

## Un cas de toxicité du manganèse chez des bananiers plantains au Gabon.

**J. MARCHAL et E. FOURÉ\***

UN CAS DE TOXICITE DU MANGANESE CHEZ DES BANANIERES PLANTAINS AU GABON

J. MARCHAL et E. FOURÉ

*Fruits*, mars 1983, vol. 38, n° 3, p. 153-160.

**RESUME** - Au Gabon, sur un sol riche en manganèse, des bananiers plantains présentent des symptômes de toxicité. Ces derniers sont caractérisés par un noircissement, suivi d'un dessèchement, des bordures du limbe, s'étendant vers la nervure centrale ; plus les feuilles sont âgées, plus ils sont intenses.

La toxicité est due au manganèse dont la teneur, dans la moitié externe du limbe, est voisine de 1,0 p. 100 de la matière sèche dans la feuille III et dépasse 1,7 p. 100 dans la feuille XI. Elle provoque une accumulation du fer, d'azote et de phosphore, et une diminution du calcium et du magnésium dans les feuilles.

Le sol est très pauvre en calcium et en magnésium et des symptômes de déficience, en ces éléments, sont observés, même sur des bananiers âgés de plus de 8 mois - habituellement la déficience en calcium est observée au champ sur de jeunes bananiers.

Dans le cadre du programme national des projets vivriers et fruitiers du Gabon, une bananeraie a été mise en place par la SATEC (Société d'Aide technique et de Coopération) à Okoloville près de Franceville (sud-est du Gabon) après déforestation et défrichage du sol. Cette bananeraie, gérée maintenant par la SONADECI (Société nationale de Développement des Cultures industrielles) comporte essentiellement des bananiers plantains. Ceux-ci ont été plantés depuis septembre 1980 après une multiplication en pépinière.

A partir de juillet 1981, en saison sèche, des symptômes foliaires de toxicité, particulièrement spectaculaires, ont été observés dans certaines parcelles de différents cultivars de plantation ('Odiga' et 'Esong'). En janvier 1982, après la saison des pluies, ces anomalies subsistaient toujours mais elles intéressaient une moins grande superficie de la planta-

tion ; les observations détaillées et les analyses ont été effectuées à cette époque.

### SYMPTOMES

#### Toxicité.

Les symptômes sont d'intensité croissante avec l'âge des feuilles. Les bananiers portent 10 à 11 feuilles fonctionnelles.

- les feuilles I et II ne montrent aucun symptôme ;
- sur la F III, on observe des taches noires plus ou moins abondantes de quelques millimètres de diamètre, à aspect de gouttelettes et à contour irrégulier ;
- sur la F IV le nombre de taches s'accroît ; celles-ci occupent une bande irrégulière de 1 à 2 cm sur le bord du limbe. Sur la face inférieure de celui-ci les nervures secondaires sont noires sur environ 3 à 4 cm.

Plus la feuille est âgée, plus la zone noire s'étend du bord

\* - J. MARCHAL - IRFA - B.P. 5035 - 34032 MONTPELLIER Cedex.  
E. FOURÉ - SONADECI, B.P. 256 - LIBREVILLE (Gabon).

du limbe vers la nervure centrale ; les taches deviennent coalescentes et la face supérieure de la feuille a un aspect noir brillant (comme ciré). Le bord du limbe peut rester brun foncé à noir sur environ 0,5-1 cm de large. Une bande jaune brillant gagne de l'extérieur vers l'intérieur (à partir de la F VII) ; cette bande se dessèche à partir de la bordure et devient brun grisâtre. La partie sèche s'étend de plus en plus ; elle a environ 4 cm de large sur la F XI, alors que le milieu du limbe est atteint par le noircissement. Entre la zone noire et la partie brun grisâtre sèche, une marge jaunâtre de quelques millimètres paraît toujours exister. En juillet 1981, la zone desséchée pouvait occuper plus de la moitié de la surface du limbe et le noircissement atteindre la nervure centrale. En saison sèche, même les plus jeunes feuilles (I et II) ont été atteintes et plus aucune feuille n'était fonctionnelle.

La nervure centrale porte des taches puis des plages brun violacé, principalement celle des feuilles les plus âgées.

A Loudima, au Congo, DE LAROUSSILHE (cité par CHARPENTIER et MARTIN-PREVEL, 4) avait observé des bananiers dont les basses feuilles étaient bordées de noir ; ces symptômes avaient pu être attribués à une toxicité en manganèse malgré l'absence d'analyses en raison de la présence, sur le même sol, à proximité de ces bananiers et à la même époque, d'arachides dont l'analyse foliaire avait démontré une telle toxicité liée à la dégradation du sol (10, 11).

#### Déficiences.

En outre, sur l'ensemble de la bananeraie des symptômes de déficiences sont observés ; ils se traduisent par :

- des chloroses marginales, jaune d'or, suivies de nécroses, en dents de scie, plus ou moins importantes, ainsi que des nécroses en boutonnières bordées de chlorose. Ce sont les symptômes typiques d'une déficience en calcium (4) qui dans ce cas peut atteindre des bananiers âgés de plus de 8 mois.

- des chloroses parallèles aux bords du limbe et débutant par ceux-ci ; elles gagnent progressivement la totalité du limbe qui prend une couleur jaune d'or avec des nécroses en bordure. Pratiquement toutes les feuilles atteintes étaient à ce dernier stade. Les feuilles pendent plus ou moins le long du pseudo-tronc ; des pourritures peuvent apparaître dans le pétiole et les gaines se décollent. On peut observer des racines peu abondantes et pourries ainsi qu'une pourriture du bulbe. Il s'agit d'une déficience très accentuée (= carence) en magnésium (4).

Habituellement la déficience en calcium se développe d'abord sur les plus jeunes feuilles et gagne progressivement les plus âgées ; le phénomène est inverse pour le magnésium. Dans le cas présent, les bananiers qui n'ont pas fleuri portent les deux types de symptômes sur toutes les feuilles plus âgées que la F X ; ces feuilles sont très engorgées avec une réduction du limbe très accentuée, en longueur et en largeur ; la carence était très intense au moment de leur émission. Les feuilles plus jeunes, IX à I, semblent à peu près normales en coloration et en taille. Elles ont sensiblement été émises depuis le mois d'octobre 1981 ; or des apports de dolomie ont été effectués à partir du mois de juillet ; la réaction de la plante n'étant pas immédiate, il est logique que les effets bénéfiques se révèlent à partir d'octobre.

Les bananiers ayant fleuri pendant la période antérieure au mois d'octobre ont produit de petits régimes et les floraisons suivantes risquent encore d'être affectées. La hauteur des plants peut être très réduite (2 m environ).

#### LE SOL

La bananeraie est établie sur un sol peu évolué, à texture argilo-sableuse, très appauvri et désaturé, à pH acide mais sans excès ; la toxicité de l'aluminium n'est donc pas à craindre (7). Ce sol peut avoir une tendance à l'hydromorphie.

TABLEAU 1. Analyse du sol au pied de bananiers sains et intoxiqués.

	Bananier sain		Bananier malade		
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	
Mn	total	1 475	1 075	3 275	2 325
	facilement réductible	993	669	2 188	1 850
	échangeable	9	12	12	86
Ca	0,45	0,10	0,44	0,34	
Mg	0,17	0,10	0,17	0,12	
K	0,08	0,06	0,13	0,06	
Na	0,01	0,01	0,01	0,01	
Somme des bases	0,71	0,27	0,75	0,53	
Capacité d'échange	6,85	5,80	13,30	7,90	
Saturation p. 100	10	5	6	7	
pH (pâte)	4,7	5,5	4,9	4,7	
P assimilable (DYER) ppm	6,5	2,2	3,3	2,0	

Un prélèvement de sol (0-25 cm et 25-50 cm) a été effectué au pied d'un bananier sain et d'un bananier intoxiqué d'une même parcelle. Par rapport à des analyses effectuées en 1979 (7), ce sol s'est un peu enrichi en Ca et en Mg, qui restent cependant très faibles ; K est toujours à l'état de traces (tableau 1). Au voisinage du bananier malade observé, le sol contient des fragments noir brillant, anguleux, pouvant atteindre 4 à 5 mm. Ces fragments ont été séparés avant le broyage des échantillons ; leur analyse a montré qu'il s'agissait de minerai de manganèse. A quelques distances des parcelles malades, une couche de minerai de manganèse a été atteinte à 6 m de profondeur environ, au cours du creusement d'un puits.

Dans les échantillons de sol, le dosage du manganèse total (attaque fluoroperchlorique), du manganèse échangeable (extraction à l'acétate d'ammonium à pH 7), du manganèse facilement réductible (extraction à l'acétate d'ammonium additionné de 0,2 p. 100 d'hydroquinone à pH 7) met en évidence des taux de manganèse très élevés, tout particulièrement au pied du bananier malade (tableau 1). Au cours d'une des enquêtes pédologiques menées pour le choix du site de la plantation, des zones avaient été éliminées car elles présentaient des risques de toxicité manganique ; le manganèse total atteignait 25 à 30.000 ppm (2).

## ANALYSE FOLIAIRE

### Echantillonnage.

En janvier 1982, plusieurs types d'échantillonnages ont été pratiqués sur des bananiers en période végétative :

- comparaison feuille à feuille de 2 bananiers, du cultivar 'Odiga rouge', dans la même parcelle, plantés en mars 1981. L'un était apparemment sain ; il était issu d'une zone sans symptômes de la parcelle. Le second portait des symptômes intenses de toxicité. Les échantillons de sol (tableau 1) ont été prélevés à leur pied.

- dans deux parcelles du même cultivar 'Odiga rouge', prélèvement de la feuille X de 20 bananiers malades très atteints et de 20 bananiers apparemment indemnes, cultivés dans une zone sans symptômes.

- prélèvement de la F III sur 20 bananiers dans plusieurs parcelles ; ces bananiers ne semblaient pas être intoxiqués, mais leurs vieilles feuilles portaient des symptômes de déficience en calcium et en magnésium.

Dans chaque cas, une bande est prélevée sur chacun des deux demi-limbes, à mi-longueur de ceux-ci ; chaque bande est divisée en deux parties en son milieu pour constituer deux échantillons : la moitié interne du limbe et la moitié externe. Lors de la comparaison des deux bananiers, la portion de nervure correspondant à cette bande de limbe a été également échantillonnée.

TABLEAU 2 - Analyse, dans 2 parcelles, de la feuille X de bananiers plantains 'Odiga rouge'. Les uns présentent des symptômes de toxicité, les autres sont apparemment sains.

bananiers	zones de la F X	p. 100 M.S.					ppm M.S.		
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
sans symptômes	interne	2,06	0,067	1,31	1,311	0,473	159	1 460	10
	externe	2,25	0,078	1,53	1,275	0,387	250	3 234	9
avec symptômes	interne	2,65	0,156	2,56	0,742	0,235	301	10 587	13
	externe	2,61	0,077	1,52	1,000	0,191	388	16 250	11
sans symptômes	interne	2,13	0,162	2,61	1,060	0,347	138	2 357	12
	externe	2,31	0,119	2,18	1,147	0,319	204	5 961	11
avec symptômes	interne	2,79	0,130	2,30	0,952	0,328	301	8 100	13
	externe	2,76	0,068	1,35	1,100	0,317	329	14 803	11

TABLEAU 3 - Influence de la toxicité sur les teneurs en manganèse des différentes feuilles du bananier plantain (cv 'Odiga rouge').

Mn ppm M.S.	cigare toutes parties confondues	F I	F II	F III	F IV	F V	F VI	F VII	F VIII	F IX	F X	F XI	
Bananier apparemment sain	} 555	- nervure	380	446	660	600	527	572	675	570	617	856	547
		- limbe interne	339	511	599	743	588	717	786	1 031	850	1 359	1 199
		- limbe externe	451	921	1 421	2 164	1 691	2 392	2 755	2 859	2 504	3 388	3 590
Bananier intoxiqué	} 1 889	- nervure	1 746	2 230	3 077	2 987	2 880	3 284	3 821	3 755	4 177	3 952	4 164
		- limbe interne	2 178	3 561	4 828	5 970	6 287	7 266	8 004	8 765	9 417	10 253	12 157
		- limbe externe	2 532	6 893	9 955	10 767	10 406	13 188	13 870	14 958	10 959	16 948	17 573

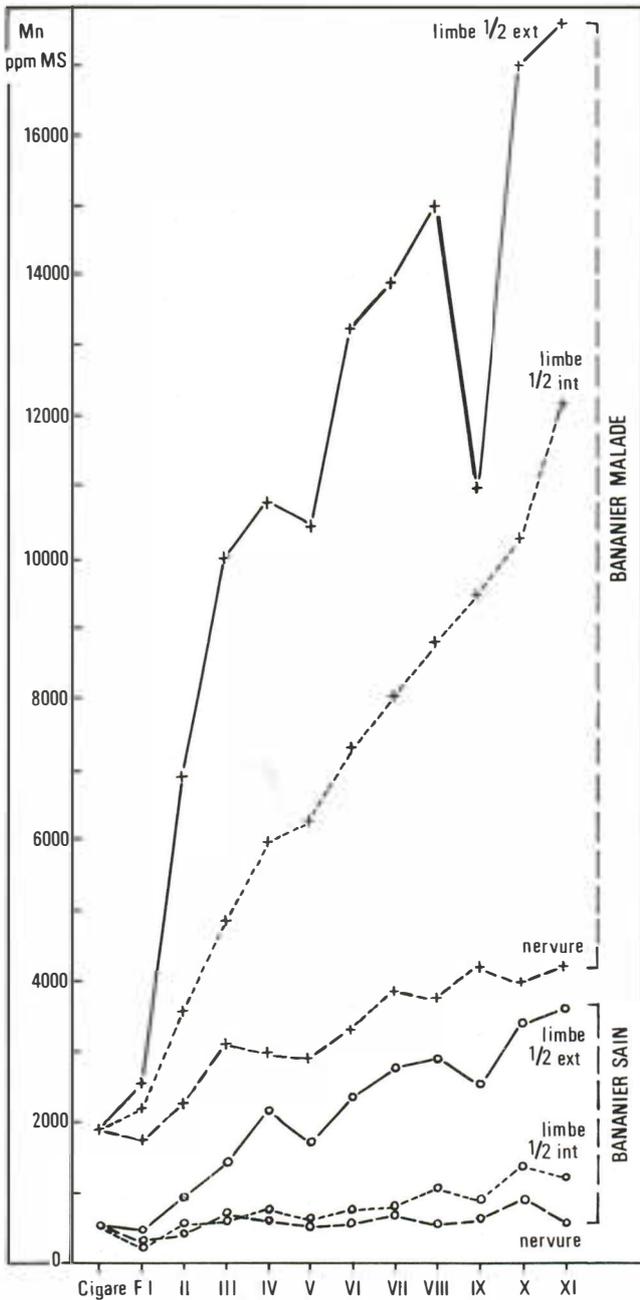


Figure 1. Comparaison des teneurs en manganèse des différentes feuilles de bananiers malades et sains du cultivar 'Odiga rouge'.

Résultats.

Cas de toxicité.

- Teneurs en manganèse : les résultats présentés sur la figure 1 et les tableaux 2 et 3 sont éloquentes. La teneur en manganèse est très élevée dans les échantillons foliaires présentant des symptômes.
- Un taux de manganèse voisin de 10.000 ppm dans la zone

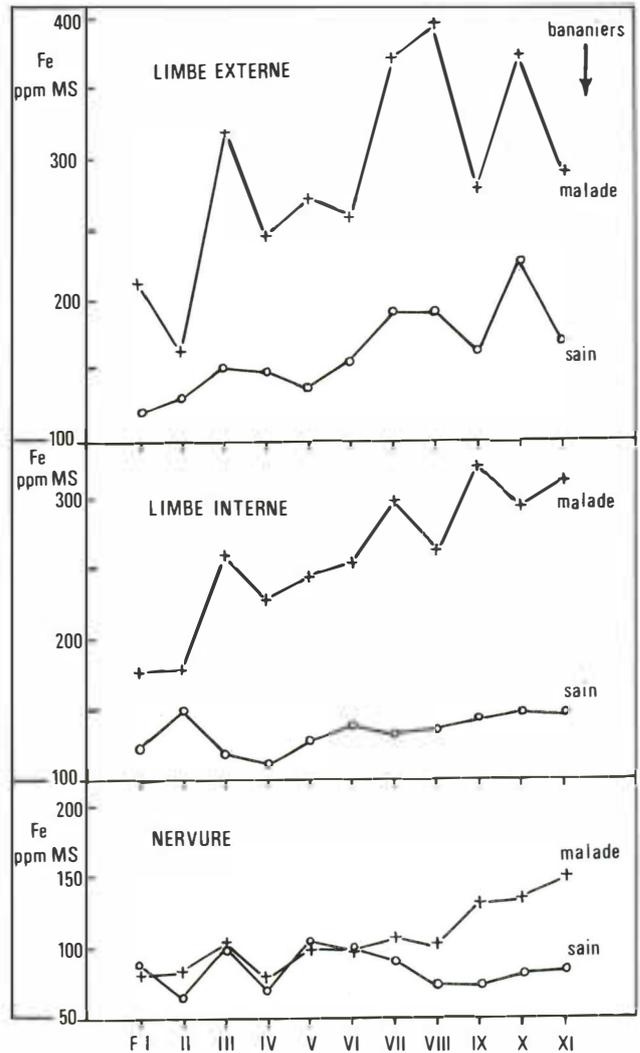


Figure 2. Influence de la toxicité sur les teneurs foliaires en fer (cultivar 'Odiga rouge').

externe de la F III n'avait jamais été rencontré dans les différentes zones bananières que nous avons prospectées auparavant (8).

En accord avec l'analyse du sol, les symptômes peuvent donc être attribués à une toxicité du manganèse.

- Teneurs en fer : la maladie s'accompagne d'une accumulation de fer dans tous les limbes (figure 2) (tableau 2) et dans les nervures des feuilles les plus âgées. Dans différentes situations, des niveaux de 320 ppm dans la F III, comme dans le cas présent, avaient été détectés sans que des symptômes soient apparents (8). Il ne semble donc pas que le fer soit responsable de la toxicité observée ici. En Côte d'Ivoire, le fer paraît avoir été responsable d'une grillure marginale en halo. Cette grillure était suivie d'une nécrose. Le taux du fer atteignait alors 437 ppm, avec la maladie, et 312 ppm dans

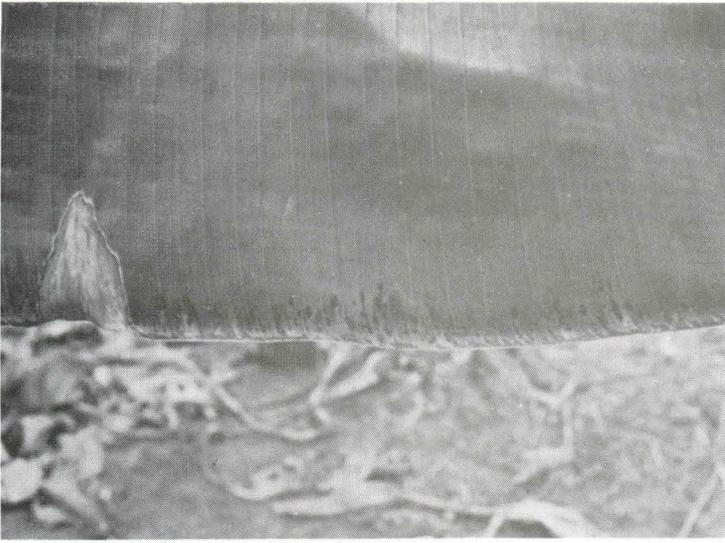


Photo 1 - Début des symptômes de toxicité en manganèse (photo FOURE).

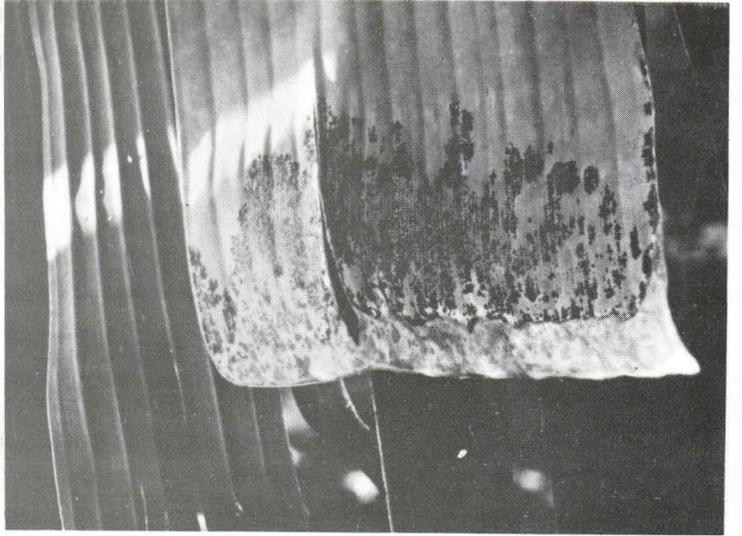


Photo 2 - Toxicité en manganèse : face inférieure du limbe de la feuille VI (photo MARCHAL).

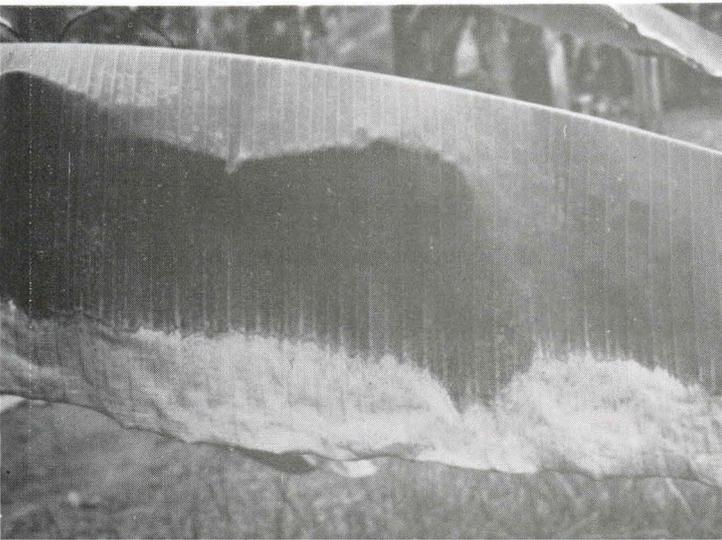
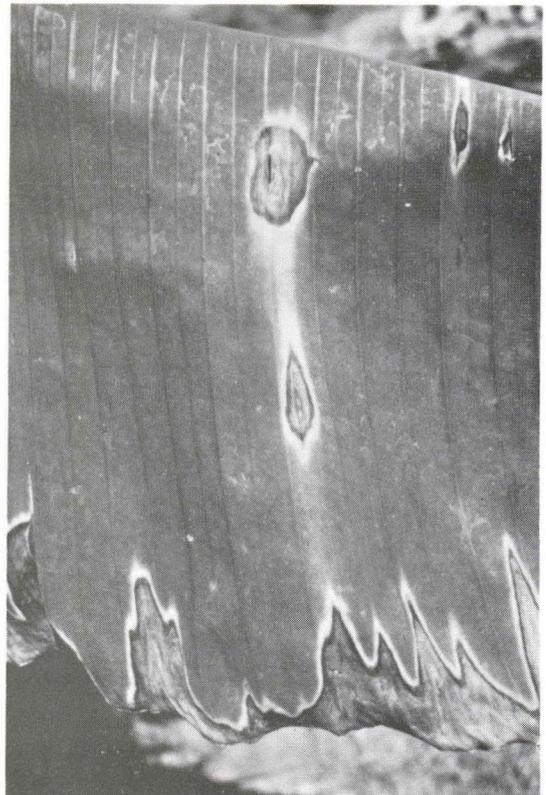
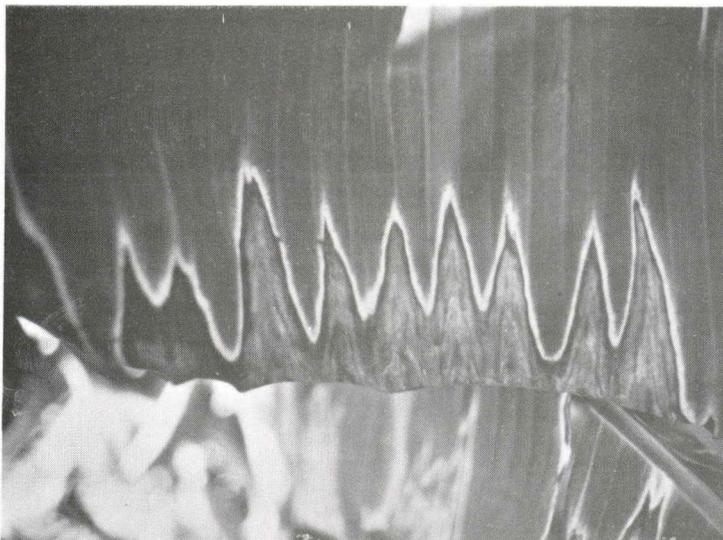


Photo 3 - Toxicité en manganèse : face supérieure du limbe d'une feuille âgée (photo FOURE).



Photos 4 et 5 - Symptômes typiques de déficience en calcium (photos MARCHAL)



des feuilles saines (9).

Aux Canaries, une toxicité du fer ayant provoqué l'apparition de marges noires sur les feuilles s'accompagnait de teneurs en fer comprises entre 400 et 800 ppm ; les mêmes feuilles de bananiers sains en contenaient 180 à 320 (1).

Dans le cas présent, les teneurs en fer sont pratiquement doublées avec la maladie, alors que celles du manganèse sont au moins quintuplées. L'élévation du taux du fer pourrait être une conséquence de la toxicité du manganèse qui ne limiterait pas l'absorption des éléments mais réduirait leur utilisation. On remarquera que les teneurs en zinc, faibles dans tous les cas (moins de 15 ppm dans la F III) ne sont pas affectées par la maladie.

- Teneurs en azote et en phosphore (tableau 4) : comme le fer, et probablement pour les mêmes raisons, les teneurs en N et en P s'élèvent avec la toxicité, mais dans de moindres proportions. Dans les nervures, l'azote s'accumule dans les vieilles feuilles seulement.

En accord avec l'analyse du sol, le taux de P est relativement faible, principalement dans le plant sain.

- Teneurs en K, Ca, Mg (tableau 5) : avec la toxicité, les taux de Ca et de Mg sont très nettement diminués et d'autant plus que les feuilles sont âgées. Leur antagoniste, K, qui est à de faibles niveaux, s'élève, mais insuffisamment dans les vieilles feuilles, pour compenser la chute de Ca et de Mg (tableau 5). Dans le sol, au pied des deux bananiers analysés, les cations sont à des niveaux qui ne se différencient pas entre eux. On peut donc suspecter des réactions de la plante à cette toxicité et en particulier la réduction de l'absorption de Ca et de Mg. Ce caractère avait déjà été rencontré dans le cas de l'arachide (10, 11).

#### *Analyse de plants déficients en calcium et en magnésium.*

Cette analyse a été réalisée dans le but, d'une part de vérifier les effets des apports sur la composition minérale et, d'autre part, de juger des relations entre éléments en l'absence de symptômes de toxicité.

Les déficiences sont bien apparentes sur les feuilles les plus âgées ; les apports de dolomie de juillet permettent d'observer la disparition des symptômes sur les feuilles nouvellement émises. Ainsi, la F III échantillonnée ne semble pas être atteinte. Les bananiers sur lesquels les échantillons 1 et 2 ont été prélevés étaient moins sévèrement touchés que ceux ayant fourni les échantillons 6 et surtout 3, 4 et 5.

Dans tous les cas, le taux de Mg est faible principalement dans les échantillons 4, 5 et 6 qui doivent être considérés comme déficients. Les teneurs en Ca sont également basses lorsque le nanisme est bien marqué (échantillons 3, 4, 5). Il y a alors accumulation d'azote.

Par comparaison avec les analyses de la F III du bananier intoxiqué (tableaux 4 et 5), on constate que celui-ci n'est pas le plus pauvre en Ca et en Mg et que les bananiers les moins bien alimentés en Ca et en Mg sont aussi les moins riches en Mn (échantillons 3, 4, 5, 6). Donc il semble bien que la toxicité du manganèse ne soit pas due directement au déficit du calcium et du magnésium, mais que cet excès de manganèse provoque une diminution du taux de ces deux cations. Par contre, l'accumulation de l'azote et surtout du fer est plus intense avec la toxicité ; celle-ci paraît en être la cause.

TABLEAU 4 - Influence de la toxicité du manganèse sur la teneur foliaire en N et P.

p. 100 M.S.		bananier sain		bananier malade	
		N	P	N	P
F I	nervure	0,60	0,111	0,60	0,171
	l. interne	2,90	0,187	2,95	0,196
	l. externe	3,62	0,151	3,60	0,158
F III	nervure	0,53	0,080	0,71	0,113
	l. interne	3,18	0,167	3,53	0,188
	l. externe	3,74	0,136	4,25	0,116
F V	nervure	0,51	0,075	0,56	0,084
	l. interne	3,11	0,158	3,43	0,172
	l. externe	3,46	0,093	3,65	0,123
F VII	nervure	0,52	0,058	0,73	0,091
	l. interne	2,44	0,095	3,12	0,158
	l. externe	2,71	0,088	3,15	0,087
F IX	nervure	0,53	0,048	0,87	0,166
	l. interne	2,30	0,094	2,92	0,165
	l. externe	2,33	0,079	2,92	0,143
F XI	nervure	0,55	0,025	0,73	0,096
	l. interne	1,89	0,069	2,59	0,143
	l. externe	1,97	0,066	2,59	0,075

TABLEAU 5 - Influence de la toxicité du manganèse sur les teneurs foliaires en K, Ca et Mg.

		Bananier sain				Bananier malade			
		p. 100 M.S.			somme des cations meq p. 100	p. 100 M.S.			somme des cations meq p. 100
		K	Ca	Mg		K	Ca	Mg	
F I	nervure	2,33	0,329	0,159	89,4	2,71	0,199	0,137	90,9
	l. interne	2,87	0,263	0,220	104,1	2,96	0,276	0,240	109,7
	l. externe	2,42	0,209	0,261	94,3	2,58	0,209	0,237	96,5
F III	nervure	1,59	0,564	0,217	87,1	2,12	0,426	0,192	91,7
	l. interne	2,66	0,565	0,275	119,4	2,87	0,520	0,307	125,2
	l. externe	2,36	0,532	0,309	112,9	2,16	0,592	0,378	116,5
F V	nervure	1,49	0,708	0,231	92,9	1,68	0,455	0,131	76,3
	l. interne	2,57	0,710	0,316	127,7	2,71	0,684	0,297	128,5
	l. externe	1,85	0,757	0,372	116,3	2,21	0,756	0,363	124,7
F VII	nervure	1,16	1,129	0,397	119,3	1,80	0,554	0,145	86,0
	l. interne	1,89	0,984	0,414	132,2	2,58	0,729	0,250	123,5
	l. externe	1,75	0,970	0,369	124,2	1,73	0,823	0,321	112,3
F IX	nervure	0,94	1,239	0,351	115,3	2,65	0,542	0,180	110,1
	l. interne	1,86	1,077	0,432	137,6	2,64	0,752	0,214	123,8
	l. externe	1,57	1,003	0,378	121,8	2,43	0,534	0,207	106,2
F XI	nervure	0,48	1,256	0,372	106,1	1,91	0,524	0,104	83,9
	l. interne	1,36	1,340	0,480	141,9	2,43	0,829	0,178	118,6
	l. externe	1,31	1,366	0,362	132,1	1,49	0,865	0,178	96,3

TABLEAU 6 - Analyse de la F III de différents cultivars de bananiers plantains présentant des symptômes de déficience en calcium et en magnésium sur leurs plus vieilles feuilles.

N°	F III zones	p. 100 M.S.					ppm M.S.			Cultivar	Observations
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn		
1	int.	3,01	0,245	3,45	0,766	0,319	118	752	17	Odiga blanc	
	ext.	3,60	0,168	2,66	0,768	0,355	168	2 442	16		
2	int.	2,86	0,211	3,09	0,925	0,292	159	897	18	Odiga blanc	
	ext.	3,46	0,161	2,61	0,938	0,335	142	2 632	16		
3	int.	3,28	0,169	2,68	0,520	0,351	95	474	15	Odiga blanc	nanisme - engorgement accentué
	ext.	3,99	0,131	2,30	0,592	0,402	120	1 490	18		
4	int.	3,46	0,276	3,75	0,407	0,184	119	545	19	Esong	nanisme très accentué
	ext.	4,05	0,189	2,88	0,435	0,283	171	1 645	18		
5	int.	3,35	0,276	3,75	0,430	0,183	104	640	16	Esong	nanisme très accentué
	ext.	3,99	0,188	2,88	0,439	0,251	150	1 648	15		
6	int.	3,19	0,164	2,64	0,584	0,278	130	625	14	Odiga rouge	
	ext.	3,76	0,137	2,37	0,542	0,309	151	1 415	14		

## CONCLUSION

L'analyse du sol et des feuilles de bananier permet d'attribuer à une toxicité du manganèse les symptômes caractérisés par un noircissement des limbes et un développement ultérieur de marges desséchées.

Dans la F III, habituellement analysée, des teneurs de

10 000 ppm de manganèse dans la zone externe du limbe, de 4 800 ppm dans la zone interne et de 3 000 ppm dans la nervure centrale correspondent à un tel état. Il n'est pas possible de fixer le seuil de toxicité à partir de ces analyses. On sait cependant que des teneurs de 4 000 ppm dans la zone externe du limbe - et même de 6 000 ppm au stade de la récolte des fruits - ne sont pas accompagnées de symptômes (8).

Le taux de manganèse est d'autant plus élevé que la feuille est âgée ; en cas de toxicité, cette teneur est voisine de 1,8 p. 100 de la matière sèche dans la zone externe de la F XI. Le manganèse est alors quantitativement aussi abondant que l'azote et largement supérieur à tous les autres éléments.

Cette toxicité entraîne des modifications de l'alimentation minérale avec une accumulation de fer et une diminution du calcium et du magnésium.

Le sol est naturellement riche en manganèse ; on doit donc tenter de bloquer ce dernier sous forme non échangeable. Plusieurs techniques peuvent être appliquées ensemble ou non :

- plus un sol est acide, plus le manganèse est soluble (5, 6, 13). On aura donc intérêt à tenter d'élever le pH du sol. L'apport

de dolomie devrait donc avoir un effet favorable sur ce pH et aussi améliorer le taux de Ca et de Mg, éléments déficitaires dans cette bananeraie. L'emploi d'engrais acidifiants doit être évité.

- dans un sol mal aéré, les ions manganés solubles s'accroissent par suite de la réduction des ions manganés (3). Or il a été constaté une tendance à l'hydromorphie de ce sol ; pour éviter celle-ci, les drains doivent être approfondis afin de limiter les risques d'asphyxie.

- chez l'arachide (10, 11), la toxicité a été observée sur des sols dégradés ; pour l'éviter, il était recommandé de chauler ces sols ou d'adopter des pratiques culturales conservant la matière organique du sol sur laquelle le manganèse se fixerait (12).

### BIBLIOGRAPHIE

1. BEN MEIR (J.).  
A case of iron excess in Canary Island, Bananas.  
*Bulletin international sur la Nutrition du Bananier*, 1979, n° 1, p. 11-14.
2. BOURGEON (G.).  
Projet vivrier et fruitier de Franceville. Etude pédologique détaillée.  
*République gabonaise, Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et du Développement rural, SATEC*, 1978, 29 p., annexes.
3. BRADFIELD (R.), BATJER (L.P.) et OSKAMP (J.).  
Soil in relation to fruit growing in New York. Part. IV : The significance of the oxidation reduction potential in evaluating soils for orchard purposes.  
*New York (Cornell) agric. exp. Sta. Bull.*, 1934, 592.
4. CHARPENTIER (J.M.) et MARTIN-PREVEL (P.).  
Carences et troubles de la nutrition chez le bananier : guide de diagnostic pratique.  
*Ed. IFAC, Paris*, 1968, 75 p., 86 diapositives.
5. FERGUS (J.F.).  
Manganese toxicity in an acid soil.  
*Queensland Jour. Agr. Sci.*, 1954, vol. 11, p. 15-27.
6. FRIED (M.) et PEECH (M.).  
The comparative effects of lime and gypsum upon plants grown on acid soils.  
*Jour. amer. Soc. agron.*, 1946, vol. 38, p. 614-623.
7. GODEFROY (J.).  
Projet fruitier d'Okoloville. Etude agropédologique.  
*République gabonaise, Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et du Développement rural, SATEC*, oct. 1979, 19 p., annexes.
8. 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.
9. MARTIN-PREVEL (P.).  
Application du diagnostic foliaire pour les plantations de Côte d'Ivoire 1962-1964.  
*Document 79, Réunion annuelle IFAC 1964*, 11 p., 6 tabl.
10. OLLAGNIER (M.) et PREVOT (P.).  
Liaison entre dégradation du sol et toxicité manganésique.  
*Oléagineux*, 1955, vol. 10, n° 10, p. 663-666.
11. PREVOT (P.), OLLAGNIER (M.), AUBERT (G.), et BRUGIERE (J.M.).  
Dégradation du sol et toxicité manganésique.  
*Oléagineux*, 1955, vol. 10, n° 4, p. 239-243.
12. QUASTEL (J.H.).  
Soil metabolism.  
*Report of lecture to the Royal Institute of Chemistry of Great Britain and Ireland*, 1946.
13. SNIDER (H.J.).  
Manganese in some Illinois soils and crops.  
*Soil Sci.*, 1943, vol. 56, p. 187-195.

