

TAUX DE MANGANESE ACCUMULE DANS QUELQUES PLANTES VIVRIERES CULTIVEES DANS LA REGION MANGANESIFERE DE MOANDA (GABON)

**François Eba*, Jean Aubin Ondo, Séverin Emané Mba,
Magloire Ollui-M'Boulou, Joseph Omva-Zué,**

*Laboratoire pluridisciplinaire des sciences de l'Ecole Normale Supérieure,
B.P 17009 Libreville Gabon ; laplus_ens@yahoo.fr*

(Reçu le 25/10/06- Accepté après corrections le 12/03/07)

Summary : The levels of accumulated manganese are determined into 12 parts of cultivated and consumed crops in rich-manganese area of Moanda. Generally, the manganese accumulation in a crop takes in decreasing order: leaf > fruits > roots. The manganese toxicity is real in crops.

Key-words: manganese – accumulation – bioavailability – soil – crop – toxicity

Résumé : Les quantités de manganèse accumulées dans 12 parties de plantes cultivées et consommées dans la région manganésifère de Moanda sont déterminées. L'étude a montré que l'accumulation du manganèse dans une plante s'effectue préférentiellement selon l'ordre décroissant : Feuilles > Fruits > Racines. La toxicité en manganèse est avérée dans les plantes.

Mots-clés : manganèse – accumulation – biodisponibilité – sol – plante – toxicité

I. INTRODUCTION

Les métaux sont naturellement présents dans la croûte terrestre. Ce sont des éléments lourds, concentrés dans le magma granitique. Depuis la formation de la Terre, ils suivent un cycle géochimique qui conduit à une distribution hétérogène de leurs concentrations à la surface du globe [1]. Ils sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais généralement à l'état de traces. Les éléments traces et leurs composés sont importants pour l'environnement biologique et plusieurs parmi eux sont essentiels pour la croissance et la vie des plantes, des animaux et des humains. Un élément essentiel tel que le manganèse peut s'accumuler et devenir toxique dans l'environnement par les activités humaines telles que l'exploitation de mines. Cette toxicité peut avoir comme conséquence une accumulation de l'élément dans la chaîne alimentaire. Ce qui pourrait provoquer des dysfonctionnements dans les organismes des animaux et des

humains. Il est donc important de connaître les taux des éléments traces tel que le manganèse dans les sols et les quantités absorbées par les plantes qui entrent dans la chaîne alimentaire. Notre étude, qui se veut préliminaire, a ainsi pour but la détermination des proportions de Mn total et biodisponible dans un sol et la détermination du Mn accumulé dans certaines parties de plantes consommées au Gabon. La zone d'étude est située près de la ville minière de Moanda.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Site étudié

Moanda, zone minière au Sud-Est du Gabon est composé de plateaux riches en minerais, à l'exemple du plateau manganésifère d'Okouma. Ce dernier se situe dans un carré compris entre 13°10' et 13°15' longitude Est et 1°25' et 1°30' latitude Sud. Sa surface est de 86 km² [2]. Le plateau d'Okouma, ainsi que celui de Bagombé où existe une importante

exploitation de manganèse, constituant des témoins probables d'une ancienne surface topographique disséquée par l'érosion. D'après WEBER [3, 4], les formations superficielles s'y seraient individualisées à partir d'un niveau d'ampélites à ciment carbonaté de 75 m d'épaisseur du Francevillien (Précambrien sédimentaire daté de 1,740 millions d'années). Le gisement est composé de la rhodochrosite (MnCO_3), phéno et micro-cristaux, avec des oxydes de manganèse exprimés principalement à l'état amorphe. Les teneurs en MnO_2 s'élèvent jusqu'à 57,4%.

Dans ces ampélites, le manganèse est en totalité engagé à l'état de carbonate complexe avec le calcium et le magnésium, tandis que les silicates sont essentiellement illitiques.

La plantation qui est notre site d'étude est située à 15 km de Moanda, du côté gauche de la route Moanda-Franceville. Il s'agit d'un sol noir caractéristique des sols de la région, riches en manganèse.

Les échantillons analysés dans ce travail ont été prélevés dans une plantation. Celle-ci est réalisée dans une zone forestière selon la séquence suivante : défrichage, abattage d'arbres et brûlis, nettoyage et ensemencement. Les parties comestibles de différentes plantes vivrières de la plantation sont prélevées à la récolte, lavées, séchées à l'étuve à 105°C puis broyées.

Les échantillons de sols perturbés ont été prélevés avec une tarière après quadrillage du champ, avant le défrichage. Les analyses physico-chimiques sont effectuées sur des échantillons moyens broyés et passés au tamis 200 μm .

2.2 Granulométrie

Après destruction de la matière organique par l'eau oxygénée H_2O_2 , on disperse le sol dans une solution de pyrophosphate de sodium. Les argiles et les limons fins sont

déterminés par sédimentation différentielle selon leurs tailles et prélèvement à la pipette Robinson, alors que les limons grossiers et les sables le sont par tamisage.

2.3 PH

Les pH_{KCl} et $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ sont mesurés suivant un rapport sol/solution de 1/2,5 à l'aide d'un pH-mètre type pH 540 GLP muni d'une électrode combinée de pH.

2.4 Azote total

Après minéralisation Kjeldahl, l'azote en solution sous forme ammoniacale est dosé à l'aide d'un colorimètre type SPECTRONIC 20D+. La gamme étalon est préparée à partir d'ammonium acétate pur minéralisé dans les mêmes conditions que les échantillons avant analyse par colorimétrie ($\lambda = 630 \text{ nm}$).

2.5 Carbone organique

Le carbone organique (CO) est dosé par oxydation avec le bichromate de potassium 1N ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en milieu fortement acide (H_2SO_4). La matière organique (MO) est évaluée à partir du dosage du carbone organique selon : $\% \text{MO} = 1,724 \times \% \text{CO}$ [5].

2.6 Capacité d'échange cationique (CEC)

Le déplacement des cations se fait par l'acétate d'ammonium à $\text{pH}=7$, suivi d'un lavage à l'éthanol à 96 %. La CEC est déterminée par dosage colorimétrique de l'ion ammonium fixé.

2.7 Bases échangeables et manganèse biodisponible

Les bases échangeables sont extraites (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Mn^{2+}) du sol par une solution d'acétate d'ammonium 1 M à $\text{pH}=7$. Leur dosage se fait par spectrométrie d'absorption atomique à l'aide d'un appareil type GBC 932 AA.

2.8 Cations dans les plantes

2 g de matière végétale préalablement séchée, sont introduits dans une capsule en

platine. La capsule est placée dans un four dont la température est augmentée progressivement jusqu'à 500°C et qui est maintenue ainsi pendant 2 heures. Les cendres formées sont reprises par attaque d'acide chlorhydrique 6 N. L'échantillon est dosé par spectrométrie d'absorption atomique.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Résultats

3.1.1 Caractéristiques physico-chimiques des sols

Les propriétés physico-chimiques des sols soumis aux analyses concernent : la granulométrie, la matière organique, les bases échangeables, le pH et les éléments totaux. L'ensemble de ces résultats est présenté dans le tableau I.

Tableau I : Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés

Granulométrie	Argile %	33,42 ± 6,1
	Limon fin %	10,94 ± 1,11
	Limon grossier %	7,43 ± 1,36
	Sable fin %	17,94 ± 3,74
	Sable grossier %	23,46 ± 6,90
Matière organique	Matière organique ‰	42,669 ± 1,37
	Carbone ‰	24,75 ± 1,37
	Azote ‰	2,60 ± 0,20
	C/N	10.7/9.50
Bases échangeables (mg/kg)	Ca ²⁺ (mécq/100g)	0,32 ± 0,06
	Mg ²⁺ (mécq/100g)	0,15 ± 0,01
	K ⁺ (mécq/100g)	0,01 ± 0,001
	Na ⁺ (mécq/100g)	0,01 ± 0,001
	CEC (mécq/100g)	13,1 ± 2,9
	S (mécq/100g)	0,49 ± 0,07
	(S/CEC) * 100	3,7 ± 0,63
	Mn ²⁺ biodisponible (mécq/100g)	0,62 ± 0,09 (= 3406 ± 494 mg/kg)
pH	pH _{H2O}	4,87 ± 0,28
	pH _{KCl}	3,73 ± 0,11
Potentiel redox	Eh (mV)	373 ± 41
Métaux totaux	SiO ₂ (%)	51,03 ± 2,04
	Fe ₂ O ₃ (%)	5,96 ± 0,32
	Al ₂ O ₃ (%)	33,80 ± 0,67
	MgO (%)	0,172 ± 0,018
	CaO (%)	0,025 ± 0,001
	K ₂ O (%)	2,12 ± 0,19
	Na ₂ O (%)	0,24 ± 0,01
	MnO (%)	1,3 ± 0,06
	P ₂ O ₅ (%)	0,13 ± 0,005
	Pb (‰)	0,649 ± 0,031

3.1.2 Teneur en manganèse dans les plantes

La détermination des quantités de manganèse transférées des sols précédemment étudiés aux plantes a été réalisée sur les parties comestibles (feuilles, fruits et tubercules). Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau II.

favorisent la photosynthèse et la production de l'hormone végétale auxine. En l'absence de manganèse, le peroxyde d'hydrogène s'accumule dans les cellules et les endommage. Comme le fer, le manganèse est immobile dans la plante et

Tableau II : Concentration des éléments dans les plantes

Nom courant de la plante	Nom scientifique de la plante	Mn (mg/kg)
Nkoumou	<i>Gnetum africanum</i>	173,8 ± 38,6
Feuilles de citronnelle	<i>Cymbopogon citratus</i>	244,7 ± 33,1
Feuilles de manioc	<i>Manihot esculenta C.</i>	1039,5 ± 77,3
Epinard	<i>Amaranthus cruentus</i>	814,0 ± 65,3
Oseilles à petites feuilles rouges	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	1375,0 ± 167,5
Oseille à larges feuilles vertes	<i>Rumex abyssinicus</i>	1133,0 ± 121,1
Piment	<i>Capsicum frutescens L</i>	180,8 ± 11,1
Gombo	<i>Abelmoschus esculentus L</i>	638,0 ± 29,4
Aubergine	<i>Solanum melongena L</i>	253,0 ± 13,3
Igname	<i>Dioscorea cayenensis</i>	122,1 ± 14,9
Taro	<i>Colocasia esculenta L</i>	22,0 ± 0,9
Tubercules de manioc	<i>Manihot esculenta C.</i>	40,7 ± 3,1

3.2 Discussion

Le sol étudié est sablo-argileux, acide (pH 4,87), peu riche en matière organique (4,27%) et présente une concentration en Mn biodisponible de 3406 mg/kg. La migration du manganèse dépend des caractéristiques du sol :

dans les sols à faible capacité d'échange cationique (sablonneux acides, par exemple), le lessivage est modéré ; les sols ou horizons riches en matière organique fixeraient faiblement le manganèse, en revanche, les sols riches en argiles fixeraient assez fortement le manganèse.

De ce fait, les concentrations en manganèse des sols varient de 270 à 2000 ppm en sols sableux pour atteindre de 525 à 9200 ppm dans les sols argilo-limoneux^[6]. Les sols sablo-argileux se situent entre ces deux échelles.

Les plantes ont besoin de manganèse, en très petites quantités, pour activer plusieurs enzymes, dont les plus importantes

s'accumule surtout dans les feuilles inférieures^[7].

Les résultats expérimentaux montrent, d'une manière générale, que les légumes feuilles adsorbent une grande quantité de Mn, très souvent supérieure à la concentration de l'élément échangeable dans le sol. Le *Gnetum africanum* et le *Cymbopogon citratus*, dont les feuilles ne sont pas ramollies après cuisson, présentent curieusement une faible quantité de métal. Ce qui donne l'ordre d'accumulation du Mn décroissant suivant : *Hibiscus sabdariffa* > *Rumex abyssinicus* > *Manihot esculenta C.* > *Amaranthus cruentus* > *Cymbopogon citratus* > *Gnetum africanum*.

La teneur du Mn dans les fruits est relativement basse par rapport à celle dans les feuilles. On remarque cependant que les

fruits verts (*Abelmoschus esculentus* L) accumulent une quantité nettement plus élevée de Mn que les fruits autrement colorés (*Capsicum frutescens* L. rouge et *Solanum melongena* L. blanc). Le rôle photosynthétique joué par le manganèse pourrait peut-être expliquer cette observation.

Les niveaux d'accumulation du Mn dans les tubercules restent bas et sont du même ordre de grandeur quelle que soit l'espèce. Au regard de ce qui précède, l'accumulation du Mn dans les parties des plantes suit l'ordre décroissant suivant : Feuilles > Fruits > Tubercules. Ce qui est en accord avec les résultats de Schäfer^[8].

D'après Colinet^[7], la concentration normale de manganèse est de 30 à 60 ppm dans les jeunes feuilles et de 100 à 250 ppm dans les plus vieilles feuilles. Des symptômes de toxicité apparaissent quand la teneur en manganèse atteint 500 ppm dans les jeunes feuilles et 800 ppm dans les vieilles feuilles. On a remarqué, lors de cette étude, sur des feuilles vertes de *Rumex abyssinicus* et de *Manihot esculenta* C., des zones jaunes entre les nervures. Ces dernières prennent parfois une couleur rouge-brun, et de nombreuses taches violettes se forment sur les tiges et sous les feuilles. Des symptômes similaires ont été observés sur des feuilles de bananiers sur le site d'étude. L'introduction de ces légumes dans la chaîne alimentaire peut entraîner des dysfonctionnements chez les animaux et les humains.

En effet, Plusieurs études expérimentales ont montré que l'exposition au manganèse pouvait provoquer des effets nocifs sur le système reproductif mâle. Chez le lapin, l'administration chronique de manganèse par voie parentérale a entraîné des modifications dégénératives des tubules séminifères, conduisant parfois à l'infécondité^[9]. Dans la littérature, on relève un lien possible entre le manganèse et certaines déficiences humaines à la

naissance^[10,11]. Le manganèse s'est avéré mutagène au cours de plusieurs études microbiennes ainsi que dans des études consacrées à la lignée de la cellule humaine^[12,13]. Le manganèse provoque chez la souris des lymphosarcomes et des adénomes^[14].

Il est possible de réduire la quantité de Mn accumulée dans les plantes afin d'éviter la toxicité. De nombreuses études ont montré que la matière organique, les oxydes hydratés, les phyllosilicates et le pH sont des facteurs importants qui contrôlent la disponibilité des éléments traces métalliques dans les sols^[15] et les sédiments^[16,17]. Le chaulage ou l'apport d'engrais organiques dans le sol rendrait moins mobiles les éléments traces métalliques (et donc le manganèse) du sol et par voie de conséquence leur accumulation excessive dans les plantes.

IV. CONCLUSION

La région de Moanda dans le Sud-Est du Gabon est riche en minerais, en particulier de manganèse. D'après WEBER^[3, 4], les formations superficielles s'y seraient individualisées à partir d'un niveau d'ampélites à ciment carbonaté de 75 m d'épaisseur du Francevillien. La présente étude qui porte sur la présentation des propriétés physico-chimiques des sols prélevés à 15 km de Moanda, sur la route Moanda-Franceville, précise la teneur en manganèse biodisponible de ces sols et des concentrations accumulées dans différentes parties consommées de plantes. Le sol étudié est sablo-argileux, acide et peu riche en matière organique avec une biodisponibilité du manganèse avérée. En outre, il est aisément observable que la quantité de Mn accumulée dans les plantes dépend de la fraction biodisponible plutôt que de sa concentration totale dans le sol^[18]. Les résultats montrent que les plantes cultivées dans la région, en particulier les feuilles comestibles, présentent des signes de toxicité au manganèse. L'utilisation des

sols de Moanda à des fins agricoles passe nécessairement par une connaissance de la mobilité des éléments traces, en particulier le manganèse dans ces sols et des amendements d'éléments majeurs et/ou de matière organique qui relèveraient le pH et atténueraient l'accumulation des éléments potentiellement toxiques dans les plantes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Garret G. G., *Human & Ecological Risk Assessment* (2000) 6, 945-963
- [2]. Séverin EMANE MBA, Evolution morphogénique et pédogénique du plateau manganésifère Okouma (Haut-Ogooué, Gabon). Conséquence sur l'environnement. Thèse de l'Université Louis Pasteur 1997, Strasbourg.
- [3]. WEBER, Une série précambrienne du Gabon: le Francevillien, sédimentologie, géochimie, relations avec les gîtes minéraux. Thèse d'état de l'Université Louis Pasteur, 1969 Strasbourg.
- [4]. Weber F., *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.* (1971) 9, 373-397
- [5]. Antoine D. MVONDO-ZE, Manuel de Laboratoire de Pédologie/Publications Agricoles 1992, Dschang – Cameroun.
- [6]. Alina KABATA-ENDIAS and Wieslaw SADURSKI, *Elements and their Compounds in the Environment : Occurrence, Analysis and Biological Relevance : Trace Elements and Compounds in Soil*, Second Edition, Wiley-VCH Weinheim (D). (2004).
- [7]. Gilles COLINET, *Eléments traces métalliques dans les sols. Contribution à la connaissance des déterminants de leur distribution spatiale en région limoneuse belge.*

Thèse de la Faculté Universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux 2003, Gembloux.

- [8]. Ulrich SCHÄFER *Elements and their Compounds in the Environment : Occurrence, Analysis and Biological Relevance : Manganese*, Second Edition, Wiley-VCH Weinheim (D). (2004).
- [9]. Chandra, S. et Tandon, S.K., *Environ. Physiol. Biochem.* (1974) 4, 16-23
- [10]. Saner G., Dagoglu T. et Ozden T., *Am. J. Clin. Nutr.* (1985) 41, 1042-1044
- [11]. Gol'dina I.R., Nadeenko V.G., Salchenko S.P., D'Yachenko O.Z., Senchenko V.G. et Vasalygina V.V., *Gig. Sanit., II* (1985) 80-91
- [12]. Lown B.A., Morganti J.B., D'Agostino R., Stineman C.H., Massaro E.J., *Neurotoxicology* (1984) 5 (1), 119-129
- [13]. Linn S., Kairis M. et Holliday R., *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* (1976) 73, 2818-2822
- [14]. Stoner G. D., Shimkin M. B., Troxell M. C., Thompson T. L., and Terry L. S., *Cancer Res* (1976) 36, 1744-1747
- [15]. Alina KABATA-PENDIAS et Henry K. PENDIAS, *Trace elements in soils and plants*. 2nd edition 1992, CRC Press., Boca Raton, Florida p. 365.
- [16]. Tessier, A., Campell, P. G. C. et Bisson, M., *Analytical Chemistry* (1979) 5 (1), 844-851
- [17]. Trudel, Lise, *Distribution naturelle en métaux lourds des sédiments fluviaux du Saint-Laurent/Mémoire de maîtrise* 1987, Université Laval.
- [18]. Domy C. Adriano, *Trace Elements in Terrestrial Environment/Springer* 1986, New York.