

Simulation de l'action du chaulage sur le pH et les teneurs en aluminium et en manganèse dans un ferrisol de Martinique.

J. GODEFROY et Micheline DORMOY*

avec la collaboration technique de C. ODINAT et de E. ROSALIE

SIMULATION OF THE EFFECT OF LIMING ON THE pH AND THE ALUMINIUM AND MANGANESE IN A FERRISOL IN MARTINIQUE.

J. GODEFROY and Micheline DORMOY.

Fruits, May-Jun. 1990, vol. 45, n° 3, p. 219-222.

ABSTRACT - *In vitro* simulation by the incubation of lime-enriched soil showed that 7.7 t/ha of CaO would be required to increase the soil pH from 4.2 to 5.2 to a depth of 40 cm (or 5.8 t/ha to a depth of 30 cm). The pH must be raised to 5.0 to prevent any risk of aluminium or manganese toxicity. These results obtained with soil sampled in a ferrisol are very similar to those observed in the clayey alluvium to montmorillonite soil previously observed.

SIMULATION DE L'ACTION DU CHAULAGE SUR LE pH ET LES TENEURS EN ALUMINIUM ET EN MANGANESE DANS UN FERRISOL DE MARTINIQUE.

J. GODEFROY et Micheline DORMOY.

Fruits, May-Jun. 1990, vol. 45, n° 3, p. 219-222.

RESUME - Une simulation effectuée, *in vitro*, par incubation de terre enrichie en chaux, permet d'estimer à 7,7 t/ha la quantité de CaO qu'il faudrait apporter pour accroître le pH du sol de 4,2 à 5,2 sur 40 cm de profondeur (ou 5,8 t/ha sur 30 cm).

Pour éliminer tout risque de toxicités aluminique et manganique il faut élever le pH à 5,0.

Ces résultats obtenus avec de la terre prélevée dans un ferrisol sont très comparables à ceux observés avec le sol d'alluvions argileuses à montmorillonite étudié précédemment.

INTRODUCTION

Une des caractéristiques des sols des bananeraies de la région sud de la Martinique est leur acidité élevée. Une enquête récente (décembre 1989) effectuée par B. DELVAUX sur un échantillon de 58 parcelles choisies sur 22 plantations montre en effet que les pH varient de 3,7 à 4,6, dont 83 p. 100 \leq 4,2. Cette acidification des terres est une conséquence des pratiques de la fertilisation, laquelle est, généralement, réduite à des épandages d'engrais azotés, potassiques et phosphatés, sans apports d'amendements calciques ou calco-magnésiens pour neutraliser l'action acidifiante des engrais azotés.

On précisera que le terme de ferrisol utilisé par l'auteur de la carte pédologique de Martinique, désigne des sols à évolution ferrallitique contenant des hydroxydes de fer fortement individualisés, renfermant, généralement, une faible proportion de minéraux altérables dans les sables et

dont l'évolution de la fraction argileuse vers la kaolinite est plus ou moins poussée (COLMET-DAAGE, LAGACHE, 1965).

Le but de cette simulation est d'estimer les quantités de chaux qu'il faudrait appliquer si l'on voulait élever le pH du sol à une valeur donnée. Une étude identique a été faite, récemment, sur les sols d'alluvions argileuses à montmorillonite (GODEFROY et DORMOY, 1989).

Nous étudierons, également, les variations des teneurs en aluminium et en manganèse échangeables en fonction des chaulages et des pH.

CONDITIONS EXPERIMENTALES

La terre, prélevée dans l'horizon supérieur d'un ferrisol, a une texture argileuse (argile = 53 p. 100, limon = 29 p. 100, sable = 18 p. 100), une densité apparente de 1,25 et une teneur en matière organique de 2,3 p. 100 (tableau 1). Du point de vue minéralogique, l'analyse de la fraction argileuse par diffraction des rayons X ne révèle la présence que de kaolinite. Bien que la teneur en cations échangea-

* - J. GODEFROY - IRFA/CIRAD, B.P. 5035 - 34032 MONTPELLIER Cedex 01.
DORMOY - IRFA/CIRAD - B.P. 153 - 97202 FORT-DE-FRANCE (Martinique).

TABLEAU 1 - Matière organique et granulométrie *.

Matière organique (p. 1000)				Granulométrie (p. 100)				
C	M.O.	N	C/N	argile	limon fin	limon grossier	sable fin	sable grossier
13,6	23,4	1,26	11	53	19	10	11	7

* ferrisol prélevé dans une parcelle de la plantation GRAND-FOND, commune du François en Martinique.

bles alcalino-terreux (S) soit moyenne (7,7 mé/100 g) et que le complexe d'échange soit faiblement désaturé ($\frac{S}{CEC}=0,71$), le pH est très fortement acide (4,2).

Après une bonne homogénéisation de la terre tamisée à 2 mm, 30 aliquotes de 200 g sont réparties en 10 lots de 3 échantillons. Le premier lot constitue le témoin non chaulé ; les 9 autres sont enrichis avec des doses croissantes de chaux caritan, équivalentes en CaO à : 40, 80, 160, 240, 320, 480, 640, 800 et 960 milligrammes. Ces quantités ont été calculées pour simuler des apports de : 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20 et 24 t/ha de CaO, mélangés au sol sur une profondeur de 40 cm. La chaux caritan, exploitée localement, est sous forme de carbonate dont la teneur en CaO est de 40 à 45 p. 100 (42,2 p. 100 pour celle utilisée dans cette expérimentation). Les échantillons enrichis ainsi que le témoin sont mis en incubation à la température ambiante (26°C en moyenne) et on leur fait subir 4 cycles d'alternance d'humidification (50 p. 100) et de dessiccation à l'air, sur une période de 4 semaines.

Le protocole détaillé des conditions expérimentales : mélange de la chaux à la terre, conduite des incubations, etc., est le même que celui de l'étude sur les sols d'alluvions argileuses, déjà mentionnée.

Les analyses suivantes sont faites en fin d'expérimentation :

- pH sur pâte de terre saturée d'eau (IRFA-Martinique) ;
- cations échangeables : Ca, Mg, K, Na, extraits à l'acétate d'ammonium 1 N à pH = 7,0 (IRFA) ;
- cations échangeables : Ca, Mg, K, Na, Al, Mn, H⁺, extraits au chlorure de cobaltihexamine, ainsi que la capacité d'échange cationique (CEC) mesurée à un pH voisin de celui du sol (CIRAD-Montpellier) ;
- sur le témoin et le traitement avec la dose de chaux la plus faible : aluminium échangeable extrait au chlorure de potassium 1N (CIRAD).

On précisera que pour les divers caractères étudiés, les 3 répétitions d'un même traitement donnent des valeurs très comparables. Les résultats présentés (tableaux et figures) sont les moyennes des 3 échantillons de chaque lot.

RESULTATS

pH.

Les valeurs des pH augmentent avec l'accroissement

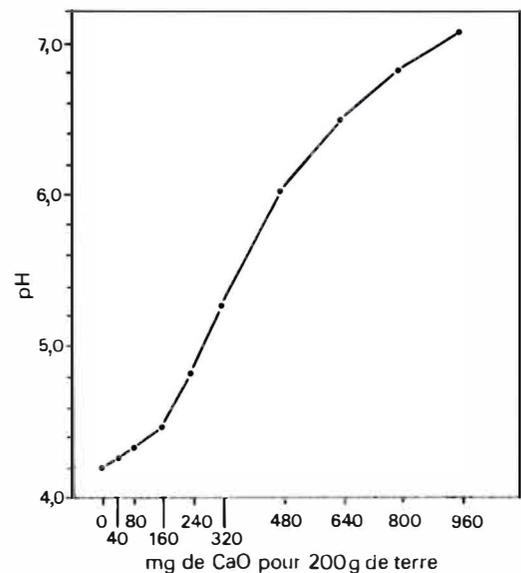


FIG. 1 * EVOLUTION DU pH EN FONCTION DU CHAULAGE.

des apports de chaux mais la courbe d'évolution : pH = f(CaO) peut se décomposer en 3 segments de droite : de pH 4,2 à pH 4,4 : croissance lente ; de pH 4,4 à pH 6,0 : croissance rapide qui se ralentit au-delà du pH 6,0 (figure 1).

Pour élever le pH d'une unité de 4,2 à 5,2 sur une profondeur de 40 cm, il faudrait apporter 7,7 t/ha de CaO (ou 5,8 t sur 30 cm) soit 18 t/ha de chaux caritan à 42,5 p. 100 de CaO. Dans l'hypothèse où l'on voudrait neutraliser le sol (pH 7,0), mais cela ne présenterait aucun intérêt, il faudrait appliquer 54 t/ha de chaux caritan ...

Aluminium.

Les teneurs en aluminium échangeable de la terre (témoin) sont de 1,43 mé/100 g avec l'extraction au chlorure de cobaltihexamine (pH = 4,0) et de 1,57 avec l'extraction au chlorure de potassium 1N (pH = 3,85). Pour le traitement «1» (enrichissement avec 40 mg de CaO), Al = 1,17 (cobaltihexamine) et 1,13 mé/100 g (C1K). Les deux méthodes donnent donc des valeurs du même ordre de grandeur.

Les courbes d'évolution de l'aluminium en fonction du chaulage ou du pH sont tout à fait comparables (figures 2 et 3). Pour éliminer toute présence de Al sur le complexe d'échange, il faudrait élever le pH à 6,0 et pour cela appli-

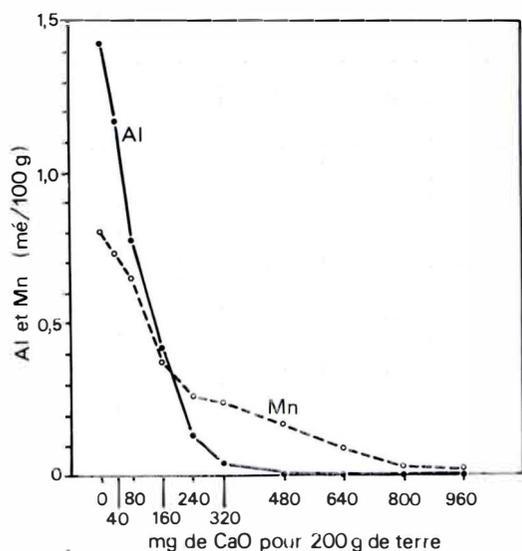


FIG. 2 * EVOLUTION DE L'ALUMINIUM ET DU MANGANESE ECHANGEABLES EN FONCTION DU CHAULAGE.

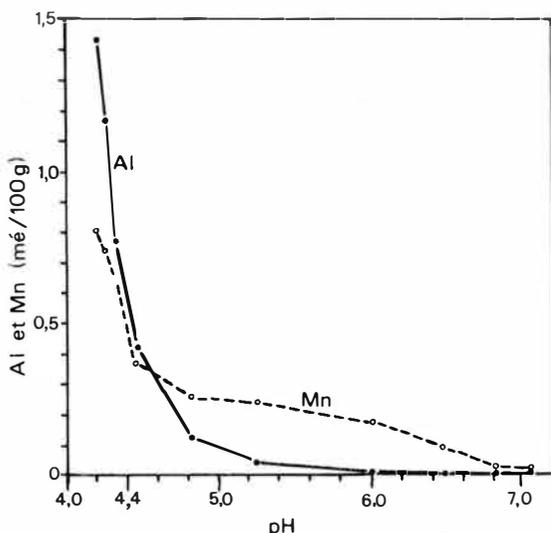


FIG. 3 * EVOLUTION DE L'ALUMINIUM ET DU MANGANESE ECHANGEABLES EN FONCTION DU pH.

quer 12 t/ha de CaO (28 t de chaux caritan). Mais, d'un point de vue agronomique, les risques de toxicité aluminique sont nuls lorsque le pH est $\geq 5,0$; à ce pH Al = 0,1 mé/100 g.

Manganèse.

Les courbes d'évolution du manganèse échangeable en fonction du chaulage et de l'acidité du sol (figures 2 et 3) sont comparables à celles de l'aluminium à la différence près que Mn échangeable ne devient nul qu'à un pH de 7,0.

Calcium.

Les teneurs en Ca échangeable croissent avec les doses

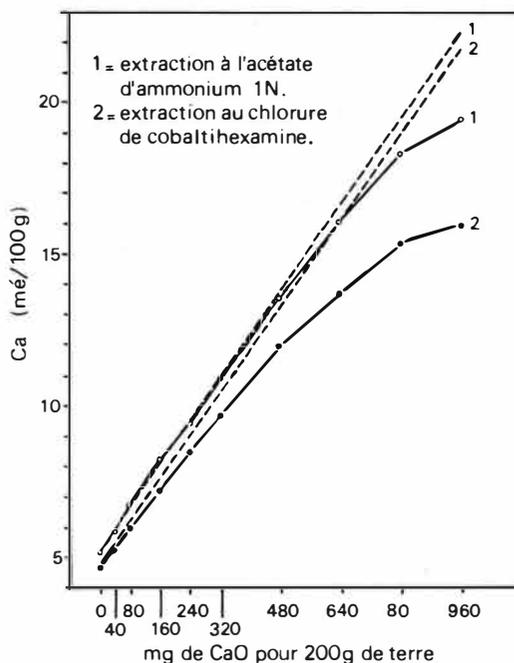


FIG. 4 * EVOLUTION DU CALCIUM ECHANGEABLE EN FONCTION DU CHAULAGE (—), Ca DU TÊMOIN + APPORTS (----).

de chaux mais aux forts enrichissements une partie du calcium apporté n'est plus échangée avec les cations des réactifs d'extraction utilisés (figure 4). Les écarts entre Ca apporté (traits discontinus) et Ca échangeable (traits continus) sont beaucoup plus importants avec la méthode au chlorure de cobaltihexamine qu'avec celle à l'acétate d'ammonium. Aux chaulages abondants une fraction du calcium est spécifiquement adsorbée (FALLAVIER *et al.*, 1988).

Magnésium.

Les chaulages ont peu d'effets sur les teneurs en Mg échangeable (tableau 2). La méthode au chlorure de cobaltihexamine donne des valeurs très légèrement plus faibles que celle à l'acétate d'ammonium (2,2 et 2,3 mé/100 g).

Potassium.

Aux apports de chaux très élevés (> 8 t/ha de CaO), la fraction de K échangeable diminue faiblement (0,75 à 0,70 mé/100 g). Comme il est bien connu, la méthode au chlorure de cobaltihexamine extrait moins de K^+ que celle à l'acétate d'ammonium mais, dans ce sol, les écarts sont faibles : 0,75 à 0,85 mé/100 g (- 12 p. 100).

Capacité d'échange cationique.

Les chaulages augmentent la capacité d'échange du complexe adsorbant dont la valeur croît de 10,8 mé/100 g dans la terre non enrichie (témoin) à 16,6 mé/100 g pour le traitement à enrichissement en Ca maximal (960 mg/200 g de terre, équivalent à 24 t/ha de CaO). Cet accroissement est dû à la présence de minéraux (kaolinite) à charges variables en fonction du pH, lequel augmente de 4,2 à 7,1

TABLEAU 2 - Complexe d'échange* et pH**.

Mg de CaO pour 200 g de terre	témoin	40	80	160	240	320	480	640	800	960
Ca (mé/100 g)	4,6	5,3	5,9	7,2	8,4	9,7	11,9	13,7	15,3	15,9
Mg "	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9
K "	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70
Na "	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,12
Al "	1,43	1,17	0,77	0,42	0,13	0,04	0	0	0	0
Mn "	0,81	0,74	0,65	0,38	0,26	0,24	0,17	0,09	0,03	0,02
H ⁺ "	0,21	0,17	0,14	0,10	0,06	0,03	0	0	0	0
CEC "	10,8	11,7	11,5	11,8	12,4	13,5	14,4	15,5	16,9	16,6
pH "	4,2	4,3	4,3	4,5	4,8	5,3	6,0	6,5	6,8	7,1

* - extraction au chlorure de cobaltihexamine.

** - sur pâte de terre saturée d'eau.

et à la dissociation de groupements fonctionnels (COOH et OH) de la matière organique.

CONCLUSION

Le comportement de ce ferrisol quant à l'action du chaulage sur le pH du sol et les teneurs en aluminium ou en manganèse échangeables est très voisin de celui observé dans le sol d'alluvions argileuses à montmorillonite étudié précédemment (GODEFROY et DORMOY, 1989), bien que leurs capacités d'échanges cationiques soient très différentes : 11 mé/100 g dans le ferrisol, 45 mé/100 g dans les alluvions argileuses. Ces deux sols ont la même teneur quantitative en argile (53 p. 100) mais la composition minéralogique est différente : kaolinite seule dans le ferrisol, montmorillonite (dominante) et kaolinite dans le sol d'alluvions.

D'après les simulations réalisées en laboratoire, pour élever le pH d'une unité il faudrait enfouir sur 40 cm de terre 7,7 t/ha de CaO dans le ferrisol (densité apparente

= 1,25) et 9 t dans le sol d'alluvions (densité apparente = 1,00). Ces quantités correspondent en chaux caritan à 42,5 p. 100 de CaO, extraite localement, à 18 et 21 t/ha (ou 13,5 et 15,8 t sur 30 cm de profondeur), soit des chaulages du même ordre de grandeur. Ces quantités sont, en fait, sous-estimées car la simulation effectuée est réalisée en «cycle fermé». Dans les conditions réelles de plein champ, il faudrait compter avec la lixiviation d'une partie de la chaux appliquée.

Dans les deux classes de sol, à des pH \geq 5,0 les teneurs en aluminium et en manganèse échangeables sont très faibles et les risques de toxicité sont nuls.

Compte tenu du pouvoir tampon élevé du sol et des quantités de chaux qu'il faudrait apporter pour modifier les pH significativement, une politique de réduction de l'acidification des terres ne peut être menée que sur le long terme. L'augmentation des pH et la profondeur de la couche de terre amendée peuvent être réalisées, progressivement, sur plusieurs années.

BIBLIOGRAPHIE

- COLMET-DAAGE (F.) et LAGACHE (P.). 1965.
Caractéristiques de quelques groupes de sols dérivés de roches volcaniques aux Antilles françaises.
Cahiers ORSTOM, sér. pédol., vol. III, n° 2, p. 91-121.
- FALLAVIER (P.), BABRE (D.), AVENTURIER (A.), BARTOLI (F.) et PHILIPPY (R.). 1988.
Caractérisation et évolution du statut de l'aluminium des sols tropicaux acides.
C.R. d'ATP - CIRAD-CNRS Nancy, sept., 104 pages.
- GODEFROY (J.) et DORMOY (Micheline). 1989.
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.
Fruits, dec. 1989, 44 (12), 629-632.

SIMULACION DE LA ACCION DEL ENCALADO SOBRE EL pH Y LOS CONTENIDOS EN ALUMINIO Y EN MANGANESO EN UN FERRISOL DE MARTINICA.

J. GODEFROY y Micheline DORMOY.

Fruits, May-Jun. 1990, vol. 45, n° 3, p. 219-222.

RESUMEN - Una simulación efectuada *in vitro* por incubación de tierra enriquecida en cal, permite estimar en 7,7 t/ha la cantidad de CaO que sería necesario aportar para acrecentar el pH del suelo de 4,2 a 5,2 sobre 40 cm de profundidad (o 5,8 t/ha sobre 30 cm). Para eliminar cualquier riesgo de toxicidades aluminica y mangánica es necesario elevar el pH a 5,0. Estos resultados obtenidos con tierra tomada en un ferrisol son muy comparables a los observados con el suelo de aluviones arcillosos con montmorillonita estudiado precedentemente.

