

Modélisation de la production bananière. Influence de quelques paramètres en Martinique.

R. COTTIN, Ph. MELIN, J. GANRY*

MODELISATION DE LA PRODUCTION BANANIERE.
INFLUENCE DE QUELQUES PARAMETRES EN MARTINIQUE.

R. COTTIN, Ph. MELIN et J. GANRY.

Fruits, Dec. 1987, vol. 42, n° 12, p. 691-701.

RESUME - La courbe de floraison du bananier étant assimilée à une distribution statistique du type log-normale, l'intervalle plantation-floraison est déterminé par l'utilisation des paramètres liés à la loi log-normale. En couplant cette détermination avec le modèle climatique permettant de connaître l'intervalle floraison-récolte, on peut calculer pour une parcelle la courbe de floraison et de récolte pour une semaine de plantation donnée.

CADRE DE L'ETUDE

La bananeraie martiniquaise, avec ses 7 000 hectares (figure 1), produit environ 40 p. 100 de la consommation française de bananes.

Jusqu'à une date récente, l'objectif majeur des exploitants et des chercheurs était l'augmentation des rendements, au moindre coût, grâce à l'identification des facteurs limitants et à l'application de techniques rationnelles (lutte phytosanitaire, fertilisation, irrigation ...).

Mais aujourd'hui, l'optimisation économique de la culture doit passer aussi par la prise en compte des fluctuations du marché. Depuis quelques années un déficit d'approvisionnement de mars à juin se solde par des importations à partir des pays tiers, alors qu'une nette surproduction de novembre à janvier aboutit à des pertes importantes de recettes pour les producteurs.

La maîtrise de la période de production nécessite des modifications importantes des itinéraires techniques actuels.

Avant de mettre en oeuvre ces itinéraires techniques destinés à orienter la production, il est indispensable de disposer d'une méthode de prévision de la production à moyen terme (1 à 2 ans), aussi précise que possible, permettant d'intégrer les composantes économiques et commerciales dans la décision d'orientation.

Une telle analyse repose sur une connaissance de la durée des cycles végétatifs du bananier qui varie fortement en fonction de deux ensembles paramétriques :

- le climat (principalement la température qui est fortement liée à l'altitude en Martinique) entraîne des variations de cycles importantes comprises entre 7 et 12 mois,
- l'itinéraire technique dont diverses composantes sont susceptibles d'influer sur la longueur du cycle : précédent cultural, irrigation, matériel végétal et époque de plantation, densité à l'hectare ...

Une modélisation de la production doit intégrer ces diverses composantes pour être le reflet de la réalité.

Le modèle climatique dû aux travaux de J. GANRY (1978) permet de prévoir l'intervalle fleur-coupe (IFC) des régimes apparus chaque semaine, avec une remarquable précision. Il reste donc à déterminer l'intervalle plantation-floraison (IPF) afin de mettre en évidence les moments de

* - R. COTTIN - IRFA/CIRAD - B.P. 153 - 97202 FORT DE FRANCE CEDEX
Ph. MELIN - IRFA/CIRAD - Station de Neufchâteau - Sainte Marie
97130 CAPESTERRE BELLE EAU
J. GANRY - IRFA/CIRAD - B.P. 5035 - 34032 MONTPELLIER Cedex

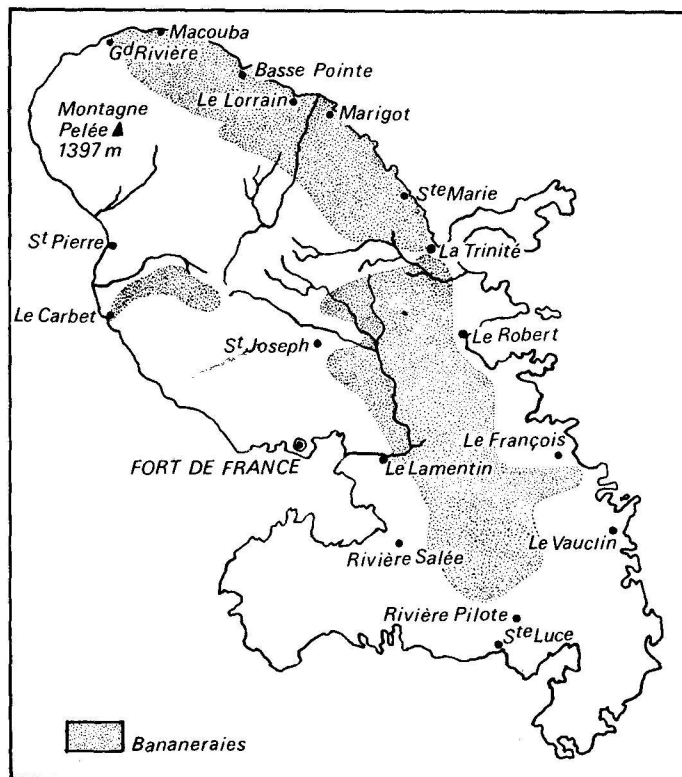


Figure 1 • CARTE DES BANANERAIES MARTINICAISES.

l'année où, théoriquement, il faudrait planter les bananiers pour produire le maximum de tonnage durant la période commercialement la plus intéressante.

$R(Y)$ Quantité récoltée totale en kg de bananes
 $\mu x(c)$ Moyenne des valeurs X pour le cycle c
 $\sigma x(c)$ Ecart-type des valeurs X pour le cycle c
 n Nombre de pieds de la parcelle étudiée

FORMULATION MATHÉMATIQUE DU PROBLÈME

Nous proposons une formulation mathématique du problème basée sur deux paramètres μ et σ qui pourront ensuite être estimés par un modèle satisfaisant, climatique de préférence.

Notations :

Y N° de la semaine ($Y=0$: semaine de plantation)
 $X = \text{Log}(Y)$ Transformée logarithmique de la semaine
 $f(Y,c)$ Non.br de fleurs du cycle c de la semaine Y
 $g(Y,c)$ Courbe de pourcentage de floraison d'un cycle c
 $F(Y)$ Courbe de floraison pour l'ensemble des cycles
 $r(Y,c)$ Quantité récoltée pour un cycle c en kg de bananes

Transformation des données brutes.

L'étude de l'IPF est basée sur l'examen des cahiers de comptages de floraisons. Ces cahiers fournissent l'information sous une forme peu maniable pour le calcul (tableau 1).

La forme générale des courbes tracées à partir de ces comptages permet de baser le modèle mathématique de l'IPF sur la loi log-normale (figure 2).

Cette distribution statistique se différencie de la loi normale, entre autres, par une dissymétrie gauche.

Ces observations hebdomadaires, effectuées par le planteur, ne sont pas directement exploitables, car elles se

TABLEAU 1 - Extrait d'un cahier de comptage des floraison 1er cycle.

Parc./Sem.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Des cases	70	263	539	778	713	964	937	882	669	533	393	523	367
Bord de mer	0	0	162	540	924	980	860	810	740	505	406	325	269
Lisière	0	82	473	657	763	710	737	394	318	172	110	100	77
Crabière	0	0	102	164	265	264	427	506	498	496	533	526	398
Ferol	17	41	145	180	467	749	725	572	381	425	258	223	120

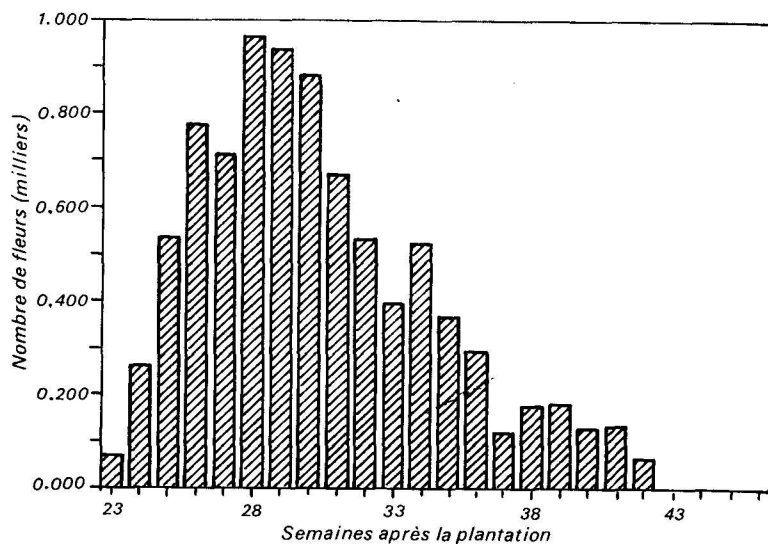


Figure 2.
EXEMPLE DE DISTRIBUTION
DES FLORAISONS DU BANANIER
EN 1^{er} CYCLE.
PARCELLE DES CASES.

rapportent à des parcelles de superficies différentes et donc à un nombre variable de bananiers.

Pour normaliser l'étude, le nombre hebdomadaire de fleurs est divisé par le nombre total de fleurs du cycle étudié (tableau 2).

Les valeurs réduites obtenues permettent de tracer les courbes «p. 100 de floraison = f (semaine)» pour chaque parcelle (figure 3).

La courbe de pourcentage de floraison, peut être décrite par une loi log-normale dont l'expression est donnée par la

TABLEAU 2 - Pourcentage hebdomadaire de la floraison totale 1er cycle.

Parc./Sem.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Des cases	0.7	2.7	3.6	7.9	7.2	9.7	9.5	8.9	6.8	5.4	4.0	5.3	3.7
Bord de mer	0.0	0.0	2.0	6.6	11.	12.	10.	10.	9.6	6.2	5.0	4.0	3.3
Lisière	0.0	1.6	9.2	12.	14.	14.	14.	7.7	6.2	3.3	2.1	1.9	1.5
Crabrière	0.0	0.0	1.8	2.8	4.6	4.6	7.4	8.7	8.6	8.6	9.2	9.1	6.9
Ferol	0.3	0.8	2.9	3.6	9.3	15.	14.	11.	7.6	8.5	5.2	4.5	2.4

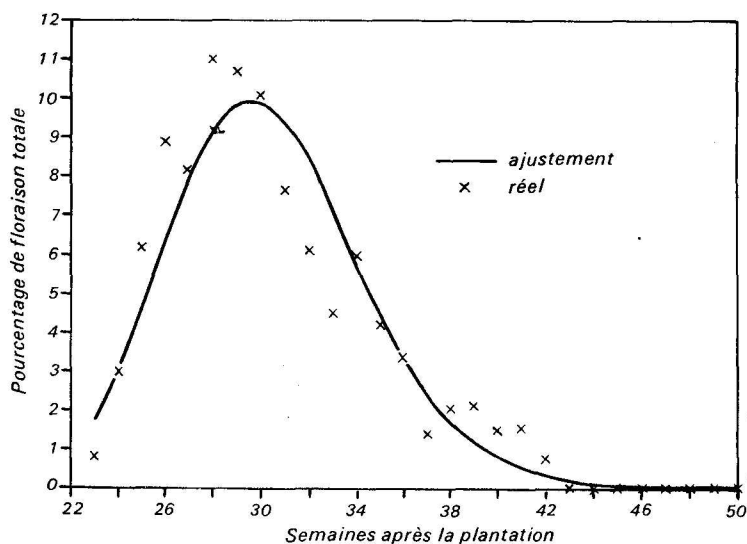


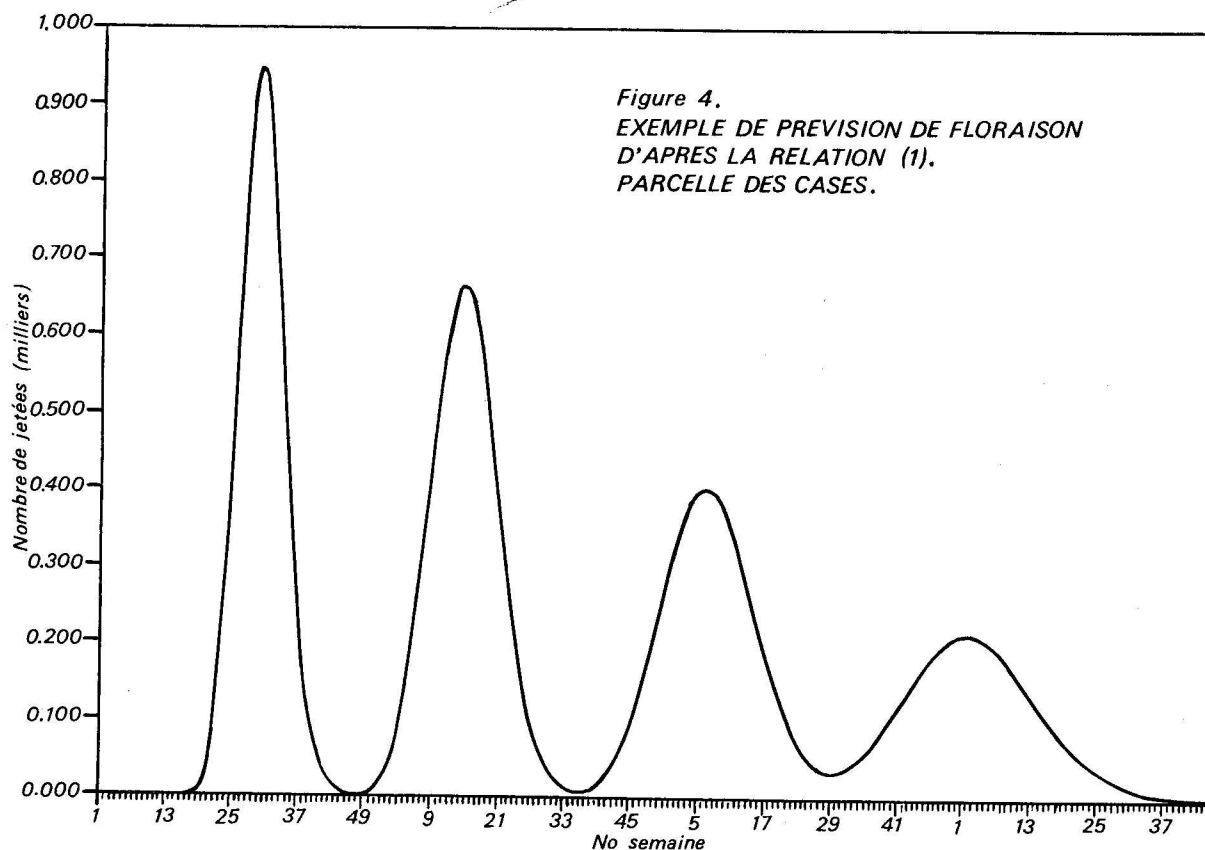
Figure 3.
COURBE DE DISTRIBUTION DE
LA FLORAISON DU BANANIER
EN 1^{er} CYCLE. EXEMPLE D'AJUS-
TEMENT A LA LOI LOG NORMA-
LE. PARCELLE DES CASES.

Récapitulatif.

La floraison hebdomadaire globale de la parcelle est donnée par la formule :

$$F(Y) = \sum_{c=1}^4 NJ(Y,c) \text{ en nombre de fleurs } \quad (1)$$

La figure 4 est la représentation graphique de l'équation ci-dessus pour la parcelle Des cases.



La récolte hebdomadaire globale de la parcelle est donnée par la formule :

$$R(Y) = \sum_{c=1}^4 r(Y,c) \text{ en kg de bananes } \quad (2)$$

Cette équation permet de tracer, pour environ 200 semaines après la date de plantation, la courbe de prévision de récolte dépendant d'un ensemble de paramètres $\mu x(c)$ et $\sigma x(c)$ (exemple pour la parcelle Des cases, figure 5).

Une formulation détaillée de la relation (2) est donnée en annexe.

PREMIERE APPROCHE D'UNE ESTIMATION DE $\mu X(C)$ ET DE $\sigma X(C)$

Dans un premier temps nous avons opté pour une estimation de $\mu x(c)$ et $\sigma x(c)$ pour un certain nombre de zones de Martinique, afin d'aboutir rapidement à une application pratique pour ces zones particulières.

Une enquête préliminaire, réalisée en 1985 par un stagiaire de l'Institut supérieur technique d'Outre-Mer, a mis en évidence l'influence de l'altitude et du précédent cultural sur la variation des IPF, mais sans pouvoir la quantifier à cause d'une trop grande variation entre les parcelles étudiées.

Influence de la date de plantation.

L'ensemble des parcelles étudiées n'a pas permis de mettre en évidence une éventuelle incidence de la date de plantation sur l'IPF, les parcelles étant plantées sensiblement à la même date pour assurer la production du premier cycle durant une période économiquement intéressante.

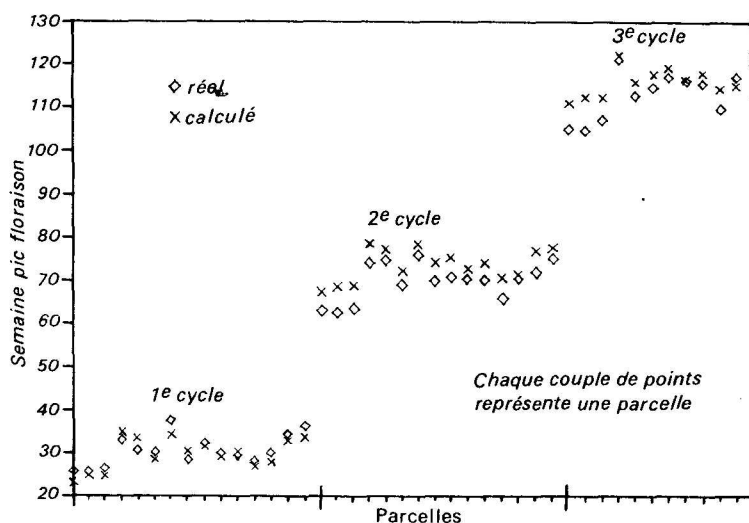
Effet de l'altitude.

Cette étude, réalisée à partir des cahiers de comptages de l'habitation Gradis à Basse-Pointe, a permis de préciser l'influence de l'altitude sur la longueur des cycles du bananier. L'habitation Gradis a la particularité de posséder des parcelles rectangulaires, régulièrement étagées de 80 à 210 mètres (figure 6).

TABLEAU 3 - Influence de l'altitude sur l'IPF - Habitation Gradis.

Parcelle	c	μx (c)	σx (c)	r	IPF	σy (c)	Alt.
Avocat I	1	3.250	0.076	0.98	26	2	85
Avocat II	1	3.245	0.080	0.98	26	2	100
Cent pas	1	3.277	0.067	0.98	27	2	100
Cotel. II et III	1	3.498	0.095	0.97	33	3	210
Cotellette I	1	3.421	0.115	0.96	31	4	195
Fonds sablé	1	3.399	0.086	0.95	30	3	140
Ilet I	1	3.620	0.119	0.98	38	4	205
Mangot	1	3.353	0.079	0.96	29	2	160
Morne delaunay	1	3.460	0.101	0.97	32	3	175
Palmiste I	1	3.391	0.094	0.98	30	3	145
Palmiste II	1	3.385	0.091	0.98	30	3	160
Pavé I	1	3.326	0.072	0.96	28	2	120
Pavé II	1	3.390	0.084	0.97	30	3	130
Roseau I	1	3.528	0.116	0.96	34	4	190
Roseau II	1	3.581	0.088	0.99	36	3	195
Avocat I	2	4.138	0.046	0.99	63	3	85
Avocat II	2	4.129	0.048	1.00	62	3	100
Cent pas	2	4.149	0.044	0.99	63	3	100
Cotel. II et III	2	4.303	0.064	0.97	74	5	210
Cotelette I	2	4.314	0.066	0.98	75	5	195
Fonds sablé	2	4.233	0.048	0.96	69	3	140
Ilet I	2	4.326	0.087	0.94	76	7	205
Mangot	2	4.242	0.056	0.98	70	4	160
Morne delaunay	2	4.256	0.061	0.98	71	4	175
Palmiste I	2	4.255	0.062	0.97	71	4	145
Palmiste II	2	4.248	0.063	0.97	70	4	160
Pavé I	2	4.181	0.054	0.98	66	4	120
Pavé II	2	4.251	0.065	0.95	70	5	130
Roseau I	2	4.273	0.071	0.97	72	5	190
Roseau II	2	4.318	0.051	0.97	75	4	195
Avocat I	3	4.651	0.044	0.99	105	5	85
Avocat II	3	4.648	0.047	0.99	104	5	100
Cent pas	3	4.673	0.042	0.98	107	5	100
Cotel. II et III	3	4.795	0.057	0.96	121	7	210
Fonds sablé	3	4.722	0.052	0.95	113	6	140
Mangot	3	4.742	0.049	0.98	115	6	160
Morne delaunay	3	4.762	0.048	0.95	117	6	175
Palmiste I	3	4.753	0.057	0.98	116	7	145
Palmiste II	3	4.747	0.060	0.97	115	7	160
Pavé I	3	4.695	0.044	0.98	110	5	120
Pavé II	3	4.759	0.055	0.98	117	6	130
Roseau II	3	4.81	0.040	0.96	123	5	195

Nota : r est un coefficient de corrélation qui représente la qualité de l'ajustement du cycle considéré à la loi log-normale.



BIBLIOTHEQUE
25 MARS 1988
CIDARC

Figure 11.
ECARTS ENTRE LES PICS DE FLO-
RAISON REELS ET CEUX ESTIMES
A PARTIR DU MODELE DE PRE-
VISION EN 1^e, 2^e ET 3^e CYCLES.
HABITATION MOULIN L'ETANG.

Parcelle	c	$\mu x(c)$	$\sigma x(c)$	r	IPF	$\sigma y(c)$	Prc
Crabière	3	4.642	0.029	0.94	104	3	B
Des cases	3	4.729	0.068	0.92	113	8	?
Dillon	3	4.648	0.041	0.99	104	4	B
Fany	3	4.764	0.057	0.97	117	7	B
Fany	3	4.626	0.040	0.97	102	4	B
Ferol	3	4.665	0.039	0.97	106	4	B
Ferol	3	4.774	0.067	0.93	119	8	B
Grosse roche	3	4.661	0.034	0.98	106	4	B
l'ilet	3	4.642	0.029	0.94	104	3	B
Palmiste	3	4.651	0.036	0.93	105	4	A

LIMITES DE LA MODELISATION

En comparant les valeurs théoriques, calculées à partir du modèle de prévision avec les comptages de floraisons, il est apparu que, si elles coïncidaient pour le premier cycle, on observait un décalage de plus en plus grand entre les pics attendus et les pics réels (figure 11).

L'imprécision sur le calcul du premier pic est de l'ordre de deux semaines. Cette erreur, se rajoutant à celle du pic suivant, rend rapidement le modèle inutilisable.

Pour pallier cet inconvénient, un recalcul, tenant compte de l'écart théorique réel, s'impose après chaque cycle réalisé. Cette approche permet de maintenir l'imprécision sur la détermination du cycle suivant aux alentours de deux semaines.

CONCLUSION

La maîtrise de la production bananière passe par une modélisation de la culture et des modifications importantes de l'itinéraire technique habituel.

Le modèle proposé s'appuie sur un historique réel, il intègre le modèle climatique de calcul des intervalles floraison-coupe. Des études en fonction des écologies sont nécessaires pour adapter les valeurs de $\mu x(c)$ et de $\sigma x(c)$ à des descripteurs climatiques tels que la température, la pluviométrie par exemple.

Ce modèle est un outil de prévision, de simulation et de réflexion, sur les choix techniques les mieux adaptés à l'orientation de la production bananière, mais il ne peut remplacer le savoir que le planteur acquiert quotidiennement sur sa bananeraie.

BIBLIOGRAPHIE

- DAGNELIE (P.). 1973.
Théorie et méthodes statistiques.
Presses agronomiques de Gembloux.
- GACON (F.). 1985.
Etude des cycles du bananier.
Rapport de stage. Institut supérieur technique d'Outre-Mer.
- GANRY (J.). 1973.
Etude sur le développement du système foliaire du bananier en fonction de la température.
Fruits, 28 (7-8), 499-516.
- GANRY (J.). 1977.
Détermination «in situ» du stade de transition entre phase végétative et phase florale du bananier, utilisant le coefficient de vitesse de croissance des feuilles.
Fruits, 32 (6), 373-386.
- GANRY (J.). 1978.
Calcul des sommes de vitesse de développement et des températures moyennes journalières à partir du minimum et du maximum journaliers de température sous climat tropical et équatorial.
Fruits, 33 (4), 221-236.
- GANRY (J.). 1978.
Recherche d'une méthode d'estimation de la date de récolte du bananier à partir des données climatiques dans les conditions des Antilles.
Fruits, 33 (10), 669-680.
- GANRY (J.). 1980.
Le développement du bananier en relation avec les facteurs du milieu.
Fruits, 35 (12), 727-743.
- GANRY (J.) et MEYER (J.P.). 1975.
Recherche d'une loi d'action de la température sur la croissance des fruits du bananier.
Fruits, 30 (6), 375-392.
- HORD (H.H.V.) et SPELL (D.P.). 1962.
Temperature as a basis for forecasting banana production.
Trop. Agric. Trinidad, 39 (3), 219-223.
- MEYER (J.P.). 1975.
Estimation de la productivité : calcul du poids des régimes du bananier en fonction du nombre de doigts et du poids d'un doigt.
Fruits, 30 (12), 739-744.

ANNEXE

Formule permettant le calcul de la production d'une parcelle.

$$R(Y) = \frac{n}{\sqrt{2\pi}} \cdot \sum_{c=1}^4 \left[\frac{RR(c) \cdot PMR(c)}{\sigma x(c)} \cdot \left(\left[\frac{0.30}{Y-1} \cdot \exp - \frac{1}{2} \cdot \frac{[\text{Log}(Y-1) - \mu x(c)]^2}{\sigma x(c)^2} \right] + \left[\frac{0.45}{Y} \cdot \exp - \frac{1}{2} \cdot \frac{[\text{Log}(Y) - \mu x(c)]^2}{\sigma x(c)^2} \right] + \left[\frac{0.25}{Y+1} \cdot \exp - \frac{1}{2} \cdot \frac{[\text{Log}(Y+1) - \mu x(c)]^2}{\sigma x(c)^2} \right] \right) \right]$$