

PREMIERS RESULTATS D'UN ESSAI DE CHAULAGE EN CULTURE D'ANANAS SUR UN SOL DE BASSE CÔTE D'IVOIRE

par J. GODEFROY, A. POIGNANT et J. MARCHAL

Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer

PREMIERS RESULTATS D'UN ESSAI DE CHAULAGE EN CULTURE D'ANANAS SUR UN SOL DE BASSE COTE D'IVOIRE

J. GODEFROY, A. POIGNANT et J. MARCHAL (IFAC)

Fruits, Feb. 1971, vol. 26, n° 2, p. 103-113.

RESUME - Cette étude donne les résultats d'un essai de chaulage effectué en culture d'ananas sur sol ferrallitique très pauvre en calcium.

- le chaulage augmente la teneur en Ca échangeable du sol et corrélativement diminue l'acidité, la lixiviation du potassium et du magnésium est plus faible dans les parcelles chaulées.
- l'apport de calcium augmente la teneur en cet élément dans les feuilles. Bien que le sol soit très pauvre en calcium la teneur dans les feuilles du témoin est au-dessus du niveau critique.
- l'antagonisme entre le Ca et le couple K-Mg est diminué lorsque la fertilisation potassique et magnésienne est apportée à l'aisselle des feuilles et non dans le sol.
- le chaulage n'a pas d'action sur la croissance et sur la production, mais il augmente légèrement l'acidité des fruits.

Dans le cadre des recherches effectuées par l'IFAC sur la culture de l'ananas, peu d'études ont été consacrées au problème du calcium.

En Guinée, sur un sol acide très pauvre en cations échangeables et particulièrement en calcium, cet élément s'était montré d'une utilité douteuse pour la plante, à faible dose, tandis qu'à forte dose il tendait à abaisser rendement et qualité par suite d'antagonisme sur le magnésium et le potassium.

Les quelques essais réalisés ces dernières années principalement sur les sols de Marti-

tive de l'apport de calcium. Il est à noter toutefois que les sols sur lesquels ont été réalisées ces études n'étaient pas particulièrement pauvres en cet élément.

Les sols ferrallitiques très fortement désaturés de Basse Côte d'Ivoire, bien représentatifs des sols à ananas de la région, constituent un terrain d'expérimentation favorable pour juger du rôle de l'apport de calcium à la fois en tant qu'élément nutritif et en tant qu'amendement, ceci en fonction de pratiques de fertilisations qui ont considérablement évoluées depuis les premiers travaux.

CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

Le sol sur lequel est réalisé l'essai (station IFAC de l'Anguédédou) est ferrallitique très fortement désaturé, formé sur un matériau parental sableux. La pluviosité moyenne annuelle est de l'ordre de 2000 mm et la température de 26°C.

Ce sol a une texture sablo-argileuse, avec dominance de sable grossier. La fraction limoneuse est très faible (argile 20 à 25 p. cent

limon fin 2 à 5 p. cent, limon grossier 1 à 2 p. cent, sable fin 20 à 25 p. cent, sable grossier 45 à 55 p. cent).

Du point de vue chimique ce sol est extrêmement pauvre particulièrement en cations échangeables, le complexe absorbant est très fortement désaturé, et le pH fortement acide (cf. tableau 1).

TABLEAU 1 - Caractéristiques chimiques du sol à la mise en place de l'essai (25 parcelles)

	Valeurs extrêmes	Moyennes
Carbone p. cent	1,0 à 1,6	1,2
Azote total p. mille	0,6 à 0,9	0,8
Calcium échangeable mé/100 g	0,1 à 1,9	0,7
Magnésium échangeable mé/100 g	0,1 à 0,6	0,2
Potassium échangeable mé/100 g	0,1 à 0,2	0,1
Somme des cations mé/100 g	0,3 à 2,9	1,1
Capacité de fixation mé/100 g	6,7 à 9,0	7,4
Coefficient de saturation p. cent	3 à 41	14,5
pH	3,9 à 5,0	4,3
P ₂ O ₅ assimilable p. mille (méthode DYER)	0,02 à 0,04	0,02

L'essai comporte 5 répétitions (méthode des blocs de Fischer) des 5 traitements suivants :

- 1 - pas de chaulage,
- 2 - 2,5 t/ha de chaux éteinte à 66 p. cent de CaO (1,65 t/ha CaO).
- 3 - 5,0 t/ha de chaux éteinte à 66 p. cent de CaO (3,3 t/ha CaO)
- 4 - 10,0 t/ha de chaux éteinte à 66 p. cent de CaO (6,6 t/ha CaO)
- 5 - plâtre quantité équivalent à 1,32 t/ha CaO.

Dans les traitements 2-3-4 la chaux est mélangée avant plantation à la terre du billon, puis le sol est recouvert de polyéthylène noir après que l'on ait appliqué une fumure de fond de potassium et de magnésium. Dans le traitement 5 les applications sont faites en 4 fois : 1/4 de la dose est enfoui sur le billon avant la plantation, les 3 autres épandages sont effectués à l'aisselle des feuilles en cours de végétation, en même temps que les applications de potassium et de magnésium.

La localisation des épandages sur les billons, soit environ sur la moitié de la superficie de la

parcelle, fait que les apports de chaux sur les billons sont en réalité le double des doses indiquées à l'hectare.

● Fumure

La croissance des plants ayant été très rapide, des risques de prématurés étaient à craindre pendant la période d'harmattan de fin décembre à janvier, c'est pourquoi le traitement de floraison a été effectué avant que les applications d'engrais prévues au protocole n'aient été terminées. Ainsi le traitement 5 n'a reçu en plâtre que la quantité équivalent à 1,32 t/ha de CaO au lieu des 1,65 tonnes prévues.

Les quantités de N, P, K, Mg sont identiques pour les 5 traitements. L'azote et le phosphore sont apportés en 7 pulvérisations d'urée et de phosphate d'ammonium à doses progressives. La dernière pulvérisation d'azote et de phosphore a été réduite car appliquée peu de temps avant le traitement de floraison. Une fraction de la dose de potassium et de magnésium est

épanchée sur le billon avant plantation, le solde est mis à l'aisselle des feuilles sous forme solide en sulfate de magnésium et en sulfate de potassium, en 3 doses progressives. Le détail des fumures est donné dans le tableau 2.

● Matériel végétal de plantation

La plantation est effectuée sur billon avec des rejets de tige de 250 à 360 g à la densité de 55.000 plants à l'hectare.

● Cycle

On a provoqué la différenciation des inflorescences par une application de solution saturée d'acétylène à 9 mois et demi.

Le cycle total de la première récolte est de 15 mois.

TABLEAU 2 - Calendrier des fumures

Dates	grammes par plant			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
8-3-68 (*)	0	0	5,00	1,94
18-5-68	0,62	0,31	0	0
21-6-68	0,74	0,37	1,85	0,65
23-7-68	0,81	0,43	0	0
19-8-68	1,07	0,53	2,77	0,97
18-9-68	1,28	0,64	0	0
18-10-68	1,55	0,77	4,16	1,45
2-12-68	0,93	0,46	0	0
Total appliqué	7,00	3,51	13,78	5,01
Apport en kg/ha	390	195	760	280

(*) - fumure de fond sur le billon

ACTION DU CHAULAGE SUR LES CARACTÉRISTIQUES DU SOL

Trois séries d'analyse de sol ont été effectuées. La terre est prélevée sur le billon, dans l'horizon supérieur (0-25 cm) :

- à la plantation de l'essai, avant l'application de la chaux et des fertilisants (mars 1968),
- au début de la saison des pluies (juin 1968),
- au milieu de la saison sèche (février 1969).

Le premier prélèvement permet de s'assurer de l'homogénéité du sol à la mise en place de l'essai. Les deuxième et troisième prélèvements ont pour but d'étudier l'action du chaulage sur les caractéristiques du sol. La comparaison des niveaux entre le deuxième et le troisième prélèvement et les exportations par la plante donne une estimation des pertes par lixiviation.

● Matière organique, azote total et rapport C/N

Le chaulage n'a pas eu d'action sur l'évolution du carbone et de l'azote organique. Les niveaux en début et en fin d'essai sont parfaitement identiques dans tous les traitements (tableau 3).

Dans les conditions de cet essai, le chaulage aux doses élevées, n'a pas provoqué, comme on pouvait le craindre, une minéralisation accélérée de la matière organique ni une diminution du stock humique du sol.

● Phosphore assimilable

L'apport d'amendement calcique ne modifie pas la teneur en phosphore assimilable (tableau 3). La légère augmentation du niveau entre mars 1968 et février 1969 est due aux apports de phosphore réalisés en cours de cycle.

● Cations échangeables

- Calcium

La teneur en calcium extractible à l'acétate d'ammonium est sensiblement proportionnelle à la quantité de chaux épanchée (tableau 3 et figure 1). Dans les traitements 3 et 4 (5,0 et 10,0 t/ha de chaux éteinte) la quantité de calcium apportée est supérieure à ce que peut fixer le complexe absorbant, une partie du calcium dosé dans le percolat d'acétate d'ammonium est un sel de calcium soluble dans l'acétate d'ammonium.

Le calcium apporté sous forme de plâtre (traitement 5) augmente très faiblement la teneur dans le sol. Les conditions d'application de ce fertilisant expliquent cette faible augmentation. Un quart seulement du sulfate de calcium est épanché sur la terre du billon, les autres applications sont faites à l'aisselle des feuilles en cours de végétation. Une faible fraction seulement de cet engrais pénètre dans le sol qui est recouvert d'un film plastique.

TABLEAU 3 - Action du chaulage sur les caractéristiques chimiques du sol

Traitements ► CaO t/ha ►	1	2	3	4	5	p. p. d. s.		Coefficient variation CV %	
	0	1,65	3,3	6,6	1,32	5%	1%		
Carbone total p. cent	{ mars 1968	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	NS	-	9,6
	{ juin 1968	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	NS	-	8,2
	{ février 1969	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	NS	-	8,6
Azote total p. mille	{ mars 1968	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	NS	-	9,6
	{ juin 1968	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	NS	-	9,8
	{ février 1969	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	NS	-	7,2
Rapport C/N	{ mars 1968	16,4	15,7	16,3	15,7	16,2	NS	-	4,1
	{ juin 1968	14,4	15,9	15,9	15,8	14,9	0,9	1,2	4,4
	{ février 1969	15,8	15,9	15,6	15,2	15,3	NS	-	4,2
Calcium échangeable + calcium soluble à l'acétate d'ammo- nium mé/100 g	{ mars 1968	0,5	0,9	0,7	0,8	0,7	NS	-	79
	{ juin 1968	0,5	3,5	7,3	11,2	1,9	1,4	1,9	22
	{ février 1969	0,2	2,3	4,4	8,1	1,1	1,3	1,8	30
Magnésium échan- geable mé/100 g	{ mars 1968	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	NS	-	59
	{ juin 1968	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	NS	-	24
	{ février 1969	0,2	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	0,2	25
Potassium échan- geable mé/100 g	{ mars 1968	0,11	0,12	0,10	0,12	0,12	NS	-	51
	{ juin 1968	0,36	0,21	0,27	0,24	0,25	0,29	NS	26
	{ février 1969	0,06	0,12	0,12	0,20	0,06	0,05	0,07	35
Sommes des cations (S') mé/100 g	{ mars 1968	0,8	1,3	1,0	1,1	1,1	NS	-	69
	{ juin 1968	1,4	4,2	8,2	11,9	2,7	1,5	2,1	20
	{ février 1969	0,5	2,9	4,9	8,9	1,4	1,4	1,9	27
Capacité de fixation (T) mé/100 g	{ mars 1968	7,9	7,4	7,4	7,3	7,2	NS	-	5,9
	{ juin 1968	7,7	7,4	7,2	7,5	7,5	NS	-	4,7
	{ février 1969	7,5	7,1	7,0	7,2	7,0	NS	-	5,0
Rapport S'/T %	{ mars 1968	11	17	14	16	15	NS	-	70
	{ juin 1968	18	58	114	159	35	21	29	21
	{ février 1969	7	40	72	124	21	21	28	29
pH	{ mars 1968	4,1	4,4	4,2	4,3	4,3	NS	-	7,6
	{ juin 1968	4,3	5,5	6,4	7,0	4,5	0,3	0,4	0,6
	{ février 1969	4,2	5,1	5,7	6,4	4,3	0,4	0,5	5,2
P ₂ O ₅ assimilable p. mille	{ mars 1968	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	NS	-	27
	{ juin 1968	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	NS	-	18
	{ février 1969	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	NS	-	24

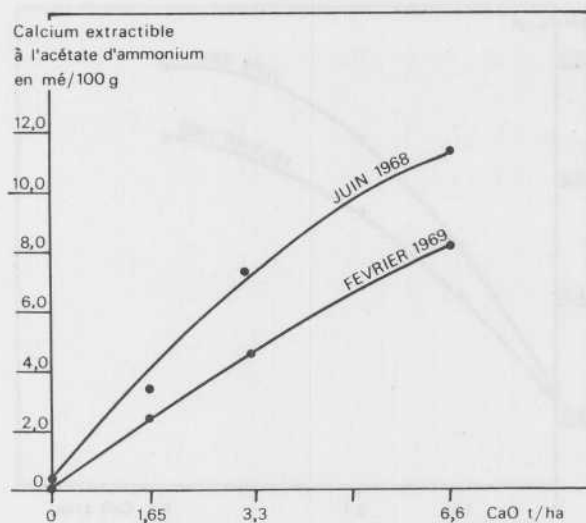


FIGURE 1 - Variation de la teneur en calcium du sol en fonction du chaulage.

Entre les prélèvements de juin 1968 et de février 1969, et malgré une protection du sol par un film de polyéthylène, une fraction importante du calcium a disparu, plus vraisemblablement lixiviée que consommée par la plante. On sait en effet que la consommation de calcium par l'ananas est faible et pas en rapport avec la diminution dans le sol (immobilisation de l'ordre de 100 à 200 kg/ha de CaO).

Pertes en calcium entre juin 1968 et février 1969

Traitements	Valeur absolue mé/100g	Valeur relative p. cent
1 - pas d'apport	0,3	60
2 - 2,5 t/ha chaux	1,2	34
3 - 5,0 t/ha chaux	2,9	37
4 - 10,0 t/ha chaux	3,1	28
5 - plâtre	0,8	42

Il est difficile de chiffrer les pertes quantitatives que représentent ces diminutions de la teneur en calcium du sol car l'analyse n'est faite que dans l'horizon 0-25 cm, et elle ne concerne que les billons.

Si l'on considère que les billons représentent 50 p. cent de la superficie totale, et que l'on ne tienne pas compte des pertes dans les interlignes, les pertes dans l'horizon supérieur seraient respectivement de 160(1), 630(2), 1520(3), 1630(4) et 420 kg/ha(5).

- Magnésium

La teneur en magnésium augmente du prélèvement de mars 1968 à celui de juin 1968, cet accroissement est la conséquence de l'apport de magnésie effectué à la plantation.

Au prélèvement du mois de juin 1968 les niveaux en magnésium sont identiques dans tous les traitements (tableau 3). En février 1969 les niveaux sont significativement plus élevés dans les parcelles chaulées que dans le témoin : 0,4 à 0,5 mé/100 g contre 0,2 mé/100 g. L'absorption de magnésium par la plante est un peu plus élevée en absence de chaulage mais les différences sont très faibles et pas en rapport avec celles dans le sol (tableau 8). Une hypothèse plausible est que le chaulage réduirait la lixiviation du magnésium. Dans le traitement 5 (plâtre) dans laquelle la teneur en calcium du sol est faible, la teneur en magnésium n'est pas différente de celle du témoin : 0,2 mé/100 g. Ce résultat renforce l'hypothèse du rôle du calcium dans la réduction de la lixiviation du magnésium.

En fin de cycle, le bilan : apports -(absorption + lixiviation) est positif dans les parcelles chaulées : 0,4 à 0,5 mé/100 g contre 0,2 à 0,3 mé/100 g à la plantation, il est nul dans le témoin et dans le traitement 5 (plâtre) : 0,2 mé/100 g en mars 1968 et en février 1969.

- Potassium

Au mois de juin 1968 les niveaux en potassium échangeable sont plus faibles dans les parcelles chaulées et dans le traitement 5 que dans le témoin. On peut interpréter cette diminution de K comme une réaction d'échange d'un cation (K⁺) par un autre (Ca⁺⁺).

A la fin du cycle (février) ce sont au contraire dans les parcelles chaulées que les teneurs sont les plus élevées (0,12 à 0,20 mé/100 g contre 0,06 dans la témoin). Le traitement 5 n'est pas différent du témoin. Comme pour le magnésium l'action positive du chaulage semble être due à une diminution de la lixiviation, les différences d'absorption du potassium par la plante entre le témoin et la parcelle chaulée à 6,6 t/ha de CaO étant très faibles comme le montrent les résultats ci-dessous :

Teneur en potassium dans les feuilles

	4 mois	6 mois	8 mois	9 mois
témoin	100	100	100	100
6,6 t/ha CaO	99	92	99	98

Des résultats dans le même sens, de l'action du chaulage sur la mobilité du potassium et du magnésium, ont été observés par CLAIRON (1969), dans les sols acides du sud-ouest atlantique.

Les mécanismes précis susceptibles d'expliquer cette action bénéfique du chaulage sur la diminution de la lixiviation du potassium et du magnésium sont assez mal éclaircis.

- Capacité de fixation et coefficient de saturation

Les traitements n'ont pas d'action sur la capacité de fixation du complexe absorbant ce qui est en relation avec l'uniformité de la teneur en matière organique dans tous les traitements et dans le temps.

Corrélativement avec les augmentations de teneur en calcium le coefficient de saturation en cations croît avec les doses de chaux apportées.

A la notion classique de coefficient de saturation : rapport entre la somme des cations échangeables et la capacité de fixation (S/T) dont la valeur maximum est de 100, il est préférable de substituer la notion de rapport entre la somme des cations extractibles à l'acétate d'ammonium (échangeables et solubles) et la capacité de fixation (S'/T) qui rend mieux compte de l'action des traitements. Les résultats qui figurent dans le tableau 3 montrent qu'au prélèvement du mois de juin 1968 les rapports S'/T des traitements 3 et 4 (3,3 et 6,6 t/ha de CaO) sont supérieurs à 100 (114 et 159). Par intrapolation de ces résultats on peut estimer à 2,5 à 3,0 t/ha de CaO la quantité de chaux qu'il aurait été suffisant d'apporter à la plantation pour saturer le complexe absorbant.

- pH

Il augmente en fonction des doses de chaux apportées. Pour les traitements 1, 2 et 3 la progression est presque arithmétique, ensuite la pente de la courbe diminue (tableau 3 et figure 2).

Dans les conditions d'épandage de cet essai : chaux localisée sur les billons, il faut 2 t/ha de chaux (1,3 t/ha CaO) pour élever le pH de une unité.

Au prélèvement de février 1969 le pH a diminué dans tous les traitements, c'est une conséquence de la lixiviation des cations.

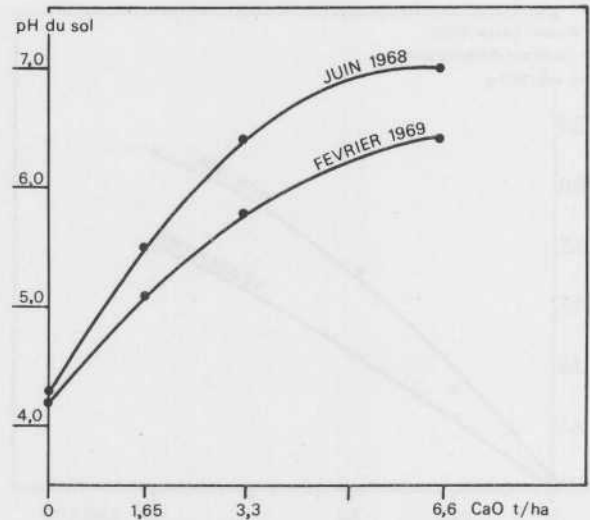


FIGURE 2 - Variation du pH du sol en fonction du chaulage.

- Diminution du pH entre juin 1968 et février 1969

$$\text{Traitements : } \frac{1}{0,1} \quad \frac{2}{0,4} \quad \frac{3}{0,7} \quad \frac{4}{0,6} \quad \frac{5}{0,2}$$

Le calcium apporté sous forme de sulfate de calcium à l'aisselle des feuilles n'a pas d'action sur le pH.

Le pH est en étroite corrélation, avec le rapport S'/T , les valeurs du coefficient de corrélation "r" sont de 0,96 pour les 3 prélèvements (figures 3 et 4).

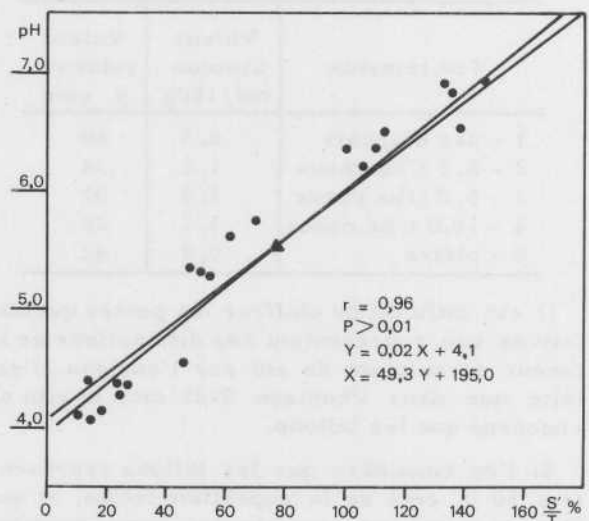


FIGURE 3 - Corrélation entre le pH du sol et le rapport : somme des cations extractibles à l'acétate d'ammonium et capacité de fixation (S'/T). Prélèvement de juin 1968.

ACTION DU CHAULAGE SUR LA CROISSANCE DU VÉGÉTAL ET LA RÉCOLTE

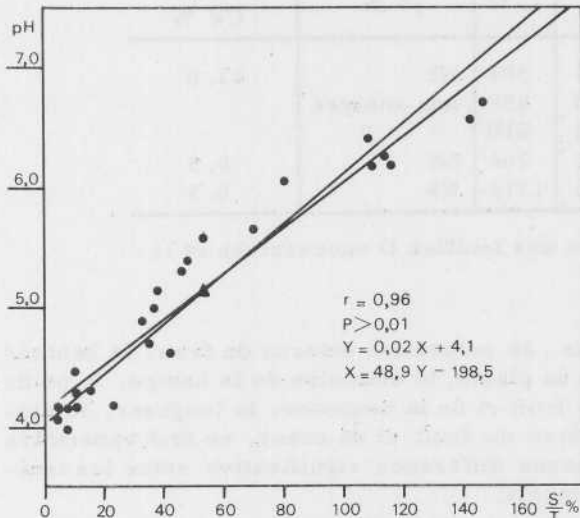


FIGURE 4 - Corrélation entre le pH du sol et le rapport : somme des cations extractibles à l'acétate d'ammonium et capacité de fixation (S). Prélèvement de février 1969.

- Emission de feuilles, poids des feuilles D, et masse foliaire théorique.

Les résultats des mesures résumés dans les tableaux 4 et 5 montrent que le chaulage n'a pas eu d'action sur les divers caractères végétatifs étudiés : nombre et poids des feuilles émises.

- Rendement et qualité des fruits.

La réponse au traitement de floraison a été bonne dans tous les traitements : supérieure à 98,5 p. cent dans toutes les parcelles, sans différences significatives entre les traitements.

L'apport de chaux n'a pas eu d'action positive sur la production de fruits, ni sur l'étalement de la récolte ; les écarts entre traitements ne sont pas significatifs.

TABLEAU 4 - Action du chaulage sur le nombre de feuilles émises par plante

Traitements → CaO t/ha →	1 0	2 1,65	3 3,3	4 6,6	5 1,32	p. p. d. s. 5 %	Coefficient variation CV %
0 à 2 mois	7,5	7,7	7,8	7,5	7,4	NS	4,4
2 à 4 mois	7,3	7,3	7,2	7,3	7,4	non analysé	
4 à 6 mois	7,2	7,3	7,2	7,2	7,1	" "	
6 à 8 mois	9,7	9,6	9,9	9,5	9,5	" "	
0 à 4 mois	14,8	16,1	15,0	14,8	14,7	NS	3,3
0 à 6 mois	22,0	22,4	22,2	22,1	21,9	NS	3,2
0 à 8 mois	31,7	32,0	32,1	31,6	31,4	NS	2,7

TABLEAU 5 - Action du chaulage sur le poids des feuilles D

Traitements → CaO t/ha →	1 0	2 1,65	3 3,3	4 6,6	5 1,32	p. p. d. s. 5 %	Coefficient variation CV %
Poids frais en g							
4 mois	40,1	42,3	41,6	40,2	41,2	NS	9,0
6 mois	62,7	64,2	65,1	65,5	62,1	NS	6,0
8 mois	89,7	89,5	87,1	90,2	85,6	NS	3,6
9 mois	90,6	92,3	90,1	88,8	87,3	NS	6,5

TABLEAU 6 - Action du chaulage sur la masse foliaire théorique (*)
(résultats exprimés en grammes)

Traitements → CaO t/ha →	1	2	3	4	5	p. p. d. s. 5 %	Coefficient variation CV %
0 à 4 mois	300	325	317	304	304	NS	11,0
4 à 6 mois	458	473	471	480	459	non analysé	
6 à 8 mois	649	657	626	652	610	" "	
0 à 6 mois	758	798	788	784	763	NS	8,3
0 à 8 mois	1407	1455	1414	1436	1373	NS	6,3

(*) - indice foliaire calculé d'après le poids des feuilles D successives et le nombre de feuilles émises.

Traitements	1	2	3	4	5
CaO t/ha	0	1,65	3,3	6,6	1,32
poids moyen des fruits (g)	1774	1764	1794	1748	1724
rendement (t/ha)	97,2	95,7	98,5	99,8	99,3

En vue d'une étude sur la qualité, vingt fruits ont été échantillonnés par parcelle. Les différentes mesures sont groupées dans le tableau 7.

Les observations à la récolte qui ont porté

sur : la coloration externe du fruit, la hauteur de la plante, le diamètre de la hampe, le poids du fruit et de la couronne, la longueur, le diamètre du fruit et du coeur, ne font apparaitre aucune différence significative entre les traitements.

Le chaulage semble toutefois augmenter l'acidité des fruits : 8,6 à 8,9 contre 8,2 dans le témoin, mais l'extrait sec n'est pas modifié. Il n'a pas été effectué de dégustations, qui seules auraient permis de porter une appréciation sur les caractéristiques organoleptiques de la chair.

TABLEAU 7 - Caractéristiques des fruits échantillonnés

Traitements → CaO t/ha →	1	2	3	4	5
	0	1,65	3,3	6,6	1,32
Hauteur sur pied (cm)	49,1	48,6	48,9	48,2	47,9
Diamètre hampe (mm)	24,0	22,9	23,6	24,5	23,5
Poids fruits (g)	1720	1692	1712	1733	1617
Poids couronne (g)	209	200	215	213	220
Longueur fruit (cm)	17,9	17,8	17,8	18,2	17,4
Diamètre fruit (cm)	12,8	12,7	12,8	12,8	12,6
Diamètre coeur (mm)	31,1	29,9	30,6	31,1	29,8
Acidité mé %	8,2	8,9	8,6	8,8	8,6
Extrait sec %	15,2	15,3	15,1	15,1	15,3
Poids plante (g)	2956	2741	2724	2992	2783
Poids feuilles (g)	2257	2097	2081	2261	2151
Poids tige (g)	689	640	630	717	613

ACTION DU CHAULAGE SUR LA NUTRITION MINÉRALE

L'apport de différentes doses de chaux n'ayant eu d'effets ni sur la croissance ni sur la production, il était prévisible que la nutrition minérale serait peu modifiée. Aussi, seules les feuilles des traitements 1 (témoin) et 4 (dose maximum de CaO : 6,6 t/ha) ont été analysées à 4, 6, 8 et 9 mois afin de contrôler les niveaux de chaque élément et leurs variations (tableau 8). L'analyse a porté sur les feuilles D entières, comme il est d'usage à l'IFAC.

• Calcium

Bien que l'essai soit établi sur un sol pauvre en calcium, à l'hormonage la feuille D du traitement témoin est largement au-dessus du niveau critique en calcium qui est inférieur à 0,10 p. cent (LACOEUILHE et GICQUIAUX). Il n'est donc pas étonnant que l'effet hautement significatif sur les teneurs foliaires de l'apport de 6,6 t/ha de CaO ni celui des doses intermédiaires n'aient pas eu d'action positive sur la récolte. Par ailleurs le seuil de toxicité du calcium dans la feuille D, s'il existe, est certainement loin d'être atteint : des échantillons plus riches sont couramment analysés au Cameroun et en Martinique.

• Antagonisme entre cations (tableaux 8 et 9).

A 4 et 6 mois, seuls les apports au sol de K et Mg ont pu marquer sur la feuille D. L'élévation du calcium est alors pratiquement compensée par la diminution du magnésium et du potassium.

Mais à 8 et 9 mois, les apports à l'aisselle des feuilles interviennent certainement ; ils ont un effet plus intense sur les niveaux foliaires que les éléments apportés avant plantation : la diminution du magnésium et du potassium est moins importante (les différences entre traitements ne sont plus significatives) et ne compense plus complètement l'élévation du calcium ; la somme des cations augmente. L'antagonisme entre Ca et le couple K-Mg joue donc mieux quand tous les cations sont apportés au sol ; et à tous les âges, proportionnellement, la réaction antagonique est plus nette sur Mg que sur K.

Malgré cette diminution de niveaux à tous les âges sous l'effet du chaulage, K et Mg restent toujours suffisants dans la feuille D pour ne pas amener de différences sur la production.

TABLEAU 8 - Action du chaulage sur les teneurs en éléments minéraux de la feuille D entière

Age de la plante (mois)	Traitements	p. cent de M. S.					ppm de M. S.	
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe
4	1 - Témoin	1,30	0,149	3,95	0,230	0,260	126,2	190,8
	4 - 6,6 t/ha CaO	1,26	0,145	3,84	0,387	0,235	98,2	200,0
	ppds 5 %	NS	NS	NS	0,035	0,009	NS	NS
	1 %	NS	NS	NS	0,057	0,014	NS	NS
6	1 - Témoin	1,41	0,201	3,39	0,165	0,224	91,8	101,8
	4 - 6,6 t/ha CaO	1,26	0,180	3,13	0,295	0,199	61,0	99,2
	ppds 5 %	0,11	NS	0,11	0,036	0,009	12,68	NS
	1 %	0,18	NS	0,17	0,059	0,015	20,98	NS
8	1 - Témoin	1,68	0,195	3,27	0,177	0,267	101,6	138,6
	4 - 6,6 t/ha CaO	1,47	0,174	3,23	0,308	0,254	74,4	108,8
	ppds 5 %	NS	NS	NS	0,031	NS	24,41	26,4
	1 %	NS	NS	NS	0,051	NS	40,39	43,7
9	1 - Témoin	1,26	0,177	2,63	0,155	0,227	87,4	105,8
	4 - 6,6 t/ha CaO	1,16	0,157	2,57	0,272	0,215	64,4	131,2
	ppds 5 %	0,092	0,015	NS	0,024	NS	20,8	21,2
	1 %	0,152	0,024	NS	0,040	NS	34,4	35,1

TABLEAU 9 - Action du chaulage sur la somme et la répartition des cations dans la feuille D entière

Age de la plante (mois)	Traitements	K + Ca + Mg mé % de M. S.	Proportions % de la somme		
			K	Ca	Mg
4	1 - Témoin	134	75	9	16
	4 - 6, 6 t/ha CaO	136	72	14	14
6	1 - Témoin	113	77	7	16
	4 - 6, 6 t/ha CaO	110	73	13	14
8	1 - Témoin	115	73	8	19
	4 - 6, 6 t/ha CaO	119	70	12	18
9	1 - Témoin	95	72	8	20
	4 - 6, 6 t/ha CaO	99	67	14	19

● Effets sur l'azote et le phosphore

L'apport de chaux a un effet dépressif sur ces deux éléments, alors que le sol ne s'enrichit pas en phosphore assimilable : la fraction minérale de l'azote du sol n'a pas été analysée mais théoriquement pour ces deux éléments, le sol n'aurait pu que faiblement s'enrichir. On peut supposer que des feuilles plus riches en calcium absorbent moins bien l'azote et le phosphore. Cependant les niveaux de ces deux éléments restent largement suffisants.

Vis-à-vis du phosphore on observe souvent un antagonisme Ca-P, ou plus exactement Cations-P, mais les résultats obtenus par ailleurs sont contradictoires (MARCHAL). En hydroponique des carences totales en calcium ou en magnésium provoquent une augmentation du phosphore dans les feuilles D. Sur le terrain, dans un essai voisin de celui étudié ici, des apports de doses croissantes de magnésium ont exercé un effet dépressif sur le phosphore. Au Cameroun et en Martinique les effets du potassium varient d'un essai à l'autre.

Par contre pour l'azote, nous n'avons pas encore rencontré un tel cas. Habituellement, il y a plutôt synergie entre ces deux éléments, mais ce sont les apports d'azote qui varient et non ceux de Ca.

● Effets sur les oligo-éléments (tableau 8).

L'absorption du manganèse est réduite par le chaulage en liaison avec l'augmentation de pH du sol. Les variations de teneur en fer sont la résultante probable de l'effet de deux facteurs opposés : l'antagonisme Fe-Mn qui tend à élever les valeurs du fer quand le manganèse diminue (MARCHAL) et l'élévation du pH qui tend à bloquer le fer dans le sol. Cependant, les proportions entre le fer et le manganèse restent dans les limites entre lesquelles aucun des deux éléments ne peut être déficient.

Des dosages de cuivre et de zinc ont montré que le chaulage n'avait pas d'influence sur leurs niveaux foliaires, alors que l'on pouvait s'attendre qu'au moins pour le cuivre il serait dépressif.

CONCLUSION

L'apport de chaux ou de plâtre dans un sol désaturé et acide a modifié certaines caractéristiques chimiques du sol mais n'a eu qu'une faible incidence sur la nutrition de l'ananas. Cela explique que l'application de chaux n'a pas agi sur la croissance du végétal ni sur le rendement du premier cycle de culture. On a seulement noté une légère amélioration de l'acidité du fruit.

Sur le sol, le chaulage a eu pour effet principal d'augmenter très fortement la teneur en calcium et corrélativement d'abaisser l'acidité. Le chaulage a eu également un effet positif en réduisant les pertes par lixiviation du potassium et du magnésium.

Dans les conditions climatiques de Basse Côte d'Ivoire (drainage annuel de l'ordre de

800 mm) la lixiviation du calcium est forte même en culture sur billon recouvert d'un film polyéthylène. Ces pertes représentent de 30 à 40 p. cent de la chaux épandue. L'absence en premier cycle de réponse de l'ananas au chaulage dans un sol pourtant pauvre en calcium: 0,5 mé/100 g de calcium échangeable dans le témoin à la plantation et 0,2 mé/100 g à la fin du cycle, confirme les faibles besoins en calcium de l'ananas. Les études en culture hydroponique réalisées par Renée TISSEAU durant ces dernières années ont en effet montré qu'en culture avec des solutions nutritives carencées en calcium, les symptômes de déficience calcique n'apparaissent que sur des plants de deuxième "génération végétative". Dans l'essai étudié ici les rejets utilisés pour la plantation provenaient de carrés ayant eu une fertilisation calcique. Même sans apport de chaux ou de plâtre les plants ont pu puiser dans ce sol plus de calcium qu'ils n'en avaient besoin pour compléter leur volant de départ. Plusieurs cycles de culture seront donc nécessaires pour conclure définitivement sur la nécessité ou non d'apporter des amendements calciques.

La replantation du deuxième cycle a été faite avec des couronnes prélevées dans l'essai.

Le chaulage même à très forte dose n'a pas eu d'effet dépressif sur la végétation ni apparemment sur la qualité, l'application de chaux éteinte à la dose de 10 t/ha (traitement 4) localisée aux billons, représente un apport effectif de 20 t/ha, sur la partie traitée, ce qui est très élevé dans un sol à texture à dominance sableuse et à capacité de fixation moyenne (7,0 à 7,5 mé/100 g). Une fertilisation potassique et magnésienne suffisante et bien répartie dans le temps n'a pas permis à la compétition entre cations de diminuer dangereusement la nutrition de la plante en ces deux éléments. De même l'azote, le phosphore, le fer et le manganèse n'ont pas été amenés hors de leurs limites acceptables dans la feuille.

Dans les conditions de la pratique courante, les apports ne dépassent pas 1 à 2 t/ha de chaux agricole ou de dolomie. A ces doses leur utilité n'est pas encore prouvée, mais il n'y a aucun effet dépressif à craindre tant que la fertilisation reste par ailleurs équilibrée et bien répartie.

BIBLIOGRAPHIE

- CLAIRON (M.). 1969. Etude expérimentale de l'influence du chaulage sur la mobilité du magnésium et du potassium dans deux types de sols acides.
Bul. AFES, n° 2, 1969, 3-6.
- GODEFROY (J.). 1970. Essai calcium - bore, Anguédédou. Résultats pédologiques RA 1970. doc. 71.
- IACOEUILHE (J.) et GICQUIAUX (Y.). 1970. La nutrition en cations de l'ananas en Martinique.
Fruits, à paraître.
- MARCHAL (J.). Les oligonéléments chez l'ananas.
Fruits, à paraître.
- MARCHAL (J.) et col. Le phosphore chez l'ananas.
Fruits, à paraître.
- MARTIN-PREVEL (P.) et col. 1961-1962. Potassium, calcium et magnésium dans la nutrition de l'ananas en Guinée.
Fruits, vol. 16, n° 2, 3, 4, 7 et 11 ; vol. 17, n° 5,6.
- POIGNANT (A.). 1970. Essai calcium-bore, Côte d'Ivoire.
R.A. 1970, doc. 83.
- TISSEAU (Renée). 1965. Situation des cultures hydroponiques d'ananas.
R.A. 1965, doc. 31.
- TISSEAU (Renée). 1965. Ananas sur hydroponique. Etude de la végétation et du bilan de la consommation d'éléments majeurs.
R.A. 1965, doc. 40.
- TISSEAU (Renée). 1970. Résultats de l'essai calcium-bore en hydroponique.
R.A. 1970, doc. 70.