

# Présentation d'une méthode simplifiée de prévision de la production d'une plantation de palmiers à huile à partir de la climatologie <sup>(1)</sup>

O. DUFOUR (2), J. L. FRÈRE (3), J. P. CALIMAN (4) et P. HORNUS (5)

**Résumé.** — L'évolution de la production au cours des années a été observée sur un essai mis en place en 1961 sur la plantation Robert-Michaux en Côte d'Ivoire. Pour expliquer les importantes variations annuelles, il a été tenté de mettre en corrélation, la production et les différentes composantes du climat : pluviométrie, ensoleillement, déficit hydrique, hygrométrie, température. Le déficit joue un rôle primordial. Il influence la production durant une période allant de 33 à 6 mois avant la récolte. Ces observations ont conduit à l'élaboration d'un modèle permettant d'estimer le rendement d'une année en observant les déficits hydriques calculés selon la formule de Penman de 30 mois avant à 6 mois après le début de la campagne. Si les données climatiques ne sont pas assez complètes pour calculer l'ETP Penman, on peut utiliser, avec une précision suffisante, le déficit hydrique calculé selon une méthode simplifiée. Etant donné l'influence prépondérante du climat des derniers mois avant la récolte, la précocité des prévisions est antagoniste avec la précision. Cette méthode permet de prévoir les grandes oscillations de la production et a été testée avec succès dans deux climatologies très différentes (Côte d'Ivoire et Cameroun).

## INTRODUCTION

La connaissance des rendements futurs est de première importance pour la gestion d'une plantation de palmiers à huile : établissement d'un budget prévisionnel, mobilisation des moyens de production, appréciation des quantités d'huile produite, calendrier de commercialisation.

Le potentiel moyen de rendement peut être apprécié en fonction des conditions édaphoclimatiques moyennes. Cependant, particulièrement en Afrique de l'Ouest, les productions peuvent osciller considérablement d'une année à l'autre.

L'article qui suit tente de déterminer la responsabilité des facteurs climatiques dans ces variations. Dans le premier chapitre la relation climat-production est étudiée au niveau mensuel. Le deuxième chapitre traitera de la mise au point d'une méthode de prévision simplifiée de la production annuelle.

## I. — RELATION CLIMAT- PRODUCTION MENSUELLE [Frère, 1986]

### 1. — Choix du site.

Les observations ont été faites sur la plantation expérimentale Robert-Michaux de Dabou dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire.

Il s'agit d'une station de recherche IRHO-CIRAD avec ce que cela implique de rigueur dans la collecte des données. Le choix s'est porté sur un essai : DA-ES 98 planté en 1961 avec du matériel végétal (Déli × La Mé), reproduction du croisement L2T × D10D à raison de 131 arbres/ha.

Les sols sont des sables tertiaires de type ferrallitique désaturé. Il n'y a pas dans la zone choisie d'apport d'eau par la nappe phréatique.

La parcelle retenue n'a pas subi de dégradation importante par les ravageurs et maladies.

Dès l'origine, la récolte et la pesée des régimes se sont faites arbre par arbre. Les données de production sont donc extrêmement fiables.

Les productions des campagnes 1971/72 à 1984/85 (juillet à juin) ont été prises en compte.

### 2. — Les données météorologiques.

La plantation de Dabou possède sa propre station météorologique où sont collectées quotidiennement les données suivantes :

- pluviométrie (mm),
- températures de l'air minimales, maximales et moyennes (°C),
- hygrométrie de l'air (mesurée avec un psychromètre à 3 moments de la journée),
- durée d'insolation (en heures et dixièmes avec un héliographe de Campbell-Stokes).

Les données quotidiennes sont cumulées sous forme décadaire. A partir de ces éléments les caractéristiques édaphoclimatiques suivantes ont été calculées :

*L'évaporation potentielle* journalière d'une surface engazonnée est calculée pour chaque décade avec la formule de Penman. La méthode utilisée est celle préconisée par Frère et Popov [1986]. Un programme analogue à ceux proposés par Gommès [1983] a été réalisé sur un micro-ordinateur.

(1) Communication présentée aux « 1987 International oil palm/palm oil Conferences, Progress and prospects », 23-26 juin 1987 à Kuala Lumpur (Malaisie).

(2) Division Palmier, IRHO-CIRAD ; 11, Square Pétrarque, 75116 Paris (France).

(3) 50, avenue Maurice, 1050 Bruxelles (Belgique).

(4) Plantation expérimentale Robert-Michaux ; B P 8 Dabou (Côte d'Ivoire).

(5) Représentant permanent de l'IRHO-CIRAD ; B P. 2311 Douala (Cameroun).

La mesure directe du rayonnement global n'étant pas disponible à Dabou, celui-ci est évalué par la formule d'Angström à partir de la durée d'insolation observée en station :

$$R_g = R_a \left( a + b \frac{n}{N} \right),$$

- $R_g$  = rayonnement global (en Cal/cm<sup>2</sup>/jour),
- $R_a$  = rayonnement astronomiquement possible à la limite de l'atmosphère (Cal/m<sup>2</sup>/jour),
- $n$  = durée d'insolation (heures/jour),
- $N$  = durée d'insolation astronomiquement possible (heures/jour) ;
- $R_a$  et  $N$  sont le résultat d'un calcul purement astronomique faisant intervenir la date, la latitude et la constante solaire ;
- $a$  et  $b$  sont des coefficients de régression. Leur valeur dépend de l'endroit où l'on se trouve.

Dans le cas de la zone tropicale humide,  $a = 0,29$  et  $b = 0,42$ .

Les données sur les vitesses du vent sont celles d'Abidjan qui a une situation assez semblable à celle de Dabou (même latitude, même distance de la mer).

L'évapotranspiration d'une palmeraie n'est évidemment pas la même que celle d'une surface engazonnée. Robertson, citant les mesures réalisées en Malaisie, donne l'équivalence suivante :

$$\text{ETP palmier} = \text{ETP gazon} \times 1,10.$$

L'évapotranspiration potentielle décadaire de la palmeraie tiendra compte de ce coefficient correctif et du nombre de jours que comporte la décade.

**Le bilan hydrique** est obtenu en faisant la différence entre les précipitations, les réserves en eau du sol et l'évapotranspiration. Ce bilan nous donne l'eau du sol, le déficit hydrique et l'eau évaporée.

**L'indice de rayonnement utile** est obtenu par

$$\text{IRU} = \text{ES} \times \text{RAY},$$

- $\text{ES}$  = eau du sol en p. 100 de la réserve utile,
- $\text{RAY}$  = rayonnement en calories.

La réserve maximale en eau du sol est difficile à évaluer. Pour ce faire 3 hypothèses sont testées dans l'étude statistique : 90, 120 et 150 mm.

Les 13 variables climatiques étudiées dans l'étude statistique sont donc les suivantes :

	Réserve utile (mm)		
	90	120	150
Eau du sol .....	R9	R12	R15
Déficit hydrique .....	D9	D12	D15
Eau évaporée .....	E9	E12	E15
Indice rayonnement utile.	IRU 9	IRU 12	IRU 15

### 3. — Analyse chronologique des données.

La plupart des paramètres climatiques et la production ont une périodicité de 12 mois. Le maximum de production survient à la fin de la saison sèche.

Avant de passer à une étude statistique, il est nécessaire de supprimer ces variations saisonnières qui peuvent induire de fausses corrélations. Pour ce faire il faut procéder à une analyse chronologique des données climatiques et de production selon un modèle additif  $Y(t)$  est la grandeur

(production ou climat) que l'on suit dans le temps. On peut en distinguer 3 composantes :

$$Y(t) = T(t) + S(t) + R(t).$$

**Les variations conjoncturelles**  $T(t)$  correspondent à une évolution à long terme de la série, on l'appelle aussi tendance.

A partir de 8 ans les niveaux de production du palmier n'évoluent plus avec l'âge. Des observations de la production sur plus de 20 ans en Afrique de l'Ouest n'ont pas non plus montré de baisse de production avec l'âge. On considère donc que la tendance est une constante égale à la moyenne générale des productions mensuelles sur la période considérée : 9,26 kg de régimes/arbre/mois.

De même, le climat évoluant peu (ou d'une manière imperceptible pour les paramètres climatiques), la tendance est égale à la moyenne générale des données mensuelles.

**Les variations saisonnières**  $S(t)$  sont des fluctuations qui s'inscrivent dans le cadre d'une année et qui se répètent d'une année à l'autre :  $T + S(t)$  est la moyenne mensuelle du paramètre pour la période considérée.

**Les résidus**  $R(t)$  sont des fluctuations irrégulières imprévisibles au vu de la série chronologique. En fait, les résidus sont les écarts de la valeur observée à la moyenne du mois correspondant :  $[R(t)]$  est la partie de la variation de production que nous cherchons à expliquer par les conditions extraordinaires du climat.

### 4. — Les corrélations entre climat et production.

Toutes les données, production et climat, ayant été transformées en résidus, pour chaque mois nous disposons d'une donnée de production et d'une donnée pour chacune des 13 variables climatiques envisagées.

A partir de chacune des variables climatiques, sont produites 45 variables qui correspondent à la variable décalée de 1 à 45 mois.

Ainsi, par exemple, à partir de  $\text{RAY}$  nous allons générer  $\text{RAY D02}$  : rayonnement décalé de 2 mois par rapport à la récolte.

Nous disposons ainsi de  $13 \times 45 = 585$  variables. Les corrélations sont réalisées entre chacune des 585 variables et les résidus de production. Les résultats sont reproduits dans le tableau I.

#### Commentaires :

Les différences de niveau de corrélation entre les différentes hypothèses de réserve en eau du sol ne sont pas très démonstratives. L'hypothèse 150 mm semble être la meilleure.

De manière générale, c'est le **déficit hydrique** qui offre les meilleures corrélations. Les résultats sont présentés dans la figure 1.

Il apparaît 3 périodes particulièrement sensibles : 33-30 mois avant la récolte, la deuxième 24-19 mois et la 3<sup>e</sup> entre 13 et 7 mois avant la récolte. Il est curieux de noter que ces périodes sont décalées d'environ un an chacune. Il est difficile de relier ces phénomènes à des stades de développement des inflorescences car ceux-ci ne sont connus que très schématiquement.

Très nettement la période la plus influencée par le déficit hydrique (et les autres facteurs climatiques) est la **période 7-13 mois avant la récolte** pendant laquelle se produit l'élongation des inflorescences.

TABLEAU I. — Corrélations entre les résidus de production et les variables climatiques « D » mois avant la récolte  
(Correlations between production remainders and climatic variables « D » months before harvest)

D	RAY (RAD)	R15	D15	E15	IRU (URI) 15	R12	D12	E12	IRU (URI) 12	R9	D9	E9	IRU (URI) 9
1		0,32***	-0,18*	0,17*	0,31***	0,32***	-0,18*	0,16*	0,31***	0,32***	-0,17*	0,16*	0,30***
2		0,26***	-0,20*	0,18*	0,25**	0,26***	-0,24**	0,21**	0,25**	0,26***	-0,27***	0,24**	0,24**
3			-0,17*										
4		0,17*	-0,19*	0,17*	0,16*		-0,20*	0,16*				-0,18*	
5							-0,17*					-0,18*	
6			-0,17*				-0,18*					-0,17*	
7		0,16*	-0,29***	0,25***		0,17*	-0,32***	0,27***				-0,33***	0,24**
8	-0,15*		-0,32***	0,26***			-0,28***	0,22**				-0,26***	0,17*
9	-0,19*	0,25**	-0,39***	0,34***	0,24**	0,23**	-0,38***	0,32***	0,22**	0,21**	-0,35***	0,30***	0,18*
10	-0,22**	0,36***	-0,51***	0,46***	0,35***	0,35***	-0,50***	0,44***	0,35***	0,31***	-0,48***	0,42***	0,34***
11	-0,21*	0,32***	-0,42***	0,41***	0,32***	0,32***	-0,42***	0,40***	0,32***	0,34***	-0,41***	0,39***	0,32***
12		0,22**	-0,26***	0,24**	0,22**	0,20*	-0,27***	0,25***	0,20*	0,22***	-0,28***	0,24**	0,17*
13		0,23**	-0,29***	0,27***	0,22**	0,22**	-0,31***	0,29***	0,21**	0,21**	-0,31***	0,26***	0,22**
14										0,15*			0,16*
15				0,16*									
16													
17			-0,21**	0,21**			-0,23**	0,23**				-0,25**	0,23**
18			-0,20*	0,18*		0,15*	-0,21**	0,19*	0,16*			-0,23**	0,20*
19		0,16*	-0,30***	0,25***	0,15*	0,16*	-0,27***	0,23**		0,21**	-0,25***	0,23**	
20		0,16*	-0,30***	0,30***	0,16*	0,17*	-0,34***	0,33***	0,16*	0,19*	-0,37***	0,37***	
21		0,17*	-0,32***	0,28***	0,17*	0,17*	-0,30***	0,26***	0,17*	0,17*	-0,30***	0,29***	0,17*
22	-0,19*	0,15*	-0,32***	0,26***			-0,31***	0,25***		0,16*	-0,28***	0,24**	
23	-0,20*	0,15*	-0,22**	0,18*			-0,20*	0,16*			-0,20*	0,16*	
24		0,30***	-0,31***	0,30***	0,32***	0,28***	-0,30***	0,30***	0,31***	0,16*	-0,29***	0,29***	0,29***
25		0,30***	-0,20*	0,19*	0,30***	0,30***	-0,20*	0,19*	0,30***	0,33***	-0,19*	0,17*	0,29***
26		0,23**	-0,17*	0,19*	0,23**	0,22**	-0,18*	0,18*	0,21**	0,21**	-0,17*	0,16*	0,21**
27		0,20*	-0,18*	0,22**	0,21**	0,20*	-0,19*	0,23**	0,21**	0,21**	-0,20*	0,21**	0,21**
28		0,17*	-0,21**	0,23**	0,19*	0,15*	-0,21**	0,22**	0,17*		-0,18*	0,17*	0,17*
29			-0,20*	0,20*			-0,21**	0,22**		0,16*	-0,21**	0,19*	
30		0,18*	-0,26***	0,26***	0,18*	0,17*	-0,29***	0,28***	0,17*	0,20*	-0,29***	0,29***	
31		0,17*	-0,28***	0,24**	0,17*	0,19*	-0,28***	0,26***	0,19*	0,15*	-0,28***	0,28***	0,20*
32			-0,28***	0,25***			-0,28***	0,25***			-0,29***	0,24**	
33			-0,27***	0,24**			-0,28***	0,25**			-0,27***	0,25**	
34			-0,24**	0,20*			-0,23**	0,18*			-0,23**	0,21**	
35			-0,24**	0,23**			-0,24**	0,21**			-0,22**	0,21**	
36			-0,17				-0,18*				-0,20*	0,16*	
37	-0,18*												
38													
39													
40										0,15*			
41													
42													
43			-0,16*				-0,16*						
44			-0,17*				-0,16*				-0,16*		
45			-0,16*	0,18*			-0,16*	0,17*			-0,16*	0,15*	

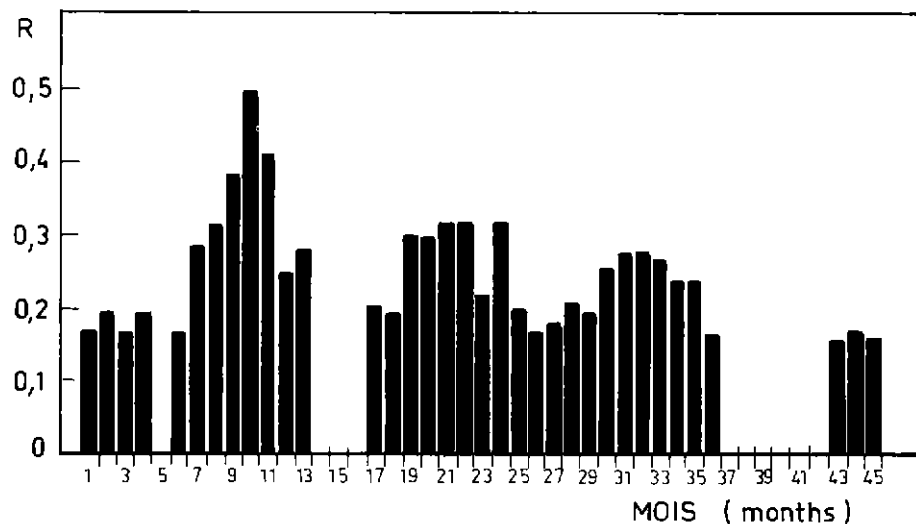


FIG. 1. — Corrélation entre résidus de production et résidus de déficit hydrique 1 à 45 mois avant la récolte  
(Correlation between production remainders and water deficit remainders 1 to 45 months before harvest).

## 5. — Etablissement d'un modèle statistique.

Les variables qui montrent la meilleure corrélation avec la production sont les suivantes :

- le déficit hydrique de 6 à 13 mois avant la récolte,
- le déficit hydrique de 17 à 23 mois avant la récolte,
- l'indice de rayonnement utile de 24 à 27 mois avant la récolte,
- le déficit hydrique de 28 à 36 mois avant la récolte,
- le déficit hydrique de 43 à 45 mois avant la récolte.

Ces variables et leurs cumuls sont introduits dans un schéma de régression multiple.

### a) Variables cumulées.

Pour diminuer le nombre de variables il est intéressant d'utiliser des variables cumulées. On effectue les cumuls de variables très hautement significatives ( $\alpha = 0,001$ ) 2 à 2, 3 à 3 sur chacun des 3 pics caractéristiques.

### b) Précocité du modèle.

Une grande qualité pour un modèle de prévision de récolte est sa précocité. La précocité d'un modèle est souvent obtenue au détriment de sa précision.

Dans le cas qui nous concerne, il paraît dénué de sens de produire un modèle donnant une prédiction moins de 6 mois avant la récolte. On devrait être en mesure de livrer une prédiction sur l'ensemble d'une campagne (12 mois) avant son ouverture. On constate par ailleurs que les variables les mieux corrélées (9-10-11 mois avant la récolte) sont tardives. Dès lors les buts de précision et de précocité sont difficilement conciliables.

Une solution à ce problème est de réaliser deux modèles. Le premier s'appellera « modèle précoce » et ne considérera pas les variables explicatives de 6 à 11 mois avant la récolte. Le deuxième s'appellera « tardif » et livrera une prévision à 6 mois.

### c) Sélection des variables.

La méthode retenue est la régression « pas à pas ». On introduit une variable à la fois dans le modèle. La première variable introduite est la mieux corrélée avec la variable

dépendante. A chaque pas on introduit la variable disponible dont la corrélation partielle est la plus significative c'est-à-dire celle qui assure avec les variables déjà présentes dans le modèle un minimum de variance résiduelle.

Avant l'introduction d'une nouvelle variable toutes les variables présentes dans le modèle sont testées. Celle qui n'apporterait plus une contribution significative à la régression du fait des introductions ultérieures serait rejetée.

Plusieurs possibilités ont été testées. En premier lieu des combinaisons de variables simples, en deuxième lieu des combinaisons de variables cumulées 2 à 2, 3 à 3. En dernier lieu ont été envisagées des variables cumulées sur toute la longueur d'un pic de corrélation.

Un certain nombre de faits sont remarquables :

- on ne peut introduire plus de 5 ou 6 variables en conservant une corrélation partielle significative pour chacune d'entre elles ( $\alpha = 0,01$ ). Toute variable supplémentaire manque de fiabilité dans la prédiction et n'augmente pas le coefficient de détermination  $r^2$  de manière significative ;
- quel que soit le niveau des cumuls, la variance résiduelle est grosso modo la même. On préfère utiliser des variables fortement cumulées que l'on considère comme plus stables et moins sensibles à d'éventuelles anomalies.

### d) Résultats.

#### Le modèle précoce :

Les variables proposées sont les suivantes :

- R ESTP = résidus de production estimés précocement,
- D 12.13 = déficits hydriques cumulés 13 à 12 mois avant la récolte,
- D 19 à 22 = déficits hydriques cumulés de 22 à 19 mois avant la récolte,
- D 30 à 33 = déficits hydriques cumulés de 33 à 30 mois avant la récolte,
- IRU 24.25 = indices de rayonnement utile cumulés 25 et 24 mois avant la récolte.

L'équation de régression est la suivante :

$$R \text{ ESTP} = -0,302 - 0,0122 D 12.13 - 0,0155 D 19 \\ \text{à } 22 - 0,0115 D 30 \text{ à } 33 + 0,00499 \text{ IRU } 24.25$$

Le coefficient de détermination  $r^2$  est 0,35. Si l'on passe des résidus aux productions le coefficient de détermination de l'estimation de la production devient 0,68.

*Le modèle tardif :*

L'équation de régression est la suivante :

$$R \text{ ESTT} = -0,101 - 0,0139 D 7 \text{ à } 13 - 0,0122 \\ D 19 \text{ à } 22 + 0,00404 \text{ IRU } 24.25$$

Le coefficient de détermination  $r^2$  est 0,42. En passant des résidus aux productions le coefficient de détermination devient 0,72. Dès que l'on introduit dans le modèle une variable reprenant les déficits hydriques 9.10.11 mois avant la récolte, la variable contenant les déficits hydriques des mois 30.33 disparaît. Ceci s'explique parce que la variable D30 à 33 est mieux corrélée à la variable D7 à 13 qu'à la production. Cette forte corrélation reste inexpliquée.

• *2 exemples :* Les figures 2 et 3 permettent de visualiser les performances du modèle qui traduit bien la répartition des productions selon les mois pour 2 années de structure de production très différentes.

Il est possible que le modèle additif utilisé :  $y = T + S + R$  puisse être remplacé avantageusement par un modèle multiplicatif qui améliorerait les prévisions. Ceci peut être le sujet d'études ultérieures.

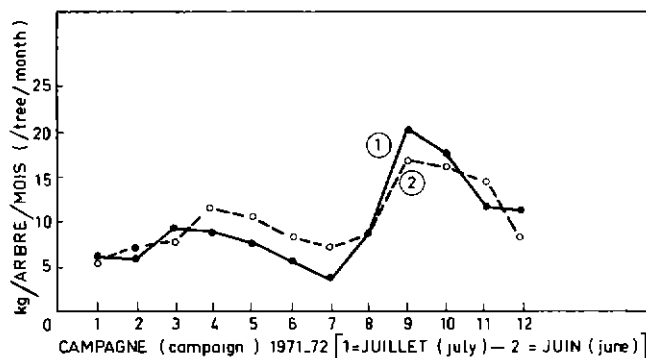


FIG. 2. — Production observée et estimée — modèle tardif — pour la campagne 1971/72 (Observed and estimated — late model — production for 1971/72 campaign).

(1) : Production  
(2) : Estimation tardive (Late estimate)

## II. — RELATION CLIMAT- PRODUCTION ANNUELLE

La simplicité des méthodes de prévision de production revêt une très grande importance au niveau d'une plantation où des données météorologiques ne peuvent être aussi complètes que sur une station de recherche et où les moyens de calcul sont souvent plus limités.

Pour la gestion d'une plantation, les prévisions de productions annuelles ou semestrielles sont suffisantes. Les prévisions mensuelles sont « luxueuses » car on peut souvent les déduire de la répartition des années précédentes.

La précocité des prévisions revêt par contre une grande importance. Comme nous l'avons vu la précocité est antagoniste de la précision car la période 13-7 mois avant la récolte est primordiale dans l'élaboration de la production.

Nous allons présenter et discuter des méthodes de prévisions de production annuelles à l'usage des plantations.

### 1. — Liaison déficit hydrique-production annuelle.

Les études ont été menées également sur la parcelle DA-ES 98 de la plantation Robert-Michaux en Côte d'Ivoire qui offrait une bonne sécurité pour les données.

En travaillant sur une année, les oscillations saisonnières sont éliminées et il n'est plus nécessaire de faire une analyse chronologique des données. Nous avons étudié la liaison production-déficit hydrique qui était à Dabou la plus susceptible d'intervenir.

Le déficit était calculé comme précédemment selon la formule de Penman à partir de données décennales. Deux hypothèses ont été testées : réserve du sol = 150 et 200 mm.

Nous avons essayé de mettre systématiquement en relation les productions annuelles du DA-ES 98 et les sommes de déficits hydriques de type  $\sum_{-x}^{+y} DH$  en faisant varier  $x$  et  $y$ ,  $x$  et  $y$  étant le nombre de mois précédant ou suivant le début de la campagne ; exemple  $\sum_{-30}^{+6} DH$  : somme des déficits hydriques à partir du 30<sup>e</sup> mois avant, jusqu'au 6<sup>e</sup> mois après le début de la campagne.

Il ressort de cette étude systématique que la meilleure corrélation est celle observée entre la production et  $\sum_{-30}^{+6} DH$ . Le coefficient de détermination obtenu est 0,94\*\*. Les coefficients de détermination sont semblables quelles que soient les réserves du sol envisagées : 150 et 200 mm.

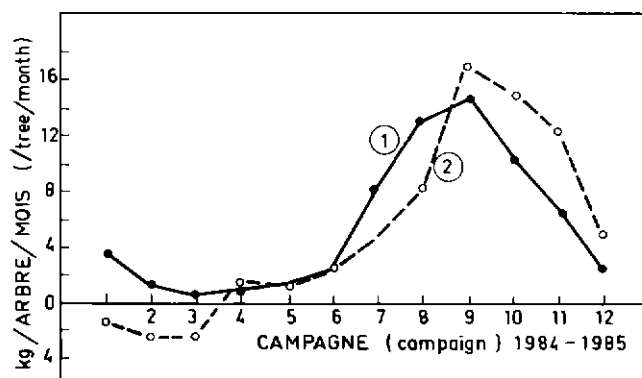


FIG. 3. — Production observée et estimée — modèle tardif — pour la campagne 1984/85 (Observed and estimated — late model — production for 1984/85 campaign).

L'évolution prévision-production sur le DA-ES 98 est donnée dans la figure 4. L'intervention d'autres facteurs climatiques n'améliore pas la régression.

L'indice de rayonnement utile : rayonnement global multiplié par l'eau du sol en pourcentage de la réserve utile, qui intervient sur la production mensuelle 24-25 mois après, devient négligeable pour les prévisions annuelles.

$$\bullet \text{ Production de la campagne} = 19,32 - 0,01 \sum_{-30}^{+6} DH$$

$$\text{Penman} + 0,0059 \sum_{-24}^{-12} IRU.$$

Le coefficient de détermination est toujours 0,94.

**Convergence avec l'étude précédente.**

On a vu dans le chapitre précédent que c'était le déficit

hydrique qui était le mieux relié à la production. La figure 1 montre qu'il existe 3 périodes particulièrement importantes centrées sur les 32<sup>e</sup>, 21<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> mois avant la récolte.

La production annuelle est fonction de tous les déficits jouant sur la production des 12 mois de la campagne en commençant donc par ceux influençant le premier mois de production : 32 mois environ avant le début de la campagne jusqu'à ceux influençant les derniers mois : 2 mois environ après le début de la campagne.

Les trois différents pics étant espacés d'environ 11 mois la production totale des 12 mois de la campagne est sous l'influence des déficits de tous les mois en allant du 32<sup>e</sup> mois avant jusqu'à 2 mois environ après le début de la campagne selon le mécanisme suivant :

Production							
mois 1	} liée aux déficits centrés sur le	} mois avant	le 32 <sup>e</sup>	} mois avant	le 10 <sup>e</sup>	} mois avant	
mois 2			le 31 <sup>e</sup>		} mois avant		le 9 <sup>e</sup>
mois 3			le 30 <sup>e</sup>				} mois après
mois 10			le 23 <sup>e</sup>			le 1 <sup>er</sup>	
mois 11			le 22 <sup>e</sup>		le 1 <sup>er</sup>		
mois 12			le 21 <sup>e</sup>			le 2 <sup>e</sup>	

On trouve ainsi à quelques mois une explication à la liaison  $\text{Production} = f\left(\sum_{-30}^{+6} DH\right)$ .

**Précocité des prévisions.**

Pour la gestion d'une plantation il est utile de prévoir la production en début de campagne. On a donc testé des prévisions plus précoces.

— pour  $\sum_{-1}^{-30}$  des déficits hydriques Penman avec 200 mm de réserve  $r^2 = 0,92$ ,

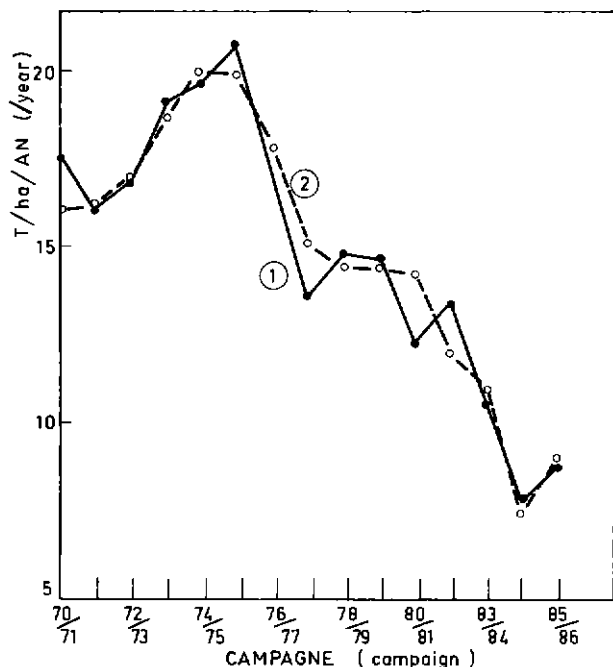
— pour  $\sum_{-6}^{-30}$  des déficits hydriques Penman avec 200 mm de réserve  $r^2 = 0,82$ .

On voit donc que, moins on tient compte des déficits suivant ou précédant immédiatement le début de campagne, plus on perd de précision. Ceci traduit l'importance prépondérante de la période préfloraison.

On a encore une précision raisonnable quand on tient compte des déficits jusqu'au dernier mois avant la campagne. Il est illusoire de faire des prévisions à plus long terme car le coefficient de détermination baisse très rapidement.

**2. — Liaison production-déficit hydrique simplifiée.**

Le calcul du déficit, calculé selon la méthode Penman, met en jeu des données rarement disponibles sur plantation où bien souvent on n'observe que la pluviométrie.



(1) : Production observée (Actual production).  
(2) : Production estimée (Estimated production).

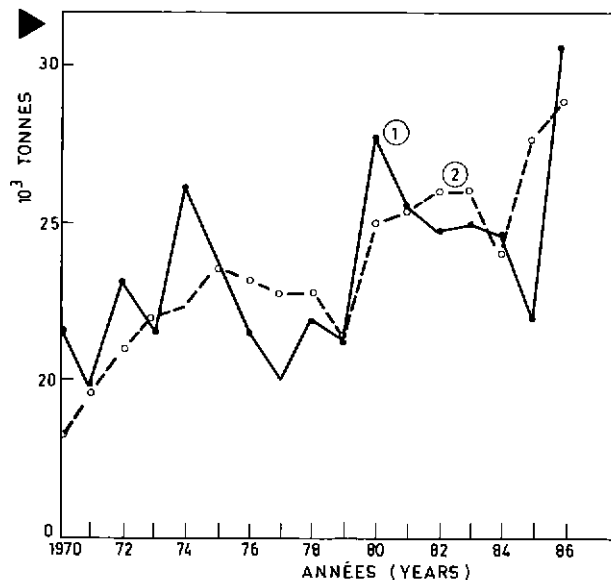


FIG. 4. — Production de l'essai DA-ES 98 observée et estimée par  $\sum_{-30}^{+6}$  des déficits hydriques Penman

(Production of trial DA-ES 98 observed and estimated for  $\sum_{-30}^{+6}$  of Penman water deficits).

L'IRHO a mis au point pour l'Afrique de l'Ouest une méthode simplifiée du calcul du déficit hydrique qui ne prend en compte que la pluviométrie : nombre de jours et quantité en millimètres.

On établit le bilan suivant :  $B = P + R - E$  ;

P = pluviométrie de la période en mm,

R = réserve du sol d'une période à l'autre, R est limitée à 200 mm maximum, selon les sols,

E = évaluation de l'ETP.

— 120 mm/mois quand il y a plus de 10 jours de pluie dans le mois,

— 150 mm/mois quand il y a moins de 10 jours de pluie dans le mois.

Ce calcul peut être effectué sur différentes périodes, mois ou décade.

Cette méthode est évidemment schématique. Elle donne des résultats qui ne s'écartent que raisonnablement des déficits hydriques réels tant qu'on se trouve dans les conditions de température, hygrométrie, ensoleillement moyens de l'Afrique de l'Ouest. Elle a le gros avantage d'être utilisable dans les zones où les données météorologiques sont très fragmentaires.

Les calculs de corrélation entre la production du DA-ES 98 et le déficit hydrique simplifié cumulé de - 30 à + 6 mois donnent les résultats suivants :

$$\sum_{-30}^{+6} \text{DH décadaire} \quad r^2 = 0,90^{**} .$$

Malgré la simplification du calcul du déficit hydrique, la précision reste encore bonne.

Si, comme dans l'exemple précédent, on se limite pour des raisons pratiques à observer le déficit des mois - 30 à - 1,  $r^2$  devient 0,86\*\*.

L'écart-type résiduel est de 1,2 t (soit 8 p. 100).

### 3. — Exemple d'applications.

Une application du modèle a été tentée sur 2 plantations dans des situations différentes :

#### a) *Plantation Robert-Michaux* à Dabou (Côte d'Ivoire) :

3 500 ha de palmeraies plantées de 1930 à 1985. On compte sur la plantation un grand nombre d'années de culture regroupées en extension et replantation. Les rendements moyens sont très différents les uns des autres et la part de chaque type de plantation est modifiée d'une année à l'autre.

Il faut donc faire des prévisions de rendement pour chaque catégorie. Cette classification en catégorie doit être faite avec soin : sol, âge de culture, situation sanitaire.

Pour chaque catégorie la droite de régression Production-DH est différente et traduit un potentiel différent. Pour établir avec précision la droite de régression, il est nécessaire de disposer de suffisamment de données de production à l'âge adulte. Il est donc difficile de travailler sur des cultures de moins de 15 ans.

S'il existe à la fois sur la plantation des cultures de plus de 15 ans et d'autres plus jeunes on peut tenter, pour estimer la production de ces jeunes cultures, des approximations en faisant intervenir dans la relation production des

plantations âgées-climat un facteur multiplicateur déduit des quelques observations de production des années précédentes.

S'il n'existe sur la plantation que des jeunes cultures, on ne peut donner que des tendances de production en observant l'évolution des données climatiques.

A partir de cette méthodologie, nous avons tenté de prévoir la production de la plantation à partir des données météo de 30 mois à 0 mois avant la campagne.

Les coefficients de corrélation obtenus pour les différentes catégories de plantation sont les suivants :

Catégorie	$r^2$	Ecart-type résiduel (%)
Vieilles plantations	0,50**	0,99 t (23)
Extensions 1955/59	0,25*	1,07 t (14)
Extensions 1960/64	0,74***	0,97 t (11)
Extensions 1965/69	0,74***	1,20 t (11)
Replantations 1963/69	0,56***	0,93 t (11)

Ces coefficients sont inférieurs à ceux obtenus pour le DA-ES 98 mais ils intègrent tous les aléas propres à une plantation industrielle : suppression ou rajout de parcelles, problèmes de récolte, maladies, etc.

La figure 5 compare la production globale de la plantation et les prévisions. Le coefficient de détermination est de 0,41, l'écart-type résiduel est 1 803 t soit 8 p. 100.

#### b) *Plantation de M'Bongo*.

Cette plantation est située dans le Sud Cameroun, région où le déficit hydrique est inférieur à celui de Dabou. M'Bongo couvre 6 500 ha plantés de 1969 à 1981, seules les cultures 1969 à 1973 sont étudiées (3 900 ha). Cette plantation est plus jeune que la plantation Robert-Michaux.

L'établissement de corrélation avec la somme  $\sum_{-30}^{-1}$  des déficits calculés selon la méthode simplifiée est moins précis car on dispose de moins de données dans le temps. Il n'y a pas assez de chiffres de production pour établir une relation climat-production des plus jeunes plantations.

Les prévisions sont établies après stratification par catégories de plantations.

Les résultats sont les suivants :

Culture	Coefficient de détermination	Ecart-type résiduel (p. 100)
1969	0,59*	6,0
1970	0,49*	6,7
1971	0,83**	4,0
1972	0,76*	4,3
1973	0,86*	2,3

La précision de ces estimations est limitée mais elle permet cependant de prévoir une évolution générale de la récolte.

FIG 5 — Production totale de la plantation Robert-Michaux observée et estimée par  $\sum_{-30}^{-1}$  des déficits hydriques calculés selon la méthode simplifiée (Total production for Robert-Michaux plantation observed and estimated for  $\sum_{-30}^{-1}$  of water deficits calculated using simplified method).

## CONCLUSION

Ces études de corrélation montrent donc la liaison entre la production et les facteurs climatiques.

Le déficit hydrique joue un rôle primordial dans l'élaboration du rendement qu'il influence durant une période allant de 33 mois jusqu'à 6 mois environ avant la récolte.

Le climat du 13<sup>e</sup> au 6<sup>e</sup> mois avant la maturité est prépondérant.

Ces observations conduisent à l'établissement d'un modèle permettant d'estimer le rendement d'une année.

La meilleure liaison est celle observée entre la production de la campagne et les déficits hydriques calculés selon la formule de Penman cumulés de 30 mois avant jusqu'à 6 mois après le début de la campagne.

Cette méthode de prévision est utile sur les plantations où les comptages d'inflorescences ne sont pas pratiqués.

Il est plus intéressant de prévoir la production en début de campagne, ceci est possible mais avec une précision moindre en cumulant les déficits hydriques des 30 mois avant le début de celle-ci.

La précocité est antagoniste avec la précision. Les prévisions établies en début de campagne ne tiennent pas compte de tous les facteurs climatiques tardifs, elles doivent donc être révisées à mi-campagne si des conditions climatiques exceptionnelles surviennent pendant le premier semestre de production.

Etant donnée l'influence prépondérante du climat 7-13 mois environ avant la récolte, il est illusoire de vouloir faire des prévisions longtemps avant le début de la campagne de production car la précision chute rapidement. Si les données climatiques ne sont pas assez complètes pour calculer l'ETP par la méthode de Penman, on peut utiliser avec une précision suffisante le déficit hydrique calculé avec une méthode simplifiée.

Cette étude a pour objet de mettre au point un outil de prévision facilement utilisable. Elle n'apporte évidemment pas d'information sur les mécanismes qui conduisent à l'élaboration de ce rendement. Des études de la physiologie du palmier sont de première importance pour comprendre ces mécanismes et rendre le modèle encore plus fiable.

## RÉFÉRENCES

- [1] FRÈRE J. L. (1986) — Climat-production d'une palmeraie en Côte d'Ivoire. *Mémoire d'étude, Faculté des Sciences Agronomiques, Gembloux (Belgique)*.
- [2] FRÈRE M. and POPOV G. (1986). — Early Agrometeorological crop yield assessment. *FAO Plant production and protection paper n° 73*
- [3] GOMMES R. (1983) — Pocket computers in agrometeorology *FAO Plant production and protection paper n° 45*.

## SUMMARY

**Description of a simplified method of production forecasting in oil palm plantations based on climatology.**

O. DUFOUR, J. L. FRÈRE, J. P. CALIMAN, P. HORNUS, *Oléagineux*, 1988, 43, N° 7, p. 271-282.

The evolution of yields over the years was observed on a trial set up in 1961 on the Robert Michaux plantation in Côte d'Ivoire. In order to explain considerable annual variations, attempts were made to correlate yields and the different climate components : rainfall, sunshine, water deficit, relative humidity, temperature. Water deficit plays a major role. It influences production during a period from 33 to 6 months before the harvest. These observations led to a model being defined which makes it possible to estimate the yields of a given year by observing the water deficits calculated using the Penman formula from 30 months before to 6 months after the start of the campaign. If the climatic data are not complete enough to calculate the potential evapotranspiration (PET) using the Penman formula, the water deficit calculated using a simplified method can be used with sufficient precision. Given the major effect of climate in the final months before harvest, the earliness of forecasts is detrimental to precision. This method provides a way of anticipating large variations in production and has been successfully tested in two very different climates (Côte d'Ivoire and Cameroon).

## RESUMEN

**Presentación de un método simplificado de previsiones de producción de una plantación de palmera de aceite en base a la climatología.**

O. DUFOUR, J. L. FRÈRE, J. P. CALIMAN, P. HORNUS, *Oléagineux*, 1988, 43, N° 7, p. 271-282.

La evolución de la producción a través de los años se observó en un experimento instalado en 1961 en la plantación Robert-Michaux, en Côte d'Ivoire. Para tratar de explicar las importantes variaciones anuales, se procuró establecer una correlación entre la producción y los diversos componentes de clima, como son las precipitaciones, la insolación, el déficit hídrico, la higrometría, la temperatura. El déficit desempeña un papel muy importante. Influye en la producción durante un periodo de tiempo comprendido entre 33 y 6 meses antes de la cosecha. Estas observaciones condujeron a elaborar un modelo que permite evaluar los rendimientos de un año observando los déficits hídricos calculados en 30 meses antes a 6 meses después del inicio de la campaña según la fórmula de Penman. Si los datos climáticos no son lo suficientemente completos para calcular la ETP (evapotranspiración potencial) Penman, puede utilizarse con una precisión suficiente el déficit hídrico calculado de acuerdo a un método simplificado. Considerándose la influencia preponderante del clima de los últimos meses antes de la cosecha, la precocidad de las previsiones es antagonista de la precisión. Este método permite prever las grandes oscilaciones de la producción, habiéndose probado con éxito en dos climatologías muy distintas (o sea en Côte d'Ivoire y Camerún).