

# L'état de fertilité du complexe absorbant des sols du plateau manganésifère d'Okouma (Gabon)

A. EDOU-MINKO<sup>1</sup>, S. Emane MBA<sup>2</sup> et F. EBA<sup>2</sup>

(1) Université des Sciences et Techniques de Masuku

(2) Université Omar Bongo - ENS

## Introduction

Le plateau d'Okouma (figure 1) s'inscrit dans un carré compris entre 113°10' et 13°15' de longitudes est et 1°25' et 11°30' de latitude sud. Il est soumis à un climat équatorial de transition australe de la région sud-est du Gabon (Haut-Ogooué et Ogooué-Lolo) avec trois mois de saison sèche et 1600 mm à 1900 mm de pluviométrie.

L'étude des profils d'altération du plateau d'Okouma, implantés sur les ampélites manganésifères, sur les pélites et sur les grès de la série du francevillien, permet de différencier trois grands ensembles :

- 1) l'ensemble argilo-sableux de surface renfermant ou non des pisolithes, qui se termine en surface par un horizon humifère ;
- 2) un ensemble à blocs de cuirasse et plaquettes manganésifères, et parfois à outils archéologiques, emballés dans une matrice argilo-sableuse ;

3) un ensemble d'altération.

La composition minéralogique de l'ensemble argilo-sableux de surface renfermant des pisolithes ou non est : la gibbsite, la goethite, la métahalloysite, la kaolinite, l'anatase et le quartz. Le manganèse ne présente pas de faciès cristallin bien défini, mais se présente sous forme de produits amorphes ?

Dans la fraction fine des horizons de surface, le fer et l'alumine ont des teneurs relativement élevées ; ils représentent respectivement 15 et 32 % dans les sols sur ampélites manganésifères. Dans certaines conditions de pH le manganèse passe à l'état ionique  $Mn^{2+}$  et l'aluminium à l'état  $Al^{3+}$  qui sont des formes échangeables et peuvent provoquer une toxicité des sols. Cette note présente les résultats de l'étude sur la fertilité du complexe absorbant des sols du plateau d'Okouma.

## Matériel et méthodes

Les échantillons de sol analysés ont été prélevés sur différents profils implantés sur le plateau d'Okouma à des profondeurs variant de 0 à 40 cm.

Les analyses de pH ont été réalisées au laboratoire de pédologie à l'université des

Sciences et Techniques de Masuku. La mesure du  $pH_{H_2O}$  s'est faite sur 10 g de sol mélangés à 25 ml d'eau distillée. Celle du  $pH_{KCl}$  sur 10 g de sol mélangés à 25 ml de KCl M.

La granulométrie de la fraction fine des sols ( $< \mu 2m$ ) a été obtenue au laboratoire de sédimentologie du CEREG.

La détermination de la capacité d'échange cationique a été réalisée à l'INRA d'Arras. Le dosage des bases échangeables a été effectué

après extraction à l'acétate d'ammonium ; l'aluminium et le manganèse échangeable après extraction à la cobaltihexamine.

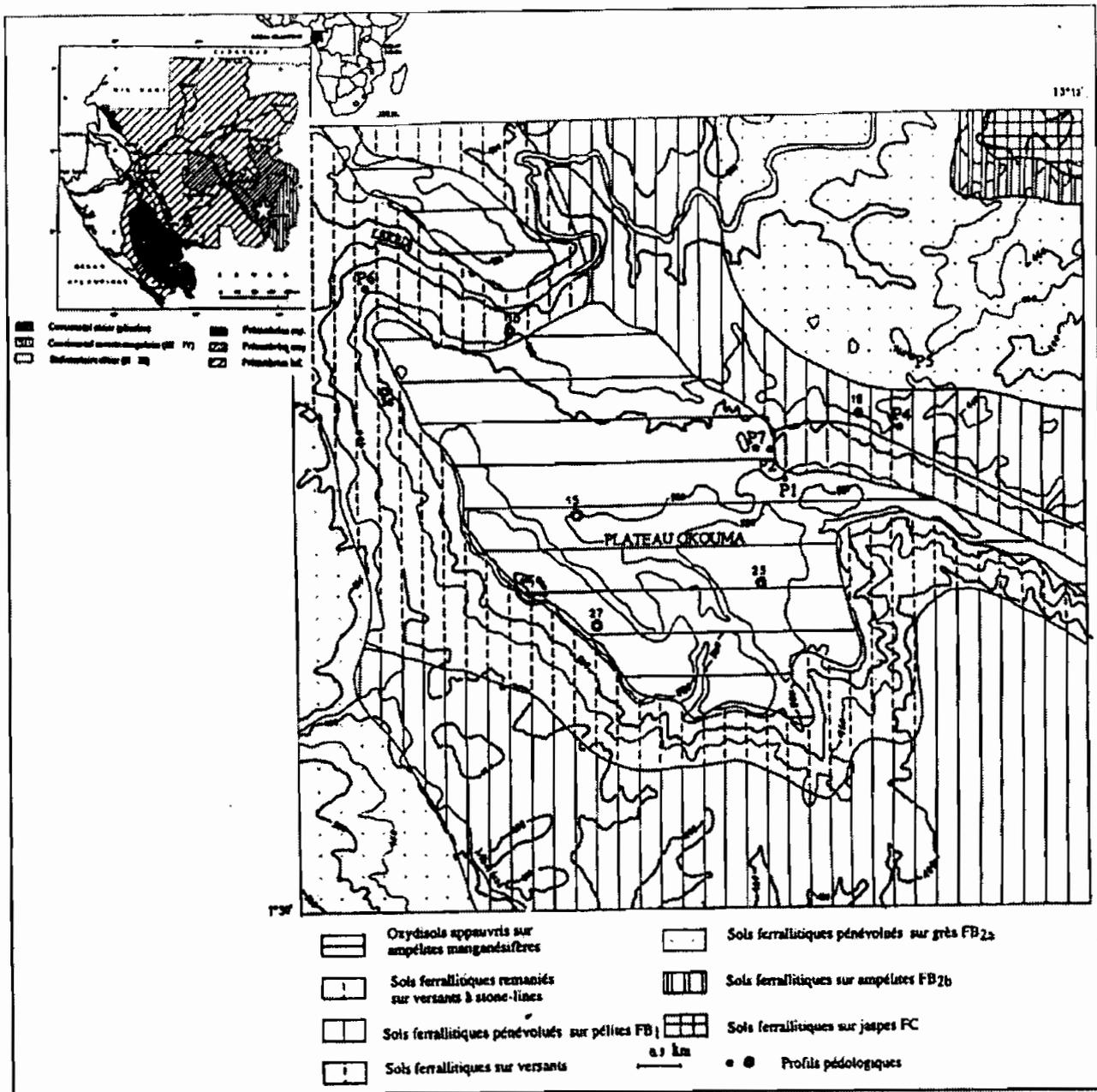


Figure 1 : Carte pédologique du plateau d'Okouma (d'après Guichard 11974, complétée) ; localisation des profils pédologiques

## Résultats

Les données du complexe absorbant des sols sur le plateau d'Okouma sont représentées dans les tableaux I, II, III, IV. Le dosage de la matière n'a

pas été effectué, mais les mesures de carbone dans ces sols montrent des teneurs variant de 39,67 mg/g en surface à 3,42 m/g à 140 cm de profondeur (Guichard 1974).

**Tableau I :** Etat du complexe absorbant des sols sur ampélites manganésifère (Ca, Mg, K, Na, T, Al sont en m.é./100 g et Mn en ppm)

Prof	pH	Ca	Mg	K	Na	S	T	S/T%	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
0-10	4.8-5.1	0.3	0.15	0.15	0.01	0.6	14	4	7.11	2.8-5.5
10-30	4.9-5.2	0.02	0.02	0.07	0.01	0.1	10.5	1	7.73	1.3-2.5
50-70	5-5.3	0.03	0.01	0.03	0.004	0.07	5	1.5	6.11	-
140-160	5.3-5.6	0.04	0.005	0.03	0.003	0.06	5	1	6.55	-

**Tableau II :** Etat du complexe absorbant des sols sur versant à *stone-line* (Ca, Mg, K, Na, T, Al sont en m.é./100 g et Mn en ppm)

Prof.cm	pH	Ca	Mg	K	Na	S	T	S/T%	Al <sup>3</sup>	Mn <sup>2+</sup>
0-10	5-5.1	0.2	0.2	0.4	0.02	0.8	24.5	3	7.46	7.3
10-30	5.2-5.3	0.05	0.01	0.1	0.01	0.2	14	1.5	7.83	2
50-70	5.2-5.6	0.04	0.01	0.14	0.01	0.2	10.5	2	7.86	-
140-160	5.4	0.09	0.02	0.12	0.01	0.2	9	2	7.55	-

**Tableau III :** Etat du complexe absorbant des sols sur pélites (Ca, Mg, K, Na, T, Al sont en m.é./100 g et Mn en ppm)

Prof.cm	pH	Ca	Mg	K	Na	S	T	S/T%	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
0-10	4.9	0.3	0.15	0.15	0.01	0.6	14	4	7.11	-
10-30	4.9	0.08	0.02	0.1	0.005	0.2	10	2	7.14	-
50-70	5	0.05	0.01	0.08	0.01	0.1	6	1.5	7.12	-
140-160	5	0.06	0.2	0.06	0.01	0.1	4.5	2	7.46	-

**Tableau IV :** Etat du complexe absorbant des sols sur grès (Ca, Mg, K, Na, T, Al sont en m.é./100 g et Mn en ppm)

Prof.cm	pH	Ca	Mg	K	Na	S	T	S/T%	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
0-10	5	0.4	0.1	0.15	0.01	0.85	3.4	25	1.00	-
10-30	4.9	0.01	0.05	0.1	0.01	0.1	4.2	2.4	1.06	-
50-70	5	0.011	0.03	0.08	<0.01	0.06	4.4	1.3	1.00	-
90-100	4.8	0.01	0.03	0.06	0.01	0.06	3.4	1.7	1.38	-

## Les pH, la somme des bases (S), la capacité d'échange cationique (T)

Les mesures de pH réalisées dans les sols du plateau d'Okouma montrent un degré d'acidité assez important. Les valeurs trouvées varient entre 4.8 et 5.6.

Les teneurs en calcium du complexe absorbant des sols du plateau d'Okouma varient de 0.4 m.é./100 g en surface dans l'horizon humifère à 0,1 m.é./100 g en profondeur. Le magnésium, le potassium et le sodium ont le même comportement, ils présentent des teneurs plus élevées dans l'horizon humifère que dans les horizons sous-jacents. Les teneurs en sodium sont très faibles. La somme des bases (S) traduit le comportement général des différentes bases. Elle est plus élevée dans l'horizon humifère et diminue avec la profondeur.

La capacité d'échange cationique (T) se comporte de la même manière que la somme des bases (S), elle est forte dans l'horizon humifère et diminue avec la profondeur. Elle est plus élevée dans les sols à *stone-line* sur versant (24.5 m.é./100 g) et très faible dans les sols sur grès (3.4 5 m.é./100 g).

Le taux de saturation est très faible, généralement 1 à 4 % ; il est de 25 dans l'horizon humifère dans les sols sur grès FB2a, et chute brutalement à 2.4 % à 10 cm de profondeur.

## L'aluminium échangeable (Al<sup>3+</sup>)

Les teneurs en aluminium échangeable (Al<sup>3+</sup>) dans les sols du plateau d'Okouma varient en fonction de la roche mère. Elles sont relativement élevées dans les sols sur ampélites manganésifères et pélites, et tournent autour de 7 m. é./100 g, par contre elles sont très faibles dans les sols sur grès où elles avoisinent 1 m.é./100 g. Tous les sols du plateau d'Okouma renferment de la kaolinite et de la gibbsite.

## Le manganèse échangeable (Mn<sup>2+</sup>)

Il n'a pas été reconnu de minéraux manganésifères cristallisés dans les terres fines des sols sur le plateau d'Okouma. L'essentiel du manganèse est à l'état amorphe. Le pH acides des sols sur ampélites et sur versants, favorisent le passage du manganèse à l'état ionique Mn<sup>2+</sup>, dans

lesquels les teneurs en Mn<sup>2+</sup> varient de en moyenne de 7 ppm dans l'horizon humifère à 2 ppm à 10 cm en profondeur. Il est absent dans les autres profils. Sous cette forme, l'ion Mn<sup>2+</sup> est soluble, échangeable et par conséquent assimilable par les végétaux.

## Discussions et interprétations

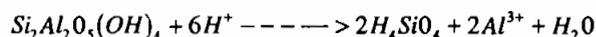
### Cas de l'aluminium échangeable

La lixiviation des alcalins et alcalino-terreux entraîne la désaturation du complexe d'échange et l'acidification du sol. Cette acidification provoque la dissolution des minéraux de néoformation qui libèrent de l'Al<sup>3+</sup>, lequel envahit le complexe d'échange et est assimilable par les plantes.

Les réactions de la dissolution de la gibbsite et de la kaolinite s'écrivent



Gibbsite



Kaolinite

L'Al<sup>3+</sup> n'étant indispensable à la vie des plantes que pour des doses infimes, il crée des dysfonctionnements chez les végétaux qui l'absorbent abondamment (Duchaufour, 1983 ; Neve, 1990 ; Quelet, 1954, 1955 ; Rondia et Sartor, 1990 ; Vizier, 1971). Dans les conditions standard de pression et de température (1 atm, 25°C), les ions Al<sup>3+</sup> dominant en solution entre pH = 0 et pH = 4.5 ; entre pH= 4.5 et pH = 5.5, Al<sup>3+</sup> et Al(OH)<sup>2+</sup> coexistent ; à partir de PH = 5.5, Al<sup>3+</sup> devient négligeable.

La présence d'Al<sup>3+</sup> échangeable dans le complexe absorbant étant fonction de l'acidité du sol, il existe une expression mathématique qui traduit le mieux cette relation.

### Les sols sur ampélites et pélites FBI

La relation liant Al<sup>3+</sup> échangeable et le pH du sol est très faible dans les sols sur pélites et ampélites FB. La fonction mathématique qui décrit le mieux la corrélation est un polynôme d'ordres 3 : f(x)= -8.6 x<sup>3</sup> + 124.7 x<sup>2</sup> - 600.6 x + 965.3.

Le coefficient de détermination R<sup>2</sup> est égal à 0,21, c'est-à-dire que le pH n'explique la présence d'aluminium échangeable que pour 21 %.

Les relations du type  $y = ax + b$ , comme celle déterminée par Dabin en Côte d'Ivoire (1985) ne s'adaptent pas à tous les cas ; pour des corrélations linéaires, le coefficient de détermination montre que l'influence du pH sur les teneurs du sol en Al<sup>3+</sup> échangeable n'intervient que pour moins de 1 %.

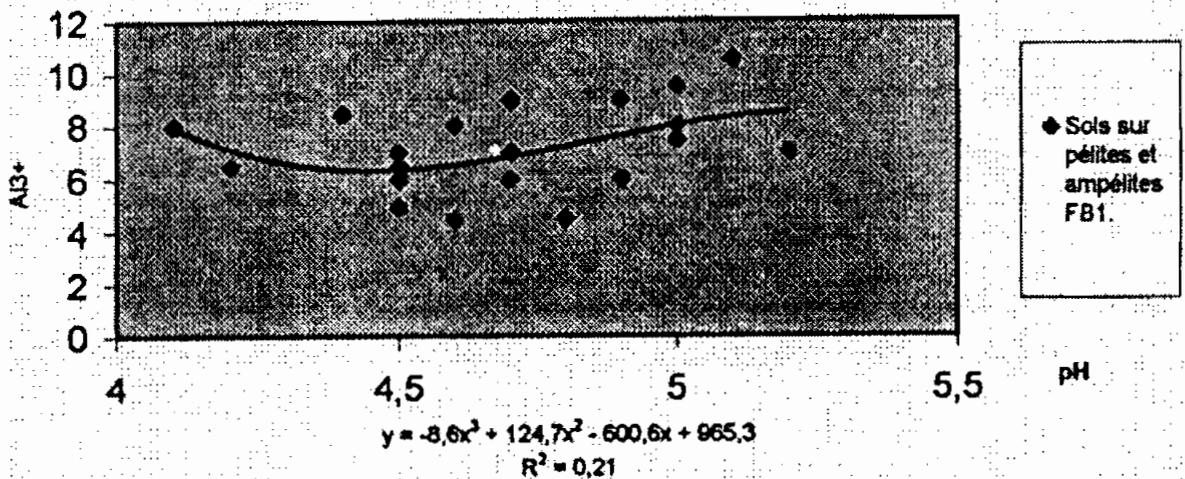
Pour exploiter la fonction définie pour cette étude, nous avons retenu deux aspects (tableau V) : le comportement de Al<sup>3+</sup> aux limites de 3 et 6 (le pH mesuré n'atteignant jamais ces valeurs extrêmes), et son sens de variation.

Compte tenu des caractéristiques des sols et des données du terrain, nous avons fixé comme bornes de variation du pH 3 pour la valeur minimum, et pH 6 pour le maximum ; la teneur en Al<sup>3+</sup> échangeable est nécessairement supérieure ou égale à zéro.

L'étude du polynôme montre qu'il existe effectivement une zone tampon dans le sol comprise entre le pH 4,45 et pH 5,24 (figure 2). Le pH évolue très peu et de manière oscillatoire. La capacité tampon est due à la coexistence dans le sol de l'aluminium amorphe et de l'Al<sup>3+</sup>, échangeable. L'Al<sup>3+</sup> agit comme un tampon acide qui s'oppose à tout relèvement du pH tant qu'il n'est pas complètement éliminé du complexe absorbant.

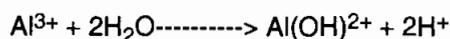
**Tableau V** : Limites et sens de variation de la corrélation pH-Al<sup>3+</sup> échangeable dans les sols sur pérites et ampélites FB.

$f(x) = -8.6x^3 + 124.7 X^2 - 600.6X + 965.3$ X=PH ; F(X)=Al <sup>3+</sup> échangeable en m.é/100g	
x = 3 f(x)=54.14 ;	x = 6 ; f(x)=-0.93 valeur à rejeter
$f(x) = -25.7 x^2 + 249.3 x - 600.56$ f(x) s'annule en x <sub>1</sub> et en x <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> =4.45 ; x <sub>2</sub> =5.25 ; f(x <sub>1</sub> )=8.47 ; f(x <sub>2</sub> )=6.31 La courbe est décroissante de -0.93 à 6.31 et de 8.47 à 0.93. Elle est croissante de 6.31 à 8.47
f'(x)=-51.4 + 249.3 la dérivée secondaire s'annule en x <sub>3</sub> en changeant de signe	x <sub>3</sub> = 4.85 ; f(x <sub>3</sub> )=7.39(4.85 ; 7.39) est un point d'inflexion



**Figure 2** : Relation pH-Al<sup>3+</sup> dans les sols sur ampélites et pérites FB

La réaction de neutralisation s'écrit :



Les valeurs 4.45 et 5.24 correspondent respectivement au pH minimum et pH maximum en dessous duquel et au delà duquel les capacités tampon du sol ne s'exercent plus. Le pH d'inflexion est la valeur pour laquelle la dérivée seconde s'annule en changeant de signe, c'est aussi la valeur médiane entre le pH minimum et le pH maximum. Le pH d'inflexion représente le pH pour lequel l'équilibre entre l'aluminium amorphe et  $\text{Al}^{3+}$  échangeable bascule dans le sens de l'élimination de l' $\text{Al}^{3+}$  (valeur  $>7.39$  m.é/100g), ou de la production d' $\text{Al}^{3+}$  (valeur  $<7.39$  m.é/100 g).

Quand le pH minimum est dépassé,  $\text{Al}^{3+}$  échangeable envahi brutalement le complexe d'échange du sol et sa teneur augmente de manière exponentielle.

Quand le pH s'élève dépasse le pH maximum,  $\text{Al}^{3+}$  échangeable est chassé du complexe absorbant et très vite éliminé.

Les valeurs obtenues par le calcul sur le plateau d'Okouma vont, pour des pH allant de 4.6 à 5.3, de 6.11 à 7.8 m.é/100g d' $\text{Al}^{3+}$  échangeable. Les propriétés tampon des sols modèrent le passage de l'aluminium échangeable dans le complexe absorbant mais les concentrations sont malgré tout fortes. Ces valeurs sont indicatives car la relation pH- $\text{Al}^{3+}$  échangeable varie et est fonction du sol considéré. L'équation obtenue dans les sols sur pérites et ampélites FB traduit approximativement la relation liant le pH et l' $\text{Al}^{3+}$  échangeable des sols sur pérites et ampélites FBI du plateau Okouma.

## Les sols sur grès FB<sub>2a</sub>

Le polynôme qui décrit de la meilleure façon la corrélation pH- $\text{Al}^{3+}$  échangeable est de degré 2 :  $f(x)=3.3 x^2 - 35.4 x + 95.5$  (tableau VI).

La relation entre l'aluminium échangeable et le pH est très forte dans les sols sur grès FBB<sub>2a</sub> ( $R_2=0,98$ ). En dehors de la réserve que l'on peut porter sur cette relation à cause du nombre d'échantillons restreints, elle fournit des informations intéressantes.

D'abord les sols sur grès FB<sub>2a</sub> sont pauvres en aluminium ; le sol est d'autant plus pauvre en cet élément et en produits alumineux amorphes que les propriétés tampons du sol sont alors quasiment inexistantes. La faible capacité tampon du sol s'exprime par le degré du polynôme qui n'est que de 2, c'est-à-dire qu'il y a un seul extremum (minimum). Les capacités tampons s'expriment uniquement autour du pH minimum. Au delà de pH 5.37, le sol libère de l' $\text{Al}^{3+}$  échangeable pour s'opposer à la remontée du pH ; en dessous du pH 5.37, le sol produit de l' $\text{Al}^{3+}$ , parce que le pH minimum est dépassé. Les faibles propriétés tampon des sols sur grès FB<sub>2a</sub> ne s'expriment plus et l'aluminium passe sous forme échangeable par dissolution des hydroxydes d'aluminium présents dans le sol. La courbe tend vers des valeurs très élevées en aluminium échangeable pour de très faibles diminutions de pH (figure 3).

## La toxicité aluminique

La toxicité aluminique est due à la carence en éléments biogènes du sol auxquels l' $\text{Al}^{3+}$  se substitue, mais aussi à une toxicité propre de ce cation vis-à-vis de la végétation. Les indices "m" de Kamprath et "M" de Mohr (Boyer, 1976) permettent de l'exprimer de manière quantitative.

## La relation de Kamprath

La relation de Kamprath s'écrit :

$$m = [\text{Al}^{3+} \text{ échangeable} / (\text{Al}^{3+} + S)] \times 100$$

avec S = somme des bases échangeables.

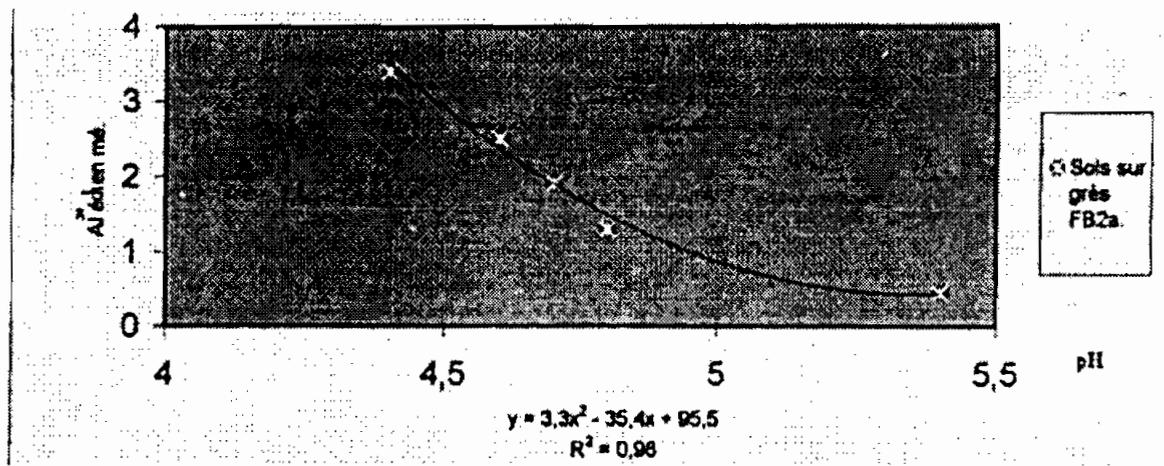
Les valeurs s'échelonnent de 0 à 100. Cette relation est appelée par son auteur "saturation par l'aluminium" mais en fait "m" exprime le "poids" de l' $\text{Al}^{3+}$  par rapport aux bases échangeables. La comparaison de  $\text{Al}^{3+}$  à la somme des bases permet de rendre compte de la toxicité aluminique pour différentes plantes et de fixer des seuils de toxicité.

Pour  $m > 60$  %, toutes les plantes sont sensibles à l'aluminium. Les légumineuses sont affectées pour des valeurs de m supérieure à 30 %.

Les valeurs de m dans le complexe absorbant des sols du plateau d'Okouma sont très élevées. Elles sont supérieures ou égales à 90 dans l'ensemble, excepté dans l'horizon humifère du profil sur grès qui est à 54. La "saturation par l'aluminium" est donc très forte, et la toxicité aluminique est par conséquent très élevée dans ces sols.

**Tableau VI** : limite et sens de variation de la courbe de régression pH-Al<sup>3+</sup> dans les sols sur grès FB<sub>2a</sub>.

$f(x)=3.3x^2 - 35.4x + 95.5$	$x=\text{pH} ; f(x)=\text{Al}^{3+}$ échangeable en m.é/100g
$x = 3 \ f(x)=18.95 ; \ x = 6 \ f(x)= 1.77 ;$	
$f(x) = -6.60 x - 35.42$ $f(x)$ s'annule en $x_1 = 5.37$	$f(x_1) = 0.41$
$f(x)$ est décroissante de 18.95 à 0.41 et croissant de 0.41 à 1.77	



**Figure 3** : Relation pH-Al<sup>3+</sup> dans les sols sur grès FB<sub>2a</sub>

### La relation de Mohr

La relation de Mohr s'écrit :  $M = (\text{Al}^{3+} / T) \times 100$  avec (T = capacité d'échange cationique).

Cette relation nous semble plus intéressante car elle traduit réellement l'importance de l'aluminium dans la capacité du sol à échanger. M rend aussi compte de la toxicité aluminique pour différentes plantes et permet de fixer des seuils de toxicité : blé, M. 30 ; arachide, haricot, M 20 ; maïs M 35 ; manioc, théier, canne à sucre, M>50.

Les valeurs de M dans les sols du plateau d'Okouma sont assez élevées. Elles sont, dans les sols sur pélites et ampélites, de 30 à 50 dans l'horizon humifère, augmentent avec la profondeur où elles peuvent atteindre des valeurs supérieures à 100 à un mètre en dessous. Dans les sols sur grès les valeurs de M tournent autour de 25. Dans les.... du plateau d'Okouma, les cultures telles que le maïs, l'arachide seront très sensibles à la toxicité aluminique ; par contre le manioc et la canne à sucre le seront moins.

### Cas de l'ion manganique échangeable

Comme pour l'Al<sup>3+</sup> échangeable dans le complexe absorbant, il existe une expression mathématique qui traduit la relation entre le pH du sol et la présence de l'ion Mn<sup>2+</sup> (tableau VII)

$$f(x)=52.1x^3 + 820.3 x^2 - 4297.6 x + 7493.2$$

La corrélation entre le Mn<sup>2+</sup> échangeable et le pH est très forte ; le coefficient de détermination R<sup>2</sup> est de 0.91 ce qui revient à dire que 91 des fluctuations en Mn<sup>2+</sup> échangeable sont dues au pH. La relation est décrite par une fonction polynome de degré 3. Le tableau VII résume les limites et le sens de variation de la fonction.

Tant que le pH est relativement élevé (>5), le Mn<sup>2+</sup> échangeable dans le sol est en faible quantité et varie entre 2 et 5 ppm. Dès que le pH minimum est atteint (5,01) les teneur en Mn<sup>2+</sup> échangeable s'accroissent de manière exponentielle : à une très

faible variation de pH, correspond une très forte augmentation de  $Mn^{2+}$ .

Le passage du manganèse dans le complexe d'échange est lié à la présence de  $Al^{3+}$  échangeable.  $Al^{3+}$  dans les sols sur pélites et ampélites manganésifères, où les propriétés tampons sont affirmées, a pour effet de garder le pH au-dessus de 4.5 et par la même occasion d'empêcher le passage du manganèse à l'état échangeable. Dès que le pouvoir tampon n'agit plus, toute baisse de pH s'accompagne d'une élévation du  $Mn^{2+}$  échangeable. Si le pH maximum (5.49) est dépassé, le  $Mn^{2+}$  échangeable disparaît très vite du complexe absorbant.

Si le passage du manganèse dans le complexe d'échange est lié à la présence d' $Al^{3+}$  échangeable, alors la zone tampon qui régularise le passage de  $Al^{3+}$  dans le complexe d'échange limite en même temps le passage à l'état échangeable du manganèse. mais le manganèse étant plus sensible que l'Aluminium aux variations de pH, il peut passer à l'état échangeable quand

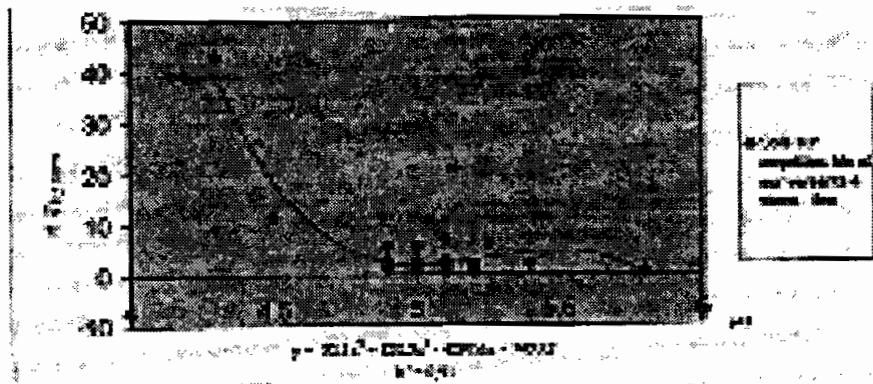
bien même la zone tampon est encore efficace pour l'aluminium.

### La toxicité manganique

La toxicité au manganèse apparaît pour des valeurs d'une dizaine de ppm de Mn hydrosoluble dans le sol. Au Gabon, Fouré et Marchal (1983) note l'apparition de l'intoxication sur des bananiers pour des valeurs de 12 ppm en manganèse échangeable, 2188 ppm en Mn facilement réductible et 3275 ppm en Mn total. Les pH correspondant sont de 4.7 et 4.9. Sur le plateau d'Okouma, des pH équivalents ont été trouvés. Dans les sols sur ampélites manganésifères, la droite de régression donne pour un pH de 4.6, une teneur en  $Mn^{2+}$  de 12.1 ppm (figure4). Par conséquent, certains endroits sur le plateau d'Okouma sont toxiques pour les bananiers. Les quelques bananiers observés sur le plateau d'Okouma présentent plusieurs tâches noires sur leurs feuilles et les régimes de bananes qu'ils produisent sont plutôt rachitiques.

**Tableau VII** : Limites et sens de variation de la corrélation pH- $Mn^{2+}$  échangeable dans les sols sur ampélites manganésifères et sur versants à Stone-lines

$f(x) = -52.1x^3 + 820.3x^2 - 4297.6x + 7493.2$ $x = \text{pH}; f(x) = Mn^{2+}$ échangeables en ppm	
$x=3$ $f(x)=576.72$ ; $x=6$ $f(x)=-111,53$	
$f(x) = -156.24x^2 + 1640.54x - 4297.6$ $f(x)$ s'annule pour $x_1 = 5.01$ et $x_2 = 5.49$	$f(x) = 3.65$
$f'(x) = -3112.48x + 1640.54$ $f'(x)$ s'annule pour $x_3 = 5.25$ Le point de coord. (5.25-3.65) est un point	$f(x) = 2.2$ ; $f(x) = 5.09$ $f(x)$ est décroissante de 576.72 à 2.2 et de 5.09 à -11.53 $f(x)$ est croissante de 2.2 à 5.09



**Figure 4** : Relation pH- $Mn^{2+}$  dans les sols sur ampélites Mn et sur versants

## Lutte contre la toxicité aluminique et manganique

La toxicité du manganèse est liée à l'acidité du sol et à la présence de l' $Al^{3+}$  dans le complexe d'échange. La neutralisation de l' $Al^{3+}$  échangeable conduit à l'élimination de sa propre nocivité, à celle du Mn et à un relèvement du pH. Différents procédés sont utilisés pour neutraliser l'aluminium et le manganèse échangeables.

*Le brûlis de la végétation naturelle* est envisageable uniquement en agriculture de subsistance (Boyer, 1976).

*L'apport en phosphore* provoque la précipitation d' $Al^{3+}$  échangeable, réduisant ainsi sa toxicité. *Les amendements calcaires et calco-magnésiens* alimentent le sol en calcium et en magnésium. Le Ca est antagoniste de l'aluminium. Il le déplace du complexe absorbant et neutralise l'acidité du sol. L'apport de Ca relève le pH ce qui réduit la nocivité du Mn, augmente l'assimilabilité du molybdène et favorise l'absorption du phosphore. Les matériaux à utiliser sont tout indiqués lorsqu'on sait que le FC du bassin francevillien est constitué en partie par des couches de dolomie massive. *La manière organique* a une action désintoxiquante vis-à-vis de l' $Al^{3+}$  et du  $Mn^{2+}$  échangeable en même temps qu'elle permet une meilleure assimilabilité du phosphore par les plantes. L' $Al^{3+}$  est rendu inoffensif dans le sol du fait d'une complexation ("chélatation") avec les molécules organiques selon Hue *et al* in Wouters, 1991.

## Conclusion

L'étude géochimique du complexe absorbant des sols du plateau d'Okouma met en évidence une acidification des sols, qui entraîne la toxicité aluminique et manganique. Les ions  $Al^{3+}$  et  $Mn^{2+}$  libérés dans le sol sont liés au pH par des fonctions polynômes d'ordre 2 à 3.

L'acidité et la présence des ions  $Mn^{2+}$  et  $Al^{3+}$  dans ces sols entraînent une baisse de fertilité ; l'acidité provoque l'hydrolyse des minéraux alumineux, la solubilisation de l' $Al^{3+}$  et la production de  $Mn^{2+}$  à partir des oxy-hydroxydes de manganèse. Les ions  $Al^{3+}$  et  $Mn^{2+}$  sont fixés par le complexe absorbant, sous-saturé en base échangeables qui les utilise pour équilibrer les échanges négatives du sol. Ces ions,  $Al^{3+}$  et  $Mn^{2+}$  dans le complexe d'échange rendent les sols du plateau d'Okouma

respectivement toxiques et potentiellement toxiques. Si les seuils de toxicité au  $Mn^{2+}$  ne sont pas forcément atteints, ceux de  $Al^{3+}$  sont dépassés.

L'utilisation des sols sur ampélites et pélites manganésifères du plateau d'Okouma, ou du francevillien non dolomitique à des fins agricoles passe nécessairement par des amendements calco-magnésiens et/ou de matière organique qui relèveraient le pH et permettraient d'éviter la toxicité aluminique et manganique.

## Bibliographie

- **BOYER T. (1976)**. L'aluminium échangeable : incidence agronomique, évaluation et correction de sa toxicité dans les sols tropicaux. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. Vol. XIV, N° 4 pp. 259-269.
- **DABIN B. (1985)**. Les sols tropicaux acides. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., Vol. XXI, N° 1, pp. 7-19.
- **DUCHAUFOUR P. (1983)**. Pédologie 1 : pédogenèse et classification. Masson, Ed., Paris, 491 p.
- **FOURÉ E. ET MARCHAI J. (1983)**. Un cas de toxicité du manganèse chez les bananiers plantains au Gabon. Fruits, Vol. 38, N° 3, pp. 153-160.
- **GUICHARD E. (1974)**. Etude pédologique du ranch d'Okouma. Cah. ORSTOM, Libreville 120 p.
- **NEVE J. (1990)**. Eléments essentiels et toxique en traces et ultra-traces : quelques définitions et principales propriétés. Nouv. de la Sc. et des Technol. Vol. 8, N° 11 pp. 11-16.
- **QUELET R. (1954)**. Précis de chimie. Tome 1 : chimie générale. 6° éd. Paris.
- **QUELET R. (1955)**. Précis de chimie, Tome 2 : chimie générale. 2° éd. Paris.
- **RONDIA D. et SARTOR F. (1990)**. Toxicité des métaux lourds dans l'environnement et spécialisation chimique. Nouv. de la Sc. et des Technol. Vol. 8, N° & pp. 17-20.
- **VIZIER J.F. (1971)**. Etude de l'état d'oxydo-réduction du sol et des conséquences sur la dynamique du fer dans les sols hydromorphes. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., Vol. IX, N° 4 pp. 373-397.
- **WOUTERS J. (1991)**, Gestion de la matière organique dans les sols tropicaux. Tropicultura, 9, 2. pp. 81-85.

## Résumé

L'étude géochimique du complexe absorbant des sols du plateau d'Okouma met en évidence une acidité, une pauvreté en ions basiques et un certain degré de toxicité aluminique et manganique des sols. L'acidité provoque l'hydrolyse des minéraux alumineux et la solubilisation de l' $Al^{3+}$ , et à partir des oxy-hydroxydes de manganèse, la production de  $Mn^{2+}$ . La stabilité des ions  $Al^{3+}$  et  $Mn^{2+}$  libérés dans le sol dépend essentiellement du pH.

La présence de ces ions dans le complexe d'échange rend les sols du plateau d'Okouma toxique pour l'ion  $Al^{3+}$  et potentiellement toxiques pour l'ion  $Mn^{2+}$ . L'utilisation des sols sur ampélites et pélites manganésifères du plateau d'Okouma (ou du Francevillien) à des fins agricoles passe nécessairement par des amendements calco-magnésiens associés à de la matière organique..

**Mots-clé :** Okouma - plateau manganésifère  
- Sol - complexe absorbant - fertilité -  $Al^{3+}$  -  $Mn^{2+}$  - toxicité - pH.