

**UNIVERSITE DE LUBUMBASHI**

**FACULTE DE MEDECINE**

**ECOLE DE SANTE PUBLIQUE**

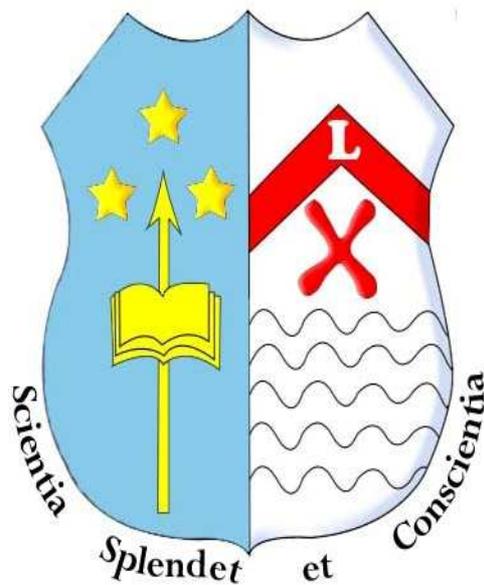
**UNITE DE TOXICOLOGIE ET ENVIRONNEMENT**

**Croisement des avenues Ndjamea et Sendwe, Commune de Lubumbashi**

**LUBUMBASHI**

**R.D. Congo**

[celestinlubabankulu@yahoo.fr](mailto:celestinlubabankulu@yahoo.fr)



**RAPPORT DE L'ENQUETE SUR LA POLLUTION CHIMIQUE DANS LES QUARTIERS  
TSHAMILEMBA ET KABECHA DE LA VILLE DE LUBUMBASHI**

**Célestin BANZA LUBABA NKULU, MPH, PhD, Professeur**

**Octobre 2012**

**Ce document fait partie intégrante du rapport du Centre Carter intitulé « les investissements miniers en RDC : Développement ou appauvrissement des communautés locales ? »**

**Rapport d'impact des investissements miniers étrangers sur les droits humains**

**Cas des investissements Chemaf et Ruashi Mining des communautés locales**

*Les résultats exploités dans le rapport principal doit être considérés comme un résumé de cette annexe. En cas de divergence entre le résumé transposé dans le rapport principal et la version de cette annexe, la version de cette annexe fait foi.*

## INTRODUCTION

Depuis plus de 6 ans, la population des quartiers Tshamilemba et Kabecha se plaint de la dégradation progressive de l'environnement traduite notamment par l'apparition de substances blanchâtres perceptibles sur les murs des maisons et sur les sols, l'altération de la qualité de l'air et de l'eau de puits domestiques, la détérioration de la végétation des jardins potagers, ....

Bien que ces deux quartiers soient localisés dans une zone à forte concentration industrielle, la population accuse les usines métallurgique et chimique de Chemicals of Africa (Chemaf) d'être à la base des rejets toxiques qui sont responsables de la pollution et à l'origine des pathologies respiratoires, dermatologiques, ...

Les organisations de la société civile, en l'occurrence les organisations non gouvernementales et les associations de défense des droits de l'homme, ainsi que la communauté scientifique expriment leur inquiétude face au phénomène de pollution observé dans cette partie de la ville de Lubumbashi.

Au niveau de l'assemblée nationale de la République Démocratique du Congo, les députés n'ont cessé de soulever la question de la pollution des quartiers Tshamilemba et Kabecha au cours de leurs interventions. Par une motion incidentielle, l'Honorable Fifi Masuka a souligné que la population du quartier Tshamilemba connaît depuis un temps des pathologies respiratoires et dermatologiques, des malformations congénitales et la destruction des cultures. L'Honorable Nkulu Mwenze, quant à lui, accuse les sociétés minières, en particulier la Chemaf, d'être à l'origine de la pollution des rivières de la ville de Lubumbashi et soutient qu'au quartier Tshamilemba la vie n'a plus droit de cité et que même les plantes sont menacées d'extinction. Une délégation des députés nationaux, en séjour à Lubumbashi, ont accusé la Chemaf d'être à l'origine de la pollution du quartier Tshamilemba. Ils ont promis de faire un rapport précis avec des recommandations très précises à l'Assemblée Nationale.

Au niveau de l'Assemblée Provinciale du Katanga, les députés soutiennent les allégations de la population et accusent la Chemaf d'être responsable de la pollution connue dans les quartiers Tshamilemba et Kabecha.

Divers intervenants, au sein des médias, engendrent des frayeurs en lançant des nouvelles à caractère sensationnel. Le public est souvent confronté à une fausse évaluation des risques de la pollution observée vis-à-vis de la population, source d'angoisse.

A l'échelle du Gouvernement Provincial du Katanga, il a été décidé de contrôler la pollution des eaux et de l'air générée par les grandes industries. Ce pari pour l'avenir est essentiel pour les générations futures et pour la préservation de la qualité de l'air et de l'eau.

L'eau est, en effet, une denrée très précieuse, malheureusement de plus en plus rare. Elle est la plus stratégique des ressources de notre planète. L'eau est l'une des ressources que l'homme doit nécessairement préserver pour que sa vie soit pérennisée. La République Démocratique du Congo dispose d'un réseau hydrologique très dense et bien réparti sur tout son territoire. Les plans des eaux couvrent près de 86 080 km<sup>2</sup> ; soit 3,5 % de l'ensemble de la superficie du pays. La République Démocratique du Congo renferme 52 % des réserves totales d'eaux de surface du continent africain et d'abondantes nappes phréatiques facilement exploitables un peu partout à travers le territoire national. Certaines de ces nappes font l'objet de forages et de captages pour l'approvisionnement en eaux douces tant en milieux urbains qu'en milieux ruraux. La République Démocratique du Congo a donc la grande responsabilité de veiller à la gestion rationnelle et durable de ses ressources en eau au profit de tous.

Malheureusement, les industries minières et métallurgiques exposent l'homme et le reste de la biodiversité au risque d'extinction, du fait de la gestion irresponsable des écosystèmes d'eau douce dont dispose le pays.

Les déchets toxiques résultant des activités minières et métallurgiques sont massivement déversés dans les cours d'eau sans traitement préalable entraînant ainsi la mort de poissons et de crustacés avec pour conséquences la contamination de la chaîne alimentaire et la perte de la biodiversité aquatique.

Le résultat est que l'exposition humaine aux éléments traces métalliques est significativement importante en fonction des zones d'habitation ; les personnes vivant des produits des cours d'eau contaminée (poissons, crustacés, algues, ...) ou à proximité des usines en étant les plus affectées.

Les acteurs économiques admettent difficilement que le coût de la prévention leur soit imputé sans preuves de risques que leur activité engendre.

L'étude conjointe menée par l'Unité de Toxicologie et Environnement de l'Ecole de Santé Publique de la Faculté de Médecine de l'Université de Lubumbashi, l'Unité de Recherche du Laboratoire de Toxicologie de la Faculté de Médecine de la Katholieke Universiteit Leuven, le Laboratoire de Toxicologie Industrielle et Médecine du Travail de la Faculté de Médecine de l'Université Catholique de Louvain, le Laboratoire de Gestion des Sols et Eaux de la Faculté des Sciences Bioingénieurs de la Katholieke Universiteit Leuven et le Département de Géologie du Musée Royal de l'Afrique Centrale de Tervuren, a révélé des concentrations urinaires des éléments traces métalliques anormalement élevées chez des personnes vivant dans le voisinage des industries minières et métallurgiques du sud-est du Katanga. A l'exception du nickel, les concentrations urinaires de ces éléments traces métalliques étaient significativement plus élevées chez les habitants des environs des activités minières ou industrielles (Sud-est du Katanga) que chez celles qui vivent dans la région n'ayant pas ce genre d'activités (Kamina). Dans les quartiers situés à moins de 3 km des industries

métallurgiques ou des activités minières (Tshamilemba, Penga-Penga et Kawama à Lubumbashi ; Panda et Shituru à Likasi ; Gécamines et Betty à Kipushi), les moyennes géométriques (25<sup>ème</sup>-75<sup>ème</sup> percentile) des concentrations urinaires , exprimées en µg /g de créatinine, ont été de 17,8 (10,9-29,0) pour As, 0,75 (0,38-1,16) pour Cd, 15,7 (5,27-43,2) pour Co, 17,1 (8,44-43,2) pour Cu, 3,17 (1,47-5,49) pour Pb et 0,028 (0,013-0,065) pour U. Ces valeurs urinaires ont été significativement plus élevées que celles rencontrées chez les personnes vivant entre 3 et 10 km des activités minières ou industrielles, et beaucoup plus élevées par rapport à celles retrouvées dans la population de la ville de Kamina, au nord de la province du Katanga. Les enfants en ont été les plus affectés. Les concentrations urinaires de cobalt trouvées dans la population du sud-est du Katanga ont été les plus élevées jamais rencontrées dans la population générale.

Du mois de janvier au mois de mai 2011, le Centre Carter a initié une enquête environnementale dans les quartiers Tshamilemba et Kabecha, étude à laquelle cette organisation non gouvernementale a associé l'Unité de Toxicologie et Environnement de l'Ecole de Santé Publique de la Faculté de Médecine de l'Université de Lubumbashi.

L'objectif de l'enquête est d'éclairer les industriels, les décideurs, la société civile, l'opinion publique et la communauté scientifique sur les impacts potentiels des activités industrielles sur l'environnement et la santé des populations en vue d'envisager des moyens de prévention.

## **METHODOLOGIE**

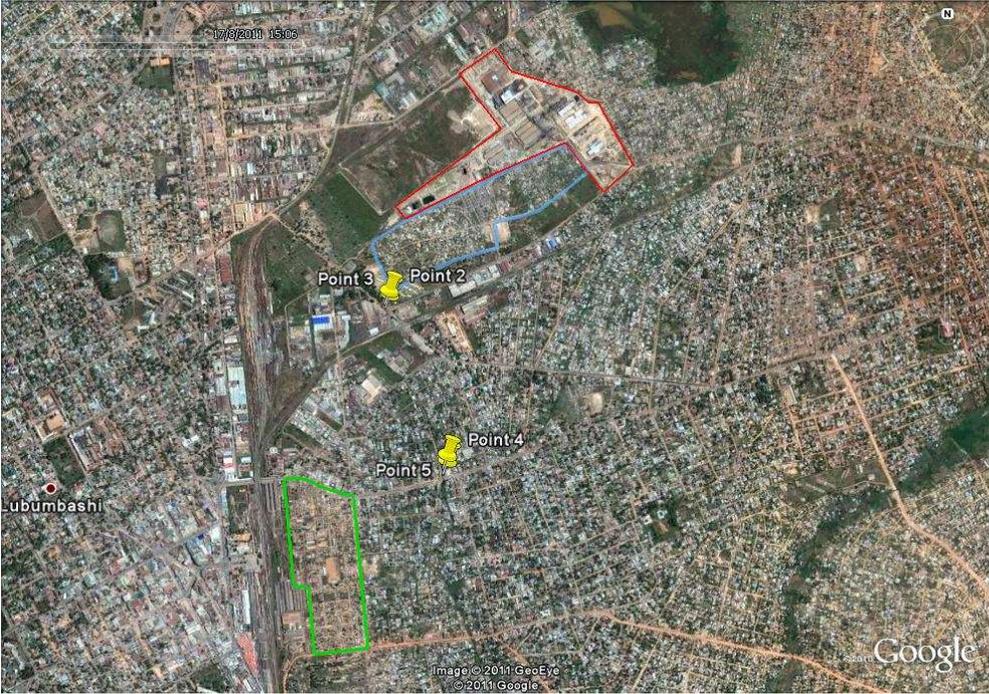
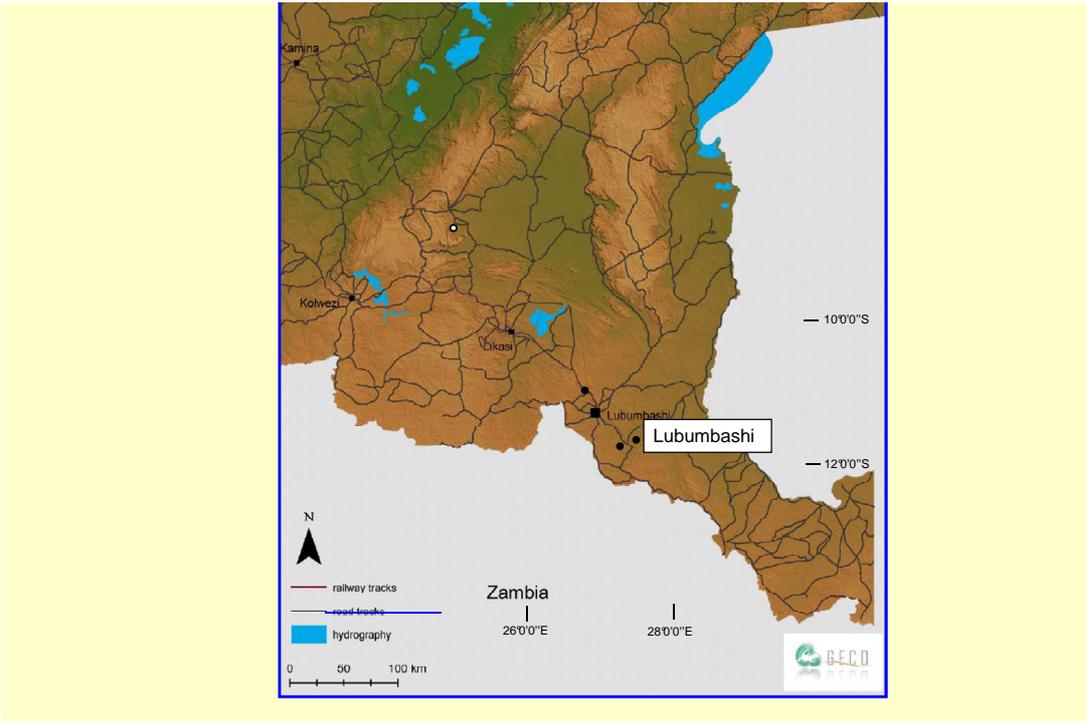
### ***1. Milieu d'étude***

L'enquête, menée du mois de janvier au mois de mai 2011, concernait essentiellement deux quartiers de la ville de Lubumbashi au Katanga (R.D. Congo) ; le camp Tshamilemba, appartenant à la Société Nationale des Chemins de Fer du Congo (SNCC), et le quartier Kabecha.

Les deux quartiers sont localisés en pleine zone industrielle ; l'industrie la plus proche étant la Chemicals of Africa (Chemaf), une entreprise minière de la branche Shalina. Les autres industries sont localisées dans un périmètre d'environ 500 à 2 000 mètres.

L'entreprise Chemaf a en effet installé, depuis le début des années 2 000, ses usines de traitement de minerais et de production d'acide sulfurique dans un espace jadis non occupé situé à proximité du camp Tshamilemba et du quartier Kabecha.

Cette entreprise s'occupe du traitement métallurgique des minerais de cuivre et de cobalt de la mine de Kalukuluku (Mine de l'Etoile) et de Mutoshi exploitées en semi-industriel et manuel. Elle produit également, sur le même site, de l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pour des besoins industriels.



## LUBUMBASHI TSHAMILEMBA



<http://wikimapia.org/#y=-11676778&x=27487278&z=13&m=s>

### **2. Echantillons**

Des échantillons d'eaux résiduelles résultant des activités minières et industrielles de la Chemaf ont été récoltés à la sortie des usines (n=5), au niveau de l'Institut Njanja de la SNCC (n=6), en amont du pont Naviundu avant leur rejet dans la rivière Naviundu (n=3) et au niveau du pont Naviundu (n=3) sur la Chaussée de Kasenga dans la commune de Kampemba.

Les échantillons d'eaux de ruissellement et de marécages (n=30) ont été prélevés au camp Tshamilemba et au quartier Kabecha.

Ainsi collectés dans des flacons stériles en polystyrène de 40 ml, les échantillons d'eaux ont été transférés à l'aide de la pipette dans des microtubes avant leur expédition par des vols commerciaux en Belgique.

Les échantillons de végétaux (légumes, tubercules, graines, fruits, ...) (n=77) ont été récoltés des jardins domestiques, rincés à l'eau de robinet, séchés à l'étuve à 70° C, broyés et emballés dans des sachets minigrip 6x8 cm et ainsi expédiés en Belgique pour des analyses de laboratoire.

Les échantillons des sols des jardins potagers (n=17) ont été creusés en dessous des végétaux prélevés dans le cadre de cette étude, séchés à l'étuve à 70 °C, tamisés, emballés dans des sachets minigrip 6x8 cm et expédiés au laboratoire en Belgique.

Les poussières des sols superficiels de l'extérieur (n=14) et de l'intérieur des maisons d'habitation (n=10) ont été ramassées à l'aide d'un ballais, séchées à l'étuve à 70 °C, tamisées et emballées dans des sachets minigrip 6x8 cm pour être expédiées en Belgique.

Trois échantillons de minerais entreposés dans des sacs défectueux ont été ramassés dans des parcelles et traités de la même manière que les sols des jardins.

### **3. Analyses de laboratoire**

Les analyses des échantillons d'eaux ont été effectuées au Laboratoire de Toxicologie Industrielle et Médecine du Travail des Cliniques Universitaires Saint-Luc de la Faculté de Médecine de l'Université Catholique de Louvain à Bruxelles en Belgique (Professeur Vincent Haufroid) à l'aide de l'ICP-MS (Inductively Coupled Argon Plasma Mass Spectrometry). Les résultats ont été exprimés en µg/l (microgramme par litre).

Les échantillons de végétaux, de sols et de poussières ont été analysés au Laboratoire de Gestion des Sols et Eaux de la Faculté des Sciences Bioingénieurs de la Katholieke Universiteit Leuven à Leuven en Belgique (Professeur Erik Smolders) à l'aide de l'ICP-MS. Les résultats ont été exprimés en mg/kg de matières sèches.

Les analyses de laboratoire concernaient les éléments chimiques suivants : l'aluminium (Al), l'antimoine (Sb), l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cobalt (Co), le cuivre (Cu), l'étain (Sn), le manganèse (Mn), le molybdène (Mo), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le sélénium, (Se), le thallium (Tl), l'uranium (U), le vanadium (V) et le zinc.

Les résultats des analyses de laboratoire ont été interprétés à l'aide des logiciels Epi Info Version 3.5.1 et Excel, présentés dans des tableaux et sous forme de graphiques.

## **RESULTATS**

Les résultats de l'étude concernent les eaux résiduaires des usines de la Chemaf, les eaux de ruissellement et les eaux de marécages, ainsi que les poussières, les sols et les végétaux des jardins potagers du camp Tshamilemba et du quartier Kabecha.

### **I. Les eaux de surface**

#### **I. 1. Les eaux résiduaires des usines de la Chemaf**

17 éléments chimiques ont été dosés dans les échantillons d'eaux constituant les rejets liquides des usines de la Chemaf.



Huit de ces éléments traces métalliques dont les concentrations se sont révélées très élevées ont retenu notre attention. Il s'agit de : manganèse (Mn), cobalt (Co), nickel (Ni), cuivre (Cu), arsenic (As), cadmium (Cd), plomb (Pb) et uranium (U). Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau I.

**Tableau I : Concentrations moyennes (en  $\mu\text{g/l}$ ) des éléments traces métalliques dans les eaux résiduaires des usines de la Chemaf**

Site	Mn ( $\mu\text{g/l}$ )	Co ( $\mu\text{g/l}$ )	Ni ( $\mu\text{g/l}$ )	Cu ( $\mu\text{g/l}$ )	As ( $\mu\text{g/l}$ )	Cd ( $\mu\text{g/l}$ )	Pb ( $\mu\text{g/l}$ )	U ( $\mu\text{g/l}$ )
Sortie des usines	91326,00	87662,00	118,26	2543,20	9,83	1,41	1,20	167,42
Institut Njanja	83583,33	77961,67	104,75	2462,17	8,58	1,39	1,71	145,73
Amont du pont Naviundu	25726,67	25643,33	43,14	599,20	3,49	25,25	1,90	49,15
Pont Naviundu	16516,67	15760,00	27,53	379,73	2,45	14,38	2,33	31,86
<b>Valeurs de référence (OMS)*</b>	<b>400</b>		<b>70</b>	<b>2 000</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>15</b>

- (OMS, 2004 ; CE, 2001 ; CEE, 1998)

Les concentrations moyennes de manganèse, de cobalt, de nickel, de cuivre et d'uranium à la sortie des usines dépassent largement les valeurs de référence admises par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et prises en compte par la Commission Européenne pour l'eau de boisson. Ces résultats laissent voir que les eaux résiduaires résultant des activités métallurgiques de la Chemaf ne subissent pas de traitement suffisant avant d'être déversées

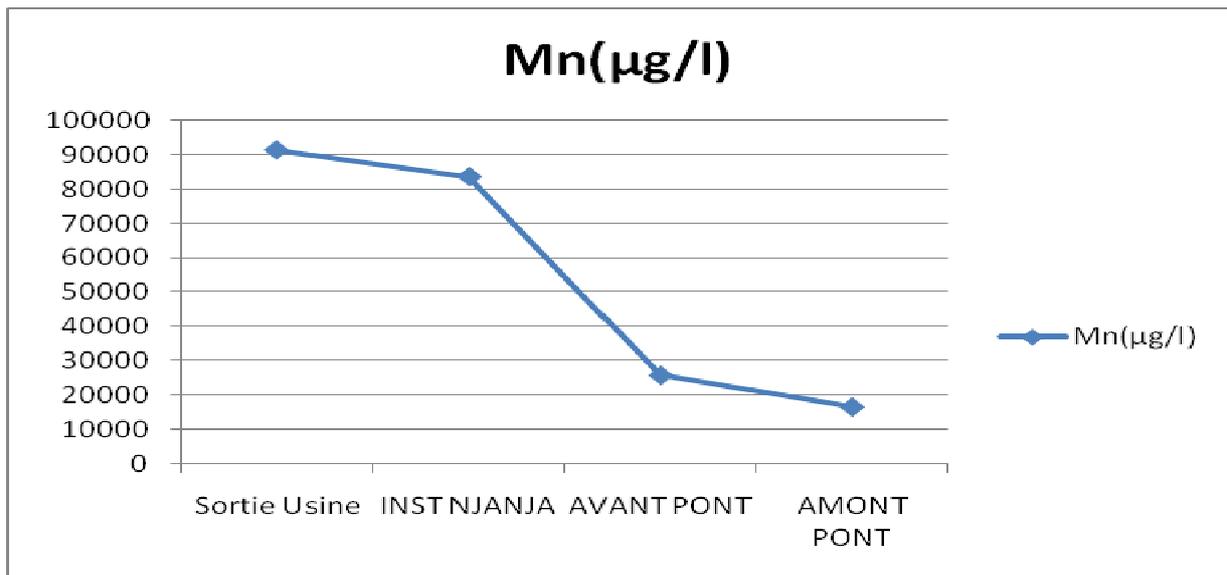
dans les cours d'eau dont la capacité auto-épuratrice est limitée. Les concentrations des éléments traces métalliques ont été comparées aux valeurs de référence de l'eau de boisson du fait que les cours d'eau (rivières, fleuves, lacs) constituent la principale source d'approvisionnement en eau potable des populations rurales.

De suite de la sédimentation des particules en suspension et de la dilution par des caniveaux d'eaux urbaines, les concentrations des eaux résiduaires des usines de la Chemaf diminuent progressivement à mesure que l'on se rapproche de la Chaussée de Kasenga à la jonction avec la rivière Naviundu. Cependant, les concentrations moyennes de l'uranium et du manganèse restent supérieures aux valeurs guides de l'OMS pour l'eau destinée à la consommation humaine jusqu'au rejet des déchets toxiques dans la rivière Naviundu ; soit 31,86 µg/l pour l'uranium et 16 516,67 µg/l pour le manganèse un peu en aval de la jonction dans la rivière Naviundu.

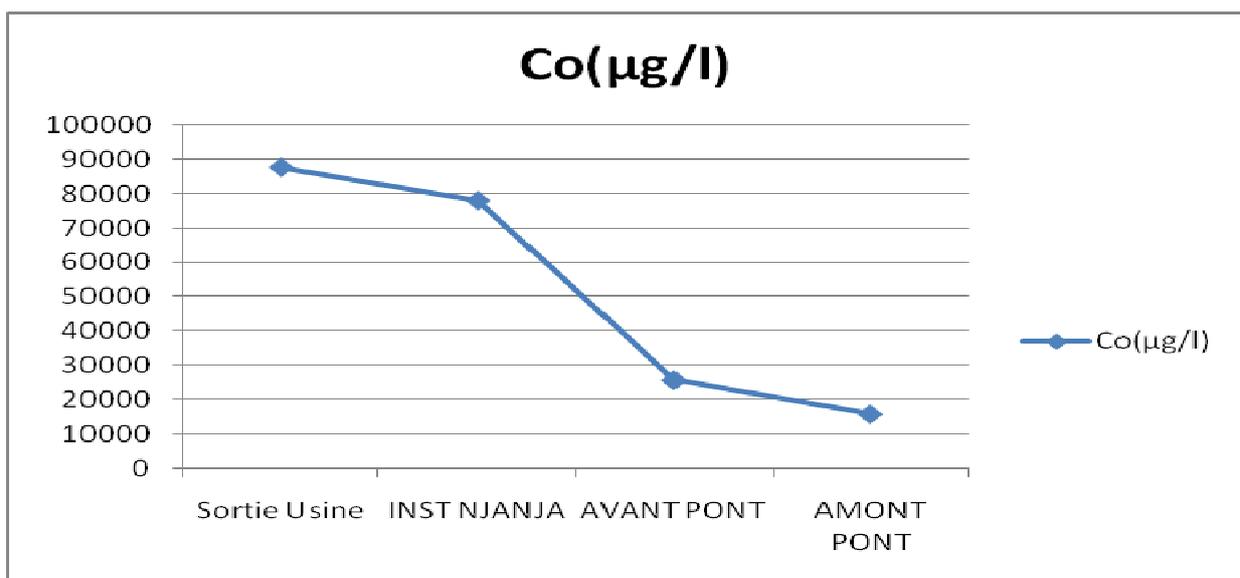
Les valeurs moyennes de cadmium (1,41 µg/l) et de plomb (1,20 µg/l) sont relativement faibles à la sortie des eaux résiduaires des usines. Elles sont inférieures aux valeurs de référence (3 µg/l pour le cadmium et 10 µg/l pour le plomb) admises par l'OMS. Les concentrations moyennes du cadmium augmentent progressivement de la sortie des eaux résiduaires des usines (1,41 µg/l) jusqu'au niveau du pont Naviundu, sur la Chaussée de Kasenga, où elles atteignent des valeurs moyennes respectivement de 25,25 µg/l (juste en amont du pont Naviundu) et de 14,38 µg/l (en dessous du pont Naviundu) ; concentrations hautement supérieures à la valeur limite admise de 3 µg/l. L'élévation progressive des valeurs moyennes de cadmium semble difficile à comprendre au stade actuel de l'étude. Il y a lieu de penser à d'autres sources de contamination qui pourraient être révélées par des études ultérieures. Les valeurs moyennes de plomb augmentent également de la sortie des eaux résiduaires des usines de la Chemaf (1,20 µg/l) au pont Naviundu (2,33 µg/l). L'augmentation progressive des concentrations de plomb dans cet axe pourrait refléter la contamination de l'eau par les poussières atmosphériques, en particulier par le plomb émis avec les gaz d'échappement des automobiles qui utilisent de l'essence plombée (Gunnar et al, 2007). D'autres sources de contamination, d'origine anthropique, notamment la mauvaise gestion des vieilles batteries, pourraient également être soupçonnées.

Les figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 révèlent les tendances des concentrations moyennes des éléments traces métalliques (Mn, Co, Ni, Cu, As, Cd, Pb, U) de la sortie des usines de la Chemaf jusqu'au pont Naviundu sur la Chaussée de Kasenga dans la commune de Kampemba

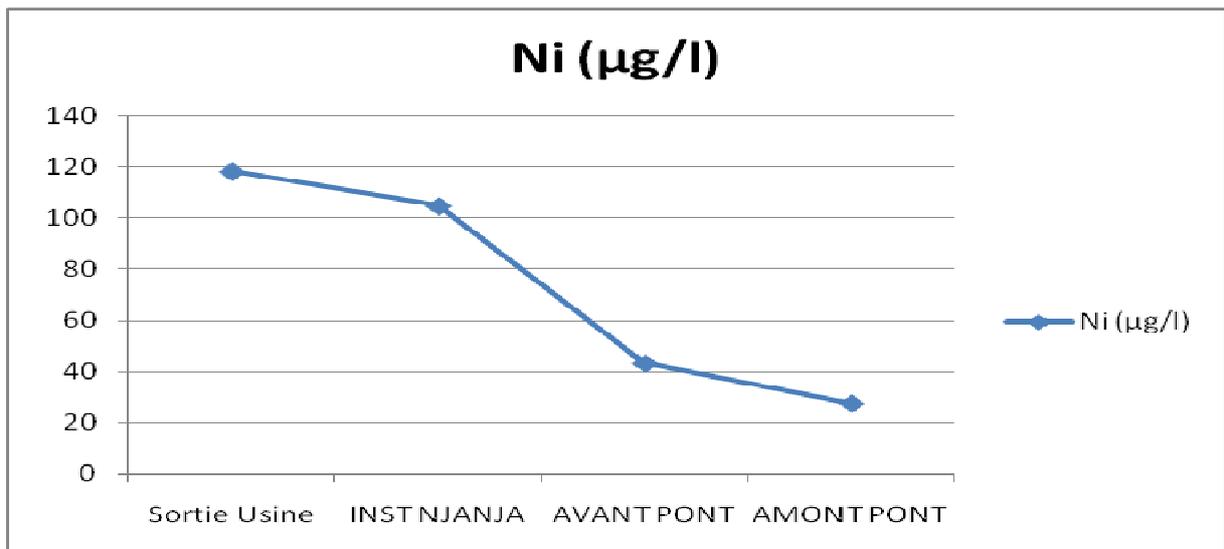
**Fig. 1 : Concentrations moyennes du manganèse ( $\mu\text{g/l}$ )**



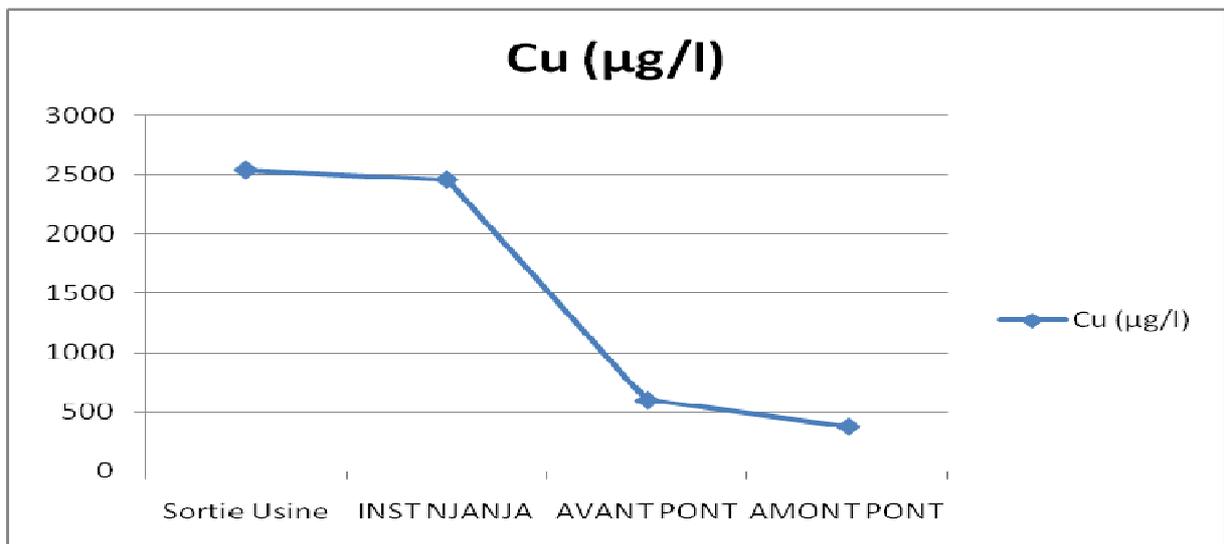
**Fig. 2 : Concentrations moyennes du cobalt ( $\mu\text{g/l}$ )**



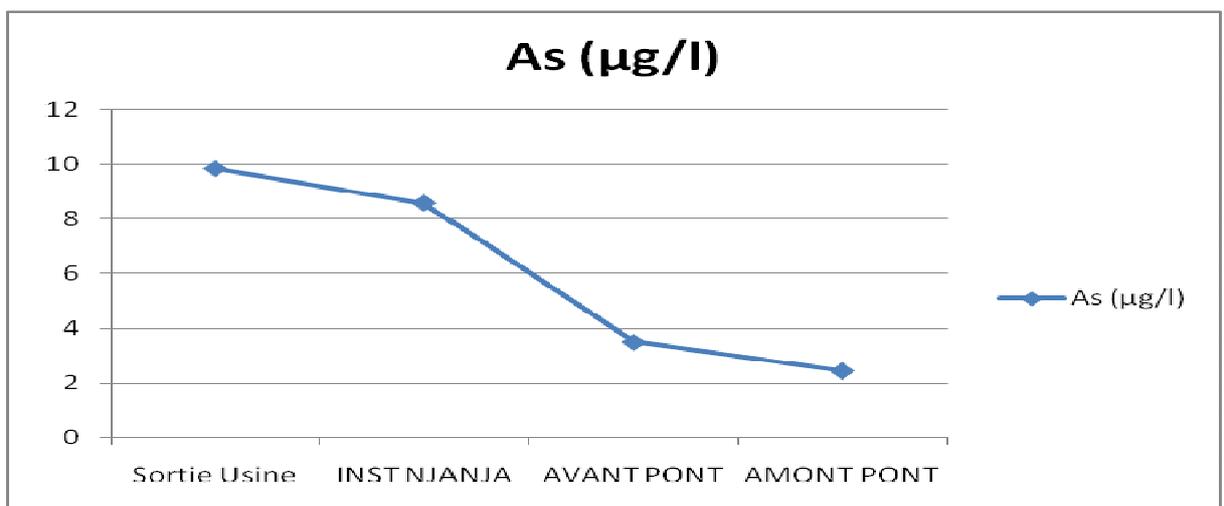
**Fig. 3 : Concentrations moyennes du nickel ( $\mu\text{g/l}$ )**



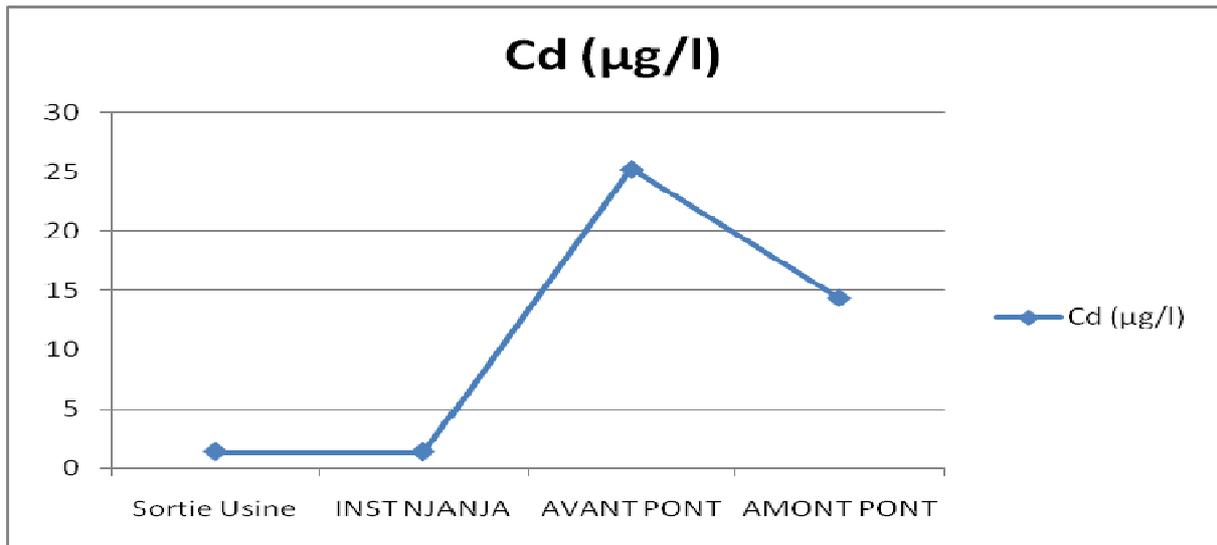
**Fig. 4 : Concentrations moyennes du cuivre (µg/l)**



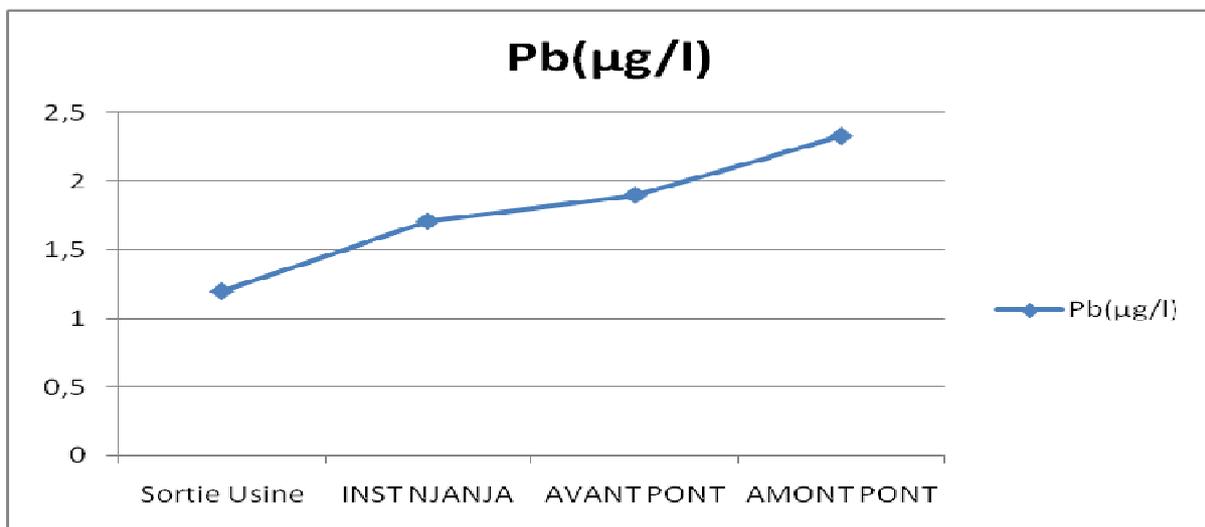
**Fig. 5 : Concentrations moyennes de l'arsenic (µg/l)**



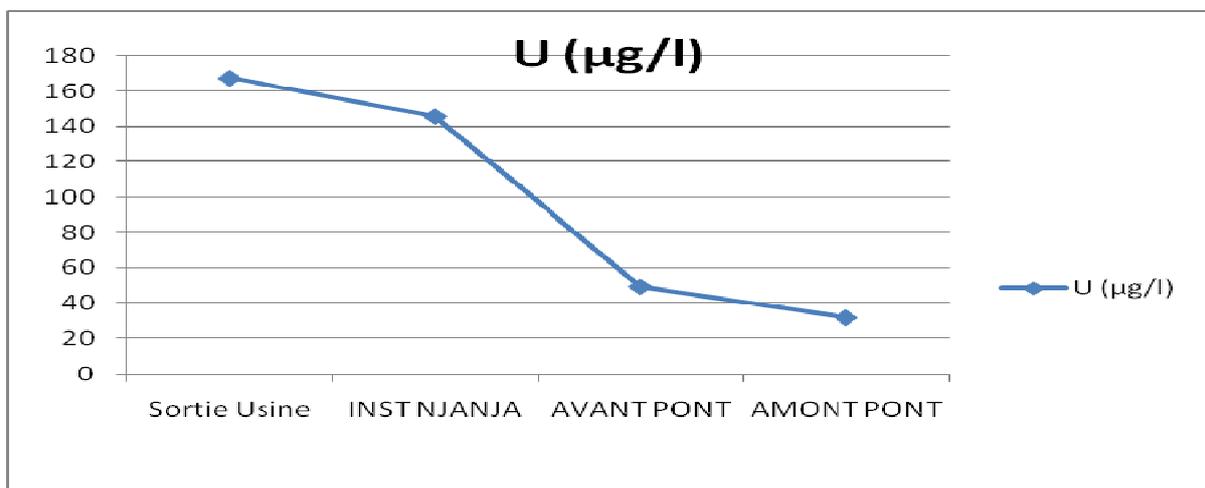
**Fig. 6 : Concentrations moyennes du cadmium (µg /l)**



**Fig. 7 : Concentrations moyennes du plomb (µg/l)**



**Fig. 8 : Concentrations moyennes de l'uranium (µg/l)**



Certains éléments traces métalliques sont déversés dans la rivière Naviundu à des concentrations supérieures aux valeurs guides de l'OMS concernant l'eau destinée à la consommation humaine. C'est le cas de manganèse (25 726,67 µg /l), de cobalt (25 643,33 µg /l), de cadmium (25,25 µg /l) et de l'uranium (49,15 µg /l). Ces éléments représentent une menace d'extinction pour la biodiversité aquatique et un risque pour la santé humaine. D'autres éléments, comme le nickel (43,14 µg /l), le cuivre (599,20 µg /l), l'arsenic (3,49 µg /l) et le plomb (1,90 µg /l), bien que déversés dans le cours d'eau à des concentrations relativement faibles, sont non biodégradables et se concentrent dans les tissus des organismes aquatiques entraînant ainsi la contamination de la chaîne alimentaire. Ils constituent un risque pour la santé humaine.

Le cobalt est, en effet, insoluble dans l'eau froide ou chaude (Boukhars et al, 2000). Dans la rivière, le fleuve ou le lac, le cobalt est adsorbé en grande quantité par les sédiments. On le retrouve également précipité sous forme de carbonate ou d'hydroxyde, ou bien avec les oxydes des minéraux présents (Boukhars et al, 2000).

L'adsorption ou la complexation avec des substances humiques est également possible, mais elle dépend des facteurs environnementaux comme le pH.

La présence de polluants organiques dans le milieu aquatique modifie également la distribution des spéciations du cobalt : les quantités de cobalt adsorbé sur les sédiments diminuent au profit du cobalt dissous et du cobalt précipité ou co-précipité quand la concentration en matière organique augmente (Tremel-Schaub et al, 2005) . Une nouvelle campagne de prélèvement des échantillons, incluant les différents aspects comportementaux des éléments traces métalliques dans le biotope, est à souhaiter en vue de comprendre cette approche écotoxicologique.

### ***1. 2. Les eaux de ruissellement et les eaux stagnantes***

Le manganèse, le cobalt, le nickel, le cuivre, l'arsenic, le cadmium, le plomb et l'uranium ont également été dosés dans les échantillons d'eaux de ruissellement et d'eaux stagnantes récoltés dans des parcelles du camp Tshamilemba et du quartier Kabecha. Les résultats sont regroupés dans le tableau II.

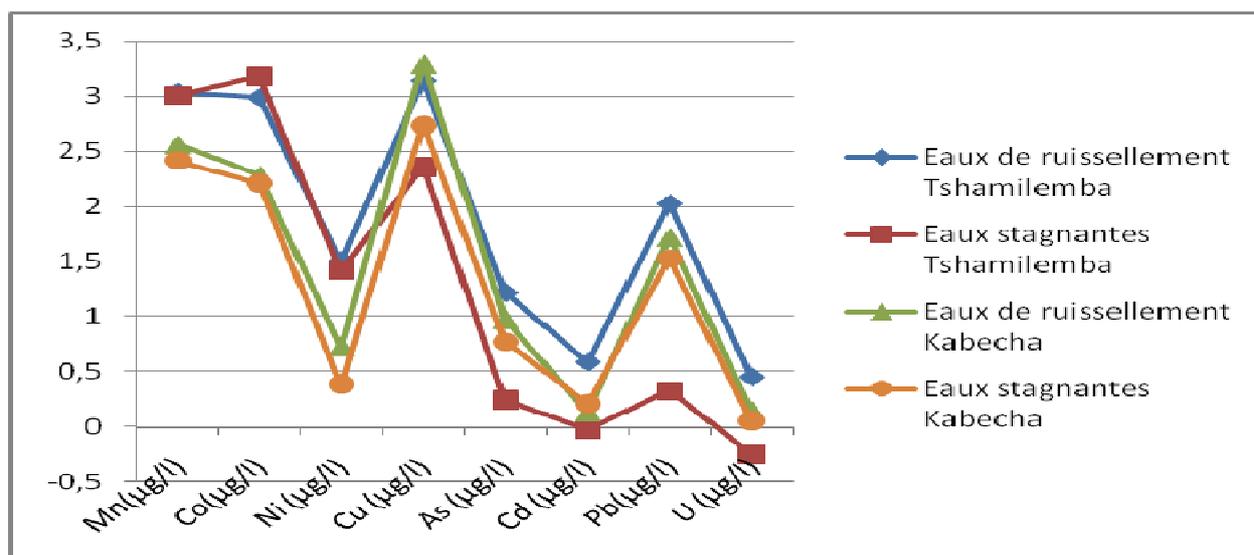
**Tableau II : Concentrations des éléments traces métalliques ( $\mu\text{g/l}$ ) dans les eaux stagnantes et les eaux de ruissellement**

Site	Mn ( $\mu\text{g/l}$ )	Co ( $\mu\text{g/l}$ )	Ni ( $\mu\text{g/l}$ )	Cu ( $\mu\text{g/l}$ )	As ( $\mu\text{g/l}$ )	Cd ( $\mu\text{g/l}$ )	Pb ( $\mu\text{g/l}$ )	U ( $\mu\text{g/l}$ )
Eaux de ruissellement de Tshamilemba	1072,13	967,73	32,22	1358,54	16,34	3,85	105,24	2,82
Eaux stagnantes de Tshamilemba	1007,6	1500,55	26,57	224,6	1,76	0,96	2,13	0,57
Eau de ruissellement de Kabecha	364,8	193,2	5,32	1979,5	9,44	1,35	52,41	1,4
Eaux stagnantes de Kabecha	262,26	162,56	2,46	544,85	5,94	1,62	33,73	1,13
<b>Valeurs de référence*</b>	<b>400</b>		<b>70</b>	<b>2 000</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>15</b>

- (OMS, 2004 ; CEE, 1998).

En vue de suivre la variation des concentrations des éléments traces métalliques dans les eaux de ruissellement et les eaux stagnantes, les résultats ont été représentés dans le graphique (Fig. 9), sur une échelle logarithmique.

**Fig. 9 : Variation des concentrations des éléments traces métalliques dans les eaux de ruissellement et les eaux stagnantes**



Dans le quartier Tshamilemba, les concentrations moyennes de manganèse ( $1\,072,13\ \mu\text{g/l}$ ), de cobalt ( $967,73\ \mu\text{g/l}$ ), d'arsenic ( $16,34\ \mu\text{g/l}$ ), de cadmium ( $3,85\ \mu\text{g/l}$ ) et de plomb ( $105,24\ \mu\text{g/l}$ ) sont très élevées dans les eaux de ruissellement. A part la concentration moyenne de

plomb (52,41 µg/l) suffisamment élevée, les eaux de ruissellement du quartier Kabecha semblent relativement moins chargées des éléments traces métalliques que celles du quartier Tshamilemba.

De même, les valeurs moyennes de manganèse (1 007,6 µg/l) et de cobalt (1 500,55 µg/l) sont plus élevées dans les eaux stagnantes du quartier Tshamilemba que dans celles du quartier Kabecha. Par contre, bien que légèrement inférieure à la valeur de référence de l'OMS pour l'eau destinée à la consommation humaine, la concentration moyenne du cuivre est plus élevée dans les eaux de ruissellement du quartier Kabecha que dans celles du quartier Tshamilemba.

Les concentrations moyennes des éléments traces métalliques sont globalement plus élevées dans les eaux de ruissellement que dans les eaux stagnantes ; probablement à cause du lessivage qui entraînerait des éléments traces métalliques vers les caniveaux.

Les éléments toxiques (cobalt, manganèse, arsenic, cadmium, plomb) présents dans les eaux stagnantes et les eaux de ruissellement des quartiers Tshamilemba et Kabecha sont nocifs pour les végétaux comestibles cultivés dans des jardins potagers du fait qu'ils dépassent les niveaux requis. Leur migration vers les eaux souterraines et les eaux de surface peut entraîner des risques pour la santé humaine, avec des effets chroniques.

## II. Les sols

Le cobalt (Co), le cuivre (Cu), le plomb (Pb), le cadmium (Cd), l'arsenic (As), l'antimoine (Sb), le nickel (Ni), le chrome (Cr), le zinc (Zn) et le vanadium (V) ont été dosés dans des échantillons de sols de jardins potagers, de poussières de l'extérieur et de l'intérieur de maisons, ainsi que de minerais entreposés dans des parcelles. Les résultats sont présentés dans le tableau III.

**Tableau III : Concentrations des éléments traces métalliques dans les sols**

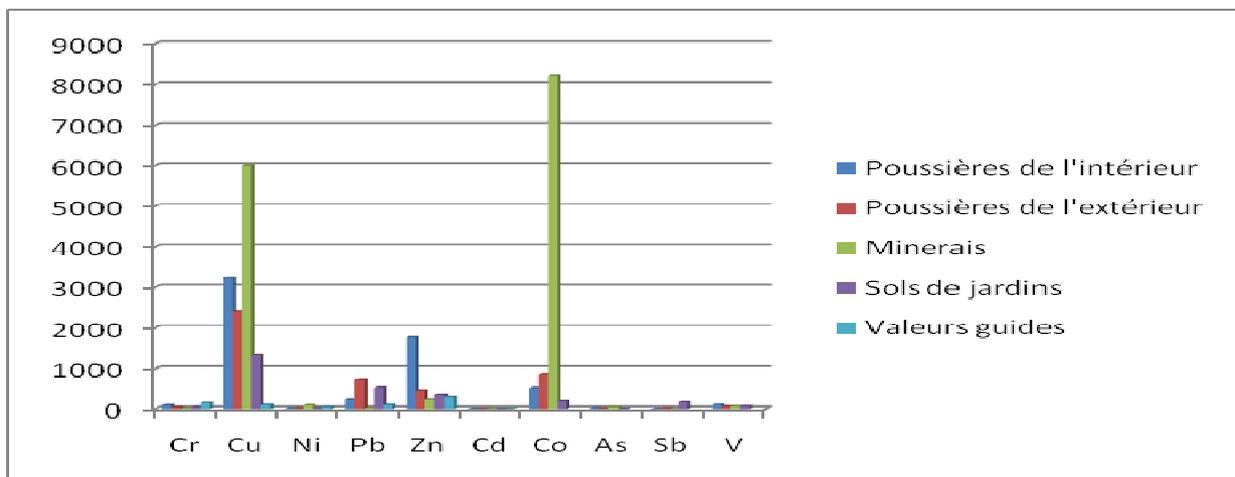
Sols	Co (mg)	Cu (mg/	Pb (mg/	Cd (mg/	As (mg/	Sb (mg/	Ni (mg/	Cr(mg	Zn(mg	V(mg/
------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------	-------	-------

	/kg)	kg)	kg)	kg)	kg)	kg)	kg)	/kg)	/kg)	kg)
Sols de jardins	190	1321	530	1,45	10	170	22	48	351	66
Poussières de l'extérieur	840	2413	724	2,24	14	14	25	45	460	61
Poussières de l'intérieur	523	3232	234	4,66	21	3,52	19	96	1770	104
Minerais	8231	6000	25	0,1	48	0,2	96	17	233	66
<b>Valeurs guides *</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>2</b>			<b>50</b>	<b>150</b>	<b>300</b>	

- (Kabata-Pendias et al, 2001 ; Boukhars et al, 2000 ; Tremel-Schaub et al, 2005)

Les résultats du tableau III sont représentés sur la figure 10 ci-dessous.

**Fig. 10 : Concentrations des éléments traces métalliques (en mg/kg de matières sèches) dans les échantillons de sols prélevés dans des parcelles des quartiers Tshamilemba et Kabecha**



L'analyse des résultats du tableau III représentés par la figure 10 laisse voir que les minerais entreposés dans de parcelles présentent des concentrations les plus élevées en cobalt et en cuivre. L'entreposage des minerais est donc susceptible d'entraîner la contamination des sols, avec pour conséquence la contamination de la chaîne alimentaire.

Dans les échantillons de sols des jardins potagers, les concentrations moyennes de cuivre (1 321 mg/kg de matières sèches), de plomb (530 mg/kg de matières sèches) et de zinc (351

mg/kg de matières sèches) sont supérieures aux valeurs de référence de 100 mg/kg de matières sèches pour le cuivre, de 100 mg/kg de matières sèches pour le plomb et de 300 mg/kg de matières sèches pour le zinc.

Le cobalt, le cadmium, l'arsenic, l'antimoine, le nickel, le chrome et le vanadium se présentent également en concentrations non négligeables dans les sols des jardins potagers.

Ces éléments traces métalliques n'offrent pas de possibilité de disparition. Les quantités apportées à la surface d'un sol, par des activités anthropiques, ne peuvent que s'y accumuler et/ou, suivant la mobilité de l'élément, être transférées vers d'autres compartiments de l'environnement : atmosphère, horizons profonds, eaux souterraines ou superficielles, plantes, ... A terme, il y a risque d'accumulation et de contamination du milieu qu'il est important d'étudier et de prévenir (Tremel-Schaub et al, 2005).

Les poussières présentent des concentrations variables selon que les échantillons ont été prélevés à l'intérieur ou à l'extérieur de la maison. Les échantillons de poussières prélevés à l'extérieur de maisons sont plus chargés de cobalt (840 mg/kg de matières sèches) et de plomb (724 mg/kg de matières sèches) que ceux récoltés dans la maison. Ceux récoltés à l'intérieur de maisons présentent des concentrations de cuivre (3 232 mg/kg de matières sèches), de cadmium (4,66 mg/kg de matières sèches) et de zinc (1 770 mg/kg de matières sèches) supérieures à celles des poussières de l'extérieur. Que les échantillons de poussières aient été récoltés à l'extérieur ou à l'intérieur de maisons, les concentrations observées sont supérieures aux valeurs de référence de 100 mg/kg de matières sèches pour le cuivre, de 100 mg/kg de matières sèches pour le plomb, de 2 mg/kg de matières sèches pour le cadmium et de 300 mg/kg de matières sèches pour le zinc.

Au-delà du fait que ces poussières contaminent les jardins potagers, elles sont constituées de tranches respirables importantes susceptibles d'affecter la santé des populations, en particulier celle des enfants dont les systèmes de défense sont encore immatures et qui ont tendance à ramener à la bouche tout objet qu'ils ramassent (Banza et al, 2009 ; Nordberg et al, 2007).

### **III. Les végétaux des jardins potagers**

La détermination des concentrations des métaux dans les végétaux comestibles cultivés dans des jardins potagers présente son intérêt pour l'évaluation des risques pour la santé du consommateur. La concentration d'un élément trace métallique dans un végétal reflète la biodisponibilité du métal dans le sol (Kabata-Pendias et al, 2000).

L'intérêt de cette démarche est, notamment, de savoir si les concentrations des éléments traces métalliques dans les végétaux comestibles cultivés dans les jardins potagers des quartiers Tshamilemba et Kabecha pourraient engendrer, ou pas, des risques pour la santé humaine.



## Contamination des aliments

Lubumbashi – Tshamilemba 2006

Le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le zinc (Zn), le cobalt (Co), l'arsenic (As), le bore (B), le chrome (Cr), l'antimoine (Sb), l'uranium (U), le cadmium (Cd) et le cuivre (Cu) ont été dosés dans des végétaux comestibles ci-après : *Cucurbita maxima* (courge), *Ipomea batatas* (patate douce), *Manihot esculenta* (manioc), *Amaranthus hybridus* (hamaranthe), *Phaseolus vulgaris* (haricot), *Saccharum officinarum* (canne à sucre), *Capsicum frutescens* (piment), *Solanum lycopersicum* (tomate), *Zea mays* (maïs), *Hibiscus trionum* (hibiscus), *Rumex acetosa* (oseille), *Musa spp* (banane), *Allium cepa* (oignon), *Ocimum basilicum* et *Colocacia esculenta*.

La toxicité des éléments traces métalliques recherchés dans ces aliments d'origine végétale est reconnue. Mais, il n'existe pas en Afrique des dispositions réglementaires qui fixent les concentrations limites des métaux traces dans les aliments destinés à la consommation humaine.

La FAO et l'OMS (FAO and WHO, 2001), le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) (CSHPF, 1996) et la Commission Européenne (CE) (CE, 2001) ont cependant publié des concentrations maximales recommandées en cadmium et plomb dans les denrées alimentaires. Pour le cuivre, le zinc et le nickel, nous avons pris en référence les données concernant les végétaux publiées dans l'ouvrage de Kabata-Pendas et Pendas, en 2001 (Kabata-Pendas et al, 2001), consacré aux concentrations des éléments traces métalliques dans les sols et les plantes. Cet ouvrage présente les valeurs limites de la manière suivante : cuivre (20-100 mg/kg de matières sèches), zinc (100-400 mg/kg de matières sèches) et manganèse (10-100 mg/kg de matières sèches).

Les résultats obtenus à l'issue des analyses de laboratoire sont figurés dans les tableaux IV-a, IV-b, IV-c.

**Tableau IV-a : Concentrations des éléments traces métalliques dans les végétaux (en mg/kg de matières sèches)**

Éléments	Valeurs limites	<i>Cucurbita maxima</i>	<i>Ipomea batatas means</i>	<i>Ipomea batatas</i>	<i>Manihot esculenta(feuilles)</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Mn		86,4	111,5	69,0	51,6	58,1	22,9
Ni	10-100	456,7	471,5	702,7	268,4	840,2	738,6
Pb	0,1	9,2	1,2	1,9	0,7	3,1	0,6
Zn	100-400	92,4	31,5	38,7	141,3	103,7	37,4
Co		78,0	12,7	18,2	13,8	55,2	28,4
As		1,6	0,4	0,5	0,3	0,7	0,2
B		50,9	35,2	40,8	17,7	43,2	19,2
Cr		5,9	1,6	2,8	1,5	3,4	2,0
Sb		0,7	0,4	0,6	0,3	0,4	0,5
U		4,8	1,2	1,7	0,7	3,1	0,7
Cd	0,05	0,6	0,6	0,7	1,5	2,0	28,4
Cu	20-100	244,4	79,3	97,0	34,1	152,0	73,6

**Tableau IV-b : Concentrations des éléments traces métalliques dans les végétaux (en mg/kg de matières sèches)**

Éléments	Valeurs limites	<i>Saccharum officinarum</i>	<i>Capsicum frutescens</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>Zea mays</i>	<i>Hibiscus trionum L.</i>
Mn		11,5	22,0	10,7	8,1	72,1
Ni	10-100	263,1	142,6	160,7	238,6	1059,1
Pb	0,1	0,6	0,9	0,8	0,6	0,6
Zn	100-400	43,4	23,9	28,1	26,4	46,4
Co		9,5	8,9	9,0	1,1	5,9
As		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
B		10,0	20,6	13,9	10,0	23,1
Cr		1,1	0,9	0,3	0,3	0,9
Sb		0,2	0,5	0,2	0,2	0,3
U		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Cd	0,05	0,9	0,7	0,9	0,5	1,4
Cu	20-100	16,0	36,4	22,3	4,3	17,5

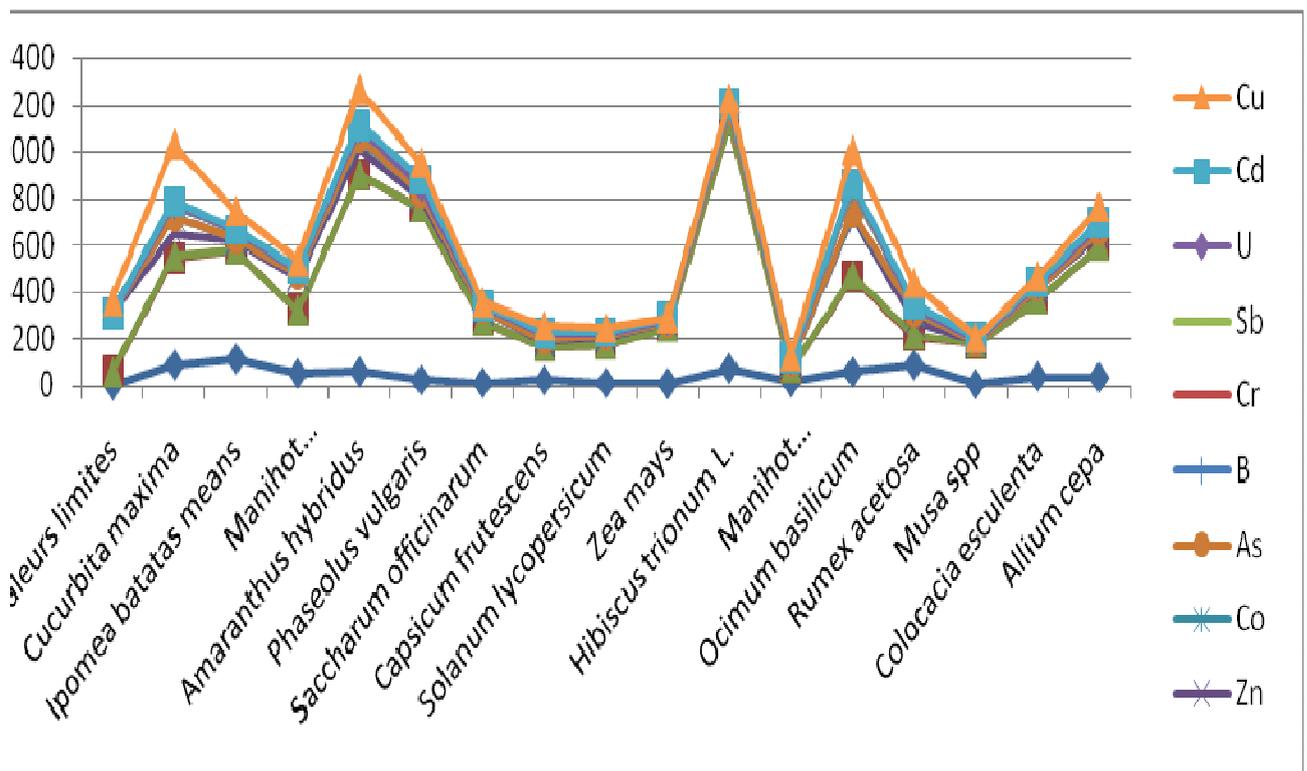
**Tableau IV-c : Concentrations des éléments traces métalliques dans les végétaux (en mg/kg de matières sèches)**

Éléments	Valeurs limites	<i>Manihot esculenta(tubercules)</i>	LWENYE	<i>Rumex acetosa</i>	<i>Musa spp</i>	MAKOMA	<i>Allium cepa</i>
Mn		13,4	57,1	87,0	5,9	37,7	33,9
Ni	10-100	60,8	406,2	123,7	172,2	333,9	563,2
Pb	0,1	1,9	8,3	2,4	0,6	0,6	0,9

Zn	100-400	26,2	250,0	62,1	11,1	42,9	44,7
Co		0,5	14,5	42,5	1,3	6,8	23,4
As		0,2	1,2	0,2	0,2	0,4	0,4
B		10,0	107,6	19,0	10,0	16,4	20,4
Cr		0,5	8,2	1,3	0,5	0,7	2,7
Sb		0,2	0,4	0,2	0,2	0,3	0,5
U		0,7	9,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Cd	0,05	1,1	2,2	2,5	0,2	0,2	6,8
Cu	20-100	13,7	139,7	96,6	6,2	29,8	65,8

Les résultats des analyses des plantes, représentés graphiquement, donnent l'allure suivante (Fig.11) :

**Figure 11 : Variation des concentrations moyennes des éléments traces métalliques (en µg /kg de matières sèches) dans les végétaux comestibles**



Les éléments traces métalliques sont présents dans les végétaux étudiés en des concentrations variables selon l'espèce.

Les concentrations en nickel, en plomb et en cadmium semblent plus importantes dans la quasi-totalité des plantes analysées. Le cuivre apparaît plus concentré dans les échantillons de Cucurbita maxima et d'Amaranthus hybridus. Ces éléments traces métalliques s'y trouvent dans des concentrations supérieures aux valeurs limites admises.



## CONCLUSION

L'enquête a révélé des concentrations anormalement élevées de manganèse (25 726,67 µg/l), de cobalt (25 643,33 µg/l), de cadmium (25,25 µg/l) et d'uranium (49,15 µg/l) dans les eaux résiduaires qui contaminent la rivière Naviundu au niveau du pont situé sur la Chaussée de Kasenga dans la commune de Kampemba. Le manganèse, le cobalt et l'uranium qui contaminent la rivière Naviundu ont pour origine les activités industrielles de la Chemaf. Les eaux résiduaires sont massivement déversées dans la rivière Naviundu avec des concentrations des éléments traces métalliques très élevées susceptibles de perturber les équilibres écologiques des écosystèmes aquatiques et de nuire à la santé humaine. Les espèces endémiques aquatiques sont ainsi menacées d'extinction.

Bien que les concentrations moyennes de nickel (27,53 µg/l), de cuivre (379,73 µg/l), d'arsenic (2,45 µg/l) et de plomb (2,33 µg/l) soient relativement faibles par rapport aux valeurs guides concernant l'eau destinée à la consommation humaine définies par l'OMS de 70 µg/l pour le nickel, 2 000 µg/l pour le cuivre, 10 µg/l pour l'arsenic et de 10 µg/l pour le plomb, ces éléments traces métalliques non biodégradables et cumulatifs se concentrent dans les tissus de poissons, de crustacés et d'autres organismes aquatiques. Ils contaminent ainsi la chaîne alimentaire et représentent un risque pour la santé des populations humaines.

A cause notamment de changements climatiques, les ressources en eau souterraine exploitées aujourd'hui en milieux urbains par le réseau public (Régidés) de la République Démocratique du Congo ne sont plus en mesure de couvrir, pour une longue période, les besoins de la population galoppante dont le taux de fécondité est estimé à environ 7 enfants par femme en âge de procréer (Gérin et al, 2003). Le recours à l'eau de surface (sources, rivières, fleuves, lacs) paraît être la solution alternative pour être à mesure d'offrir le minimum de 50 litres d'eau potable requis par personne et par jour (Gérin et al, 2003). Déjà dans la quasi-totalité des milieux ruraux, qui représentent d'ailleurs plus de la moitié des habitants du pays, la population vit essentiellement de l'eau de sources, de rivières, du fleuve et de lacs, ainsi que de puits et de forages en majorité aménagés par des organisations internationales préoccupées par la santé des populations notamment l'UNICEF et la Vision Mondiale. Il est donc nécessaire et urgent de protéger les cours d'eau en vue de minimiser le coût de traitement de potabilisation et de garantir ainsi la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine.

Le rejet direct ou indirect d'eaux résiduaires résultant des activités minières et industrielles, sans épuration, dans la zone d'habitation constituée de nappes phréatiques souvent exploitées pour des usages domestiques devrait faire l'objet d'une surveillance.

La capacité d'absorption de sols, ne devrait être dépassée, de telle sorte que ni la stagnation prolongée sur ces sols, ni le ruissellement, ni la percolation rapide des eaux chargées des éléments traces métalliques vers les nappes souterraines ne puisse se produire.

Aujourd'hui, la gestion de l'eau en République Démocratique du Congo est assujettie à la loi n° 73-001 du 20 juillet 1973, à la loi n° 74-009 du 10 juillet 1974 et au décret du 06 mai 1952 relatifs aux concessions et à l'administration des eaux, lacs et cours d'eau. Ces dispositions légales et réglementaires ont démontré leurs limites et ne sont plus à mesure de garantir la sécurité des cours d'eau. Le Ministère de l'Environnement, Conservation de la nature et Tourisme devrait envisager, parmi ses priorités et ses urgences, d'élaborer des textes actualisés et adaptés au nouveau contexte créé par la situation socio-économique et politique du pays.

Ce projet de révision de lois devrait prévoir des directives incluant notamment des concentrations maximales admissibles des éléments traces métalliques dans le cadre de la protection des ressources en eau pour le développement durable.

L'enquête a également révélé la contamination de la rivière Naviundu par le cadmium et le plomb dont la source reste encore obscure. En attendant que des études ultérieures donnent de la lumière sur les sources potentielles de cette pollution, des dispositions réglementaires devraient être actualisées et renforcées, notamment, en matière de la commercialisation de l'essence plombée dont la contribution n'est pas à négliger.

Les eaux de ruissellement et les eaux stagnantes des quartiers Tshamilemba et Kabecha présentent des concentrations assez élevées en éléments traces métalliques traduisant ainsi la contamination des sols. Les valeurs ainsi trouvées représentent une menace pour les cours d'eau et les nappes phréatiques. Ces eaux chargées d'éléments traces métalliques contaminent les sols. Les matières blanchâtres ou rosées perceptibles sur les murs et les sols sont des témoins de la présence indubitable des sels des métaux toxiques, notamment le cobalt, dans cette zone d'habitation. Les légumes, parmi lesquelles se trouvent des plantes hautement accumulatrices, cultivées sur ces sols des jardins potagers, se chargent des métaux toxiques contaminant ainsi la chaîne alimentaire. La population habitant ces deux quartiers ainsi que leurs environs se trouve dans une situation d'incertitude face aux risques sanitaires découlant de l'exposition aux métaux toxiques.

Une législation rigoureuse, soutenue par l'ensemble de la communauté, y compris les décideurs et les industriels, reste l'ultime recours devant prévenir le désastre apocalyptique.

### ***Remerciements***

Nous remercions le professeur Benoit Nemery du Laboratoire de Toxicologie de la Faculté de Médecine de la Katholieke Universiteit Leuven qui a facilité les analyses de laboratoire en Belgique. Nous remercions également les professeurs Vincent Haufroid et Erik Smolders qui se sont occupés des analyses de laboratoire.

## Références

1. Banza Lubaba Nkulu Célestin, Nawrot Tim S., Haufroid Vincent, Décrée Sophie, De Putter Thierry, Smolders Erik, Kabyla Ilunga Benjamin, Luboya Numbi Oscar, Ilunga Ndala Augustin, Mutombo Mwanza Alain, Nemery Benoit. **High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo**, *Environmental Research* 109 (2009) 745-752, Elsevier;
2. Nkulu, C Banza Lubaba; Nawrot, T; Haufroid, V; Lison, D; Smolders, E; Nemery, B. **Biomonitoring of Metals in the Population of Southern Katanga, a Mining Area of the D.R. Congo**, *Epidemiology*, September 2007, volume 18, Issue 5, ppS131-S132, doi: 10.1097/01. Ede. 0000276722.58421.f8, ISEE 2007, Mexico;
3. Thierry De Putter, Sophie Décrée, Célestin Banza Lubaba Nkulu, Benoit Nemery, Pierre Meerts, Michel-Pierre Faucon, Mylor Ngoy Shutcha. **Geology, source of exposure, environmental and health effects of cobalt and associated trace elements in Katanga Copperbelt (Democratic Republic of Congo)**. *International Symposium on Mineralogy, Environment and Health*, 17-18 september 2009, Université Paris-Est Marne-la-Vallée, France, pp63-64 ;
4. Célestin Lubaba Nkulu Banza. **Mining and metal processing in Katanga. Human exposure to metals and health effects**. *Le secteur minier de la République Démocratique du Congo à la croisée des chemins*. TF MIRECA, GECO, Tervuren, Décembre 2010 ;
5. Thierry De Putter, Sophie Décrée, Célestin Lubaba Nkulu Banza, Benoit Nemery. **Mining the Katanga (DRC) Copperbelt :geological aspects and impacts on public health and the environment-towards a holistic approach**. Abstract, La proceedings of the Inaugural Workshop IGCP/SIDA Project N° 594, Kitwe, Zambia, October 17<sup>th</sup>-18<sup>th</sup>, 2011, Mining and the Environment in Africa. KRIBEK B. (Editor), Czech Geological, Prague, 2011. ISBN 978-80-7075-119-0.C;
6. Banza Lubaba Nkulu, J. Ngoy Asosa, L. Kabamba Ngombe, A. Mutombo Mwanza, V. Haufroid, Th. De Putter, O. Luboya Numbi, B. Kabyla Ilunga, C. Muleka Kimpanga, B. Nemery. **Sources of exposure to cobalt and other metals in populations from Likasi and Lake Changalele in Katanga, D.R. Congo. Poster presentation; Abstract La Proceedings of the Inaugural Workshop IGCP/SIDA Project N° 594, Kitwe, Zambia, October 17<sup>th</sup>-18<sup>th</sup>, 2011, Mining and the Environment in Africa**. KRIBEK B. (Editor), Czech Geological, Prague, 2011. ISBN 978-80-7075-119-0;
7. L. Kabamba Ngombe, J. Ngoy Asosa, A. Mutombo Mwanza, V. Haufroid, Th. De Putter, O. Luboya Numbi, B. Kabyla Ilunga, B. Nemery, C. Banza Lubaba Nkulu. **High exposure to cobalt in mineworkers in Katanga, D.R. Congo. Poster presentation; Abstract La Proceedings of the Inaugural Workshop IGCP/SIDA Project N° 594, Kitwe, Zambia, October 17<sup>th</sup>-18<sup>th</sup>, 2011, Mining and the Environment in Africa**. KRIBEK B. (Editor), Czech Geological, Prague, 2011. ISBN 978-80-7075-119-0 ;
8. Célestin Banza Lubaba Nkulu et Benoit Nemery. **Exposition humaine au cobalt et autres métaux toxiques dans les zones minières du Katanga**. *Le secteur minier de la République Démocratique du Congo à la croisée des chemins*. TF MIRECA, GECO, Tervuren, Décembre 2010 ;
9. Boukhars L. et Rada A. ; 2 000. **Exposition au cadmium de végétaux cultivés sur des sols calcaires salés marocains amendés avec des boues et des eaux usées**. *Environ. Technol*, vol. 21 : 641-652 ;
10. CEE-Directives 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relatives à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine ;

11. Commission Européenne, 2001. Règlement N° 466/2001 de la Commission du 08 mars 2001 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. Journal officiel des communautés européennes du 16 mars 2001 ; 13 pages ;
12. Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France ; 1996. **Plomb, cadmium et mercure dans l'alimentation : évaluation et gestion du risque**. TEC et DOC Lavoisier, France, 237 P ;
13. FAO and WHO ; 2001. Report on the 32<sup>nd</sup> session of the Codex Committee on Food Additives and Contaminants ALINORM 01/12, Beijing, People's Republic of China, 20-24 March 2000. Joint FAO /WHO Food Standard Programme, Codex Alimentarius Commission, 24<sup>th</sup> Session, 2-7 July, Geneva, Switzerland;
14. Gérin M ; Gosselin P ; Cordier S ; Viau C ; Quénel P ; Dewailly E. **Environnement et santé : Fondements et pratiques**. Editions TEC et DOC ; 2003 ;
15. Nordberg G. F., Fowler B. A., Nordberg M. , Friberg L. T. **Handbook on the toxicology of metals**. Third édition; Elsevier; 2007;
16. Kabata-Pendias A ; Pendias H ; 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, Fla, 413 P;
17. Kouassi J. K. **Diagnostic d'une contamination par les éléments traces métalliques de l'épinard (*Spinacia oleracea*) cultivé sur des sols maraîchers de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire) amendés avec de la fiente de volaille**. European Journal of Scientific Research ; ISSN 1450-216 X Vol.21 N° 3 (2008) ; pp 471-487 ; EuroJournals Publishing. Inc. 2008;
18. OMS-Directives de qualité pour l'eau de boisson ; troisième édition ; 2004 ;
19. Tremel-Schaub A. ; Feix I. ; 2005. **Contamination des sols – Transferts des sols vers les plantes**. EDP Sciences, ADEME, 416 p ;