

# LE SOUFRE ET LE BANANIER

J. MARCHAL, P. MARTIN-PRÉVEL\* et Ph. MELIN\*\*

## LE SOUFRE ET LE BANANIER

J. MARCHAL, P. MARTIN-PRÉVEL et Ph. MELIN (IFAC)

*Fruits*, mars 1972, vol. 27, n° 3, p. 167-177.

**RESUME** - Après avoir rappelé les symptômes de carence en soufre du bananier, on indique les teneurs paraissant suffisantes et les teneurs liées à la déficience en soufre dans les échantillons correspondant aux normes IFAC de diagnostic foliaire, en comparant une plantation carencée avec des plantations saines et d'après un essai de fertilisation. Le niveau de déficience est de 0,23 p. cent dans la zone 1/3 pour les diverses feuilles prélevées ; mais la feuille III peut présenter une teneur normale, supérieure à 0,30 p. cent, quand la feuille I révèle une carence existante. L'antagonisme S-P est confirmé, ainsi que l'augmentation des cations dans la feuille déficiente en soufre. Le soufre améliore l'utilisation de l'azote (meilleure répartition dans la plante, enrichissement du limbe) et est par là nécessaire pour que l'engrais azoté améliore le rendement. Sur sols peu acides et riches en bases échangeables, l'apport de soufre élémentaire à forte dose améliore en outre l'équilibre des cations dans la plante en y réduisant l'excès calcique), augmente l'absorption du manganèse, et réduit ainsi l'incidence de la « pulpe jaune » sur le fruit (Cameroun).

A la récolte, les parties aériennes immobilisent environ 16 kg/ha de soufre, les exportations par les fruits étant voisines de 6 kg/ha/cycle pour un rendement moyen. Pour couvrir ces besoins théoriques, on recommande d'apporter environ 50 kg/ha de soufre en donnant régulièrement une partie des engrais sous forme de sulfates, car ceux-ci ne restent pas en totalité disponibles pour la plante. Dans le cas cité au Cameroun, deux apports successifs de 1,27 t/ha/an de soufre en fleur ont apporté une amélioration dont il reste à déterminer la durée d'efficacité.

Le soufre, bien qu'élément essentiel dans la nutrition des plantes, n'a pas posé de problèmes particuliers en agromonie pendant très longtemps. Habituellement, le sol est capable d'assurer l'alimentation soufrée des cultures, même si la plus grande part de cet élément s'y accumule sous forme organique non assimilable (environ 90 p. cent) et si les pertes par lixiviation sont importantes. En effet, de nombreux engrais courants sont des sulfates et, comme l'a souligné un récent colloque (17), il existe diverses autres formes d'apports plus ou moins occultes : même l'anhydride sulfureux de l'atmosphère, important surtout dans les pays industrialisés, paraît pouvoir être utilisé par les plantes.

Chez le bananier, les symptômes de carence en soufre ont été identifiés grâce aux cultures hydroponiques de l'IFAC (3, 12). On les a rencontrés en Côte d'Ivoire, très caractéristiques, sur divers sols. Ils s'y étaient développés avec l'emploi, pour raisons d'économie, de l'urée et du chlorure de potasse ; le retour au sulfate, soit d'ammoniaque soit de potasse, pour un apport d'engrais sur deux, suffit alors à les éviter. Cela correspond déjà à 50 kg au moins de S par hectare et par an.

En revanche, ces symptômes n'ont jamais été nets dans la zone bananière du Cameroun oriental, groupée sur une gamme restreinte de sols volcaniques jeunes, de type brun eutrophe. Il a fallu l'expérimentation et l'analyse de la plante pour mettre en évidence un besoin de fertilisation soufrée tout particulier dans cette zone. On notera cependant, bien que la méthode utilisée soit sujette à caution en ce qui concerne le soufre, qu'une étude en vases de végétation sur les sols vivriers de cette partie du Cameroun concluait à une déficience assez générale de cet élément dans la région incriminée (23).

Le calcul du soufre exporté et du soufre immobilisé par le bananier permet d'évaluer ses besoins théoriques ; pour établir ces bilans on a utilisé la méthode d'échantillonnage total du bananier des « essais sol-plante » (13), en Martinique. L'analyse foliaire comparée de bananiers sains et de bananiers qui se sont révélés déficients en soufre fournit les niveaux de référence dans le limbe pour le diagnostic chimique de l'état de nutrition des bananeraies en cet élément. La technique d'échantillonnage foliaire a été décrite dans des publications récentes (11, 15) : au stade avoisinant la différenciation florale, soit environ 5 mois après plantation lorsqu'il s'agit d'un premier cycle, on prélève sur la plus jeune feuille complètement déroulée (feuille I)

\* - Service de Physiologie, Laboratoire de l'Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer (IFAC) - Nogent.

\*\* - Station IFAC de Nyombé, B.P. 13 République du Cameroun.

et sur la feuille III ; au stade de la récolte commerciale on prélève sur l'avant-dernière des vraies feuilles émises par le bananier (appelée ADFC). Dans tous les cas, la bande de limbe est découpée en «zone 1/3» (proche de la nervure centrale) et en «zone 2/3», comme exposé précédemment.

Les dosages de soufre ont été effectués par turbidimétrie du sulfate de baryum, après calcination protégée au moyen de nitrate de magnésium.

### SYMPTÔMES VISUELS DE DÉFICIENCE.

Ils ont déjà été décrits en détail (3, 4, 12) ; nous en rappelons les traits essentiels.

La carence en soufre apparaît d'abord sur les plus jeunes feuilles, comme sur toutes les plantes (7, 22). Sur bananier jeune on observe ainsi une chlorose, que l'on risque grandement d'attribuer à une carence en azote, sur les dernières feuilles émises ; celles-ci reverdissent quand elles arrivent en position plus basse. Si la déficience s'accroît, la croissance est ralentie, d'où engorgement ; les bords des jeunes feuilles deviennent blanc jaunâtre, ceux des vieilles feuilles se nécrosent ; le «cigare» (feuille en cours d'émergence) peut être entièrement blanc, comme dans certaines carences calciques.

Une carence moins aiguë ou plus tardive n'entrave pas la coloration du limbe mais provoque des déformations morphologiques (limbes moins larges, gaufrage, épaisissements de nervures) ou des striations (décolorations internervaires, alignements de ponctuations perpendiculaires aux nervures). Ces symptômes sont pratiquement identiques à ceux de la carence en bore, et certaines déformations ressemblent à des cas de carence en calcium.

Le bananier carencé produit un régime petit. Dans les cas graves, il émet des feuilles sans limbe à gaines très épaisses puis meurt sans avoir fleuri.

### ANALYSE FOLIAIRE DE BANANIER SAINS ET PORTEURS DE SYMPTÔMES

La petitesse des échantillons prélevés dans ces cultures hydroponiques empêcha d'y doser le soufre, mais une mini-enquête sur jeunes plantations au Cameroun nous permit par la suite d'établir des niveaux de référence pour cet élément au voisinage de la différenciation florale (9). Trois parcelles disséminées dans la zone bananière du Cameroun oriental (Nyombé-Penja-Loum) et deux parcelles de la plaine de Tiko (Cameroun occidental) ont été échantillonnées en septembre 1968. Deux d'entre elles avaient une très belle végétation ; deux étaient médiocres mais très vertes et sans anomalies morphologiques ; la cinquième comportait un secteur I très beau, établi sur un ancien dépôt de déchets de bananes et de hampes, et un secteur II chlorotique, à croissance ralentie. Les jeunes feuilles de ce secteur ne présentaient pas la coloration jaune soyeux caractéristique de la carence en soufre, mais un jaune-vert sale granuleux, avec une tendance aux marges en dents de peigne de la carence en manganèse. L'analyse a confirmé la déficience de cet élément (11), mais l'extension de la pâleur à toute la surface des plus jeunes feuilles est bien due au manque de soufre.

### Teneurs normales en soufre au stade différenciation florale.

La figure 1 montre que le soufre devrait être suffisant pour ne pas causer d'anomalies de croissance lorsque sa teneur est au moins égale à :

0,34 p. cent de matière sèche dans la zone 1/3 de la feuille I  
0,36 p. cent de matière sèche dans la zone 1/3 de la feuille III

Des niveaux plus élevés peuvent certainement être atteints sans dommages, car il s'agit plutôt ici de cas limites : la plupart de ces plantations ne recevaient que de l'urée sur des sols où le besoin de soufre se manifeste de plus en plus fréquemment.

### Niveaux de déficience en soufre.

L'analyse fait bien ressortir le défaut de soufre dans le secteur II de la parcelle 5, avec les caractères suivants :

- la différence avec les autres parcelles ou secteurs est plus accentuée dans la feuille I que dans la feuille III, ce qui est conforme à la symptomatologie habituelle de la carence en soufre ;

- la zone 1/3 de ces feuilles est un meilleur indicateur de la nutrition en soufre que la zone 2/3, dont les teneurs se confondent entre plantations saines et carencées (fig. 1) ;

- en cas de déficience, le gradient entre zones 1/3 et 2/3, normalement négatif (au moins pour la feuille I), devient positif ;

- une teneur de 0,23 p. cent de matière sèche dans la zone 1/3 de la feuille I correspond à une déficience en soufre (la valeur 0,31 p. cent trouvée dans la zone 1/3 de la feuille III sera infirmée par l'expérimentation : voir chapitre suivant).

Comme l'a montré B. DABIN (6), les apports de déchets de conditionnement du fruit ont augmenté à la fois les

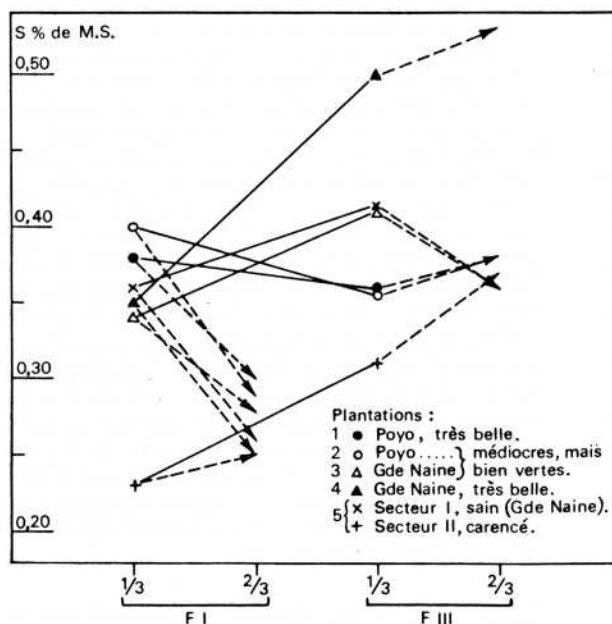


FIGURE 1 • Teneurs en S au stade de la différenciation florale. Bananiers normaux et déficients (Cameroun).

teneurs du sol en carbone, azote et soufre totaux. La teneur en S du secteur carencé est déjà nettement plus élevée que celles d'autres sols étudiés par le même auteur, où différentes cultures ne répondent pas au soufre : il en conclut que la nature de la plante peut-être, le type de sol sûrement, influent sur la fixation de l'optimum et fait ressortir l'importance du rapport S/N totaux qui devrait avoisiner 0,1. Le secteur I se rapproche de cette valeur, sans toutefois l'atteindre (tableau 1).

#### Effets sur les autres éléments.

L'accumulation de l'azote dans les feuilles des bananiers du secteur II traduit leur retard de croissance par rapport à ceux du secteur I (tableau 2). Leur différence combinée en soufre et en manganèse s'accompagne surtout d'un enrichissement en phosphore, dont le responsable est certainement le défaut de soufre : en effet, en hydroponique, on a constaté cet antagonisme S-P dans les feuilles âgées de la carence en soufre (8), mais pas chez les bananiers carencés en manganèse.

La somme des cations aussi est plus élevée dans le secteur II que dans le secteur I, par élévation des teneurs en calcium surtout, comme en culture sur solution carencée en soufre ; cela malgré des teneurs en potassium plus faibles dues à la richesse potassique des déchets de régimes apportés au secteur I.

#### EFFETS D'APPORTS DE SOUFRE ÉLÉMENTAIRE SUR SOLS RICHES EN BASES ÉCHANGEABLES

Sur les sols volcaniques jeunes du Cameroun oriental, une forte proportion des régimes (20 p. cent et plus) peut être rendue inexportable par la « pulpe jaune » (« green ripe » du Cameroun occidental) : la pulpe commence à mûrir avant que le fruit n'ait atteint ses dimensions commerciales. Outre les facteurs climatiques, cet accident paraît lié à un déséquilibre nutritionnel complexe, qu'a mis en évidence l'analyse de 7 organes différents du bananier prélevés au long d'une enquête systématique pendant 3 ans sur des parcelles saines et diversement affectées (10). Selon les cas on trouve une ou plusieurs des anomalies suivantes : Ca/Mg trop élevé, Ca/K trop élevé (même si aucun cation n'est anormal en valeur absolue), Mn trop faible, N mal réparti dans la plante, accumulation de P dans les organes de conduction. Le soufre n'avait malheureusement pas pu être dosé dans cette enquête, sa déficience est sans doute responsable de l'accumulation du phosphore et de la mauvaise utilisation de l'azote. Les autres déséquilibres ont tous été interprétés comme des conséquences de la trop grande richesse calcique des sols, et on a cherché à y remédier par acidification à l'aide de soufre élémentaire.

TABLEAU 1 - Analyses de sol et carence en soufre.  
Parcelle n° 5 (voir texte). Cameroun oriental.  
(d'après B. DABIN, ORSTOM - 6).

	S total p.p.m.	C p. mille	N total p. mille	Rapport S/N
Secteur I, sain	290	40,7	3,41	0,08
Secteur II, carencé	145	16,8	2,48	0,05

TABLEAU 2 - Analyses foliaires et carence en soufre au stade différenciation florale.  
Bananier 'Grande Naine', parcelle n° 5 (voir texte), Cameroun oriental.

	p. cent de matière sèche						p.p.m. de M.S.	Mn	mé % de M.S. K+Ca+Mg	p. cent de K+Ca+Mg			
	N	P	S	K	Ca	Mg				K	Ca	Mg	
Secteur I sain	Feuille I	1/3	2,66	0,277	0,36	5,46	0,346	0,225	60	176	80	10	10
		2/3	3,65	0,295	0,26	4,20	0,356	0,390	140	158	68	12	21
	Feuille III	1/3	3,30	0,227	0,41	5,30	0,630	0,212	85	186	74	17	9
		2/3	4,03	0,230	0,36	4,20	0,580	0,383	159	168	64	17	19
Secteur II carencé	Feuille I	1/3	2,98	0,310	0,23	5,22	0,527	0,270	41	183	74	14	12
		2/3	3,70	0,312	0,25	4,00	0,495	0,406	80	161	64	16	20
	Feuille III	1/3	3,60	0,265	0,31	5,10	1,030	0,280	65	207	64	25	11
		2/3	4,25	0,252	0,37	3,64	0,874	0,432	122	174	54	25	21

Un premier test fut réalisé sur un carré atteint, manifestant un grand excès calcique et un net déficit manganésique dans la plante. Les observations et analyses effectuées six mois après l'apport de une tonne de soufre en fleur sur un hectare de ce carré font ressortir (tableau 3) :

- une amélioration des équilibres entre cations, de la nutrition azotée et surtout du manganèse (le soufre n'a pu être dosé) ;

- une diminution de la coloration de la pulpe, alors que les fruits observés ont été prélevés plus «pleins» dans le secteur traité.

Pourtant le sol de ce carré s'avéra d'une richesse extraordinaire en bases échangeables lorsqu'il fut analysé par J. EFITE (Laboratoire de la CDC à Ekona) : 80 mé.p.cent de Ca, 28 mé.p.cent de Mg, 12 mé.p.cent de K, tandis que la dose de soufre administrée ne correspondait qu'à environ 2,5 mé.p.cent ! Tous les espoirs étaient permis pour les sols plus «raisonnables».

Un essai de fertilisation à doses élevées, implanté parallèlement (mai 1968) à Nyombé sur les indications de J. CHAMPION, étudia donc le soufre, parmi d'autres éléments, sur un terrain peu éloigné de la parcelle 5 étudiée au chapitre précédent et présentant des teneurs en bases échangeables normales pour la région : de l'ordre de 16 mé.p.cent de Ca, 5 mé.p.cent de Mg et 4 mé.p.cent de K. Un premier compte-rendu de cet essai NYO-33, mené en blocs de Fisher à 5 répétitions, a été publié récemment (20). Nous n'en étudierons ici que deux traitements, subdivisés en deux sous-traitements :

- témoin à fumure normale, soit 915 kg/ha/an d'urée, répartie en 6 épandages ;
- témoin avec supplément d'azote, soit en tout 1423 kg/ha/an d'urée ;
- soufre en fleur 1270 kg/ha, avec urée normale ;
- soufre en fleur 1270 kg/ha, avec supplément d'urée.

Les bananiers 'Grande Naine' ('Giant Cavendish') étaient plantés à la densité de 2540/ha. L'essai a duré 3 cycles avec apport annuel des doses d'azote indiquées, tandis que les 1270 kg/ha de soufre n'ont été administrés que deux fois : 5 mois après la plantation, et en cours de 2ème cycle. Les effets de cet élément s'observeront à peine au 1er cycle mais se poursuivront sur le 2ème malgré l'arrêt des apports.

#### Effets sur la croissance et la récolte.

L'apport de soufre a accéléré la croissance et diminué l'intervalle floraison-récolte ; or, plus celui-ci est long, plus la pulpe risque d'être jaune (1, 19). Il faudra attendre le 3ème cycle, où cet accident qualitatif a été plus sévère, pour constater un net effet bénéfique du soufre à son égard (tableau 4).

En même temps le soufre, bien que ne modifiant pas le poids des régimes obtenus, augmente le rendement récolté d'un peu plus de 5 t/ha en 2ème et 3ème cycles. Plus précisément, l'apport simultané de soufre et d'un supplément d'urée améliore la production, par rapport aux parcelles

TABLEAU 3 - Analyse de 7 organes dans un test d'apport de soufre élémentaire. Bananier 'Poyo', stade récolte, Cameroun oriental.

T = témoin +S = 1 t/ha de soufre	p. cent de matière sèche					p.p.m. de Mn M.S.	Rapports		mé % de M.S. K+Ca+Mg	p. cent de K+Ca+Mg			
	N	P	K	Ca	Mg		N/P	K/N		K	Ca	Mg	
Pulpe	T	0,67	0,109	1,54	0,058	0,135	5	6,1	2,3	54	74	6	20
	+S	0,67	0,098	1,60	0,039	0,130	6	6,8	2,4	53	77	4	19
Peau	T	1,31	0,178	6,75	0,526	0,167	21	7,4	5,2	214	81	12	7
	+S	1,34	0,188	6,80	0,648	0,177	35	7,1	5,1	222	79	14	7
Hampe	T	1,06	0,164	12,00	0,882	0,375	55	6,5	11,3	385	81	11	8
	+S	1,15	0,176	13,70	0,508	0,421	53	6,5	11,9	413	85	6	9
Gaines	T	0,62	0,089	4,68	2,550	0,366	82	7,0	7,5	279	43	46	11
	+S	0,65	0,085	4,87	2,600	0,407	165	7,6	7,5	289	44	45	11
Nervure ADFC	T	0,76	0,090	3,03	3,400	0,355	50	8,4	4,0	277	28	61	11
	+S	0,75	0,094	3,18	3,360	0,372	100	8,0	4,2	281	29	60	11
Limbe 1/3 ADFC	T	2,03	0,182	3,88	2,090	0,276	100	11,2	1,9	228	44	46	10
	+S	2,10	0,176	3,77	1,720	0,279	155	11,9	1,8	206	47	42	11
Limbe 2/3 ADFC	T	2,35	0,201	2,83	1,440	0,291	260	11,7	1,2	169	43	43	14
	+S	2,66	0,196	2,62	1,300	0,314	510	13,6	1,0	159	43	41	16

TABLEAU 4 - Effets du soufre et d'un supplément d'azote sur la production.  
Essai NYO-33, bananier 'Grande Naine' à densité 2450/ha, Cameroun oriental.

Cycle	Traitements N normal = 412 kg/ha N suppl = 640 kg/ha +S = 1270 kg/ha		Intervalles(jours)		Régimes récoltés p. cent plantes	Poids moyen régimes récoltés kg	Production récoltée t/ha	Coloration (échelle Deullin) C1 + C2
	Plantation - floraison	Floraison - récolte						
1er	T	N normal	220	105	93	21,0	49,1	9,3
		N suppl.	ns 221	* 108	ns 92	ns 20,5	ns 47,9	ns 9,2
		Moy.	221	106	92	20,8	48,5	9,2
+S	T	N normal	215 ns	101 *	87 ns	20,9 ns	46,5 ns	9,1 ns
		N suppl.	ns 218 ns	* 104 +	ns 94 ns	ns 21,2 ns	ns 49,8 ns	ns 9,0 ns
		Moy.	217 ns	103*	90 ns	21,1 ns	48,2 ns	9,1 ns
Interaction S x N		ns	ns	*	ns	ns	ns	
2ème	T	N normal	494	114	76	26,8	51,7	10,4
		N suppl.	** 485	ns 116	ns 64	** 28,9	ns 46,8	ns 10,4
		Moy.	489	115	70	27,9	49,2	10,4
+S	T	N normal	473 **	111 ns	75 ns	27,3 ns	51,9	9,7 ns
		N suppl.	ns 473**	ns 112 +	ns 80 +	**28,0 ns	ns 56,8 **	ns 10,0 ns
		Moy.	479**	111*	77ns	27,6ns	54,4 ns	9,8ns
Interaction S x N		ns	ns	*	ns	*	ns	
3ème	T	N normal	782	113	67	28,4	48,3	12,6
		N suppl.	**768	**119	ns 67	ns 28,6	ns 48,9	ns 12,8
		Moy.	775	116	67	28,5	48,6	12,7
+S	T	N normal	766**	110	77 ns	26,7 ns	52,2 ns	11,8 ns
		N suppl.	**759**	* 111**	ns 77 +	** 28,3 ns	* 55,6 ns	ns 11,2**
		Moy.	763**	111**	77*	27,5 ns	53,9 ns	11,5 ns
Interaction S x N		*	ns	ns	ns	ns	ns	

Étude statistique : Service de Biométrie de l'IFAC (P. LOSSOIS).

Les signes placés avant les chiffres indiquent les effets du supplément d'urée.

Les signes placés après les chiffres indiquent les effets du soufre.

ns = non significatif + = presque significatif \*, \*\* = significatif à P = 0,05, P = 0,01.

(étude sur l'ensemble des traitements de l'essai).

témoins ne recevant que la dose normale d'urée, de 5 t/ha en 2ème cycle et 7,3 t/ha en 3ème cycle. C'est-à-dire que le soufre, outre son action propre qui n'est pas toujours significative, permet aussi au supplément d'urée de se montrer bénéfique, alors que cet azote apporté seul est sans action ou même dépressif sur le rendement. En effet, même lorsqu'il améliore le poids moyen, le supplément d'azote tend à diminuer le pourcentage de régimes parvenant au stade récolte si le terrain n'a pas reçu du soufre au préalable, tandis que le soufre augmente ce pourcentage.

La guérison de la déficience en soufre favorise donc l'utilisation de l'azote, comme le confirmera l'analyse foliaire. L'influence du soufre sur le métabolisme azoté des plantes est connue : sa déficience réduit la synthèse des protéines et provoque une accumulation d'azote inutilisé,

la plante ne pouvant réduire les nitrates (5).

#### Effets sur les teneurs foliaires en soufre.

Des prélèvements ont été opérés à la récolte du 2ème et vers la différenciation florale du 3ème cycle.

L'effet des apports de soufre est très favorable dans tous les cas : voir figure 2. La zone 2/3 qui, au chapitre précédent apparaissait moins sensible pour révéler une déficience native en S, répond ici aussi bien que la zone 1/3 aux apports exogènes de cet élément.

Bien qu'il n'ait pas été relevé de symptômes chez lui, le témoin est au-dessous du niveau de carence 0,23 p. cent déterminé ci-avant pour la zone 1/3 de la feuille I : il est

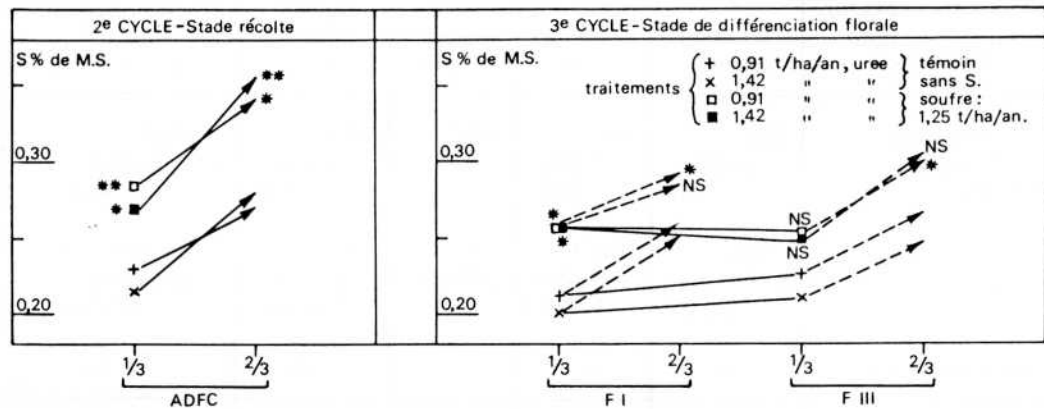


FIGURE 2 • Bananiers répondant au soufre au Cameroun oriental : teneurs foliaires en soufre.

Le degré de signification des écarts indiqué par \*\*, \*, NS, concerne les parcelles recevant une même dose d'azote (analyse statistique: P. LOSSOIS).

donc normal que les bananiers réagissent positivement aux apports de soufre. Dans la zone 1/3 de la feuille III et même de l'ADFC on retrouve chez le témoin des niveaux égaux ou inférieurs à 0,23 p. cent de S : ce seuil de déficience, avec ou sans symptômes apparents, est donc commun à la zone 1/3 des feuilles de tous âges prélevées selon les normes IFAC de diagnostic foliaire. Mais l'exemple de la parcelle 5 au chapitre précédent montre que la feuille III peut se situer nettement au-dessus de cette valeur alors que la plante est bel et bien carencée : c'est donc à la feuille I qu'il faut s'adresser pour diagnostiquer une déficience en soufre.

Dans la zone 2/3 de l'ADFC les témoins sont nettement plus faibles que les parcelles soufrées et le niveau de 0,27 p. cent paraît bien traduire une déficience. En revanche, il n'est pas possible de conclure pour la zone 2/3 des feuilles I et III au stade différenciation florale, puisqu'au chapitre précédent sa teneur ne dépassait pas 0,25 p. cent dans des plantations apparemment saines. En fait, on ne sait pas si celles-ci ne répondraient pas au soufre ; cependant, leur gradient de teneur en S de la zone 1/3 à la zone 2/3 était négatif, alors que dans le cas de déficience il était positif. Dans l'essai NYO-33 il est positif aux deux stades considérés, et le reste même avec apport de soufre. On peut donc, se demander si la dose de 1,27 t/ha est suffisante : une expérimentation complémentaire devra le préciser. En effet, l'inversion de gradient est souvent un signe de déficience

en nutrition végétale ; cependant, si l'on reconstitue la composition avant découpage en 1/3 et 2/3 des bandes de limbe prélevées, on voit que la teneur moyenne en soufre dans la feuille I des parcelles recevant cet élément est très proche de celle des jeunes plantations bien vertes étudiées au chapitre précédent (tableau 5).

Le supplément d'azote, chez les parcelles témoins, semblerait déprimer légèrement les teneurs en soufre (le dosage de cet élément n'ayant pas été réalisé sur la totalité de l'essai, le faible nombre de degrés de liberté n'a pas permis d'obtenir beaucoup de résultats significativement différents). S'il en est bien ainsi on peut invoquer un antagonisme N-S dans le cas de déficience en soufre, ou un effet de dilution par stimulation de croissance ; quelle que soit sa nature, cet effet disparaîtrait lorsque la déficience est corrigée.

#### Effets sur les autres teneurs foliaires.

**Azote :** avec ou sans supplément d'urée, le soufre n'a pas eu d'effet sur les teneurs en azote de la période végétative (3ème cycle : tableau 7) ; mais l'absorption quantitative d'azote a certainement été augmentée par suite de l'accroissement dimensionnel des plantes. L'apport d'urée supplémentaire augmente les teneurs en N, qu'il y ait ou non apport de soufre, mais pas significativement.

TABLEAU 5 - Teneurs en soufre, p. cent de M.S. dans les bandes de limbe non subdivisées.

	Stade différenciation florale		Stade récolte ADFC
	Feuille I	Feuille III	
Parcelle 5, secteur II (carencé)	0,24	0,34	
Essai NYO-33 { parcelles Témoin parcelles +S	0,23-0,24	0,23-0,25	0,25-0,26
	0,27-0,28	0,28	0,31-0,33
Parcelles 1 à 4 et 5-I (saines)	0,29-0,33	0,37-0,52	

TABLEAU 6 - Effets du soufre et d'un supplément d'azote sur l'analyse foliaire au stade récolte.  
Essai NYO-33, bananier 'Grande Naine', deuxième cycle, Cameroun oriental.

Traitements	Zone de l'ADFC	p. cent de matière sèche						mé % de M.S. K+Ca+Mg (sans analyse statistique)	p.p.m. de M.S. Mn	
		N	P	S	K	Ca	Mg			
T	N normal 412 kg/ha	Nerv. 1/3	1,02	0,104		3,49	3,88	0,434	319	117
		2/3	2,14	0,150	0,230	3,74	1,81	0,308	212	151
		2/3	2,36	0,164	0,272	2,47	1,36	0,288	155	459
	N suppl. 640 kg/ha	Nerv. 1/3	*1,12	ns0,102		ns 3,55	ns 3,67	ns 0,434	310	**167
		2/3	ns 2,27	ns 0,152	ns0,211	ns 3,72	ns 1,93	ns 0,306	217	**203
		2/3	ns2,45	ns 0,169	ns0,279	ns 2,36	ns 1,34	ns 0,288	151	**692
+S 1,27 t/ha	N normal 412 kg/ha	Nerv. 1/3	1,00ns	0,101 ns		4,19**	3,02**	0,358*	288	286**
		2/3	2,29ns	0,154 ns	0,284**	4,09 ns	1,36**	0,284ns	196	371**
		2/3	2,57**	0,168 ns	0,332*	2,55ns	1,11**	0,300ns	146	1103**
	N suppl. 640 kg/ha	Nerv. 1/3	ns1,02*	ns0,098ns		**+3,77ns	ns3,12ns	+0,402ns	286	**496*
		2/3	ns2,34ns	ns0,158ns	ns0,278*	ns3,84ns	ns1,42**	**0,319ns	196	**554**
		2/3	ns2,66**	ns0,174ns	ns0,355**	ns2,45ns	ns1,15**	ns0,330**	147	**1332**

Étude statistique : Service de biométrie de l'IFAC (P. LOSSOIS).

Explication des signes : voir tableau 4 (étude sur les seuls traitements figurant dans le tableau 6)..

TABLEAU 7 - Effets du soufre et d'un supplément d'azote sur l'analyse foliaire au stade différenciation florale.  
Essai NYO-33, bananier 'Grande Naine', troisième cycle, Cameroun oriental.

Traitements	Feuille et zone	p. cent de matière sèche						mé % de M.S. K + Ca + Mg (sans analyse statistique)	p.p.m. de M.S. Mn	
		N	P	S	K	Ca	Mg			
Témoin	N normal 412 kg/ha	I 1/3	2,69	0,271	0,213	5,53	0,532	0,279	191	78
		2/3	3,28	0,281	0,259	4,31	0,502	0,400	168	141
		III 1/3	2,78	0,215	0,225	5,24	0,802	0,283	198	100
	N suppl. 640 kg/ha	I 1/3	ns2,81	ns0,275	na0,198	ns5,47	ns0,497	ns0,287	189	ns 109
		2/3	ns3,47	ns0,277	na0,248	ns4,12	ns0,462	ns0,399	162	ns 181
		III 1/3	ns2,91	ns0,210	na0,210	ns4,65	ns0,750	ns0,286	180	ns141
2ème cycles seulement	N normal 412 kg/ha	I 1/3	2,74ns	0,251**	0,257*	5,22ns	0,404*	0,279ns	177	164**
		2/3	3,32ns	0,262**	0,289*	3,99*	0,374*	0,405ns	154	249**
		III 1/3	2,84ns	0,195**	0,252ns	4,80ns	0,579**	0,281ns	175	226**
	N suppl. 640 kg/ha	I 1/3	ns2,87ns	ns0,252ns	na0,258*	ns5,17*	ns0,376*	ns0,273ns	174	ns193**
		2/3	ns3,44ns	ns0,273ns	na0,282ns	ns4,04ns	ns0,358*	ns0,407ns	155	ns292**
		III 1/3	ns2,93ns	ns0,200*	na0,248ns	ns4,89ns	ns0,579**	ns0,287ns	178	ns281**
2/3	ns3,59ns	ns0,222ns	na0,304ns	ns3,71ns	ns0,586**	ns0,433*	160	ns609**		

Étude statistique : Service de Biométrie de l'IFAC (P. LOSSOIS).

Explication des signes : voir tableau 4 (étude sur les seuls traitements figurant dans le tableau 7).

na = non analysé.

En revanche au stade récolte, où l'effet du supplément d'urée reste positif mais non significatif, les teneurs en azote du limbe sont améliorées par l'apport de soufre, significativement dans la zone 2/3 (2ème cycle : tableau 6). Comme le montre l'effet sur le rendement, le soufre stimule donc à la fois l'absorption de l'azote et son assimilation. On notera la diminution de teneur en N dans la nervure sous l'effet du soufre dans les sous-traitements avec supplément d'urée : des formes d'azote inutilisables sans le soufre sont métabolisées et passent dans le limbe.

**Phosphore** : l'antagonisme S-P déjà signalé n'apparaît qu'en période végétative, où il est atténué par le supplément d'urée.

**Cations** : l'acidification du sol abaisse de façon très spectaculaire le calcium foliaire, améliorant ainsi grandement les proportions entre les trois cations. La somme de ceux-ci s'abaisse, comme en hydroponique et comme dans le secteur I de la parcelle 5 et dans le secteur traité du test d'apport de soufre en plantation.

En période végétative (tableau 7), le potassium tend également à diminuer, surtout en l'absence de supplément d'urée : l'analyse du sol par J. GODEFROY montrera que cet élément a été quelque peu lessivé lui aussi à la suite de l'acidification. Par contre-coup le magnésium tend à augmenter, par libération d'antagonisme probablement.

Au stade récolte, au contraire, le potassium foliaire augmente surtout si l'on considère la nervure, qui est un meilleur indicateur pour les cations (tableau 6). En effet, si en valeur relative, la diminution du calcium est du même ordre de grandeur qu'au stade différenciation florale, en valeur absolue elle est beaucoup plus intense par suite des niveaux calciques toujours plus élevés de ce stade, et le potassium bénéficie alors d'une libération d'antagonisme qui fait plus que contre-balancer sa diminution dans le sol. Des variations plus ou moins marquées du calcium et du potassium selon les échantillons, il résulte des effets divergents sur le magnésium.

**Manganèse** : il présente les variations les plus considérables. Que l'acidification du sol ait agi sur le manganèse assimilable ou qu'elle ait seulement facilité son absorption en modifiant la balance Ca-Mn, les teneurs extrêmement faibles chez le témoin se trouvent nettement améliorées. Bien que le niveau du témoin soit déjà légèrement au-dessus de celui du secteur 5-I non carencé étudié ci-avant, il est fort plausible que cet effet du soufre sur le manganèse constitue sa principale voie d'action sur la qualité du fruit : en hydroponique, la carence en soufre pure a donné des fruits très blancs (3). L'absence de symptômes de carence en Mn ne signifie pas que son niveau est adéquat ; les valeurs que nous avons précédemment indiquées comme « normales » (11) ne tiennent compte ni des incidences sur la qualité des fruits ni des éventuelles exigences particulières liées à un climat donné.

L'urée, avec ou sans soufre, favorise également l'absorption du manganèse : cet effet devient très significatif au stade coupe, mais il est d'un ordre de grandeur très inférieur à celui du soufre.

#### *Effets sur le sol.*

J. GODEFROY étudiera dans une publication ultérieure l'évolution du complexe échangeable, qui confirme le

caractère probablement indirect en grande partie de l'action du soufre dans cet essai : nette chute du calcium, baisse plus modérée mais sensible du potassium et du pH.

C'est bien ce qui était espéré. La racine du bananier montre une fois de plus qu'elle tient compte surtout des proportions entre les cations échangeables et peu de leurs niveaux individuels, et par le jeu des antagonismes la nutrition potassique de la plante sera plutôt améliorée que détériorée malgré la légère baisse de cet élément dans le sol. (Le stade récolte, où le végétal se trouve en état d'équilibre, reflète mieux que le stade différenciation florale les besoins de la plante en cations.)

B. DABIN (6) a montré de son côté le très net enrichissement du sol en soufre sous l'effet des apports. Dans les parcelles témoins, le soufre total et le rapport S/N sont légèrement plus élevés que dans le cas de symptômes apparents traité ci-avant (comparer tableaux I et 8). Dans les parcelles soufrées le rapport S/N passe à des valeurs normales : d'après l'analyse du sol les doses apportées paraissent donc avoir été suffisantes.

#### CONCLUSIONS DE CET ESSAI

L'amélioration qualitative et quantitative observée dans cet essai serait donc due, pour une première part à l'absorption du soufre qui améliore l'utilisation de l'azote et permet ainsi la valorisation d'un supplément d'urée inefficace par lui-même ; et pour une autre part à des effets indirects, l'abaissement du calcium échangeable et du pH du sol améliorant les équilibres entre cations dans la plante et surtout l'absorption du manganèse.

D'autres parcelles de l'essai ont reçu du calcium et manifesté une tendance à l'augmentation de la pulpe jaune (20) ; leur analyse foliaire ne montre pas d'augmentation du calcium, mais le manganèse est encore diminué par rapport au témoin. Dans les parcelles ayant reçu du bicalcique, où se manifeste la même tendance sur la coloration de pulpe, le calcium et le manganèse foliaires ne sont pas affectés : ce n'est donc pas le calcium de l'engrais qui a agi ; mais le phosphore foliaire est augmenté et par l'antagonisme S-P déjà mentionné le soufre foliaire a pu être diminué. Un effet direct du niveau de nutrition soufrée sur la qualité du fruit reste donc plausible.

A priori les effets indirects dus à l'acidification du sol devraient rester acquis sinon définitivement, du moins pour plusieurs années ; mais les effets dus à l'amélioration de l'état de nutrition soufrée de la plante devraient s'estomper plus rapidement. Si l'effet du soufre apporté sur deux cycles seulement s'est prolongé sur le troisième cycle, il n'en est pas moins probable que sa fraction utilisable par le bananier diminuera plus vite, par lixiviation ou par incorporation dans la matière organique, que ne se reconstituera le niveau calcique du complexe échangeable. La poursuite de l'amélioration de la bananeraie doit donc plutôt s'envisager à l'aide d'apports de soufre moins massifs mais plus directement disponibles pour la plante, c'est-à-dire en remplaçant une partie au moins de l'urée par du sulfate d'ammoniaque.



TABLEAU 8 - Effets du soufre élémentaire et d'un supplément d'azote sur l'analyse du sol.  
Essai NYO-33, Cameroun oriental, à la récolte du 2ème cycle.  
(d'après B. DABIN, ORSTOM - 6).

Traitements		S total p.p.m.	C p. mille	N total p. mille	Rapport S/N
Témoin	N normal (urée 0,9 t/ha)	184	31,0	2,94	0,06
	N suppl. (urée 1,4 t/ha)	181	32,6	3,16	0,06
Soufre 1,27 t/ha	N normal (urée 0,9 t/ha)	343	32,5	3,11	0,11
	N suppl. (urée 1,4 t/ha)	390	33,3	3,10	0,13

#### IMMOBILISATIONS ET EXPORTATIONS SOUFRÉES DU BANANIER AU STADE RÉCOLTE

Le bilan du soufre a été déterminé en Martinique sur deux cycles successifs de bananier cultivar 'Grande Naine', au stade de la récolte commerciale. Le pied-mère a seul été échantillonné, sans ses racines ni ses rejets.

##### Distribution du soufre dans le bananier.

Les **limbes** ont des teneurs en soufre plus basses que celles relevées au Cameroun, mais il s'agit ici de la totalité des feuilles de la plante et non de bandes prélevées sur une des plus jeunes feuilles (tableau 9). Ce sont les organes les plus riches ; de ce fait et aussi en fonction de leur masse ils immobilisent la part la plus importante du soufre. Ce caractère n'est pas propre au bananier : en règle générale les feuilles jouent un rôle de réservoir pour le soufre et sont sensibles aux variations de son approvisionnement, c'est

pourquoi elles constituent de bons organes pour son diagnostic (7).

Les organes de conduction vers les limbes - **gaines, pétioles et nervures** - ainsi que la **souche**, sont pauvres en soufre alors que la **hampe**, organe de conduction vers les fruits, est pratiquement aussi riche que les limbes. Les expériences hydroponiques de carence temporaire en soufre ont montré que les bananiers ayant dépassé le stade différenciation florale pouvaient réutiliser le soufre précédemment absorbé : cet élément est donc en grande partie, mobile ou mobilisable, dans la plante. En l'absence de bilans antérieurs au stade récolte, on peut se demander si les fortes concentrations de soufre dans la hampe, qui évoquent un courant vers les fruits avec freinage à l'entrée de ceux-ci, proviennent directement du sol ou ont dû transiter par les feuilles. Il est en tout état de cause très probable que celles-ci peuvent céder leur soufre au fruit en cas de nécessité.

TABLEAU 9 - Immobilisations d'un hectare de bananier 'Grande Naine', racines et rejets exclus.  
Moyennes sur 6 bananiers représentatifs, stade récolte, Martinique.

	premier cycle		deuxième cycle	
	S p. cent de M.S.	S kg/ha	S p. cent de M.S.	S kg/ha
Pulpe	0,067	4,59	0,070	4,21
Peau	0,092	1,81	0,092	1,54
Hampe du régime	0,187 *	0,38	0,191 *	0,42
Limbes	0,192	5,47	0,195	4,68
Nervures + pétioles	0,082	1,03	0,083	0,92
Gaines	0,048	1,23	0,049	1,13
Hampe interne	0,187 *	1,06	0,191 *	1,04
Souche	0,072	1,42	0,077	1,28
Total :		16,99		15,22
Productivité		57,5 t/ha		47,5 t/ha

\* - à chaque cycle il n'était analysé qu'un échantillon pour l'ensemble de la hampe.

La teneur de la peau est faible et celle de la pulpe l'est encore plus. Sur des fruits du cultivar 'Poyo' provenant du Cameroun occidental nous avons trouvé des teneurs encore un peu plus basses (peau : 0,077 p. cent ; pulpe : 0,064 p. cent) ; il n'est d'ailleurs pas impossible qu'il s'agisse d'une région proche de la déficience. Malgré cette faiblesse, l'ensemble des «doigts» contient environ 37 p. cent du soufre total de la plante-mère, en raison de sa masse importante.

D'un cycle à l'autre les teneurs n'évoluent pas, bien que les conditions climatiques aient nettement différé par suite du décalage de saison, la durée de cycle étant très inférieure à un an. Or, on sait que des conditions climatiques défavorables peuvent en particulier influencer sur la flore microbienne du sol dont dépend l'assimilabilité du soufre.

Les immobilisations totales du 2ème cycle sont inférieures à celles du premier, 15,2 kg/ha au lieu de 17,0 parce que les bananiers ont synthétisé moins de matière végétale et produit une récolte moins importante.

#### *Conséquences agronomiques.*

Les bananes étant commercialisées en «mains» ou en «bouquets» («clusters»), la hampe du régime est en général rapportée au sol, mais rarement dans les parcelles d'origine. Ses exportations sont relativement faibles, mais sa forte teneur en soufre explique la guérison de la carence dans le secteur I de la parcelle 5 étudiée au Cameroun. Les exportations définitives par les fruits proprement dits sont de l'ordre de 130 g de S par tonne de fruits dans le cas étudié, soit environ 6 kg par hectare et par cycle. Elles peuvent donc épuiser progressivement des sols naturellement mal pourvus en réserves soufrées et ne recevant que des engrais non sulfatés.

Le volant d'immobilisation temporaire du soufre dans les organes végétatifs est relativement important par rapport aux exportations : près du double. La plus grande partie de ce volant reviendra au sol après la récolte du régime, elle ne sera cependant que partiellement réutilisable : elle subira des pertes par lixiviation après minéralisation ou restera fixée sous forme organique inassimilable. Une autre partie, constituée par la souche et la base des gaines et de la hampe, restera en place et sera plus directement à la disposition du rejet jusqu'à son affranchissement. Celui-ci survient en général peu après la récolte du pied-mère, sauf s'il s'agit d'une replantation effectuée avec des souches ; en outre, la mobilité supposée du soufre entre le pied-mère et son rejet n'a pas encore été vérifiée.

La recommandation qui, en Côte d'Ivoire, se traduit par l'apport d'environ 50 kg/ha/an de soufre sous forme de sulfate contenu dans les engrais azotés ou potassiques courants, est ainsi justifiée, car la totalité n'en sera pas à la disposition de la plante : il faut compter avec les pertes par drainage et l'inactivation dans la matière organique.

Les quelques cas d'exportations de soufre mesurées pour des productions tropicales ont montré qu'elles pouvaient représenter 18 p. cent (sorgho) à 70 p. cent (arachide) du total des immobilisations, celui-ci se situant en général entre 6 et 15 kg/ha/cycle (18). L'ananas fait exception : il immobilise 45 à 55 kg/ha/cycle de soufre, à cause de ses besoins élevés en potasse et de l'obligation de la lui fournir

sous forme de sulfate, et en exporte 20 p. cent. Le bananier a donc des besoins relativement moyens (15 à 17 kg) dont une forte part, 60 à 70 p. cent, ne constitue qu'une immobilisation temporaire.

#### CONCLUSION

Dans un essai réalisé en Guinée avec le cultivar 'Petite Naine' ('Dwarf Cavendish'), sur sol à tendance acide, on n'avait observé aucune réponse au soufre sous forme de sulfates, mais un effet dépressif du sulfate d'ammoniaque comparé au nitrate d'ammoniaque à même dose totale d'azote (16). L'absorption d'azote était alors très réduite, probablement à cause d'une acidification excessive du sol ; en revanche, l'apport d'azote tendait à augmenter les teneurs foliaires en soufre, cet élément n'étant pas limitant. Au Cameroun, où il fait défaut, l'augmentation de la dose d'azote tend au contraire à abaisser le niveau du soufre dans la feuille, tandis que l'apport de soufre n'influe pas sur le niveau foliaire de l'azote en période végétative et l'améliore au stade récolte. Il n'est pas rare de voir ainsi une synergie décelée à l'analyse se muer en antagonisme ou réciproquement, selon que l'un des éléments en cause est ou non dans la zone de l'optimum ; c'est pourquoi les interactions sont toujours délicates à interpréter et ne doivent être généralisées que prudemment. En revanche, l'effet dépressif du soufre sur les teneurs foliaires en phosphore se retrouve au Cameroun comme en Guinée, en période végétative ; et en Guinée les apports de phosphore diminuaient le soufre foliaire. Au moins à ce stade l'antagonisme S-P, déjà observé en culture hydroponique, paraît donc fonctionner dans les deux sens.

Dans l'essai de Guinée, les niveaux foliaires avaient décliné du premier au deuxième cycle pour se stabiliser à des valeurs nettement inférieures à celles rencontrées au Cameroun ; les teneurs foliaires optimales seraient donc plus faibles pour la 'Petite Naine' que pour les autres cultivars du groupe Cavendish. Ainsi, pour le soufre comme pour les autres éléments minéraux (15), 'Poyo', et 'Grande Naine' paraissent obéir aux mêmes normes de composition foliaire mais différer de leur congénère plus petit. A Sainte-Lucie, à la suite de la correction d'une déficience en soufre par des apports de sulfate de magnésium, J. MESSING a constaté que les niveaux foliaires de bananiers 'Poyo' ('Robusta') passaient de 0,23 p. cent à 0,25 p. cent (21). Il s'agit en principe d'une feuille comparable à notre feuille III mais non découpée en 1/3 et 2/3. Ces valeurs recourent parfaitement celles que nous avons déterminées comme déficientes : 0,23 p. cent dans la zone 1/3 des feuilles I, III ou ADFC, 0,23 à 0,26 p. cent dans le limbe non découpé de ces mêmes feuilles selon leur rang. Cependant, nous avons vu que la feuille III pouvait présenter une teneur en soufre tout à fait satisfaisante, supérieure à 0,3 p. cent, alors même que la plante était porteuse de symptômes d'une carence que l'analyse de la feuille I permettait seule d'identifier. Pour J. BEATON (2), les tissus végétaux normalement nourris en soufre contiennent plus de 0,3 p. cent de cet élément.

En Martinique, de forts apports de soufre élémentaire ou de superphosphate avaient été réalisés en 1961 dans le cadre d'une expérimentation relative au dégrain (14). La

teneur des fruits en matière sèche était augmentée et la fragilité des pédicelles diminuée par rapport au témoin à fertilisation normale, mais ce dernier effet au moins était dû à la petitesse des régimes, les parcelles en question n'ayant, pour les besoins de la cause, pas reçu d'autre engrais que le soufre ou le superphosphate. Des essais sur le soufre dans le cadre d'une fertilisation normale ont été entrepris récemment aux Antilles, d'autres se poursuivent au Cameroun.

Les exigences en soufre du bananier étaient mal connues, l'emploi de sulfate comme engrais ayant permis de les négliger jusqu'à ce que l'utilisation de formes moins coûteuses de N et K ait fini par les mettre en évidence. Divers travaux ont permis de les chiffrer théoriquement et pratiquement et de démontrer le rôle de cet élément. Hormis sa nécessité pour la formation de la chlorophylle et l'obtention d'une morphologie foliaire normale, la fonction essen-

tielle du soufre est de permettre au bananier d'utiliser l'azote qu'il absorbe et donc de valoriser des quantités plus importantes d'engrais azotés. C'est pourquoi il est indispensable de ne pas attendre l'apparition de symptômes chlorophylliens ou morphologiques pour se préoccuper d'inclure le soufre dans la fertilisation du bananier. L'apport, guidé par l'analyse foliaire, sera alors effectué tout naturellement sous forme de sulfates. L'emploi de soufre élémentaire à fortes doses peut cependant être recommandé, à titre d'amendement de fond (dont on ne sait pas encore la durée d'efficacité), sur les sols peu acides et très riches en bases échangeables où le bananier absorbe trop de calcium et pas assez de soufre et de manganèse, ce qui limite ses rendements et détériore la qualité du fruit.

#### BIBLIOGRAPHIE

- 1 - AUBERT (B.). Essais mis en place à Pichilingue (Equateur) en vue d'obtenir artificiellement la pulpe jaune.  
*Réunion annuelle IFAC*, 1969, doc. n° 79.
- 2 - BEATON (J.D.). Sulphur requirements of cereals, tree fruits, vegetables and other crops.  
*Soil Science*, 1966, vol. 101, n° 4, p. 267-282.
- 3 - CHARPENTIER (J.M.) et MARTIN-PREVEL (P.). Carences atténuées ou temporaires en éléments majeurs, carences en oligo-éléments chez le bananier.  
*Fruits*, 1965, vol. 20, n° 10, p. 521-557.
- 4 - CHARPENTIER (J.M.) et MARTIN-PREVEL (P.). Carences et troubles de la nutrition chez le bananier : guide de diagnostic foliaire.  
Ed. : *IFAC*, Paris 1968, 75 p, 86 diapositives.
- 5 - COLEMAN (R.G.). The effect of sulphur deficiency on the free amino-acids of some plants.  
*Australian J. of Biol. Sci.*, 1957, vol. 10, p. 50-56.
- 6 - DABIN (B.). Premiers résultats d'une enquête sur les teneurs en soufre des sols d'Afrique tropicale.  
*Annales agronomiques*, numéro spécial sur le soufre (Colloque international), sous presse.
- 7 - EATON (F.M.). Sulfur.  
in : Diagnostic criteria for Plants and Soils  
ed : CHAPMAN (H.D.), *Univ. of California*, 1966, p. 444-475.
- 8 - LACOEUILHE (J.J.) et MARTIN-PREVEL (P.). Carences en N, P, S chez le bananier : analyse foliaire.  
*Fruits*, 1971, vol. 26, n° 3, p. 161-167.
- 9 - MARCHAL (J.), LACOEUILHE (J.J.) et MARTIN-PREVEL (P.). Diagnostic foliaire sur jeunes plantations au Cameroun.  
*Réunion annuelle IFAC*, 1969, doc. n° 122.
- 10 - MARCHAL (J.), MARTIN-PREVEL (P.) et LACOEUILHE (J.J.). Résultats des analyses minérales de l'enquête sur les bananiers à pulpe jaune au Cameroun (échantillonnages de 1967, 1968, 1969).  
*Réunion annuelle IFAC*, 1969, doc. n° 128.
- 11 - MARCHAL (J.) et MARTIN-PREVEL (P.). Les oligo-éléments Cu, Fe, Mn, Zn dans le bananier : niveaux foliaires et bilans.  
*Fruits*, 1971, vol. 26, n° 7-8, p. 483-500.
- 12 - MARTIN-PREVEL (P.) et CHARPENTIER (J.M.). Symptômes de carence en six éléments minéraux chez le bananier.  
*Fruits*, 1963, vol. 18, n° 4, p. 221-247.  
*Fertilité*, 1964, n° 22, p. 15-50.
- 13 - MARTIN-PREVEL (P.), MONTAGUT (G.), GODEFROY (J.) et LACOEUILHE (J.J.). Essais sol-plante sur bananiers : une méthode d'étude de la fertilité.  
*Fruits*, 1965, vol. 20, n° 4, p. 157-170.
- 14 - MARTIN-PREVEL (P.). Influence de doses massives d'engrais sur la composition minérale du régime de bananes.  
*Fruits*, 1966, vol. 21, n° 4, p. 175-185.
- 15 - MARTIN-PREVEL (P.), LACOEUILHE (J.J.) et MARCHAL (J.). Orientations du diagnostic foliaire du bananier.  
*Fruits*, 1969, vol. 24, n° 3, p. 153-161.
- 16 - MARTIN-PREVEL (P.). Un essai «variantes systématiques» sur bananier.  
*Fruits*, 1969, vol. 24, n° 4, p. 193-215.
- 17 - MARTIN-PREVEL (P.). Colloque international sur le soufre en agronomie : Versailles, 3-4 décembre 1970 (compte-rendu).  
*Fruits*, 1971, vol. 26, n° 1, p. 67-68.
- 18 - MARTIN-PREVEL (P.). Exportations et besoins en soufre de diverses cultures tropicales.  
*Annales agronomiques*, numéro spécial sur le soufre (Colloque international), sous presse.
- 19 - MELIN (Ph.). Etude de la corrélation entre pulpe jaune et intervalle fleur-coupe (essai N-P-K, 3ème révolution).  
*Réunion annuelle IFAC*, 1969, doc. n° 70.
- 20 - MELIN (Ph.). Effets de forts apports minéraux sur le bananier.  
*Fruits*, 1970, vol. 25, n° 11, p. 763-766.
- 21 - MESSING (J.H.L.). Indications of sulphur deficiency in Windward Islands' soils.  
*Winban News*, march 1970, p. 4-5.
- 22 - RICHARD (L.). Les carences en soufre chez certaines cultures tropicales : conditions de leur apparition et de leur évolution.  
*Annales agronomiques*, numéro spécial sur le soufre (Colloque international), sous presse.
- 23 - VALET (S.). Recherche des carences minérales des sols de l'Ouest Cameroun en vases de végétation.  
*Colloque sur la Fertilité des sols tropicaux*, Tananarive 19-25 nov. 1967, comm. n° 22.

