

Détermination «in situ» du stade de transition entre la phase végétative et la phase florale chez le bananier, utilisant le «coefficient de vitesse de croissance des feuilles». Essai d'interprétation de quelques processus de développement durant la période florale.

J. GANRY*

DETERMINATION «IN SITU» DU STADE DE TRANSITION ENTRE LA PHASE VEGETATIVE ET LA PHASE FLORALE CHEZ LE BANANIER, UTILISANT LE «COEFFICIENT DE VITESSE DE CROISSANCE DES FEUILLES»
ESSAI D'INTERPRETATION DE QUELQUES PROCESSUS DE DEVELOPPEMENT DURANT LA PERIODE FLORALE

J. GANRY (IRFA)

Fruits, juin 1977, vol. 32, n°6, p. 373-386.

RESUME - L'observation des méristèmes apicaux de la tige du bananier montre que les variations du rythme de croissance des feuilles du bananier, apparaissant à un certain moment de la vie de la plante, et caractérisées par une chute du rapport km/kc , correspondent à la transition entre la phase végétative et la phase florale.

(k est le coefficient de vitesse de croissance des feuilles
 $k = \Delta \text{Log} \frac{1}{(L-1)^2} / \Delta t$)

km : k mesuré, obtenu par la formule précédente

kc : k calculé à partir des températures mesurées sous abri météorologique).

On en déduit une méthode de détermination «in situ» du stade de transition à partir de mesures de croissance du cigare.

On devrait ultérieurement pouvoir aboutir à une détermination du stade de transition basée sur le calcul des «sommées de coefficients de vitesse de croissance» à partir principalement de la température.

En outre, l'observation des méristèmes apicaux permet de mieux interpréter certains aspects de la croissance et du développement au moment de la formation des ébauches florales, notamment en ce qui concerne le déterminisme du nombre de mains.

Dans deux précédentes publications [GANRY, 1973, 1976 (8 et 9)] on signalait qu'il était possible de cerner la transition entre la phase végétative (formation de feuilles) et la phase florale (formation de fleurs) en utilisant le «coefficient de vitesse de croissance des feuilles». On se propose de préciser cette méthode en la comparant à des observations morphologiques des méristèmes apicaux.

L'étude de la transition entre le stade végétatif et le stade floral chez le bananier, a été abordée par plusieurs auteurs.

Il est un fait que la connaissance de ce stade de transition revêt une importance très grande : il correspond en effet à un changement dans les processus physiologiques (nutritifs, hormonaux, ...).

Pourtant aucun symptôme directement visible et décelable extérieurement ne permet de déterminer ce stade.

* - IRFA - Station de Neufchâteau - 97135 SAINTE Marie (Guadeloupe)

Selon SUMMERVILLE (1944) une surface foliaire minimale est nécessaire pour que la différenciation florale ait lieu. Il établit une relation empirique intégrant la surface foliaire, la durée du jour et la température, déterminant ainsi un certain critère T_s . La phase florale commencerait lorsque T_s atteint le seuil 56.000. Cependant, comme l'indique ALEXANDROWICZ, ce seuil varie avec la saison et la localité.

ALEXANDROWICZ (1955) tenta de rattacher le début du stade floral à diverses caractéristiques morphologiques du bananier : nombre de feuilles fonctionnelles présentes sur le bananier, hauteur, circonférence, différence entre circonférence à 30 cm et circonférence à 100 cm, etc. Aucun de ces paramètres morphologiques n'apporta de résultat intéressant.

D'autres auteurs tentèrent de rattacher ce stade au nombre de feuilles produites par la plante. BARKER et STEWARD indiquent 45 feuilles pour le 'Gros Michel' en Amérique centrale ; TICHON indique 23 feuilles pour la 'Petite Naine' en Israël. Là encore on note de très grandes variations ne permettant pas d'accorder une grande valeur à ce critère.

Par contre, le nombre de feuilles encore présentes dans le pseudo-tronc au début de la phase florale, apparaît être assez constant et voisin de 11 quel que soit le cultivar, la localité et la saison. La plupart des auteurs sont d'accord sur ce point (SUMMERVILLE, CHAMPION, BARKER, TURNER).

Ce critère n'a malheureusement qu'une valeur rétrospective : il demeure cependant précieux pour tester d'autres méthodes de détermination.

Le passage de la phase végétative à la phase florale se traduit visuellement par une modification importante au niveau du méristème apical. Mais vu la position de ce dernier, seule une méthode destructrice est utilisable. Citons les travaux d'ALEXANDROWICZ (1955), de BARKER et STEWARD (1962), de MOHAN RAM, MANASI RAM et STEWARD (1962).

Leurs observations montrent, qu'à l'état végétatif, le méristème apical est un dôme bombé, s'élargissant avec l'âge, situé dans une dépression entourée par les bases des feuilles engainantes. Les ébauches foliaires se forment à la périphérie de la zone apicale. Une seule ébauche est formée à la fois. La zone centrale de l'apex est alors à l'état

quiescentes, ont une activité importante de multiplication et d'élongation.

Des bourrelets apparaissent à la base de chaque ébauche bractéale ; en grandissant ils donneront les fleurs, chronologiquement d'abord femelles, puis hermaphrodites et mâles.

La transition essentielle entre l'axe végétatif et l'axe floral, l'initiation florale, s'accomplit bien avant que les parties florales soient présentes et même avant que les bourrelets qui forment les fleurs soient apparus (différenciation florale).

On se propose ici de montrer qu'il est possible de relier l'évolution morphologique du méristème à des modifications dans le rythme de croissance des feuilles.

Ainsi, dans la mesure où ces résultats seront vérifiés sur d'autres cultivars et sous d'autres climats, il sera possible de définir, avec une bonne précision, le moment de l'initiation florale sans avoir à détruire le bananier.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a porté sur des bananiers, cultivar POYO, sous groupe Cavendish, groupe acuminata AAA.

Deux parcelles A et B de 150 bananiers ont été plantées respectivement le 4.11.1975 et le 27.2.1976 à une densité de 2.100 pieds/hectare.

Dans la parcelle A on a pu distinguer deux classes de tailles de bananiers : les plus grands appartiennent à la série A1, les plus petits à la série A2. Dans chacune des séries on choisit 7 bananiers, représentatifs de la série, dont on observera la vitesse de croissance des feuilles.

Dans la parcelle B, on choisit 10 bananiers, représentatifs du centre de la population de la parcelle, dont on observe la vitesse de croissance des feuilles.

Parallèlement aux observations de la vitesse de croissance des feuilles sur ces bananiers, on mesure la hauteur, la circonférence à 10 cm et on compte le nombre de feuilles des bananiers observables des deux parcelles (les bananiers observables sont ceux qui restent lorsque l'on a retiré les bordures).

C'est parmi ces bananiers que l'on choisit ceux qui

- allongement du cigare depuis sa sortie (après déroulement complet de la feuille précédente) jusqu'au déroulement complet de la feuille. Les mesures sont réalisées à partir d'une référence située sur le pétiole de la cinquième feuille (la feuille I étant la dernière déroulée).

On repère une feuille par rapport à sa date d'émission qui correspond au moment de l'apparition du cigare.

- taille finale de la feuille à partir de la référence
- hauteur de la référence, par rapport au niveau 10 cm du pseudo-tronc
- longueur du limbe.

Parallèlement on mesure chaque semaine la circonférence du pseudo-tronc à 10 cm et la hauteur du pseudo-tronc, on repère la première feuille orthogonale définie par DUMAS (1955), et on mesure la largeur des limbes.

Calcul du coefficient de vitesse de croissance des feuilles

On a montré (GANRY, 1973) que la vitesse de croissance dl/dt d'une feuille de bananier est fonction de la longueur l à l'instant t et de sa longueur finale L

$$V = \frac{dl}{dt} = kl \frac{L-l}{L+l} \quad (1)$$

d'où l'on tire :

$$\int_{t_1}^{t_2} k dt = \text{Log} \frac{l_2 (L-l_1)^2}{l_1 (L-l_2)^2} \quad (2)$$

$$\text{ou } k = \Delta \text{Log} \frac{l}{(L-l)^2} / \Delta t \quad (3) \quad \text{avec } \Delta t = t_2 - t_1$$

Le coefficient k présente une variation avec l'âge du bananier et sa variation nous a permis de distinguer trois phases : une phase juvénile, une phase adulte végétative et une phase de reproduction.

On se propose ici d'étudier plus particulièrement la transition entre les deux dernières phases.

Or k varie avec la température du pseudo-tronc et les changements de température peuvent masquer le changement de phase.

Aussi, au lieu d'étudier les variations de k avec le numéro des feuilles, étudions-nous l'évolution du rapport km/kc , du coefficient km déterminé par des mesures d'élongation de feuilles au coefficient kc calculé à partir de la température.

km est déterminé pour chaque feuille en utilisant la relation (2) dans laquelle t_1 est la date d'apparition du cigare (après déroulement complet du limbe de la feuille

précédente) et t_2 la date d'apparition du cigare suivant (après déroulement complet du limbe), l_1 et l_2 étant les longueurs de feuilles correspondantes (mesurées à partir d'une référence arbitraire située sur le pétiole de la cinquième feuille, le cigare correspondant à la feuille zéro). km représente donc la moyenne des valeurs instantanées de k entre t_1 et t_2 .

kc est calculé à partir des minimums et des maximums de température sous abri météorologique pendant cette période ($t_2 - t_1$) et du diamètre du pseudo-tronc [GANRY, 1976 (9)].

Observations des méristèmes apicaux

A la suite de l'initiation florale, les méristèmes changent progressivement de forme. Pour suivre cette évolution on a, à plusieurs reprises, sacrifié trois à six bananiers pour mesurer divers paramètres morphologiques.

On effectue des coupes longitudinales médianes des méristèmes apicaux que l'on observe avec un microscope auquel est adapté un système de prise de clichés photographiques (ce matériel a été mis à notre disposition par la Station de Bioclimatologie de l'INRA en Guadeloupe).

On s'est attaché à l'observation des paramètres suivants (figure 1) :

1. La distance «d» entre la base de la première ébauche non florifère et le sommet du dôme méristématique.
2. La largeur «l» du méristème apical, mesurée entre les bases des deux premières ébauches non florifères opposées.
3. L'angle α formé par les deux génératrices des bases des dernières ébauches formées, dont la taille est supérieure à 0,2 mm.
4. L'angle « β » formé par les trois premières ébauches florifères opposées.
5. le nombre de fleurs formées (bourrelet visible).
6. La hauteur «h» du sommet de l'inflorescence par rapport au collet.

On mesure au préalable la hauteur et la circonférence du bananier disséqué.

RÉSULTATS

1. Variations du rapport km/kc .

Les figures 2 et 3 montrent l'évolution du rapport km/kc (moyenne et écart-type) en fonction du rang de la feuille. On note que ce rapport se maintient au voisinage de 1, puis baisse brusquement pour se maintenir au-dessous de 0,9.

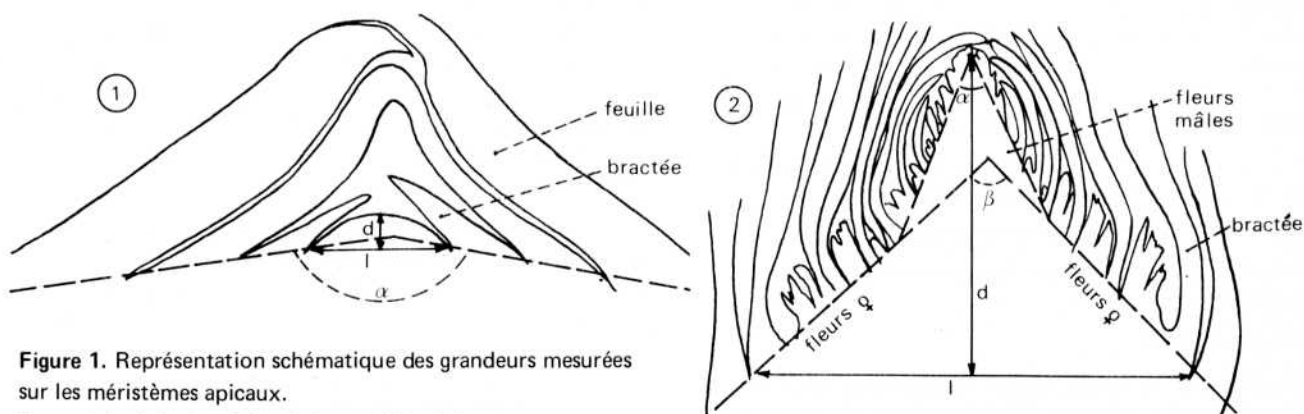


Figure 1. Représentation schématique des grandeurs mesurées sur les méristèmes apicaux.

1. au stade de la transition (phase préflorale).
2. au stade différenciation florale : fleurs femelles déjà formées, fleurs mâles en cours de formation.

La première feuille pour laquelle on observe cette valeur réduite est prise comme référence (FR) pour repérer le rang des autres feuilles.

Dans la parcelle A, malgré des différences de taille des bananiers des deux séries A₁ et A₂, on note une apparition assez groupée dans le temps du cigare de la feuille de référence ($t_{FR} = 153$ jours avec un écart-type de 4 jours, t_{FR} étant le temps qui sépare la plantation de l'apparition du cigare de la feuille de référence). Aux différences de taille des plantes ne correspondent donc pas forcément des différences de développement.

Dans la parcelle B, où les bananiers font partie d'une seule série homogène, le cigare de la feuille de référence apparaît pour $t_{FR} = 128$ jours avec un écart-type de 4 jours.

Pour les séries A₁ et A₂, les valeurs moyennes du rapport km/kc sont très voisines. Entre F - 1 et F - 10, elles sont relativement constantes et comprises entre 95 et 106.

On note une chute importante entre F - 1 et F 0, puis les valeurs de km/kc sont légèrement décroissantes variant entre 80 et 90 de F 0 à F 6.

Pour la série de la parcelle B, on observe le même type de variation. On note cependant une baisse de km/kc à partir de F - 3. On remarque que cette baisse de km/kc correspond à une période de températures élevées (proches de l'optimum thermique) et de déficit hydrique sensible (figure 4).

On avait déjà remarqué (8) qu'au voisinage de l'optimum de température, les facteurs limitants tels qu'un déficit hy-

Position de la feuille origine (selon DUMAS) par rapport à la feuille de référence

DUMAS (6) a défini la feuille origine (FO) comme étant la première feuille orthogonale, c'est-à-dire celle dont la base du demi-limbe enveloppé fait un angle droit avec la nervure centrale. L'apparition de cette feuille marquerait, avec un certain décalage, le moment où le rejet s'affranchit du contrôle du pied parent. Elle pourrait donc présenter un gros intérêt dans l'étude du développement de la plante.

Dans les deux séries de la parcelle A, elle se situe entre FR-10 et FR-11 et dans la série B elle se situe entre FR-11 et FR-12, sans pour autant que ces différences soient significatives.

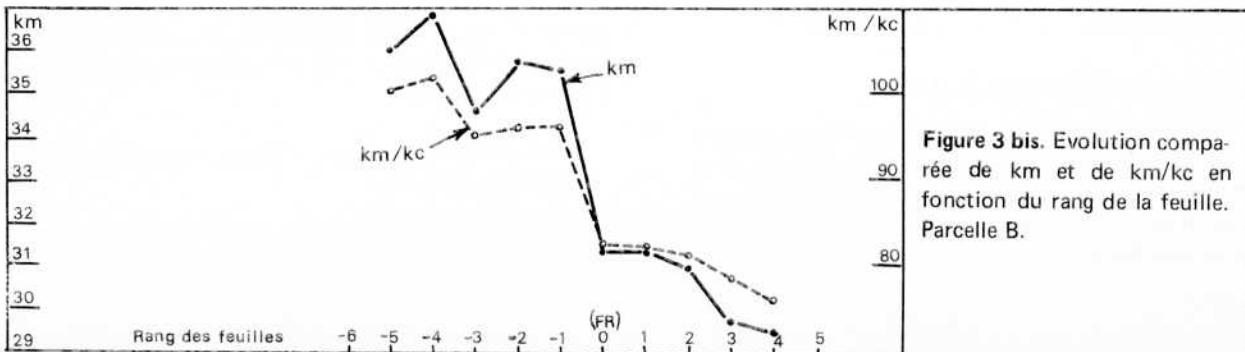
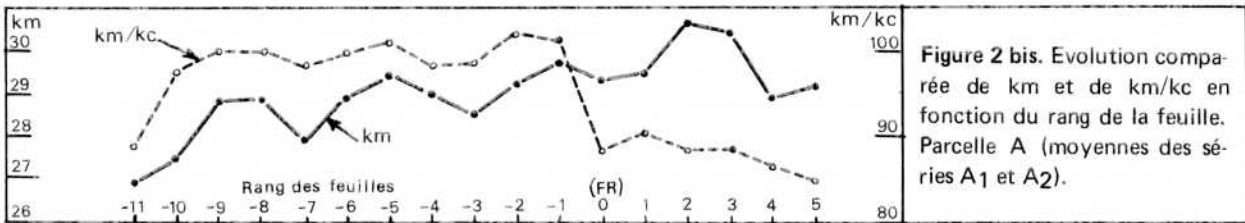
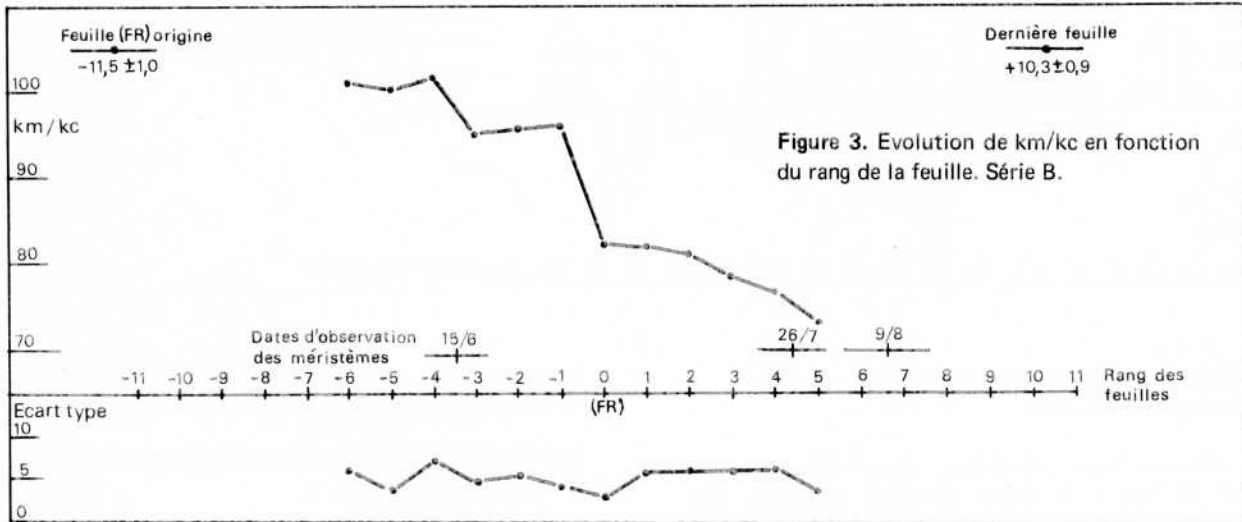
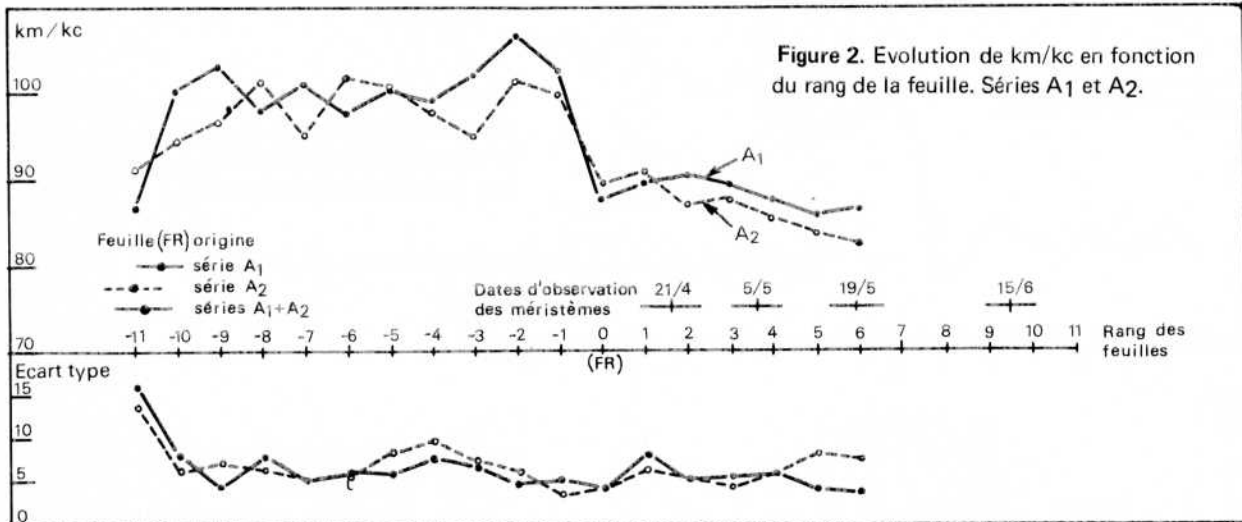
Pourtant le temps qui sépare l'émission du cigare de la feuille origine de l'émission du cigare de la feuille de référence varie très significativement entre les deux parcelles :
84 jours pour la parcelle A
65 jours pour la parcelle B.

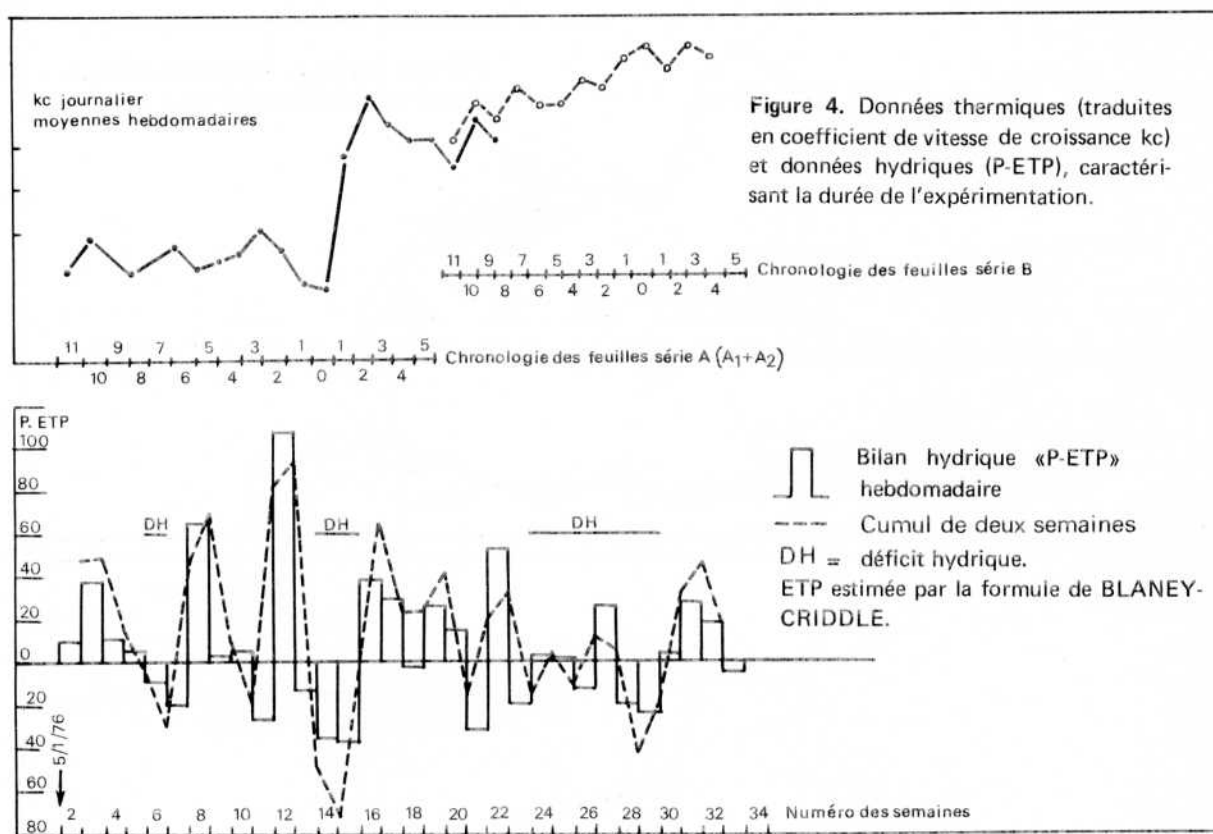
Si l'on calcule les sommes de kc journalier pour cette période, on obtient :

$kc = 2423$ pour la parcelle A, un jour moyen correspondant à $kc = 28,8$

$kc = 2383$ pour la parcelle B, un jour moyen correspondant à $kc = 36,7$.

soit une différence de 40, correspondant à environ 1,5 jour, donc non significative.





Position de la dernière feuille par rapport à la feuille de référence.

La dernière feuille est définie comme étant celle qui précède la feuille bractéale, elle-même précédant une bractée stérile située sur la hampe et qui flétrit et tombe au bout de quelques temps.

Dans la parcelle A on n'a pas observé la dernière feuille, la plupart des bananiers ayant été disséqués avant émission de l'inflorescence.

Dans la parcelle B, la dernière feuille se situe à FR (+ 10,3). Il reste donc bien environ 10 feuilles plus la feuille bractéale au moment de la transition entre la phase végétative et la phase florale.

2. Observations des méristèmes apicaux.

Le tableau 1 indique les dates des différentes observations. Ces dates sont traduites en numéro d'ordre moyen des

Dans la parcelle A, les observations ont commencé peu après l'apparition de la feuille de référence.

Dans la parcelle B, elles entourent la période d'apparition de la feuille de référence.

Le tableau 2 donne les résultats des observations réalisées sur les coupes de méristèmes apicaux échantillonnés.

En regard du numéro de chaque bananier on a fait figurer la hauteur H et la circonférence C10 du pseudo-tronc et les paramètres des méristèmes : $1, \alpha, \beta, d, h$, et nombre de fleurs.

On établit les moyennes des valeurs observées dans chaque cas. En regard de ces mesures on indique les tailles moyennes des bananiers observés au même moment (pour le calcul de k) et le numéro d'ordre moyen de leur dernière feuille émise (cigare).

3. Comparaison des valeurs de km/kc et des observations de méristèmes apicaux.

TABLEAU 1.

date d'observation parcelle A	21/4	5/5	19/5	15/6
numéro d'ordre moyen des feuilles + ou - écart-type	1,6 ± 0,7	3,6 ± 0,6	5,9 ± 0,7	9,5 ± 0,5
date d'observation parcelle B	15/6	26/7	9/8	
numéro d'ordre moyen des feuilles + ou - écart-type	-3,5 ± 0,7	+3,4 ± 0,8	5,6 ± 1,0	

TABLEAU 2. Tableau récapitulatif des données d'observation des méristèmes apicaux des bananiers disséqués.

date prélèvement	série	n° bananiers	bananiers disséqués								bananiers mesurés		
			H	C10	h(cm)	l	α	β	d	fleurs		C10	n°F
21.4	A1	13	169	59	5,5	0,8	135		0,30	0			
		39	156	56	5,0	0,8	136		0,40	0			
		9	147	56	5,4	0,8	144		0,20	0			
		66	144	56	5,2	0,8	149		0,30	0			
moyennes			154	57	5,2	0,8	141		0,30	0	150	56	+1,6
écart-type			11	1	0,2	0,0	7		0,08				
21.4	A2	69	134	51	4,5	0,7	162		0,20	0			
		102	125	48	5,0	0,8	163		0,20	0			
		36	109	45	5,5	0,8	170		0,20	0			
moyennes			123	49	5,0	0,8	165		0,20	0	123	59	+1,7
écart-type			13	3	0,5	0,06	4		0,00	0			
5.5	A1	82	184	63	8,2	2,3	90		1,20	4 ♀			
		49	170	65	7,5	1,1	108		0,60	1 ♀			
		44	162	62	8,0	0,8	125		0,42	0 ♀			
		71	160	65	6,5	1,3	152		0,50	0 ♀			
moyennes			169	64	7,6	1,4	119		0,68	0-4 ♀	176	65	+3,6
écart-type			11	1	0,8	0,6	26		0,35				
5.5	A2	7	144	61	6,5	0,8	145		0,33	0			
		104	142	55	5,8	0,8	162		0,28	0			
		67	137	52	6,0	0,8	162		0,30	0			
		17	122	57	5,5	0,8	180		0,33	0			
moyennes			136	56	6,0	0,8	162		0,31	0	146	58	+3,7
écart-type			10	4	0,4	0,0	14		0,02				
19.5	A1	50	200	69	8,2	2,4	97		1,3	8 ♀			
		103	193	67	8,5	2,5	87		1,5	8 ♀			
		97	192	70	8,8	3,4	52	90	2,1	8 ♀ 2 ♂			
		105	190	67	13,5	4,2	42	97	2,5	7 ♀ 5 ♂			
moyennes			194	68	9,8	3,1	70	93	1,9	7-8 ♀	196	75	+5,8
écart-type			4	1	2,5	0,8	27		0,6	0-5 ♂			
19.5	A2	113	188	70	7,0	1,0	113		0,7	1 ♀			
		52	180	64	8,5	2,0	114		1,1	4 ♀			
		34	170	62	8,0	2,0	114		1,1	4 ♀			
		110	155	60	6,5	1,2	148		0,5	0			
moyennes			173	64	7,5	1,6	122		0,9	0-4 ♀	170	66	+6,0
écart-type			14	4	0,9	0,5	17		0,3				

date prélèvement	série	bananiers disséqués									bananiers mesurés		
		n° bananiers	H	C10	h(cm)	l	α	β	d	fleurs		C10	n°F
15.6	A1	8	253	86	68	n.o	35	n.o	70	8♀ + de 10♂			
		94	243	78	28	n.o	45		15	n.o			
		16	240	76	51	n.o	40		53	7♀ + de 8♂			
		18	230	78	45	n.o	42		35	n.o			
moyennes		241,8	79,8	47		41		38	7-8♀	245	84	+9,1	
écart-type		8,3	3,9	15		4		24	+ de 8♂				
15.6	A2	106	215	74	27	n.o	55	90	10,0	6♀ + de 8♂			
		38	218	74	18	5,0	65	90	3,8	7♀, 9♂			
		46	208	71	15	4,4	65	90	3,2	7♀, 8♂			
		moyennes		213,6	73,0	20,0	+ de 4,7	62		5,7	6-7♀	222	76
écart-type		5,1	1,7	6,2		6	90	3,8	+ de 8♂				
15.6	B	58	104	43	5,0	0,8	186		0,33	0			
		122	98	41	5,2	0,8	185		0,38	0			
		79	99	39	5,0	0,8	180		0,20	0			
		55	87	36	4,5	0,8	180		0,28	0			
		102	79	37	4,5	0,8	180		0,25	0			
		44	67	29	5,5	0,8	190		0,35	0			
		moyennes		89	37,5	5,0	0,8	183		0,30	0	95	38
écart-type		14,1	4,9	0,4	0,0	4		0,07				0,7	
26.7	B	94	186	72	n.o	4,2	102		2,9	8♀			
		59	180	63	n.o	3,4	100		1,8	8♀, 2♂			
		63	176	63	n.o	3,4	105		1,5	6♀			
		77	164	55	n.o	2,4	155		0,6	1♀			
moyennes		177	63		3,4	116		1,7	1 à 8♀	169	61	3,4	
écart-type		9	7		0,7	26		0,9	0 à 2♂			0,8	
9.8	B	73	217	76	n.o	6,2	65	95	4,0	7♀, 10♂			
		116	210	71	n.o	5,5	70	98	3,3	7♀ 4♂			
		85	196	70	n.o	6,0	45	90	4,6	8♀ 12♂			
		125	192	70	n.o	3,2	95	95	1,6	7♀			
		89	195	69	n.o	4,4	65	90	2,4	8♀ 5♂			
moyennes		202	71		5,1	68	94	3,2	7-8♀	205	72	5,6	
écart-type		11	3		1,2	18	3	1,2	0 à 12♂			1,0	

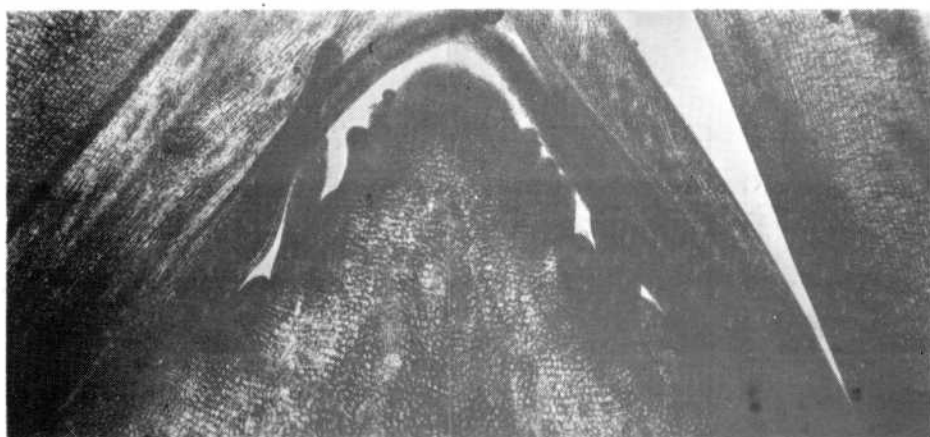
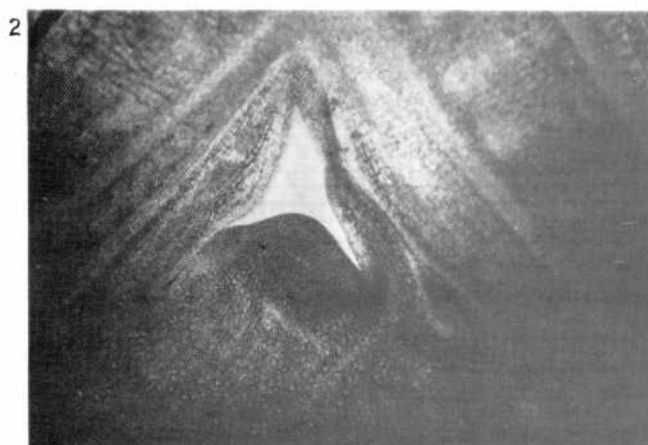


Photo 1. Méristème apical durant la phase végétative (FR - 3,5)
 - Les bases des feuilles surplombent la zone apicale
 - Une seule ébauche foliaire est formée à la fois, engainant l'apex.

Photo 2. (Bananier n°9 - Série A1). Méristème apical durant la phase transitionnelle ou préflorale (FR + 1,6)
 - Le dome apical surplombe les bases des feuilles.

Photo 3. (Bananier n°44 - Série A1). Méristème apical, au stade FR+ 3,6, d'un bananier pour lequel H = 162 cm et C₁₀ = 62 cm. Aucun primordium floral n'est encore détectable.

Photo 4. (Bananier n°82 - Série A1). Méristème apical au stade FR+ 3,6, d'un bananier pour lequel H = 184 cm et C₁₀ = 63 cm.

On note la formation de primordia floraux à la base des bractées. La comparaison des clichés 3 et 4 permet de visualiser l'incidence de la taille de la plante sur le degré de différenciation de l'inflorescence pour un même stade de développement de la plante (FR+ (3,6) ± 0,6).

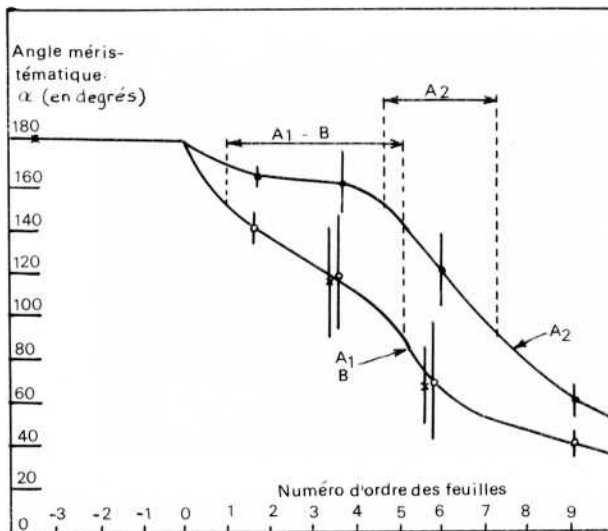


Figure 5. Variations de l'angle méristématique α en fonction du rang de la feuille en cours d'émission.

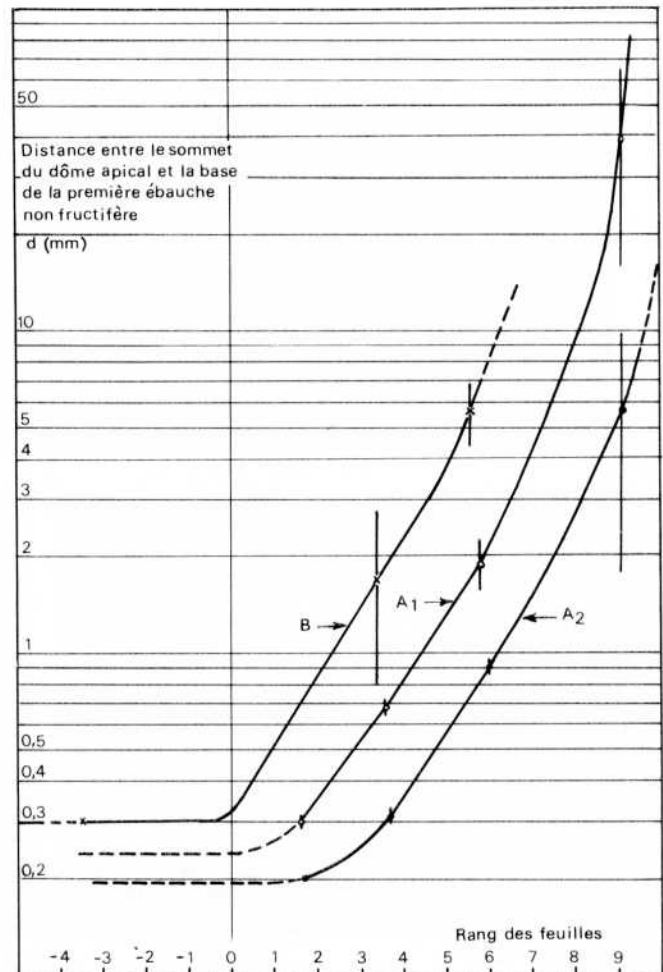
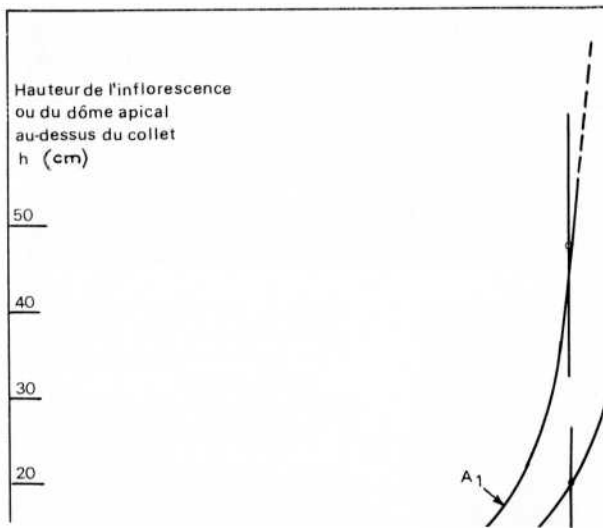
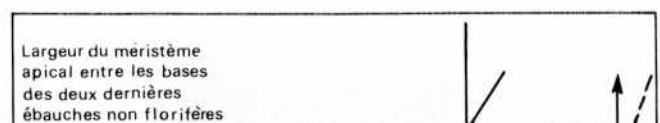


Figure 7. Variation de «d» en fonction du rang de la feuille en cours d'émission.



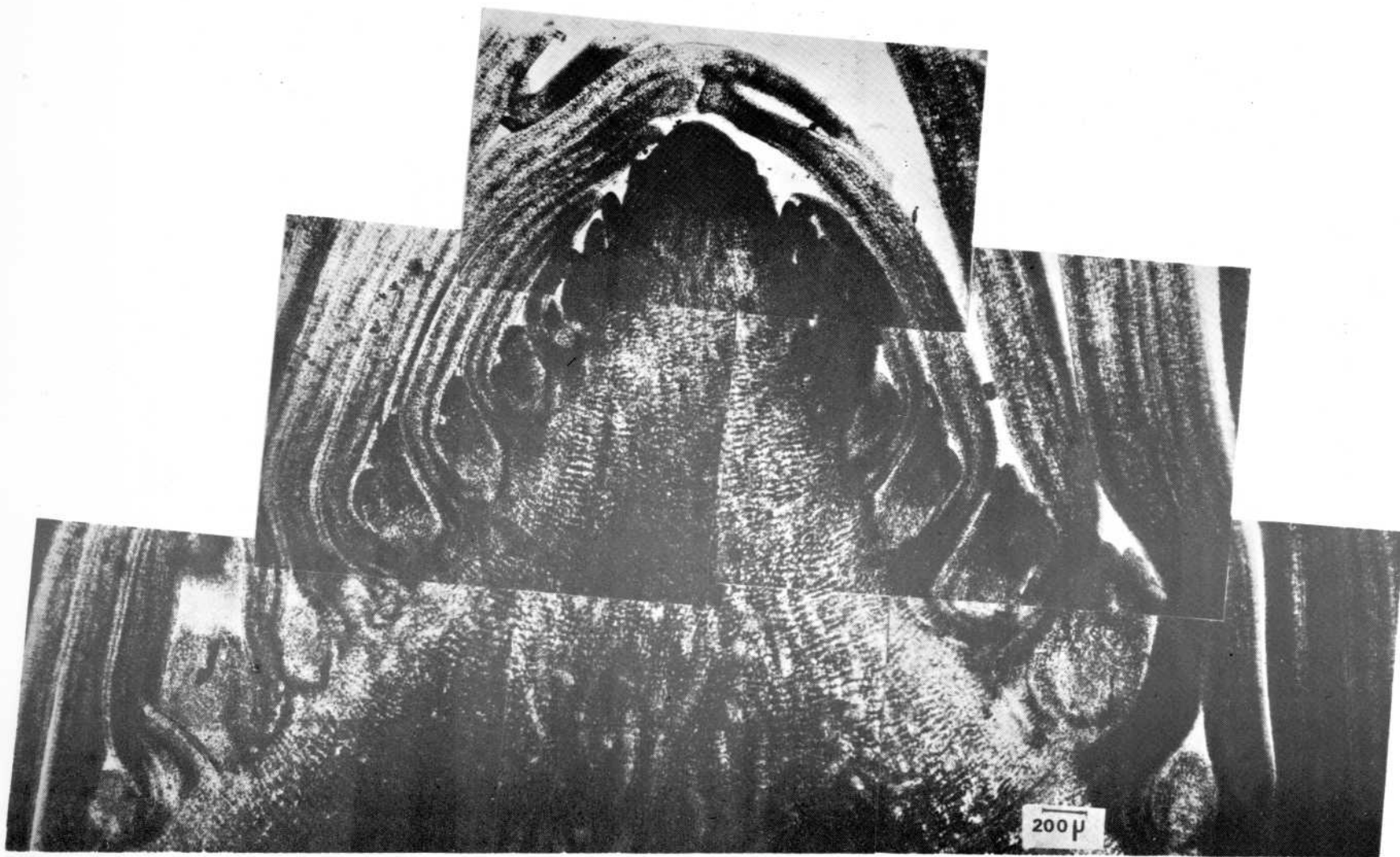


Photo 5. (Bananier 85, série B). Méristème apical au stade FR+ 5,6.

Le nombre de primordia floraux est déjà important (on en compte 20). On remarque la variation de l'angle méristématique, alors que 7 ou 8 mains femelles sont formées. Les fleurs supérieures sont hermaphrodites puis mâles. On note une organisation en file des cellules sous-apicales (méristème axial).

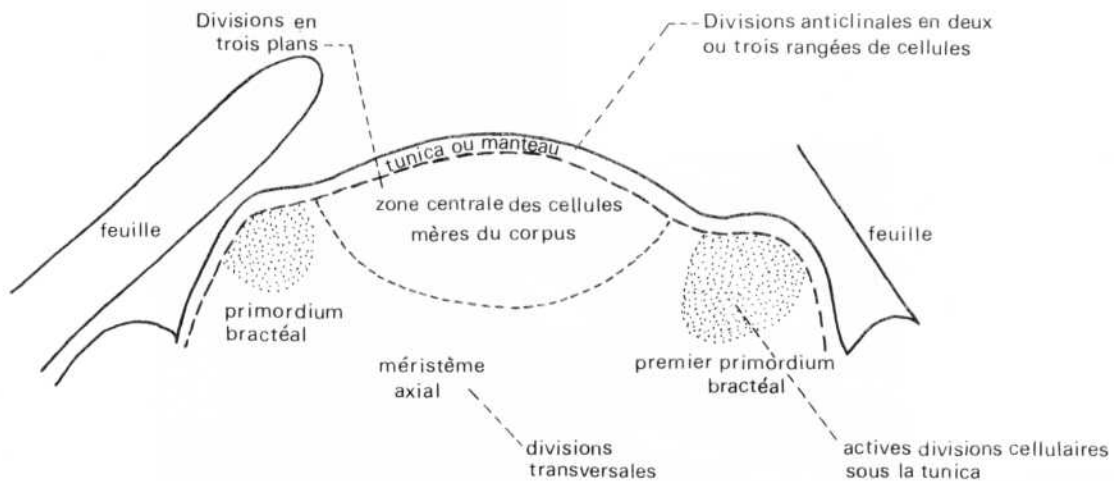


Figure 9. Schéma d'interprétation du méristème apical au moment de la transition entre le stade végétatif et le stade floral (d'après BARKER et STEWARD).

(série A1 et série B), on note une réduction très nette de l'angle méristématique (photo 5).

Si l'on s'en réfère à ALEXANDROWICZ, ce changement correspond à la transition entre la formation de fleurs femelles et la formation de fleurs hermaphrodites et mâles.

Dans tous les cas on note de 7 à 8 fleurs (ou entrenœuds vides, les fleurs étant hors du champ de coupe) sur la partie la plus évasée du méristème (correspondant à l'angle β), ce qui correspond au nombre de mains femelles qui seront produites. L'angle β est alors voisin de 90° .

Au stade FR (+ 9), (le 15/6, parcelle A), la taille de l'inflorescence s'est considérablement accrue dans la série A1, ne permettant plus une observation microscopique de l'ensemble, au grossissement choisi.

L'angle méristématique α , après une décroissance rapide notée précédemment (transition fleurs femelles/fleurs mâles),

4. Essai d'interprétation des observations des méristèmes apicaux.

Remarque préliminaire :

Cette interprétation ne doit être considérée que comme une hypothèse de travail pour de futures recherches. Le nombre d'observations réalisées est encore trop faible pour permettre de décrire précisément le phénomène.

On a porté les valeurs de α , h, d, et l en fonction du rang de la feuille, respectivement sur les figures 5, 6, 7 et 8.

Après l'apparition de la feuille de référence on note une évolution des paramètres α , l et d, d'autant plus importante que les plantes sont plus vigoureuses. (Pour les bananiers de la série A2, une variation significative de «d» ne s'observe qu'à partir de FR +2).

L'initiation florale a eu lieu, mais aucun primordium

A FR (+ 3,6) on observe des primordiums floraux dans la plupart des cas de la série A1 et B et aucun dans la série A2. La différenciation a donc commencé en A1 et non en A2. Elle a été encore plus précoce en B (taille plus importante). A FR (+ 6,0), la différenciation est déjà bien avancée en A1 et B (toutes les fleurs femelles sont formées) alors qu'elle ne fait que commencer en A2.

Il semble donc que la différenciation florale proprement dite ne débute que lorsque le méristème a atteint une certaine configuration : $\alpha < 150^\circ$, $d > 0,3$ mm. Cette configuration est atteinte d'autant plus vite que le bananier est vigoureux.

Parallèlement à ces variations de forme, la phase florale se caractérise par une réactivation des cellules centrales du méristème axial, qui doit aboutir à la montée de l'axe central à l'intérieur du pseudo-tronc. Les cellules centrales s'organisent en files, alors que l'angle méristématique diminue brutalement (photo 5) : α devient inférieur à β , β étant voisin de 90° . Le méristème cesse alors de fabriquer des primordiums femelles pour ne fabriquer que des primordiums hermaphrodites puis mâles (ALEXANDROWICZ).

Sur la figure 5 représentant les variations angulaires, on a **hypothétiquement** estimé le temps pendant lequel les bananiers fabriquaient des mâles femelles selon leur taille.

Le point de départ est fixé à $\alpha = 150^\circ$.

Le point final est fixé à $\alpha = 90^\circ$.

Pour les séries A1 et B on trouve une durée équivalente à 4 feuilles (soit environ 4 à 5 semaines) ; pour la série A2, on trouve une durée équivalente à 2 feuilles (soit environ 2 à 3 semaines).

Cette différence de durée peut expliquer à elle seule la différence de nombre de mâles observées entre bananiers de tailles différentes ayant eu un développement identique.

CONCLUSION ET DISCUSSION

L'observation de méristèmes apicaux a permis de confirmer que la décroissance marquée du coefficient de vitesse de croissance km (ou du rapport km/kc) à un certain stade de la vie du bananier, était imputable au passage de la phase végétative à la phase florale.

On a défini une feuille de référence correspondant à ce stade de transition, et que l'on repère par rapport à la feuille origine et par rapport à la dernière feuille.

Il s'agirait maintenant de pouvoir repérer ce stade de transition sans devoir effectuer des mesures de croissance de feuille. Un meilleur repérage de la feuille de référence par rapport à la feuille origine, en utilisant en particulier les sommes de «coefficient de vitesse de croissance» (équivalentes à des sommes de vitesse de développement), devrait,

sous certaines réserves, permettre de «prévoir» le stade de transition à partir d'une observation de l'orthogonalité des feuilles à un stade précoce et du calcul des «coefficients de vitesse de croissance» utilisant les températures maximales et minimales journalières. Il faudrait auparavant, par l'étude de nombreuses séries en plusieurs zones écologiques, vérifier si le facteur thermique est le seul en cause pour déterminer le changement de phase.

En plus de ces indications, l'observation des méristèmes nous permet de mieux interpréter certains aspects de la croissance et du développement au moment crucial de la formation des ébauches florales. Elles tendent à indiquer que la longueur de la phase durant laquelle se différencient les ébauches florales femelles est fonction de deux éléments :

1. la durée de la phase transitionnelle (ou préflorale) qui apparaît être directement liée à la taille de la plante au moment de la transition, donc à toute la période de croissance précédant l'apparition de la feuille de référence.

2. le moment de la reprise d'activité de l'axe central, correspondant à la montée de l'inflorescence à l'intérieur du pseudo-tronc. Il semble logique de penser que cette reprise d'activité de croissance est en relation directe avec le rythme de croissance des feuilles émises, aucune discontinuité n'étant observée entre l'émission des organes foliaires et la jettée de l'inflorescence. Cette reprise d'activité est probablement liée à des facteurs hormonaux mais aussi à des facteurs climatiques, et à la température en particulier.

Cette interprétation rejoint celle d'ALEXANDROWICZ qui avait constaté que «la nutrition n'est pas seule à agir dans la taille du régime et que les conditions climatiques ont une grande importance ...».

En effet, la détermination du nombre de fruits dépend non seulement de l'importance du tissu méristématique (conséquence de la nutrition), mais aussi du degré d'activité de ce tissu et du temps pendant lequel il est actif. Ces deux facteurs sont liés aux conditions climatiques ...».

Deux voies semblent donc possible et combinables pour augmenter le nombre de fruits :

- ou bien agir à un stade très précoce sur la nutrition de la plante, afin qu'elle ait une taille suffisante au moment de la transition,

- ou bien retarder l'apparition des fleurs hermaphrodites et mâles en freinant la croissance de l'axe central au bon moment (aux environs de F + 4). L'utilisation de certains régulateurs de croissance pourrait peut-être permettre de provoquer le phénomène.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier MM. P. G. SCHOCH et C. ZINSOU, chargés de Recherches à l'INRA, Station de Bioclimatologie, d'avoir bien voulu mettre leur matériel de photomicroscopie à notre disposition pour réaliser ce travail.

Toute notre gratitude va également à M. R. DURAND, Maître de Recherches à l'INRA, Station centrale de Bioclimatologie de Versailles qui a bien voulu nous conseiller pour ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALEXANDROWICZ (L.). 1955.
Étude de l'inflorescence du bananier nain.
IFAC, Annales n°9, 32 p.
2. BARKER (W.G.) et STEWARD (F.G.). 1962.
Growth and development of the banana plant (Parts 1 and 2).
Annals of Botany, N.S., vol. 26, n°103.
3. CHAMPION (J.). 1961.
Indications préliminaires sur la croissance du bananier 'Poyo'.
Fruits, vol. 16, n°4, 1961.
4. CHAMPION (J.). 1963.
Le bananier.
Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 1963.
5. DUMAS (J.).
Contribution à l'étude du développement du bananier nain.
(Les étapes du développement).
Fruits, 1955, vol. 10, n°8.
6. DUMAS (J.).
Détermination d'une feuille origine pour l'étude des bananiers cultivés.
Fruits, 1958, vol. 13, n°5.
7. DURAND (R.).
Action de la température et du rayonnement sur la croissance.
Annales de Physiologie végétale, INRA, 1967, 9 (1), 5-27.
8. GANRY (J.). 1973.
Étude du développement du système foliaire du bananier en fonction de la température.
Fruits, 1973, vol. 28, n°7-8.
9. GANRY (J.). 1976.
Recherche d'une relation entre température mesurée sous abri et température agissant au niveau des zones de croissance du bananier.
Application au calcul d'une vitesse de développement.
Fruits, 1976, vol. 31, n°10.
10. LASSOUDIÈRE (A.).
Évolution des caractéristiques des inflorescences avant leur sortie du faux tronc du bananier.
Fruits, 1972, vol. 27, n°1.
11. MOHAN RAM (H.Y.), MANASI RAM and STEWARD (F.C.)
Growth and development of the banana plant (Part. 3).
Annals of Botany, N.S., 1962, vol. 26, n°104.
12. SUMMERVILLE (W.A.) 1944.
Studies on nutrition as qualified by development in *Musa cavendishii* LAMB.
Queensland Journal of Agriculture Science, 1, 1 (cité par plusieurs auteurs).
13. TICHON (R.J.). 1960.
The banana industry in Israël.
Report to first FAO/CCTA International meeting on banana production, Abidjan, Ivory Coast, (12, 19 oct. 1963), 19.
14. TURNER (D.W.). 1970.
The growth of the banana.
The Journ. of the Austr. Inst. of Agric. Science, June.
15. TURNER (D.W.). 1972.
Gross Morphology of banana plant growth (1 and 2).
Australian Journal of experimental Agriculture and Animal Husbandry, vol. 12, 1972.