

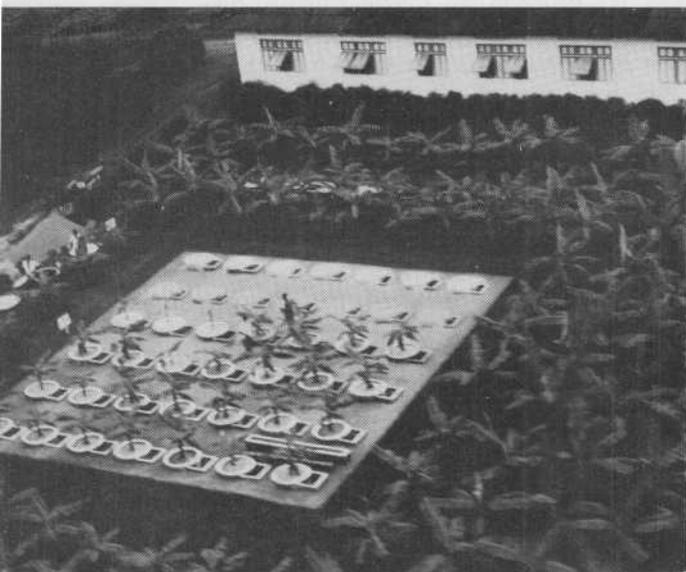
CULTURE SUR MILIEU ARTIFICIEL

Carences atténuées ou temporaires en éléments majeurs Carences en oligo-éléments chez le bananier

par **J.-M. CHARPENTIER** et **P. MARTIN-PRÉVEL**

Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer.

PHOTO 9. — Vue aérienne du dispositif de culture sans sol à la Station IFAC d'Azaguié (Côte d'Ivoire), dans son micro-climat de bananeraie.



CULTURE SUR MILIEU ARTIFICIEL
CARENCES ATTÉNUÉES OU TEMPORAIRES EN
ÉLÉMENTS MAJEURS. CARENCES EN OLIGO-ÉLÉMENTS
CHEZ LE BANANIER

par J.-M. CHARPENTIER et P. MARTIN-PRÉVEL I. F. A. C.

Fruits, vol. 20, n° 10, nov. 1965, p. 551 à 557

RÉSUMÉ. — On a cultivé des bananiers dans de grands bacs arrosés de solutions nutritives :

- 1° partiellement carencées en N, P, S, K, Ca ou Mg ;
- 2° alternativement complètes et carencées en ces éléments ;
- 3° déséquilibrées entre K, Ca et Mg ;
- 4° carencées en B, Mn ou Zn.

L'article décrit de façon détaillée :

- les symptômes obtenus ;
- les effets sur la croissance, le développement et la morphologie du bananier ;
- l'incidence sur la production et sur la qualité commerciale et gustative des régimes.

Un tableau synoptique résume l'ensemble des observations disponibles à ce jour sur les carences minérales du bananier ; on souligne l'importance respective des neuf éléments étudiés.

30 photos dont 8 en couleurs.

En 1961, à la station I. F. A. C. d'Azaguié (Côte d'Ivoire) nous entreprenions l'étude de la symptomatologie des troubles de nutrition chez le bananier. Une première étude nous a permis de préciser avec certitude les symptômes de carences en six éléments majeurs : N, P, S, K, Ca, Mg. Les résultats en ont été relatés dans l'article « Symptômes de carences en six éléments minéraux chez le bananier » par P. MARTIN-PRÉVEL et J.-M. CHARPENTIER (*Fruits*, vol. 18, n° 5, p. 221-247, mai 1963 et *Fertilité*, n° 22).

En 1963, sur un dispositif étoffé, nous reprenions l'expérimentation sur éléments majeurs en étudiant : les carences partielles, plus proches de ce que l'on peut observer en plein champ ; les carences alternées, devant mieux nous préciser l'importance de chaque élément ; et certains déséquilibres cationiques particuliers. Nous débutions en même temps l'étude des carences en oligo-éléments.

Nous rendons compte ci-dessous des résultats de ces études. En plus des symptômes visibles et de l'influence sur le rendement quantitatif, les effets des carences et déséquilibres sur la qualité des fruits ont été particulièrement observés.

I. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous ne reprendrons pas la description du matériel, des méthodes et de la technique d'expérimentation. Celles-ci ont été exposées en détail dans l'article précité. Nous nous bornerons à signaler les améliorations apportées à la technique opérationnelle de la première étude.

1° Dispositifs.

a) Bacs de culture.

Vingt et une buses supplémentaires ont été installées début 1963, portant l'importance du dispositif à quarante-deux buses de 60 cm de profondeur et 1 m de diamètre, plus six buses de 1 m de profondeur et 1 m de diamètre récupérées par ailleurs.

La préparation de cette nouvelle série de bacs a été identique à celle de 1961. La protection interne, qui pour la première étude consistait en une épaisse couche de flintkote, a été complétée par une double gaine de polyéthylène épais constituant une sorte de second bac intérieur possédant des trous pour le drainage. Malgré cela, la protection interne des buses s'est encore avérée insuffisante, bon nombre de racines étant passées par les orifices de drainage.

b) Sable.

Nous avons utilisé le même sable de « marigot », tamisé et abondamment lavé à l'eau. Pour les différentes carences en oligo-éléments et pour les carences en calcium, le sable de chaque buse a été lavé avec 70 l d'acide chlorhydrique dilué au 1/10, en trois arrosages espacés d'au moins 24 heures, sa surface

étant maintenue couverte ; puis il a été abondamment rincé à l'eau déminéralisée.

On a protégé les bacs contre les précipitations, pendant un certain temps, à l'aide d'une toile plastique attachée au tronc du bananier ainsi qu'à la buse. Très rapidement nous nous sommes aperçus que l'élévation de température de la couche superficielle du sable était préjudiciable à une bonne prolifération du système racinaire dans cet horizon. Aussi avons-nous supprimé cette protection.

c) Eau.

Comme pour la première expérimentation, c'est l'eau brute du marigot qui a été utilisée pour les carences en éléments majeurs, son pH étant ajusté à 4,5-5,5.

Pour les carences en oligo-éléments, nous avons utilisé de l'eau passée sur un déminéralisateur PLD 59 dont la résistivité a varié entre 300 et 400 000 ohms/cm²/cm.

d) Dispositif sur le terrain.

Les vingt et une buses nouvellement mises en place ont été enterrées comme celles de 1961. L'ensemble du dispositif possède une légère pente et a été placé dans le micro-climat d'une petite bananeraie (photos 9 et 10).

2° Choix des traitements.

Lors de la première série 1961 nous disposions de 21 bacs de culture, ce qui nous a permis de réaliser les carences totales en chacun des six éléments majeurs : N, P, S, K, Ca, Mg, pris un par un. Le dispositif comprenait 7 traitements et 3 répétitions. Pour l'expérimentation 1963-64, les résultats de l'essai précédent s'étant montré très homogènes, nous nous sommes limités à deux répétitions et nous avons entrepris :

a) la poursuite de l'étude des éléments majeurs en trois séries :



PHOTO 10. — Détail du dispositif.

1. Carences partielles.

Notre but était d'obtenir des symptômes moins violents que ceux des carences totales, plus proches de ce que l'on peut attendre en bananeraie, et d'utiliser l'analyse des feuilles correspondantes comme référence pour le diagnostic foliaire.

Les traitements suivants ont été retenus :

N.....	1/4 de la dose du témoin
P.....	1/10 de la dose du témoin
S.....	1/10 de la dose du témoin
K.....	1/10 de la dose du témoin
Ca.....	1/10 de la dose du témoin
Mg.....	1/4 de la dose du témoin.

Témoin : solution complète.

Soit 7 traitements, 2 répétitions, au total 14 bananiers.

2. Carences alternées.

Cette étude devait permettre de préciser la rapidité de réaction des bananiers aussi bien à une carence en éléments majeurs qu'à une période de soins, de distinguer les symptômes réversibles des symptômes irréversibles.

La technique opératoire consistait à conduire des bananiers en solution complète jusqu'à l'âge de 3 mois à 3 mois 1/2. A cet âge on les carençait totalement en l'un des six éléments choisis jusqu'à l'apparition des symptômes sur trois ou quatre feuilles ; puis on redonnait la solution complète jusqu'à l'apparition d'un certain nombre de feuilles saines, et ainsi de suite jusqu'à la récolte.

Cette série comprenait six traitements : carences alternées en chacun des éléments N, P, S, K, Ca, Mg. Deux répétitions portaient la série à 12 bananiers.

Dans ces deux séries, le procédé de détermination des formules carencées a été le même que celui utilisé en 1961-62. Le lecteur voudra bien se reporter à l'article précédemment cité.

3. Étude de déséquilibres minéraux entre K, Ca et Mg.

Les trois déséquilibres suivants ont été retenus :

- $K + Ca$: déficience K = 0 compensée par Ca seul, Mg étant légèrement diminué ;
- $1/4 Mg + K$: déficience Mg = $1/4$ compensée par K seul, Ca étant légèrement diminué ;
- $1/4 Mg + Ca$: déficience Mg = $1/4$ compensée par Ca seul, K étant légèrement diminué.

Ces trois traitements occupaient les six buses supplémentaires de 1 m de profondeur. Ils étaient destinés à fournir des précisions sur les conditions d'apparition des divers « bleus » du bananier.

b) L'étude des carences totales en oligo-éléments :

bore, manganèse, zinc, cuivre, fer, molybdène : 6 traitements, 2 répétitions, soit un total de 12 bananiers.

A cette série nous avons rajouté deux traitements supplémentaires :

- excès de manganèse avec carence en cuivre ;
- excès de manganèse sans carence en cuivre.

Ces deux traitements en rapport avec le fait que lors d'un diagnostic foliaire sur des bananiers carencés en cuivre des tourbières du Nieky, on n'y avait pas trouvé une teneur en cuivre plus faible, mais une teneur en manganèse plus forte que celles des bananiers sains.

Pour réaliser l'excès de manganèse, on apporte par semaine, 100 ml de solution mère de manganèse (17 g/l de So_4Mn) au lieu de 5 ml, et à partir de 3 mois on est passé à la dose de 250 ml par semaine.

Ces deux traitements comprenant quatre bananiers complétaient notre dispositif des 42 buses de 60 cm de profondeur.

3° Conduite de l'essai.

a) Mise en place des traitements.

Le matériel végétal appartenant à la variété 'Poyo' a été choisi aussi homogène que possible : rejets de 30-60 cm de haut, d'un poids de 2,5 kg. Ils ont été soigneusement parés et trempés dans une solution de Némagon (1 mn dans solution à 1,5 %).

Les plantations ont été effectuées :

le 27-4-63 pour les séries partielles et alternées en éléments majeurs ;

le 8-8-63 pour les séries oligo-éléments et déséquilibres K, Ca, Mg.

Les emplacements des traitements des différentes séries ont été tirés au sort séparément pour chacune des deux répétitions, ce qui nous a donné le plan ci-dessous dans lequel la lettre T désigne les témoins recevant la solution complète.

29	... n° du bac
1/10 Ca	... traitement.

(Voir le Tableau de la page suivante.)

(Buses de 1 m)	E — K + Ca	F 1/4 Mg + K	G 1/4 Mg + Ca	H 1/4 Mg + K	I — K + Ca	J 1/4 Mg + Ca		
Ligne I	1 excès Mn + car. Cu	2 Zn	3 Cu	4 Mo	5 Fe	6 B	7 Mn	carences en oligo-éléments
Ligne II	14 B	13 Mn	12 excès Mn + car. Cu	11 Zn	10 Mo	9 Cu	8 Fe	
Ligne III	15 K	16 Ca	17 Mg	18 N	19 P	20 S	21 excès Mn sans car. Cu	carences alternées en éléments majeurs
Ligne IV	28 P	27 excès Mn sans car. Cu	26 N	25 S	24 K	23 Mg	22 Ca	
Ligne V	29 1/10 Ca	30 1/10 K	31 1/4 Mg	32 1/10 P	33 T	34 1/4 N	35 1/10 S	carences partielles en éléments majeurs
Ligne VI	42 T	41 1/10 P	40 1/4 N	39 1/10 Ca	38 1/10 S	37 1/4 Mg	36 1/10 K	

b) Alimentation en sels nutritifs.

On a conservé la technique à solutions perdues de A. LOUÉ, qui avait donné toute satisfaction dans l'étude précédente.

Les apports minéraux ont débuté le 3-5-63 pour les plantations du 27-4-63 et le 9-9-63 pour les plantations du 28-8-63 ; ils ont été ensuite régulièrement poursuivis à intervalles d'une semaine.

Comme en 1961-62, des solutions mères concentrées de chaque sel étaient administrés une fois par semaine.

Pour les carences en oligo-éléments, nous avons remplacé les sels ordinaires par des produits purs pour analyse et utilisé de l'eau déminéralisée pour la préparation des solutions.

c) Alimentation en eau.

Chaque bac recevait quotidiennement deux arrosages d'importance variable suivant la climatologie

du moment et suivant le niveau de croissance des bananiers. En saison pluvieuse, on jouait sur le nombre d'arrosages, et sur les quantités apportées pour maintenir une alimentation hydrique normale. En fonction du niveau de croissance des bananiers, on a successivement pratiqué par jour, deux arrosages de 5 l, puis deux arrosages de 7 l, puis deux de 10 l.

La série *oligo-éléments* était arrosée avec de l'eau déminéralisée.

d) Lutte antiparasitaire.

Racines. La désinfection des rejets plantés a été suivie d'apports de 5 ml de némagon par bac, tous les deux mois, appliqué dans l'eau d'irrigation. Le système racinaire a toujours été abondant et parfaitement sain.

Appareil aérien. Il nous faut signaler quelques dégâts causés par *Plusia chalcites*. Pas de cercospora, peu de cladosporiose, un cas de virus mosaïque.

TABLEAU I
Carences partielles en éléments majeurs. Longévité des feuilles (Nb de jours)

Trait	n° buse	M 1963	J	Jt	A	S	O	N	D	J	F
T	33 42		75 67	80 78	93 99	93 103	120 137	134			
$\frac{1}{10}$ K	30 36		50 72	70 74	81 88	75 73	76 62	83 62	126		
$\frac{1}{4}$ Mg	31 37		46	53 55	76 88	102 66	111 91	123 115			
$\frac{1}{10}$ Ca	29 39		71 75	79 83	75 88	86 96	106 121	118 146			
$\frac{1}{4}$ N	34 40		73 88	82 93	88 99	93 101	108 113	114 122			
$\frac{1}{10}$ S	35 38		62 72	77 80	72 100	68 98	106 108	115 103			
$\frac{1}{10}$ P	32 41	93	84 89	86 97	104 84	103 80	133 84	127			

T = Témoin

TABLEAU II
Carences partielles en éléments majeurs. Observations diverses.

Trait	n° Buse	Mensurations au stade fleur		Nombre de feuilles			Nombre de feuilles à la récolte	Date de Plantation	Date de la floraison	Date de la récolte	Nombre de jours de la plantation		Intervalle fleur coupe
		H	C à 30 cm	à 3 mois	à 6 mois	en tout					à la fleur	à la récolte	
T	33 42	265 246	70 67	6 6	17 20	30 29	5 8	27-4-63 27-4-63	15-1-64 15-1-64	13-4-64 6-4-64	264 264	352 345	88 81
$\frac{1}{10}$ K	30 36	247 217	63 55	5 7	17 19	33 30	6 3	27-4-63 27-4-63	26-2-64 18-1-64	22-5-64 24-4-64	306 267	392 365	86 98
$\frac{1}{4}$ Mg	31 37	263 260	69 71	7 8	22 23	32 29	6 7	27-4-63 5-6-63	18-1-64 30-1-64	13-4-64 29-4-64	268 239	352 328	84 89
$\frac{1}{10}$ Ca	29 39	257 265	76 73	7 8	22 22	34 32	8 8	27-4-63 27-4-63	30-1-64 18-1-64	5-5-64 24-4-64	279 267	374 363	95 96
$\frac{1}{4}$ N	34 40	234 242	62 63	7 7	20 20	30 30	6 5	27-4-63 27-4-63	18-1-64 24-1-64	13-4-64 24-4-64	267 273	352 363	85 90
$\frac{1}{10}$ S	35 38	228 220	69 62	8 8	21 21	33 31	5 7	27-4-63 27-4-63	15-2-64 5-2-64	11-5-64 27-4-64	295 285	381 366	86 81
$\frac{1}{10}$ P	32 41	244 256	70 72	11 6	23 18	30 32	6 7	27-4-63 27-4-63	29-12-63 12-2-64	26-3-64 11-5-64	247 292	344 381	87 89

TABLEAU III
Carences partielles en éléments majeurs. Observations régime et fruit représentatif.

Trait	n° Buse	Régime					Fruit représentatif				
		Long	Poids	Nombre de mains	Nombre de doigts par main	Nombre total de doigts	Poids	Long	P L	Dureté	Couleur
T	33 42	65 62	20 27	10 10	17,16,15,12,12,12,12,14,8 17,19,16,15,17,14,14,14,13,14	130 153	167 145	19 17	8,7 8,5	54 45	1-1-6 1-2-7
$\frac{1}{10}$ K	30 36	60 46	17 14	8 7	12,22,15,14,14,14,13,12, 15,14,14,14,13,14,13	116 97	146 140	18 16,5	8 8,4	55 51	1-1-4 1-2-6
$\frac{1}{4}$ Mg	31 37	57 70	21 26	9 9	16,14,12,14,17,16,14,14,18, 18,15,16,16,15,15,15,15	125 140	170 209	19 20	8,9 10	52 42	1-1-5 2-3-7
$\frac{1}{10}$ Ca	29 39	69 77	28 25	10 10	27,18,18,19,18,17,15,16,15,10 22,14,14,16,16,16,14,16,16,11	173 155	183 160	19 18,5	9,6 8,6	51 50	1-2-6 1-1-5
$\frac{1}{4}$ N	34 40	52 67	18 25	8 9	18,14,12,12,12,12,12,13 16,17,14,14,15,14,14,14,10	105 128	180 200	19 20	9,4 10	54 48	1-1-5 1-2-7
$\frac{1}{10}$ S	35 38	58 59	17 16	8 8	16,18,18,14,14,14,14,10 12,16,12,13,12,12,12,8	118 97	145 160	17 19	8,5 8,4	51 52	1-1-5 1-1-4
$\frac{1}{10}$ P	32 41	63 64	23 22	10 8	19,17,15,15,16,13,13,12,12,12, 18,17,14,14,14,14,12,14	144 117	156 145	18 17	8,5 8,5	54 51	2-2-6 1-1-5

e) *Soins divers.*

Éilletonnage. Les rejets ont tous été supprimés au fur et à mesure de leur apparition. Pour la série oligo-éléments on avait prévu de garder, en temps voulu, quelques rejets destinés à servir de matériel appauvri pour la replantation des carences qui ne seraient pas apparues au premier cycle.

Tuteurage. Effectué avec le maximum de soins de façon à éviter les tornadages.

f) *Observations.*

On a relevé pour chaque bananier :

— les dates de sortie et de fanaison de chaque feuille,

— la longueur et la largeur maximum du limbe de chaque feuille, à partir desquelles on calcule le rapport foliaire (= indice foliaire),

— la hauteur et la circonférence du pseudo-tronc à chaque sortie d'une nouvelle feuille,

— les dates d'apparition de l'inflorescence et de récolte du régime,

— la longueur du régime, le nombre de mains, le nombre de doigts de chaque main,

— la longueur, poids, dureté et couleur de la pulpe du fruit représentatif pour les régimes au stade coupe.

De plus toutes les malformations et symptômes sur feuilles, pétioles, faux tronc, régime, étaient régulièrement observés. Chaque changement de solution était soigneusement noté. Après récolte des régimes, ceux-ci ont été mis à mûrir et leur qualité gustative comparée à celle des témoins provenant de la plantation pilote. Le bulbe, son plateau et son système racinaire ont été observés en détail.

Les principales observations faites ont été reportées dans les tableaux suivants **auxquels il n'est pas fait de renvois dans le texte, sauf exception** :

— Carences partielles en éléments majeurs :

Longévité des feuilles.....	Tableau I
Observations diverses.....	Tableau II
Observations régime et fruit représentatif.....	Tableau III

— Carences alternées en éléments majeurs :

Calendrier des traitements.....	Tableau IV
---------------------------------	------------

Longévité des feuilles.....	Tableau V
Observations diverses.....	Tableau VI
Observations régime et fruit représentatif.....	Tableau VII

— Carences totales en oligo-éléments :

Observations diverses.....	Tableau VIII
Observations régime et fruit représentatif.....	Tableau IX

— Déséquilibres entre K, Ca, Mg :

Observations diverses.....	Tableau X
Observations régime et fruit représentatif.....	Tableau XI

De plus on a représenté la croissance des différents bananiers par des graphiques, **auxquels il n'est pas fait non plus de renvois explicites dans le texte** :

— Carences partielles en éléments majeurs :

Ligne V. Courbes des longueurs de feuilles.....	Graphique 1
Ligne VI. Courbes des longueurs de feuilles.....	Graphique 2

— Carences alternées en éléments majeurs :

Ligne III. Courbes des longueurs de feuilles.....	Graphique 3
Ligne III. Courbes des indices foliaires.....	Graphique 4
Lignes IV. Courbes des longueurs de feuilles.....	Graphique 5
Ligne IV. Courbes des indices foliaires.....	Graphique 6

— Carences en oligo-éléments :

Courbes de longueurs et largeurs de feuilles.....	Graphique 7
---	-------------

(Bore et manganèse.)

g) *Prélèvements foliaires.*

L'ensemble de l'expérimentation a été suivie par l'analyse foliaire.

Les déterminations chimiques sont actuellement en cours ; leurs résultats feront l'objet d'un article ultérieur.

4° L'appareil bulbaire.

Les caractéristiques de l'ensemble bulbaire et racinaire ont été notées. Le plateau était important et lourd, 30 kg en moyenne. Le nombre des émissions de racines du bulbe porteur a été de 530 et le poids total des racines à l'arrachage, après coupe, de 12 kg.

D'une manière générale, le rejetonnage a été important et le système racinaire abondant, de bonne grosseur et parfaitement sain.

5° Homogénéité de l'essai.

La floraison des deux témoins le même jour est une des preuves les plus spectaculaires de l'homogénéité parfaite obtenue dans la croissance des bananiers conduits en solution complète. Pour les autres trai-

tements, qu'ils appartiennent aux séries alternée ou partielle en éléments majeurs, à la série oligo-éléments ou à la série déséquilibres K-Ca-Mg, on observe la même homogénéité dans le rythme et l'intensité de la croissance, la même similitude de réaction de la plante à l'alternance des périodes de carences et de soins chez les deux bananiers constituant les deux répétitions de chaque traitement : leurs deux courbes de longueurs et d'indices foliaires sont très voisines. On observe la même homogénéité pour toutes les autres observations pratiquées sur la plante et son régime.

La parfaite homogénéité de chaque traitement et les résultats obtenus pour les témoins concourent à prouver que tout ce qui a été observé n'a pas été le fait d'un état anormal de la plante, mais la conséquence directe des déséquilibres intentionnellement appliqués.

III. ÉTUDE DES ÉLÉMENTS MAJEURS

1) CARENCE EN AZOTE

Carence partielle.

Tout au long de leur végétation, les deux bananiers carencés partiellement en azote (1/4 de la dose complète) ont présenté un *rythme végétatif* tout à fait comparable à celui des témoins :

— à trois mois ils avaient sorti 7 feuilles, et les témoins 6,

— à 6 mois ils avaient sorti 20 feuilles, et les témoins 17 et 20,

— à la fleur ils avaient sorti 30 feuilles, et les témoins 29 et 30.

Leur floraison n'a présenté qu'un retard de quelques jours sur les témoins. A la coupe, effectuée avec le même retard, les bananiers avaient pratiquement le même nombre de feuilles.

Lorsque le bananier atteint l'âge de 6 mois, on assiste à une augmentation de la *longévité des feuilles* qui, par ailleurs, est toujours sensiblement inférieure à celle des feuilles des témoins. De taille un peu moins élevée, les bananiers carencés partiellement en azote présentent également des *mesurations foliaires* toujours plus faibles : feuilles plus courtes et moins larges (courbes de longueurs de feuilles régulières, parallèles et en dessous de celles des témoins), le rapport foliaire n'étant cependant pas modifié par rapport à la nor-

male ; pétioles plus courts. Les intervalles d'insertion pétiolaire, qui durant les six premiers mois étaient comparables à ceux du témoin, se raccourcissent par la suite, provoquant un léger engorgement.

Durant les quatre premiers mois de végétation, ces bananiers ne présentaient qu'une très légère chlorose de l'ensemble du végétal ; par la suite elle s'est accentuée progressivement, pour devenir nette au stade régime. A partir du sixième mois le système foliaire présente une *sensibilité accrue à la Cladosporiose et au Chloridium*. Les marges foliaires deviennent nécrotiques.

La floraison s'est effectuée normalement, les régimes possédant respectivement huit et neuf mains, c'est-à-dire une et deux mains de moins que ceux des témoins. Le nombre des doigts était également plus faible.

Au stade coupe, après un intervalle floraison-coupe normal, nous avons obtenu des régimes de 18 kg et 25 kg. Ces deux régimes avaient une *conformation ouverte*, à mains lâches, à fruits longs et courbes. Les régimes conduits à maturité nous ont donné des bananes parfumées et légèrement plus savoureuses que celles des deux témoins.

L'observation du *bulbe* et du *système racinaire* donne des chiffres un peu plus faibles que ceux du témoin (poids du bulbe, nombre de racines, poids de racines, diamètre des racines).

Tableau IV - Carences alternées en éléments majeurs - Calendrier des traitements

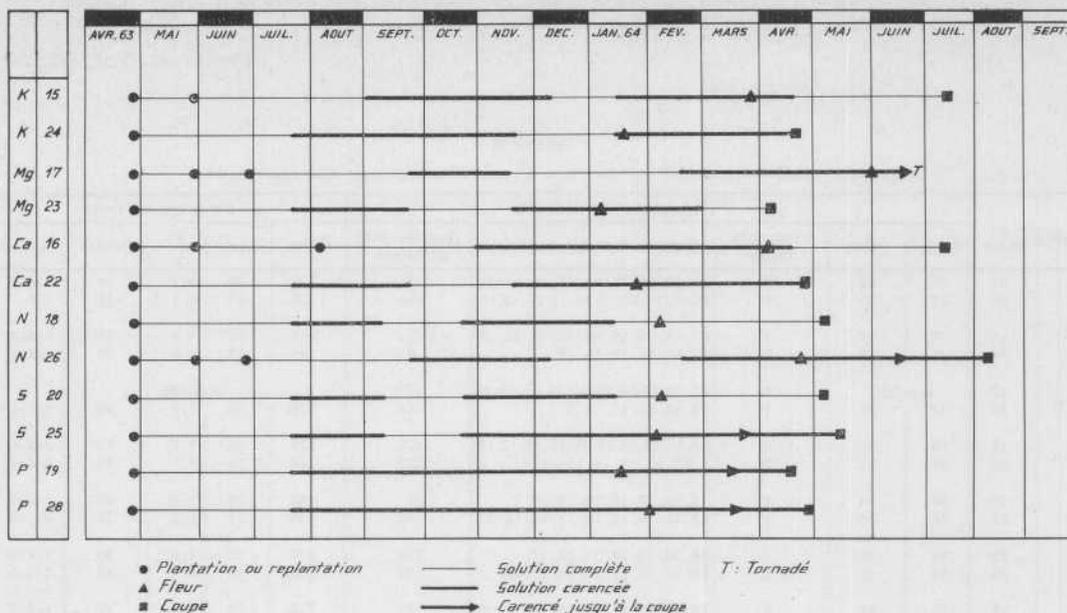


Tableau V - Carences alternées en éléments majeurs - Longévité des feuilles (N^{br} de jours)

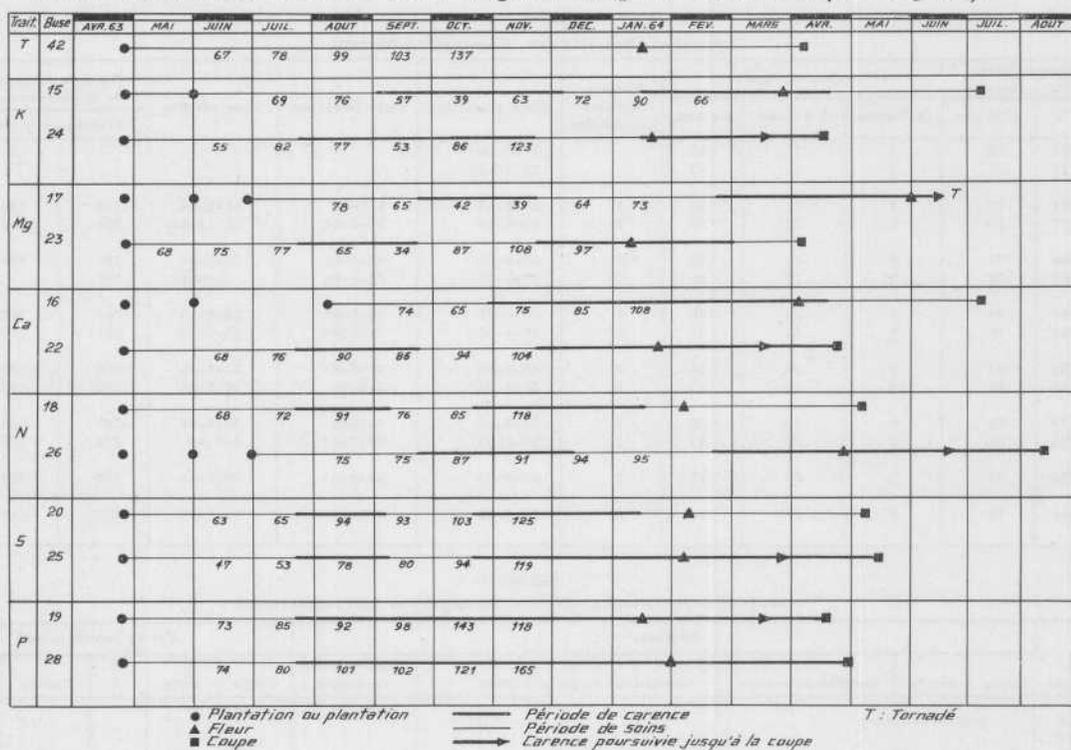


TABLEAU VI

Carences alternées en éléments majeurs. Observations diverses.

Trait	n° Buse	Mensurations au stade fleur		Nombre de feuilles			Nombre de feuilles à la récolte	Date de plantation	Date de la floraison	Date de la récolte	Nombre de jours de la plantation		Intervalle fleur coupe
		H	à 30 cm	à 3 mois	à 6 mois	en tout					à la fleur	à la récolte	
T	33	265	70	6	17	30	5	27-4-63	15-1-64	13-4-64	264	352	88
	42	246	67	6	20	29	8	27-4-63	15-1-64	6-1-64	264	345	81
K	15	257	68	6	19	35	5	1-6-63	28-3-64	8-7-64	300	403	102
	24	224	57	8	19	29	6	27-4-63	18-1-64	16-4-64	267	355	88
Mg	17	298	83	7	24	42		29-6-63	1-6-64	tornadé	338		
	23	240	66	10	25	34	0	27-4-63	10-1-64	4-4-64	259	343	84
Ca	16	267	80	8	22	29	8	6-8-63	2-4-64	8-7-64	240	337	97
	22	250	72	8	22	32	5	27-4-63	20-1-64	24-4-64	269	363	94
N	18	218	61	9	21	33	8	27-4-63	5-2-64	5-5-64	285	374	89
	26	274	73	10	20	34	5	27-6-63	29-4-64	10-8-64	336	439	103
S	20	212	69	6	20	32	7	27-4-63	7-2-64	5-5-64	287	374	87
	25	226	65	5	19	31	7	27-4-63	5-2-64	11-5-64	285	381	96
P	19	250	71	8	22	31	7	27-4-63	15-1-64	16-4-64	264	355	91
	28	241	69	6	21	31	8	27-4-63	30-1-64	29-4-64	279	368	89

T = témoin

TABLEAU VII

Carences alternées en éléments majeurs. Observations régime et fruit représentatif.

Trait	n° Buse	Régime					Fruit représentatif				
		Long	Poids	Nombre de mains	Nombre de doigts par main	Nombre total de doigts	Poids	Long	$\frac{P}{L}$	Dureté	Couleur
T	33	65	20	10	17, 16, 15, 12, 12, 12, 12, 14.	130	167	19	8,7	54	1-1-6
	42	62	27	10	17, 19, 16, 15, 17, 14, 14, 13, 14.	153	145	17	8,5	45	1-2-7
K	15	57	17	9	27, 18, 16, 16, 16, 14, 16, 16, 14.	153	120	17	7,0	52	2-3-8
	24	45	12	6	15, 18, 12, 14, 13, 13.	85	145	17	8,6	52	1-1-6
Mg	17	tornadé		10	22, 19, 20, 18, 18, 18, 16, 16, 16, 10.	173	tornadé				
	23	34	8	7	14, 12, 12, 13, 14, 6	84	110	15	7,3	46	5-9-5
Ca	16	66	19	10	22, 21, 18, 19, 18, 16, 16, 16, 17, 15.	178	116	16	7,3	53	2-3-8
	22	67	21	8	7, 23, 19, 15, 16, 15, 14, 6.	125	144	16	9	48	2-2-6
N	18	60	14	8	14, 12, 12, 12, 10, 10, 10, 7.	87	160	18	8,8	55	1-1-4
	26	60	24	9	23, 21, 16, 16, 16, 15, 16, 16, 17.	156	140	17	8,2	54	2-3-7
S	20	54	15	7	18, 18, 14, 14, 13, 13, 12.	102	155	18	8,6	54	1-1-5
	25	53	15	8	20, 17, 16, 15, 13, 14, 13, 12.	120	140	16	8,7	45	2-2-6
P	19	56	20	9	19, 16, 15, 12, 12, 13, 12, 12, 10.	121	210	20	10	52	1-3-7
	28	68	23	9	16, 17, 14, 16, 17, 14, 14, 16, 15.	139	170	18	9,4	49	1-2-6

TABLEAU VIII

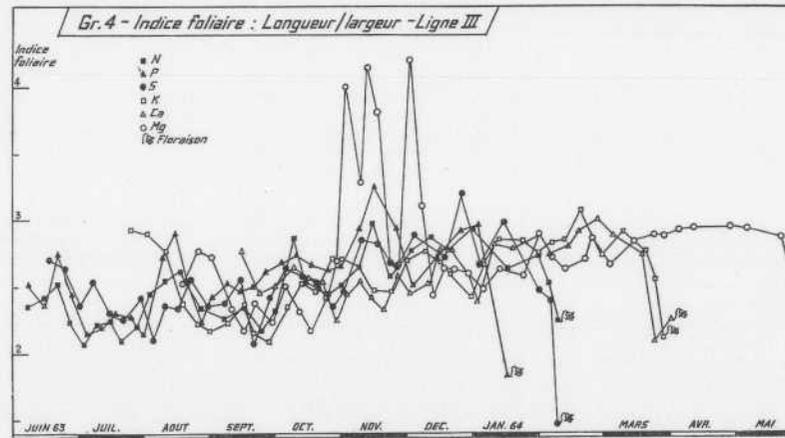
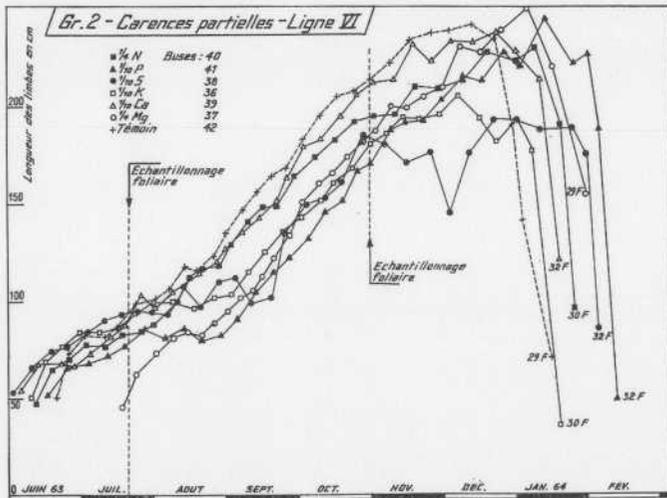
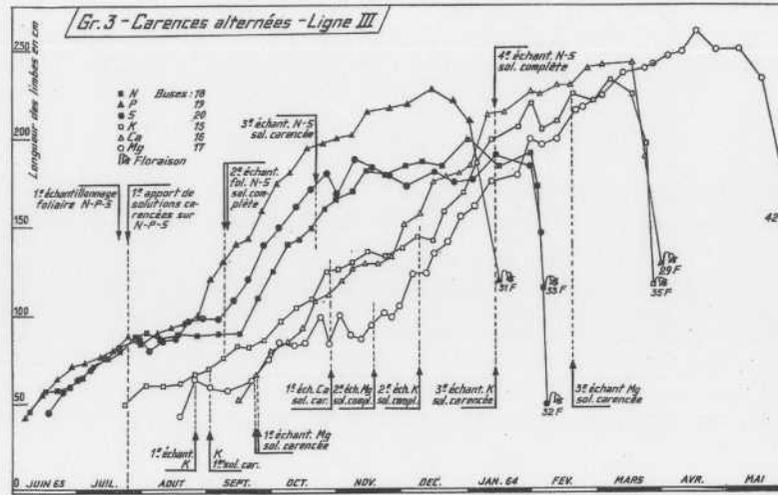
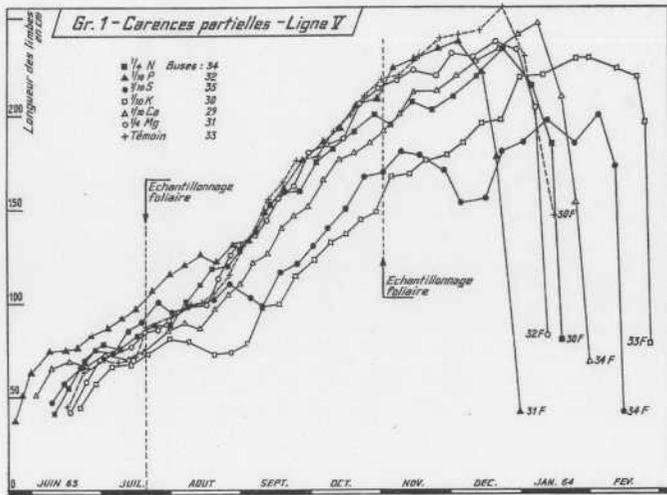
Carences en oligo-éléments. Observations diverses.

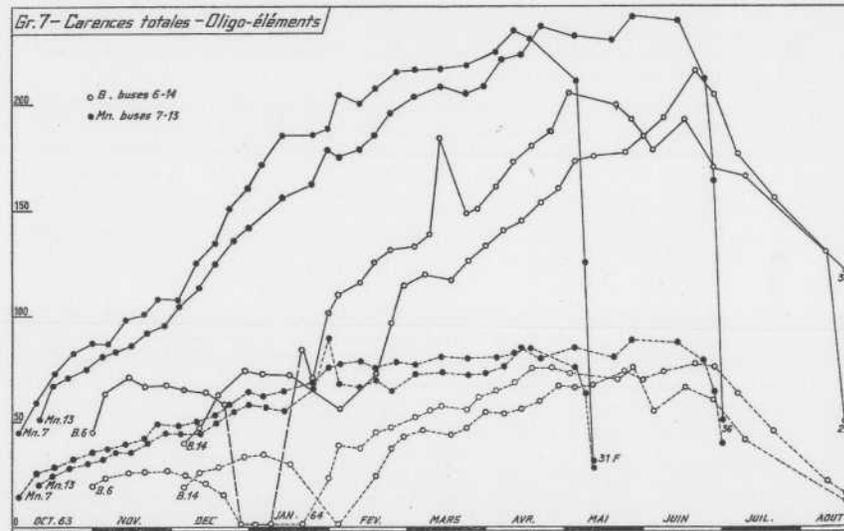
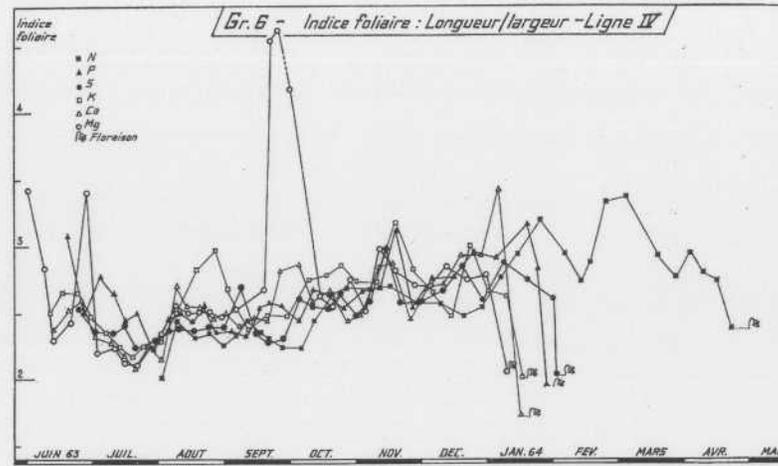
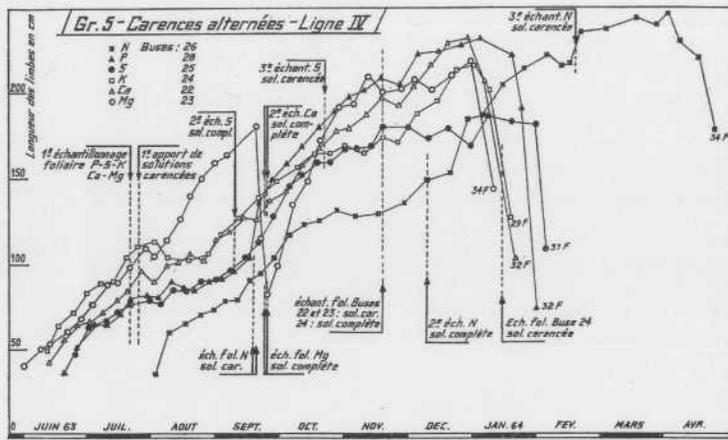
Trait	n° Buse	Mensurations stade fleur		Nombre de feuilles			Nombre feuilles à récolte	Date plantation	Date floraison	Date récolte	Nombre de jours de la plantation		Intervalle fleur coupe
		H	à 30 cm	à 5 mois	à 6 mois	en tout					à la fleur	à la récolte	
B	6	245	70	8	21	35		20-9-63					
	14	216	65	6	18	29		30-10-63					
Mn	7	268	70	9	22	31	8	28-8-63	9-5-64	11-8-64	255	349	94
	13	277	79	9	22	36	5	28-8-63	29-6-64	12-10-64	306	410	105
Zn	2	269	73	8	21	30	9	28-8-63	12-5-64	11-8-64	258	349	91
	11	280	76	7	19	31	6	20-9-63	23-7-64	Recépé	307		
Cu	3	280	74	7	20	30	9	28-8-63	15-5-64	22-8-64	261	360	99
	9	276	76	9	22	31	7	28-8-63	15-5-64	22-8-64	261	360	99
Fe	5	280	82	9	21	31	8	28-8-63	19-5-64	22-8-64	265	360	95
	8	269	74	10	26	31	6	28-8-63	2-5-64	10-8-64	248	348	100
Mo	4	270	78	9	22	30	7	28-8-63	3-5-64	10-8-64	249	349	100
	10	276	76	7	20	31	7	28-8-63	30-5-64	4-9-64	276	373	97
Excès Mn + carence Cu	1	252	68	8	21	29	7	28-8-63	22-4-64	10-8-64	238	348	110
	12	261	70	8	22	31	8	28-8-63	7-5-64	11-8-64	253	349	96

TABLEAU IX

Carences en oligo-éléments. Observations régime et fruit représentatif.

Trait	n° Buse	Régime					Fruits représentatif					
		Long	Poids	nombre de mains	nombre de doigts par main	Nombre total de doigts	Poids	Long	$\frac{P}{L}$	Dureté	Couleur	
B	6 14	pas de floraison										
Mn	7	69	11	9	16, 16, 18, 16, 16, 14, 14, 13, 13.	136	67	14,8	4,5	58	2-4-8	
	13	66	14	9	7, 20, 19, 18, 15, 16, 14, 15, 15.	139	95	16	5,9	59	3-4-7	
Zn	2 11	63	14	9	18, 19, 16, 16, 16, 16, 16, 16.	149	96	17	5,6	61	1-3-7	
Cu	3	74	15	10	18, 18, 16, 18, 18, 16, 16, 16, 16, 15.	167	80	15,8	5,0	58	1-2-6	
	9	72	15	10	25, 18, 18, 15, 16, 16, 16, 16, 14.	170	90	16,8	5,3	53	2-4-9	
Fe	5	79	15	10	22, 24, 18, 17, 18, 16, 16, 16, 16, 16.	179	80	15,8	5,0	54	1-2-6	
	8	62	14	10	18, 17, 18, 17, 16, 16, 14, 16, 16, 13, 14.	175	130	15	8,6	55	3-3-8	
Mo	4	62	12	10	20, 18, 16, 16, 16, 16, 14, 16, 16, 17.	155	85	16	5,3	53	2-3-8	
	10	70	16	10	19, 18, 18, 17, 16, 16, 16, 16, 15, 14.	165	93	17	5,4	58	2-2-4	
Excès Mn + carence Cu	1	76	14	10	17, 23, 18, 17, 17, 16, 15, 16, 14, 14.	167	70	14	5,0	56	2-2-7	
	12	70	14	10	21, 27, 18, 16, 16, 14, 16, 15, 16, 5.	164	70	15	4,6	57	2-2-5	





II. CROISSANCE DU BANANIER SUR SOLUTION SYNTHÉTIQUE

L'ensemble de notre dispositif comprenait deux témoins. Onze mois et demi après plantation, ces deux témoins ont fourni des régimes pesant 27 et 20 kg. La vie de ces bananiers conduits sur sol inerte avec des solutions nutritives a été identique à celle des bananiers de pleine terre; le cycle étant seulement un peu plus long du fait du poids assez faible des rejets à la plantation. L'examen plus détaillé des chiffres obtenus pour ces témoins va nous révéler la parfaite croissance des plants conduits en solution complète et démontrer qu'aucun facteur important n'est venu perturber la valeur pratique des résultats.

1° Incidence climatique.

Durant les six premiers mois de leur végétation, les bananiers ont subi une saison particulièrement pluvieuse et froide. Le départ en végétation a donc été lent. Mais par la suite, le rythme végétatif s'est poursuivi de façon satisfaisante jusqu'au stade coupe. Durant la saison sèche de décembre, janvier, février, l'alimentation hydrique a été parfaitement satisfaite.

2° Croissance et comportement des témoins.

Les courbes de longueur de feuilles (graphiques 1 et 2) indiquent une croissance tout à fait normale, compte tenu de l'incidence climatique dont nous venons de parler. Le rythme des émissions foliaires était très régulier et assez rapide. Malgré un rapport foliaire assez élevé, les plants sont demeurés des 'Poyo' typiques.

Par rapport aux témoins de notre expérimentation 1961-62, les témoins 1963-64 ont émis une à trois feuilles en plus. La durée de vie de leurs feuilles s'est également différenciée selon l'époque. Pour les cinq premiers mois elle a varié de 70 à 100 jours. Par la suite, à partir d'octobre, la longévité des feuilles émises a été beaucoup plus élevée: 130 à 140 jours. On retrouve les mêmes périodes que pour l'expérimentation 1961-62, mais les chiffres sont un peu plus faibles. Les faux troncs ont atteint des hauteurs de 246 cm, et 265 cm, légèrement plus faibles que celles atteintes en 1961-62.

La coloration des feuilles, pétioles et faux troncs a été tout à fait normale. Comme pour la première expérimentation, il nous faut signaler l'apparition sur deux à trois feuilles de témoins, fin octobre-début novembre, de légères décolorations marginales inter-

nervaires identiques à celles du traitement 1/10 Ca. Le déficit hydrique momentané dont ces symptômes ont pu être une conséquence lors de l'expérimentation 1961-62 n'est plus à incriminer. La teneur en potassium de la solution témoin devrait sans doute être légèrement diminuée pendant le 6^e mois de végétation pour éviter ces symptômes fugaces.

Nous signalerons également le léger port en parasol pris par l'ensemble des bananiers. Ce phénomène nous paraît être la conséquence d'une légère clausuration du système racinaire, dans ces buses d'un volume malgré tout assez faible.

3° Leur production.

Le 15-1-64, c'est-à-dire 264 jours après plantation, les deux témoins, nos 42 et 33, ont fleuri. Ce délai assez long est dû à la petitesse du matériel végétal employé.

Après une évolution normale, les régimes ont été coupés et mis à mûrir; leurs caractéristiques sont notées dans le tableau III. D'un poids assez élevé, puisque l'un d'eux pesait 27 kg, ils présentaient une bonne conformation et une bonne aptitude à la commercialisation (photo 11). La plage interne du fruit représentatif était peut-être un peu foncée. Leur maturation a été satisfaisante et les fruits obtenus savoureux.



PHOTO 11. — Régime du témoin n° 42.

L'azote conditionnant la croissance et le rendement il est normal qu'en carence partielle ($1/4$ de la dose de N du témoin) nous ayons obtenu un développement moindre du végétal et une production plus faible que celle du témoin ; cependant nous nous attendions à des différences plus importantes. Il faut rappeler ici la manière dont J. DUMAS et L. GUIMBERTEAU ont procédé pour le choix d'une solution complète de référence (cf. article précédent, p. 223) : partant de la formule passe-partout de HOAGLAND-ARNON, ils l'ont adaptée au bananier en y augmentant le potassium de 25 % tout en diminuant l'azote de 25 % également ; mais ils ne sont pas allés plus loin dans cette voie, et les améliorations que nous avons apportées par la suite ne concernaient pas l'azote. Notre formule témoin actuelle semble donc offrir encore au bananier plus d'azote qu'il n'en nécessite. D'autre part, avec la technique des solutions perdues, on doit assurer aux plants un approvisionnement très supérieur à leurs besoins. Le quart de la dose normale d'azote s'est ainsi révélé plus proche de la suffisance que la petitesse de cette fraction ne le laissait présager.

Carence alternée.

Dès le premier apport de solution totalement carencée en azote, à 3 mois d'âge, il se produit une nette réaction de la plante. Les feuilles cessent brutalement de s'allonger, et le palier de la courbe des longueurs successives se maintiendra à la même valeur tant que durera la période de carence, c'est-à-dire jusqu'à la 15^e feuille. La croissance en largeur s'arrête aussi brutalement, donc sans modification sensible du rapport foliaire ; et le rythme d'émission n'est pas perturbé. Cet arrêt d'allongement des feuilles s'accompagne du ralentissement de la croissance du pseudotrunc et du raccourcissement des pétioles : il y a engorgement du végétal, accompagné d'une légère modification de l'hélice foliaire. La durée de vie des feuilles est inférieure à la normale et on note la sensibilité à la Cladosporiose et au Chloridium.

Peu à peu, le bananier prend l'aspect caractéristique d'une carence totale en azote. Un mois de traitement carenciel suffit pour obtenir une chlorose générale, accompagnée de tous les symptômes généraux ou particuliers décrits pour la carence totale.

L'état de carence a été maintenu 1 mois et $1/2$ pour l'un des deux plants, et 2 mois et $1/2$ pour l'autre.

Dès le premier apport de solution complète la réaction des plantes est immédiate. L'élongation des nou-

veaux organes sortis redevient normale. Trois apports de solution complète répartis en trois semaines suffiront aux bananiers pour reprendre leur coloration et leur vigueur végétative, et à la fin de cette période de nutrition complète on peut observer les deux étages foliaires correspondant à la période de carence et à celle de soins ; l'un engorgé, l'autre d'élongation normale (photo 12).

A ces deux plants nous avons appliqué une deuxième période de carence. Rapidement la courbe des longueurs des feuilles devient très irrégulière, tous les autres caractères carenciels réapparaissent plus ou moins lentement. Lors de cette deuxième période il faudra 2 mois et $1/2$ aux plantes pour reprendre un faciès carenciel caractéristique.

Pour l'un des deux plants nous avons interrompu cette deuxième période de déficience azotée après 2 mois 3 semaines. Pour l'autre nous l'avons maintenue jusqu'à la coupe du régime.



PHOTO 12. — Carence alternée en azote : reprise de croissance après 1 mois et 1 semaine de solution complète (étage foliaire du haut) faisant suite à une période de carence (étage foliaire du bas), bananier âgé de 5 mois et 3 semaines.

A la floraison, en retard de 3 semaines sur celle des témoins, les bananiers avaient sorti 4 à 5 feuilles de plus que ces derniers.

Les régimes produits par les deux plants ont été nettement différents :

— celui du bananier 18, différencié au début de la deuxième période de carence (la différenciation se produit approximativement 3 mois avant la sortie de la fleur), sera petit et de tendance rachitique : 8 mains, mais surtout un nombre de doigts très faible (87 au lieu de 130 et 153 pour les témoins). Au stade coupe il pèsera 14 kg.

— celui du bananier 26, différencié au milieu de la période de nutrition complète faisant suite à la première phase carencielle, sera très normal, en nombre de mains (9) et surtout en nombre de doigts (156). Au stade coupe son poids, 24 kg, sera comparable à celui des régimes témoins (20 et 27 kg). Pour ce plant la deuxième période de carence, poursuivie jusqu'à la coupe, ne semble pas avoir eu une influence importante sur le rendement.

Les deux régimes présentent lors de leur maturation une tendance à la pourriture des pédicelles. Leur pulpe sera parfumée, très sucrée.

Conclusions. L'azote et le bananier.

L'importance de l'azote nous est maintenant bien connue :

— En carence totale, le bananier ne peut franchir le stade floral car tous les processus vitaux de croissance sont ralentis. Il y a mort par pourriture physiologique.

— Notre carence partielle n'a été qu'une légère déficience par rapport aux besoins : c'est pourquoi nous n'avons obtenu qu'un léger affaiblissement du végétal adulte, sans grand effet sur le rendement : le quart de la dose du témoin s'est montré suffisant jusqu'à 4 mois, et la déficience ne s'est installée qu'ensuite quand les besoins du bananier sont devenus progressivement plus importants.

— En carence alternée, 3 semaines de déficience ont donné au bananier un aspect caractéristique d'une carence azotée totale ; trois semaines de nutrition complète suffiront aussi pour que le bananier reprenne toute sa vigueur. Les symptômes carenciels, quand ils ne sont pas trop accentués, sont réversibles. La production est fortement touchée lorsque la différenciation florale se situe dans une période de malnutrition. Des périodes de déficience azotée totale appliquée en dehors de cette phase de différenciation ne perturbent pas celle-ci mais pourront soit affaiblir

la plante, ce qui diminuera son potentiel de production, soit gêner l'évolution du régime jusqu'au stade coupe et sans doute perturber sa qualité.

2) CARENCE EN PHOSPHORE

Carence partielle.

La réduction de la dose de phosphore à 1/10 de celle du témoin n'a pas eu de répercussions importantes sur la végétation des deux bananiers.

Leur développement a été pratiquement identique à celui des témoins. Les courbes de longueurs des feuilles sont normales, le rythme d'émissions régulier, les nombres de feuilles émises de 31 et 32. Leur durée de vie a été identique à celle des témoins. A signaler cependant un léger à-coup végétatif vers 4 mois pour le bananier 41. Pour les deux plants, les hauteurs du stipe étaient identiques à celles des témoins, le port normal.

On a pu noter la coloration vert foncé à tendance bleutée du feuillage, et à partir des 7^e et 8^e mois on a pu relever sur les plants de légères nécroses marginales sur vieilles feuilles, symptômes que l'on peut considérer comme la manifestation d'une légère carence en phosphore.

Les deux bananiers nous ont donné des régimes de 8 et 10 mains pesant respectivement 22 et 23 kg. Très normaux, ces régimes ont mûri correctement. Les bananes mûres étaient assez peu sucrées.

Carence alternée.

La réaction des bananiers à la période de carence, appliquée à 3 mois d'âge, a été nette. Les feuilles cessent brutalement de s'allonger et le palier de la courbe des longueurs successives durera 1 mois 1/2. Mais les courbes reprennent alors leur allure croissante et se superposent pratiquement à celles des témoins. Le rythme d'émission des feuilles est normal et les allongements réguliers.

Étant donné la faiblesse de ces effets, la période carencielle a été poursuivie jusqu'à la coupe des régimes.

A partir du 5^e mois on a pu relever quelques symptômes : le feuillage présente une coloration vert foncé à tendance bleutée, les feuilles sont plus épaisses que la normale ; leurs marges s'enroulent plus ou moins vers la face inférieure. A partir du 7^e mois les plants ont présenté de très légères grillures marginales pouvant être considérées comme le signe d'une légère carence en phosphore.

Les bananiers nous ont donné des régimes de

9 mains pesant 20 et 23 kg, de conformation à tendance ouverte avec une hampe légèrement en hélice (photo 13). Leur maturation a été normale et la pulpe odorante mais peu sucrée.

De même qu'en carence totale, en carence alternée et en carence partielle, on note la tendance du système racinaire à être fin.

En définitive, pour ces deux types de carence on n'a pu noter que de légers symptômes et une influence sur le rendement quasi nulle. Les quantités de phosphore apportées en carence partielle, ou lors des trois premiers mois de nutrition complète pour la carence alternée, ont suffi à une alimentation proche de la normale. On se souvient qu'en carence totale, les effets du manque de phosphore avaient surtout été nets au stade jeune, mais les fruits produits avaient une tendance marquée au rachitisme. C'est pour les premières étapes de la croissance du rejet que les besoins phosphorés du bananier sont les plus importants (cf. S. R. FREIBERG, communication personnelle).

3) CARENCE EN SOUFRE

Carence partielle.

Le comportement des deux bananiers n° 35 et 38 carencés partiellement en soufre (1/10 de la dose complète), a été parfaitement identique, en particulier les courbes des longueurs de feuilles se superposent pratiquement. Ces courbes reflètent parfaitement les différentes phases de la vie des plantes.



← PHOTO 13. — Régime n° 28 : carence alternée en phosphore.

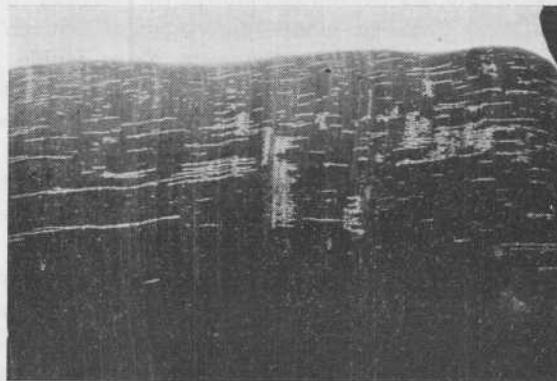
PHOTO 14. — Carence alternée en soufre : stries foliaires.

A la fin du troisième mois de végétation, c'est-à-dire à partir des 7^e et 8^e feuilles, les jeunes feuilles nouvellement émises présentent des réductions de limbe qui vont aller s'accroissant pendant 1 mois 1/2 à 2 mois. La courbe des longueurs de feuilles présente une allure en dents de scie très caractéristique. Il y a également réduction plus ou moins importante de la largeur des limbes. S'y ajoute l'épaississement des tissus et surtout des nervures secondaires. Les feuilles prennent un aspect gaufré, chaque demi-limbe se disposant en gouttière dans le sens longitudinal de la feuille ; les marges des feuilles présentent également des ondulations caractéristiques (planches en couleurs, photo 1).

Parallèlement, il y a perturbation de la croissance : engorgement du végétal avec disposition en « Rave-nala », pétioles courts et déroulement des feuilles avant émergence complète.

En même temps, on observe des *décolorations internervaires* (à partir de la 12^e feuille) ainsi que *des stries sur la face inférieure* de la feuille, perpendiculaires aux nervures secondaires. Nous n'avons pas relevé ces symptômes lors de l'expérimentation de 1961-62. Ils consistent en alignements de longueur très variable allant du simple point jusqu'à atteindre une vingtaine de centimètres de long, caractérisés par la disparition de l'épiderme de la face inférieure des feuilles (photo 14). Il y a par la suite cicatrification avec quelques formations liégeuses. Ces stries peuvent être si nombreuses qu'elles forment parfois des plages importantes.

Au fur et à mesure du vieillissement des plants il y a accentuation des symptômes précités et en particulier des réductions de limbes en largeur. Les décolorations internervaires s'accroissent également (photo 15) et la nécrose peut gagner partie ou totalité des demi-limbes.



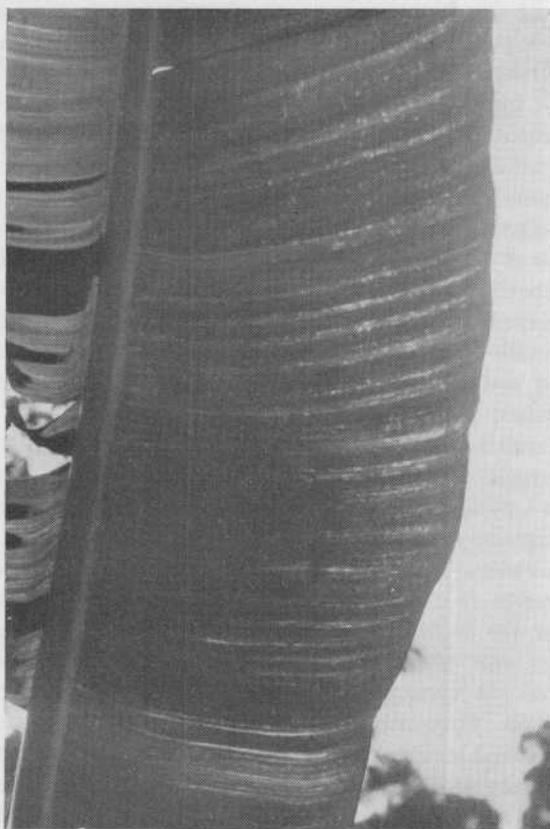


PHOTO 15. — Carence partielle (1/10) en soufre : décolorations internervaires.

A partir de la fin septembre, c'est-à-dire entre 4 mois 1/2 et 5 mois d'âge, la courbe des longueurs de feuilles des deux bananiers reprend pendant 1 mois 1/2 à 2 mois une croissance à peu près normale. Mais les déformations foliaires, quoique plus réduites, persistent néanmoins. Tous les autres symptômes sont également visibles.

Après cette période, à la mi-novembre (6 mois 1/2-7 mois d'âge), les feuilles deviennent de nouveau très irrégulières. Tous les symptômes précités sont présents et peuvent varier d'intensité d'une feuille à l'autre, mais néanmoins sans atteindre le même degré que celui obtenu durant la phase végétative comprise entre 3 mois et 4 mois 1/2.

Tout au long de la végétation des bananiers, la durée de vie des feuilles a été inférieure à celle des témoins.

La floraison a eu lieu avec un retard de 3 semaines à 1 mois sur celle des témoins. Les deux régimes possédant 8 mains ont tendance à être ouverts. Ils sont petits et pèsent 16 et 17 kg au stade coupe. Leur

maturation est normale et leur qualité gustative correcte.

Carence alternée.

En carence alternée, il y a parfaite similitude de réaction des bananiers au soufre et à l'azote. De façon générale, les changements de solution des traitements N et S alternés ont été effectués en même temps.

Dès le premier apport de solution carencée, c'est-à-dire à 3 mois d'âge des bananiers, la courbe des longueurs de feuilles amorce un palier : les allongements s'arrêtent brutalement comme pour l'azote. Pour le bananier 25, à partir de la 9^e feuille, c'est-à-dire après 20 jours de carence (quatre apports de solution carencée) on peut déjà observer le retard à la coloration des jeunes feuilles. Un mois de carence donne aux bananiers l'aspect caractéristique obtenu en carence totale avec en plus les stries observées en carence partielle : tirets à la face inférieure des feuilles (photo 14).

Le bananier 20 est un peu plus en retard mais subit le même processus d'apparition de la carence. A côté de ce retard à la coloration on observe : l'engorgement des plants s'accompagnant d'une légère modification de l'hélice foliaire, l'épaississement des nervures secondaires, un léger gaufrage des limbes, pas de déformations.

La période des soins débute à 4 mois 1/2 d'âge des plants, c'est-à-dire après 1 mois 1/2 de carence. Dès le premier apport de solution complète, la courbe des longueurs des feuilles reprend sa croissance. Les feuilles nouvellement émises possèdent une coloration normale. En 10-15 jours les plants reverdisent complètement. Ce reverdissement beaucoup plus rapide que dans le cas de l'azote dénote le rôle beaucoup plus spécifique du soufre. Après le premier apport de solution complète, les stries n'apparaissent plus sur les feuilles nouvellement émises.

La deuxième période de carence débute à 6 mois d'âge des plants (18^e et 19^e feuilles). La réaction des bananiers est encore très nette, la courbe des longueurs de feuilles s'infléchit et l'irrégularité de cette courbe persiste ; les symptômes superficiels de la face inférieure des feuilles, qui avaient disparu dès le début de la période de soins, réapparaissent immédiatement. Mais cette réaction est différente de celle observée lors de la première période de carence ; les symptômes qui vont apparaître sont ceux de la carence partielle : réduction de limbes plus ou moins

importante, décoloration internervaire zébrant les feuilles, tirets à la face inférieure, gaufrage, etc., sans retard à la coloration.

Ainsi donc, lors de la première période de carence, ce sont les symptômes d'une carence totale qui apparaissent, alors qu'un apport faible mais régulier de soufre provoquait des symptômes très différents. Lors de la deuxième période on n'obtient plus que des symptômes de carence partielle. Nous expliquons ce comportement énigmatique dans le paragraphe suivant.

Le bananier n° 20 a ensuite été soigné, mais pour le bananier n° 25 la deuxième période de carence a été poursuivie jusqu'à la coupe. Ils ont sorti leur fleur à 2 jours d'intervalle avec trois semaines de retard sur celles des témoins. Les régimes, différenciés à la fin d'une période de carence, sont petits : 7 à 8 mains. Ils pèsent tous les deux 15 kg au stade coupe. Leur maturation sera normale.

Importance du soufre pour le bananier.

Cette suite de l'expérimentation sur le soufre nous a confirmé et précisé l'essentialité de cet élément pour le bananier.

La gravité des symptômes observés démontre clairement les rôles particulièrement spécifiques du soufre. Son *absence totale* n'affecte que les organes jeunes, chez lesquels elle induit des troubles métaboliques entravant : soit la formation de la chlorophylle lorsque le bananier est encore jeune ; soit la différenciation des organes, lorsque le bananier est plus âgé, l'activité

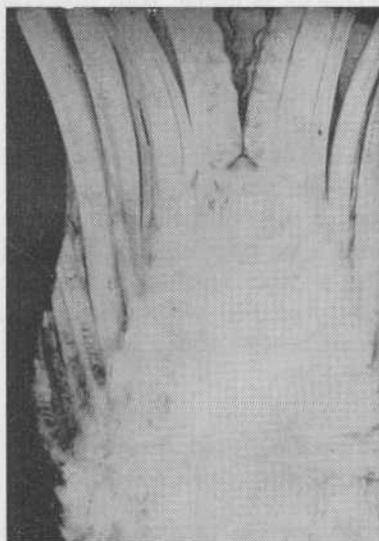


PHOTO 16. — Carence totale en soufre (1962) : épaissement des gaines foliaires et avortement du sommet végétatif.

du sommet végétatif étant alors perturbée puis arrêtée (photo 16).

Les besoins en soufre du bananier sont *plus stricts* au stade *jeune* qu'à un stade plus avancé. Chez le bananier de quelques mois la synthèse de la chlorophylle est retardée en carence alternée mais non en carence partielle, c'est-à-dire s'il ne reçoit pas une fourniture, faible mais continue, de soufre. En carence partielle tout le soufre absorbé est accaparé par la synthèse de la chlorophylle, les feuilles sont normalement colorées mais leur morphologie et leur anatomie sont affectées.

Quand le bananier est *plus âgé*, ses besoins deviennent à la fois *plus souples* et quantitativement *plus importants*. Le bananier se montre alors capable de réutiliser du soufre absorbé précédemment, et la chlorophylle est synthétisée normalement par les jeunes feuilles même en l'absence de nouvelle absorption de cet élément (carence alternée). Mais une fourniture insuffisante de soufre, qu'elle soit ou non répartie régulièrement dans le temps, induit des troubles morphologiques qui perturbent la végétation du bananier dans son ensemble et diminuent fortement sa production.

4) CARENCE EN POTASSIUM

Carence partielle.

A partir de 4 mois 1/2 d'âge, l'effet de la carence partielle (1/10 de la dose complète) a commencé à être sensible sur les *longueurs foliaires*. A cette date, les courbes de longueurs s'infléchissent de façon assez caractéristique.

Les *symptômes foliaires* n'apparaîtront cependant qu'à 6 mois 1/2-7 mois pour les deux plants. Ce sont les mêmes qu'en carence totale, un peu plus atténués, d'évolution moins rapide ; leur progression sur chaque feuille est identique, mais il n'y a perte d'une feuille que tous les 9 à 10 jours. La *longévité* des feuilles est réduite, surtout celle des feuilles du bananier n° 36. Le nombre des feuilles émises est normal. A la fleur, le bananier n° 36 ne possède plus que 5 feuilles, le n° 30 en ayant encore 9. Après la sortie du régime, la progression de la carence semble arrêtée, tout au moins très ralentie ; au stade coupe, les bananiers posséderont encore 3 et 6 feuilles mais elles seront nécrosées à 60 %.

Les bananiers carencés partiellement en potassium sont de taille plus réduite, les troncs plus faibles que la normale.

Les *sorties florales* ont eu lieu à 9 mois 3 semaines pour l'un et à 10 mois pour l'autre. Le bananier n° 30 a toujours présenté un retard d'un mois sur le n° 36, dont la longueur de cycle a été sensiblement égale à celle des témoins. Les deux régimes possédaient 7 et 8 mains. Ils étaient courts, à faible nombre de doigts, déformés avec une tendance au rachitisme (photo 17). Ils arriveront tous les deux péniblement au stade coupe et pèseront 14 et 17 kg. Leur *maturation sera très irrégulière* : fruits « bouillis vert » à pulpe visqueuse et peu sucrée.

L'importance du *bulbe* sera en rapport avec la faiblesse de la plante, les *racines* moins nombreuses que la normale et de faible grosseur.

La carence partielle en potasse (1/10 K) présente donc les mêmes symptômes que la carence totale, mais ils sont atténués et moins fulgurants que dans cette dernière. L'influence d'une nutrition potassique insuffisante sur la production est considérable.

Carence alternée.

L'étude du bananier n° 24 montre que *dès le premier apport de solution carencée*, à 3 mois d'âge, la courbe des longueurs de feuilles s'infléchit de façon caractéristique. Après un palier de 1 mois 1/2-2 mois, la courbe reprend une allure croissante mais elle reste toujours en-dessous des courbes des témoins dont la pente est beaucoup plus forte.

Les premiers symptômes visibles de la carence potassique apparaissent à 5 mois 1/2 d'âge des plants, c'est-à-dire un peu moins de 3 mois après le début de la carence (planches couleurs, photo 2). A partir du moment où les symptômes foliaires apparaissent, on observe la même rapidité de progression qu'en carence totale. En particulier la durée de vie des feuilles ayant le plus subi la carence est très diminuée. Les symptômes observés sont ceux obtenus en carence totale : chlorose jaune d'or qui gagne la totalité de la feuille en 3 ou 4 jours et est suivie de son complet dessèchement. A partir de 6 mois une semaine d'âge (après 3 mois 3 semaines de carence), les pertes de feuilles se faisant importantes, nous avons commencé la période de soins. *Dès le premier apport de solution complète*, la progression de la carence d'une feuille à l'autre est arrêtée. Les feuilles chlorotiques sècheront rapidement mais les symptômes n'apparaîtront pas sur de plus jeunes feuilles.

Par la suite, le *plant 24* a été carencé une *deuxième fois et ce jusqu'à la coupe*. Fin février, c'est-à-dire après 1 mois 1/2 de solution carencée, des symptômes réapparaîtront, mais ils n'évolueront que peu. La

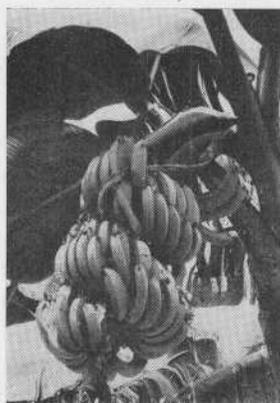


PHOTO 17. — Régime n° 36 : carence partielle (1/10) en potassium.

fleur sort à 8 mois 1/2 avec peu de retard sur les témoins. Au stade coupe le régime de 6 mains pèse 12 kg. Il est petit et d'allure rachitique : nombre de mains (6), et de doigts (85) faible. Sa maturation sera mauvaise. Les bananes mûres seront jaune sale, la pulpe peu savoureuse.

Pour le bananier n° 24 la différenciation florale s'est située lors de la première période de carence, approximativement aux 2/3 de cette période de 3 mois. Le régime, différencié dans ces conditions, a été petit et à tendance fortement rachitique (identique à celui de la photo 17).

Si le *deuxième bananier du même traitement*, n° 15, a présenté les mêmes réactions à la carence et aux soins que le bananier n° 24, sa différenciation florale s'est produite plus tardivement, soit au milieu de la première période de soins (fin décembre). Cette nutrition complète au moment de la différenciation florale a suffi, malgré la brièveté de sa durée, pour que l'on obtienne un régime parfaitement normal, identique à celui du témoin pour ce qui est de son importance, nombre de mains (9), nombre de doigts (153). Puis, ce régime a par la suite subi une période de carence de 3 mois (dont 2 mois avant la floraison) et terminé son évolution vers la coupe (un peu plus des 2 derniers mois) à nouveau en nutrition complète. Cette alternance carence-soins a eu pour effet de gêner le remplissage des fruits, le fruit représentatif pesant 120 g au lieu de 145 et 167 pour les témoins ; la maturation de ce régime s'est révélée très défectueuse et la pulpe de médiocre qualité.

Conclusion. Importance des besoins potassiques du bananier, leur variation selon les stades.

Cette expérimentation nous a permis de préciser

mieux nos connaissances sur l'assimilation du potassium et son importance.

Tout d'abord, pour les trois types de carence, le bananier s'est montré capable d'utiliser au maximum les réserves de potassium du bulbe. En carence totale il avait fallu 4 mois pour qu'apparaissent les premiers symptômes, en carence partielle il a fallu 6 mois.

En carence alternée on a appliqué une déficience potassique totale sur des bananiers de 3 mois ayant déjà des besoins en potassium plus importants ; aussi il n'a fallu que 3 mois pour qu'apparaissent les symptômes de carence. A un stade plus âgé (2^e période de carence) l'apparition des symptômes est encore plus rapide, 1 mois 1/2 seulement.

Tous ces faits montrent que les besoins du bananier en potassium croissent régulièrement à partir du premier mois de végétation et qu'ils deviennent considérables en phase florale.

En cours de croissance le bananier est également capable de réutiliser le potassium des vieilles feuilles, d'où apparition brutale de la carence sur celles-ci et évolution fulgurante des symptômes : cela se produit dans les trois types de carences, à partir du moment où la plante a épuisé ses réserves (bulbe et vieilles feuilles) ; l'évolution est à peine moins rapide en carence partielle.

Les symptômes foliaires obtenus sont irréversibles. L'apport de solution complète arrête la progression de la carence vers les jeunes feuilles mais les feuilles touchées se nécrosent normalement.

En carence totale l'influence sur le rendement est considérable. En carence partielle (1/10 de la dose complète), bien que les symptômes soient un peu plus longs à obtenir et que leur évolution soit un peu plus lente, on aboutit au même résultat qu'en carence totale : un régime presque toujours petit, toujours de mauvaise qualité. En carence alternée, si la différenciation florale se situe dans une période de nutrition complète, l'importance du régime sera normale mais son évolution sera par la suite perturbée par la phase carencielle ultérieure. Si la différenciation florale se situe dans une période carencielle on est ramené aux résultats de la carence totale ou partielle.

5) CARENCE EN CALCIUM

Carence partielle.

Avec une dose de calcium réduite au 1/10 de la dose complète, les premiers symptômes en dents de scie

sont apparus simultanément sur les deux plants à l'âge de 6 mois. Analogues à ceux que nous avons obtenus en carence totale, mais très atténués, ils ont présenté la même évolution : les plages chlorotiques des feuilles en position II devenaient nécrosées quand la feuille arrivait en position VI et VII, mais n'occupaient jamais qu'une faible portion des limbes.

Par ailleurs le rythme végétatif et la croissance ont été pratiquement semblables à ceux des témoins. Les courbes des longueurs de feuilles se superposent ou sont très voisines, la durée de vie des feuilles est très normale. Ces bananiers émettront cependant 3 à 4 feuilles de plus que les témoins.

Leur floraison s'est produite en même temps que celle des témoins pour le n° 29, et avec un léger retard pour le n° 39. Les régimes, de bonne conformation, comptaient 10 mains et pesaient au stade coupe 25 et 28 kg (photo 18). Ils ont cependant présenté, lors du remplissage, une tendance à l'éclatement des fruits, due sans doute à une faiblesse de la peau, car leur degré de plénitude était correct.

Leur maturation a été très irrégulière, des bananes mûres voisinant avec des bananes vertes. On a relevé également des pourritures de fruits, de pédoncules et de hampes. La pulpe est de médiocre qualité, peu odorante, peu sucrée.

Carence alternée.

Le bananier n° 22 a réagi immédiatement à l'application des premières solutions carencées, la courbe des longueurs de feuilles fléchissant de façon caractéristique. Par la suite elle reprend son allure croissante mais avec un retard par rapport aux témoins qui subsistera tout au long du cycle.

Les premiers symptômes foliaires sont apparus un mois et une semaine après le début de la carence, et ont très rapidement pris de l'ampleur ; semblables à ceux de l'expérimentation de 1961-62, avec la même progression, ils étaient plus généralisés et plus intenses. Nous les précisons rapidement.

Dès le stade « cigare » la feuille présente un aspect tourmenté (photo 19) et des plages blanches qui pourront ultérieurement évoluer en déchirures ou en « boutonnières ». Après déroulement, les feuilles sont gaufrées, des épaisissements de nervures secondaires sont le signe d'une excoaration superficielle. Le trait le plus caractéristique est une chlorose en dents de scie (photo 20), localisée principalement vers l'extrémité de la feuille, sans caractère de continuité ; les dents chlorotiques passent du jaune d'or au pourpre, au

brun-pourpre au fur et à mesure que la feuille vieillit ; sur les feuilles de rang VI ou VII ces plages sont nécrosées. Chaque feuille passe par les mêmes stades d'évolution de la carence, qui ne gagne plus en surface sur les vieilles feuilles.

La période de carence a été poursuivie pendant deux mois. *Après le début des soins* deux feuilles ont encore présenté des symptômes très légers : le calcium migre difficilement vers les organes très jeunes. Les symptômes apparus lors de la période de carence ont évolué normalement en nécrose, même après le début de la période de soins.

Après deux mois de nutrition complète nous avons fait subir au bananier 23 une *deuxième période de carence* poursuivie jusqu'à la coupe de son régime.

Au bout de deux mois, de très légers symptômes ont réapparu, mais ils n'ont pris qu'une faible ampleur, et, une fois la fleur sortie, aucune nécrose n'a progressé en surface.

Cinq jours après les deux témoins, ce bananier nous a donné un régime de 8 mains qui pèsera 21 kg au stade coupe.

Le second bananier (n° 16) a manifesté des symptômes plus tardifs et plus atténués. Il nous a donné

un régime de 10 mains comprenant un nombre élevé de bananes, 178. Ce régime important ayant eu des difficultés à se remplir, ne pèsera que 19 kg au stade coupe.

Les deux régimes présenteront comme en carence partielle, des cas d'éclatements de peau sans que les fruits soient trop pleins. Leur maturation sera également irrégulière, des bananes vertes voisinant avec des bananes mûres. Les fruits seront de qualité médiocre.

Récapitulation.

On se souvient que l'expérimentation de 1961-62 ne nous avait pas permis de juger pleinement des effets d'une carence calcique totale. En 1963-64 nous avons mieux précisé les symptômes déjà connus, grâce à une meilleure technique opératoire.

En *carence partielle*, les symptômes n'ont été que très légers. L'influence sur le rendement quantitatif a été quasi nulle mais la qualité des fruits médiocre.

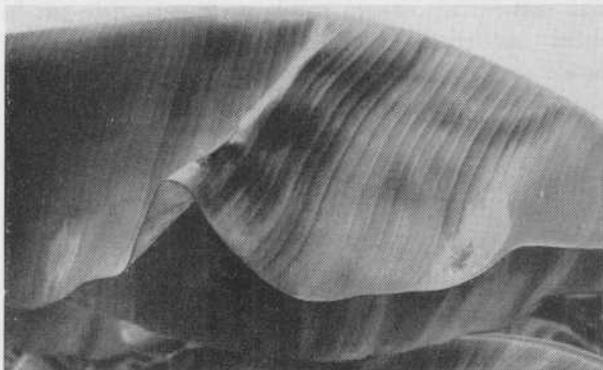
En *carence alternée* les symptômes apparaissent rapidement, un mois une semaine après le début de la déficience, et ils sont graves. La réaction aux soins



← PHOTO 18. — Régime n° 29 : carence partielle en calcium (1/10).

PHOTO 19. — Carence alternée en calcium : bananier ayant poussé 3 mois sur solution complète, puis 1 mois et 3 semaines sans calcium « Cigare » blanchâtre avec des taches.

PHOTO 20. — Feuille de rang II → (en haut à gauche sur la photo 19) : chlorose en dents de scie de la carence calcique.



est également rapide, mais on a pu voir que deux feuilles porteront encore des symptômes ; ceux-ci sont irréversibles. Au stade jeune la réaction du bananier est plus intense qu'à un âge plus avancé. L'influence sur le rendement est faible, mais là encore la qualité des fruits est médiocre.

6) CARENCE EN MAGNÉSIUM

Carence partielle.

Avec 1/4 de la dose complète de magnésium, la chlorose magnésienne typique s'installe dès 2 mois 1 semaine sur les plus vieilles feuilles. Rapidement les symptômes gagnent la presque totalité du végétal : à 3 mois, seule la feuille en position I est indemne. Au cours des 3^e et 4^e mois la carence progresse normalement ; aux symptômes foliaires qui évoluent normalement vers la nécrose s'ajoutent quelques déformations morphologiques et un début de dérèglement du développement. Cette période correspond au léger fléchissement des courbes des longueurs de feuilles.

A partir de la fin du 4^e mois, les courbes redeviennent très normales. La carence ne progresse alors que beaucoup plus lentement de feuille en feuille, les symptômes foliaires deviennent de plus en plus bénins. On n'observe plus de dérèglement ni de déformation ; le bananier reprend peu à peu une végétation quasi normale. Sur la plante adulte on ne verra plus que les nécroses sur les quelques vieilles feuilles subsistant encore. Si au stade jeune le quart de la dose de magnésium s'est révélé être très en-dessous de l'optimum nutritif, par la suite, au stade adulte, le bananier semble vivre en équilibre avec cette déficience minérale.

Les deux bananiers produiront, pratiquement en même temps que les témoins, des régimes de 9 mains qui pèseront 21 et 26 kg. L'influence sur le rendement a donc été quasi nulle (photo 21).

La maturation des régimes sera normale mais on observe quelques pourritures de pédoncules. La pulpe des bananes mûres aura un léger « goût de citrouille ». Elle sera peu sucrée, peu savoureuse.

Carence alternée.

Sur le bananier n° 23, le premier apport de solution carencée a eu lieu à 2 mois 3 semaines. Les premiers symptômes magnésiens apparaissent 1 mois 1/2 plus tard sur la feuille n° 11, émise 15 jours après la mise en carence. Très rapidement la chlorose magnésienne

se généralise sur les jeunes feuilles, mais les feuilles émises avant le premier apport carencé ne porteront pas de symptômes : il n'y a donc guère de réutilisation du magnésium des vieilles feuilles.

Les symptômes foliaires sont ceux obtenus en carence totale, mais ils sont plus généraux et plus diffus sur toute la feuille. On observe un « fumage » particulièrement accentué sur les bords de limbes. S'y ajoutent quelques déformations morphologiques et un dérèglement de la croissance qui va en s'accroissant : port en arbre du voyageur, avec un éclatement très accentué des gaines. Mais la courbe des longueurs de feuilles reste croissante et les indices foliaires restent normaux jusqu'à la 18^e feuille.

Après la 18^e feuille, c'est-à-dire après deux mois de carence totale, le dérèglement de la croissance devient très aigu, en une semaine il y a émission de 3 feuilles réduites en longueur et surtout en largeur (17, 12 et 24 cm) (photo 22). La courbe des longueurs de feuilles chute et l'indice foliaire devient très élevé, supérieur à 6. Les jeunes organes sont particulièrement tourmentés et déformés ; ils forment un bouquet de 3 feuilles qui n'arrive pas à se dégager des pétioles des feuilles précédentes. A ce stade le bananier semble s'acheminer rapidement vers la mort.

C'est alors que nous commençons la première période de soins. La réaction du bananier est fulgurante. Quelques jours après le premier apport de solution complète il y a reprise de croissance normale ; la courbe des longueurs de feuilles croît très rapidement, les indices redeviennent normaux (photo 23). Mais tous les organes touchés par la période de carence ont une fin précoce ; les nécroses progresseront et les cassures des gaines éclatées précipiteront la sénescence



PHOTO 21. — Régime n° 37 : carence partielle (1/4) en magnésium.



PHOTO 22. — Carence alternée en magnésium : émission de 3 feuilles presque simultanément. Bananier n° 23 après 3 mois sur solution complète et 8 semaines de carence.

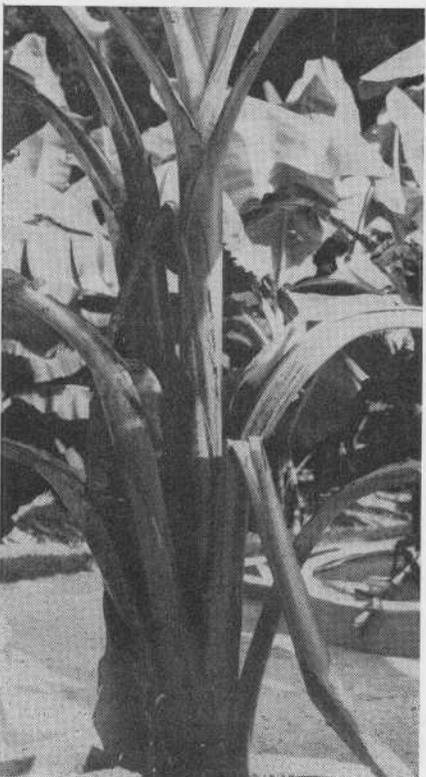


PHOTO 23. — Bananiers de la photo 22 après 3 semaines de solution complète : reprise immédiate de l'élongation, cassure des gaines et sénescence anticipée des organes carencés.

des feuilles. Les feuilles émises en septembre ne vivront en moyenne que 34 jours.

Par la suite 2 mois de soins redonneront au bananier n° 23 une allure très normale. Une *seconde période de carence* débutera à 6 mois 3 semaines. La carence va mettre 2 mois pour réapparaître et elle sera très diffuse, les feuilles prenant une chlorose généralisée avec fumage très accentué.

La fleur sort au milieu de cette deuxième période de carence, en même temps que celle des témoins. Différenciée tout au début de la période de soins, mais au moment où le bananier vient de subir un formidable à-coup végétatif, elle sera petite, régime de 7 mains et de 84 doigts.

Pour tenter de conduire ce régime à un stade de coupe à peu près normal, un mois avant celle-ci nous soignons le bananier. Cela n'empêchera pas la plante de perdre toutes ses feuilles et le régime se remplira difficilement, rachitique, déformé, ne pesant que 8 kg (photo 24). Sa maturation sera mauvaise, le fruit étant « bouilli vert », la pulpe molle, visqueuse à saveur désagréable.

Le deuxième bananier, n° 17 a subi également deux périodes de carence. La première ayant été volontairement un peu moins longue que celle n° 23, nous n'avons pas atteint le paroxysme précédemment décrit ; mais les réactions de ce bananier ont en tout point été semblables à celles de la plante 23.

Sa fleur ayant été *différenciée en période de nutrition complète*, la carence n'a pas eu d'influence sur l'importance du régime qui comprenait 10 mains et un total élevé de 173 fruits. Une tornade l'ayant abattu par la suite, nous n'avons pu juger de son évolution lors de la deuxième période de carence que nous devons poursuivre jusqu'à la coupe.

Résumé des observations. Conclusions.

— *En carence totale* : décolorations foliaires importantes suivies de déformations morphologiques et d'un dérèglement du développement, jusqu'à la mort du bananier par pourriture physiologique.

— *En carence partielle* : au stade jeune les symptômes de carence revêtent une certaine importance ; par la suite, avec l'âge, ils s'atténuent fortement. Ce fait démontre que les besoins en magnésium du bananier jeune sont supérieurs à ceux d'un bananier adulte. L'influence sur le rendement quantitatif, avec un quart de la dose complète, est quasi nulle ; mais le fruit mûr est de très médiocre qualité.

— *En carence alternée*, le rôle catalytique parti-



PHOTO 24. — Régime n° 23 : carence alternée en magnésium (bananier des photos 22 et 23).

culièrement spécifique du magnésium ressort nettement. La réaction du bananier à la carence est rapide, et il semble n'y avoir qu'une faible réutilisation du magnésium préalablement absorbé. Le dérèglement de croissance qui suit est d'une extrême brutalité, l'issue ne pouvant être que la mort du bananier. La réaction à la première solution complète est encore plus rapide, avec rétablissement immédiat d'une croissance et d'un rythme végétatif normaux.

Tous les symptômes observés ont été irréversibles car très accentués. Cependant, par pulvérisation foliaire, on arrive facilement à soigner des feuilles présentant une légère chlorose magnésienne.

L'influence sur le rendement est nulle si la période de différenciation florale se situe en phase de nutrition complète, mais une déficience ultérieure aura des conséquences désastreuses sur la qualité de ces fruits. Par contre, si la période de différenciation florale se situe en phase de déficience magnésienne totale, l'influence sur le rendement quantitatif et qualitatif sera catastrophique.

On doit retenir principalement cette action toujours néfaste d'une déficience magnésienne sur la qualité du fruit.

7) DÉSÉQUILIBRES K-Ca-Mg

Cette série complémentaire visait à apporter des précisions sur les conditions d'apparition des marbrures pétioles : « bleu » du bananier classique et symptômes analogues.

a) — $K + Ca =$ déficience potassique totale, le potassium supprimé étant remplacé seulement par du calcium, le magnésium étant légèrement diminué.

Sur les deux bananiers de ce traitement les symptômes de carence potassique sont apparus à 3 mois d'âge et rapidement devenus très sévères. Ce sont les symptômes classiques déjà décrits lors de l'expérimentation de 1960-61 : les plantes perdent régulièrement une feuille par semaine, perte non compensée par les émissions foliaires qui ne sont pas toujours régulières.

Les deux bananiers sortent leur fleur à un jour d'intervalle, à l'âge de 10 mois 3 semaines, soit avec un retard de 2 mois 1/2 sur les témoins.

Ils ont alors émis 34 et 35 feuilles, soit 5 feuilles de plus que les témoins. Bien que la carence progresse peu après l'émission de la fleur, les deux plants arriveront néanmoins au stade récolte sans feuille.

Les régimes comportent 7 mains et un nombre de fruits très faible (98 et 105) ; ils sont rachitiques et l'un d'entre eux ne pourra pas atteindre un stade coupe à peu près acceptable. Ils pèseront 6,5 et 3,5 kg. Pour le régime de 3,5 kg les fruits sont vides. Les deux régimes sont bien sûr inconsommables.

Nous n'avons pas relevé de différence entre ce traitement — $K + Ca$ et la carence potassique de l'expérimentation 1961-62 où le potassium de la solution nutritive était remplacée à la fois par du magnésium et du calcium. *Les marbrures violacées sur les pétioles s'y sont manifestées de la même manière.* Le « bleu » qui apparaît lors d'une carence potassique est donc dû à cette carence elle-même sans qu'il soit nécessaire, comme on pouvait le penser, qu'il y ait déséquilibre Mg/K.

b) $1/4 Mg + K$: déficience en magnésium compensée par K seul, Ca étant légèrement diminué.

$1/4 Mg + Ca$: déficience magnésienne compensée par Ca seul, K étant légèrement diminué.

Il ne nous a pas été possible d'observer de différence morphologique entre ces deux traitements, ni entre ces traitements et la carence partielle $1/4 Mg$ précédemment décrite (remplacement de Mg à la fois par K et Ca dans la solution).

A 2 mois 1/2 d'âge la carence magnésienne typique s'installe sur les plus vieilles feuilles et gagne progressivement vers les jeunes feuilles. Après le 4^e mois, les symptômes diminuent graduellement d'intensité pour disparaître complètement. Les plants adultes ne porteront plus que quelques nécroses marginales sur les vieilles feuilles.

Les bananiers de ces deux traitements présentent

alors un excellent développement, sauf celui du bac J (1/4 Mg + Ca) qui, atteint de mosaïque, présente un développement un peu plus faible.

Ils émettent tous leur fleur pratiquement en même temps et au même âge que les témoins (le bananier J est seul un peu en retard). Les régimes F, G, H comportent 12 mains et, leur évolution ayant été gênée par le temps froid et le manque de luminosité, pèsent 21, 22, 23 kg. Le régime J comprend 9 mains et pèse 16 kg.

La coloration de la pulpe du fruit représentatif chez le traitement 1/4 Mg + K est très accentuée, la plage interne étant ocre ; la maturation de ces régimes est rapide et manque d'homogénéité. Celle des régimes du traitement 1/4 Mg + Ca est normale. Dans les

deux cas la pulpe mûre est peu parfumée et manque totalement de saveur.

Les déséquilibres étudiés entre Mg d'une part et K, Ca ou K + Ca d'autre part, n'ont pas eu d'influence sensible sur le rendement quantitatif des bananiers ; seule la baisse de qualité était importante avec « pulpe jaune » dans le cas de déséquilibre K/Mg. La déficience magnésienne appliquée n'a pas été suffisante pour perturber profondément la croissance des bananiers, ni même pour provoquer l'apparition du « bleu ». Nous ne savons donc toujours pas si le « bleu » lié à la carence magnésienne est un effet de cette carence seule ou s'il est nécessaire qu'il y ait en outre déséquilibre K/Mg.

IV. ÉTUDE DES OLIGO-ÉLÉMENTS

Seules les carences en bore, manganèse et zinc sont apparues ; nous poursuivons l'étude sur le fer, le cuivre et le molybdène, en cultivant dans des conditions améliorées de petits rejets issus de cette première génération.

Dans chacune des buses oligo-éléments nous avons repiqué trois plants de *Musa textilis* de semis. Les jeunes plants des espèces *textilis* et *acuminata*, issus de graines, contiennent peu de réserves et manifestent les symptômes des différentes carences minérales plus rapidement que les 'Poyo', issus de rejets : cette sensibilité est particulièrement intéressante pour les oligo-éléments. Les symptômes étant analogues à ceux obtenus sur variétés commerciales, ces espèces peuvent servir de plantes tests ; lors de l'expérimentation 1961-1962, nous l'avions déjà constaté pour les éléments majeurs. A trois mois ces plants, risquant de gêner le développement des 'Poyo', ont été supprimés.

1) CARENCE EN BORE

Un mois après repiquage, la carence en bore sur *Musa textilis* est déjà très caractéristique. Les symptômes observés consistent en des réductions foliaires plus ou moins importantes, en gaufrages et déformations de limbes, en stries perpendiculaires aux nervures secondaires sur la face inférieure des feuilles comme pour la carence en soufre (photo 25). Ces tirets sont perceptibles à la face supérieure (planches en couleurs, photo 3). A cela s'ajoutent des nécroses

débutant sans chlorose préalable intéressant surtout l'extrémité des feuilles qui se recroquevillent.

Pour la variété 'Poyo' le rejet soumis à une carence en bore part très difficilement en végétation : il a fallu procéder à plusieurs remplacements successifs avant de réussir à faire pousser les plants. On a noté la difficulté d'émission des racines et une forte tendance à la pourriture des rejets.

Les bananiers ont donc réagi très tôt à la carence en bore. Le rythme des émissions foliaires a été plus lent que la normale. Dès la 4^e feuille, les symptômes apparaissent et sont déjà d'une rare intensité. Les courbes des longueurs et des largeurs de feuilles s'infléchissent : les limbes sont déformés, gaufrés et de plus en plus réduits. Pour le bananier 6, les trois premières feuilles ont été normales, les 4^e et 5^e étaient déjà plus courtes que la 3^e. Les réductions de limbes s'accroissent alors sur les 6^e, 7^e, 8^e feuilles. La 9^e ne possède plus que des vestiges de limbe. Les suivantes, 10^e, 11^e et 12^e, se réduisent à la nervure centrale (photo 26). Au cours de cette période de déformation, on n'observe pas de modification d'hélice foliaire.

Parallèlement à ces troubles morphologiques, on note à partir de la deuxième feuille, les mêmes stries foliaires que celles observées sur la carence partielle en soufre : perpendiculaires aux nervures secondaires, présentes sur la face intérieure des limbes, elles sont de longueur très variable et vont du simple point ou de tirets de quelques millimètres à des stries de 10 cm et plus. Ces stries peuvent être

PHOTO 25. — Carence en bore sur *Musa textilis* : stries foliaires vues par transparence, à la face inférieure des feuilles. (Comparer avec photo couleur 3). Les symptômes sur 'Poyo' sont identiques.

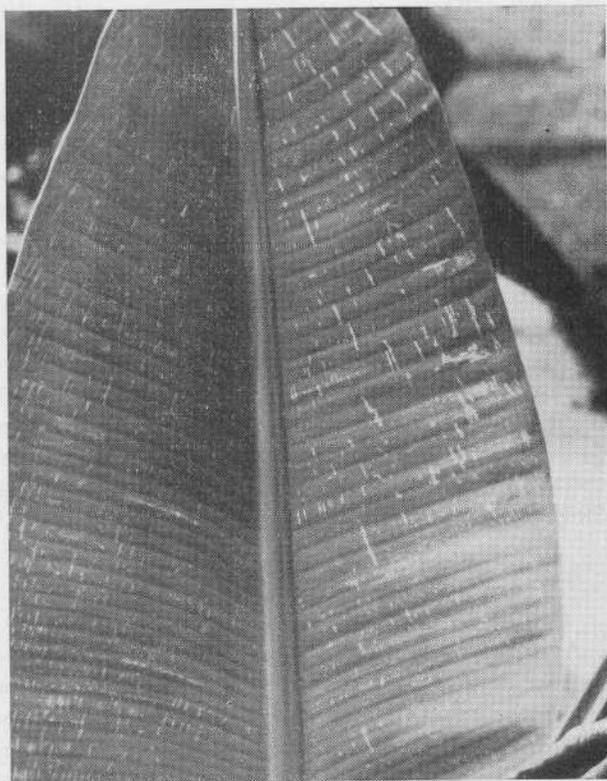


PHOTO 26. — Carence en bore sur 'Poyo' : déformations foliaires et réduction de limbes.

PHOTO 27. — Carence en bore : inflorescence demeurée bloquée à 40 cm dans le pseudo-tronc du 'Poyo'.

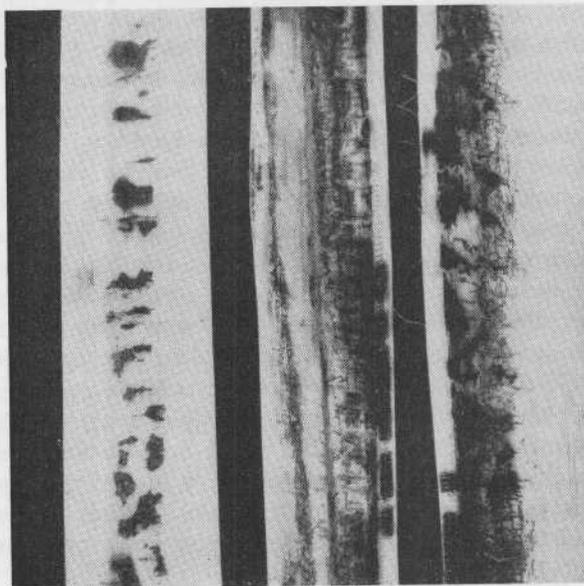
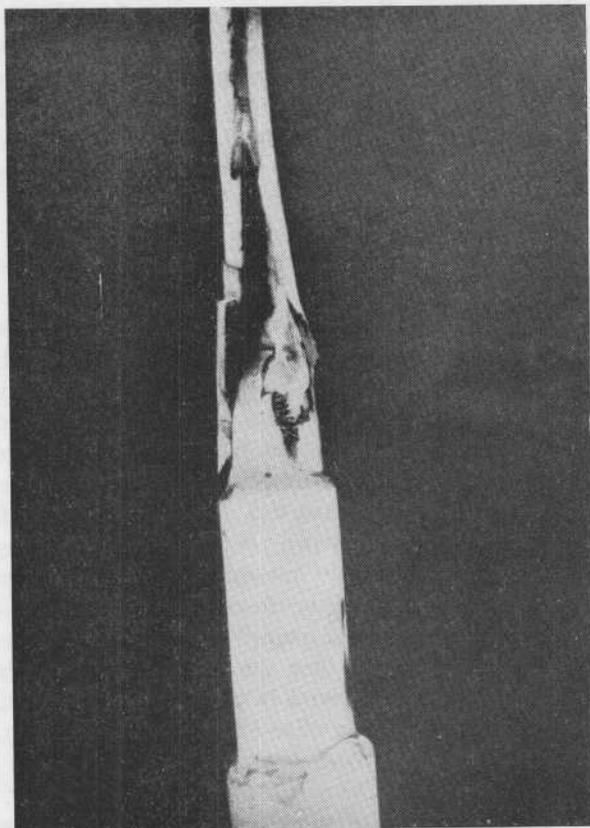


PHOTO 28. — Carence en bore : nécrose à la face interne des gaines foliaires du bananier précédent.

individuelles, mais elles peuvent aussi exister en abondance et constituer de vraies plages. Elles sont caractérisées par la disparition de l'épiderme de la face inférieure des feuilles ; il y a par la suite cicatrisation de ces blessures superficielles. A tous ces symptômes nous ajouterons des *nécroses marginales* plus ou moins importantes, débutant sans chlorose préalable, principalement en bout de feuille. Les marges nécrosées prennent un aspect « tabac » caractéristique et se recroquevillent plus ou moins.

Vers 4 à 5 mois d'âge, les symptômes diminuent d'intensité, le bananier semble reprendre vie. Le rythme végétatif redevient à peu près normal ; les nouvelles feuilles émises s'allongent ; les limbes, de très réduits, deviennent de plus en plus larges. Néanmoins les tirets persistent, un peu moins important en nombre et en surface ; les feuilles conservent des marges ondulées et restent plus ou moins gaufrées.

Cette reprise végétative des deux plants pourrait correspondre à une carence devenue tout à coup partielle : il est possible que quelques racines ayant réussi à passer par les trous de drainage, aient trouvé sur le fond de la buse une quantité appréciable de bore. Il se peut tout aussi bien que le rôle principal du bore soit de faire franchir à la plante un certain seuil vital au-delà duquel cet oligo-élément voit son importance diminuer temporairement.

En effet, vers 9-10 mois les symptômes foliaires sont redevenus graves. Le rythme de la croissance ralentit, les déformations de feuilles et le gaufrage des limbes s'accroissent ; les stries deviennent plus nombreuses et des décolorations internervaires apparaissent (analogues à celles de la photo 15).

Les bananiers émettent leur dernière feuille à 9 mois 1/2 pour le n° 14 et à 11 mois pour le n° 6. Apparemment la différenciation florale s'est produite, mais trois mois après l'émission des dernières feuilles, les fleurs n'étant pas encore sorties nous avons arraché les plants pour les disséquer. Nous nous sommes alors rendu compte que les fleurs étaient effectivement différenciés mais qu'elles étaient restées bloquées à 40 cm de hauteur dans les faux troncs (photo 27), probablement du fait de l'arrêt total de croissance des plants. Les fleurs étaient petites, 7 mains, mais intactes. Les faces internes des gaines foliaires présentaient de nombreuses nécroses en plages plus ou moins subérisées (photo 28).

Tout au long de leur croissance et particulièrement au cours de la phase finale, les bananiers ont eu un rejetonnage abondant ; celui-ci comprenant de nom-

breux fils et petits-fils. Les rejets fils, même fortement développés, ont eu leur croissance arrêtée par mort du sommet végétatif. Les petits-fils sont restés inhibés au stade rejet.

A l'arrachage toute la touffe avait sa croissance arrêtée (planches en couleurs, photo 4).

Il est à noter que nous avons obtenu dans cette carence en bore les mêmes stries sur la face inférieure des limbes et les mêmes chloroses internervaires que dans la carence partielle en soufre, et les mêmes réductions de limbe que dans la carence totale ou alternée en soufre.

Carence en bore et carence en soufre présentent donc des analogies frappantes chez le bananier. L'absence de l'un comme de l'autre induit des troubles morphologiques et de différenciation très particuliers et d'une extrême gravité. On peut donc penser que ces deux éléments sont simultanément indispensables pour certaines réactions précises et fondamentales de la morphogénèse.

2) CARENCE EN MANGANÈSE

Après un mois de repiquage les *Musa textilis* présentent déjà des symptômes très caractéristiques de la carence en manganèse. Elle apparaît sur les jeunes feuilles de rang II, III ou IV et consiste en une chlorose de type particulier qui sera décrite ci-après. Cette chlorose gagne rapidement les plus jeunes et les plus vieilles feuilles et devient le siège d'un développement fongique ponctiforme dû à *Deightoniella torulosa* (planches en couleurs, photo 6), entraînant des nécroses marginales plus ou moins importantes.

Sur 'Poyo', la carence en manganèse a mis deux mois pour se manifester, les bananiers possédant alors 4 à 5 feuilles. Elle apparaît sur les feuilles de rang II ou III et gagne rapidement jeunes et vieilles feuilles. Toutes les feuilles, même la plus récemment déroulée, portent des symptômes.

La chlorose manganique est totalement différente de la chlorose magnésienne. Cette dernière est margi-

PLANCHE I

PHOTO couleur 1. — Carence partielle (1/10.) en soufre : bananier de 4 mois et 3 semaines.

PHOTO couleur 2. — Carence alternée en potassium : bananier ayant poussé 3 mois en solution complète, puis 2 mois et 3 semaines sans potassium.

PHOTO couleur 3. — Carence en bore sur *Musa textilis* : stries foliaires, juste visibles à la face supérieure de la feuille.

PHOTO couleur 4. — Touffe de 'Poyo' carencée en bore : pied mère à fleur avortée, très nombreux rejets plus ou moins nécrotiques.

PHOTO 1 (- S)



PHOTO 2 (- K)

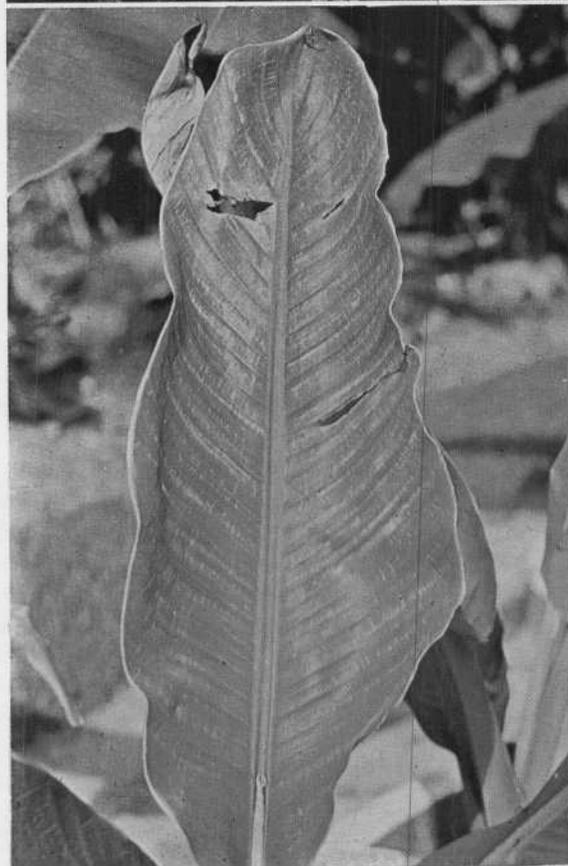


PHOTO 3 (- B)

PHOTO 4 (- B)

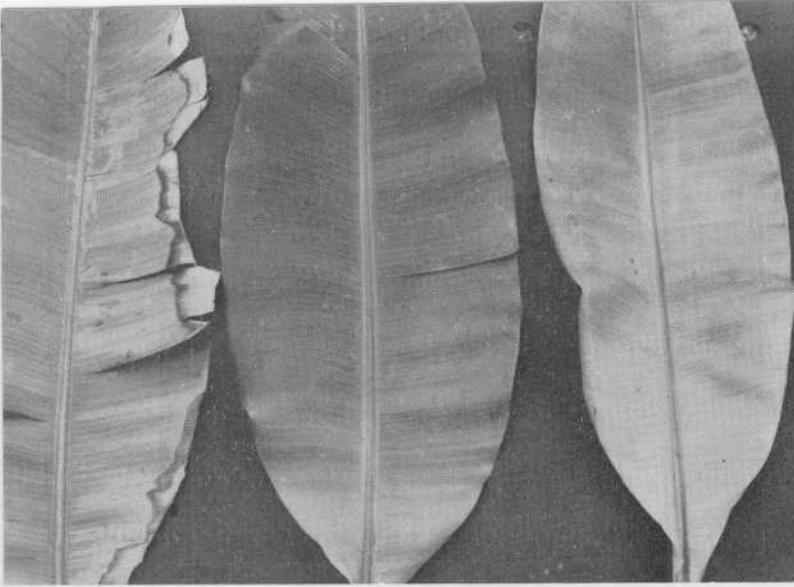


PHOTO 30. — Carence en zinc sur 'Poyo': chlorose en bandes sur feuilles de divers âges.

3) CARENCE EN ZINC

Les premiers symptômes de la carence en zinc sont apparus sur les jeunes feuilles après 3 mois 1/2 de carence totale. Sur la première génération de nos plants, ces symptômes, bien que caractéristiques, n'ont été malgré tout que légers, la croissance n'étant pratiquement pas perturbée. Ils consistent en décolorations internervaires formant des bandes chlorotiques, de largeur d'ailleurs variable, alternant avec des bandes restées vertes (photo 30). Les plus jeunes feuilles, dès leur déroulement, sont ainsi rayées dans le sens des nervures secondaires par des bandes souvent presque blanches; ces rayures intéressent surtout la base des limbes.

Tout au long de leur végétation on n'a pu observer sur ces bananiers qu'un léger ralentissement de croissance, pas de dérèglement important, pas de déformations morphologiques. Chaque nouvelle feuille portait des symptômes d'intensité variable.

L'un des plants nous a donné un régime de 9 mains, de conformation très normale mais ne pesant que 14 kg. La carence a eu sans doute une influence sur le remplissage des fruits, mais ce défaut est probablement aussi la conséquence de la climatologie défavorable subie entre floraison et coupe. Le deuxième plant a été recépé avant l'émission de la fleur.

Nous avons par la suite observé sur la deuxième génération de nos bananiers des symptômes beaucoup plus graves et plus complets. Nos observations concordent avec celles faites par M. MORITZ en Guinée (*Fruits*, vol. 9, n° 8, p. 354, sept. 1954) et par C. JORDINE à la Jamaïque (*Nature*, vol. 194, n° 4834, p. 1160-1163, juin 1962).

Les plants prennent très rapidement un port rabougri, les jeunes feuilles se disposant en bouquet. Il

n'y a guère de modification de l'hélice foliaire; l'allongement des gaines étant arrêté, il n'y a plus de croissance en hauteur des bananiers.

Les jeunes feuilles deviennent de plus en plus petites, du type lancéolé, avec augmentation du rapport foliaire et terminaison en pointe (planches en couleurs, photo n° 7).

Sur le « cigare » on remarque des bandes de coloration « lie-de-vin » (planches en couleurs, photo 8): pigmentation anthocyanique à la face inférieure des feuilles, que l'on relève également sur la gouttière nervaire et sur les ailes pétiolaires. En général elle disparaît après déroulement. Nous noterons cependant que cette pigmentation s'observe également dans des cas où la carence en zinc n'est pas impliquée.

Dès le déroulement on observe sur les feuilles l'alternance de bandes internervaires chlorotiques et de bandes restées vertes. Quand la carence devient plus sévère la chlorose se généralise, la feuille peut devenir presque blanche avec çà et là des vestiges de bandes vertes. Au stade bouquet foliaire, ce qui correspond à la rosette de nombreuses espèces fruitières, toutes les jeunes feuilles sont chlorotiques (planches en couleurs, photo 7).

Sur le fond chlorotique de la feuille on relève également en carence très sévère une ponctuation blanchâtre visible par transparence.

La carence en zinc intéresse principalement les organes jeunes. En carence légère on observe les symptômes en bandes sur feuilles mais pas de déformation, ni de dérèglement végétatif. Quand la carence devient sévère, la chlorose foliaire s'accroît sur les jeunes feuilles qui deviennent petites et se disposent en bouquet. Dans ce dernier cas la carence peut provoquer des troubles de différenciation et conduire les plants à la mort.

4) EXCÈS DE MANGANÈSE

Dans les deux traitements: excès de manganèse avec carence en cuivre et excès de manganèse sans

PLANCHE II

PHOTO couleur 5. — Chlorose manganique sur 'Poyo' âgé de 3 mois.

PHOTO couleur 6. — Développement de *Deightoniella torulosa* sur *Musa textilis* carencé en manganèse.

PHOTO couleur 7. — Carence en zinc sur 'Poyo': bouquet foliaire chlorotique et déformé.

PHOTO couleur 8. — Carence en zinc sur 'Poyo': pigmentation anthocyanique du « cigare ».



PHOTO 5
←
(— Mn)

PHOTO 6 ↑
(— Mn)



PHOTO 7 (— Zn)



PHOTO 8 (— Zn)

— sur bananiers âgés : troubles morphologiques avec stries.

Production fortement réduite.

CARENCE EN CALCIUM

— *Carence aiguë* :

Chlorose en dents de scie localisée principalement vers l'extrémité des feuilles sans caractère de continuité. Déjà visibles sur le « cigare », les « dents » chlorotiques passent du jaune pâle au jaune d'or, puis au pourpre et au brun-pourpre au fur et à mesure que la feuille vieillit, le terme de cette évolution étant atteint quand la feuille arrive en position VI ou VII : plages nécrosées ne gagnant plus en surface. Ces symptômes sont irréversibles.

Rabougrissement végétatif, engorgement avec modification d'hélice, aspect tourmenté du cigare, épaississements de nervures qui sont le siège d'une exco-riation superficielle, gaufrage des feuilles et ondulation des marges.

Influence sur le rendement quantitatif quasiment nulle, mais qualité médiocre, fruits tendant à éclater.

— *Carence atténuée* :

Quelques symptômes foliaires atténués, baisse de qualité des fruits.

— *Carence temporaire* :

Réaction à la carence et aux soins assez rapide.

Mêmes symptômes qu'en carence totale, irréversibles.

Production quantitative peu touchée, mais baisse de qualité.

CARENCE EN ZINC

Chlorose en bandes : bandes chlorotiques dans le sens des nervures secondaires, souvent presque blanches et de largeurs très variables, alternant avec des bandes parfaitement vertes.

En carence très accentuée, chlorose générale sur la totalité du limbe des jeunes feuilles, qui sont réduites en taille, très allongées, pointues, et ont tendance à former une rosette. Ponctuation blanche visible par transparence sur ces feuilles décolorées.

Pigmentation anthocyanique « lie-de-vin » à la face inférieure du cigare et de la gouttière nervaire de la plus jeune feuille ; cette pigmentation disparaît rapidement et ne suffit pas pour diagnostiquer une carence en zinc.

Une carence en zinc grave peut conduire à des troubles de la différenciation.

Forte influence sur le rendement.

CARENCE EN BORE

Difficulté de démarrage du rejet. *Déformations morphologiques très importantes* sur les jeunes feuilles : limbes réduits, parfois à la seule nervure centrale, de forme irrégulière, gaufrés et ondulés sur les bords. Nécroses « tabac » sans chlorose préalable se développant sur les marges foliaires, principalement à leur extrémité qui se « recroqueville ». Chloroses internervaires et *striation* perpendiculaire aux nervures secondaires sur la face inférieure (alignement de *points décolorés, excoriés*). Émission en abondance de rejets présentant des symptômes encore plus accentués.

En carence très aiguë toute croissance est arrêtée.

Noter les nombreuses analogies avec la carence en soufre.

CARENCE EN MANGANÈSE

Chlorose d'un type particulier, visible au début sur les feuilles des rangs II, III ou IV et gagnant ensuite très rapidement plus jeunes et plus vieilles feuilles.

D'abord marginale, avec parfois persistance d'un fin liséré vert en bordure de feuille, elle progresse vers la nervure principale mais plus rapidement sur les nervures transversales principales que sur les transversales secondaires et espaces internervaires qui restent longtemps verts : c'est la *chlorose en peigne*.

Ces symptômes gagnent la totalité du bananier dont le feuillage prend une coloration jaune-vert sale.

A la carence manganique est lié le développement fongique de *Deightonella torulosa* qui provoque des nécroses marginales plus ou moins importantes.

En carence grave, forte influence sur le rendement.

3) Symptômes sur vieilles feuilles.

CARENCE EN MAGNÉSIUM

— *Carence aiguë* :

Jaunissement demeurant parallèle aux marges foliaires, gagnant vers la nervure centrale mais les portions de limbe bordant celle-ci restent parfaitement vertes. Marges chlorotiques se nécrosant rapidement et se recroquevillant. La chlorose gagne les plus jeunes feuilles. Marbrures violettes s'installant sur la base des pétioles.

Parallèlement à ces symptômes foliaires, *dérèglement de croissance* et, dans les cas graves, *importantes déformations morphologiques* : émissions de feuilles irrégulières, déformées, de largeur réduite, gaufrées, disposées dans le même plan (en éventail), décollement des gaines qui se cassent et pourrissent, provoquant la sénescence anticipée des feuilles.

En carence totale, il y a affaiblissement progressif et mort des bananiers par pourriture généralisée.

— *Carence atténuée* :

Si la carence est très légère, symptômes foliaires au stade jeune. Pas de dérèglement, pas de déformation. Disparition des symptômes à un stade plus âgé. Production quantitative peu touchée. Qualité médiocre.

Si la carence est plus accentuée, symptômes foliaires. Dérèglement et déformations morphologiques. Baisse importante des rendements quantitatifs et qualitatifs.

— *Carence temporaire* :

Réaction à la carence rapide, réaction aux soins très rapide. Seule une chlorose légère est réversible.

En phase carencielle, mêmes symptômes qu'en carence totale. Si la différenciation florale a lieu en période de malnutrition, forte baisse de rendement et de la qualité.

Si la différenciation florale a lieu en période de soins, importance et conformation du régime normales mais qualité très médiocre.

CARENCE EN PHOSPHORE

— *Carence aiguë* :

Feuillage de coloration vert foncé à tendance bleu-tée ou bronzée. Nécroses marginales pratiquement sans chlorose préalable, sans caractère de continuité, se développant de façon anguleuse vers la nervure centrale en larges dents de scie. L'extension assez rapide de la nécrose conduit la feuille à une sénescence prématurée.

Symptômes accentués surtout au stade jeune, irréversibles.

Production quantitative et qualitative fortement réduite.

— *Carence atténuée et temporaire* :

Quelques légers symptômes principalement au stade jeune.

Pas d'influence sur le rendement.

CARENCE EN POTASSIUM

— *Carence aiguë* :

Jaunissement fulgurant des feuilles sur la totalité de leur surface, commençant par les plus vieilles feuilles. Cette chlorose est en général précédée d'une pigmentation brune dans la gouttière nervaire, pigmentation qui évolue en marbrures brun violacé.

La chlorose jaune d'or quasi uniforme gagne la totalité de la feuille en 2 ou 3 jours, puis est suivie de son complet dessèchement. Le limbe se déchire, se replie vers le bas et la nervure principale se cassant vers les $\frac{2}{3}$ de sa longueur, la feuille prend un aspect recroquevillé caractéristique donnant au bananier un aspect lamentable. Marbrures violettes sur la base des pétioles.

La carence gagne rapidement vers les plus jeunes feuilles. Le bananier perd toutes ses feuilles. Symptômes irréversibles.

Régime rachitique très petit et de mauvaise qualité.

— *Carence atténuée* :

Mêmes symptômes qu'en carence aiguë mais d'évolution plus lente.

Influence sur le rendement toujours sensible, et catastrophique si la carence partielle est accentuée.

— *Carence temporaire* :

Mêmes symptômes qu'en carence totale, irréversibles. Si la *différenciation florale* a lieu en phase carencielle la production est fortement touchée.

Si la *différenciation florale* a lieu en période de nutrition normale, le régime est normal mais son remplissage sera défectueux et sa qualité très médiocre.

CONCLUSION

IMPORTANCE DES DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS POUR LE BANANIER

L'expérimentation 1963-1964 a confirmé les résultats obtenus en 1961-1962. — Nous ne reprendrons pas ceux-ci mais insisterons sur les nouvelles données précisant l'importance des différents éléments minéraux.

— *Éléments majeurs.*

L'azote, élément « numéro un » de toute vie végétale, conditionne la croissance et le rendement : il est essentiel dans tous les processus vitaux de croissance, aussi le ralentissement de végétation et la perte de coloration du feuillage sont-ils immédiats en carence momentanée. Dès que reprend la nutrition normale, reprend également la synthèse de matière vivante, et la croissance redémarre. La *régularité de la fourniture* d'azote est donc primordiale. Mais son intensité doit être en rapport avec la production de matière végétale, ce qui revient à dire que la fourniture d'azote doit croître jusqu'à un maximum se situant approximativement à la fleur ; ensuite, les besoins diminuent. Tout à coup de nutrition azotée est donc préjudiciable à une bonne fructification et le stade de différenciation florale est une période particulièrement critique.

Les besoins globaux du bananier en *phosphore* sont limités et celui-ci ne joue un rôle important dans la croissance qu'au stade jeune. Aussi des carences partielles ou momentanées n'ont donc que peu d'influence sur le rendement quantitatif. Il faut que la carence soit sévère pour que la production soit touchée.

Le *soufre* possède un rôle particulièrement spécifique. Son absence totale n'affecte que les organes jeunes, où elle entrave la formation de la chlorophylle au début de la vie du bananier, la différenciation des organes lorsque le bananier est plus âgé. Les besoins en soufre sont plus *stricts au stade jeune* que lorsque le bananier est plus âgé ; ils deviennent alors quantitativement plus importants, mais beaucoup plus souples. Le bananier réutilise du soufre précédemment absorbé pour la synthèse de la chlorophylle, mais la déficience induit alors des troubles morphologiques graves. Quand elle ne provoque pas la mort, la carence en soufre réduit fortement la production.

L'importance du *potassium* est de même nature que celle de l'azote, elle consiste en un effet de masse qui conditionne le niveau de production. La pleine utilisation des réserves potassiques du matériel de plantation ou des vieilles feuilles retarde l'apparition des symptômes visibles de carence. Or, faibles en début de végétation, les besoins en potasse du bananier deviennent *considérables en phase florale*. L'influence d'une déficience potassique sur le rendement et la qualité est toujours catastrophique, principalement si elle se situe en phase de différenciation florale.

La carence en *calcium* intéresse les organes jeunes (feuilles en voie de formation) chez lesquelles elle induit des troubles morphologiques d'autant plus graves que le bananier est plus jeune. Le bananier ne semble pas réutiliser le calcium stocké dans ses vieilles feuilles. Cependant ses besoins propres en calcium sont faibles, sans rapport aucun avec les besoins effectifs du sol ; l'absorption de cet élément est principalement gouvernée par les antagonismes entre cations.

La carence en *magnésium* se manifeste sous l'aspect d'un violent dérèglement, conséquence des rôles très spécifiques de cet élément : il se comporte comme un catalyseur qui apparemment « ne sert qu'une fois » et dont la plante exige une fourniture continue. Toutefois, les besoins au stade jeune semblent plus importants que par la suite, une déficience accentuée provoquant alors toujours des symptômes très graves. Après la floraison, la déficience magnésienne affecte gravement la qualité du fruit.

Les résultats obtenus nous confirment le fait déjà énoncé, que les mécanismes d'alimentation en N, P, S, sont largement indépendants. Par contre les cations K, Ca, Mg manifestent un haut degré d'interchangeabilité, non seulement dans l'absorption, mais aussi dans leur transport et leur utilisation. A leur sujet il est difficile de parler de carence pure et on doit introduire la notion de déséquilibres canioniques infiniment plus complexe.

— *Oligo-éléments.*

C'est incontestablement le manque de *bore* qui a eu les conséquences les plus sévères pour le bananier, révélant un rôle catalytique d'une extrême importance. Sa déficience, qui n'avait pas encore été décrite chez cette plante, y induit des troubles morphologiques et de différenciation graves et peut arrêter toute activité végétative, inhibant le démarrage des rejets et la croissance de l'inflorescence. Elle comporte des analogies frappantes avec certains aspects de la déficience en soufre.

Le *manganèse* est lui aussi indispensable au développement normal du bananier. Il intervient dans certaines réactions enzymatiques notamment dans la photosynthèse. La chlorose qui gagne rapidement l'ensemble du bananier est la première manifestation de ce rôle catalytique. En carence poussée son absence induit des troubles morphologiques et de différenciation graves. Le développement fongique qui lui est associé, par perte de surface foliaire importante, peut avoir de graves répercussions sur le rendement.

Les rôles catalytiques du *zinc* sont également multiples. Sous des conditions de déficience en zinc, la production

d'auxine est réduite, ce qui provoque une inhibition de la croissance. Aussi les premiers symptômes à apparaître, des bandes chlorotiques sur les jeunes feuilles, sont-ils rapidement suivis par une réduction de croissance importante avec formation d'un bouquet de feuilles réduites de coloration blanc jaunâtre. A ce stade la différenciation florale peut être perturbée.

Le fait que nous n'ayons pas pu provoquer les trois dernières déficiences : fer, cuivre, molybdène, ne signifie pas que ces oligo-éléments soient moins essentiels pour le bananier. Cela prouve seulement que ses besoins en chacun d'eux sont faibles en regard de l'imperfection de nos conditions d'expérimentation. En effet, on connaît l'importance du cuivre dans les sols de tourbière et ses effets sur le bananier, et la chlorose ferrique est connue en Israël.

En définitive les six éléments majeurs N, P, S, K, Ca, Mg sont tous absolument nécessaires à la vie végétale. Les uns, azote et potassium, jouent un rôle de masse conditionnant le niveau de productivité. D'autres, soufre et magnésium, ont des rôles plus spécifiques et leur absence perturbe profondément la physiologie de la plante. Le calcium et le phosphore sont tous aussi indispensables à la croissance mais les besoins du bananier en ces deux éléments étant plus limités, les cas de déficience sont en général plus rares.

L'essentialisé des oligo-éléments est de même nature que celle du soufre et du magnésium : se sont des catalyseurs biochimiques contrôlant la physiologie du bananier. Ils sont donc qualitativement aussi importants que les éléments majeurs.

Les photographies illustrant cet article sont de J.-M. CHARPENTIER.

Les deux planches en couleur ont été réalisées grâce à la participation du groupe « Borax Consolidated Limited » et notamment du Département agronomique de la Société « Le Borax Français » auxquels nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements.



INSECTICIDES

ENGRAIS AZOTÉS

PHOSPHATES

**ENGRAIS TERNAIRES
COMPLEXES GRANULÉS**

KUHLMANN

25, bd Amiral Bruix — PARIS (16^e)

Agences Maritimes

Henry LESAGE

Siège social : 7, Cité Paradis, PARIS

*Succursales : DUNKERQUE, LE HAVRE, NANTES
BORDEAUX, MARSEILLE, ANVERS, GAND, CONAKRY*

EXPÉDITIONS — ASSURANCES — CONSIGNATION
TRANSPORTS de FRUITS par NAVIRES SPÉCIALISÉS

**CONTRE LA MOISSURE
DES AGRUMES**

SUPER-PENTABOR N

S. A. BORAX FRANÇAIS

8, rue de Lorraine, SAINT-GERMAIN-EN-LAYE (S-et-O.)

ET DROGUERIES D'AFRIQUE DU NORD