



Évaluation des teneurs en éléments traces métalliques dans les légumes feuilles vendus dans les différents marchés de la zone minière de Lubumbashi

Mpundu Mubemba Mulambi Michel^{1&2}, Useni Sikuzani Yannick^{1*}, Ntumba Ndaye François³, Muyambo Musaya Emmanuel³, Kapalanga Kamina Prisca³, Mwansa Muyembe¹, Ilunga Kampanyi¹, Nyembo Kimuni Luciens¹

¹Département de phytotechnie, Faculté des sciences agronomiques, Université de Lubumbashi BP 1825, Lubumbashi, RD Congo ;

² École Supérieure de tourisme et hôtellerie, Université de Lubumbashi BP 1825, Lubumbashi, RD Congo ;

³Département d'Économie Agricole, Faculté des sciences agronomiques, Université de Lubumbashi BP 1825, Lubumbashi, RD Congo

Auteur pour la correspondance : yannickuseni@gmail.com; +243813666582

Original submitted in on 14th February 2013 Published online at www.m.elewa.org on 30th June 2013.

<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v66i0.95008>

RÉSUMÉ

Objectifs : Le présent travail a été initié dans le but d'évaluer la teneur en éléments traces métalliques (ETM) dans les légumes feuilles vendus dans les différents marchés de Lubumbashi.

Méthodologie et résultats : Les légumes d'amarante et de poirée bette ont été achetés sur 11 marchés de la ville de Lubumbashi et la quantité totale des légumes a été mélangée (par espèce) pour obtenir un échantillon représentatif du marché. Les analyses ont porté sur les teneurs totales en Cuivre (Cu), Cobalt (Co), Plomb (Pb), Cadmium (Cd) et Zinc (Zn). Le dosage des ETM a été réalisé en absorption atomique au spectromètre (VARIAN 220). Les résultats obtenus ont montré que les teneurs totales en ETM sont similaires entre les légumes d'amarante et de poirée vendus dans les différents marchés de Lubumbashi. Par ailleurs, tous les marchés dépassent le seuil en **cuivre** fixé à 10 mg/kgMS, quelle que soit la méthode de lavage et l'espèce potagère. Pour les autres ETM, plusieurs marchés sont en dessous des valeurs seuils en fonction de la concentration maximale réglementaire (CMR) établie en France (Pb : 3 mg/kg MS et Cd : 2 mg/kg MS).

Conclusion et application de la recherche : la détermination des teneurs en ETM dans les légumes vendus dans les différents marchés de la ville de Lubumbashi permet d'évaluer les risques de contamination de la chaîne alimentaire d'une part et de l'autre la mise au point des techniques adéquates de biorémédiation.

Mots clés : Légumes-feuilles, éléments traces métalliques, contamination, zone minière, transfert sol-plante, chaîne alimentaire

Assessment of trace metal content in the vegetables leaves sold in the different markets of the mining zone of Lubumbashi

Objectives: The present work goal was to evaluate trace metal content in the vegetables leaves sold in the different markets of Lubumbashi. *Methodology and results:* The vegetables, amaranth and spinach were bought from 11 markets of the city of Lubumbashi and the total quantity of the vegetables were mixed (by species) to get a representative sample of the market. The analyses focused in the total contents of Copper (Cu), Cobalt (Co), lead (Pb), cadmium (Cd), and zinc (Zn). The dosage of the trace elements was achieved by the atomic absorption spectrometer (VARIAN 220). The results showed that the total contents in the trace elements were similar in the vegetables of amaranth and spinach sold in the different markets of Lubumbashi. In all the markets, the vegetables had a higher in copper content above the standard of copper fixed to at 10 mg/kgDM, irrespective of the washing method of or the vegetable species. For the other trace elements, several markets had values below the authorized maximal concentration (AMC) established in France (Pb: 3 mg/kg MS and Cd: 2 mg/kg MS).

Conclusion and application of research: the determination of the contents of trace elements in the vegetables sold in the different markets of the city of Lubumbashi assesses the risks of contamination of the food chain and establishment of appropriate techniques of bioremediation.

Key words: Leafy vegetables, trace elements, contamination, mining area, soil-plant transfer, food chain

INTRODUCTION

Le développement de la ville de Lubumbashi (RDC) est intimement lié à l'extraction minière et au traitement des minerais de cuivre. Ceux-ci connaissent actuellement un regain d'activités impressionnant dans tout le Katanga. Il a été démontré que les émissions de SO₂ par la cheminée du four de l'usine d'extraction et de transformation du cuivre de la Gécamines étaient responsables des pluies acides (Mbenza et al., 1989), néfastes pour les êtres vivants dont les végétaux. En outre, il a été constaté que le secteur situé sous les vents alizés du Sud- Est présente des sols enrichis en cuivre, et autres métaux lourds, par les retombées de poussières métallifères émanant de l'usine depuis plus d'un demi-siècle. Situation responsable du remplacement de la forêt claire originelle de *Miombo*, par une steppe courte au sein de laquelle on retrouve beaucoup d'espèces de la flore cupricole (Malaisse, 1997) ainsi que de vastes zones de sol dénudé. Les différentes sources d'émission conjuguées (usines, circulation) et donc les retombées de proximité sont plus importantes dans les zones urbaines et périurbaines. Elles ont ainsi conduit à faire des sols urbains (jardins publics ou privés) ou de ceux de zones industrielles (jardins ouvriers notamment) des sols présentant des risques en raison de la contamination des plantes potagères qu'ils

peuvent produire (Bourrelier & Berthelin, 1998). Le rapport de la FAO (2008) a estimé la population de Lubumbashi à 1 260 000 habitants soit, le double de celle enregistrée en 1984. En 2008, 31 sites maraîchers étaient recensés dans les milieux urbains et périurbains de Lubumbashi, avec un effectif total de 8 308 maraîchers, dont 74% de femmes. Ces sites ont bénéficié d'un encadrement du projet HUP (Horticulture Urbaine et Périurbaine) de la FAO (SENAHUP, 2008). La culture d'amarante est pratiquée sur toute l'année et occupe une superficie totale élevée de tous les légumes feuilles. Par contre, suite à ses exigences en sols, la culture de la poirée bette est pratiquée souvent en saison sèche et ne couvre une superficie réduite. Néanmoins, la position topographique de ces sols en fait des pièges à déchets divers enrichis en ETM : effluents des usines installées autour de la ville, eaux de lavage artisanale des minerais dans les parcelles des habitations, de scories épandues dans les avenues pour lutter contre les poussières (en saison sèche) et la boue (en saison de pluies). Étant donné qu'une partie des sols sont contaminés dans et autour de Lubumbashi, la contamination des végétaux par absorption racinaire, ou par dépôt des poussières chargées en ETM sur les parties aériennes est possible et devrait faire l'objet d'une évaluation. Ainsi aux

États-Unis et au Canada, une augmentation des cas de maladies respiratoires a été constatée chez les femmes âgées de 35 à 75 ans résidant dans les alentours des installations des fonderies électriques de cuivre (Mattson & Guidotti, 1980). Les légumes et fruits environnant ont également

présenté dans leurs tissus des teneurs élevées en métaux lourds. Cette étude a été initiée dans le but d'évaluer la teneur en éléments traces métalliques (ETM) dans les légumes feuilles vendus dans les différents marchés de Lubumbashi.

MATERIEL ET METHODES

Lubumbashi appelé capitale du cuivre, est le chef lieu de la province minière du Katanga. Située dans le district du Haut-Katanga, Lubumbashi est la deuxième ville de la République Démocratique du Congo après la capitale Kinshasa. Créée en 1910, Lubumbashi à l'époque Elisabethville, doit son origine et son développement à la découverte d'importants gisements de cuivre et à leur mise en exploitation par l'Union Minière du Haut Katanga (UMHK) (Kamena et al., 2004). La ville est située au Sud-Est du pays, à 11°40' de latitude Sud et à 27°29' de longitude Est. Le site urbain et périurbain de Lubumbashi se trouve à 1200 et 1300 m d'altitude. Les légumes d'amarante (*Amaranthus hybridus*) « appelés Lenga lenga » sont très abondants sur le marché lushois et sont préférés par nombreux petits lushois. Par contre, la poirée bette (*Spinacia oleracea*) « épinard » est consommée comme légumes de prestige pour son prix d'achat très élevé sur le marché lushois. Ces légumes d'amarante et de poirée bette ont été achetés en saison sèche sur 11 marchés principaux de la ville de Lubumbashi : Mzee, Zambia, Kenya central, Kenya njanja, Matshipisha, Kalubwe, Kassapa, Rail, Katuba, Golf et Mimbulu. Au total 6 kg de légumes de chaque espèce, ont été achetés par marché, à raison de 1 kg de légumes par vendeur. Les légumes de 2 vendeurs du même marché ont été mélangés pour former un échantillon ; au total 3 échantillons (de 2 kg chacun) ont été gardés par espèce et par marché. Pendant cette

campagne d'échantillonnage, les légumes d'amarante et de poirée bette ont été achetés respectivement sur 10 et 4 marchés de la ville de Lubumbashi. Une partie de chaque échantillon (1 kg) a été rincée 3 fois à l'eau de robinet conformément à la pratique de nettoyage de légumes du lushois moyen. Par contre, une autre partie (1 kg) a été rincée 2 fois à l'alconox, et 3 fois à l'eau distillée en vue d'éliminer totalement les poussières sur les feuilles et les tiges. Tous ces échantillons de végétaux ont été séchés à 60°C à l'étuve du laboratoire chimique de la faculté des sciences agronomiques de l'Université de Lubumbashi et emballés dans des sachets pour leur analyse. L'analyse des végétaux a porté sur les teneurs totales en Cu, Co, Pb, Cd et Zn. Les végétaux secs ont été broyés au broyeur oscillant à anneaux en carbure de tungstène. L'extractif est un mélange à parts égales de HNO₃ (acide nitrique) et de HClO₄ (acide perchlorique). Cinq grammes de l'échantillon réduit en poudre, sont attaqués à chaud par 50 ml d'extractif, jusqu'à évaporation complète. Dix millilitres d'HCl (10%) sont alors ajoutés au résidu qui est transvasé et porté au trait dans un ballon de 50 ml. Le dosage des ETM a été réalisé en absorption atomique au spectromètre (VARIAN 220) (Mpundu, 2010). Les déterminations analytiques sur les végétaux ont été réalisées au laboratoire de l'unité Science du sol de la faculté des sciences agronomiques de Gembloux, à l'Université de Liège en Belgique.

Tableau 1. Seuils utilisés pour diagnostiquer la contamination des sols de jardins et des végétaux

ETM	Teneur	Référence
Légumes feuilles		
Cu	5-10	Teneur maximale du règlement 1881/2006/CE (Tremel- Schaub & Feix, 2005)
	10	Valeur normale (Kabata- Pendias & Pendias, 2001)
Co	1	Valeur normale (Kabata- Pendias & Pendias, 2001)
Cd	2	CMR (Mench & Baize, 2004)
Pb	3	CMR (Mench & Baize, 2004) ; Valeur maximale du règlement 1881/2006/CE (Tremel- Schaub & Feix, 2005)
	10	Valeur normale (Kabata- Pendias & Pendias, 2001)

Mpundu et al / J. Appl. Biosci. 2013. Évaluation des éléments traces métalliques dans les légumes feuilles vendus dans les marchés de la zone minière de Lubumbashi.

Zn 95 Valeur normale (Kabata- Pendias & Pendias, 2001)

Pour les végétaux, les teneurs en ETM ont été comparés aux normes internationales (tableau 1). Cependant, la démarche la plus simple et fiable consiste à comparer l'analyse de l'échantillon végétal aux résultats obtenus pour la même espèce végétale et variété, et pour le même organe, sur le même type de

sol non contaminé (Mench & Baize, 2004). En revanche, l'analyse de la variance avec test post hoc de TUKEY, a été utilisée pour comparer les teneurs en ETM dans les légumes vendus dans les principaux marchés de Lubumbashi.

RESULTATS

Les légumes d'amarante et de poirée bette ont été achetés sur 11 principaux marchés de la ville de Lubumbashi en vue d'estimer les risques de la contamination de la chaîne alimentaire par la

consommation des légumes. Les résultats d'analyse des échantillons des légumes achetés sur les 11 principaux marchés de Lubumbashi sont repris dans le tableau 2.

Tableau 2. Valeurs moyennes en ETM (mg/kg MS) dans les légumes d'amarante et de la poirée bette achetés sur différents marchés de Lubumbashi

Marché	Cu		Co		Cd		Pb		Zn	
	EAU	ALCO	EAU	ALCO	EAU	ALCO	EAU	ALCO	EAU	ALCO
Amarante										
MZE	13,1	10,9	0,54	0,00	0,17	0,14	0,9	0,0	50,7	48,8
ZAM	18,9	18,0	0,33	0,00	1,83	1,54	0,6	0,0	78,3	66,1
KYC	14,9	12,4	0,00	0,00	0,49	0,00	0,6	0,0	61,5	50,6
KYN	39,3	30,9	2,94	0,98	1,36	1,19	4,1	1,7	148,3	138,1
MAT	35,7	27,5	0,26	0,00	1,72	1,56	5,8	2,3	164,2	159,9
KBW	33,5	19,2	1,63	0,00	0,35	0,15	2,2	1,7	81,8	72,6
KAS	18,2	13,9	0,00	0,00	1,60	1,30	1,7	1,3	98,7	68,4
RAI	23,0	22,6	0,56	0,05	0,50	0,35	1,0	0,0	117,9	67,5
KTB	23,2	22,5	0,75	0,00	1,20	1,13	2,3	1,4	131,3	74,4
GOL	20,9	19,6	0,00	0,00	3,80	3,79	4,1	2,7	198,3	149,2
Poirée bette										
MZE	33,0	29,7	1,71	0,51	2,14	2,13	2,0	0,0	121,9	109,4
KYN	32,8	20,3	0,29	0,00	1,86	1,73	1,3	0,0	139,1	71,6
KTB	21,5	20,6	0,00	0,00	1,41	1,23	0,7	0,5	98,8	79,4
MIB	19,9	16,8	0,00	0,00	1,10	0,39	0,9	0,4	96,7	37,2
Seuils	10,0		1,00		2		10,0		95,0	

MZE : Mzee, ZAM : Zambia, KYC : Kenya central, KYN : Kenya njanja, MAT : Matshipisha, KBW : Kalubwe, KAS : Kassapa, RAI : Rail, KTB : Katuba, GOL : Golf et MIB : Mimbulu ; ALCO :alconox ; les valeurs colorées sont en dessous du seuil.

Pour l'amarante, le marché MZE a affiché les valeurs minimales en ETM, à l'exception de Co. Par contre, les valeurs maximales ont été enregistrées sur les

marchés KYN (pour Cu et Co) et GOL (pour Cd et Zn). L'analyse de la variance ne révèle pas de différence significative entre les marchés KYN et MAT pour Cu

Mpundu et al / J. Appl. Biosci. 2013. Évaluation des éléments traces métalliques dans les légumes feuilles vendus dans les marchés de la zone minière de Lubumbashi.

(P= 0,307) et Zn (P= 0,241), ainsi que MAT, KYN et GOL pour Pb ; Pour Cd, le marché GOL présente une teneur supérieure (P < 0,005) à tous les autres marchés. Par contre, les teneurs en Co sont identiques pour tous les marchés. Pour la poirée bette, les teneurs en ETM dans légumes achetés sur différents marchés sont similaires, à l'exception de Cd. La teneur maximale en Cd observée dans les légumes du marché

MZE est identique (P= 0,215) à celle trouvée en KYN. Mais aussi, la teneur minimale en Cd observée sur MIB est similaire (P= 0,079) à celle de KTB.

En comparant les valeurs moyennes en ETM trouvées dans les deux espèces, il ressort de l'analyse de la variance que les teneurs totales en ETM sont similaires entre les légumes d'amarante et de poirée bette (tableau 3).

Tableau 3 : Valeurs moyennes en ETM (mg/kg MS) dans les légumes d'amarante et Poirée bette

ETM	Amarante	Poirée bette	P
Cu	21,90 (a)	24,32 (a)	0,452
Co	1,20 (a)	1,49 (a)	0,768
Cd	1,20 (a)	1,49 (a)	0,470
Pb	1,72	0,72 (a)	0,090
Zn	101,33 (a)	94, 24 (a)	0,691

En ce qui concerne le mode de lavage, les teneurs totales en ETM observées dans les légumes

d'amarante et de poirée bette lavés à l'eau de robinet sont supérieures à ceux lavés à l'alconox (tableau 4).

Tableau 4 : Valeurs moyennes en ETM (mg/kg MS) dans les légumes lavés à l'eau et à l'alconox

ETM	Eau	Alconox	P
Cu	24,07 (a)	19,74 (b)	0,015
Co	0,70 (a)	0,10 (b)	0,022
Cd	1,30 (a)	1,11 (b)	0,002
Pb	2,33 (a)	1,11 (b)	0,003
Zn	113,10 (a)	89,55 (b)	0,006

DISCUSSION

La comparaison de teneurs totales en ETM dans les légumes par rapport aux normes montre que, les teneurs en Cu dans les légumes vendus 100% des marchés excèdent le seuil en Cu fixé à 10 mg/kgMS, quelque soit la méthode de lavage et l'espèce potagère. Pour Zn, les légumes d'amarante et de poirée bette vendus respectivement sur 60% et 100% des marchés mais lavés à l'eau, indiquent des valeurs moyennes qui excèdent les normes (Kabata- Pendias et Pendias, 2001). Pour les autres ETM, les légumes vendus sur plusieurs marchés montrent des valeurs en dessous des valeurs seuils (tableau 1). Le calcul du diagnostic de danger (DD) des légumes feuilles, en fonction de la concentration maximale réglementaire (CMR) établie en France (Pb : 3 mg/kg MS et Cd : 2 mg/kg MS) (Mench & Baize, 2004), démontre que le danger d'imprégnation en Cd est avéré pour l'amarante du marché GOL (DD Amarante>1), ainsi que la poirée bette du marché MZE (DD Poirée bette> 1); tandis que, les amarantes achetées sur les marchés KYN,

MAT et GOL, sont dangereux pour Pb (DD Amarante>1).

Estimation des AJM en ETM par la consommation des légumes cultivés sur sols des jardins et des marchés de Lubumbashi. : Le dernier rapport conjoint de la FAO et de l'OMS sur la prévention des maladies chroniques en 2003, recommande une consommation d'au moins 400 g des légumes et fruits par personne par jour (Combris & Volatier, 2007 ; FAO, 2008). En se basant sur les données de la production totale en légumes des sites maraîchers encadrés par le SENAHUP (SENAHUP, 2008), et de la population lushoise en 2008 (FAO, 2008), la consommation apparente journalière en légumes pourrait être estimée à 23,5 g par personne. A l'exception des végétariens, la quantité moyenne de légumes consommés par le Lushois moyen est très faible. Les apports moyens obtenus par la consommation individuelle de 400 g des légumes vendus sur 11 principaux marchés de la ville de Lubumbashi, sont repris dans le tableau 5.

Tableau 5. Apport journalier moyen (AJM) en ETM de 400g des légumes (Amarante ou Poirée bette) vendus dans différents marchés de Lubumbashi

MARCHE	LEG	AJM (µg)/personne				
		Cu	Co	Cd	Pb	Zn
MZE	AMA	524,0	21,4	6,8	37,7	2029,4
	PB	1320,0	68,3	85,6	79,3	4874,1
ZAM	AMA	756,0	13,3	73,2	25,5	3133,8
KYC	AMA	596,0		19,6	22,9	2459,6
KYN	AMA	1572,0	117,6	54,3	163,7	5933,3
	PB	1312,0	11,7	74,4	50,4	5564,0
MAT	AMA	1428,0	10,2	68,6	230,8	6566,0
KBW	AMA	1340,0	65,3	14,0	88,4	3271,0
KAS	AMA	728,0		64,0	66,5	3949,3
RAI	AMA	920,0	22,3	20,1	39,2	4716,0
KAB	AMA	928,0	29,9	48,1	93,0	5252,0
	PB	860,0		56,5	29,5	3950,3
GOL	AMA	836,0		152,0	165,1	7931,3
MIB	PB	796,0		44,0	35,1	3868,8
DJT		35 000	3 000	70	252	21 000

LEG : légumes consommés ; DJT : Dose journalière tolérable).

Pour les marchés, les AJM en ETM fournis par la consommation individuelle de 400g d'amarante ou de poirée bette sont généralement inférieurs à la DJT (tableau 3), à l'exception du Cd dans les légumes trouvés sur les marchés MZE et GOL pour l'amarante, ainsi que MZE et KYN pour la poirée bette. Cependant, les AJM de légumes d'amarante achetés sur les marchés KYN, GOL et MAT contribuent à eux seuls respectivement à 65%, 66% et 92% à la DJT en Pb. Pour le cadmium, les AJM fournis par l'amarante des marchés KYN, KAS, KAB et MAT et par la poirée bette de 50% des marchés étudiés contribuent à eux seuls à plus de 50% de la DJT. Mench & Baize (2004) ont souligné que les aliments qui fournissent à eux seuls les AJM au-delà de 50% présentent les risques pour la consommation. Les AJM fournis par le maïs consommé sous forme de pâte (fufu) et par les poissons, le repas quotidien 'un habitant de Lubumbashi habitant de Lubumbashi, devront être pris en compte dans l'estimation de la dose hebdomadaire ingérée (DHI). Néanmoins, Mench & Baize (2004) et Bourrelier & Berthelin (1998) ont montré que les céréales n'accablent pas beaucoup des métaux dans les graines par rapport aux légumes feuilles. Les contributions de 32 µg en Cd et 40µg en Pb à la DHI, ont été enregistrées en France par la consommation des céréales. Les contributions des poissons à la DHI

ne sont pas négligeables dans la zone de Lubumbashi. Les études menées par Katemo (2009) ont révélé des teneurs en ETM non négligeables dans les muscles du poisson Kapolowe (*Oreochromis macrochir*) apprécié par la majorité de la population habitant de Lubumbashi. Les AJM en Cu, Co et Zn des légumes contribuent à moins de 50% de la DHI. Ainsi, le plat quotidien d'un habitant de Lubumbashi devrait être surveillé. Globalement, les AJM en ETM obtenus avec les légumes vendus sur les marchés sont faibles par rapport à ceux fournis par les légumes cultivés sur les jardins potagers étudiés dans la ville de Lubumbashi (Mpundu, 2010). L'origine de ces légumes achetés sur ces marchés, pourrait expliquer ces faibles valeurs. En effet, certains légumes vendus sur les marchés de Lubumbashi sont cultivés dans les sites éloignés de la ville de Lubumbashi (Sambwa, Kapolowe, Mulungwishi). Mench & Baize (2004) ont montré que la production de légumes dans les sites éloignés de sources de contamination, reste l'une des mesures dans la réduction des risques d'imprégnation en ETM. Cependant, il faudra déterminer le niveau de contamination des sols utilisés pour la production de ces légumes, parce que ces trois sites sont localisés dans l'arc cuprifère Katangais. Par contre, la consommation de 23,5g de ces légumes (en fonction de la production locale SENAHUP, 2008), réduirait les

AJM de 17 fois par rapport à ceux obtenus avec la quantité de 400g. Les enquêtes réalisés par les experts de la FAO et l'OMS ont montré plusieurs personnes n'arrivent pas à consommer par jour une quantité de 400g de légumes (Combris & Volatier, 2007 ; FAO, 2008). C'est le cas de nombreuses familles de Lubumbashi qui consomment des faibles quantités des légumes par jour. Cette faible consommation des légumes, pourrait constituer un moyen d'éviter si non de réduire l'imprégnation en métaux lourds. Dans ce cas, les risques de contamination de la chaîne alimentaire via les légumes, sont de plus en plus moindres. Néanmoins, Mouchet et al. (2008) indiquent que la présence des cultures maraichères à proximité d'installations industrielles amène souvent à examiner, lors des diagnostics environnementaux, les teneurs en

CONCLUSION

Les risques de contamination de la chaîne alimentaire par la consommation des légumes d'amarante et de la poirée bette vendus sur les marchés de la ville de Lubumbashi ne sont pas négligeables suite aux AJM obtenus pour certains légumes. Les légumes vendus sur les marchés montrent les teneurs en Cu et Zn qui excèdent les normes. Les valeurs observées dans les légumes d'amarante et de la poirée bette vendus sur les marchés sont identiques. La méthode de lavage des légumes par l'alconox diminue sensiblement les

polluants accumulés dans les plantes potagères consommées par la population. En effet, en raison de leur utilisation massive et/ou répétée et de leur persistance dans l'environnement, l'accumulation des éléments traces métalliques (ETM) peut entraîner la contamination des écosystèmes et ainsi présenter des risques pour les organismes vivants (Finster et al., 2004) et la consommation de végétaux cultivés sur des sols pollués par les ETM ou dans un environnement potentiellement pollué est une des voies d'exposition humaine aux ETM (Cui et al., 2004 ; Mpundu, 2010) fréquemment considérée. Toutefois, plus le site de production est éloigné des sources de contamination, moins il y a risque de contamination des sols (Mpundu, 2010).

teneurs en ETM par rapport à la méthode de nettoyage à l'eau utilisée dans la préparation des légumes par la population de Lubumbashi. Les plats de la population de Lubumbashi devront être surveillés pour minimiser les risques de d'imprégnation en ETM. Ces résultats montrent que des techniques adéquates de réduction de transfert sol-plante des ETM doivent être mises en place pour éviter les risques de contamination de la chaîne alimentaire par le cuivre et le zinc.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bourrelier P.H., Berthelin J., 1998. *Contamination des sols par les éléments traces : les risques et leur gestion*. Rapport n°42 Académie des sciences. 439 p.
- Combris P., Volatier J-L., 2007. *Les fruits et les légumes dans l'alimentation. Enjeux et déterminants de la consommation*. Rapport d'expertise scientifique collective de l'INRA (UESCo). Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 371p.
- Cui Y.J., Zhu Y.G., Zhai R.H., 2004. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. *Env Inter* **30**: 785-91.
- FAO, 2008. *World reference base for soil resources*. World Soils Resources Report 84. Food and Agricultural Organization of United Nations, Rome.
- Finster M.E., Gray K.A., Binns H.J., 2004. Lead levels of edibles grown in contaminated residential soils: A field survey. *Sci Total Environ* **320**: 245-57.
- Kabata-Pendias A. & Pendias H., 2001. *Trace elements in soils and plants*, Boca Raton, CRC Press Inc. 3^{ème} Ed.
- Kamena M., Kasongo K., Kikunda K. & Mutete S., 2004. *Approches de la criminalité dans la ville de Lubumbashi*, Observatoire du Changement Urbain, UNILU.
- Katemo M.B., 2009. *Évaluation de la contamination de la chaîne trophique par les métaux lourds dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/ RD Congo)*. Mémoire de DEA, Université de Lubumbashi. 50 p.
- Malaisse F., 1997. *Se nourrir en forêt claire africaine. Approche écologique et nutritionnelle*. Centre Les presses Agronomiques de Gembloux, ASBL. Gembloux.1665/3.

- Mattson G. & Guidotti H., 1980. Health risks associated with residence near primary copper smelter: a preliminary report. *Am Ind Med.* **1 (4)**: 355-365
- Mbenza M., Aloni K., Muteb M., 1989. Quelques considérations sur la pollution de l'air à Lubumbashi (Shaba, Zaire). *Géo-eco-trop.* **13 (1-4)** : 113-125
- Mench M. & Baize D., 2004. Contamination des sols et de nos aliments d'origine végétale par les éléments en traces mesures pour réduire l'exposition. *Courrier de l'environnement de l'INRA* n°52, septembre 2004.
- Mpundu M.M., 2010. *Contamination des sols en Éléments Traces Métalliques à Lubumbashi (Katanga/RD Congo). Évaluation des risques de contamination de la chaîne alimentaire et choix de solutions de rémédiation* ». Thèse de doctorat, Faculté des sciences agronomiques, Université de Lubumbashi, 432p.
- Mouchet F., Deny S., Marot F., Douay F., Pinet C., Pourrut B., Roussel H., Vimont V., Dumat C., 2008. Évaluation de la contamination de plantes potagères cultivées dans un environnement potentiellement pollué : contexte actuel et propositions d'outils opérationnels. *Environnement, Risques & Santé*, **7(3)** : 203-208
- SENAHUP, 2008. *Rapport annuel du service national de l'horticulture urbaine et péri-urbaine à Lubumbashi.* RDCongo.
- Tremel-Schaub A., Feix I., 2005. *Contamination des sols : transferts des sols vers les plantes.* EDP Sciences/ADEME. 156 p.