

# Simulation de l'action du chaulage sur l'évolution du pH et des teneurs en aluminium et en manganèse dans un sol d'alluvions argileuses à montmorillonite.

J. GODEFROY et Micheline DORMOY\*

**SIMULATION OF THE EFFECT OF LIMING ON THE CHANGES IN THE pH AND ALUMINIUM AND MANGANESE CONTENTS IN A MONTMORILLONITE CLAY ALLUVIAL SOIL.**

J. GODEFROY and Micheline DORMOY.

*Fruits*, Dec. 1989, vol. 44, n° 12, p. 629-632.

**ABSTRACT** - The effect of liming on the changes in the pH and exchangeable aluminium and manganese contents is studied *in vitro*, in a clayey soil (montmorillonite and kaolinite) with a high exchange capacity and high acidity. From this simulation it has been estimated that, in the field, a dressing of 9 t/ha of CaO would have to be applied in order to raise the pH by one unit to a depth of 40 cm and rule out any risk of aluminium or manganese toxicity.

**SIMULATION DE L'ACTION DU CHAULAGE SUR L'EVOLUTION DU pH ET DES TENEURS EN ALUMINIUM ET EN MANGANESE DANS UN SOL D'ALLUVIONS ARGILEUSES A MONTMORILLONITE.**

J. GODEFROY et Micheline DORMOY.

*Fruits*, Dec. 1989, vol. 44, n° 12, p. 629-632.

**RESUME** - L'action du chaulage sur l'évolution du pH et des teneurs en aluminium et manganèse échangeables est étudiée *in vitro*, dans un sol argileux (montmorillonite et kaolinite) à capacité d'échange et à acidité élevées. Cette simulation permet d'estimer à 9 t/ha la quantité de CaO qu'il faudrait apporter au champ pour accroître le pH d'une unité sur 40 cm de profondeur et éliminer tout risque de toxicités aluminique et manganique.

## INTRODUCTION

Les sols d'alluvions argileuses (montmorillonite dominante et kaolinite) du sud de la Martinique sont intrinsèquement riches en calcium et en magnésium avec des pH proches de la neutralité.

Après plusieurs décennies de culture bananière on observe une acidification des terres avec des pH, fréquemment, de l'ordre de 4,0 à 4,5. Cette baisse des pH est en relation avec les pratiques culturales : fertilisation minérale et irrigation. Compte tenu de la richesse des sols en Ca et Mg, la fumure est, en effet, réduite à des apports d'engrais N, P, K, dans lesquels la forme de l'azote était souvent dans le passé uniquement le sulfate d'ammonium. Les quantités d'azote appliquées varient d'une plantation à l'autre entre 300 et 500 kg/ha/an de N soit 650 à 1 100 kg d'urée ou 1 500 à 2 500 kg de sulfate d'ammonium.

Théoriquement, pour neutraliser l'acidification des engrais azotés il faut : 110 kg de CaCO<sub>3</sub> pour 100 kg de sulfate d'ammonium ; 84 kg pour 100 kg d'urée ; 59 kg pour 100 kg de nitrate d'ammonium (DUTHIL, 1970).

Les questions posées par les professionnels sont de savoir si ces terres justifient des apports de chaux afin de « relever » les pH et dans l'affirmative quelles quantités ? Une réponse à la première question peut être donnée en se basant sur les analyses de sol (Ca, Mg, K, Al, Mn, pH) et le diagnostic foliaire, à défaut de pouvoir se référer à des expérimentations au champ. La réponse à la deuxième question peut être extrapolée d'après une simulation, *in vitro*, d'apports de chaux sur l'évolution du pH et les teneurs en aluminium et en manganèse échangeables.

## CONDITIONS EXPERIMENTALES

Le sol prélevé dans une parcelle de la plantation Simon, commune du François, a une texture argileuse (argile : 53 p. 100, limon : 32 p. 100, sable : 15 p. 100) et une teneur en matière organique de 3,2 p. 100. La densité apparente est de 1,0 et le pH est fortement acide (4,3).

\* - J. GODEFROY - IRFA/CIRAD - B.P. 5035 - 34032 Montpellier Cedex 01.  
Micheline DORMOY - IRFA/CIRAD - B.P. 153 - 97202 Fort-de-France Cedex

Après homogénéisation de la terre par une dizaine de passages dans un diviseur-échantillonneur, on pèse 30 aliquotes de 200 g réparties en 10 lots de 3. Le premier lot constitue le témoin ; les 9 autres sont enrichis avec des doses croissantes de chaux caritan équivalentes en CaO à : 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1 000, 1 200 et 1 400 milligrammes. Ces quantités ont été calculées pour simuler des apports de : 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24 et 28 t/ha de CaO, mélangés à 40 cm de sol. La chaux caritan, exploitée localement, est sous forme de carbonate dont la teneur en CaO est de 40 à 45 p. 100 (43,5 p. 100 pour celle utilisée dans cette expérimentation).

Le mélange de la chaux avec la terre est effectué dans des flacons de un litre avec un agitateur rotatif (4 heures) puis mis dans des bacs en plastique de 840 cm<sup>3</sup> (L : 14 cm, l : 10 cm, h : 6 cm).

On fait subir aux échantillons des alternances d'humidification (100 ml d'eau distillée pour 200 g de terre) et de dessiccation à l'air, dans les conditions du laboratoire. Six humidifications ont ainsi été faites sur une période de 4 mois. La terre se prenant en masse, il est nécessaire de «l'émietter» et de la «remélanger» avec une spatule après chaque dessiccation.

Les analyses suivantes sont effectuées en fin d'expérimentation :

- pH sur pâte de sol saturé d'eau (laboratoire IRFA-Martinique)
- cations échangeables : Ca, Mg, K, Na extraits à l'acétate d'ammonium 1 N à pH : 7,0 (laboratoire IRFA)
- cations échangeables : Ca, Mg, K, Na, Al, Mn, H extraits au chlorure de cobaltihexamine ainsi que la capacité d'échange cationique (CEC) mesurée par dosage du cobalt fixé sur le complexe absorbant (laboratoire CIRAD-Montpellier)
- sur le témoin, aluminium échangeable extrait au KCl 1 N (laboratoire CIRAD).

L'intérêt de la méthode au chlorure de cobaltihexamine est, d'une part de pouvoir doser Al et Mn dans le même extrait que les cations basiques (coût moindre des analyses), d'autre part de mesurer la CEC à un pH voisin de celui du sol et non à pH : 7,0 comme dans la méthode de l'acétate d'ammonium.

Pour les diverses caractéristiques analysées, les trois répétitions d'un même traitement donnent des valeurs très voisines. Tous les résultats ci-dessous (figures et tableaux) sont les moyennes de trois échantillons.

## RESULTATS

### pH.

Les valeurs des pH sont sensiblement proportionnelles aux apports de chaux (figure 1). Pour augmenter le pH d'une unité, il faut 450 mg de CaO pour 200 g de terre soit 9 tonnes de CaO par hectare si l'on voulait élever le pH du sol de 4,3 (témoin) à 5,3 sur une profondeur de 40 cm (6,75 t pour 30 cm ou 4,5 t pour 20 cm). Avec de la chaux caritan, il faudrait donc apporter 20 t/ha (40 cm) ou 15 t (30 cm).

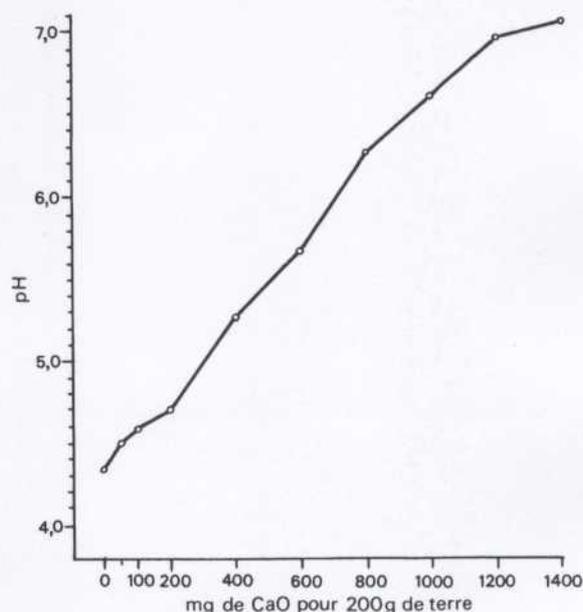


Figure 1 - EVOLUTION DU pH EN FONCTION DU CHAULAGE.

### Aluminium.

Les deux méthodes d'extraction de l'aluminium échangeable (cf. ci-dessus) effectuées sur le sol non chaulé (témoin) donnent des teneurs moyennes comparables : 1,25 mé/100g (extraction à KCl 1 N) et 1,33 mé (extraction au  $\text{Co}(\text{NH}_3)_6 \text{Cl}_3$ ). D'après KAMPRATH cité par BOYER, 1976, il n'y a pas de risque de toxicité aluminique pour la majorité des plantes cultivées, lorsque le rapport  $m = \text{Al}/(\text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na})$  est inférieur à 10 p. 100. La teneur en aluminium dans le sol témoin est très inférieure à ce seuil ( $m = 3,3$  p. 100). Lors de l'enquête-diagnostic effectuée en 1986 par B. DELVAUX dans 7 parcelles de la même plantation, la valeur observée la plus élevée était de 6 p. 100.

Les teneurs en aluminium diminuent avec le chaulage ; la courbe d'évolution est de type exponentiel (figure 2). L'aluminium devient nul pour un enrichissement en CaO de 600 mg qui équivaut à un apport de 12 t/ha de CaO enfouis dans les 40 premiers centimètres. La courbe d'évolution de Al en fonction du pH (figure 3) est identique à la précédente. Au dessus de pH 5,0, la teneur en Al est très faible (< 0,2 mé/100 g). Ces courbes sont tout à fait «classiques» et comparables à celles observées dans les essais de chaulage effectués dans un sol ferrallitique (GODEFROY et LA-COEUILHE, 1976) et dans un sol tourbeux (GODEFROY et LASSOUDIÈRE, 1978).

### Manganèse.

La teneur est faible (témoin : 1,0 mé/100 g) surtout compte tenu de la richesse du sol en cations alcalino-terreux : rapport  $\text{Mn}/(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}) = 2,5$  p. 100.

L'évolution du manganèse échangeable, en fonction du chaulage ou du pH du sol est identique à celle de l'alumi-

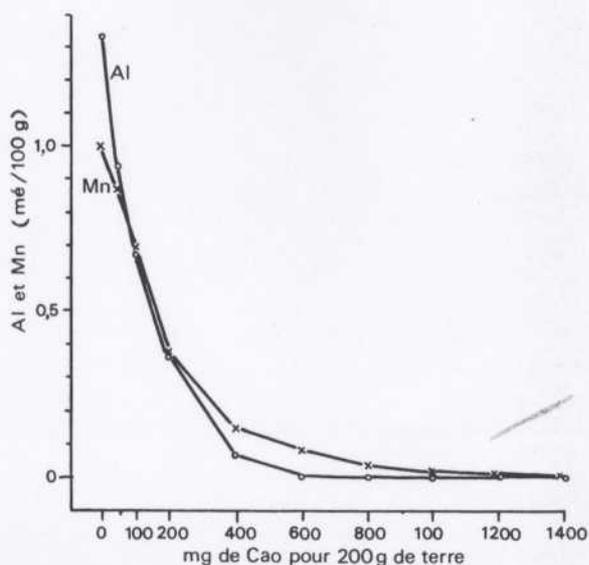


Figure 2 - EVOLUTION DE L'ALUMINIUM ET DU MANGANESE ECHANGEABLES EN FONCTION DU CHAULAGE.

nium (figures 2 et 3).

**Calcium.**

Les teneurs en Ca augmentent avec les apports de chaux (figure 4). La méthode d'extraction au chlorure de cobaltihexamine donne des valeurs plus faibles que l'extraction à l'acétate d'ammonium 1 N, surtout aux apports de chaux élevés. Sur les courbes de la figure 4 on observe, en effet, que les écarts entre les quantités de calcium apportées (droites en traits discontinus) et le Ca déplacé par les réactifs d'extraction (courbes en traits continus) augmentent avec les doses de chaux, à partir d'un enrichissement en

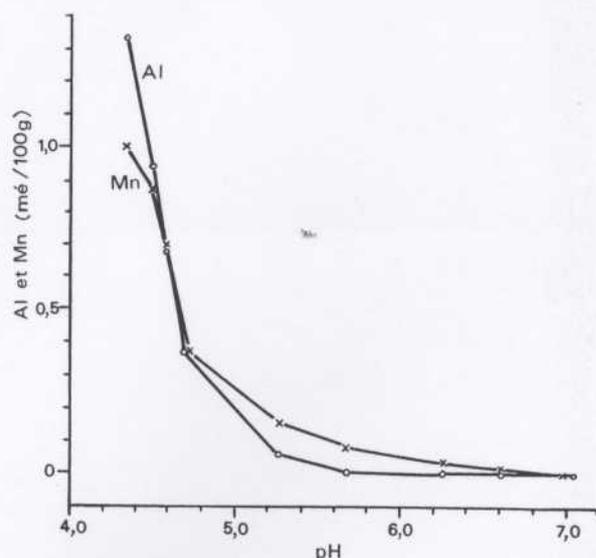


Figure 3 - EVOLUTION DE L'ALUMINIUM ET DU MANGANESE ECHANGEABLES EN FONCTION DU pH.

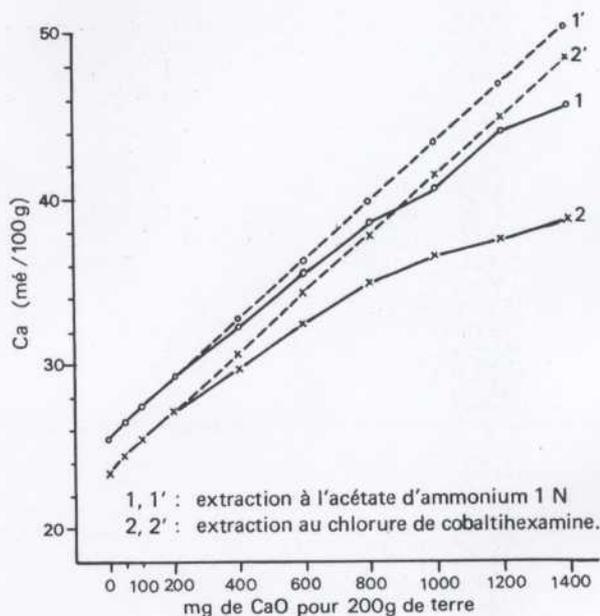


Figure 4 - EVOLUTION DU CALCIUM ECHANGEABLE EN FONCTION DU CHAULAGE (—) ET DU Ca DU TEMOIN + APPORTS (---)

Ca supérieur à 4 mé/100 g. Aux chaulages élevés (> 5 t/ha de CaO), une fraction du calcium est spécifiquement adsorbée.

**Magnésium.**

Le chaulage n'a pas d'action nette sur l'évolution de Mg (tableau 1).

**Potassium**

Les apports de chaux diminuent très faiblement les teneurs en K échangeables : -8 p. 100 entre le témoin et le sol le plus enrichi en chaux.

**Capacité d'échange cationique.**

Les apports de chaux augmentent la CEC (maximum + 18 p. 100). Cet accroissement est dû à la présence de minéraux à charges variables (kaolinite) et à la dissociation, avec l'augmentation du pH, de groupements fonctionnels (COOH et OH) des composés humiques.

**CONCLUSION**

Comme on pouvait le prévoir, dans ce sol argileux à capacité d'échange cationique élevée, une augmentation significative du pH nécessiterait des chaulages très abondants. D'après la simulation réalisée en laboratoire, pour accroître le pH d'une unité sur 40 cm de profondeur de sol, il faudrait apporter de l'ordre de 9 t/ha de CaO, soit 20 t de chaux caritan à 45 p. 100 de CaO ou 15 t pour une profondeur de 30 cm seulement. Ces quantités permet-

TABLEAU 1 - Complexe d'échange (extraction au chlorure de cobaltihexamine) et pH (sur pâte saturée d'eau).

Mg de CaO pour 200 g de terre	Témoin	50	100	200	400	600	800	1 000	1 200	1 400
Ca (mé/100 g)	23,4	24,5	25,2	27,0	29,8	32,4	34,7	36,4	37,4	38,6
Mg (mé/100 g)	11,6	11,7	11,7	11,7	11,9	11,6	11,4	11,1	11,2	10,7
K (mé/100 g)	4,0	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Na (mé/100 g)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Al (mé/100 g)	1,33	0,94	0,68	0,37	0,06	0	0	0	0	0
Mn (mé/100 g)	1,00	0,87	0,69	0,37	0,15	0,08	0,03	0,01	0	0
H (mé/100 g)	0,17	0,13	0,09	0,06	0,02	0	0	0	0	0
CEC (mé/100 g)	44,5	45,4	45,9	46,3	48,2	49,2	51,3	51,5	52,7	52,5
pH	4,3	4,5	4,6	4,7	5,3	5,7	6,3	6,6	7,0	7,1

traient d'éliminer la présence d'aluminium et de manganèse échangeables, formes que l'on peut considérer comme toxiques pour les plants quand les teneurs sont excessives.

Dans l'état actuel de fertilité des sols de bananeraies de la région étudiée, des chaulages aussi abondants ne peuvent pas être conseillés. D'une part, le coût serait prohibitif, d'autre part, il faudrait démontrer, auparavant, par des expérimentations en champ, qu'il existe un problème de toxicité aluminique et/ou manganique, ce qui reste à prouver.

Pour le moment, la recommandation que l'on peut donner est d'utiliser les engrais azotés sous des formes les moins acidifiantes : nitrate d'ammonium ou urée et exclure le sulfate d'ammonium. Si le prix n'était pas aussi élevé, le nitrate de potassium serait intéressant car il est faiblement neutralisant (100 kg sont équivalents à 25 kg de CaCO<sub>3</sub>).

Il serait utile de faire une enquête exhaustive de l'état de la fertilité des sols dans des bananeraies du sud de la Martinique afin de juger de l'importance du « problème » d'acidification des terres évoqué par les professionnels.

#### BIBLIOGRAPHIE

BOYER (J.). 1976.

L'aluminium échangeable : incidences agronomiques, évaluation et correction de sa toxicité dans les sols tropicaux.  
Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., XIV (4), 259-269.

DUTHIL (J.). 1970.

Eléments d'écologie et d'agronomie.  
Editions J.B. Baillière et Fils, Tome 1, 385 p.

GODEFROY (J.) et LACOEUILHE (J.J.). 1976.

Effets du chaulage sur la culture de l'ananas dans un sol ferrallitique fortement désaturé.  
Fruits, 31 (10), 603-615.

GODEFROY (J.) et LASSOUDIÈRE (A.). 1978.

Action du chaulage sur les caractéristiques physico-chimiques et la productivité d'un sol tourbeux en culture bananière.  
Fruits, 33 (2), 77-90.

SIMULATION DER EINFLUSSNAHME DER KALKUNG AUF DIE ENTWICKLUNG DES pH-WERTES UND DER ALUMINIUM- UND MANGANANTEILE IN EINEM TONIGEN ALLUVIALBODEN MIT MONTMORILLONIT

J. GODEFROY und Micheline DORMOY.

Fruits, Dec. 1989, vol. 44, n° 12, p. 629-632.

KURZFASSUNG - Der Einfluss des Kalkens auf den pH-Wert und die austauschbaren Aluminium- und Mangananteile wird *in vitro* in einem Tonboden (Montmorillonit) und Kaolinit) mit hoher Austauschkapazität und starker Azidität untersucht. Im Zuge dieser Simulation wurde die CaO-Menge geschätzt, die notwendig ist, um den pH-Wert im Feld um eine Einheit bis zu 40 cm Tiefe zu steigern, und zwar auf 9 t/ha. Gleichzeitig würde jegliche Gefahr der Aluminium- und Manganvergiftung ausgeschaltet.

SIMULACION DE LA ACCION DEL ENCALADO SOBRE LA EVOLUCION DEL PH Y DE LOS CONTENIDOS EN ALUMINIO Y EN MANGANESO EN UN SUELO DE ALUVIONES ARCILLOSOS CON MONTMORILLONITA.

J. GODEFROY y Micheline DORMOY.

Fruits, Dec. 1989, vol. 44, n° 12, p. 629-632.

RESUMEN - Se estudia *in vitro* la acción del encalado sobre la evolución del pH y de los contenidos en aluminio y manganeso intercambiables, en un suelo arcilloso (montmorillonita y caolinita) con capacidad de intercambio y con acidez elevadas. Esta simulación permite estimar a 9 t/ha la cantidad de CaO que haría falta aportar al campo para acrecentar el pH de una unidad sobre 40 cm de profundidad y eliminar cualquier riesgo de toxicidades aluminica y manganica.

