la croissance des stipes.

Certains palmiers, et ce ne seront pas nécessairement ceux qui ont la productivité potentielle la moins élevée, seront dominés par leurs voisins et leur production décroît brutalement. Cette chute ne sera que partiellement compensée par l'augmentation de production des dominants qui dans les petits écartements étaleront leurs palmes inférieures peu fonctionnelles sur les jeunes palmes des dominés.

Ce phénomène ne peut aller qu'en s'aggravant au fur et à mesure que la plantation grandit et que les écarts entre dominants et dominés se creusent. Notons que cette concurrence affectera tous les objets de l'expérience par l'intermédiaire du petit interligne.

Ce n'est pas la première fois que pareille observation est faite. Lors du choix de semenciers par VANDERWEYEN en 1945 (F<sub>1</sub>) [1952], il avait retenu de bons producteurs mais il avait donné la préférence à ceux dont le stipe était court.

Ultérieurement, la production de ces semenciers a régressé de telle sorte qu'on a été amené à abattre leurs voisins afin de rétablir une production normale.

Dans le bloc « Annexe-Pépinière », où on avait omis cette opération, certains semenciers, à stipe court, ne produisaient en 1958-1960 pratiquement plus aucuns régimes femelles.

Il est bien évident que l'extrapolation des moyennes établies sur les cinq dernières années (7<sup>e</sup> à la 11<sup>e</sup> année de récolte) est de ce fait sujette à caution car il est probable que les écarts entre les petits et les grands écartements ne cesseront de se creuser.

Il faudrait établir les droites de régression de la diminution de la productivité en fonction de l'âge et de la densité. Ces droites sont cependant difficiles à établir à cause des variations dues au climat qui font souvent alterner une bonne et une mauvaise année, surtout que ces variations annuelles sont supérieures à la variation induite par le facteur précité.

## **2. Répétitions III et IV (1951).**

Les données expérimentales concernant la production des palmiers des répétitions III et IV sont reproduites aux tableaux X, XI et XII, dressés de façon analogue à celles des répétitions I et II.

Les données issues des répétitions III et IV (1951) ne font que

**TABLEAU X**

*Production moyenne annuelle/ha.*  
(Kg de régimes)

Année de récolte	Nombre de palmiers aux 100 m					
	11	12	13	14	15	16
1	5029	5846	5273	6518	6805	6931
2	7511	7646	6724	9206	8514	9024
3	9742	9691	9298	10870	10647	10963
4	10190	10051	9422	10466	10827	10906
5	10441	10526	10202	9945	10683	10426
6	13147	13133	12605	12398	13023	13190
7	10045	9562	9407	8904	9846	9830
8	7986	8611	8471	7241	8190	7853
9	10837	10440	10623	9139	9990	9830
10	8567	7848	7847	7056	7371	7046

**TABLEAU XI**

*Production cumulée/ha.*  
(Kg de régimes)

Année de récolte	Nombre de palmiers aux 100 m					
	11	12	13	14	15	16
1	5029	5846	5273	6518	6805	6931
2	12540	13492	11997	15724	15319	15955
3	22282	23183	21295	26594	25966	26918
4	32472	33234	30717	37060	36793	37824
5	42913	43760	40919	47005	47476	48250
6	56060	56893	53524	59403	60499	61440
7	66105	66455	62931	68307	70345	71270
8	74091	75066	71402	75548	78535	79123
9	84928	85506	82025	84687	88525	88953
10	93495	93354	89872	91743	95896	95999

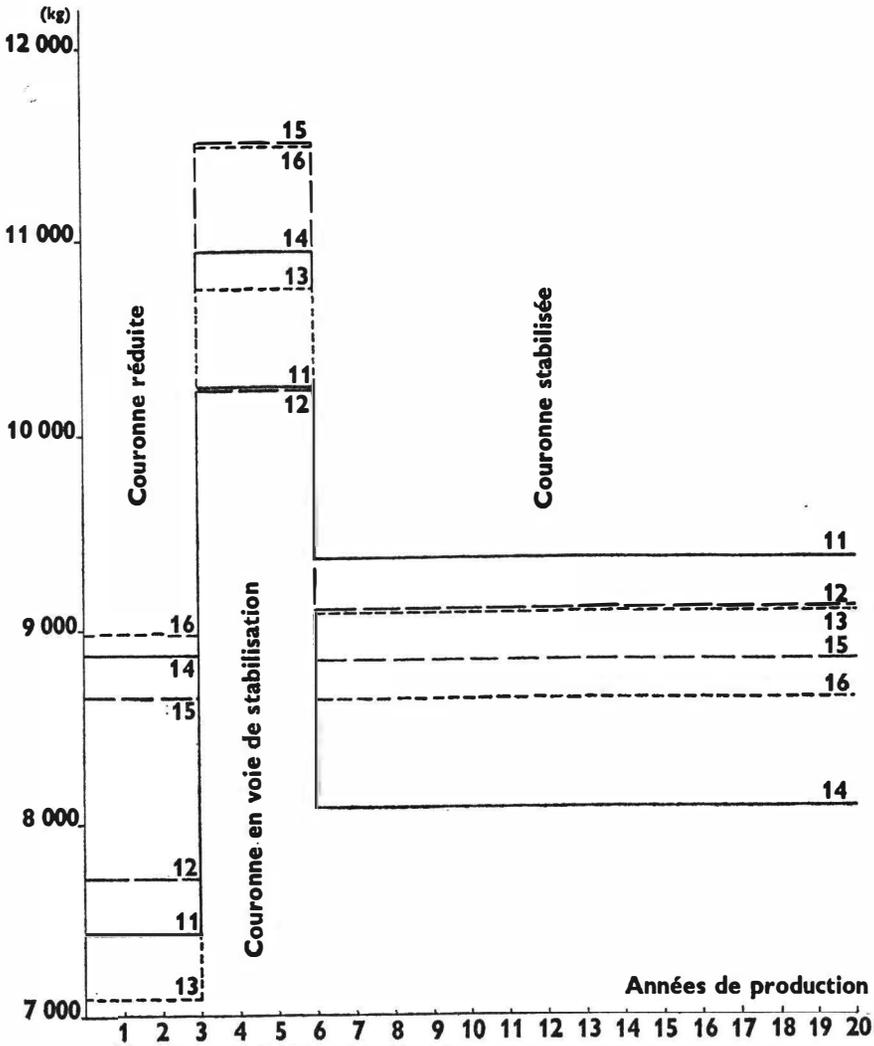


Fig. 8. — Histogramme de production moyenne annuelle suivant l'âge de la plantation.  
(6 allées/100 m de 11 à 16 palmiers dans la ligne.)

TABLEAU XII

*Production moyenne par période.*  
(Kg de régimes)

Année de récolte	Nombre de palmiers aux 100 m					
	11	12	13	14	15	16
De la 1 <sup>re</sup> à la 3 <sup>e</sup>	7427	7728	7098	8865	8655	8973
De la 4 <sup>e</sup> à la 6 <sup>e</sup>	11259	11237	10743	10936	11511	11507
De la 7 <sup>e</sup> à la 10 <sup>e</sup>	9359	9115	9087	8085	8849	8640

confirmer les tendances observées dans les répétitions I et II (jeune âge : avantage aux petits écartements; âge adulte : avantage aux grands écartements).

Seule différence la deuxième période reste en faveur des petits écartements (fig. 8), alors que la troisième période confirme l'avantage des grands écartements. On doit attribuer ce phénomène au terrain plus pauvre qui ralentissant la croissance a retardé l'entrée en concurrence des palmes.

Ce dernier point a déjà mis en évidence lors de la comparaison des deux écartements optimums calculés (8 m pour répétitions I et II et 7,47 m pour répétition III et IV).

## CHAPITRE IV

### *Extrapolation des résultats enregistrés à ce jour, à la production totale d'une plantation de longévité normale (20 années de récolte).*

Nous avons considéré comme production moyenne annuelle de l'âge adulte, la moyenne des cinq dernières années (7<sup>e</sup> à 11<sup>e</sup> années de récolte) pour les répétitions I et II (1950).

Pour les répétitions III et IV (1951), nous avons été obligés de nous contenter des quatre dernières années (7<sup>e</sup> à la 10<sup>e</sup> année de récolte).

#### TABLEAU XIII

*Production totale par palmier pour 20 ans de récolte.  
(Kg de régimes)*

Objets	Répétitions I et II	Répétitions III et IV
1	1239,0	1207,4
2	1142,5	1145,2
3	1007,2	1046,5
4	930,9	950,0
5	1460,0	1417,3
6	1326,6	1281,3
7	1186,3	1158,6
8	1079,9	1027,4
9	1324,3	1330,7
10	1241,8	1283,8
11	1103,6	1090,3
12	989,4	1002,3

Comme précédemment, nous établirons deux régressions doubles en prenant séparément les résultats des répétitions I et II d'une part et les résultats de répétition III et IV d'autre part.

Puisque les deux coefficients de régression sont significatifs dans les deux analyses, ils écartent la possibilité d'une régression unique.

Nous avons calculé le plan de régression (production totale théorique

individuelle sur 20 ans), ensuite nous avons tenté d'approcher le dispositif donnant la production maximale à l'hectare par les méthodes indiquées antérieurement.

### 1. Répétitions I et II (1950).

TABLEAU XIV

*Production totale par palmier pour 20 années de récolte.*  
(Kg de régimes)

Nombre de palmiers	Nombre d'allées/100 m		
	5	5,5	6
11 palmiers/100 m	—	—	1460,0
12 palmiers/100 m	—	1324,3	1326,6
13 palmiers/100 m	1239,0	1241,8	1186,3
14 palmiers/100 m	1142,5	1103,6	1079,9
15 palmiers/100 m	1007,2	989,4	—
16 palmiers/100 m	930,9	—	—

#### a. Calcul de la droite de régression.

Plan de régression.

Objets	$X_1$	$X_2$	Y observé et estimé pour 20 années	Y calculé
1	13	5	1239,0	1251,90
2	14	5	1142,5	1135,73
3	15	5	1007,2	1019,56
4	16	5	930,9	903,39
5	11	6	1460,0	1435,20
6	12	6	1326,6	1319,03
7	13	6	1186,3	1202,86
8	14	6	1079,9	1086,69
9	12	5,5	1324,3	1343,55
10	13	5,5	1241,8	1227,38
11	14	5,5	1103,6	1111,21
12	15	5,5	989,4	995,04

*Calcul du plan de régression.*

Somme	162	66	14031,5
Moyenne	13,5	5,5	1169,29
$\Sigma x_2^2 = 23$	$D = 30$	$\Sigma x_1 y = -2474,75$	
$\Sigma x_1^2 = 2$	$\Sigma x_1 x_2 = -4$	$b_2 = -49,04$	
$\Sigma y^2 = 272180,21$	$\Sigma x_2 y = 366,60$	$b_1 = -116,17$	
<b><math>Y = 3007 - 116,17 X_1 - 49,04 X_2</math></b>			

*b. Analyse de la variance due aux coefficients de régression.*

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Totale	272180,21	11				
Régression	269587,89	2	134793,94	467,96	4,26	8,02
Erreur	2592,32	9	288,04			

*c. Signifiante des coefficients de régression.*

		t (table)	
$C_1 = 0,0666$	$t_1 = -26,52$	0,05	0,01
$C_2 = 0,7666$	$t_2 = -3,31$	2,26	3,25

$t_1$  et  $t_2$  sont significatifs.

A l'analyse de la signifiante des coefficients de régression, nous voyons s'accroître peu à peu l'influence du grand interligne jusqu'à induire un coefficient  $t_2$  significatif. On pourra donc conclure que, dans une plantation adulte, les grands écartements gardent longtemps un effet bénéfique; pourtant dans le cas présent, les grands interlignes passent de 10,66 à 14 m donnant des distances entre palmiers de 11,91 à 15,65 mètres.

d. *Production maximale à l'hectare.*

(1) Supériorité du dispositif à 6 allées/100 m.

TABLEAU XV

*Production totale individuelle (20) ans pour les différentes densités envisagées.  
(Kg de régimes)*

Densités/ha	130	140	150	160	Totaux
5 allées/100 m	1239,0	1142,5	1007,2	930,9	4319,6
6 allées/100 m	1460,0	1326,6	1186,3	1707,9	5052,8
Totaux	2699,0	2469,1	2193,5	2010,8	9372,4

Analyse de la variance.

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Totale	206177,72	7				
Densité/ha	137671,91	3	45890,64	105,23	9,28	29,40
Nombre d'allées/100 m	67197,56	1	67197,56	154,094	10,10	34,12
Erreur	1308,25	3	436,08			

Ce dispositif à 6 allées/100 m est très significativement supérieur au dispositif à 5 allées/100 m.

(2) Nombre de palmiers optimal aux 100 m (dispositifs à 6 allées).

$$P_{ha} = -1394,04 X_1^2 + 32556,84 X_1$$

$$\frac{P_{ha}}{DX} = -2788,08 X_1 + 32556,84 \text{ et la valeur de } X_1 \text{ annulant la dérivée est } X_1 = 11,677$$

(3) Nombre d'allées optimal aux 100 m (pour 11,677 palmiers dans l'intraligne).

$$P_{ha} = 2X_2 \cdot 11,68 (3007,31 - 116,17 \times 11,68 - 49,04 X_2)$$

$$= 38554,28 X_2 - 1145,57 X_2^2$$

$$\frac{P_{ha}}{DX_2} = 38554,28 - 2291,14 X_2 \text{ et la valeur de } X_2 \text{ annulant la dérivée est}$$

$$X_2 = 16,83 \text{ (chiffre utopique).}$$

Si on vise la production maximale à l'hectare, une autre évidence s'impose : nous restons en dessous du nombre d'allées optimal / 100 m.

Une analyse de dérivée prise avec 11,68 palmiers dans l'intraligne donnerait un optimum de 16,83 allées/100 m, ce qui est évidemment utopique, c'est pourquoi nous ne sortirons pas des limites expérimentales et nous nous bornerons à dire que le dispositif à 6 allées donne certainement une production à l'hectare supérieure, ce qui est confirmé par une analyse de variance.

## 2. Répétitions III et IV (1951).

TABLEAU XVI

*Production totale par palmier pour 20 années de récolte.*

(Kg de régimes)

Nombre de palmiers dans l'interligne	Nombre d'allées/100 m		
	5	5,5	6
11 palmiers/100 m	—	—	1417,3
12 palmiers/100 m	—	1330,7	1281,3
13 palmiers/100 m	1207,4	1283,8	1158,6
14 palmiers/100 m	1145,2	1090,3	1027,4
15 palmiers/100 m	1046,5	1002,3	—
16 palmiers/100 m	950,0	—	—

a. Calcul de la droite de régression.

Plan de régression.

Objets	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y observé et estimé à 20 ans	Y calculé
1	13	5	1207,4	1261,90
2	14	5	1145,2	1150,50
3	15	5	1046,5	1039,10
4	16	5	950,0	927,70
5	11	6	1417,3	1395,77
6	12	6	1281,3	1284,37
7	13	6	1158,6	1172,97
8	14	6	1027,4	1061,57
9	12	5,5	1330,7	1328,83
10	13	5,5	1283,8	1217,43
11	14	5,5	1090,3	1106,03
12	15	5,5	1002,3	994,63
<i>Calcul du plan de régression.</i>				
Somme	162	66	13940,8	
Moyenne	13,5	5,5	1161,73	
$\Sigma x_1^2 = 23$ D = 30 $\Sigma x_1 y = -2206,50$ $\Sigma x_2^2 = 2$ $\Sigma x_1 x_2 = -4$ $b_2 = -88,93$ $\Sigma y^2 = 232106,06$ $\Sigma x_2 y = 267,75$ $b_1 = -111,4$ <b><math>Y = 3.154,75 - 111,4 X_1 - 88,93 X_2</math></b>				

b. Analyse de la variance due aux coefficients de régression.

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Totale	232106,06	11				
Régression	221993,10	2	110996,55	98,78	4,26	8,02
Erreur	10112,96	9	1123,66			

Le dispositif à 6 allées/100 m est significativement supérieur au dispositif à 5 allées/100 m.

c. Significance des coefficients de régression.

		t (table)	
$C_{11} = 0,0666$	$t_1 = -12,88$	0,05	0,01
$C_{22} = 0,7666$	$t_2 = - 3,03$	2,26	3,25

d'où  $t_1$  hautement significatif à 0,05 et 0,01 ;  $t_2$  significatif à 0,05.

Les deux coefficients de régression sont donc significatifs ici aussi, c'est-à-dire que non seulement l'écartement dans la ligne mais aussi la largeur des allées ont un effet bénéfique sur la production individuelle.

Si le seuil de 0,01 n'est pas tout à fait atteint, il faudra en attribuer la cause à la plus grande hétérogénéité des Répétitions III et IV.

d. Production maximale à l'hectare.

(1) Supériorité du dispositif à 6 allées/100 m.

Nous allons contrôler si les résultats déjà confirmés par l'analyse de la variance pour les Répétitions I et II se vérifieront pour les Répétitions III et IV.

TABLEAU XVII

Production totale individuelle (20 ans) pour les différentes densités envisagées.  
(Kg de régimes)

Densités/ha	130	140	150	160	Totaux
5 allées/100 m	1207,4	1145,2	1046,5	950,0	4349,1
6 allées/100 m	1417,3	1281,3	1158,6	1027,4	4884,6
<b>Totaux</b>	<b>2624,7</b>	<b>2426,5</b>	<b>2205,1</b>	<b>1977,4</b>	<b>9233,7</b>

Analyse de la variance.

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Total	157681,79	7				
Densité/ha	117112,59	3	39037,53	24,797	9,28	29,40
Nombre d'allées /100 m	35845,03	1	35845,03	22,769	10,1	34,12
Erreur	4724,17	3	1574,23			

Ce dispositif à 6 allées/100 m est significativement supérieur au dispositif à 5 allées/100 m.

(2) Nombre de palmiers optimum aux 100 m (dispositif 6 allées).

$$P_{ha} = 12 X_1 (3154,75 - 111,4 X_1 - 88,93 \times 6) = -1336,8 X_1^2 + 31454,04 X_1$$

$$\frac{P_{ha}}{DX_1} = -2673,6 X_1 + 31454,04 \text{ et la valeur de } X_1 \text{ annulant la dérivée est}$$

$$X_1 = 11,7646$$

(3) Nombre d'allées optimal aux 100 m (pour 11,7646 palmiers dans l'intraligne).

$$P_{ha} = 2 \times 11,76 X_2 (3154,75 - 111,4 \times 11,76 - 88,93 X_2) \\ = 43374,88 X_2 - 2091,63 X_2^2$$

$$\frac{P_{ha}}{DX_2} = 43374,88 - 4183,26 X_2 \text{ et la valeur de } X_2 \text{ annulant la dérivée est}$$

$$X_2 = 10,37 \text{ (chiffre utopique)}$$

Il est particulièrement frappant que les deux optimums fournis par les Répétitions III et IV soient très voisins de ceux des Répétitions I et II. Là nous avons 11,677 palmiers aux 100m, ici nous avons 11,7646 palmiers aux 100 m, ce qui donne des écartements de 8,56 m pour le premier cas et 8,50 m pour le dernier.

Le fait de tripler l'importance des cinq dernières années (quatre dernières années pour Rép. III et IV) a donc réduit de 51 à 6 cm l'écart entre les deux écartements optima.

Le léger écart qui subsiste est donc dû aux premières récoltes et l'on peut avancer que les résultats des dernières années sont identiques.

Le développement atteint à l'âge adulte par les palmiers des deux plantations est équivalent. Les facteurs édaphiques ont donc avant tout leur influence sur la précocité et non sur le développement définitif.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Si l'on compare les résultats des quatre analyses, les constantes suivantes se dégagent :

1<sup>o</sup> La production individuelle est fonction de l'écartement dans la ligne, elle est également favorablement influencée par l'augmentation de la distance du grand interligne.

2<sup>o</sup> Les palmiers accusent fortement l'influence de l'écartement dans la ligne. Les diminutions enregistrées sont telles qu'elles situent la production maximale par hectare dans les faibles densités.

3<sup>o</sup> L'influence de l'écartement des allées reste malgré tout faible. A ces grandes distances l'adjonction d'une allée, c'est-à-dire de deux palmiers, donne une réponse trois fois moindre que celle de l'adjonction d'un palmier dans la ligne (Chapitre II : Répétition I et II : — 54,356 pour 1 palmier dans la ligne et — 14,238 pour une allée).

Si nous extrapolons les résultats des dernières années aux années suivantes, le plus ou moins grand écartement des allées voit son influence doubler, mais il reste que l'optimum calculé tombe loin en dehors des données expérimentales.

Nous ne pouvons que conclure à la supériorité du système à six allées aux cent mètres; limite supérieure de l'expérience.

4<sup>o</sup> Tant les histogrammes que les calculs démontrent que plus on avance dans le temps, plus l'optimum se déplace vers une plantation moins dense à grand écartement. En 1959, la Division du Palmier à huile à Yangambi, analysant les six premières années de récolte des Répétitions I et II est arrivée à un écartement optimal de 7 m (14,25 palmiers/100 m), les onze premières années de récolte nous ont donné un écartement optimal de 8 m (12,537 palmiers/100 m). Si nous extrapolons à la production adulte les cinq dernières années, nous aboutissons à 8,56 m (11,677 palmiers/100 m).

L'analyse des Répétitions III et IV donne des chiffres très proches de ceux obtenus pour les Répétitions I et II (8,50 m au lieu de 8,56 m pour l'écartement optimal). Si d'autre part nous comparons les résultats de 1959 à ceux de 1964, nous voyons qu'en 5 ans l'écartement

optimal s'est déplacé de 1 m, soit de 20 cm par an. Au cas où ce déplacement se poursuivrait, nous retrouverions notre optimum à 9,80 m après 20 ans de récolte. Nous choisirons une position intermédiaire entre 8,56 et 9,80 m et nous préconiserons une densité de 11 palmiers dans la ligne de 100 m soit 9,09 m entre palmiers dans la ligne.

5° Rappelons que l'évolution de l'optimum vers les grands écartements doit être attribuée à l'allongement différent des stipes. Les palmiers à stipes courts sont dominés par les palmiers à croissance rapide, leur production décline rapidement. Ce serait là, le facteur principal qui détermine le « vieillissement » des plantations. Signalons à ce propos que les graines destinées à la diffusion provenaient d'un mélange de géniteurs type Deli, d'ordinaire petits, et de géniteurs type Yangambi dont la croissance atteignait parfois des valeurs doubles des premiers.

Les plantations hétérogènes obtenues avec ces mélanges donnent une assez mauvaise utilisation de la lumière, et les différences de hauteurs, allant s'accroissant avec l'âge, sont d'autant plus préjudiciables que les plants sont serrés. Si nous avions eu un matériel à croissance uniforme, il est plus que probable que l'optimum, au lieu de se déplacer de façon continue vers les écartements supérieurs, serait resté proche des chiffres trouvés par MARYNEN en 1960.

6° Le dispositif classique de 13 lignes de 11 palmiers donne une production proche du maximum, il ménage en effet des distances entre palmiers voisines de l'écartement optimal de 9 m.

En effet, si, d'une part, l'écartement entre deux lignes est de 7,70 m, la plantation en quinconce amène à une distance de 8,94 m entre les palmiers de lignes voisines.

Si on considère 8,56 m entre palmiers comme l'optimum à approcher, on pourra prendre 13 lignes de 11,5 palmiers aux 100 m (ou 23 palmiers pour une ligne de 200 m) qui donne 8,70 m dans la ligne et 8,84 m entre palmiers de lignes voisines.

7° La plantation en allées reste peu rationnelle pour une exploitation industrielle; il est évident qu'une plante héliophile à couronne rigoureusement symétrique, quelles que soient les circonstances, doit être plantée à équidistance.

Si, cependant, une culture intercalaire (plantes vivrières suivies de cacaoyers) demandait un dispositif en lignes jumelées, on veillerait à maintenir l'écartement du petit interligne égal à 7,50 m. Si on désire 6 allées à l'hectare il restera 9 m pour le grand interligne (132 palmiers).

De toute façon ce grand écartement sera bénéfique pour la production individuelle, sans l'être pour la production à l'hectare.

## RÉSUMÉ

Les auteurs ont recherché l'écartement optimal dans une plantation de palmier à huile. Les résultats de onze années de récolte donnent un écartement optimal de 8 m, soit 12,5 palmiers aux 100 m (pour 6 allées aux 100 m l'optimum trouvé).

Si on subdivise ces onze années en trois périodes, on constate que, pendant la première période, les petits écartements sont plus favorables; pendant la deuxième période, les écartements s'équilibrent et à la troisième période (cinq dernières années) ce sont les grands écartements qui prennent la tête.

Si on extrapole les résultats des cinq dernières années aux neuf années à venir, l'écartement optimal devient 8,56 m, soit 11,5 palmiers aux 100 mètres.

En annexe, les auteurs donnent les résultats de l'accroissement annuel de la hauteur moyenne du stipe. Ils montrent que les écartements denses accélèrent la croissance des palmiers (2 cm en plus par an chaque fois que la densité aux 100 m augmente d'une unité). Cette différence appliquée au cycle complet de production (+ 20 ans) écourte, de plus de trois ans, l'exploitabilité des deux écartements extrêmes expérimentés.

Dans une autre annexe, les auteurs donnent les résultats d'un essai orientatif concernant l'influence de la fumure minérale.

## SUMMARY

This paper deals with an experiment concerning the density in trees per hectare to be practised at the establishment of an oilpalm planting in twin lines. The results of the first eleven years of harvest point to an optimal distance between palms in line of 8 m, which is equal to 12,5 palms per 100 m (with 6 twin lines per 100 m).

When subdividing these eleven years into three periods, the shorter distances between palms give the best yields during the first period. In the second period the differences in yield between the tested distance are negligible. During the last five-year period the long distances take the lead.

In case of extrapolation of the results of the last five experimental years over nine succeeding years, the optimal distance between palms becomes 8,56 m, which is equal to 11,5 palms per 100 m.

By annexe, the authors give the results of the annual growth of the middle height stipe.

It shows that shorter distances between the palms increase the oilpalm's growthing (2 cm advance in growth per year for each increase of density equal to one unit per 100 meters).

This difference applied on a complete yield cycle of approximately 20 years, shorten more than three years of exploitation between the extreme planting distances.

In an other annexe, the authors give the results of an orientative proof concerning the influence of mineral fertilizer.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1958 LISON, L. Statistiques appliquées à la biologie expérimentale, Gauthier-Villiers, Paris.
- 1963 MARYNEN, T., Contribution à l'étude de la densité de plantation chez les végétaux, Publicat. I.N.É.A.C., Série scient. n° 102.
- 1955 PRÉVOT, P. et DUCHESNE, J., Densité de plantation pour le palmier à huile, *Oléagineux*, X, 2, p. 117-122.
- 1956 SNEDECOR, G.W., Statistical methods, Iowa State College Press, Ames.
- 1952 VANDERWEYEN, R., Notions de culture de l'Elaeis au Congo belge, Publication Ministère des Colonies, Bruxelles.



## ANNEXE I

### *Mensuration de la hauteur moyenne du stipe.*

#### 1. But poursuivi.

A partir d'avril 1961, on a procédé à la mensuration de la hauteur du stipe pour contrôler les deux hypothèses :

— l'ensoleillement de la matinée, coïncidant à une forte turgescence des palmes, serait plus bénéfique que l'ensoleillement vespéral. On a donc comparé la croissance des lignes Est et Ouest des allées ;

— les fortes densités feraient filer les palmiers et l'allongement annuel du stipe y serait plus élevé.

Le tableau I indique les moyennes des mensurations effectuées sur 40 palmiers choisis au hasard dans chaque parcelle, soit 160 mensurations par objet.

A l'examen de ces mensurations on constate que le grand interligne (nombre d'allées aux 100 m) n'a aucune influence sur la croissance du stipe.

L'orientation Nord-Sud des lignes jumelées destinées à exploiter au maximum le facteur lumière, provoque une concurrence photique entre les lignes Est et Ouest durant certaines heures de la journée. Si la supériorité de certaines heures d'insolation doit encore être démontrée, nous pouvons cependant avancer qu'elle n'aura aucune influence marquante sur l'allongement annuel du stipe. L'accroissement annuel moyen en hauteur du stipe pour ce matériel (*dura* × *pisifera*, fourni en 1949), planté dans les conditions écoclimatiques de Binga, s'élève à 58,66 cm, la production par mètre courant de stipe à 101,2 kg de régimes et la production moyenne à 59,38 kg de régimes/palmier/an.

Plus que les densités, ce sont les facteurs génétiques qui déterminent la précocité de la formation du stipe et son allongement annuel.

Cette source d'erreur, non contrôlée, rendra malaisée l'obtention de données statistiquement valables à partir d'échantillons moyens.

TABLEAU I

*Hauteur du stipe (m) des palmiers situés à l'Ouest et à l'Est des lignes doubles en fonction du nombre d'allées aux 100 m.*

Répétitions I et II									
Date des mensurations	Nombre d'allées aux 100 m								
	5			5,5			6		
	Est	Ouest	Moyenne	Est	Ouest	Moyenne	Est	Ouest	Moyenne
Avril 1961	3,78	3,71	3,75	3,75	3,99	3,87	4,01	3,89	3,95
Août 1962	4,65	4,52	4,59	4,78	4,92	4,85	4,77	4,80	4,79
Septembre 1963	5,31	5,13	5,22	5,27	5,52	5,39	5,50	5,41	5,46
Mars 1964	5,59	5,50	5,55	5,45	5,87	5,66	5,81	5,69	5,75
Accroissement en trois ans	1,81	1,79	1,80	1,70	1,88	1,79	1,80	1,80	1,80
Répétitions III et IV									
Date des mensurations	Nombre d'allées aux 100 m								
	5			5,5			6		
	Est	Ouest	Moyenne	Est	Ouest	Moyenne	Est	Ouest	Moyenne
Avril 1961	3,18	3,06	3,12	3,41	3,29	3,35	3,32	3,28	3,30
Août 1962	4,04	4,07	4,06	4,17	4,08	4,14	4,18	4,17	4,18
Septembre 1963	4,68	4,66	4,67	4,91	4,67	4,84	4,83	4,82	4,83
Mars 1964	4,97	4,71	4,84	5,12	5,02	5,07	5,05	5,02	5,04
Accroissement en trois ans	1,79	1,65	1,72	1,71	1,73	1,72	1,73	1,74	1,74

**TABLEAU II**

*Hauteur du stipe par objets.*

Objets	Années		
	1961	1964	Accroissement sur 3 ans
<b>Répétitions I et II</b>			
1	3,53	3,12	1,59
2	3,74	5,72	1,98
3	3,69	5,58	1,89
4	4,03	5,92	1,89
5	3,94	5,60	1,66
6	4,05	5,83	1,78
7	3,81	5,86	2,05
8	4,00	5,97	1,97
9	3,89	5,58	1,69
10	3,93	5,76	1,83
11	3,80	5,64	1,84
12	3,77	5,64	1,87
<b>Répétitions III et IV</b>			
1	2,86	4,60	1,74
2	3,11	4,81	1,70
3	3,03	4,79	1,76
4	3,40	5,74	2,34
5	3,25	4,87	1,62
6	3,29	5,03	1,74
7	3,21	5,03	1,82
8	3,40	5,03	1,63
9	3,34	5,05	1,71
10	3,33	5,55	2,22
11	3,45	5,28	1,83
12	3,31	5,24	1,93

## 2. Calcul de la droite de régression.

Nombre de palmiers aux 100 m X	Accroissement moyen sur 3 ans (cm) Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
11	170	1870	121	18900
12	183	2196	144	33489
13	175	2275	169	30625
14	189	2646	196	35721
15	181	2715	225	32761
16	211	3376	256	44521
$\Sigma = 81$ Moyenne = 13,5	$\Sigma = 1109$ Moyenne = 184,8	$\Sigma = 15078$	$\Sigma = 1111$	206017
$\Sigma xy = 106,5 \text{ cm}$ $\Sigma x^2 = 17,50 \text{ cm}$ $b = 6,086 \text{ cm}$ $Y = 102,64 + 6,086 X$				

### Analyse de la variance.

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR
					Seuil = 0,05
Totale	2203,5	5			
Régression	648,2	1	648,2	1,67	7,71
Erreur	1555,3	4	388,82		

Le rapport des variances est inférieur au seuil 0,05. La droite de régression n'a pas une valeur certaine.

### 3. Conclusions.

De la droite de régression il semble se dégager que l'augmentation d'une unité dans la densité intraligne provoque une augmentation de croissance du stipe s'élevant à 2 cm/an. Cependant, les écarts de valeurs trouvées par rapport à la droite de régression ne permettent pas de certifier cette conclusion. Deux causes complémentaires peuvent être imputées : le trop faible échantillonnage vis-à-vis d'un matériel et sa trop grande hétérogénéité quant à la croissance. Le coefficient de corrélation de 6 cm qui doit encore être divisé par 3 ans et amène une différence de croissance de deux centimètres par palmier supplémentaire aux 100 m, peut paraître négligeable. Pourtant si l'on considère le cycle complet d'exploitabilité de la palmeraie, on voit que sur vingt années la différence de hauteur entre une ligne de 16 palmiers et une autre de 11 palmiers atteint  $20(16-11) 0,02 = 2$  mètres, soit l'équivalent de trois années et demie de croissance (56 cm/an pour les grands écartements). Comme l'abandon d'une palmeraie est uniquement fonction de la taille des palmiers, on peut sans risque d'erreur avancer que la palmeraie à grand écartement aura une vie économique d'au moins trois ans plus longue que celle à forte densité.

## ANNEXE II

### *Étude de l'influence des engrais minéraux dans chacun des dispositifs mis en comparaison.*

Vers 1960, on venait de dépouiller les résultats des « Essais engrais » sur palmier en replantation (Binga-Expérience III). Pour la première fois dans les essais de l'I.N.É.A.C. sur palmiers, on obtenait des résultats encourageants. Il parut opportun de tester si ces effets bénéfiques se limitaient aux replantations ou s'ils pouvaient être étendus à l'ensemble des palmeraies adultes.

La première application d'engrais a été effectuée durant la onzième année de plantation pour les Répétitions I et II (1950) et durant la dixième année de plantation pour les Répétitions III et IV.

En effet, à partir de juillet 1960, chacune des 48 parcelles que comporte l'Expérience I a été subdivisée en deux sous-parcelles. La sous-parcelle « Engrais » contient les deux allées situées à l'Est de chaque parcelle initiale. L'engrais est appliqué en janvier et en juillet à raison de un kilogramme de la « formule HT 52 »<sup>1</sup> par épandage que l'on mélange à la terre superficielle à l'aide d'une bêche; il s'effectuait en couronnes concentriques au pied de chaque palmier.

Une première interprétation a été effectuée sur les totaux, en groupant les deux dates de plantation tout en tenant compte de la variance y afférente.

Ensuite, afin de mieux cerner l'effet des engrais, nous avons été amenés à subdiviser les années de récolte en résultats des deux premières années et ceux des trois années suivantes. Un examen des réponses du palmier à l'engrais permet d'affirmer que ce n'est qu'à partir de la troisième année que leur effet commence à se faire sentir.

---

1. L'engrais HT 52, à dominance azotée, se composait :

Nitrate de potasse : 41,9 % (13,75 % de N et 46 % de K<sub>2</sub>O)

Nitrate ammonique : 18,9 % (20,5 % de N et 22,4 % de CaO)

Superphosphate triple : 19,1 % (45,9 % de P<sub>2</sub>O et 10,7 % de CaO)

Kiéserite : 20,1 % (25,8 % de MgO et 51,3 % de SO<sub>4</sub>)

Oligoéléments : 2,5 % (45 % de Bo, 9 % de Zn, 23 % de Ca, 23 % de Mo)

Équilibre ionique : 52-20-28/43-30-27//1,37.

	48	47	46	45	44	43
Rép. IV	0.2	0.5	0.11	0.3	0.7	0.10
	0.4	0.8	0.9	0.1	0.6	0.12
	42	41	40	39	38	37
Rép. III	0.3	0.6	0.10	0.2	0.8	0.11
	0.1	0.7	0.12	0.4	0.5	0.9
	30	29	28	27	26	25
Rép. II	0.5	0.9	0.4	0.12	0.1	0.8
	0.6	0.10	0.2	0.11	0.3	0.7
	18	17	16	15	14	13
Rép. I	0.8	0.11	0.1	0.9	0.2	0.5
	0.7	0.12	0.3	0.10	0.4	0.6
	6	5	4	3	2	1
48 = n° des parcelles						0.1 = Objets

Schema de l'expérience 1.

**TABLEAU I**  
*Production individuelle cumulée (kg de régimes)*  
*sur les cinq années d'épandage d'engrais.*  
 (Répétition I, II, III et IV.)

Objets	Répétition I et II		Répétition III et IV	
	Avec engrais	Sans engrais	Avec engrais	Sans engrais
1	330,6	319,0	329,2	332,9
2	309,2	289,5	311,7	307,5
3	262,6	251,5	282,0	274,0
4	254,9	225,8	245,2	248,7
5	376,1	378,9	417,9	383,2
6	343,1	339,8	365,0	344,4
7	318,7	298,9	315,5	313,8
8	273,7	265,6	283,4	266,3
9	352,9	342,8	387,5	355,4
10	345,2	317,0	360,0	341,7
11	289,7	278,8	297,2	284,9
12	262,9	245,3	290,0	264,0

**Analyse de la variance.**

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Totale	92994,49	47				
Objets	86322,70	11	7847,52	127,8	2,08	2,82
Engrais	2331,04	1	2331,04	37,97	4,13	7,44
Bloc	2253,65	1	2253,65	36,71	4,13	7,44
Erreur	2087,10	34	61,39			

L'examen de ce tableau montre que tous les effets sont hautement significatifs.

## 1. Répétitions I et II (1950).

**TABLEAU II**  
*Production individuelle moyenne (kg de régimes)*  
*avec engrais HT52 (Résultats 1961-1965).*

Objet	Année de production					Production cumulée
	7 <sup>e</sup> année (1961)	8 <sup>e</sup> année (1962)	9 <sup>e</sup> année (1963)	10 <sup>e</sup> année (1964)	11 <sup>e</sup> année (1965)	
1	81,9	69,6	57,8	65,6	58,7	330,6
2	72,1	61,2	56,1	66,4	53,4	309,2
3	64,8	54,5	44,4	55,1	43,8	262,6
4	60,5	52,7	40,4	62,7	38,6	254,9
5	91,8	72,4	64,4	78,9	68,6	376,1
6	86,1	60,5	61,1	77,0	58,7	343,4
7	79,6	65,8	51,4	65,4	56,5	318,7
8	70,0	53,0	46,0	55,5	49,2	273,7
9	83,5	66,6	59,7	78,6	64,5	352,9
10	85,5	68,2	59,7	74,9	56,9	345,2
11	75,5	58,2	48,9	59,4	47,7	289,7
12	67,1	55,8	43,3	53,8	42,9	262,9

**TABLEAU III**  
*Production individuelle cumulée (kg de régime)*  
*pour les deux premières années d'épandage d'engrais HT 52.*

Objets	Avec engrais	Sans engrais	Totaux
1	151,5	146,1	297,6
2	133,3	131,4	264,7
3	119,3	120,5	239,8
4	113,2	108,1	221,3
5	164,2	173,9	338,1
6	146,6	149,4	296,0
7	145,4	140,9	286,3
8	123,0	127,6	250,6
9	150,1	153,0	303,1
10	153,7	145,1	298,8
11	133,7	131,3	265,0
12	122,9	119,9	242,8
<b>Totaux</b>	<b>1656,9</b>	<b>1647,2</b>	<b>3304,1</b>

Analyse de la variance.

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Totale	6338,71	23				
Objets	6188,37	11	562,58	42,27	2,82	4,46
Engrais	3,92	1	3,92	0,29	4,84	9,65
Erreur	146,42	11	13,31			

Il ressort de cette analyse que l'effet des engrais devient significatif.

TABLEAU IV

*Production individuelle cumulée (kg de régime)  
de la 3<sup>e</sup> à la 5<sup>e</sup> année d'épandage d'engrais HT 52.*

Objets	Avec engrais	Sans engrais	Totaux
1	179,1	172,9	352,0
2	175,9	158,1	334,0
3	143,3	131,0	274,3
4	141,7	117,7	259,4
5	211,9	205,0	416,9
6	196,8	190,4	387,2
7	173,3	158,0	331,3
8	150,7	138,0	288,7
9	202,8	189,8	392,6
10	191,5	171,9	363,4
11	156,0	147,5	303,5
12	140,0	125,4	265,4
<b>Totaux</b>	<b>2063,0</b>	<b>1905,7</b>	<b>3968,7</b>

## Analyse de la variance.

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Totale	16713,10	23				
Objets	15510,55	11	1410,05	90,39	2,82	4,46
Engrais	1030,97	1	1030,97	66,08	4,84	9,65
Erreur	171,58	11	15,60			

Il ressort de cette analyse que l'effet des engrais est non significatif.

## 2. Répétitions III et IV (1951).

TABLEAU V

*Production individuelle moyenne (kg de régimes)  
avec engrais HT52 (Résultats 1961-1965).*

Objet	Année de production					Production cumulée
	6 <sup>e</sup> année (1961)	7 <sup>e</sup> année (1962)	8 <sup>e</sup> année (1963)	9 <sup>e</sup> année (1964)	10 <sup>e</sup> année (1965)	
1	73,3	59,1	61,2	78,6	56,8	329,0
2	78,5	61,5	54,0	67,8	49,9	311,7
3	71,8	58,2	45,5	60,5	46,0	282,0
4	66,8	49,5	42,0	48,6	38,3	245,2
5	94,3	75,3	77,7	93,3	77,3	417,9
6	92,9	70,8	63,1	74,9	63,3	365,0
7	78,8	61,1	56,7	68,5	50,4	315,5
8	70,9	58,6	49,5	61,2	43,2	283,4
9	92,4	70,0	71,2	84,4	69,5	387,5
10	92,6	67,5	60,6	76,3	63,0	360,0
11	80,8	56,5	49,2	64,7	46,0	297,2
12	74,3	55,1	52,0	56,6	52,0	290,0

TABLEAU VI

*Production individuelle cumulée (kg de régime)  
pour les deux premières années d'épandage d'engrais HT 52.*

Objets	Avec engrais	Sans engrais	Totaux
1	132,4	140,5	272,9
2	140,0	139,7	279,7
3	130,0	128,6	258,6
4	116,3	119,9	236,2
5	169,6	175,7	345,3
6	163,7	157,6	321,3
7	139,9	141,1	281,0
8	129,5	126,8	256,3
9	162,4	159,5	321,9
10	160,1	156,6	316,7
11	137,3	131,8	269,1
12	129,4	125,5	254,9
<b>Totaux</b>	<b>1710,6</b>	<b>1703,3</b>	<b>3413,9</b>

Analyse de la variance.

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Totale	6399,25	23				
Objets	6284,31	11	571,30	55,74	2,82	4,46
Engrais	2,23	1	2,23	0,22	4,84	9,65
Erreur	112,71	11	10,25			

Il ressort de cette analyse que l'effet des engrais est non significatif.

TABLEAU VII

*Production individuelle cumulée (kg de régime)  
de la 3<sup>e</sup> à la 5<sup>e</sup> année d'épandage d'engrais HT 52*

Objets	Avec engrais	Sans engrais	Totaux
1	196,6	192,4	389,0
2	171,7	167,8	339,5
3	152,0	145,4	297,4
4	128,9	128,8	257,7
5	248,3	207,5	455,8
6	201,3	186,8	388,1
7	175,6	172,7	348,3
8	153,9	139,5	293,4
9	225,1	195,9	421,0
10	209,9	185,1	395,0
11	159,9	153,1	313,0
12	160,6	138,5	299,1
<b>Totaux</b>	<b>2183,8</b>	<b>2013,5</b>	<b>4197,3</b>

Analyse de la variance.

Source de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Estimation des variances	Rapport des variances	Nombre de la table de SNEDECOR	
					Seuil = 0,05	Seuil = 0,01
Totale	21981,81	23				
Objets	19897,10	11	1808,83	22,706	2,82	4,46
Engrais	1208,42	1	1208,42	15,160	4,84	9,65
Erreur	876,29	11	79,66			

Nous constatons que l'effet des engrais devient hautement significatif.

### 3. Conclusions.

La première interprétation globale donnait une différence de 4,6 % à l'avantage des palmiers ayant reçu de l'engrais. Cette différence est peut-être faible mais elle est hautement significative. Les analyses subséquentes, mettent en évidence qu'au cours des deux premières années l'effet de l'engrais est à peu près nul, alors qu'au cours des trois dernières, il devient hautement significatif et atteint 8,4 %. Comment justifier ce pourcentage relativement faible? Nous nous trouvons en présence d'une plante arborescente, non carencée, dans un sol relativement fertile puisque l'ouverture est après forêt. De plus, la production potentielle est fort moyenne, puisqu'en dessous de 2 t/ha d'huile, alors que les meilleures lignées dépassent le double à Yangambi.

L'application tardive de l'engrais, après onze années de plantation, n'est certainement pas favorable à une réponse rapide et spectaculaire des palmiers.

On peut donc affirmer que dans le cas présent l'application tardive de l'engrais n'est pas payante.

Il est bien évident qu'une amélioration du matériel de plantation et une diminution de la fertilité du sol, telle qu'elle existe dans les replantations de la vieille palmeraie induirait une meilleure rentabilité des engrais.



**PRIX : 150 F**

---

Imprimerie WELLENS-PAY, S.A.  
28-52 rue Gustave Schildknecht  
Bruxelles 2

---