



Profil des métaux lourds contenus dans les plantes vivrières consommées couramment dans quelques zones minières de la province du Katanga.

Dominique Mudimbi Kalonda¹, Arsène Kabamba Tshikongo¹, Fridolin Kodondi Kule koto², Christian Kasongo Busambwa¹, Yves Kisunka Bwalya¹, Hervé Musola Cansa¹, Jean-Louis Kahambwe Tambwe¹, Zet Lukumwena Kalala³, Albert Longanga Otshudi^{1,4}

(¹) Faculté des Sciences pharmaceutiques, Université de Lubumbashi, RD Congo

(²) Faculté des Sciences pharmaceutiques, Université de Kinshasa, RD Congo

(³) Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Lubumbashi, RD Congo

(⁴) Université Libre de Bruxelles, Belgique.

Auteur correspondant Pharmacien Arsène KABAMBA, Faculté des Sciences Pharmaceutiques, Université de Lubumbashi, République Démocratique du Congo. arsene.kabamba@gmail.com; arsenekabamba@yahoo.fr. Tél. +243 81 214 35 87 ; +243 99 214 35 87.

Original submitted in on 19th October 2015. Published online at www.m.elewa.org on 31st December 2015

<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v96i1.2>

RESUME

Contexte : Le transfert des éléments polluants, et notamment des métaux lourds fait partie des problèmes graves de santé publique. La contamination des plantes vivrières par les polluants, et notamment les métaux lourds, est une préoccupation sociétale majeure. En effet, de plus en plus de cultures sont implantées en milieu périurbain, et de ce fait peuvent être impactées par des industries polluantes passées ou encore en activité. Cette problématique est à l'échelle mondiale, et très peu de pays sont épargnés. Ces contaminations peuvent être liées à une pollution des sols, ou des eaux utilisées en irrigation.

Objectif : L'objectif de ce travail était de déterminer le profil des métaux contenus dans *Manihot esculenta* (Sombe); *Amaranthus* (Lengalenga) et *Psidium guajava* L. (Mapela) ; plantes vivrières utilisées en alimentation dans les zones aux alentours des sites miniers dans la province du Katanga, en République Démocratique du Congo.

Méthodes et Résultats : Il était question dans ce travail d'une étude prospective analysant les feuilles des plantes précitées. Plantes collectées sur le site maraicher de quelques zones minières dans la province du Katanga. La recherche des métaux lourds dans les échantillons a été réalisée par la spectroscopie de masse (ICP-MS). Les analyses ont révélés la présence des métaux lourds dans les échantillons, et cela à des concentrations différentes. Toutefois les taux de zinc, cuivre, cadmium, plomb et autres métaux lourds étaient au-delà des limites normales.

Conclusion et application des résultats : Les plantes *Manihot esculenta* (Sombe); *Amaranthus* (Lengalenga); et *Psidium guajava* L. (Mapela) se trouvant aux alentours des zones minières de la province du Katanga, renferment les métaux lourds. Dans la plupart des cas, ces métaux sont au delà des seuils normaux. Ce qui pourrait être à la base des cas d'intoxication. Ces résultats permettront la mise en route des mesures préventives par rapport à la culture vivrière dans ces zones.

Mots Clés : Métaux lourds, Mines, Katanga.

ABSTRACT

Context: The contamination of food crops by heavy metals is one major public health problem. Indeed, more and more crops are located in suburban areas, and thus can be affected by past or active polluting industries. This problem is global, and few countries are spared. These contaminations can be related to soil pollution, or water used for irrigation.

Objective : The objective of this work was to determine the profile of the metals contained in *Manihot esculenta* (Sombe); *Amaranthus* (Lengalenga) and *Psidium guajava* L. (Mapela), plants used in areas around the mining sites in Katanga Province, Democratic Republic of Congo.

Methodology and Results: At issue in this work of a prospective study analyzing the leaves of the aforementioned plants. Plants collected on the site maraicher some mining areas in Katanga province. The presence of heavy metals in the samples was performed by mass spectroscopy (ICP-MS). The analyzes revealed the presence of heavy metals in the samples, and this in different concentrations. However the levels of zinc, copper, cadmium, lead and other heavy metals were beyond normal limits.

Conclusion and application of results: Plants *Manihot esculenta* (Sombe) ; *Amaranthus* (Lengalenga) and *Psidium guajava* L. (Mapela), located around the mining areas of Katanga province, contain heavy metals. In most cases, these metals are beyond the normal limits. What could be the basis of poisoning. These results will allow the initiation of preventive measures in relation to food crops in these areas.

Keywords: Heavy metals, Mining, Katanga.

INTRODUCTION

Les métaux sont naturellement présents dans la croûte terrestre. Ce sont des éléments métalliques naturels, de densité supérieure à 5 g/cm³ et tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du sodium (Z=11). Ils sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais généralement à l'état de traces. Les éléments naturellement présents dans les sols dont certains sont indispensables aux plantes, font partie des oligo-éléments et des éléments Traces. On utilise également l'expression métaux lourds, qui correspond à une définition physique (masse volumique supérieure à 5 g/cm³) ou bien oligo-éléments. Les éléments traces les plus connus pour leur dangerosité sont le plomb (Pb), le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le zinc (Zn). Il faut ajouter à cette liste l'arsenic (As) et le sélénium (Se), qui ne sont que des Eléments Traces et pas des métaux (Haydon et Cobett, 2007 ; Part et al. 2012). Les éléments traces, avec toute leur importance, peuvent s'accumuler et devenir toxique dans l'environnement par les activités humaines telles que l'exploitation des mines. Cette toxicité peut avoir comme conséquence une accumulation de l'élément dans la chaîne alimentaire. Ce qui pourrait sans doute provoquer

des dysfonctionnements dans les organismes des animaux et des humains (Baise et Paquereau, 1997 ; Li et al. 2012). L'intérêt des plantes vivrières s'est accru à la suite des études épidémiologiques mettant en relation les habitudes alimentaires et la prévalence de certaines maladies (cancers, obésité, maladies cardiovasculaires) (Diallo et al. 2013). En plus de leur importance nutritionnelle, les plantes vivrières présentent un intérêt économique et social non négligeable en raison de leur coût relativement bas, de la facilité et de la rapidité de leur préparation (Avallone et al. 2007 ; Dansi et al. 2008 ; Vadouhe et al. 2012). Plusieurs de ces plantes vivrières peuvent être exposées aux métaux lourds. D'une part, par voie par aérienne, les métaux lourds sont présents où déposés à la surface des organes (feuilles, tiges) et ils pénètrent dans les stomates sous forme de particules, de composés gazeux (Hg, As, etc.), ou dissous dans les eaux de pluie ou d'irrigation. Seule une partie de ces dépôts est enlevée par lavage. Les métaux lourds peuvent aussi être absorbés par les racines dans la solution du sol. L'importance relative de ces deux voies d'exposition dépend des métaux lourds, des plantes, de la proximité d'une source de contamination (émissions industrielles ou urbaines, routes) (Baise et Paquereau, 1997 ; Li et al. 2012 ;

Mihali et al. 2012). Ce travail s'était proposé de déterminer le profil de différents métaux lourds contenus dans *Manihot esculenta* (Sombe); *Amaranthus Sativa* (Lengalenga); et *Psidium*

guajava L. (Mapela) plantes couramment consommées dans les zones aux alentours des sites miniers de la province du Katanga, en République Démocratique du Congo.

METHODES

Cette étude a porté sur l'analyse des échantillons des feuilles de *Manihot esculenta*, *Amaranthus Sativa* et *Psidium guajava L.* Ces plantes ont été récoltées aux alentours des habitations de trois sites miniers dans la province du Katanga, en République Démocratique du Congo : Hewa Bora, Kansonga et Shinkolobwe. Pour la même plante, il y a eu au total trois échantillons prélevés successivement dans les trois sites miniers. Les analyses ont été effectuées par ICP-MS, permettant de doser la quasi-totalité des éléments simultanément à l'état de traces et ultra-traces (Baise et Paquereau, 1997). Pour arriver à l'obtention des résultats, le centre d'expertise

d'évaluation et de certification des substances minérales précieuses et semi-précieuse (CEEC), laboratoire agréé par l'état congolais, a été le cadre idéal pour les analyses. Après séchage, broyage et réduction en fine poudre des feuilles de ces plantes ; elles avaient subies une minéralisation. Elles avaient été analysées en tenant compte des normes d'analyses des plantes (normes USF EPA 3051) et celles d'analyses des métaux lourds (Normes US EPA CLP ILM 053 D et SW-84 66020/6020 A) (Grobek et Napora, 2015 ; Park et al. 2012 ; Koumolou et al. 2012).

RESULTATS

Manihot Esculenta : Pour le cobalt, la teneur la plus élevée est de 54,87 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur la plus basse est de 11,79 mg/kg (site Hewa-bora). Pour le fer, la teneur la plus élevée est de 257,8 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur la plus basse est de 222,1 mg/kg (site Shinkolobwe). Toutefois, le nickel n'a pas été décelé dans les échantillons de *Manihot esculenta* (sombe) de tous les sites de notre étude.

Psidium guajava : Pour le nickel, la teneur la plus élevée est de 19,19 mg/kg (site Shinkolobwe) tandis que la teneur est nulle dans les échantillons de Hewa-bora et de Kansonga. Pour le cobalt, la teneur la plus élevée est de 76,84 mg/kg (site Shinkolobwe) tandis que la teneur la plus basse est de 4,653mg/kg (site Hewa-bora). Pour le fer, la teneur la plus élevée est de 900,2 mg/kg (site Shinkolobwe) tandis que la teneur la plus basse est de 218, 1 mg/kg (site Hewa-bora).

Tableau 1. Résultats du dosage par ICP-MS des métaux dans les échantillons des plantes.

N°	Plante	24Mg mg/kg	27Al mg/kg	52Cr mg/kg	54Fe mg/kg	59Co mg/kg	60Ni mg/kg
1	<i>Manihot E.</i> (Hewa Bora)	4045	6832	3,357	256,5	11,79	0
2	<i>Manihot E.</i> (Kansonga)	5867	7835	3,771	257,8	54,87	0
3	<i>Manihot E.</i> (Shinkolobwe)	4796	6719	6,604	222,1	33,71	0
4	<i>Psidium G.</i> (Hewa Bora)	6482	6580	2,62	218,1	4,653	0
5	<i>Psidium G.</i> (Kansonga)	3958	6725	3,363	253,7	24,08	0
6	<i>Psidium G.</i> (Shinkolobwe)	6929	7524	4,455	900,2	76,84	19,19
7	<i>Amaranthus S.</i> (Hewa Bora)	23000	7888	5,666	113,4	11,71	0
8	<i>Amaranthus S.</i> (Kansonga)	20290	8919	18,51	1642	116,2	5,863
9	<i>Amaranthus S.</i> (Shinkolobwe)	24250	5173	6,478	112,7	77,15	5,484

Amaranthus Sativa : Pour le nickel, la teneur la plus élevée est de 5,863 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur est nulle à Hewa-bora. Pour le cobalt, la teneur la plus élevée est de 116,2 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur la plus basse est de 11,71 mg/kg (site Hewa-bora). Pour le fer, la teneur la plus élevée est de 1642 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur la plus basse est de 112,7 mg/kg (site Shinkolobwe). Tous les autres détails des résultats sont inscrits ci dessous (**tableau 1**).

Manihot Esculenta : Pour l'uranium, la teneur la plus élevée est de 0,22 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur la plus basse est de 0,169 mg/kg (site Hewa-bora). Pour le plomb, la teneur la plus élevée est de 5,21 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur la plus basse est de 3,331 mg/kg (site Hewa-bora). Pour le zinc, la teneur la plus élevée est de 717 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur la plus basse est de 418,9 mg/kg (site Shinkolobwe). Pour le cuivre, la teneur la plus élevée est de 67,24 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur la plus basse est de 30,28 mg/kg (site Hewa-bora).

Psidium guajava : Pour l'uranium, la teneur la plus élevée est de 0,452 mg/kg (site Shinkolobwe) tandis que la teneur la plus basse est de 0,222 mg/kg (site Hewa-bora). Pour le plomb, la teneur la plus élevée est de 5,797 mg/kg (site Shinkolobwe) tandis que la teneur la plus basse est de 4,089 mg/kg (site Kansonga). Pour le

cadmium, la teneur la plus élevée est de 0,139 mg/kg (site Shinkolobwe) tandis que la teneur la plus basse est de 0,059 mg/kg (site Hewa-bora).

Pour le zinc, la teneur la plus élevée est de 393,2 mg/kg (site Shinkolobwe) tandis que la teneur la plus basse est de 279,3 mg/kg (site Kansonga). Pour le cuivre la teneur la plus élevée est de 200,1 mg/kg (site Shinkolobwe) tandis que la teneur la plus basse est de 50,39 mg/kg (site Kansonga).

Amaranthus Sativa : Pour l'uranium, la teneur la plus élevée est de 0,534 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur la plus basse est de 0,302 mg/kg (site Hewa-bora). Pour le plomb, la teneur la plus élevée est de 10,25 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur la plus basse est de 5,352 mg/kg (site Shinkolobwe). Pour le cadmium, la teneur la plus élevée est de 7,843 mg/kg (site Shinkolobwe) tandis que la teneur la plus basse est de 2,024 mg/kg (site Hewa-bora). Pour le zinc, la teneur la plus élevée est de 497,1 mg/kg (site Kansonga) tandis que la teneur la plus basse est de 370,5 mg/kg (site Hewa-bora). Pour le cuivre la teneur la plus élevée est de 516,2 mg/kg (site Shinkolobwe) tandis que la teneur la plus basse est de 45,69 mg/kg (Site Hewa-bora). Tous les autres détails des résultats sont inscrits ci dessous (**tableau 2**).

Tableau 2. Résultats du dosage par ICP-MS des métaux dans les échantillons des plantes.

N°	Plante	65 Cu mg/kg	66 Zn mg/kg	114 Cd mg/kg	111 Cd mg/kg	208 Pb mg/kg	238 U mg/kg
1	<i>Manihot E.</i> (Hewa Bora)	30,28	428,6	0,102	0,413	3,67	0,169
2	<i>Manihot E.</i> (Kansonga)	67,24	717	1,621	2,025	5,21	0,22
3	<i>Manihot E.</i> (Shinkolobwe)	58,78	418,9	0,782	1,36	3,331	0,219
4	<i>Psidium G.</i> (Hewa Bora)	58,11	290,9	0,059	0,631	5,336	0,222
5	<i>Psidium G.</i> (Kansonga)	50,39	279,3	0,067	0,603	4,089	0,31
6	<i>Psidium G.</i> (Shinkolobwe)	200,1	393,2	0,139	0,89	5,797	0,452
7	<i>Amaranthus S.</i> (Hewa Bora)	45,69	370,5	1,295	2,024	7,547	0,302
8	<i>Amaranthus S.</i> (Kansonga)	217,7	497,1	1,981	2,596	10,25	0,534
9	<i>Amaranthus S.</i> (Shinkolobwe)	516,2	411,3	7,717	7,843	5,352	0,473

DISCUSSION

Plusieurs observations en rapport avec la présence des métaux lourds dans les plantes découlent des résultats des analyses de nos échantillons. Les zones industrielles sont caractérisées par des processus de dégradation des sols qui sont liés principalement au dépôt de métaux lourds (Mortvet, 1996 ; Baise et Paquereau, 1997 ; Grobelak et Napora, 2015). Les zones contaminées par des métaux lourds sont une grave source de risque en raison des émissions des polluants secondaires et de la lixiviation des métaux. Considérant les taux de Nickel (Ni), la valeur normale étant fixée dans l'intervalle allant 1-50 µg/g soit : 1000-50000 µg/Kg ou 1-50 mg/Kg ; nos résultats montrent que les valeurs trouvées sont dans la limite, excluant ainsi tout danger possible pour les consommateurs (Mihali et al. 2012). Par rapport au Zinc (Zn), la valeur limite étant fixée entre 1-100 mg/Kg, les résultats trouvés montrent une élévation dans tous les échantillons dont les taux vont de 717 mg/Kg à 290,9 mg/Kg. Ces taux sont alarmants, car constituent un danger important pour les habitants qui en consomment (Koumolou et al. 2012). Pour le Cuivre (Cu), la valeur limite acceptable est fixée à 100 mg/Kg ; les résultats montrent que dans certains échantillons les valeurs étaient supérieures, respectivement 516,2 mg/Kg, 217,7 mg/Kg et 200,1 mg/kg, toutefois les autres valeurs restantes étaient dans la limite normale. Nous pensons que certaines situations aboutissent à une contamination plus marquée du sol et à un danger plus grand de contamination des végétaux cultivés ; c'est notamment le cas des parcelles de cultures intensives spécialisées qui peuvent avoir été contaminées par des produits phytosanitaires contenant du zinc, mercure, plomb, arsenic ou cuivre ; ou par une fertilisation intense (Cadmium) (Baise et Paquereau, 1997). Il nous paraît aussi évident que des parcelles à proximité d'usines métallurgiques, d'exploitations minières ou d'installations polluantes sont contaminées par voie atmosphérique ou par la dispersion accidentelle de déchets (Haydon et Cobbett, 2007 ; Park et al. 2012). Par rapport au Cadmium (Cd), la valeur limite est de 0,2 mg/Kg ; les résultats ont montré des teneurs supérieures à la limite normale dans certains échantillons : 7,717 mg/Kg, 1,981

CONCLUSION

La majorité des plantes vivrières présentent une contamination en métaux lourds préoccupante. Les métaux lourds étaient présents dans les plantes récoltées aux alentours des zones minières à différentes concentrations. La plupart des échantillons avait présenté

mg/Kg, 1,621 mg/Kg, 1,245 mg/kg et 0,782 mg/Kg. Les recherches faites en France, avaient montré qu'une contamination diffuse des sols en éléments traces par les activités humaines demeure faible. Par ailleurs l'augmentation du stock de Cd, Zn et Ni dans l'horizon labouré est à surveiller, car ces métaux passent assez facilement dans la chaîne alimentaire (Baise et Paquereau, 1997). Concernant le Plomb (Pb), les valeurs normales sont réparties selon les espèces soit 0,10 mg/Kg pour les plantes non légumineuse comme le cas du goyavier et 0,30 mg/Kg pour les légumineuses (Feuilles de manioc et Amarante). Les résultats trouvés sont de loin supérieurs aux normes ; alors que la nature toxique du plomb est connue depuis longtemps, ainsi que les dangers liés à la contamination des aliments par ce métal (Mourato et al. 2015). En considérant l'Uranium (U), la valeur limite est de 0,36 mg/Kg. Certains échantillons ont montrés les valeurs supérieures à la limite normale. Les investigations de Mordtvet (1996) avaient démontrées que du fait que l'uranium était présent dans tous les sols sous forme partiellement disponible, il était plus ou moins normal de le rencontrer dans toutes les plantes. Ainsi, estimons nous que cette pensée corrobore nos recherches. Toutefois, pour Mordtvet (1996), dans les zones très uranifères, on peut observer des modifications de pigmentations chez certaines espèces végétales et des bouleversements dans leur croissance. Considérant tous les éléments ci haut analysés, nous pensons aussi qu'une attention particulière devrait être mise aussi sur les jardins familiaux à proximité d'agglomérations ou d'un site industriel émetteur ; car plus ils sont anciens et inclus dans l'agglomération, plus leur sur-contamination est fréquente par rapport aux parcelles agricoles (Li et al. 2012 ; Koumolou et al. 2012). Les activités d'assainissement qui sont appliqués à grande échelle dans des zones contaminées par des métaux lourds devraient être principalement axées sur la réduction du degré de mobilité des métaux dans le profil du sol et la biodisponibilité des métaux à des niveaux qui ne sont pas phytotoxiques (Grobelak et Napora, 2015).

des taux en métaux lourds relativement élevés ; fait lier probablement à la transformation industrielle, l'exploitation minière et les pratiques agricoles. Cette contamination pourrait être à la base de beaucoup des maladies chez les humains consommateurs, mais aussi

de beaucoup des dommages dans la production agricole comme dans l'élevage.

RECOMMANDATIONS: Les ministères de l'environnement, de l'infrastructure, ensemble avec celui de la santé devraient veiller que les habitations des

humains avec leurs cultures agricoles soient loin des sites minières. Car il y a une possibilité de contamination des sols pour les cités environnantes les zones minières ; et cette situation pourrait être la cause de plusieurs pathologies connues comme pour les non connues.

Conflits d'intérêt : Aucun.

Contributions des auteurs : Tous les auteurs ont contribué à la réalisation de ce travail ; ils ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Avallone S., Brault S., Mouquet C., Trèche S. (2007). Home-processing of the dishes constituting the main sources of micronutrients in the diet of preschool children in rural Burkina Faso. *Int. J. Food. Sci. Nutr.* 58 :108 – 115.
- Baise D. et Paquereau H. (1997). Teneurs totales en éléments traces dans les sols agricoles de Seine-et-Marne. *Etude et Gestion des sols.* 4(2) :77-94.
- Dansi A., Adjatin A., Adoukonou-Sagbadja H., Falade V., Yedomonhan H., Odou D., Dossou B. (2008). Traditional leafy vegetables and their use in the Benin Republic. *Genet. Resour. Crop EV.* 55 :1239 – 1256.
- Diallo Y., Gueye M.T., Sakho M., Darboux P.G., Kane A., Barthelemy J.P., Lognay G. (2013). Importance nutritionnelle du manioc et perspectives pour l'alimentation de base au Sénégal (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17(4):634-643.
- Grobelak A., Napora A. (2015). The Chemophytostabilisation Process of Heavy Metal Polluted Soil. *PLoS One.* 10(6):e0129538.
- Haydon M.J., Cobbett C.S. (2007). Transporters of ligands for essential metal ions in plants. *New Phytol.* 174:499–506.
- Koumolou L., Edoh A.P., Agbandji L., Hounkpatin S.A., Elegbede B. (2012). Threat of the health quality of garden produces linked to pollution by toxic metals on some gardening sites of Benin. *Am. J. Environ. Sci.* 8(3) :248 – 52.
- Li Q.S., Chen Y., Fu H.B., Cui Z.H., Shi L., Wang L., Liu Z.F. (2012). Health risk of heavy metals in food crops grown on reclaimed tidal flat soil in the pearl River Estuary, China. *J Hazard Mater.* 227-228(7):148-54.
- Mihali C., Michnea A., Oprea G., Gogoasa I., Pop C., Senila M., Grigor L. (2012). Trace element transfer from soil to vegetables around the lead smelter in Baia Mare, NW Romania. *J Food Agr Environ.* 10(1) :828 – 34.
- Mortvet J.J. (1996). Plant and soil relationships of uranium and thorium decay series radionuclides. A review. *J Environ Qual.* 23:643 – 650.
- Mourato M.P., Moreira I.N., Leitão I., Pinto F.R., Sales J.R., and Martins L.L. (2015). Effect of Heavy Metals in Plants of the Genus *Brassica*. *Int J Mol Sci.* 16(8): 17975–17998.
- Park J., Kim J.-Y., Kim K.-W. (2012). Phytoremediation of soil contaminated with heavy metals using *Brassica napus*. *Geosyst. Eng.* 15:9–17.
- Vadouhe S., Dovoedo A., Anihouvi V.B., Tossou R.C., Soumanou M.M. (2012). Influence du mode de cuisson sur la valeur nutritionnelle de *Solanum macrocarpum*, *Amaranthus hybridus* et *Ocimum gratissimum*, trois légumes-feuilles traditionnels acclimatés au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(5) :1926 – 1937.