Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride, 1993, 6, 119-142

/4

LA CROISSANCE DU BANANIER VAR. GROS MICHEL, A BILALA (CONGO)

DAGBA Eugène

ORSTOM - BP 1286 à POINTE-NOIRE (CONGO)

(Reçu le 12 Janvier 1994, accepté le 19 Octobre 1994)

Résumé : *La croissance du bananier, var. Gros Michel, a été étudiée, sur sol sablo-argileux à Bilala (Congo), dans deux champs, cultivés l'un à ciel ouvert, et l'autre sous limba* (Terminalia superba). *La longeur du stipe, sa circonférence au sol, à 30 cm et à 100 cm au-dessus du sol, le rang, la longueur et la largeur maximale de chaque feuille ont été notés au cours du temps. Un thermohygrographe et un actinographe ont été installés dans les deux milieux ainsi qu'un pluviomètre dans le champ à ciel ouvert. On constate un arrêt de croissance dans les deux champs pendant la saison sèche et une croissance en saison pluvieuse plus rapide en sous-bois qu'à ciel ouvert. Un ETP plus réduit en milieu boisé peut être considéré comme l'une des causes importantes de cette différence. C'est pourquoi le conseil à donner au paysan est de pratiquer la culture du bananier, de préférence, sous limba.*

Mots-clés : Bananier, var. Gros Michel, Congo, croissance, microclimat, système de culture.

GROWTH OF BANANA TREE VAR. GROS MICHEL AT BILALA (CONGO)

Summary : *Growth of the banana tree (var. Gros Michel) was investigated, on sandy and clayey soil at Bilala (Congo), in two farms, under open and shaded conditions, as well as under forest* (Terminalia superba) *canopy. The false stem length and its girdth at the soil, 30 cm and 100 cm above the soil, the rank, the length and the maximum width of the leaves were determined. A thermo-hygrograph and an actinograph were used under both conditions, besides a rain gauge in the open. We noticed a growth stop during the dry season under both conditions and increased growth under canopy in comparison to open land during the rainy season. A smaller ETP under forest conditions may explain one of the major reasons for this difference. Hence, should be the advice to give the farmer, is cultivation of the banana tree under forest conditions when possible.*

Key-words : Banana tree, var. Gros Michel, Congo, growth, microclimate, cultivating system.

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 41.765 ex1
Cote : B
22 JUIN 1995

INTRODUCTION

Dans les années 60, toutes les plantations de bananiers, var. Gros Michel, ont été décimées par la "maladie de Panama" qui n'a laissé intacts que trois îlots : Equateur, Congo, Zaire. La variété Poyo, plus productive mais plus exigeante (utilisation d'intrants), se répandit à sa place (Champion, 1963). Mais à l'heure actuelle, cette dernière est, à son tour, attaquée par une maladie qu'on ne parvient pas, pour le moment, à enrayer. Alors les yeux commencent à se tourner de nouveau vers la variété Gros Michel comme donneur éventuel de gènes de résistance. Si cette variété a fait l'objet d'un certain nombre d'études en Equateur, il n'en est pas de même au Congo où, de part sa rusticité, elle convient bien au paysan africain qui n'a pas les moyens financiers de se procurer des intrants. Elle est la première culture vivrière du Mayombe[1] , grenier du Congo, où on la rencontre dans deux systèmes de culture : à ciel ouvert ou sous limba (*Terminalia superba*). Il existe un Projet Mayombe UNESCO/PNUD/CONGO qui a pour but de *"réunir les bases scientifiques pour la planification du développement régional intégré du Mayombe congolais"* (UNESCO/PNUD, 1986 , Sénéchal *et al.*, 1989). Les villages-centres retenus par ce Projet sont : Bilala, Mvouti, Les Saras et Louvoulou.

Le but de cette étude est de recueillir dans les champs même du paysan des données sur la croissance et le développement d'une variété qui suscite de l'intérêt sur le plan mondial et d'apporter au Projet Mayombe une contribution à l'amélioration de la production bananière.

MATERIEL ET METHODES

La variété Gros Michel a été étudiée à Bilala dans deux champs de paysans, cultivés l'un à ciel ouvert et l'autre sous limba; mais nous ne connaissons aucun antécédent (date de plantation, nombre de cycles,...) de ces champs. La méthode de culture est traditionnelle : non alignement des rejets lors de leur mise en terre, pas d'oeilletonnage[2], pas d'utilisation d'intrants, sarclage une à deux fois par an. La densité, évaluée par la méthode des transects, est de l'ordre de 700 plants/ha.

---

[1] *Le Mayombe est une petite chaîne montagneuse boisée, large de 30 à 60 km, d'altitude 600 à 700 m, à peu près parallèle à la Côte Atlantique, allant du Gabon au Zaire en passant par le Congo.*

[2] *L'oeilletonnage consiste à supprimer les rejets au fur et à mesure de leur apparition pour n'en laisser qu'un ou deux se développer à côté de la plante-mère.*

Au départ, nous avions choisi 10 plants/champ espérant les remplacer par d'autres au fur et à mesure qu'ils arriveraient en fin de croissance. Mais beaucoup de ces plants ont été coupés par des inconnus, d'autres sont tombés sous leur propre poids au cours des tornades fréquentes en saison de pluies. Au bout de cinq années, nous n'avons pu avoir que 9 plants en sous-bois et 4 à ciel ouvert qui aient pu être suivis jusqu'à la floraison ou la maturation. Ont été notés au cours du temps la longueur du stipe, sa circonférence au collet (Cir. 0), à 30 cm (Cir. 30) et à 100 cm (Circ. 100) au-dessus du collet, le rang, la longueur et la largeur maximales des feuilles. Les mesures ont eu lieu tous les 28 jours (= 4 semaines) entre le 15/05/87 et le 29/07/92. Les bananiers ont souvent plus de 7 m de haut; or à partir d'une certaine hauteur, même avec une échelle, nous étions obligés d'arrêter les mesures, notamment celles de la longueur et de la largeur des feuilles. Nous ne disposons d'aucune donnée sur la productivité, le paysan récoltant systématiquement ses régimes avant notre passage hebdomadaire, malgré nos demandes réitérées.

Pour l'interprétation, les 4 plantes à ciel ouvert constituent un lot (1,0); en sous bois, il y a eu 2 lots de 4 plantes (2,0 - 2,1) et un lot d'une plante (2,2) caractérisés par la date du début des mesures du lot : 0, 250 et 670 jours après le départ de l'expérience (15/05/87). L'unique plante mesurée à partir de 670 jours a été retenue parce qu'elle indique le sens de l'évolution (Dagba *et al.*, 1988) de la population.

En sous-bois, ont été installés en 1987 un thermo-hygrographe sous abri à 50 cm au-dessus du sol et, à 110 cm au-dessus du sol, un actinographe bimétallique SIAP, à horlogerie mécanique, étalonné au pyranomètre n° 1312 Kipp et Zonen en septembre 1986 à Bologne en Italie (Dagba, 1990). Des thermomètres au sol (maxima, minima) et dans le sol (10, 20, 30 cm) ont été installés le 21/08/91; les thermomètres au sol ont été volés le 26/12/91. Un ensemble similaire a été installé à ciel ouvert : thermomètres au sol et dans le sol, dans le champ du paysan, thermo-hygrographe, actinographe et pluviomètre à 150 cm au-dessus du sol à l'O.C.F. (Office Congolais des Forêts) situé à environ 4 km du champ.

L'analyse granulométrique et chimique du sol a été réalisée au laboratoire commun d'analyses du Centre ORSTOM de Pointe Noire. La densité apparente et la porosité du sol ont été évaluées ainsi que la teneur en eau périodique du sol (Dagba, 1993a).

Les donnés issues de cette étude peuvent permettre d'améliorer le modèle agroforestier traditionnel bananier-limba.

Tableau 1 : Caractéristiques du sol (prélèvement du 07.07. 1993)

1 = champ à ciel ouvert *2 = champ en sous-bois* *M.O. = matière organique*

Sols	Profond. (cm)	Granulométrie					pH	M.O.	Eléments minéraux				
		Argiles (%)	Limons (%)		Sables (%)				Ca++ (me./100)	Mg++ (me./100)	K+ (Me./100)	N(%)	C(%)
			fins	Grossiers	Fin	Grossiers							
1	(0-10)	18,39	15,07	4,27	32,88	26,60	5,15	0,76	0,89	0,52	0,16	0,09	0,44
	(10-30)	21,61	15,94	3,86	25,69	28,67	5,02	0,52	0,49	0,35	0,18	0,07	0,30
	(30-40)	21,61	16,35	3,94	26,66	27,69	5,04	0,53	0,39	0,31	0,16	0,08	0,31
2	(0-10)	12,68	6,13	4,10	27,86	47,38	6,75	0,57	1,76	0,28	0,14	0,09	0,33
	(10-30)	20,96	4,45	3,18	22,55	47,56	6,75	0,34	1,52	0,45	0,18	0,07	0,20
	(30-40)	23,55	5,16	2,11	24,46	42,31	6,69	0,40	1,62	0,61	0,19	0,08	0,23

Tableau 2 : Densité apparente, porosité et humidité du sol (prélèvement du 04/05/1988)(moyenne ± intervalle de confiance au niveau 5%)

Champ	Pronfondeur (cm)	Da (g/cm3)	Hp (g/100g)	Hv (g/100 cm3)	Porosité (%)	h (mm)
1	(0-10)	1,51 ± 0,22	19,5 ± 4,4	28,8 ± 2,8	39,6	28,8
	(10-30)	1,79 ± 0,11	17,4 ± 2,2	31,1 ± 3,6	28,4	62,1
	(30-50)	1,73 ± 0,07	19,4 ± 3,1	33,7 ± 4,7	30,8	67,3
2	(0-10)	1,43 ± 0,11	20,9 ± 1,4	29,7 ± 1,4	42,8	29,7
	(10-30)	1,60 ± 0,12	17,5 ± 1,6	27,9 ± 4,1	36	55,9
	(30-50)	1,77 ± 0,12	16,5 ± 1,1	29,1 ± 0,5	29,2	58,1

Da = densité apparente du sol *Hp = humidité pondérale (en % ou en g/100g secs)* *Hv = humidité volumique (g/100 cm3 de sol*
h = lame d'eau *1 = champ à ciel ouvert* *2 = champ en sous-bois*

RESULTATS

Nous examinerons successivement les données relatives au sol, au climat et à la plante.

I. CARACTERISTIQUES DU SOL

Bilala est situé en pleine zone de contact entre le Mayombe - dont les altérations donnent naissance à des sols argileux - et les dépôts sédimentaires de la Série des Cirques où se développent des sols sableux (Jamet & Riffel, 1976). De ce fait, les sols présentent une grande variabilité, même sur de faibles distances.

A. Propriétés physiques

La composition granulométrique (tableau 1) des deux sols diffère notamment en argile, limons fins et sables grossiers. Si pour les profondeurs (10-30) et (30-40) cm, les teneurs en argile sont du même ordre de grandeur, pour la profondeur (0-10) cm par contre, le sous-bois se révèle plus pauvre (12,7% contre 18,4%). Sur les trois profondeurs, le sol 2 (=sous-bois) est plus pauvre en limons fins (4 à 6% contre 15-16%) et plus riche en sables grossiers (42 à 47% contre 27-29%). Pour les profondeurs 0-10 et 10-30 (cm), la porosité (tableau 2) est plus élevée (36 à 43 % contre 28 à 40%) sur le sol 2.

Ces caractéristiques du milieu boisé, malgré la faible teneur en argile de la profondeur (0-10) cm, favorise une meilleure répartition de l'eau, une circulation plus aisée de l'oxygène de l'air, une pénétration plus facile des racines dans le sol et, par suite, une meilleure absorption des éléments minéraux par les plantes.

B. Propriétés chimiques

1) **pH** - Les pH sont très différents. Le sol 1 (tableau 1) est acide ($5,04 \leq pH \leq 5,15$) et le sol 2 neutre (pH de l'ordre de 6,7). Bien que compris dans la zone de tolérance ($4 \leq pH \leq 7$) définie pour le bananier par Champion (1963), ces pH ne correspondent pas à la zone ($5,5 \leq pH \leq 6,0$) de rendement optimal déterminée par Fox (1989).

2) **Humus et matière organique** - Le taux d'humus (1,3 - 2,3 % contre 2,3 - 4,0 %) et de matière organique (0,34 - 0,57 contre 0,52 - 0,76) est plus faible sur le sol 2. Ces observations vont dans le sens de celles de Bernhard-Reversat & Tchbinda-Pemo (1988) qui expliquent le mécanisme comme suit : la litière sous Limba apporte annuellement au bananier 6 à 7 tonnes de matière organique par hectare, mais le microclimat du sous-bois étant favorable à une décomposition accélérée, le stock d'humus du

sol superficiel est plus faible sous Limba qu'à ciel ouvert, malgré un apport de litière environ double. Le turn-over des éléments minéraux y est rapide et le bananier planté en milieu boisé bénéficie de cet apport minéral supplémentaire.

3) **Azote** - La teneur en N observée dans les 2 sols est de 0,09%. En Afrique Occidentale et Centrale on considère que les teneurs du sol en N total de 1% à 2% sont satisfaisantes (Boyer, 1982).

4) **Potassium** - Les teneurs observées en K sont de 0,16 me/100g (sol 1) et de 0,14 me/100g (sol 2). Les seuils de carence et de déficience en K sont de 0,10 me/100g et de 0,20 me/100g (Boyer, 1982). Il n'y a donc pas de carence potassique. Aubert (1958, 1967) avait déjà observé une absence de carence en K dans les bananeraies du Mayombe malgré les faibles teneurs en K. Un tel état de choses serait lié à la présence dans le sol de mica blanc en voie d'altération et d'une faible fraction argileuse de nature illitique.
Tous les auteurs s'accordent à considérer qu'une tonne de régimes de bananes contient environ (Martin-Prével, 1984) : 5 kg de K; 1,2 à 2,0 kg de N; 0,25 kg de Mg; 0,2 kg de Ca et 0,2 kg de P. Les besoins du bananier en K sont donc énormes.

5) **Autres éléments minéraux** - Aucun symptôme visuel particulier n'a été observé.

C. En résumé

Le pH des deux sols mérite d'être corrigé. Le sol sous limba est plus meuble et plus propice à une meilleure productivité que celui à ciel ouvert. Avec des apports réguliers de matière organique d'origine forestière, le sol ne s'appauvrit pas au cours des années de culture (Godefroy *et al.*, 1978).

II. LE CLIMAT

De nos travaux antérieurs (Dagba, 1990, 1991, 1992b, 1993b) on peut conclure que :

- le climat bas-congolais (fig. 1a), est une variante du type "guinéen forestier", caractérisé par :
- une hauteur annuelle de pluies comprise entre 1200 et 1700 mm.
- une saison de pluies de mi-octobre à mi-mai avec les maxima de température et d'éclairement les plus élevés de l'année; elle est entrecoupée par une petite période sèche (janvier) qui n'est pas reconnue comme saison sèche dans le terminologie ombro-thermique de Gaussen (1954) et Gaussen & Bagnouls (1957).
- une saison sèche de mi-mai à mi-octobre avec les minima de température et d'éclairement les plus faibles de l'année.

Fig.1 : Données météorologiques à Bilala de Juillet 1987 à Juin 1992

fig. 1a: Courbe ombro-thermique à ciel ouvert
Δ = P = Pluviométrie (mm)
+ = T = Temp. moyenne (°C et 1/10)
Saison pluvieuse *saison sèche*

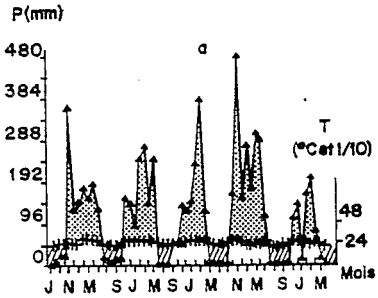


fig. 1b: Rayonnement solaire globale à ciel ouvert et en sous bois
Δ = Ciel ouvert
+ = Sous bois

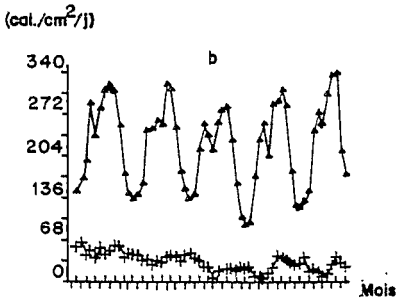


fig. 1c:Maxima et minima de l'humidité relative de l'air à ciel ouvert et en sous bois

Δ = maxima à Ciel ouvert; + = maxima en sous bois
O = Minima à ciel ouvert; □ = minima en sous bois

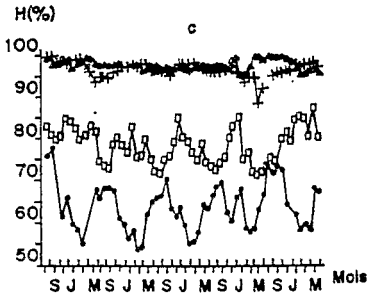


fig. 1d: Humidité relative moyenne de l'air à ciel ouvert et en sous bois

Δ = Ciel ouvert
+ = Sous bois

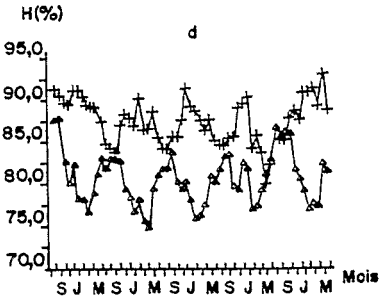


fig. 1e: Moyenne mensuelle de température (°C) à ciel ouvert et en sous bois

Δ = Ciel ouvert ; + = Sous bois

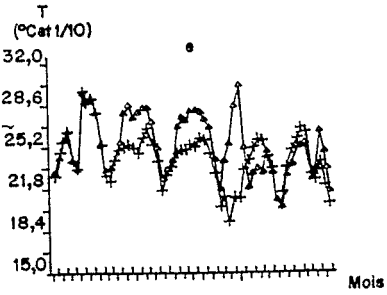
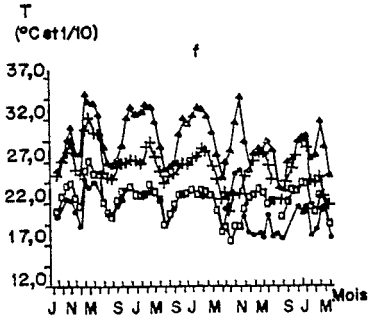


fig. 1f : Maxima et minima mensuels de température (°C) à ciel ouvert et en sous bois

Δ = maxima à Ciel ouvert; + = maxima en sous bois
O = Minima à ciel ouvert; □ = minima en sous bois



Les minima annuels (en août-septembre) de l'éclairement (fig. 1b) à ciel ouvert se situent entre 100 et 135 cal./cm^2/jr tandis que les maxima annuels (en février-mars) oscillent entre 290 et 340 cal./cm^2/jr. En sous-bois, l'éclairement varie très peu au cours de l'année, entre 10 et 70 cal./cm^2/jr, avec une moyenne de l'ordre de 40-50 cal./cm^2/jr.

Les maxima de température sont plus élevés et les minima plus faibles à ciel ouvert qu'en sous-bois (fig. 1f). Les variations journalières de température sont, de ce fait, plus faibles en sous-bois et la moyenne mensuelle (fig. 1e) y est souvent plus faible aussi. Le milieu boisé engendre un microclimat "tamponné".

Les maxima d'humidité relative de l'air ((fig. 1c) sont peu différents dans les deux milieux; par contre les minima (fig. 1c) et la moyenne (fig. 1d) sont plus faibles à ciel ouvert.

Le tableau 3, relatif aux données météorologiques à Bilala en février (saison des pluies) et juillet (saison sèche) 1988 illustre ces différentes variations.

Tableau 3 : Données météorologiques à Bilala en février et juillet 1988

Paramètre	Milieu	Février 1988			Juillet 1988		
		maxima moyens	minima moyens	moyenne	maxima moyens	minima moyens	moyenne
T en C° et 1/10	Ciel ouvert	34°9	24°7	29°8	26°7	20°0	23°3
	Sous-bois	30°6	25°9	28°3	24°9	20°6	22°8
H (%)	Ciel ouvert	98 %	58 %	78 %	98 %	66 %	82 %
	Sous-bois	99 %	83 %	91 %	95 %	74 %	85 %
E en cal./cm^2/jr.	Ciel ouvert	-	-	312	-	-	143
	Sous-bois	-	-	43	-	-	48

T : Température; H : Humidité relative de l'air E : Eclairement

Fig.2 : Croissance au cours du temps, du bananier cultivé à ciel ouvert (lot 1,0)

Δ = Plante n° 7 ' + = Plante n° 8.' O = plante n° 9 ' □ = Plante n° 9''

fig. 2a: Longueur du stipe au cours du temps

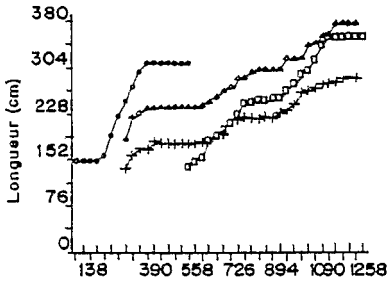


fig. 2d : Circonférence du stipe à 100 cm au dessus du sol, au cours du temps

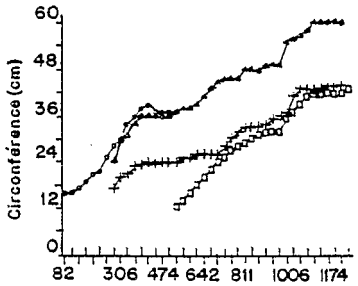


fig. 2b: Circonférence du stipe au sol (= au collet), au cours du temps

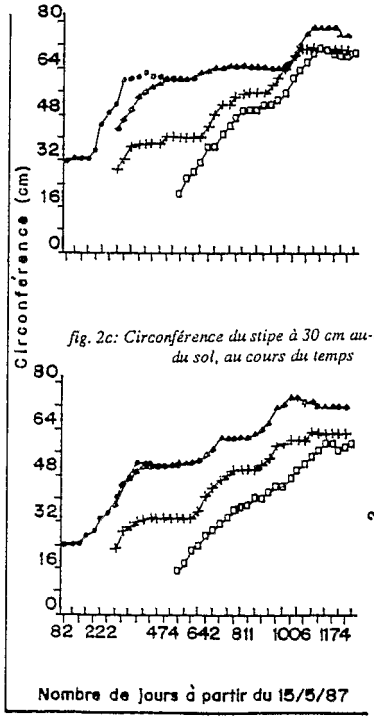


fig. 2e: Nombre de feuilles au cours du temps

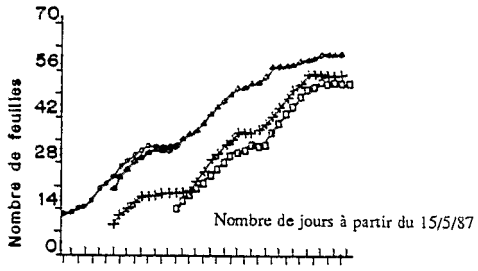


fig. 2c: Circonférence du stipe à 30 cm au-dessus du sol, au cours du temps

fig. 2f : Longueur x largeur de la feuille en fonction du rang de la feuille

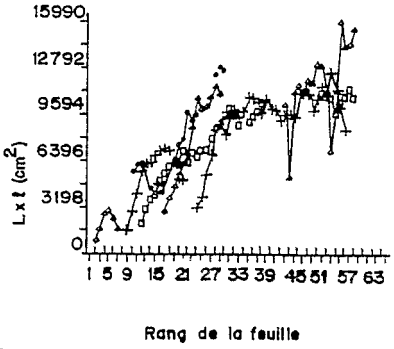


Fig.3: Croissance au cours du temps, du bananier cultivé en sous bois (lot 2,0)

Δ = Plante n° 10 *+ = Plante n° 16,* *O = plante n° 18;* *□ = Plante n° 19*

fig. 3a: Longueur du stipe au cours du temps

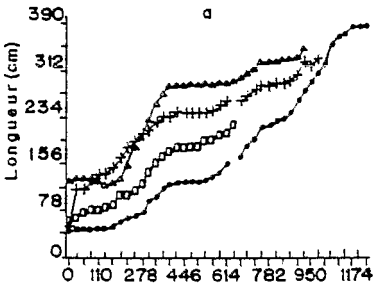


fig. 3d : Circonférence du stipe à 100 cm au dessus du sol, au cours du temps

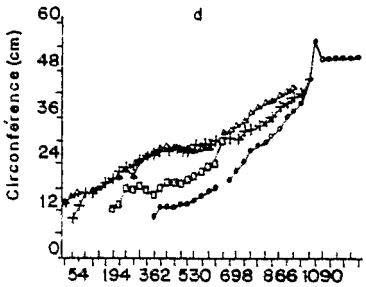


fig. 3b: Circonférence du stipe au sol (= au collet), au cours du temps

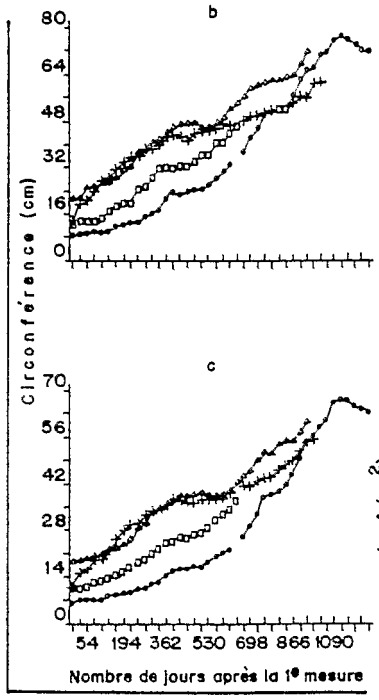
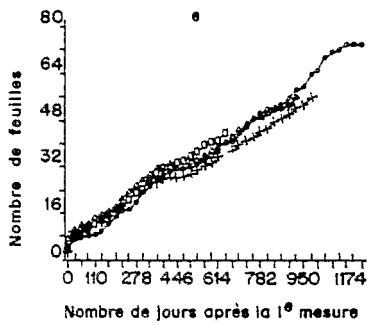


fig. 3e: Nombre de feuilles au cours du temps



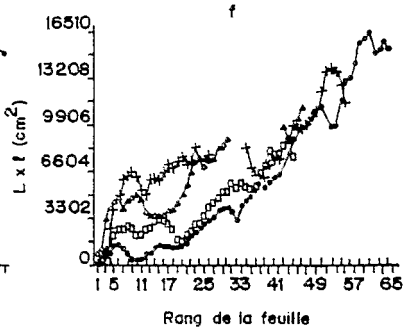


fig. 3c: Circonférence du stipe à 30 cm au-dessus du sol, au cours du temps

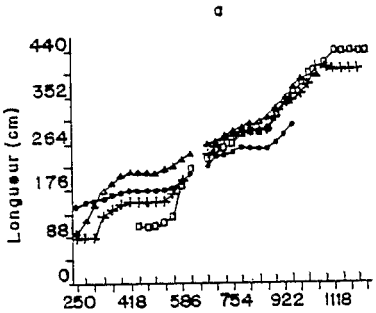
fig. 3f : Longueur x largeur de la feuille en fonction du rang de la feuille

Fig.4: Croissance au cours du temps, du bananier cultivé en sous bois (lot 2,1)

Δ = Plante n° 13 ' + = Plante n° 15 ' O = plante n° 11 '' □ = Plante n° 20 ''

fig. 4a: Longueur du stipe au cours du temps

fig. 4d : Circonférence du stipe à 100 cm au dessus du sol, au cours du temps



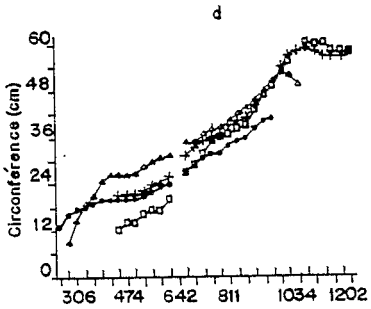
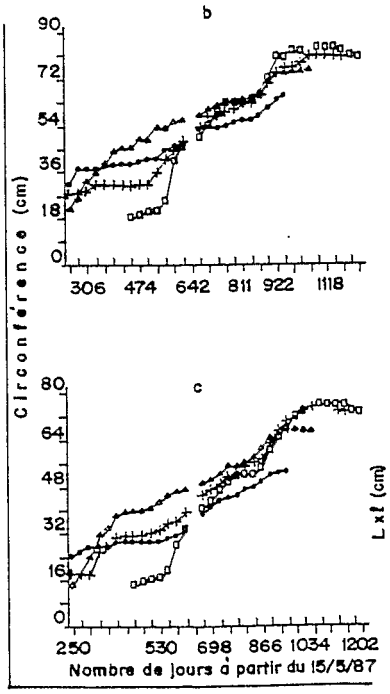
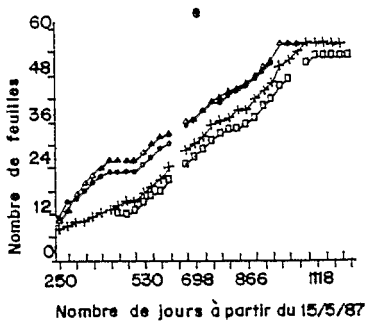


fig. 4b: Circonférence du stipe au sol (= au collet), au cours du temps

fig. 4e: Nombre de feuilles au cours du temps





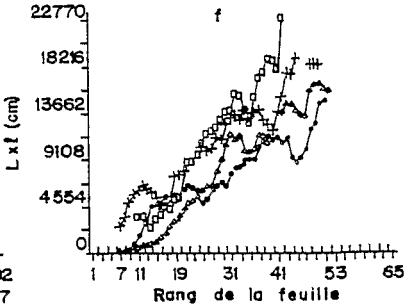


fig. 4c: Circonférence du stipe à 30 cm au-dessus du sol, au cours du temps

fig. 4f : Longueur x largeur de la feuille en fonction du rang de la feuille

III. LA PLANTE

Comme les plantes ne sont pas toutes au même stade de croissance, nous les avons d'abord regroupées par lots de quatre en fonction des dates du début des mesures et du milieu (1,0; 2,0; 2,1; 2,2), ensuite étudiées une à une au sein de chaque lot; puis, enfin, nous avons recherché pour chaque lot et chaque paramètre une tendance générale de croissance par ajustement à une droite de régression.

En les considérant une à une à l'intérieur du lot, on constate que la croissance est rythmique (fig. 2): croissance en saison pluvieuse, arrêt de croissance en saison sèche. L'arrêt de croissance semble plus net chez les grandes plantes que chez les petites en sous-bois (fig. 3a, 3c). Ces dernières, de par leur petite taille, ont peut-être un besoin en eau plus réduit et par suite plus facile à satisfaire que celui des plantes plus grandes. Cette rythmicité ne s'observe pas en culture sans sol (fig. 7) où la plante est convenablement ravitaillée en eau tout au long de l'année. C'est donc surtout au déficit en eau du sol pendant la saison sèche (Dagba, 1993a) que l'on doit attribuer cet arrêt de croissance, bien que l'éclairement et la température soient au minimum en cette saison. Cette rythmicité s'observe sur tous les paramètres étudiés: longeur du stipe (fig. 2a, 3a, 4a), circonférence du stipe au sol (fig. 2b, 3b, 4b), à 30 cm (fig. 2c, 3c, 4c) et à 100 cm (2d, 3d, 4d) au-dessus du sol, nombre de feuilles (fig. 2e, 3e, 4e) au cours du temps; pour le produit longueur par largeur de la feuille (fig. 2f, 3f, 4f) en fonction du rang de la feuille, on note même des minimums correspondant aux périodes de transition entre la saison pluvieuse et la saison sèche. Ce minimum est plus accentué à ciel ouvert (fig. 2f) qu'en sous-bois (fig. 3f, 4f). Pendant la période de transition entre les deux saisons, on assiste à une réduction progressive des dimensions foliaires, réduction que l'on peut corriger par arrosage (fig. 8a). La longueur de la feuille n° 7 (fig. 8a) s'est arrêtée à 63 cm avant le début de l'arrosage. Le parallélisme des pentes des courbes a) et b) (fig.8) entre les abscisses 2 à 5 et 14 à 17 laisse supposer que la longueur maximale de la feuille n° 8 aurait été de 33 cm et peut-être moindre s'il n'y avait pas eu arrosage. Enfin le parallélisme des pentes des courbes b) et c) entre les abscisses 18 à 21 et 169 à 173 montre la reprise de la croissance à un taux élevé en début de saison pluvieuse. Nous avons comparé (fig. 5 et tableau 5) la croissance en longueur au cours du temps de 3 plantes, l'une à ciel ouvert (du lot 1,0) et les 2 autres en sous-bois (des lots 2,0 et 2,1). On constate que la période d'arrêt de croissance est la même pour les 2 plantes en sous-bois alors qu'elle est plus longue à ciel ouvert où elle commence plus tôt et finit plus tard. Cela est sans doute dû au fait que la teneur en eau du sol est comprise entre le point de flétrissement permanent et le plancher des 2/3 de la Réserve Utile de juin à novembre à ciel ouvert et de juillet à octobre seulement en sous-bois (Dagba, 1993a). On constate aussi que pendant la période de croissance, la pente de la courbe est légèrement plus élevée chez 2,0. La croissance est plus faible à ciel ouvert qu'en sous-bois et dans ce milieu boisé, elle dépend de la date d'apparition des rejets.

Tableau 4 : Caractéristiques des droites de régression

1,0. = ciel ouvert: la première mesure a lieu 82 jours après le début des mesures
2,0 = sous-bois : la première mesure coïncide avec le début des mesures
2,1 = sous-bois : la première mesure a lieu 250 jours après le début des mesures
2,2. = sous-bois : la première mesure a lieu 670 jours après le début des mesures *L = longueur* *l = largeur*
Circ. j = circonférence (cm) du stipe à j centimètres au-dessus du sol (= collet) *a = ordonnée à l'origine* *m = moyenne*
r = coefficient de correlation *b = pente de la droite* *p = probabilité* *n = nombre d'observations* *i =intervalle de confiance (5%)*

			b		a		
Paramètre	Milieu	r	m ± i	p	m ± i	p	n
Longueur	1,0	0,700	0,141 ± 0,028	0,0001	152,407 ± 21,521	0,0001	109
	2,0	0,851	0,252 ± 0,026	0,0001	79,544 ± 15,291	0,0001	137
	2,1	0,953	0,343 ± 0,021	0,0001	12,194 ± 15,394	0,1193	112
	2,2	0,977	0,452 ± 0,052	0,0001	-130,253 ± 50,258	0,0001	18
Cir. 0	1,0	0,703	0,031 ± 0,006	0,0001	33,582 ± 4,713	0,0001	109
	2,0	0,904	0,051 ± 0,004	0,0001	13,526 ± 2,382	0,0001	137
	2,1	0,931	0,063 ± 0,005	0,0001	10,526 ± 3,655	0,0001	112
	2,2	0,963	0,075 ± 0,011	0,0001	-4,141 ± 10,676	0,4230	18
Cir. 30	1,0	0,703	0,032 ± 0,006	0,0001	25,771 ± 4,780	0,001	109
	2,0	0,893	0,046 ± 0,004	0,0001	9,446 ± 2,259	0,001	137
	2,1	0,940	0,064 ± 0,005	0,0001	1,391 ± 3,283	0,4031	112
	2,2	0,979	0,071 ± 0,009	0,0001	-9,712 ± 7,401	0,0133	18
Cir. 100	1,0	0,701	0,026 ± 0,005	0,0001	16,646 ± 3,878	0,0001	109
	2,0	0,861	0,031 ± 0,003	0,0001	9,877 ± 2,119	0,0001	137
	2,1	0,957	0,052 ± 0,003	0,0001	-3,411 ± 2,332	0,0045	112
	2,2	0,988	0,067 ± 0,006	0,0001	-22,399 ± 5,341	0,0001	18
Nbr. de feuilles	1,0	0,872	0,041 ± 0,005	0,0001	7,250 ± 3,415	0,0001	109
	2,0	0,988	0,054 ± 0,003	0,0001	5,979 ± 0,828	0,0001	137
	2,1	0,943	0,051 ± 0,004	0,0001	-2,942 ± 2,553	0,0243	112
	2,2	0,994	0,062 ± 0,003	0,0001	-26,656 ± 3,328	0,0001	18
L x l = f (rang) (feuilles)	1,0	0,816	168,829 ± 20,621	0,0001	3085,651 ± 704,100	0,0001	134
	2,0	0,864	202,070 ± 16,995	0,0001	460,491 ± 530,980	0,0888	189
	2,1	0,866	358,169 ± 32,049	0,0001	-1076,403 ± 992,347	0,0337	164
	2,2	0,994	545,754 ± 107,285	0,0005	-7390,918 ± 1968,320	0,0013	5

Tableau 5 : Correspondance entre la date de mesure, le nombre de jours après la première mesure et la saison

Du au	15/05/87 28/10/87	0 166	Sèche
Du au	28/10/87 11/05/88	166 362	Pluvieuse
Du au	11/05/88 26/10/88	362 530	Sèche
Du au	26/10/88 10/05/89	530 726	Pluvieuse
Du au	10/05/89 25/10/89	726 894	Sèche
Du au	25/10/89 09/05/90	894 1090	Pluvieuse
Du au	09/05/90 24/10/90	1090 1258	Sèche
Du au	24/10/90 08/05/91	1258 1454	Pluvieuse
Du au	08/05/91 23/10/91	1454 1622	Sèche
Du au	23/10/91 06/05/92	1622 1818	Pluvieuse

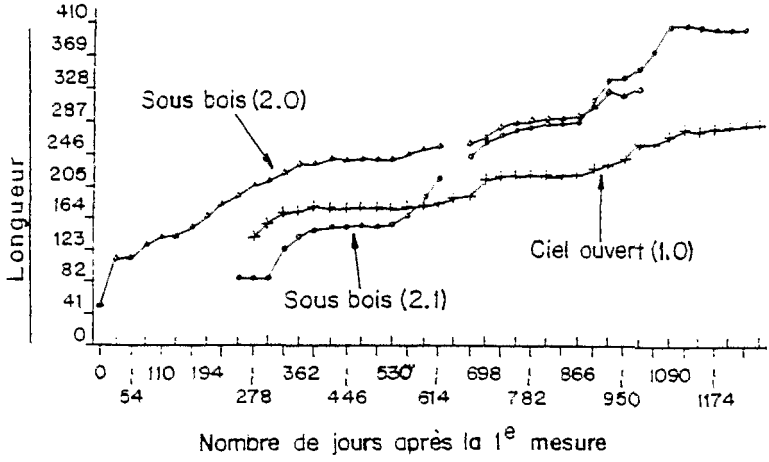


Figure 5: Croissance comparée, au cours du temps, de la longueur du stipe à ciel ouvert et en sous bois.
Δ = Plante n° 16 (lot 2,0); + = Plante n° 8' (lot 1,0); O = plante n° 15' (lot 2,1).

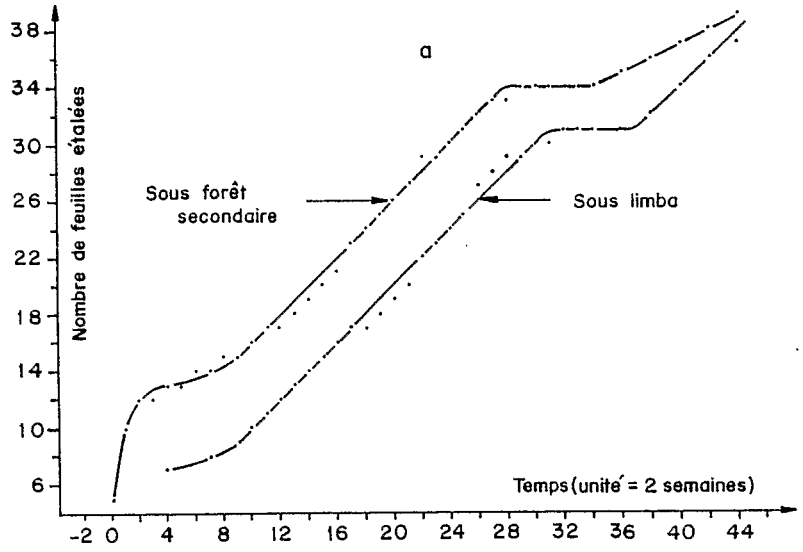


figure 6a : Rythme plastochronique apparent du bananier cultivé en forêt secondaire ou sous limba : Vitesse d'apparition des feuilles.

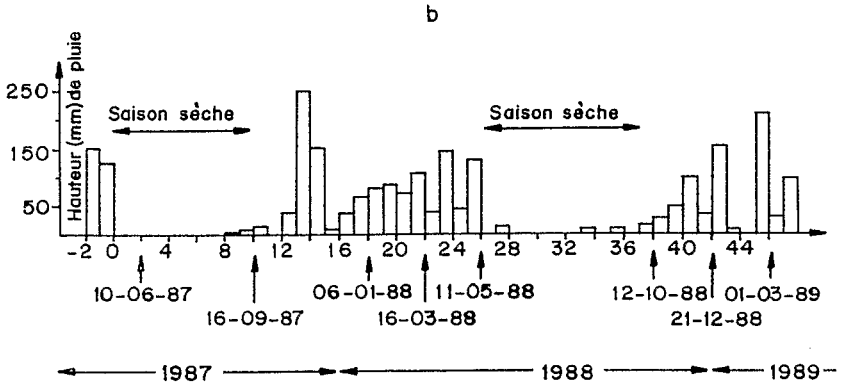


figure 6b : Rythme plastochronique apparent du bananier cultivé en forêt secondaire ou sous limba : Pluviométrie.

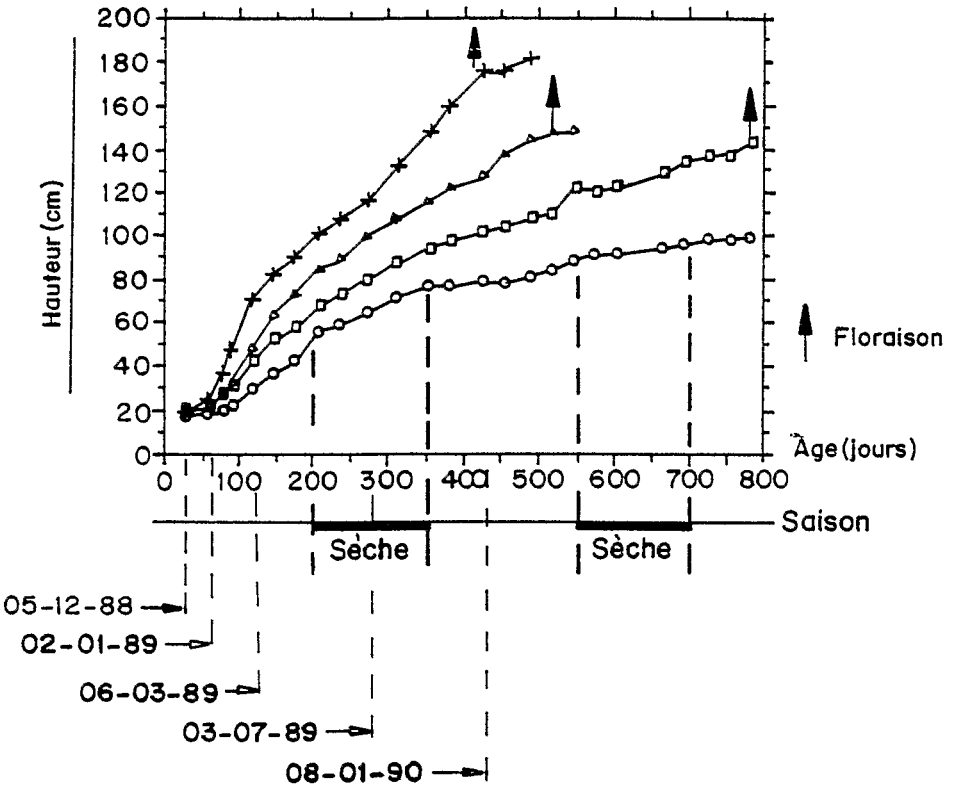


Figure 7: Croissance en longueur, au cours du temps, du stipe du bananier en culture sans sol, en fonction de la concentration de la solution nutritive.

O = 1/16 Hoagland; □ = 1/8 Hoagland,
Δ = 1/4 Hoagland; + = 3/8 Hoagland

Deux plantes, l'une à ciel ouvert (avec par endroits des parasoliers*, *Musanga cecropoides* R. Br.) et l'autre sous limba ont été comparées (fig. 6) du point de vue du rythme plastochronique apparent. On observe un ralentissement simultané de croissance en saison sèche quand les plantes sont jeunes (de l'abscisse 4 à 8) et un arrêt de croissance avec un certain décalage quand elles sont plus âgées (de l'abscisse 28 à 36) : l'arrêt est plus précoce sous forêt secondaire mais sa durée est la même. L'élément forêt (secondaire ou non) raccourcit donc la période d'arrêt de croissance. On constate aussi que le rythme plastochronique apparent est le même dans les deux milieux entre les deux saisons sèches: la forêt secondaire est déjà plus propice à la croissance que le ciel ouvert sans arbres. Après la deuxième saison sèche, la pente de la courbe de croissance sous forêt secondaire baisse tandis que celle sous-limba se maintient. Cela pourrait être lié à l'apport d'éléments minéraux dû à une litière plus abondante sous limba et au fait que le bananier en forêt secondaire, moins protégé par le feuillage des arbres, est exposé à un éclairement et une température par moments, dépressifs pour sa croissance (Dagba, 1992a).

Pour un paramètre donné et un graphique d'un lot de quatre plantes, les données peuvent être ajustées à une droite ascendante (tabl. 4) dont la pente est plus faible à ciel ouvert qu'en sous-bois où elle s'élève avec la date du début des mesures c'est-à-dire avec le cycle du bananier (=numéro d'ordre d'apparition de la plante-mère compté à partir de la date de naissance de la plantation). C'est ainsi que pour la longueur du stipe par exemple, nous avons, pour les lots 1,0; 2,0; 2,1 et 2,2 , les pentes respectives suivantes : 0,141 - 0,252 - 0,343 et 0,452. La croissance est moindre à ciel ouvert qu'en sous-bois où elle s'avère d'autant meilleure que le cycle est plus élevé.

---

* *La présence de parasoliers indique le début d'une forêt secondaire.*

Fig. 8c : Croissance de la feuille n° 19 apparue en début de saison pluvieuse. Observer le parallélisme des pentes des courbes 8b et 8c entre les abscisses 18 à 21 et 169 à 173.

Fig. 8b : Effet, sur la croissance de la feuille n°8 en saison sèche, d'un arrosage journalier, commencé avant l'apparition de cette feuille. Observer le parallélisme des pentes des courbes 8a et 8b entre les abscisses 2 à 5 et 14 à 18.

Fig. 8a : Effet de la saison sèche sur la croissance en longueur de la feuille n° 7. Observer l'arrêt de croissance suivi, après arrosage, de reprise de croissance.

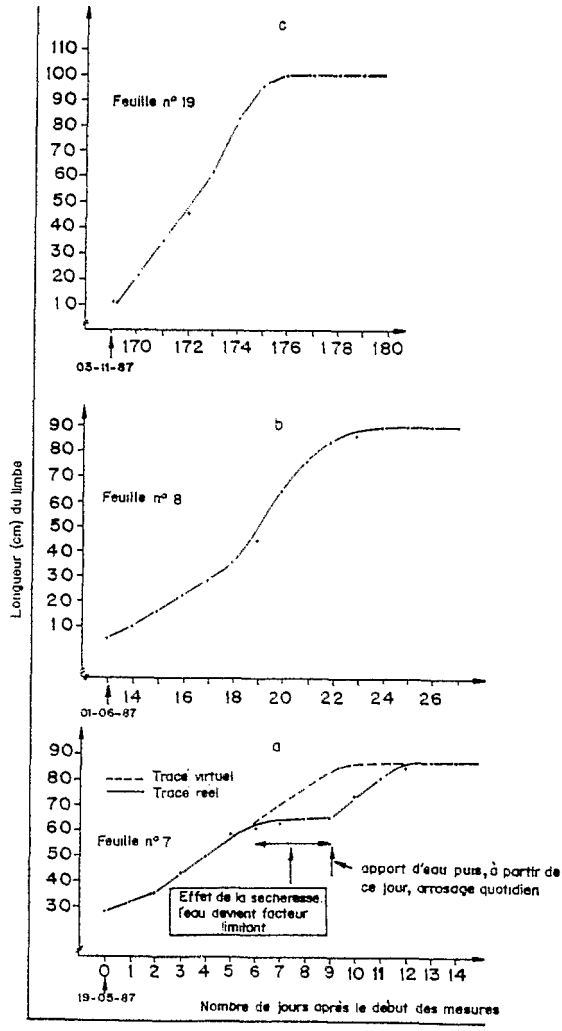


Figure 8 : Croissance en longueur, au cours du temps, du limbe foliaire du bananier (plante n° 4) aux Centre ORSTOM de Pointe Noire.

DISCUSSION

Baldy (1986) signale "le manque d'études précises sur la croissance et le développement des cultures en milieu paysan, c'est-à-dire qui tiennent compte des modes de cultures traditionnelles". Notre démarche peut-être considérée comme une tentative de réponse partielle à son appel. Mais le travail scientifique dans les champs mêmes du paysan, en Afrique surtout, rencontre de sérieuses difficultés : mauvais état des routes, date de semis ou de plantation inconnue, méfiance du paysan, vols, sabotage, etc... Il serait bon que l'expérimentateur puisse installer ses essais dans un espace que lui réserve le paysan, en s'inspirant à la fois des systèmes de cultures traditionnels et de la méthode scientifique.

Nos observations sur l'amplitude faible des variations de température, d'éclairement et d'humidité relative de l'air dans un milieu boisé ont été signalées par de nombreux chercheurs, par exemple Baldy (1986) en Tunisie et au Burkina Faso. Cet auteur indique que les besoins en eau en saison sèche sont réduits sous de tels microclimats et même au sein de vastes périmètres simplement limités à leur périphérie par des ceintures d'arbres : l'économie peut atteindre 30%. En conséquence, il préconise, en Tunisie, la répartition de l'espace paysan en auréoles concentriques : au centre, des cultures maraîchères, puis une couronne d'arbres fruitiers, puis une de cultures annuelles. On peut s'inspirer de ce modèle pour améliorer le système de culture bananier-limba.

En Côte d'Ivoire, Lassoudière (1978b) note, sur sols ferrallitiques, un ralentissement de la croissance du stipe en petite saison sèche (juillet-août) et "un effet indéniable" de l'irrigation sur la croissance pendant cette période. De même, le temps d'émission foliaire (7 jours en moyenne entre l'émission de deux feuilles successives) s'allonge considérablement pendant cette petite saison sèche et l'harmattan (janvier-février). Cela s'accorde avec l'arrêt de croissance observé au Congo en saison sèche (mai-octobre) et l'irrigation que nous préconisons en cette saison (Dagba, 1992a, 1993a). Mais d'un côté, on parle de ralentissement, de l'autre, d'arrêt de croissance. Cela est dû au fait qu'en Côte d'Ivoire, l'harmattan et la petite saison sèche durent chacun un à un mois et demi tandis qu'au Congo la saison sèche dure cinq mois consécutifs avec les températures les plus basses et l'éclairement le plus faible de l'année. Lassoudière attribue à l'effet de la température l'allongement du temps d'émission foliaire pendant l'harmattan et indique qu'en sols ferrallitiques, le déficit hydrique, la faible insolation et les températures basses sont limitants. Nous n'avons pu dissocier les effets respectifs de ces facteurs sur l'arrêt de la croissance au Congo. Mais les courbes de croissance (fig. 7 et 8) obtenues en culture sans sol et sur sol sableux au Centre ORSTOM de Pointe-Noire laissent supposer que, dans nos conditions d'expérimentation, le facteur limitant prépondérant est l'eau. Et Lassoudière a constaté dans ses essais que "sur sol minéral, l'action de la température et de

l'insolation a été masquée par celle du bilan hydrique". Il convient cependant de rappeler que l'action de la température et de l'insolation sur le bananier a été mise en évidence par plusieurs auteurs. Green & Kuhne (1970) indiquent une relation entre la température sous abri et l'allongement de la feuille du bananier, avec arrêt d'élongation vers 11°C. Turner (1970) établit une relation entre la température et le taux de croissance, avec arrêt d'émission foliaire à 10°C. Ganry (1973 et 1980) démontre que, pour des températures inférieures à 9-10°C et supérieures à 38-40°C, il y a arrêt de croissance, que l'optimum thermique se situe entre 28 et 30°C et que le rayonnement solaire a une action stimulatrice sur la vitesse de croissance au stade jeune et une action dépressive, 4 phyllochrones après la "feuille-origine". Quoi qu'il en soit, le seul facteur sur lequel, on puisse facilement agir, en agriculture dans les pays en voie de développement, est l'eau. Avec l'avènement de l'agro-foresterie, on peut arriver à diminuer la température et l'éclairement.

D'après les travaux de Lassoudière (1978a), la courbe de la longueur du stipe (ou du nombre de feuilles émises) au cours du temps admet une pente qui décroît au fur et à mesure que le rang du cycle s'élève. En sous-bois, nous avons obtenu le contraire. A ciel ouvert, nous n'avons pu disposer que d'un seul cycle. Il serait intéressant d'étudier par la suite la croissance de différents cycles à ciel ouvert. Car si on parvient à des résultats analogues à ceux de Lassoudière, la différence entre ciel ouvert et sous-bois serait alors beaucoup plus grande que ne laisse supposer l'unique cycle obtenu à ciel ouvert. C'est le lieu de rappeler que, sur une bananeraie installée dans une clairière, il a été montré que la courbe du poids moyen du régime de bananes décroît linéairement en fonction de la date de récolte (étude sur 3 ans consécutifs) et qu'il existe une relation linéaire entre le poids du régime et la longueur du stipe, la circonférence du stipe au sol, à 30 cm ou à 100 cm au-dessus du sol (Dagba, 1992a). Il s'ensuit une croissance du stipe d'autant moindre que le cycle de la plante est élevé, ce qui est conforme aux résultats de Lassoudière. On peut alors admettre qu'il en sera de même dans un champ à ciel ouvert.

Une conséquence possible de ce mode de développement est l'arrêt de croissance de la plante à partir d'un certain nombre de cycles, arrêt qui peut être lié au vieillissement et à l'espérance de vie du rhizome d'où naissent les rejets. Et nous avons observé dans nos deux champs en 1991-1992, un certain nombre de plantes, plus élevé à ciel ouvert qu'en sous-bois, qui à partir d'une certaine hauteur, cessent de croître sans pour autant avoir atteint le stade de floraison; puis leurs dimensions, notamment la circonférence du stipe, diminuent petit à petit au cours du temps; certaines végètent, d'autres meurent. C'est sans doute l'une des causes de l'abandon des bananeraies au Congo ou de la rénovation périodique des plantations de bananiers en Côte d'Ivoire. Il conviendra d'étudier la durée de vie du rhizome pour savoir la période de rentabilité d'une bananeraie et à quel moment il devient impératif de la rénover.

Cette meilleure croissance que nous avons mise en évidence en sous-bois est nettement en faveur de l'agro-foresterie : elle est due à un degré hygrométrique élevé, une amplitude faible des variations de température, un ETP réduit, une litière plus abondante à décomposition accélérée entraînant un turnover rapide des éléments minéraux, autant des facteurs favorables à un bon développement.

CONCLUSION

Les observations se sont déroulées à Bilala (Congo) dans deux champs de paysans, l'un à ciel ouvert et l'autre sous limba (*Terminalia superba*). Un thermohygrographe, un actinographe et un pluviomètre y ont été installés. Le climat est défini par une hauteur de pluies annuelle de 1200 à 1700 mm, une saison pluvieuse de mi-octobre à mi-mai caractérisée par les maxima de température et d'éclairement les plus élevés de l'année et une saison sèche de mi-mai à mi-octobre caractérisée par les minima de température et d'éclairement les plus faibles de l'année.

L'amplitude des variations journalières de température est plus faible en sous-bois du fait que les maxima de température y sont plus faibles et les minima plus élevés, qu'à ciel ouvert. Les minima moyens de l'humidité relative de l'air sont plus élevés et l'éclairement plus faible sous ce microclimat. L'ETP y est plus réduite et, par suite, le besoin en eau du bananier plus faible.

La longueur et la circonférence du stipe, le rang, la longueur et la largeur de la feuille ont été notés au cours du temps ainsi que le produit longueur par largeur de la feuille en fonction du rang de la feuille. Pour chacun de ces paramètres, la croissance s'arrête pendant la saison sèche, sur une période plus longue à ciel ouvert qu'en sous-bois. L'eau apparaît comme le facteur limitant prépondérant. Les effets respectifs de l'eau, de la température et de l'éclairement n'ont pu cependant être séparés. La pente de la courbe de croissance pendant la saison pluvieuse est plus faible à ciel ouvert qu'en sous-bois où elle s'élève avec le cycle du bananier.

La culture en sous-bois apparaît ainsi plus vigoureuse et, par conséquent, plus rentable que celle à ciel ouvert. Le système agroforestier traditionnel bananier-limba mérite d'être amélioré en commençant par l'introduction de l'arrosage en périodes sèches.

Remerciements - Nous remercions Monsieur G. CORNEL, responsable du laboratoire commun d'analyse au Centre ORSTOM de Pointe-Noire, pour l'analyse granulométrique et chimique du sol.

BIBLIOGRAPHIE

AUBERT G., 1958 - *Compte-rendu des discussions. Potassium Symposium* Intern. Potash. Inst. (Bern) : 351-353.

AUBERT G., 1967 - *Rapport de synthèse du groupe d'étude II-2, compte rendu des débats.* Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive, 19-25 Nov., II : 1263-1265.

BALDY C., 1986 - *"Agrométéorologie et développement des régions arides et semi-arides"* INRA - Paris, 114p.

BERNHARD-REVERSAT F., TCHBINDA-PEMO G.A., 1988 - Influence du système agro-forestier de culture de la banane sur la dynamique de la matière organique. Résultats préliminaires. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, Vol XXIX, **4** : 355p.

BOYER J., 1982 - *"Les sols ferrallitiques.* Tome X. *Facteurs de fertilité et utilisation des sols"*. Initiations-Documents techniques n° 52. Ed. ORSTOM Paris, 384p.

CHAMPION J., 1963 - *"Le bananier"*. Ed. Maisonneuve et Larose, 233p.

DAGBA E., CHAMPAGNAT M., REMY M., 1988 - Les conditions du milieu et la morphologie de la plante en fin de croissance chez le haricot, *Phaseolus vulgaris* L. *Rev. Cytol. Biol. Végét. - Bot.*, **11** : 227-258.

DAGBA E., 1990 - *"Quelques observations agro-météorologiques à Bilala (Congo) d'août 1987 à décembre 1989"*. Rapport ORSTOM Pointe Noire multigr., 639 S.R., 77p.

DAGBA E., 1991 - *"Quelques observations agro-météorologiques (1990) au Centre ORSTOM de Pointe Noire et à Bilala (Congo)"*. Rapport ORSTOM Pointe Noire mutigr., 642 S.R., 22p.

DAGBA E., 1992a Influence de quelques facteurs sur le rendement du bananier à Bilala (Congo). *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride*, **4** : 55-71.

DAGBA E., 1992b - *"Quelques observations agro-météorologiques (1991) au Centre ORSTOM de Pointe-Noire et à Bilala (Congo)"*. Rapport ORSTOM Pointe Noire multigr., 646 S.R. 19p.

DAGBA E., 1993a - La teneur en eau du sol dans deux bananeraies (Var. Gros Michel) de Bilala. *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride*, **5** : 191-211.

DAGBA E., 1993b - *"Quelques observations agro-météorologiques (1992) au Centre ORSTOM de Pointe-Noire et à Bilala (Congo)"*. Rapport ORSTOM Pointe Noire multigr., 647 S.R. 17p.

FOX R. L., 1989 - Banana. In : *"Detecting mineral nutrient deficiencies in tropical and temperate crops"*. Ed. Donald L. Pucknett and Howard B. Sprague, Westview Tropical Agriculture Series, **7**: 337-353.

GANRY J., 1973 - Etude du développement du système foliaire du bananier en fonction de la température. *Fruits*, **28** : 499-516.

GANRY J., 1980 - *"Action de la température et du rayonnement d'origine solaire sur la vitesse de croissance des feuilles du bananier* (Musa acuminata Colla). *Application à l'étude du rythme de développement de la plante et relation avec la productivité"*. Thèse Doctorat d'Etat. Univ. Paris VII - multigr. 331p.

GAUSSEN H., 1954 - *Théories et classification des climats et des microclimats du point de vue phytogéographique*. VIIIème Cong. Intern. Bot. Paris, sect. 7 et 3 : 125-130.

GAUSSEN H., BAGNOULS F., 1957 - Les climats biologiques et leur classification. *Ann. Géogr.*, **46** : 193-220.

GODEFROY J., LASSOUDIERE A., FLOSSOIS P., PENEL J.P., 1978 - Action du chaulage sur les caractéristiques physio-chimiques et la productivité d'un sol tourbeux en culture bananière. *Fruits*, **33** : 77-90.

GREENE G. C., KUHNE F. A., 1970 - The response of banana foliar growth to widely fluctuating air temperatures. *Agroplantae*, **2** : 105-107.

JAMET R., RIFFEL J. M., 1976 - *"Carte explicative n° 65. Carte pédologique du Congo à 1/200,000. Feuille Pointe-Noire - Feuille Loubomo"*. Ed. ORSTOM Paris, 176p.

LASSOUDIERE A., 1978a - *"Le bananier et sa culture en Côte d'Ivoire. 1ère partie : Connaissance de la plante - interaction avec le milieu écologique"* Ed. IRFA. Paris. 104p.

LASSOUDIERE A., 1978b - Quelques aspects de la croissance et du développement du bananier Poyo en Côte d'Ivoire. 3ème partie : le faux tronc et le système foliaire. *Fruits*, **33** : 373-412.

MARTIN -PREVEL P., 1984 - *Bananier* : 715-751 in Martin -Prevel P., Gagnard J., Gautier F., *"L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales"*. Ed. Lavoisier-Paris. 810p.

SENECHAL J., KABALA M., FOURNIER F.,1989 - *"Revue des connaissances sur le Mayombe"*. Ed. UNESCO. Paris, 343p.

TURNER D.W., 1970 - Daily variation in banana leaf growth. *Austr. J. exp. Agric. Animal Husbandry*, **10** : 231-234.

UNESCO/PNUD, 1986 - *"Le Mayombe"*. Ed. UNESCO/PNUD. Paris , 41p.