

Arrière-effets du chaulage en culture d'ananas (var. Cayenne lisse) sur un sol ferrallitique de Côte d'Ivoire.

J. MARCHAL *

avec la collaboration de A. PINON et J-P. PENEL

ARRIERE-EFFETS DU CHAULAGE EN CULTURE D'ANANAS
(VAR. CAYENNE LISSE) SUR UN SOL FERRALLITIQUE
DE COTE D'IVOIRE

J. MARCHAL

avec la collaboration de A. PINON et J.P. PENEL (IRFA)

Fruits, mai 1980, vol. 35, n° 5, p. 301-308.

RESUME - En Côte d'Ivoire, sur sol ferrallitique fortement désaturé après deux ou quatre cycles de chaulage d'une culture d'ananas, les arrière-effets du chaulage se maintiennent encore après cinq cycles sans chaulage, mais ils s'atténuent progressivement. Les différences de pH et de richesse en Ca du sol influent directement sur la plante (croissance, nutrition calcique, azotée et en manganèse) et son rendement. Les pH les plus élevés provoquent vraisemblablement un blocage du manganèse dans le sol et la fraction de cet élément disponible pour la plante s'épuise progressivement. Le déficit en manganèse de la plante devient le facteur limitant principal du rendement ; les rendements les plus élevés sont alors obtenus à des pH du sol très acides (voisins de 3,5).

En Basse Côte d'Ivoire, les sols ferrallitiques développés sur des sables tertiaires argilo-ferrugineux sont acides (pH 4,0 à 4,5) et pauvres en calcium échangeable (inférieur à 1 mg/100 g). Afin de juger des effets du chaulage en culture d'ananas sur un tel type de sol, deux essais de doses de chaux ont été mis en place en 1968 (2). Ils ont été menés respectivement pendant quatre et deux cycles de culture. Depuis, ces essais sont poursuivis sans nouveaux apports calciques afin de juger des arrière-effets du chaulage.

TRAITEMENTS ET FUMURES

Les données sont décrites dans les tableaux 1 et 2.

Les deux essais sont conduits sur le sol ferrallitique de la Station IRFA de Côte d'Ivoire (Anguédédou). Ils comportent cinq traitements répétés cinq fois et ils sont disposés en blocs de Fisher.

A l'origine, les deux essais de chaulage étaient confondus. Chaque traitement était subdivisé en deux sous-traitements A et B. Les sous-parcelles B recevaient, outre le chaulage, des pulvérisations foliaires de bore qui, répétées sur deux cycles, n'ont eu aucune influence. Les apports de bore ont

* - J. Marchal - IRFA-GERDAT, Service de Physiologie, B.P. 5035,
34032 Montpellier Cedex
A. Pinon et J.P. Penel - IRFA - 01 B.P. 1740, Abidjan 01 - Côte
d'Ivoire

alors été abandonnés et l'on a dissocié l'ensemble en un essai A (anciennes sous-parcelles sans bore) et en un essai B (anciennes sous-parcelles avec bore). Dans l'essai B, on étudie les arrière-effets après deux cycles de chaulage. Les observations se poursuivent. Cinq cycles sans nouveau chaulage ont déjà été récoltés. Dans l'essai A, le chaulage a été appliqué durant quatre cycles au total et ses arrière-effets sont observés depuis trois cycles. Comme l'indique le tableau 1, des apports de soufre ont été pratiqués pendant deux cycles dans le traitement 5 et un cycle dans le traitement 1, afin de provoquer des pH très acides.

Le traitement 5 recevait initialement du sulfate de calcium dans le but de juger des effets du calcium en tant qu'élément nutritif. Les trois quarts de la dose étaient appliqués en cours de cycle à l'aisselle des feuilles, un quart ayant été enfoui dans le billon avant la plantation, alors que dans les traitements 3 et 4 la totalité de la chaux était enfouie dans le billon qui était ensuite recouvert de polyéthylène. Le pH et la composition chimique du sol ont été peu modifiés par ce sulfate de calcium (3).

La couverture de polyéthylène a été supprimée à la fin des essais de chaulage proprement dits.

ARRIERE-EFFETS DU CHAULAGE SUR QUELQUES CARACTERES DU SOL

Les mesures de pH et les analyses chimiques du sol - horizon 0-25 cm - sont effectuées annuellement donc à différentes périodes des cycles successifs.

Très normalement, au cours des essais de chaulage, l'acidité du sol a décru avec les doses croissantes de chaux, donc avec la richesse du sol en calcium et avec l'augmentation de son coefficient de saturation (3). Mais pour un même traitement et malgré la répétition des chaulages, le pH varie peu (figures 1 et 2) en relation avec la lixiviation du calcium (3).

Les apports de dolomie en fumure de fond (tableau 2)

TABLEAU 1 - Traitements et fumures de l'essai «A» (quatre cycles de chaulage).

Essais	Cycles	Traitements différenciés	Polyéthylène sur le billon	Fumures	Dates de plantation et type de production
Chaulage	1	1 Témoin	oui	7 g N + 3,5 g P ₂ O ₅ en pulvérisation foliaire 14 g K ₂ O et 5 g MgO . partie au sol (avant plantation) . partie à l'aisselle des feuilles	3.03.1968 fruits usine
		2 1.650 kg/ha CaO (chaux)			
		3 3.300 "			
		4 6.600 "			
	5 1.350 kg/ha CaO (plâtre)				
	2	idem 1	oui	idem 1	21.10.69 fruits usine
	3	1 Témoin	oui	idem 1	9.03.71 fruits usine
		2 1.250 kg/ha CaO (chaux)			
		3 2.500 "			
		4 5.000 "			
	4	idem 3	oui	1,5 g N + 4 g P ₂ O ₅ + 2 g K ₂ O + 4 g MgO (kiésérite) avant plan. 8 g N + 16 g K ₂ O en pulvérisation foliaire	18.08.72 fruits usine
Arrière-effets du chaulage	1	1-2-3-4 pas de soufre 5 + 45 g/plant de S	non	1,5 g N + 4 g P ₂ O ₅ + 2 g K ₂ O + 4 g MgO (kiésérite) avant plan. 7 g N + 18 g K ₂ O en pulvérisation foliaire	5.03.74 fruits usine
Arrière-effet du chaulage	2	1 + 45 g/plant de soufre 2-3-4 pas de soufre 5 + 90 g/plant de soufre	non	4 g P ₂ O ₅ + dolomie (5 g MgO + 7 g CaO) avant plantation 8 g N + 20 g K ₂ O pulvérisations foliaires	24.12.75 fruits usine
	3	1-2-3-4-5 pas de soufre	non	idem 2	28.10.77 fruits usine

TABLEAU 2 - Traitements et fumures de l'essai «B» (deux cycles de chaulage).

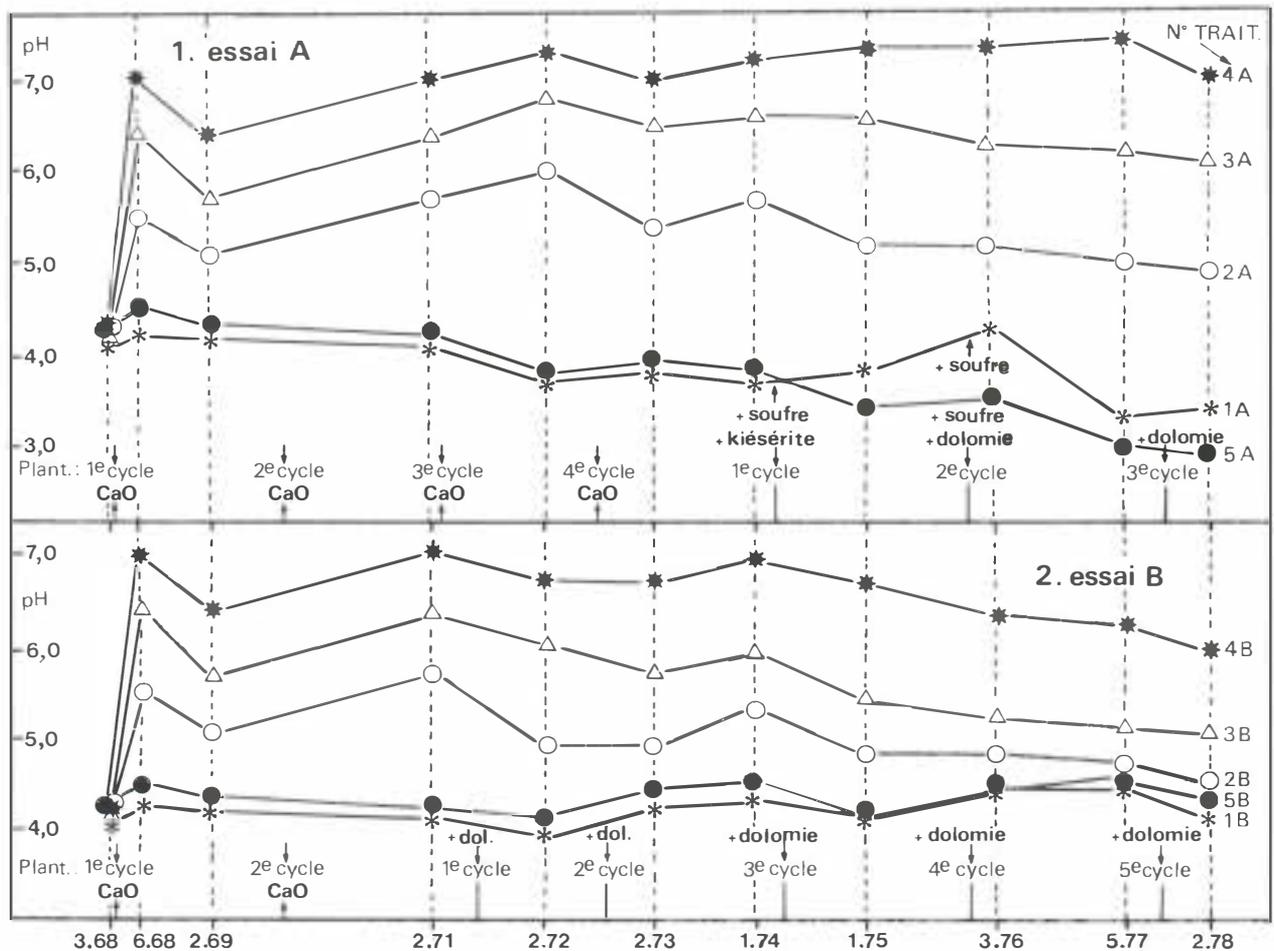
Essais	Cycles	Traitements différenciés	Polyéthylène sur le billon	Fumures	Date de plantation et types de plantation
Chaulage	1 2	identiques à l'essai «A» + 0,20 g B ₂ O ₃ /plant pulvérisation	oui	identiques à celles de l'essai «A»	3.03.68 fruits usine 21.10.69 fruits usine
Arrière- effets du chaulage	1		non	2 g P ₂ O ₅ + dolomie (2 g MgO + 3 g CaO) avant plantation 4 g N + 10 g K ₂ O en pulvérisations foliaires	22.05.71 fruits frais
	2		non	2 g P ₂ O ₅ + dolomie (2,5 g MgO + 3,75 g CaO) avant plantation 4 g N + 10 g K ₂ O en pulvérisations foliaires	2.09.72 fruits frais
	3		non	idem 2	14.04.74 fruits frais
	4		non	4 g P ₂ O ₅ + dolomie (5 g MgO + 7 g CaO) avant plantation 8 g N + 20 g K ₂ O en pulvérisations foliaires	24.12.75 fruits usine
	5		non	idem	28.10.77 fruits usine

TABLEAU 3 - Evolution du calcium échangeable du sol après deux cycles de chaulage (essai B)
(meq/100 g de sol)

Traitements	5	1	2	3	4
fin du deuxième cycle de chaulage	1,2	0,4	5,1	8,0	12,7
Arrière-effets du chaulage					
premier cycle	0,9	0,5	2,6	5,5	9,4
deuxième cycle	1,0	0,7	2,1	4,0	7,3
troisième cycle	0,8	0,6	1,8	3,7	6,7

TABLEAU 4 - Evolution du calcium échangeable du sol après quatre cycles de chaulage (essai A)
(meq/100 g de sol)

Traitements	5	1	2	3	4
fin du quatrième cycle de chaulage	0,8	0,4	3,9	7,3	10,1
premier cycle d'arrière-effet du chaulage	0,4	0,1	3,4	7,4	12,1



Figures 1 et 2 - Essais A et B. Evolution du pH du sol avec les traitements.

prenant la suite des deux chaulages (essai B), ont un effet positif, mais non immédiat, sur le pH, essentiellement dans les parcelles qui n'avaient pas reçu de chaux - parcelles 1 B et 5 B (figure 2), puis cet amendement maintient le niveau du pH. Cet effet est retrouvé avec l'apport de kiésérite puis de dolomie dans les parcelles 1 de l'essai A ; l'effet acidifiant du soufre se retrouve au moins pendant deux ans (figure 1).

Le pH diminue progressivement d'une année à l'autre dans les parcelles qui avaient été chaulées. La diminution est la plus sensible dans l'essai B, mais huit ans après le dernier chaulage les sols des différents traitements restent différenciés dans cet essai (figure 2).

Le calcium échangeable (extractible à l'acétate d'ammonium N) n'a pas été dosé au cours des deux derniers cycles. La dolomie permet de maintenir ou d'améliorer son niveau dans les parcelles 1 B et 5 B (tableau 3). Mais après les deux chaulages des parcelles 2, 3 et 4 B, le niveau du calcium échangeable diminue très sensiblement dès le premier cycle - ce qui explique la diminution du pH (figure 2) - et en proportion inverse de la richesse du sol après les chaulages. Cette baisse sera beaucoup plus lente au cours des cycles

suivants (tableau 3). La suppression du polyéthylène sur les billons, après l'arrêt des chaulages, a probablement accéléré la lixiviation. Toutefois, à la suite des quatre chaulages et malgré la suppression de la couverture du sol une telle évolution n'est pas observée (tableau 4) bien que le sol ne soit pas plus riche en calcium échangeable après quatre chaulages qu'après deux.

L'action positive des doses de chaulage sur la rémanence du potassium et du magnésium échangeables du sol (1-3) se poursuit. Les apports de dolomie permettent de maintenir le niveau en magnésium de chaque parcelle d'un cycle à l'autre alors que le potassium décroît dans une même parcelle (figure 3). Le potassium était apporté pour une part avant plantation au sol durant les deux cycles de chaulage alors que par la suite la pulvérisation foliaire a été employée, l'appauvrissement du sol pourrait en être une conséquence.

ARRIÈRE-EFFETS DU CHAULAGE SUR LA COMPOSITION FOLIAIRE

Des feuilles D (F D) ont été prélevées pour l'analyse au moment du traitement d'induction de la floraison (T I F)

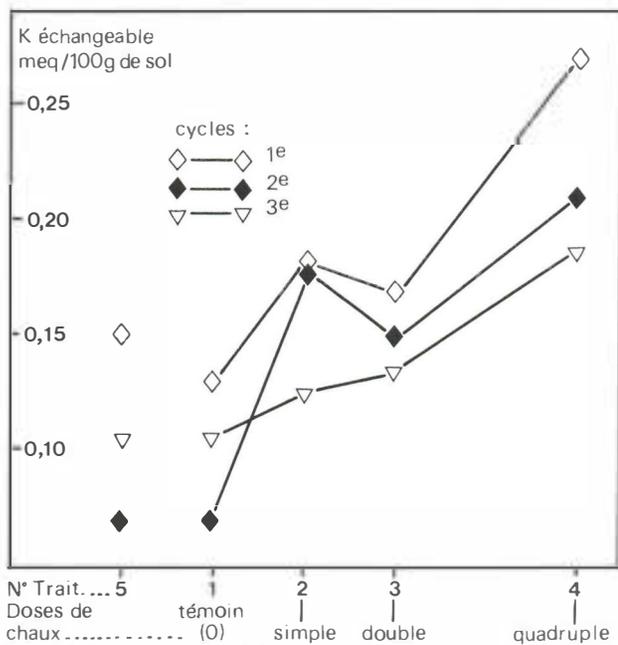


Figure 3 - Essai B. Evolution de K échangeable du sol.

et pour certains cycles à des stades plus précoces.

La dose la plus faible de chaux avait un effet favorable sur le poids de la F D qui, à l'opposé, diminuait avec les plus fortes doses (3). Ce caractère est retrouvé mais s'atténue progressivement pour disparaître en cinquième cycle.

Les arrière-effets des doses de chaux sur les teneurs foliaires en calcium sont toujours très significatifs même après

cinq cycles, bien qu'ils décroissent d'un cycle à l'autre (tableaux 5 et 6). Cet appauvrissement est d'autant plus important en quantité et en proportion que la dose de CaO était élevée. Dans les deux essais, le calcium mais aussi les autres éléments chutent brutalement au dernier cycle (respectivement troisième et cinquième cycle sans chaux) pour chaque traitement ; les conditions externes influent très certainement car ces deux cycles ont été menés simultanément.

Comme dans les essais chaulages, de très nets effets antagoniques Ca-Mg sont mis en évidence sur les jeunes plants sauf en cinquième cycle. Mais ils sont plus ou moins totalement atténués au T I F. La meilleure rémanence du magnésium dans les parcelles chaulées perturbe plus ou moins les réactions antagoniques.

Les niveaux du potassium sont très comparables entre traitements ; probablement d'une part à la suite des faibles réactions antagoniques Ca-K chez l'ananas (4, 6) et d'autre part à la suite du mode d'apport du potassium (pulvérisation foliaire) et malgré la plus grande richesse du sol en potassium échangeable dans les parcelles chaulées.

L'influence dépressive du chaulage sur les niveaux foliaires en azote, signalée dans les essais de chaulage proprement dits (3), se retrouve régulièrement chez les jeunes plants ; mais au T I F elle n'est plus aussi importante et plus aussi constante dans les derniers cycles.

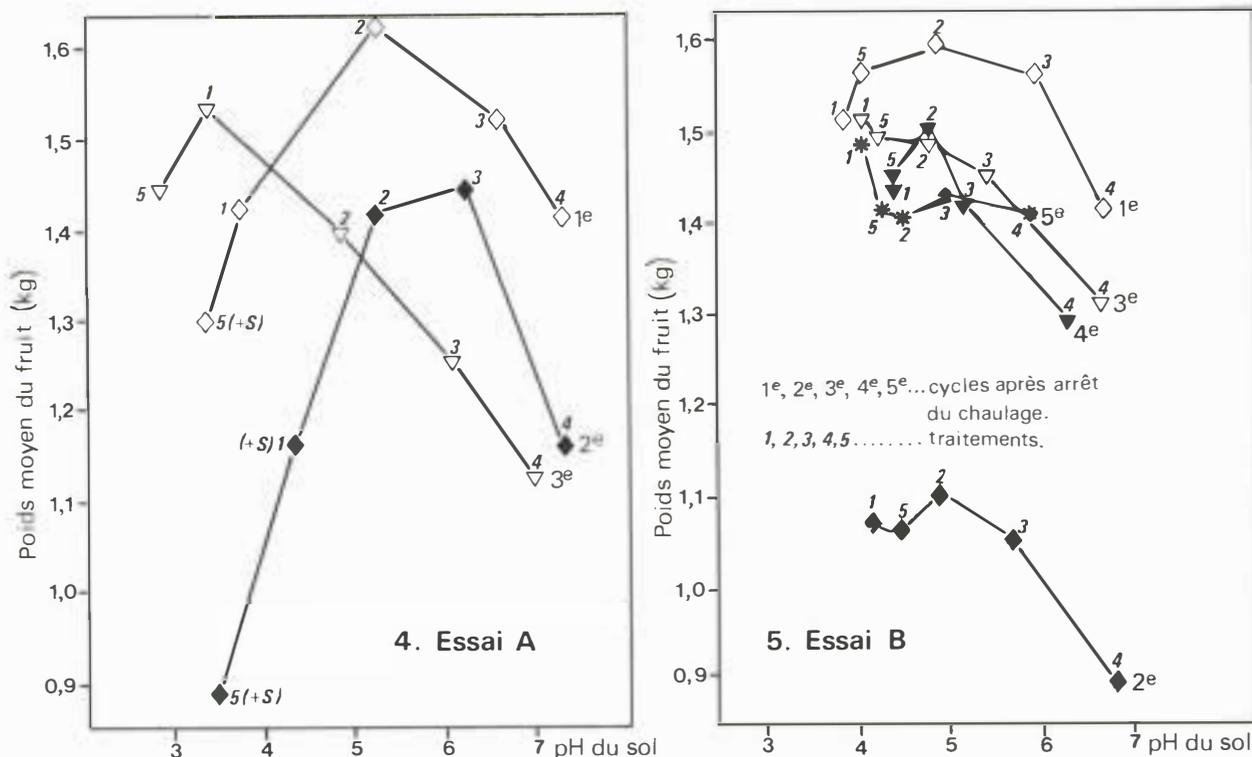
Avec le calcium, le manganèse est l'élément dont les teneurs sont les plus affectées par le chaulage et ses arrière-effets. Le sol sur lequel ces essais sont conduits est naturellement pauvre en manganèse assimilable (moins de 12 ppm) ; aussi les niveaux foliaires sont-ils toujours assez faibles après quatre chaulages (A.). Les teneurs en manganèse sont d'au-

TABLEAU 5 - Arrière-effets de quatre cycles de chaulage (A) sur les teneurs en Ca (p. 100 MS) de la feuille D au T I F.

Traitements	5	1	2	3	4	PPDS	
						5 %	1 %
premier cycle	0,161	0,135	0,388	0,457	0,495	0,062	0,086**
deuxième cycle	0,134	0,158	0,329	0,404	0,380	0,058	0,080**
troisième cycle	0,116	0,108	0,152	0,189	0,244	0,023	0,031**

TABLEAU 6 - Arrière-effets de deux cycles de chaulage (B) sur les teneurs en Ca (p. 100 MS) de la feuille D au T.I.F.

Traitements	5	1	2	3	4	PPDS	
						5 %	1 %
premier cycle	0,195	0,150	0,356	0,479	0,577	0,058	0,079 **
deuxième cycle	0,164	0,122	0,247	0,355	0,494	0,060	0,083 **
troisième cycle	0,254	0,218	0,307	0,367	0,459	0,037	0,051 **
quatrième cycle	0,208	0,198	0,259	0,303	0,328	0,029	0,040 **
cinquième cycle	0,120	0,107	0,118	0,132	0,168	0,019	0,025 **



Figures 4 et 5 - Essais A et B. Relations entre poids du fruit et pH du sol.

TABLEAU 7 - Arrière-effets de quatre cycles de chaulage (essai A) sur les teneurs en Mn de la feuille D au T I F (ppm de MS)

Traitements	5	1	2	3	4	PPDS	
						5 %	1 %
premier cycle	54	56	40	20	13	14	20 **
deuxième cycle	48	40	33	17	12	14	20 **
troisième cycle	22	24	19	16	14	6	8 **

TABLEAU 8 - Arrière-effets de deux cycles de chaulage (essai B) sur les teneurs en Mn de la feuille D en T I F (ppm de MS)

Traitements	5	1	2	3	4	PPDS	
						5 %	1 %
premier cycle	50	51	38	25	18	16	22 **
deuxième cycle	32	32	28	26	22	8	12 *
troisième cycle	36	34	38	26	16	9	12 **
quatrième cycle	30	29	36	36	19	10	14 *
cinquième cycle	24	20	24	23	24	NS	NS

tant plus basses que la dose de chaux a été importante par suite de blocage très probable sous l'effet des pH plus élevés (tableau 7). Les apports de soufre (5 A et 1 A) n'ont pas eu d'influence.

Après deux chaulages (B), l'effet dépressif sur les teneurs en manganèse a totalement disparu au cinquième cycle (tableau 8) et aux cycles précédents, il n'est très significatif que pour le traitement 4 ; aucune réaction antagonique du fer aux variations du manganèse n'a été mise en évidence. La teneur en fer de la feuille D est fortement influencée par l'âge des plants - les niveaux sont très élevés à quatre mois (700 à 800 ppm) ; ils diminuent ensuite pour atteindre des valeurs voisines de 120 ppm au T I F.

**ARRIERE-EFFETS DU CHAULAGE
SUR LE RENDEMENT**

L'élévation de la somme des cations dans la feuille D au T I F, liée à l'augmentation du calcium, se traduit par une acidité des fruits d'autant plus élevée que les chaulages ont été plus importants ; mais cet effet très significatif a disparu au cinquième cycle bien que les différences restent toujours très significatives pour le calcium.

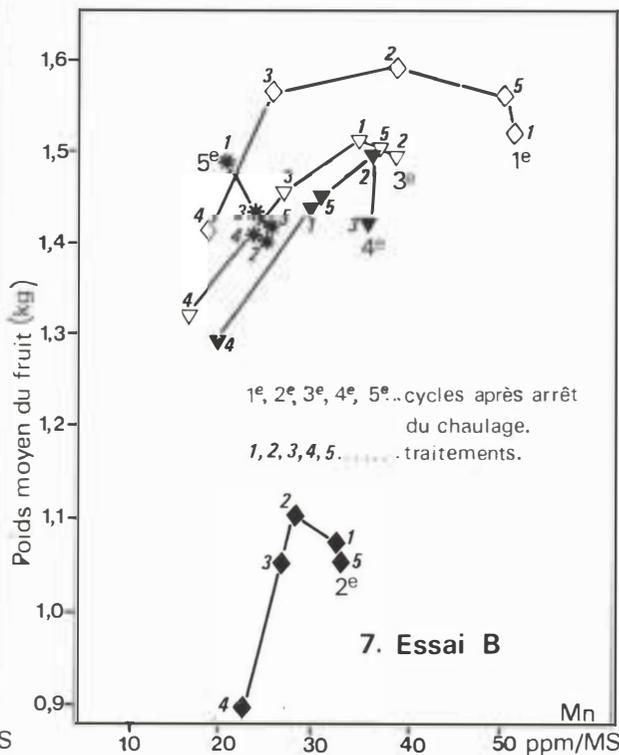
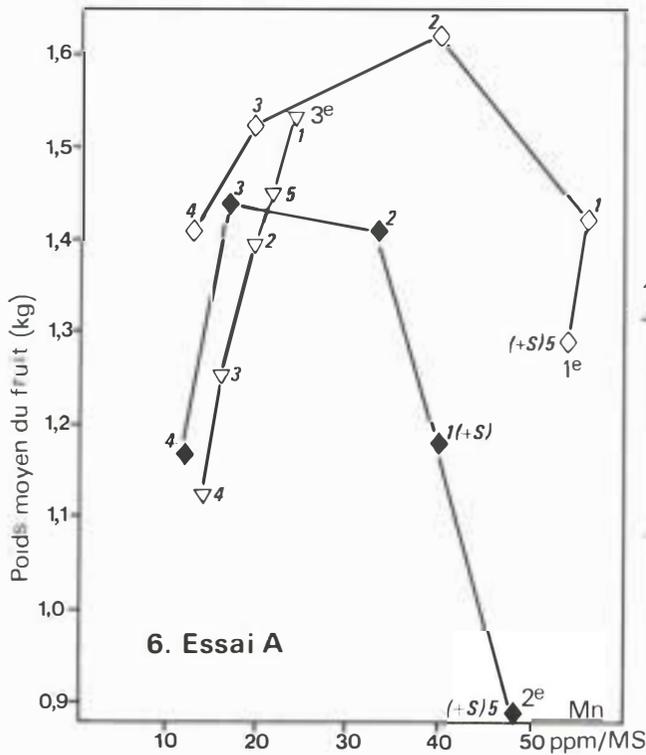
Les rendements quantitatifs les plus faibles sont obtenus d'une part dans les parcelles ayant reçu du soufre donc à pH le plus acide (5 A) et d'autre part dans les parcelles les plus chaulées (4 A - 4 B) donc à pH les plus élevés. Ces dernières

produisent les fruits au poids moyen le plus faible et sont les plus atteintes par le Phytophthora. Toutefois, les attaques de ce champignon ont pratiquement disparu au quatrième et cinquième cycles au cours desquels le pH ne dépassait pas 6,1 alors que dans les cycles précédents il était supérieur à 6,7. Il est possible que le pH plus faible ait provoqué une diminution de la sensibilité au Phytophthora et qu'alors les traitements fongicides aient été plus efficaces.

Les essais chaulage indiquaient que l'optimum de pH se situait, pour les sols ferrallitiques de cette zone de Côte d'Ivoire, entre 4,5 et 5,5 (3). Les deux premiers cycles sans chaux, après deux cycles de chaulage, confirment cette observation, mais les effets sont moins marqués dans les trois cycles suivants (figure 4). Toutefois, un pH supérieur à 6,0 est toujours défavorable.

Les deux premiers cycles sans chaux, après quatre cycles de chaulage, ne contredisent pas ces résultats avec, toutefois, un décalage de l'optimum du pH vers des valeurs un peu plus élevées ; mais en troisième cycle les pH supérieurs à 4,5 sont dépressifs et l'optimum se situerait à une valeur de 3,5 (figure 4). Ce résultat indique qu'un autre facteur limitant et dominant pourrait avoir joué.

Il n'est pas mis en évidence d'influence directe du calcium du sol ou de la plante ; tout au plus, il apparaît que des teneurs foliaires supérieures à 0,45 p. 100 de la matière sèche au T I F pourraient être dépressives dans cette situation.



Figures 6 et 7 - Essais A et B. Relations entre poids du fruit et teneurs en Mn de la FD au TIF.

Par contre, la relation poids du fruit-teneurs en manganèse de la feuille D au T I F (figure 6) montre que les rendements les plus élevés correspondant au pH très acide de l'essai A au troisième cycle étaient obtenus avec les niveaux de manganèse les moins faibles et supérieurs à 20 ppm. Ce résultat est confirmé par les deux cycles précédents bien que les apports de soufre paraissent avoir plus ou moins perturbé les effets possibles du manganèse. A la suite de deux cycles de chaulage les teneurs en manganèse n'atteignent pas des niveaux aussi faibles, même au cinquième cycle (figure 7). La comparaison des figures 6 et 7 montre que le manganèse, pour ne pas être limitant, doit probablement atteindre des niveaux d'au moins 25 ppm et que des niveaux inférieurs à 15 ppm sont certainement déficitaires. Ce résultat est confirmé par la valeur du rapport Fe/Mn. Le niveau du fer n'est pas influencé dans ces essais par les différents pH et se situe à des teneurs voisines de 120 ppm au T I F. Au-dessus d'une valeur de 4 du rapport Fe/Mn, il y aurait déficit en manganèse sans symptômes foliaires visibles (5), mais dans le cas présent l'influence serait marquée sur le rendement (Fe/Mn = 8). Par contre, les teneurs de 50 ppm de manganèse ne sont certainement pas excédentaires (Fe/Mn = 2,4), mais la chute de rendement et les niveaux supérieurs à 50 ppm

sont alors tous deux la conséquence probable d'un pH trop acide.

CONCLUSION

Les effets du chaulage sur les différentes caractéristiques du sol et de la plante se maintiennent avec une atténuation progressive d'un cycle à l'autre. Les premières réactions de la plante aux chaulages paraissent être liées aux variations de pH du sol. Mais la combinaison de chaulages répétés, de l'augmentation du pH et de la pauvreté initiale du sol en manganèse, conduit vraisemblablement à un blocage de ce dernier sous forme non assimilable. La fraction du manganèse disponible est épuisée par les cycles de culture successifs et cet élément devient alors le facteur limitant principal. Il semble probable, en outre, qu'au cours du dernier cycle observé (respectivement troisième et cinquième cycles des essais), un facteur externe ait accéléré ou accentué l'évolution de certains caractères. Les effets directs du chaulage et principalement la richesse de la feuille D en calcium - celle du sol n'a plus été mesurée - sont toujours très significatifs ; mais les effets résultants - acidité des fruits, pH du sol ... - semblent devoir s'effacer plus rapidement.

BIBLIOGRAPHIE

1. CLAIRON (M.).
Etude expérimentale de l'influence du chaulage sur la mobilité du manganèse et du potassium dans deux types de sols acides.
Bul. AFES, n° 2, 1969, p. 3-6.
2. GODEFROY (J.), POIGNANT (A.) et MARCHAL (J.).
Premiers résultats d'un essai de chaulage en culture d'ananas sur un sol de basse Côte d'Ivoire.
Fruits, 26 (2), 1971, p. 103-113.
3. GODEFROY (J.), LACOEUILHE (J.-J.) et MARCHAL (J.).
Effets du chaulage sur la culture de l'ananas (var. Cayenne lisse) dans un sol ferrallitique fortement désaturé.
Fruits, 1976, 31 (10), p. 603-615.
4. LACOEUILHE (J.-J.) et GICQUIAUX (Y.).
La nutrition de l'ananas en Martinique.
Fruits, 1971, 26 (9), p. 581-597.
5. MARCHAL (J.).
Les oligo-éléments dans l'ananas (Cu, Fe, Mn, Zn).
Fruits, 1971, 26 (4), p. 263-277.
6. MARTIN-PREVEL (P.).
Potassium, calcium, magnésium dans la nutrition de l'ananas en Guinée.
Fruits, 1962, 17, p. 221-227.

