CEGEMI-UCB
CENTRE D'EXPERTISE EN GESTION DU SECTEUR MINIER

Conférence sur
Les Mines, l'Environnement et la Santé : recherches et perspectives
Bukavu, 16 - 17 décembre 2019

vliruos
SHARING MINDS, CHANGING LIVES

Mines et Santé des Habitants

Recherches menées au Katanga

Célestin Banza Lubaba Nkulu. MPH. PhD.
Professeur Ordinaire
Unité de Toxicologie et Environnement
Ecole de Santé Publique
Faculté de Médecine
Université de Lubumbashi, R.D. Congo
clubabankulu2017@gmail.com

Benoit Nemery. MD. PhD. Emeritus Professor
Centre for Environment and Health
Department of Public Health and Primary Care
KU Leuven – Belgium
ben.nemery@kuleuven.be

Contenu

- Les ressources minérales de la R.D. Congo
- Les impacts des activités minières sur la population générale
- La gestion des rejets industrielles au Katanga
- Les effets des activités minières sur l'environnement et la santé des populations
- Les mines artisanales dans des zones d'habitation.

Les ressources minérales de la R.D. Congo

- Carte métallogénique de la RDC:
- Répartition irrégulière de principales ressources minérales sur le territoire national;
- Cette répartition est contrôlée par le contexte géologique.

Carte métallogénique de la R.D. Congo

Répartition des minéralisations

❑ Les métaux du groupe du cuivre:

- Cu, Co, Zn, Pb, Cd, Ge, U, Ni, V : dans le Katanguien: : Haut-Katanga, Lualaba.

❑ Les métaux du groupe de l'étain:

- Sn, Nb, Ta, Be, Li, W: dans le Kibarien:

Mitwaba, Mwanza, Manono, Nyunzu, le Grand Kivu, …

❑ Le fer et le manganèse:

Dans le Lukoshien, le Supergroupe de Lulua-Luiza, le Kibarien, le Complexe du Kasaï-Lomami et le Katanguien: Ex. Kisenge.

Répartition des minéralisations

- **L'or et l'argent:**

Dans le Kibalien et le Kibarien et accessoirement le Lukoshien et le Katanguien.

- **Les métaux associés aux ultrabasites:**

  - Cu, Ni, Co, Cr, Pt: dans le Complexe du Kasaï-Lomami.

- **Le diamant:**

Dans les Kimberlites du Kasaï Oriental et du Katanga et dans le Conglomérat de base de la Série Supérieure du Kasaï.

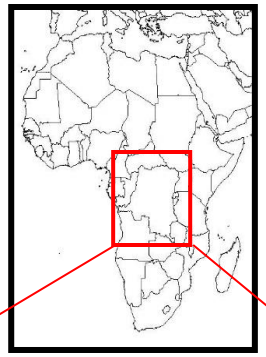
Répartition des minéralisations

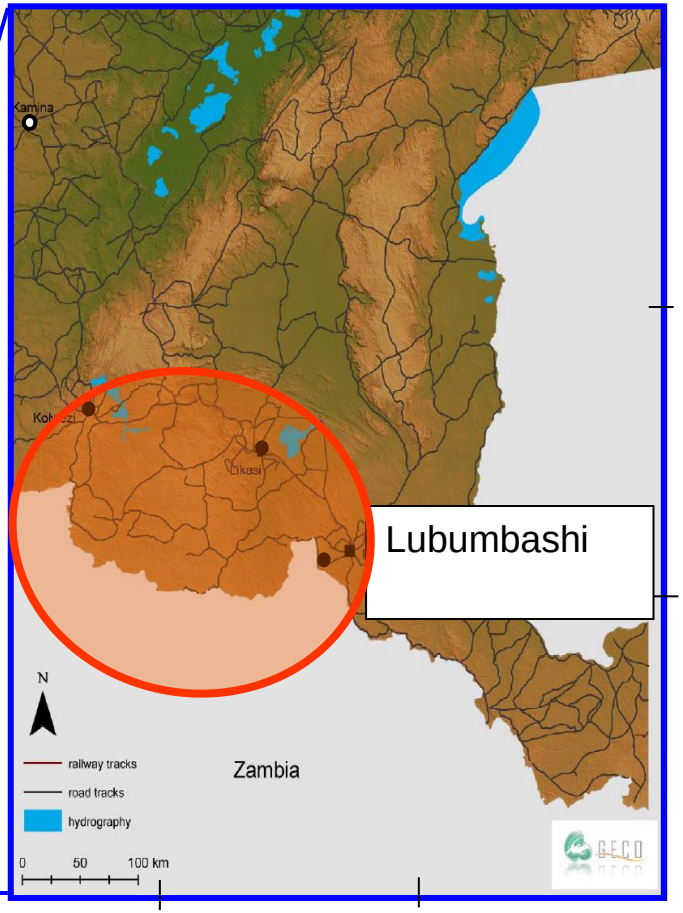
❑Les gisements d'altérations:

- Al: dans le Kongo Central.

R.D. Congo: Scandale géologique

“African copperbelt”



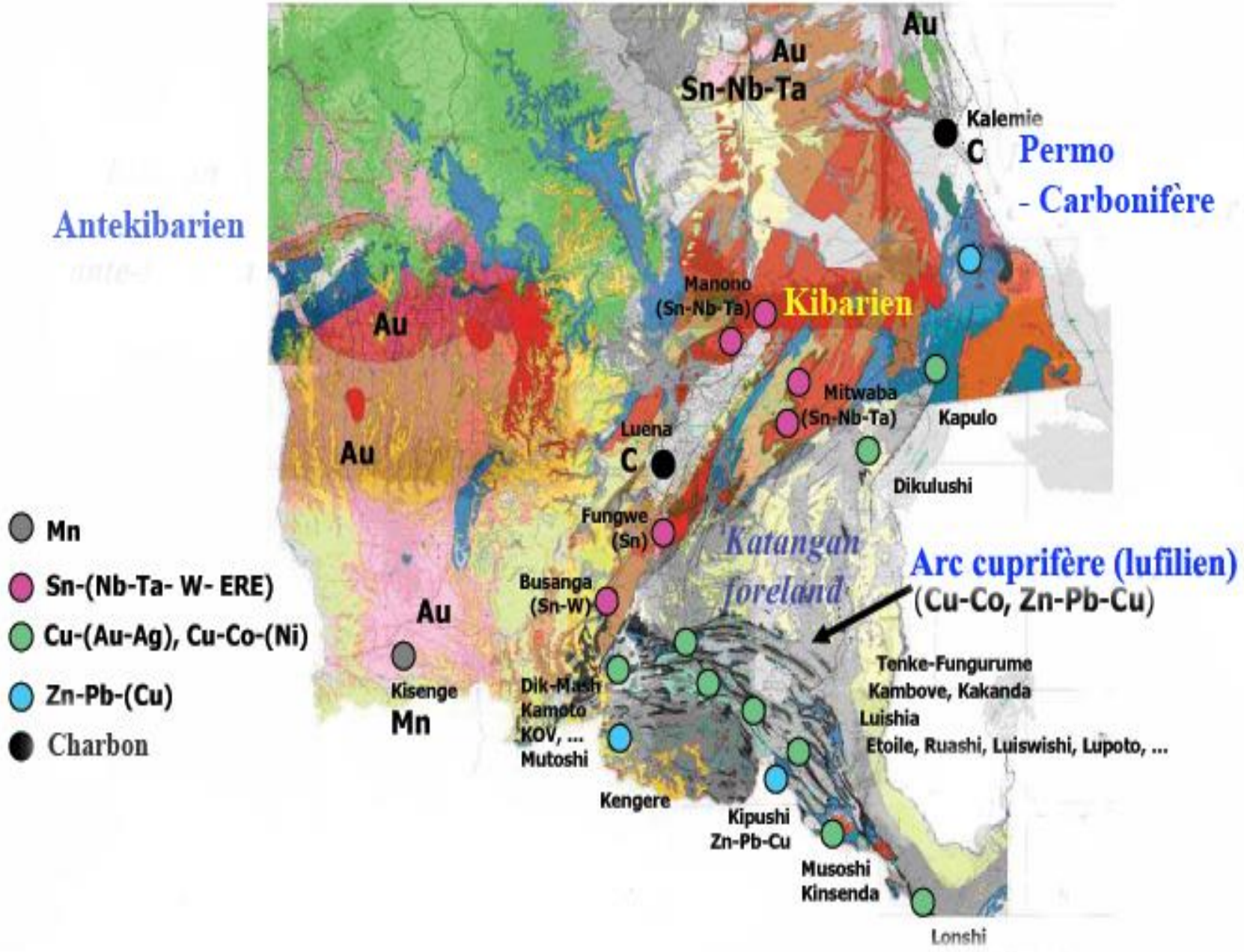


10°0’0’’ S

12°0’0’’ S

26°0’0’’ E

28°0’0’’ E


Antekibarien
Au
Au
Sn-Nb-Ta
Au
Kalemie
C
Permo
- Carbonifère
Manono
(Sn-Nb-Ta)
Kibarien
Au
Mitwaba
(Sn-Nb-Ta)
Kapulo
Au
Luena
C
Dikulushi
Fungwe
(Sn)
Katangan
foreland
Arc cuprifère (lufilien)
(Cu-Co, Zn-Pb-Cu)
Busanga
(Sn-W)
Au
Mn
Sn-(Nb-Ta- W- ERE)
Cu-(Au-Ag), Cu-Co-(Ni)
Zn-Pb-(Cu)
Charbon
Kisenge
Mn
Dik-Mash
Kamoto
KOV, ...
Mutoshi
Tenke-Fungurume
Kambove, Kakanda
Luishia
Etoile, Ruashi, Luiswishi, Lupoto, ...
Kengere
Kipushi
Zn-Pb-Cu
Musoshi
Kinsenda
Lonshi

Mining in Katanga

❑ Période précoloniale:

- Richesses du Katanga:

➢ Soupçonnées par les Européens avant la colonisation;

➢ 1798: rapport du Gouverneur Portugais du Monzambique mentionne pour la première fois l'existence du cuivre au Katanga;

Mining in Katanga

- **Période précoloniale:**
- **Constats:**
- ***Exploitation:***

- Chaque année:
- Mois de mai: les peuplades indigènes partaient pour la « **campagne du cuivre** »:

  - le minerais;

  - de la malachite

  → recueillis à même le sol.

Mining in Katanga

- **Période précoloniale:**
  - ***Traitement métallurgiques:***
    - Fonte des minerais dans des hauts fourneaux au bois;

      → la pyrométallurgie.

Mining in Katanga

- **Période précoloniale:**
- ***Usage des produits de la métallurgie:***
  - Production des outils à usage local;
  - Commerce international:

    Exportation vers:

    l'Ouest Africain

    la Côte Atlantique

    l'Est à travers le Plateau des Grands Lacs

    le Port de Malindi au Tanganyika

    les Ports de l'Angola

L'Europe Les Indes.

Mining in Katanga

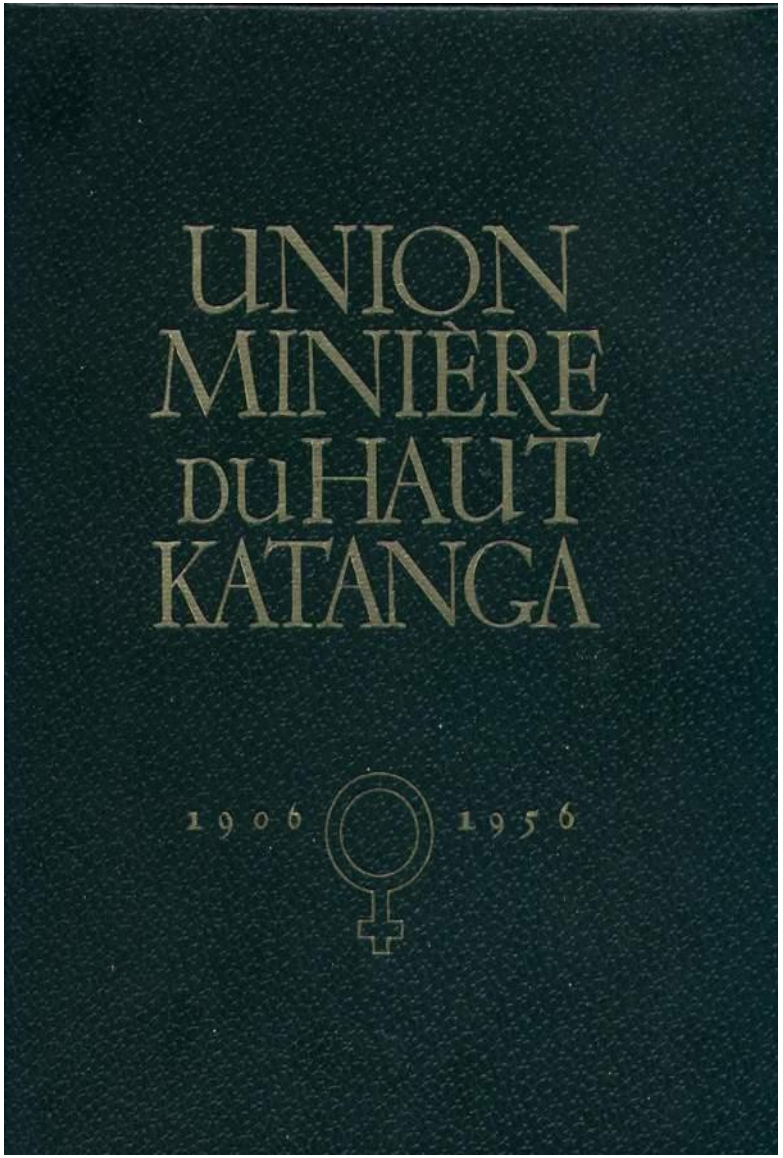
- **Un peu tard:**
  - Les grands explorateurs de l'Afrique Centrale:
- Burton et Speke, d'une part;
- Livingstone, d'autre part

Mentionnent cette richesse dans leurs récits de voyage.

Source: ***Serge Lerat. Les Cahiers d'Outre-Mer/ Année 1961/14-56/435-442.***

Mining in Katanga

- **Congo Belge (1908-1960)**
  - **UMHK**: Haut-Katanga, Kolwezi et ses environ.
  - Exploitation et transformation locale des minerais
- cuivre, cobalt, zinc. ...
- Uranium (Bombe atomique→ 1945): Shinkolowe
- Manganèse: Kisenge: Piles
- Or
- Etc.



Mining au Katanga

- ❑ **Congo Belge (1908-1960)**
- ▪ **Géomines:**
- ➢ **Manono (Tanganyika)**
- ➢ **Mwanza (Haut-Lomami)**
- ➢ **Bukena (Haut-Lomami)**
- ➢ **Mitwaba (Haut-Katanga):**

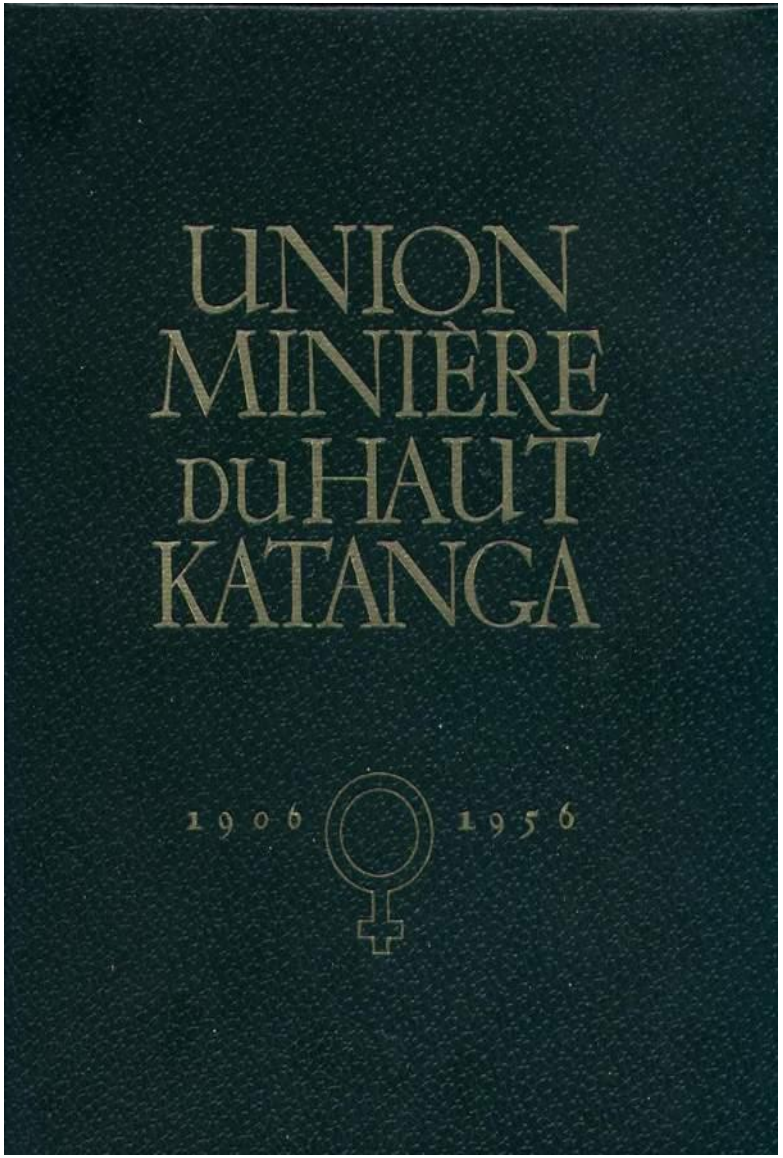
Sn-(Nb-Ta-W-ERE)

Exploitation et transformation locale des minerais

↓

Fonderie de Manono

R.D. Congo, Scandale Géologique



Mining au Katanga

Congo/Zaïre/R.D.Congo

UMHK se ***métamorphose*** en:

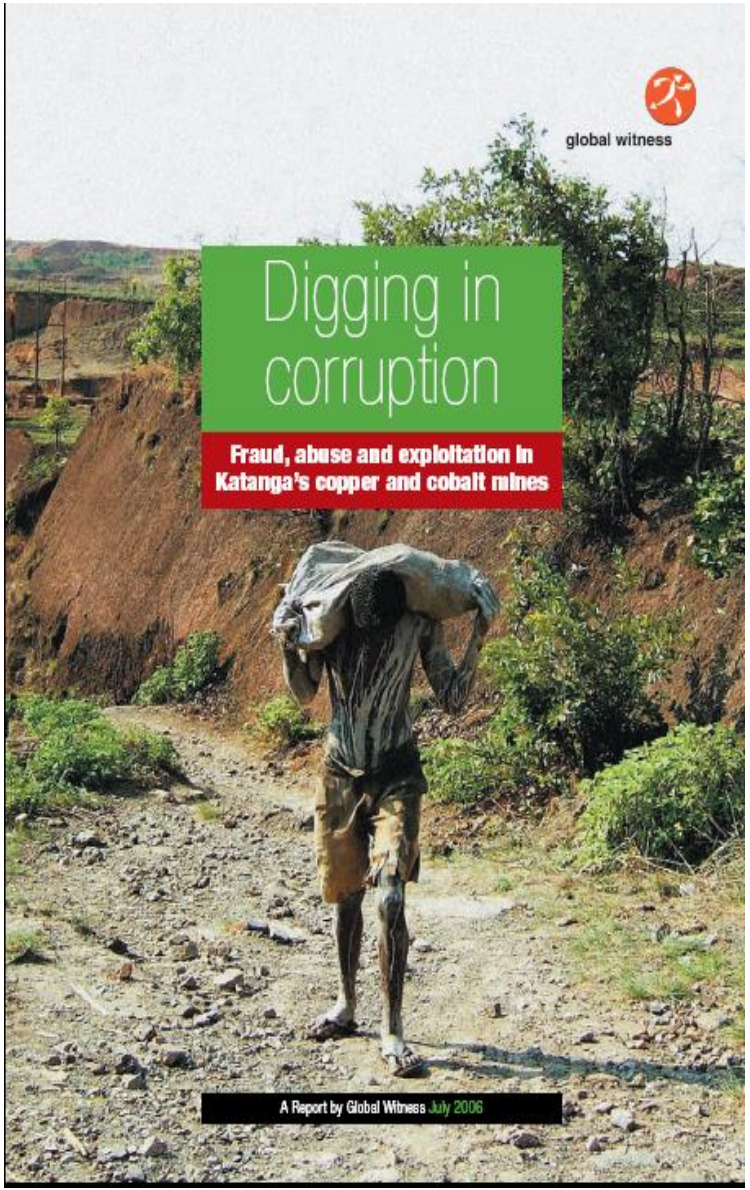
- **Gécomines** (Générale Congolaise des Minerais), puis en
- **Gécamines** (Générale des Carrières et des Mines).

Géomines devient:

- **Zaïre Etain puis**
- **Congo Etain.**

Mining au Katanga

- **Zaïrianisation:**
  - Souci de créer une classe locale moyenne
  - Libéralisation des activités minières
  - Autorisation de la vente des mitrailles (déchets des usines) de la Gécamines et de la Zaïre Etain.
  - Ouverture des mines artisanales.

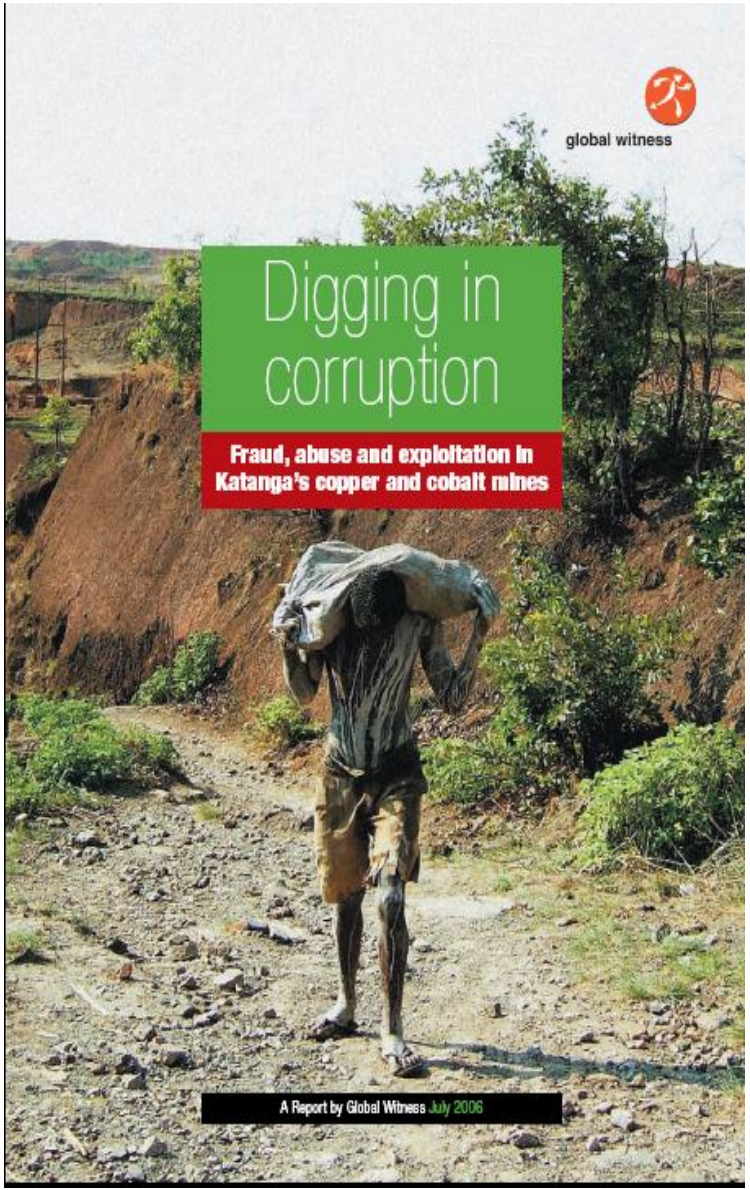


Mining au Katanga

- **Zaïrianisation:**

  → **Début de prédation**:

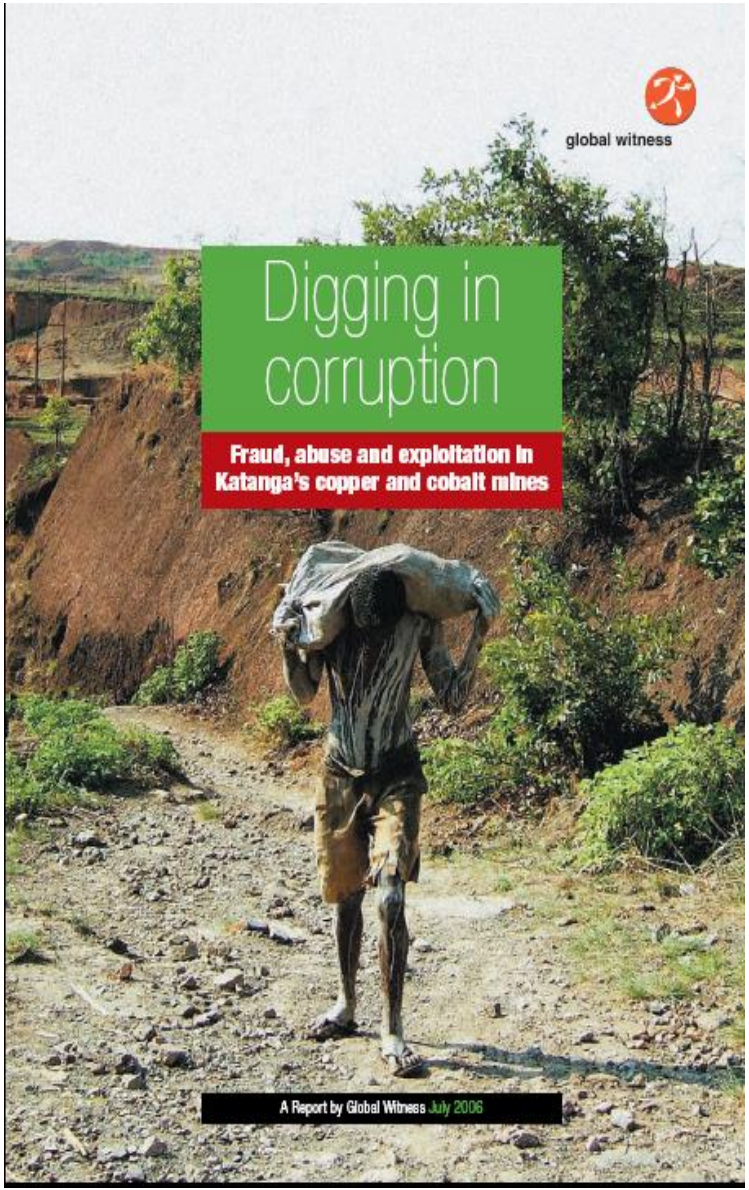
- les stocks des concentrés des minerais, des lingots de cuivre, des granulés de cobalt, …. se vident;
- Complicité des autorités de la Gécamines et de la Garde Industrielle: Corruption.



Mining au Katanga

- **Autour des années 2.000:**
- Afflux des compagnies de:
  - Chine;
  - Inde;
  - USA;
  - Canada;
  - Australie;
  - Europe;
  - …

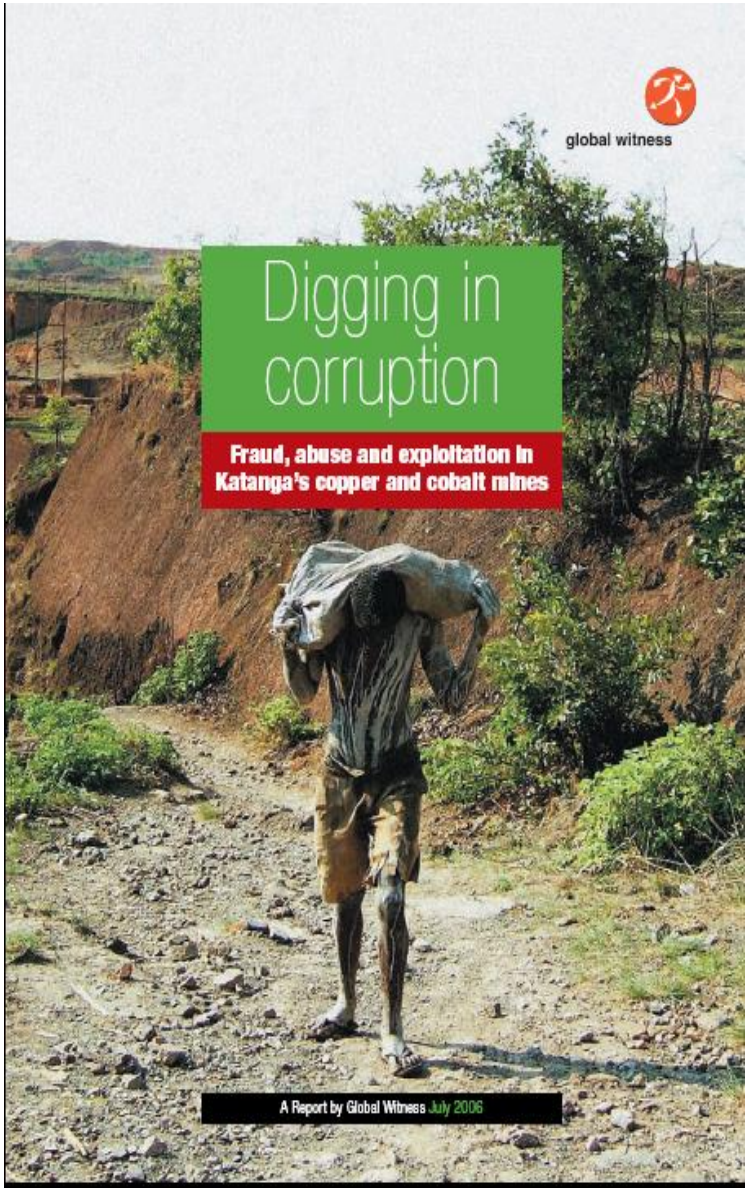
Des milliers de creuseurs artisanaux alimentent le marché du cuivre et du cobalt.



Mining au Katanga

Des milliers de creuseurs artisanaux alimentent le marché du cuivre et du cobalt.

Entreposage des minerais à domicile



Mining au Katanga

- **Exploitation industrielle:**
  - Gisements à ciel ouvert;
  - Mines souterraines.
  - Transformation: cathodes, granulés, concentrés, …

  → exportation.
- **Installation des industries dans des zones d'habitation:**

Mining au Katanga

- **Exploitation industrielle:**
  - Gisements à ciel ouvert;
  - Mines souterraines.
  - Transformation: cathodes, granulés, concentrés, …

  → exportation.
- **Installation des industries dans des zones d'habitation:**

↓

Rejets des métaux dans l'environnement et dans les populations humaines

Les impacts des activités minières sur les populations

Environmental Research 109 (2009) 745–752

Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envres

High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo ☆

Célestin Lubaba Nkulu Banza [a], Tim S. Nawrot [b], Vincent Haufroid [c], Sophie Decrée [d,e], Thierry De Putter [e], Erik Smolders [f], Benjamin Ilunga Kabyla [a], Oscar Numbi Luboya [a], Augustin Ndala Ilunga [a], Alain Mwanza Mutombo [a], Benoit Nemery [b,*]

[a] *Unité de Toxicologie et Environnement, Ecole de Santé Publique, Université de Lubumbashi, Democratic Republic of Congo*
[b] *Occupational & Environmental Medicine, Unit of Lung Toxicology, Katholieke Universiteit Leuven, Herestraat 49 (O&N 706), B-3000 Leuven, Belgium*
[c] *Industrial Toxicology and Occupational Medicine Unit, Université catholique de Louvain, Brussels, Belgium*
[d] *Geology Department, Royal Museum for Central Africa, Tervuren, Belgium*
[e] *Geology Department, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur, Belgium*
[f] *Division of Soil and Water Management, K.U. Leuven, Belgium*

Background

Environmental Research 109 (2009) 745–752

Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envres

High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo ☆

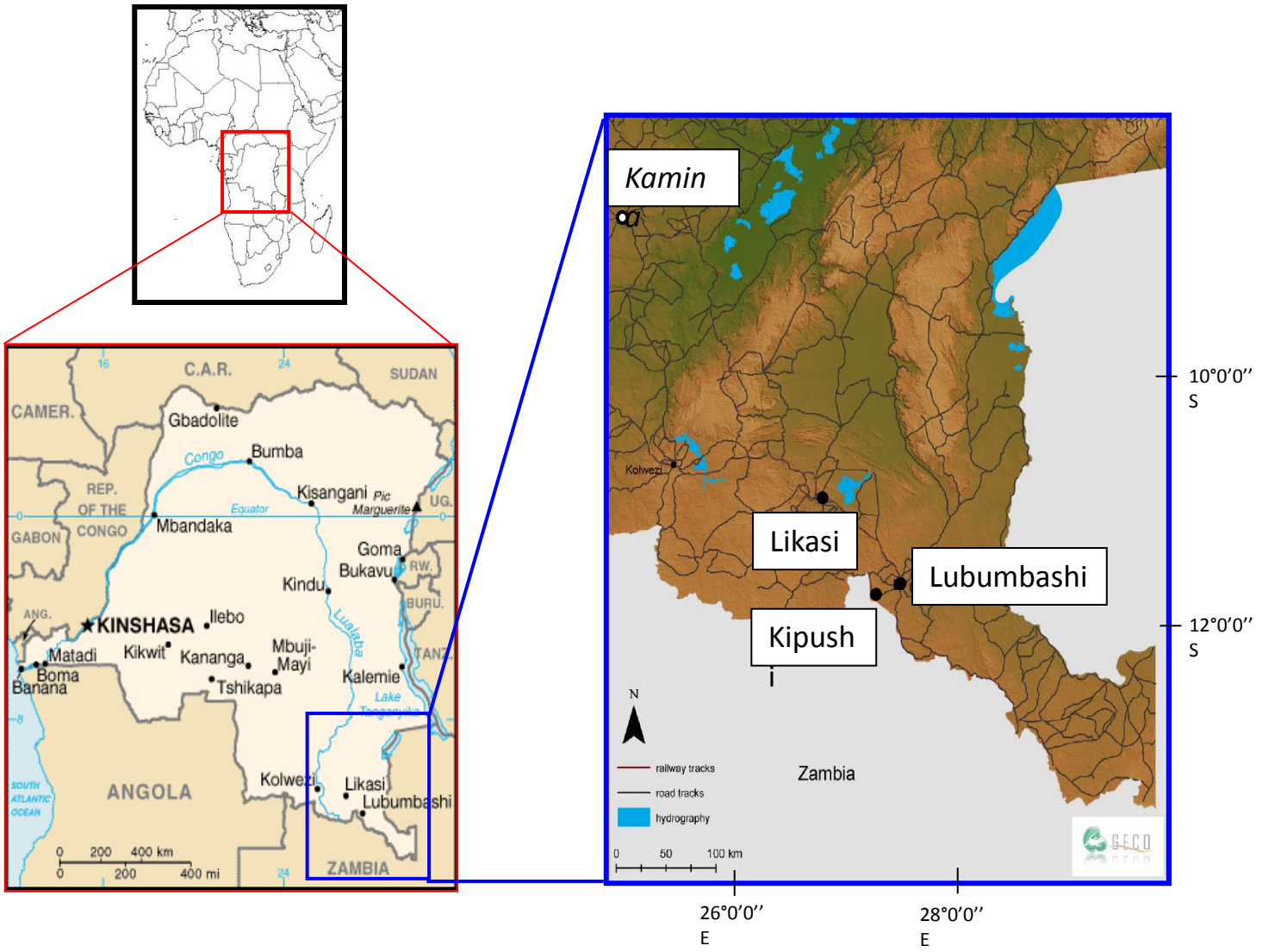
Célestin Lubaba Nkulu Banza [a], Tim S. Nawrot [b], Vincent Haufroid [c], Sophie Decrée [d,e], Thierry De Putter [e], Erik Smolders [f], Benjamin Ilunga Kabyla [a], Oscar Numbi Luboya [a], Augustin Ndala Ilunga [a], Alain Mwanza Mutombo [a], Benoit Nemery [b,*]

1. Evidence of high exposure to various metals (Co, Cu, As, U,...) in the population of southern Katanga

2. Evidence of high exposure in subjects living within < 3 Km from mining or metallurgical industries

Méthodologie: zones étudiées

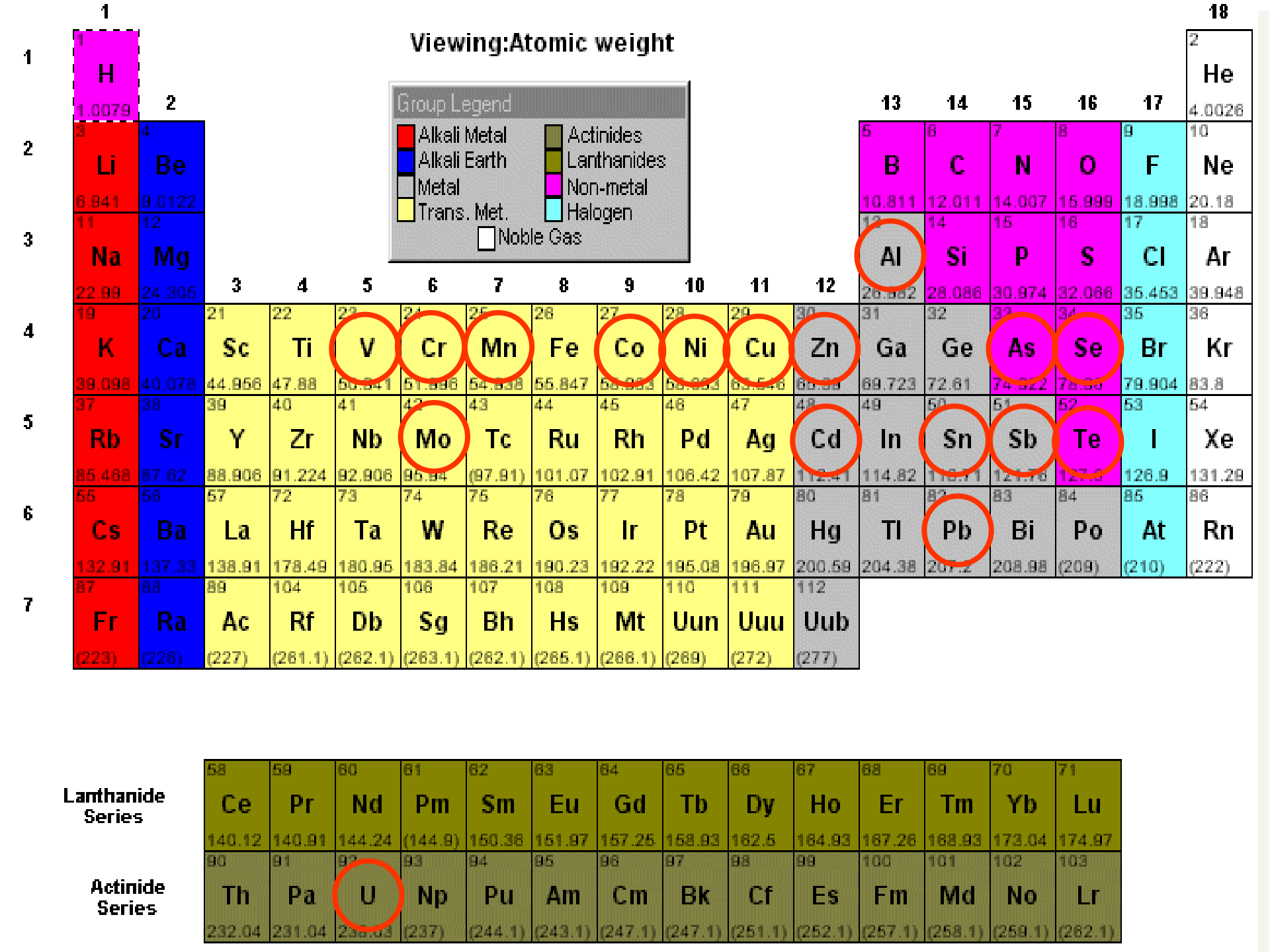
- Plusieurs campagnes (1-2 jours) de 02/2006 à 03/2007
- 11 zones résidentielles:
  - Très proches (< 3 km) de mines /industries
    - Lubumbashi: Penga-Penga (n=21), Tshamilemba (n=24), Kawama (n=35)
    - Likasi: Panda (n=43), Shituru (n=42)
    - Kipushi: GCM & Betty (n=14)
  - Proches (3-10 km) de mines/industries
    - Lubumbashi: Hewa Bora (n=31), Katuba (n=38)
    - Kingandu (n=36)
    - Kasumbalesa village (n=27)
  - Loin (400 km) de mines/industries = zone contrôle
    - Kamina (n=40)


C.A.R.
SUDAN
CAMER.
Gbadolite
Congo
Bumba
REP.
OF THE
CONGO
Kisangani
Pic
Marguerite
UG.
Equator
GABON
Mbandaka
Goma
Bukavu
RW.
Kindu
BURU.
ANG.
KINSHASA
Ilebo
Lualaba
Matadi
Kikwit
Kananga
Mbuji-
Mayi
TANZ.
Boma
Banana
Tshikapa
Kalemie
Lake
SOUTH
ATLANTIC
OCEAN
ANGOLA
Kolwezi
Likasi
Lubumbashi
ZAMBIA
0 200 400 km
0 200 400 mi
Kamin
Kolwezi
Likasi
Lubumbashi
Kipush
i
N
railway tracks
road tracks
hydrography
Zambia
0 50 100 km
10°0'0'' S
12°0'0'' S
26°0'0'' E
28°0'0'' E

200 ft
100 m

2000 m
Showing 0 places

View
Add place
likasi
2000 ft
1 km
No places (unset)
Imagery ©2008 DigitalGlobe, GeoEye


Viewing:Atomic weight
Group Legend
Alkali Metal
Alkali Earth
Metal
Trans. Met.
Actinides
Lanthanides
Non-metal
Halogen
Noble Gas
1 H 1.0079
2 He 4.0026
3 Li 6.941
4 Be 9.0122
5 B 10.811
6 C 12.011
7 N 14.007
8 O 15.999
9 F 18.998
10 Ne 20.18
11 Na 22.99
12 Mg 24.305
13 Al 26.982
14 Si 28.086
15 P 30.974
16 S 32.066
17 Cl 35.453
18 Ar 39.948
19 K 39.098
20 Ca 40.078
21 Sc 44.956
22 Ti 47.88
23 V 50.941
24 Cr 51.996
25 Mn 54.938
26 Fe 55.847
27 Co 58.933
28 Ni 58.693
29 Cu 63.546
30 Zn 65.39
31 Ga 69.723
32 Ge 72.61
33 As 74.922
34 Se 78.96
35 Br 79.904
36 Kr 83.8
37 Rb 85.468
38 Sr 87.62
39 Y 88.906
40 Zr 91.224
41 Nb 92.906
42 Mo 95.94
43 Tc (97.91)
44 Ru 101.07
45 Rh 102.91
46 Pd 106.42
47 Ag 107.87
48 Cd 112.41
49 In 114.82
50 Sn 118.71
51 Sb 121.76
52 Te 127.6
53 I 126.9
54 Xe 131.29
55 Cs 132.91
56 Ba 137.33
57 La 138.91
72 Hf 178.49
73 Ta 180.95
74 W 183.84
75 Re 186.21
76 Os 190.23
77 Ir 192.22
78 Pt 195.08
79 Au 196.97
80 Hg 200.59
81 Tl 204.38
82 Pb 207.2
83 Bi 208.98
84 Po (209)
85 At (210)
86 Rn (222)
87 Fr (223)
88 Ra (226)
89 Ac (227)
104 Rf (261.1)
105 Db (262.1)
106 Sg (263.1)
107 Bh (262.1)
108 Hs (265.1)
109 Mt (266.1)
110 Uun (269)
111 Uuu (272)
112 Uub (277)
Lanthanide Series
58 Ce 140.12
59 Pr 140.91
60 Nd 144.24
61 Pm (144.9)
62 Sm 150.36
63 Eu 151.97
64 Gd 157.25
65 Tb 158.93
66 Dy 162.5
67 Ho 164.93
68 Er 167.26
69 Tm 168.93
70 Yb 173.04
71 Lu 174.97
Actinide Series
90 Th 232.04
91 Pa 231.04
92 U 238.03
93 Np (237)
94 Pu (244.1)
95 Am (243.1)
96 Cm (247.1)
97 Bk (247.1)
98 Cf (251.1)
99 Es (252.1)
100 Fm (257.1)
101 Md (258.1)
102 No (259.1)
103 Lr (262.1)

Résultats

- 351 sujets
- Age 32 a [2-74 a]
- Sexe 239 H, 112 F
- Tabagisme 63 (62 H, 1 F), 6 cig/d [4-10]
- Travail (antérieur)

  mines/industrie 117 (112 H, 5 F)

Résultats

	contrôle	3 - 10 km	< 3 km
n	40	132	179
Femmes	12 (30%)	46 (35%)	54 (30%)
Age (années)	22.8 (3.6)*	29.8 (16.2)	35.2 (15.8)
Fumeurs	1 (3%)	16 (12%)	45 (25%)
Exposition professionnelle	-	39 (30%)	78 (43%)

- *toutes les valeurs seront ajustées pour le sexe, l'âge (âge et âge^2), tabagisme & exposition professionnelle*

	Contrôle	3 - 10 km	< 3 km
n	40	132	179
		µg/g créatinine	
Al	4.42	14,60	12,40
Sb	0,04	0,08	0,08
As	2,79	10,26	17,80
Cd	0,23	0,68	0,75
Cr	0,09	0,13	0,17
Co	1,41	5,49	15,60
Cu	6,78	12,10	17,10
Pb	1,46	2,76	3,17
Mn	0,03	0,38	0,32
Mo	49,0	81,6	75,2
Ni	2,98	2,95	3,27
Se	7,53	13,30	17,40
Te	0,08	0,10	0,10
Sn	0,05	0,06	0,09
U	0,004	0,017	0,028
V	0,09	0,20	0,22
Z	219	301	306

	Contrôle		3 - 10 km	< 3 km
n	40		132	179
			µg/g créatinine	
Al	4,42		**14,60**	**12,40**
Sb	0,04		**0,08**	**0,08**
As	2,79		**10,26**	**17,80**
Cd	0,23		**0,68**	**0,75**
Cr	0,09		**0,13**	**0,17**
Co	1,41		**5,49**	**15,60**
Cu	6,78	$p < 0.05$	**12,10**	**17,10**
Pb	1,46		**2,76**	**3,17**
Mn	0,03		**0,38**	**0,32**
Mo	49,0		**81,6**	**75,2**
Ni	2,98		2,95	3,27
Se	7,53		**13,30**	**17,40**
Te	0,08		**0,10**	**0,10**
Sn	0,05		**0,06**	**0,09**
U	0,004		**0,017**	**0,028**
V	0,09		**0,20**	**0,22**
Z	219		**301**	**306**

	Contrôle	3 - 10 km	< 3 km
n	40	132	179
		µg/g créatinine	
Al	4,42	14,60	12,40
Sb	0,04	0,08	0,08
As	2,79	10,26	**17,80**
Cd	0,23	0,68	0,75
Cr	0,09	0,13	**0,17**
Co	1,41	5,49	**15,60**
Cu	6,78	12,10	**17,10**
Pb	1,46	2,76	3,17
Mn	0,03	0,38	0,32
Mo	49,0	81,6	75,2
Ni	2,98	2,95	3,27
Se	7,53	13,30	**17,40**
Te	0,08	0,10	0,10
Sn	0,05	0,06	**0,09**
U	0,004	0,017	**0,028**
V	0,09	0,20	0,22
Z	219	301	306

$p < 0.05$

Variance expliquée*

	sex	age	area	work	
		partial R^2			total R^2
Al	0,03	0,06	0,23	0,01	0,33
Sb	*0,01*	0,05	0,09		0,15
As		0,03	0,50		0,53
Cd	0,02	0,09	0,36		0,47
Cr	0,01	0,10	0,13		0,24
Co	0,01	0,04	0,52		0,57
Cu	0,01	0,06	0,31	0,02	0,40
Pb		0,07	0,30	0,01	0,38
Mn	*0,01*	0,03	0,33		0,37
Mo		0,04	0,07		0,11
Ni	0,01	0,08			0,09
Se		0,04	0,31		0,35
Te	0,03	0,07	0,05		0,15
Sn		0,09	0,09		0,18
U		0,03	0,44		0,47
V	*0,01*	0,07	0,25		0,33
Z		0,04	0,10		0,14

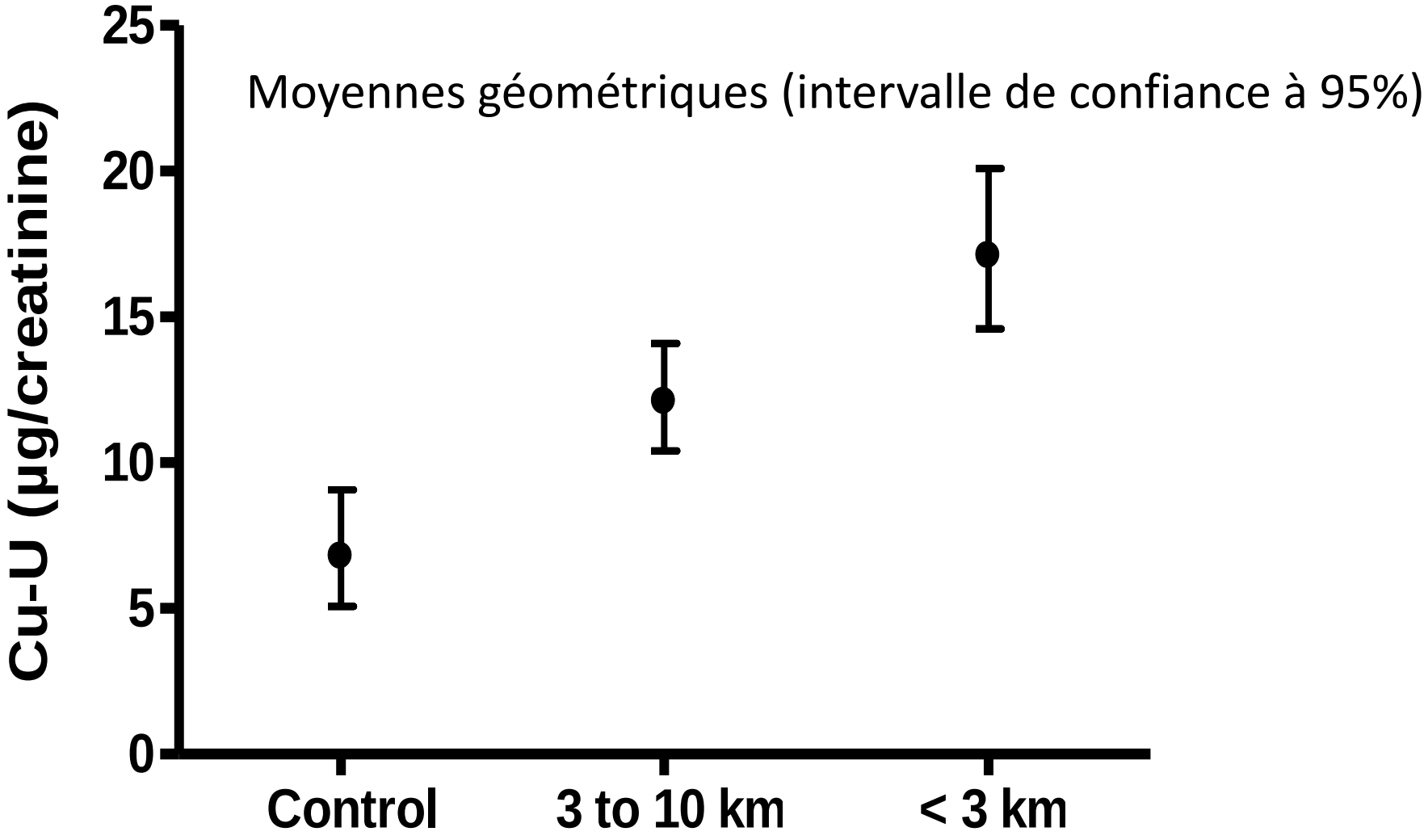
**Régression sur sexe, âge (âge and âge^2), résidence (11 zones), tabac, profession*

Variance expliquée*

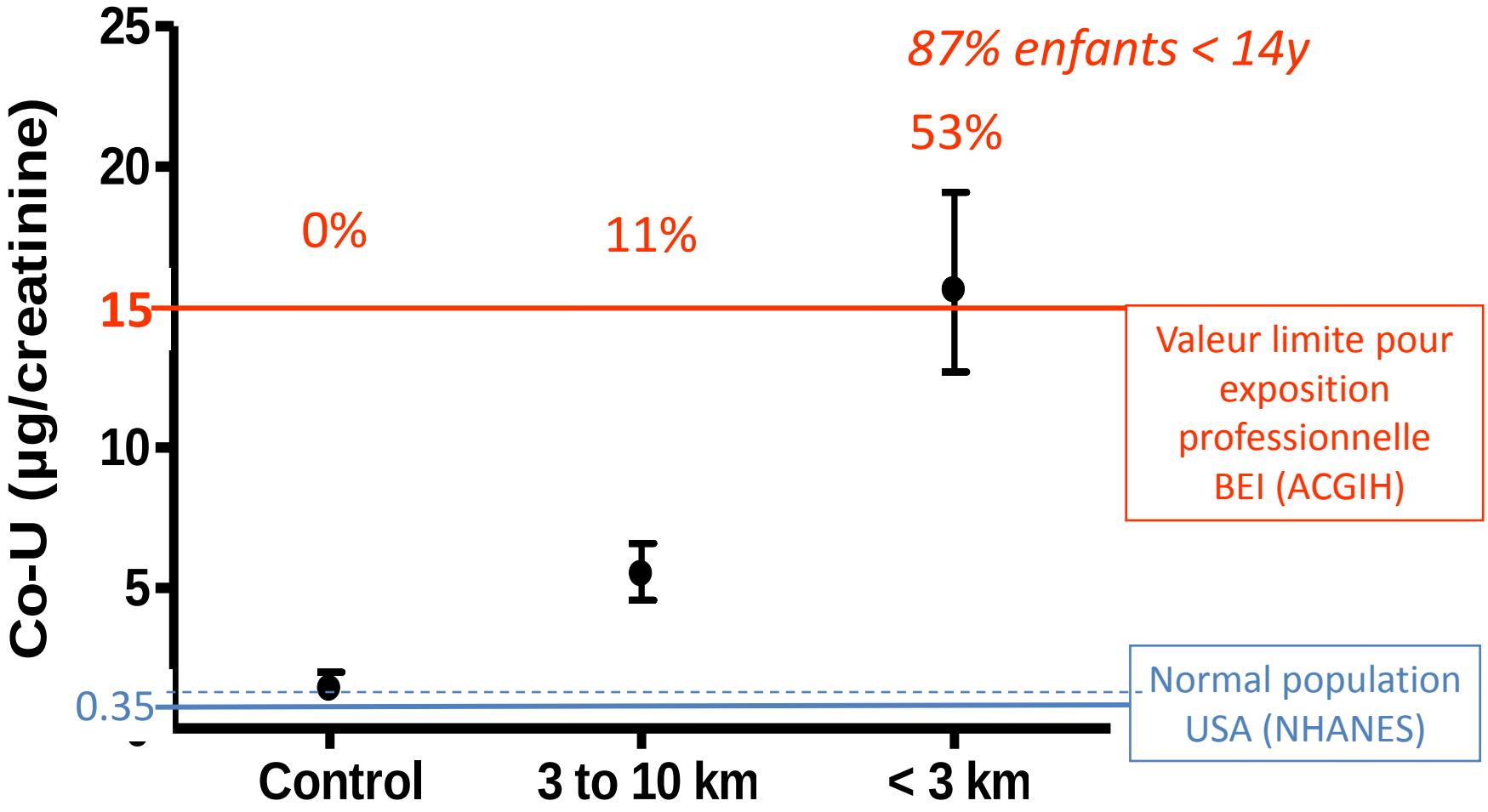
	sex	age	**area**	work	
		partial R^2			total R^2
Al	0,03	0,06	0,23	0,01	0,33
Sb	*0,01*	0,05	0,09		0,15
As		0,03	**0,50**		0,53
Cd	0,02	0,09	**0,36**		0,47
Cr	0,01	0,10	0,13		0,24
Co	0,01	0,04	**0,52**		0,57
Cu	0,01	0,06	0,31	0,02	0,40
Pb		0,07	0,30	0,01	0,38
Mn	*0,01*	0,03	0,33		0,37
Mo		0,04	0,07		0,11
Ni	0,01	0,08			0,09
Se		0,04	0,31		0,35
Te	0,03	0,07	0,05		0,15
Sn		0,09	0,09		0,18
U		0,03	**0,44**		0,47
V	*0,01*	0,07	0,25		0,33
Z		0,04	0,10		0,14

**Régression sur sexe, âge (âge and âge^2), résidence (11 zones), tabac, profession*

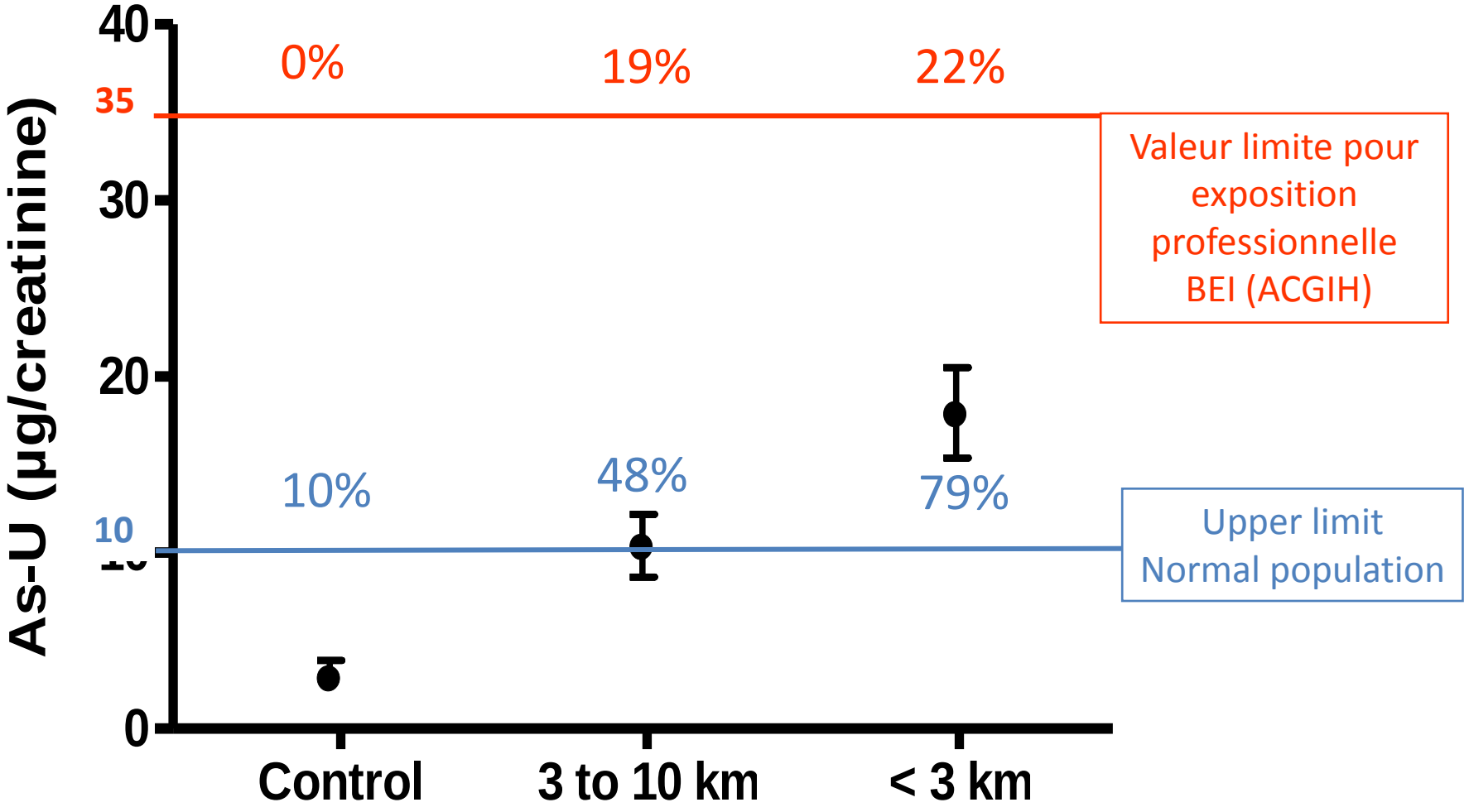
Cuivre


Moyennes géométriques (intervalle de confiance à 95%)
Cu-U (µg/creatinine)
25
20
15
10
5
0
Control
3 to 10 km
< 3 km

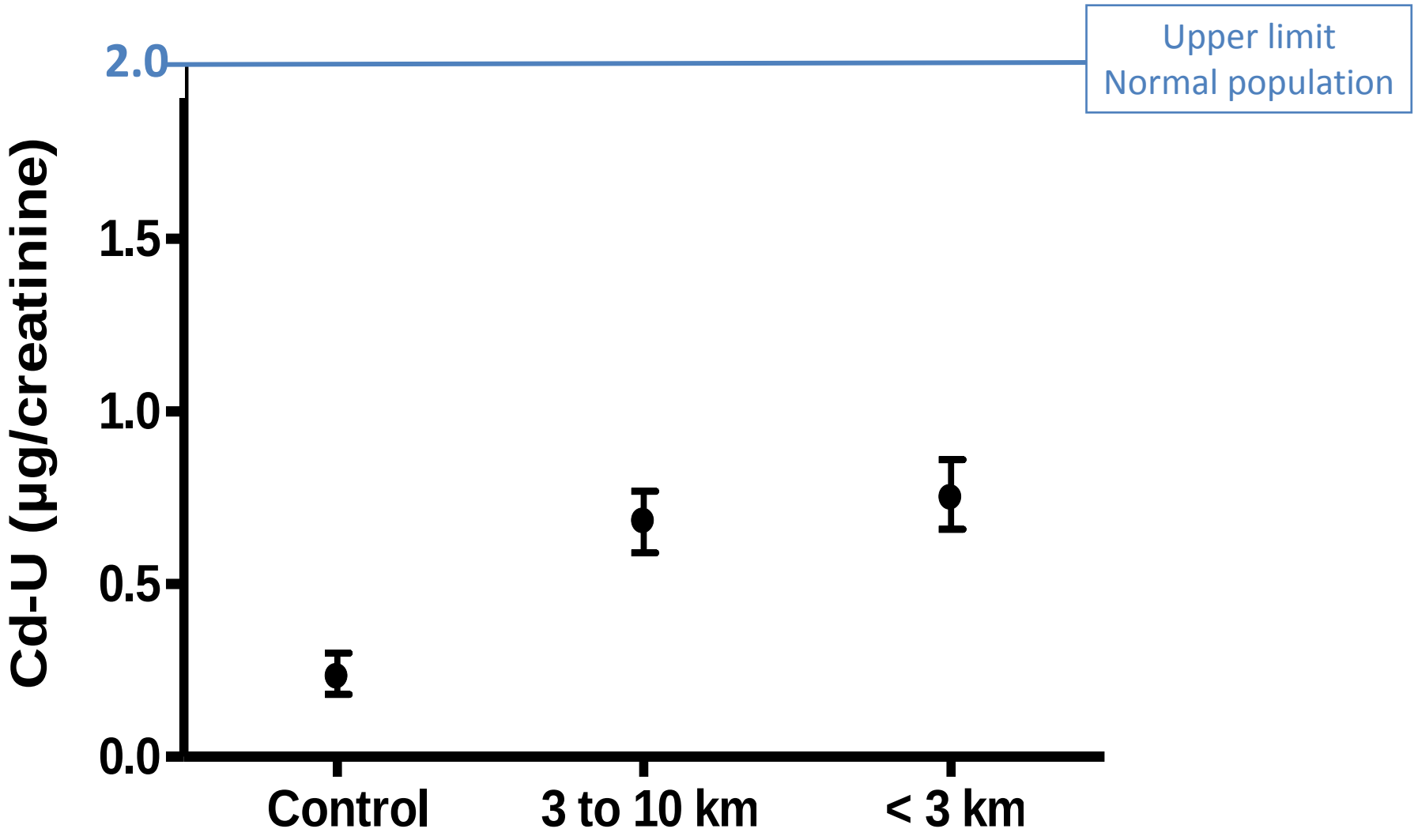
Cobalt


Co-U (µg/creatinine)
25
20
15
10
5
0.35
87% enfants < 14y
53%
0%
11%
Valeur limite pour exposition professionnelle BEI (ACGIH)
Normal population USA (NHANES)
Control
3 to 10 km
< 3 km

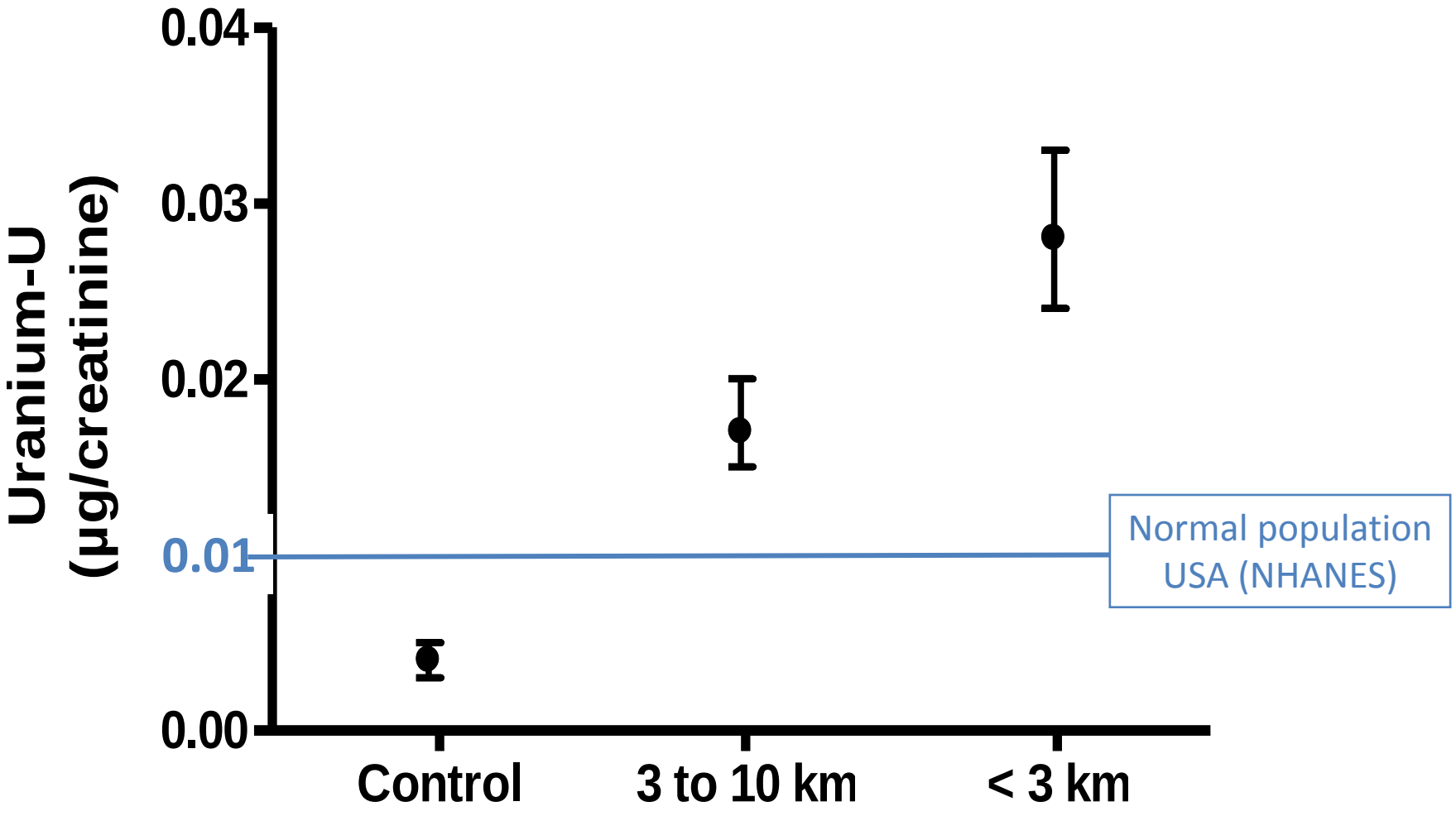
Arsenic


As-U (µg/creatinine)
40
35
30
20
10
0
0%
19%
22%
10%
48%
79%
Valeur limite pour exposition professionnelle BEI (ACGIH)
Upper limit Normal population
Control
3 to 10 km
< 3 km

Cadmium


Upper limit
Normal population
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
Cd-U (µg/creatinine)
Control
3 to 10 km
< 3 km

Uranium (U)


Uranium-U
(µg/creatinine)
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
Control
3 to 10 km
< 3 km
Normal population
USA (NHANES)

Discussion (1)

- Première étude ayant évalué l'exposition humaine à divers métaux et métalloïdes au Katanga

! "Echantillon de convenance" → pas reflet précis de l'exposition de la population, mais probablement pas de biais de sélection important

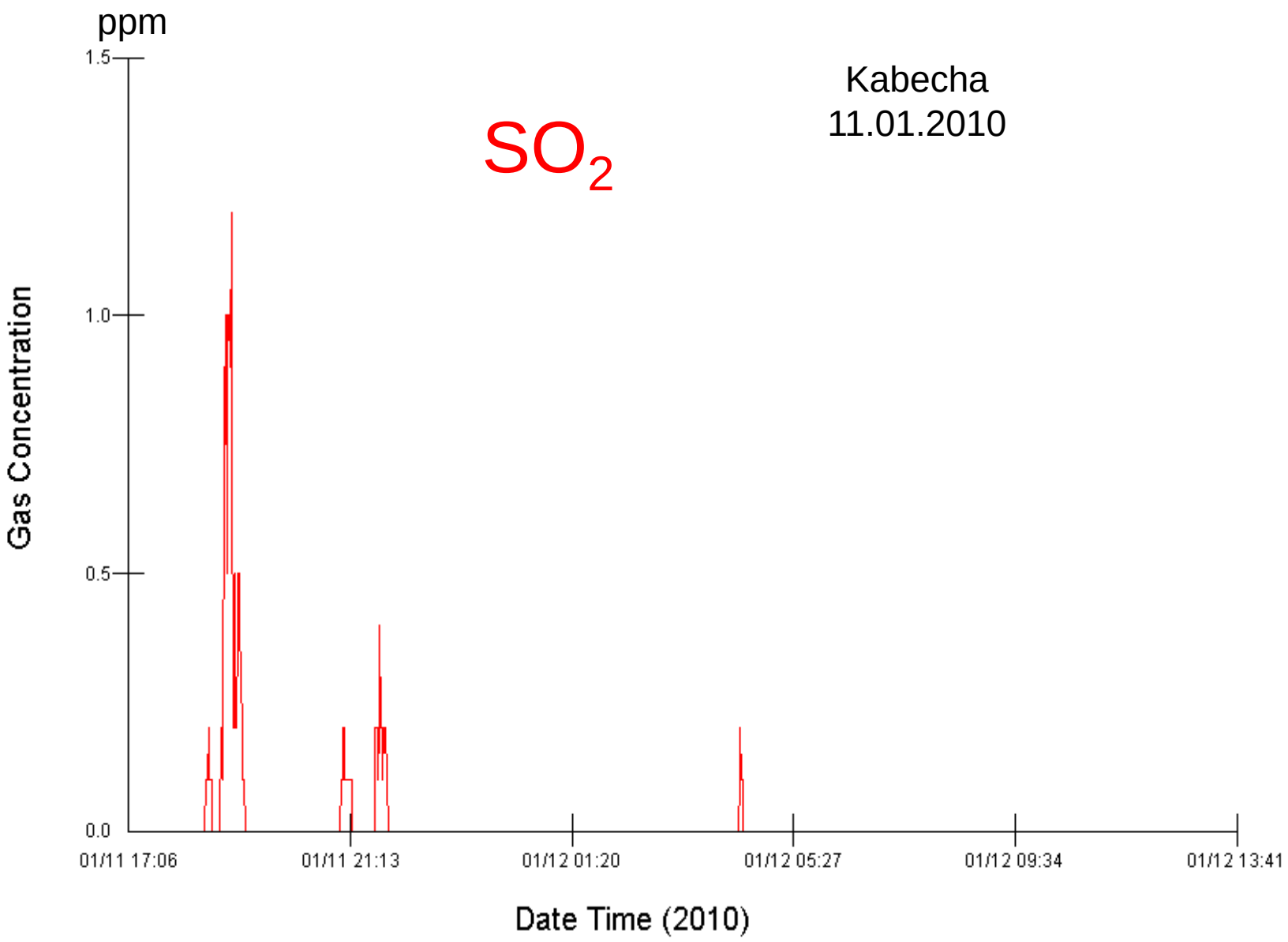
- Les valeurs dans la zone contrôle (Kamina) sont semblables aux valeurs de référence pour la population des USA (sauf pour le Co)
- Toutes les valeurs obtenues au Sud-Katanga (Copperbelt) sont plus élevées que dans la zone contrôle (sauf Ni)

Discussion (2)

- Les personnes vivant très près de mines et/ou industries présentent des valeurs plus élevées que ceux habitant un peu plus loin pour plusieurs métaux (Co, As, Cu, U)
- Les enfants ont les valeurs les plus élevées (sauf pour le Cd)
- Les valeurs de Co-U sont les plus élevées ayant jamais été rapportées dans des populations générales et elles dépassent souvent les limites d'exposition professionnelle

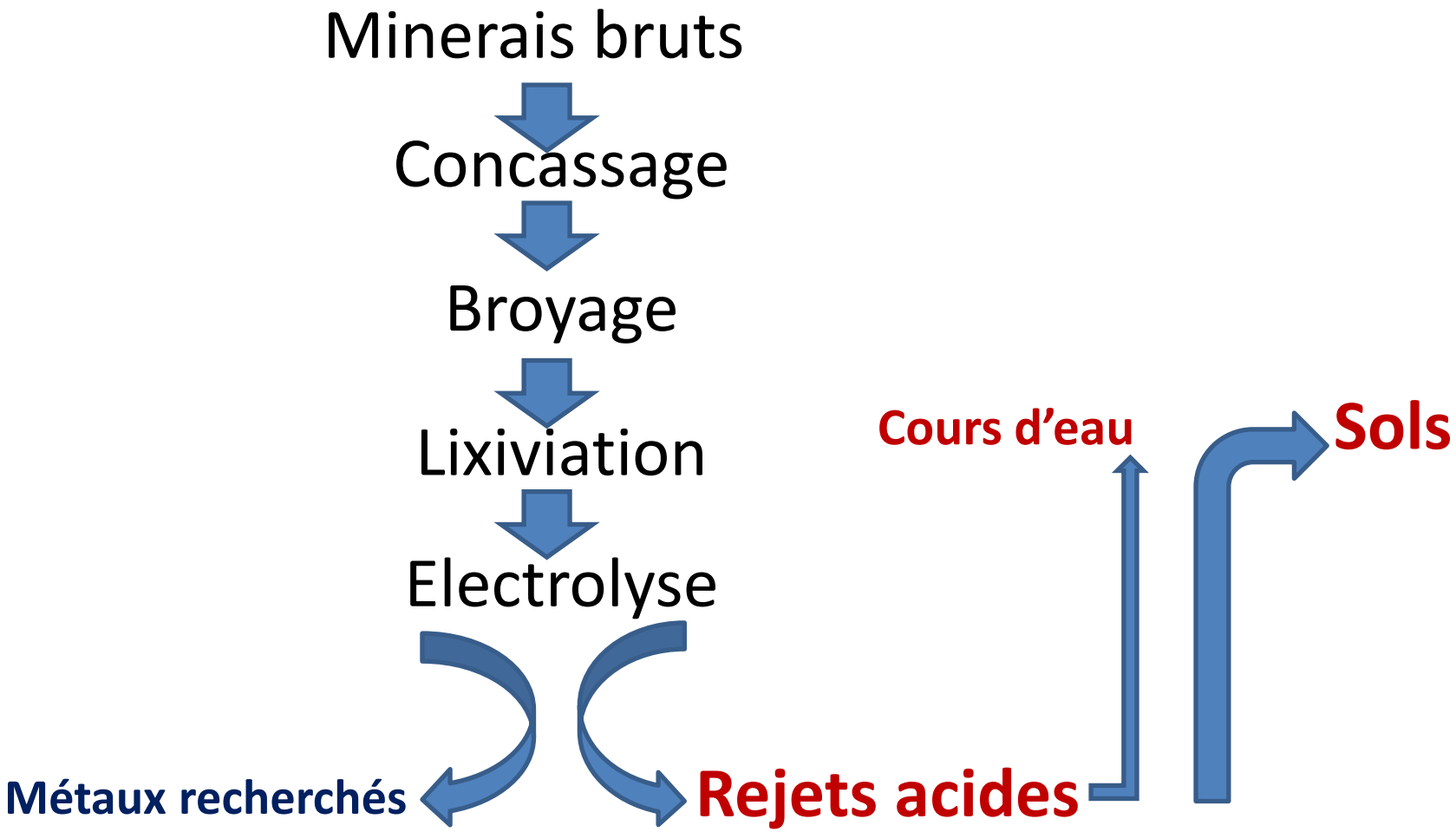
Air pollution

Likasi 2006


ppm
1.5
1.0
0.5
0.0
Gas Concentration
SO_2
Kabecha
11.01.2010
01/11 17:06
01/11 21:13
01/12 01:20
01/12 05:27
01/12 09:34
01/12 13:41
Date Time (2010)

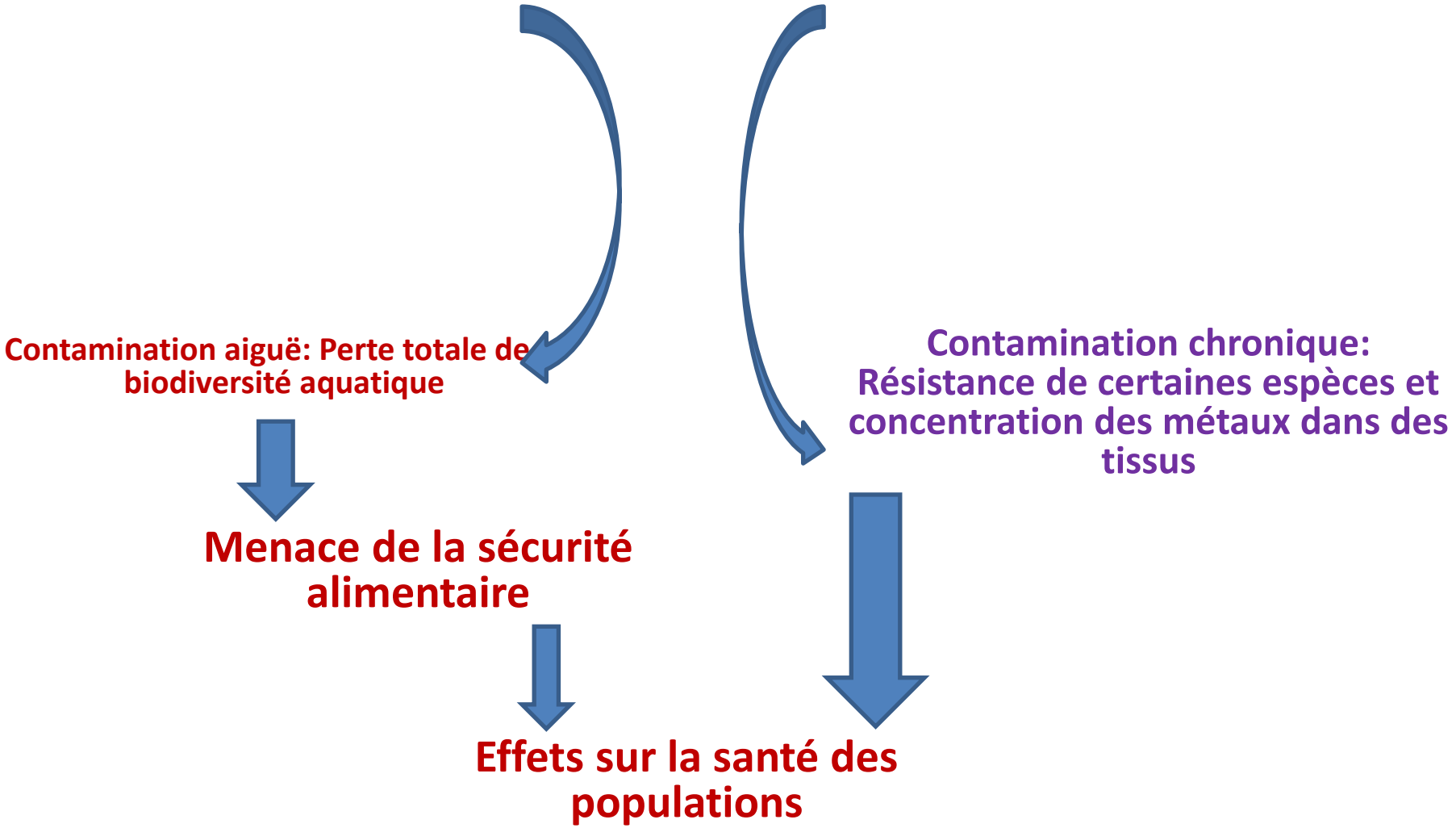
La gestion des rejets industriels au Katanga

- **Processus d'extraction des métaux:**



Impacts sur l'environnement et la santé

Effluents dans les cours d'eau



Water pollution

Likasi 2006

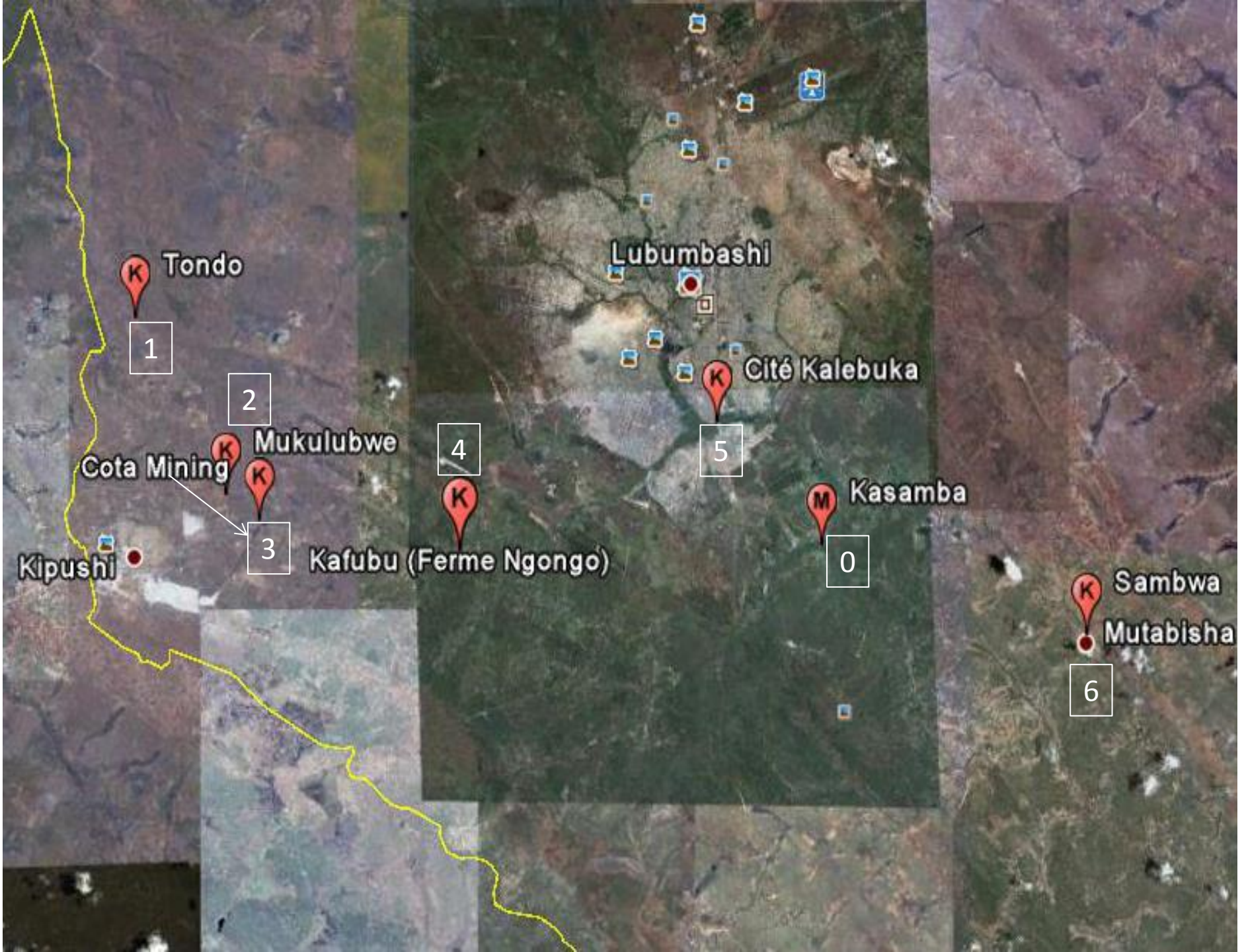
Impacts sur l'environnement et la santé

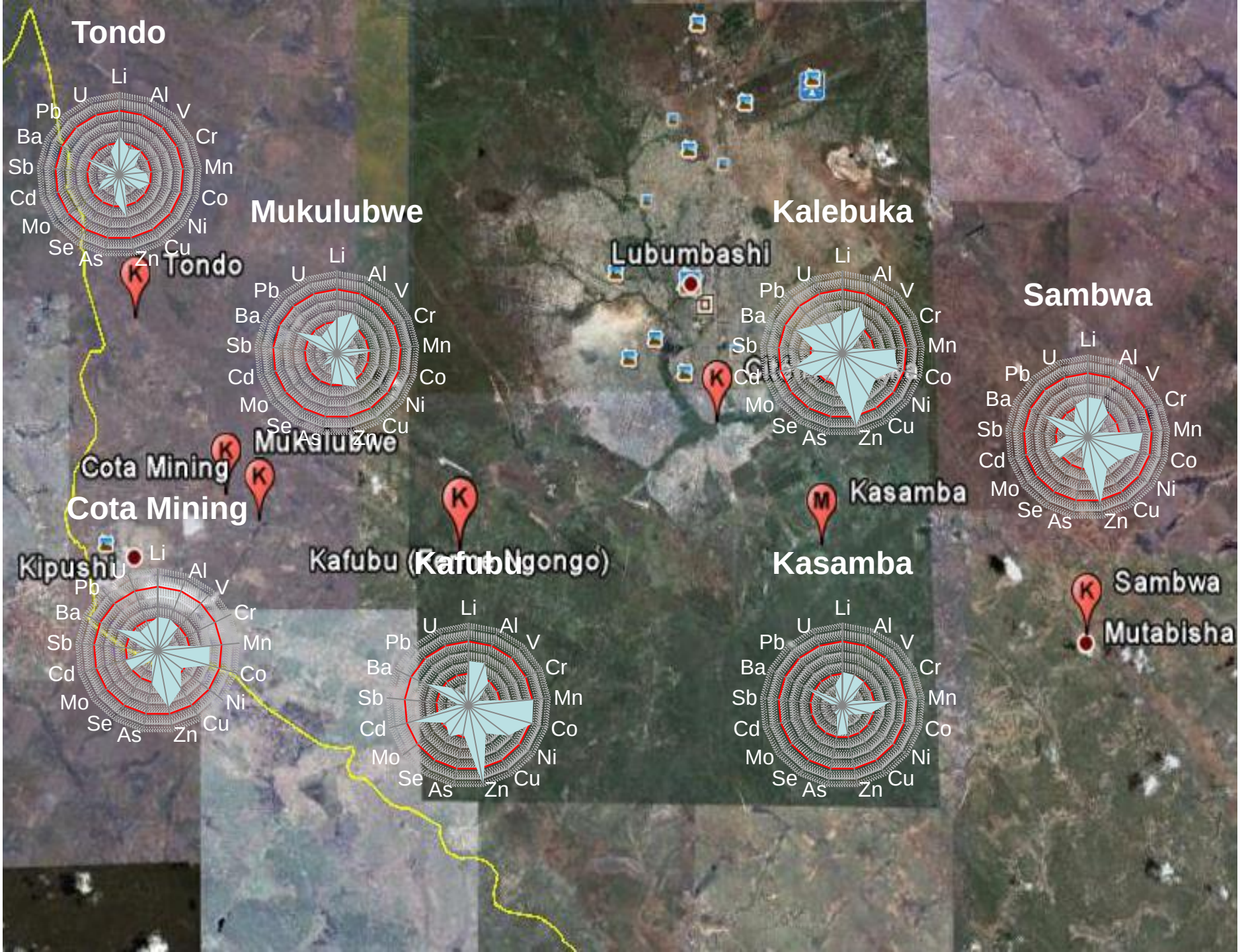
Les désastres écologiques au Katanga

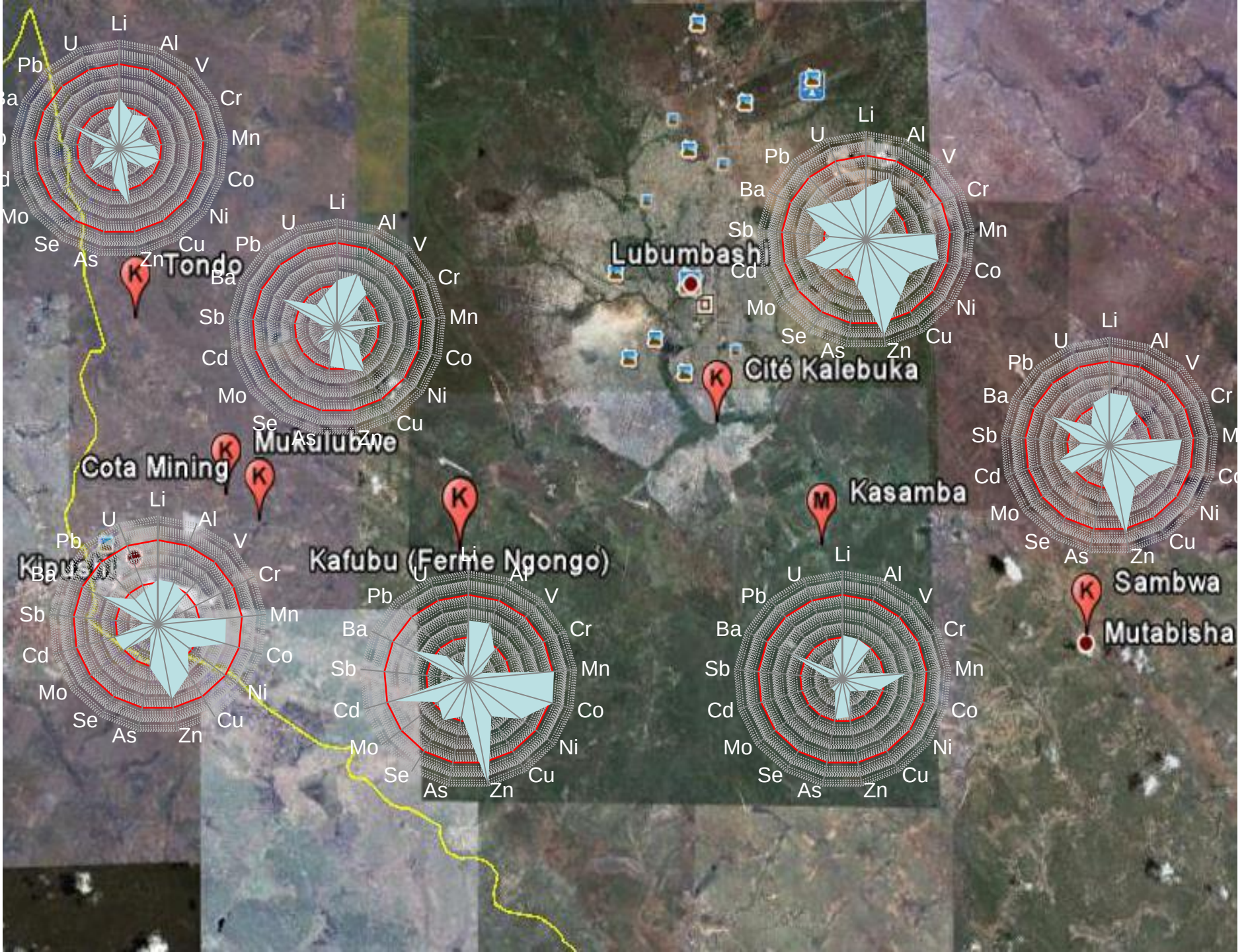
- Fréquents au Katanga;
- Peu documentés

Désastres écologiques au Katanga

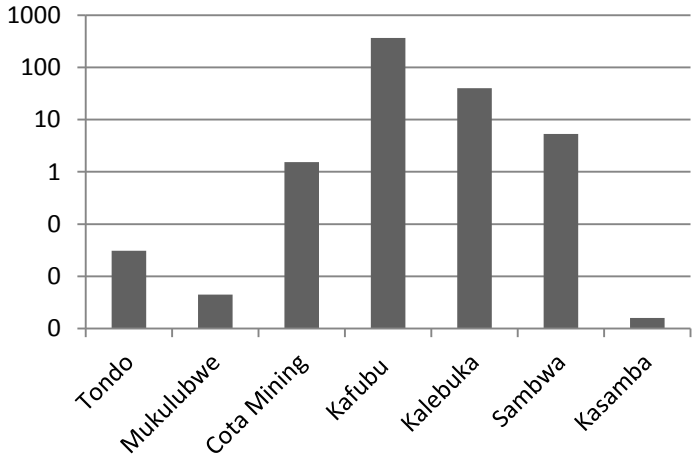
Désastre écologique d'avril 2011


Tondo
1
Lubumbashi
Cité Kalebuka
5
2
Mukulubwe
Cota Mining
4
3
Kafubu (Ferme Ngongo)
Kasamba
0
Kipushi
Sambwa
Mutabisha
6

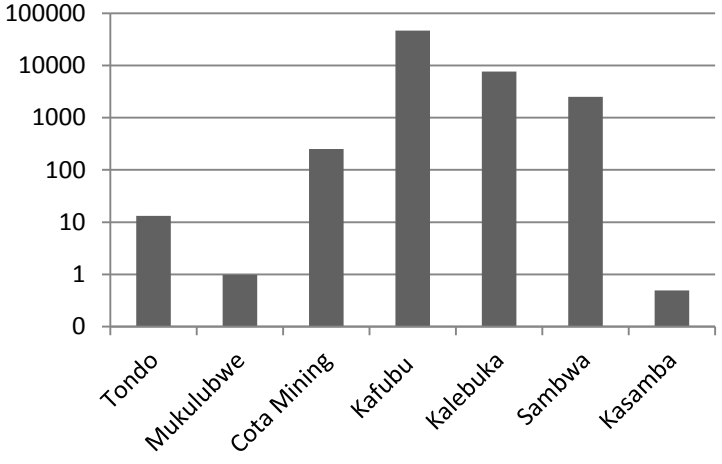

Tondo
Li
Al
V
Cr
Mn
Co
Ni
Cu
Zn
As
Se
Mo
Cd
Sb
Ba
Pb
U
Tondo
Mukulubwe
Mukulubwe
Lubumbashi
Kalebuka
Sambwa
Cota Mining
Cota Mining
Kipushi
Kafubu (Kafubu Ngongo)
Kafubu
Kasamba
Kasamba
Sambwa
Mutabisha


Li
U
Al
Pb
V
Cr
Ba
Mn
Sb
Co
Cd
Ni
Mo
Se
Cu
As
Zn
Tondo
Lubumbashi
Cité Kalebuka
Mukulubwe
Cota Mining
Kafubu (Fernie Ngongo)
Kasamba
Sambwa
Mutabisha

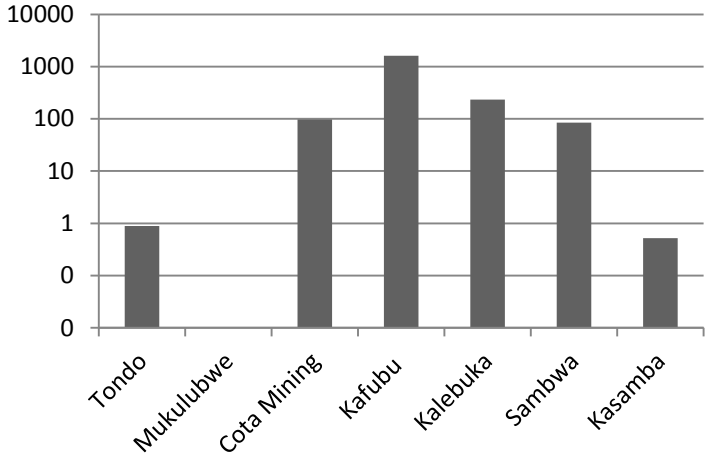
Cd (µg/L)



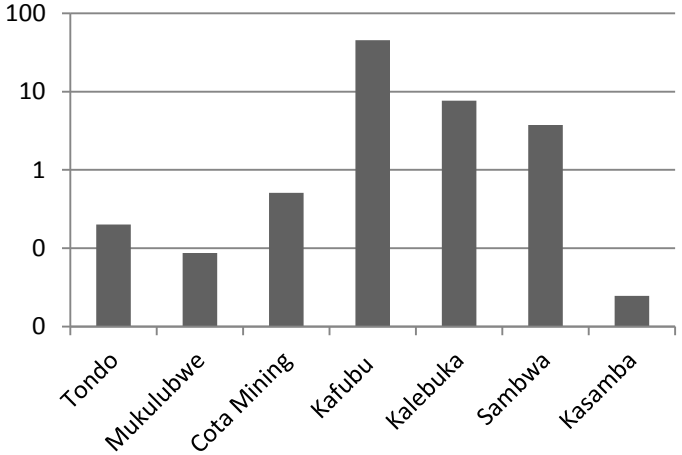
Zn (µg/L)

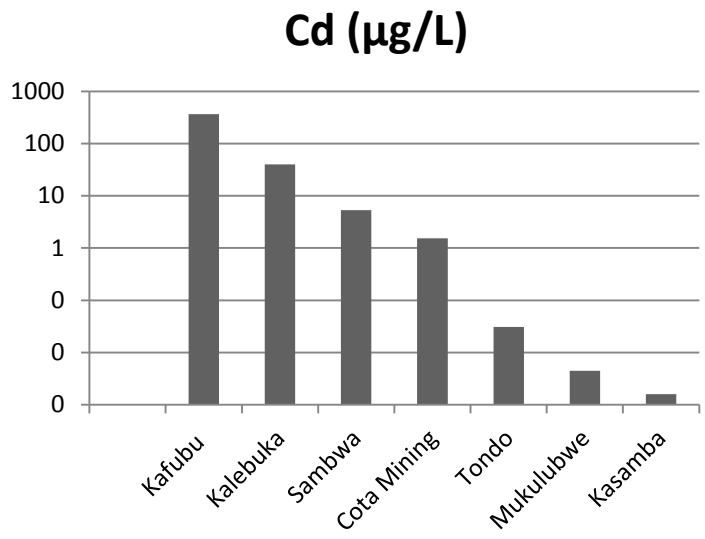


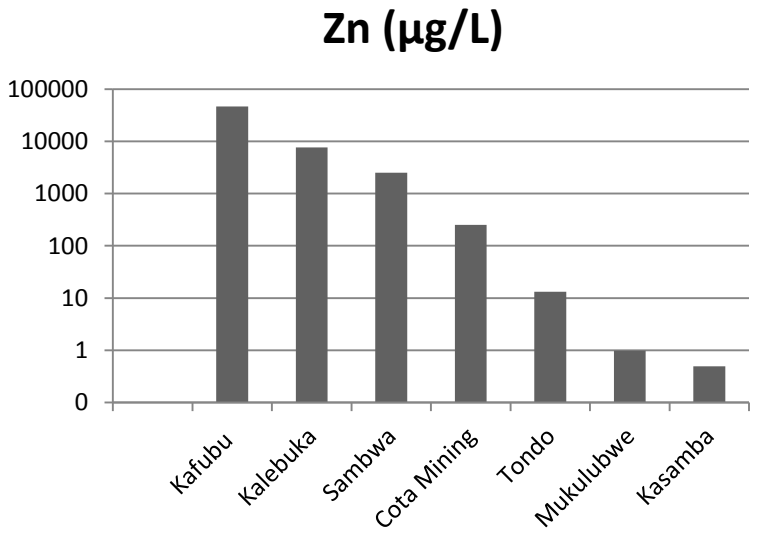
Co (µg/L)

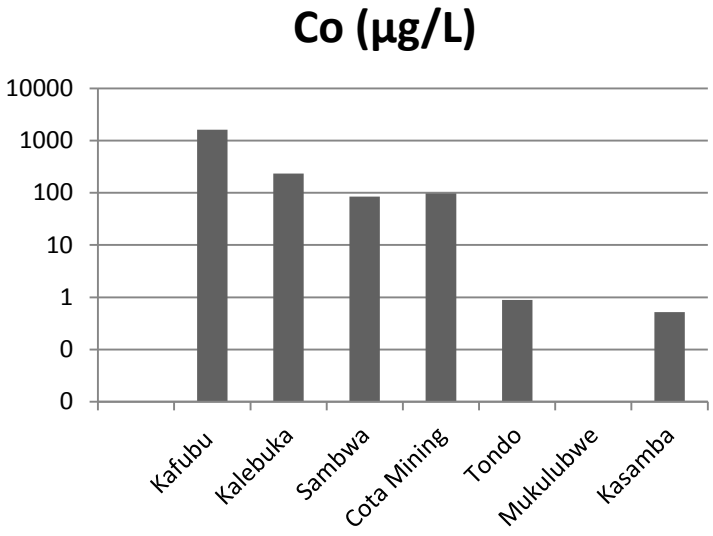


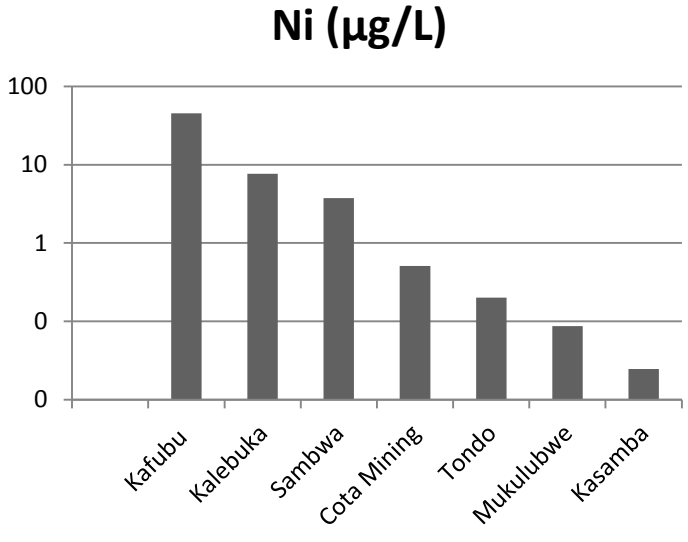
Ni (µg/L)

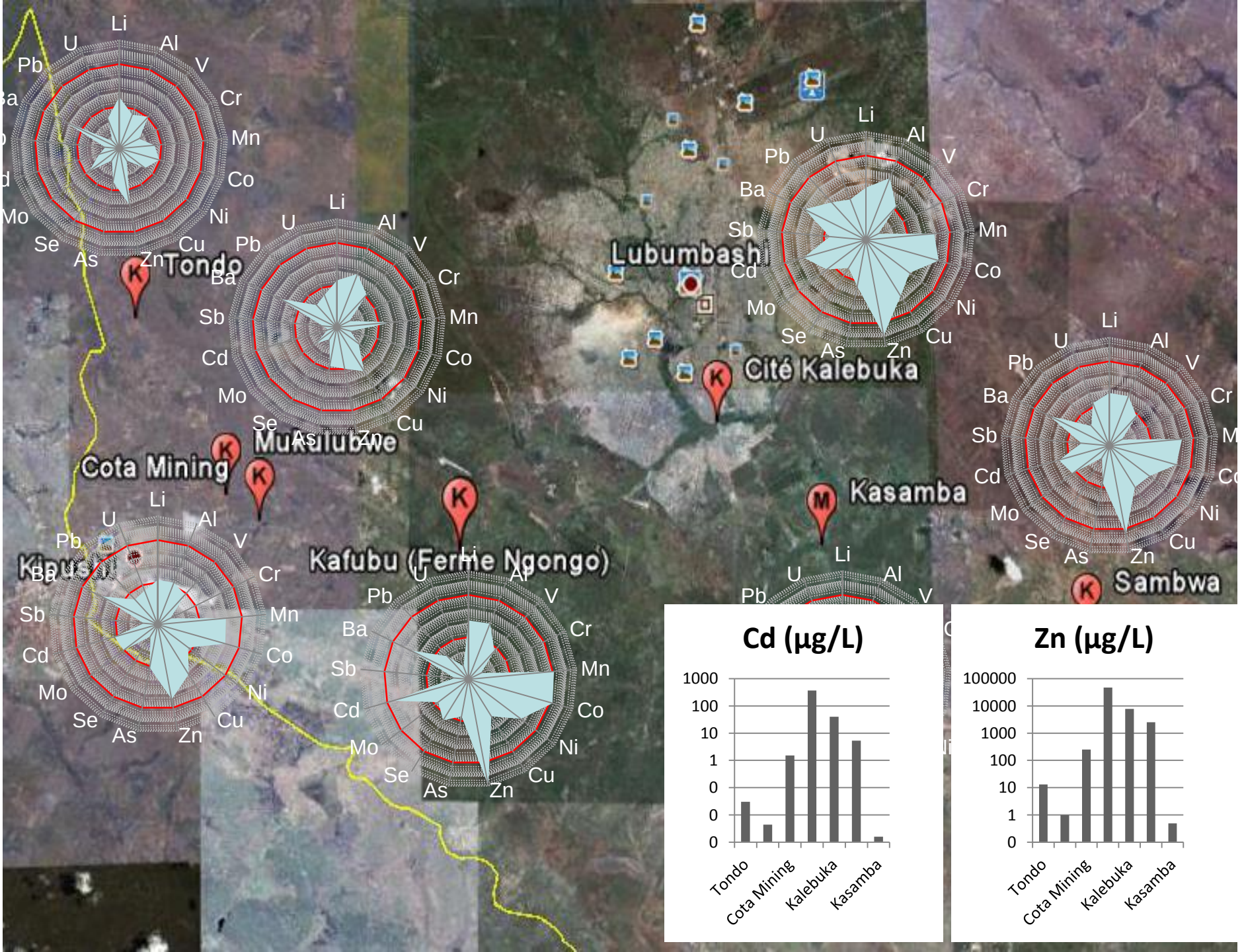



Cd (µg/L)
1000
100
10
1
0
0
0
Kafubu
Kalebuka
Sambwa
Cota Mining
Tondo
Mukulubwe
Kasamba


Zn (µg/L)
100000
10000
1000
100
10
1
0
Kafubu
Kalebuka
Sambwa
Cota Mining
Tondo
Mukulubwe
Kasamba

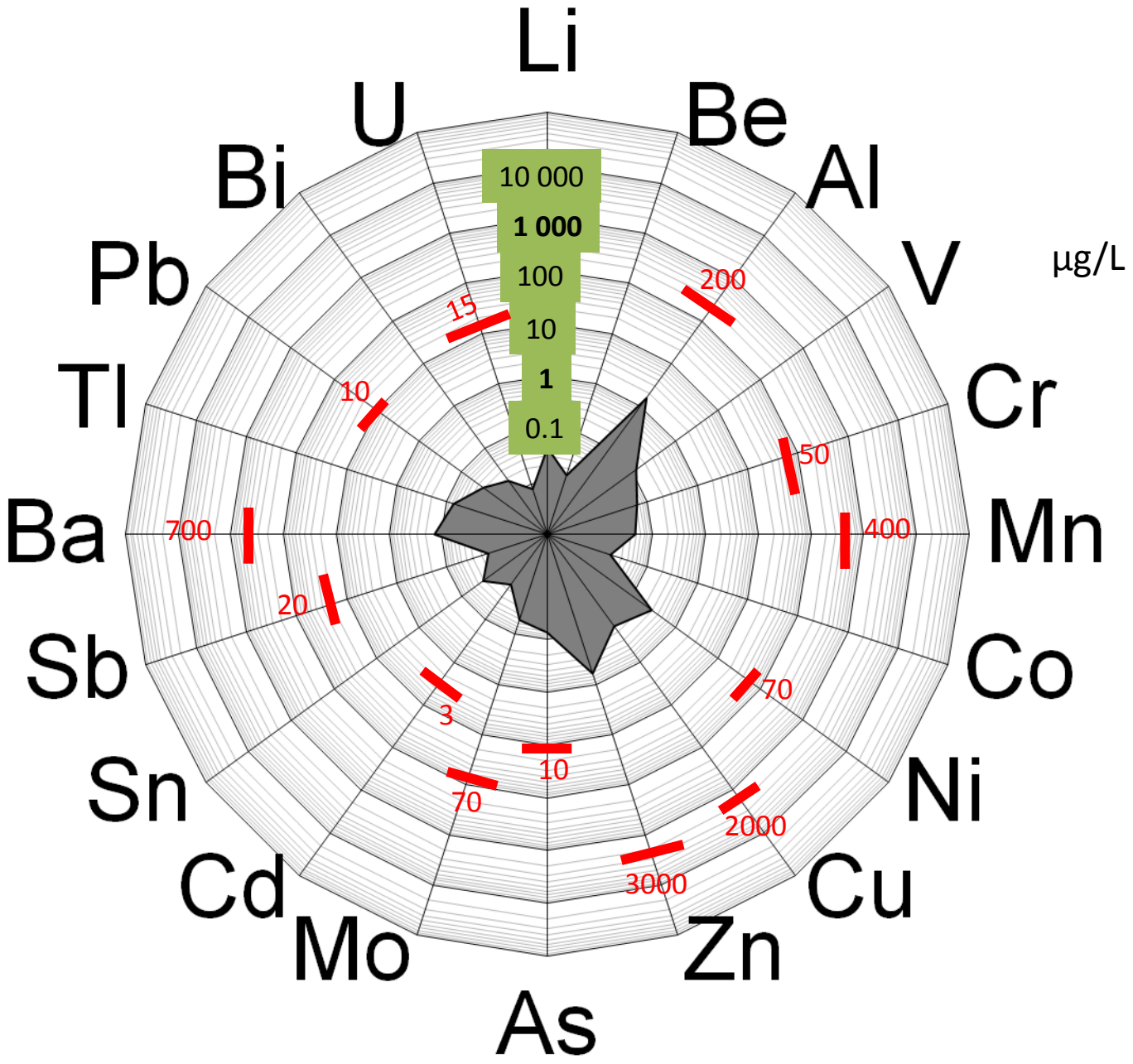

Co (µg/L)
10000
1000
100
10
1
0
0
Kafubu
Kalebuka
Sambwa
Cota Mining
Tondo
Mukulubwe
Kasamba


Ni (µg/L)
100
10
1
0
0
Kafubu
Kalebuka
Sambwa
Cota Mining
Tondo
Mukulubwe
Kasamba

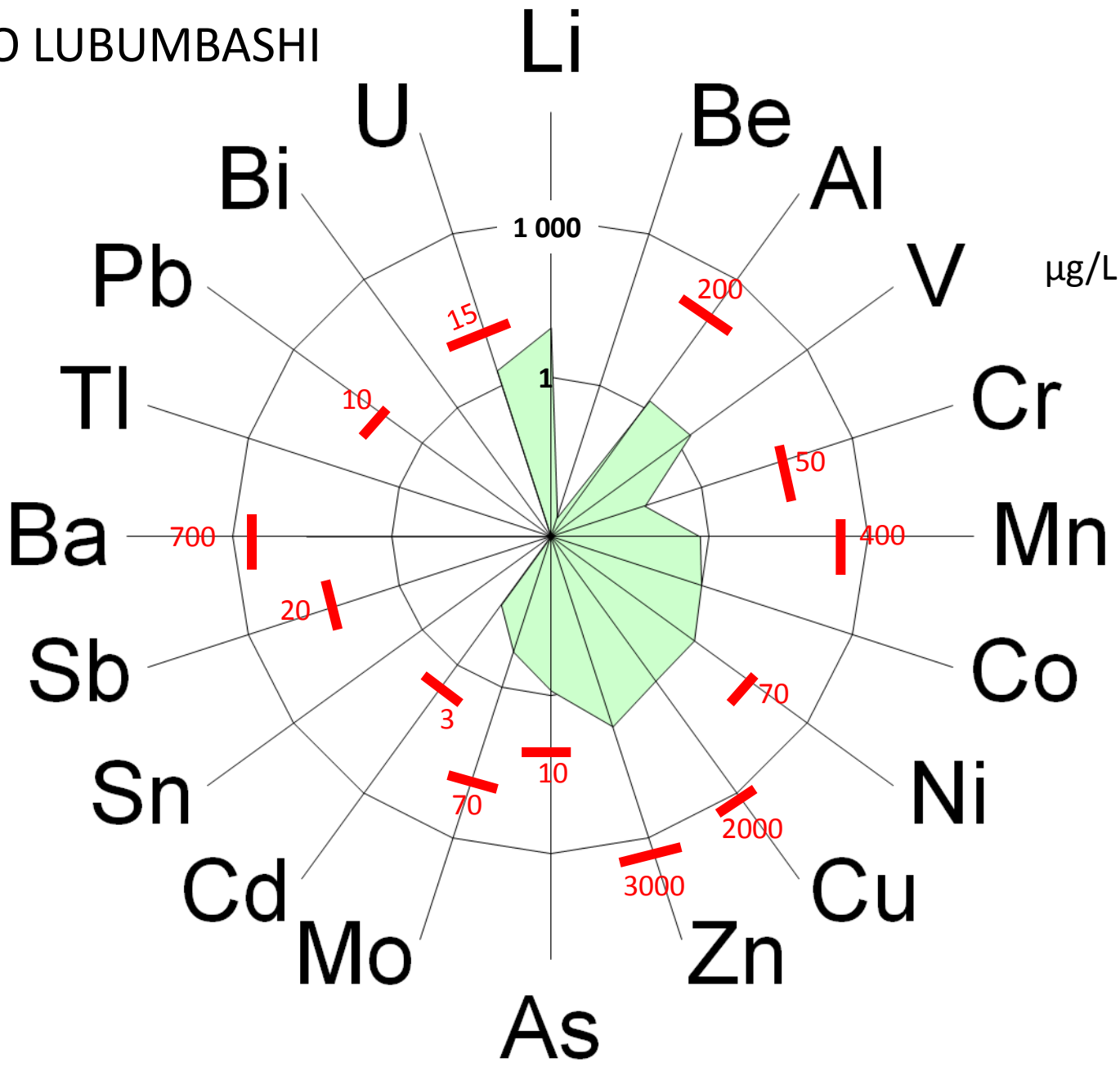

Li
U
Al
Pb
V
Cr
Ba
Mn
Sb
Co
Cd
Ni
Mo
Se
Cu
As
Zn
Tondo
Mukulubwe
Lubumbashi
Cité Kalebuka
Cota Mining
Kasamba
Kafubu (Fernie Ngongo)
Sambwa
Cd (µg/L)
1000
100
10
1
0
0
0
Tondo
Cota Mining
Kalebuka
Kasamba
Zn (µg/L)
100000
10000
1000
100
10
1
0
Tondo
Cota Mining
Kalebuka
Kasamba

WHO guideline values in drinking water (µg/L)

LOD

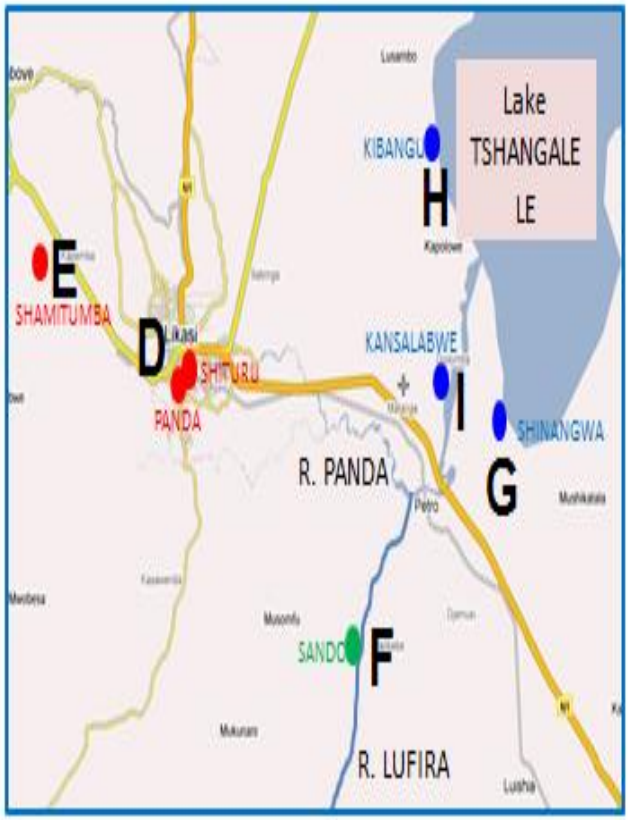


REGIDESO LUBUMBASHI



Mining au Katanga

Les impacts des activités minières sur l'environnement et la santé des populations



Science of the Total Environment 490 (2014) 313–321

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Pathways of human exposure to cobalt in Katanga, a mining area of the D.R. Congo

Karlien Cheyns [a,h], Célestin Banza Lubaba Nkulu [b], Léon Kabamba Ngombe [b,c], Jimmy Ngoy Asosa [b], Vincent Haufroid [d], Thierry De Putter [e], Tim Nawrot [f,g], Célestin Muleka Kimpanga [c], Oscar Luboya Numbi [b], Benjamin Kabyla Ilunga [b], Benoit Nemery [f], Erik Smolders [h]

Objectifs et conception de l'étude

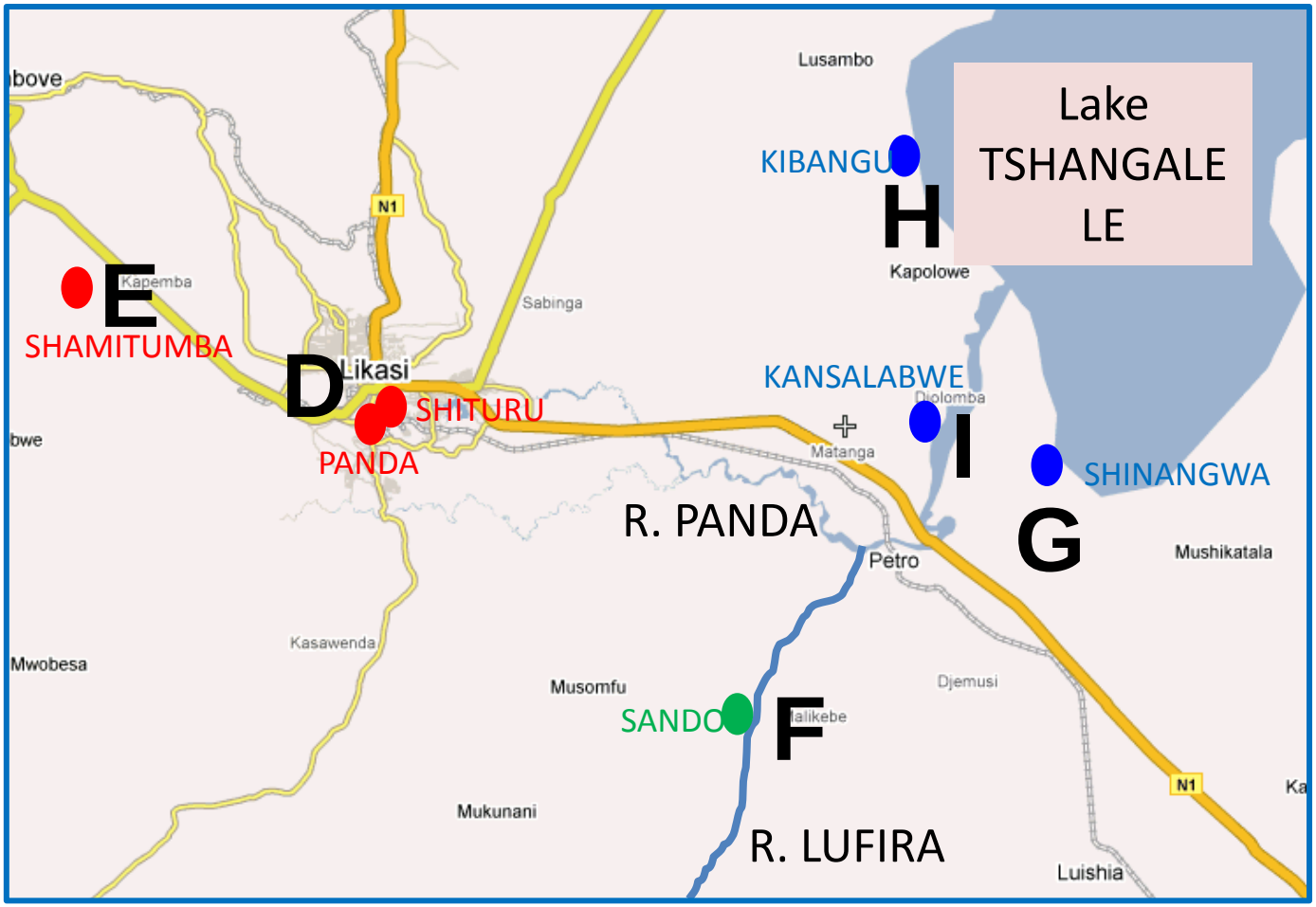
Objectifs

Identifier les voies d'exposition au dans la population générale (Ex: eau, poussières, aliments (céréales, végétaux, poissons, …).

Conception de l'étude

Echantillons d'urines (n=253), aliments (n=394), sols & poussières (n=85) anamnèse nutritionnelle (n=29)

Approche des menages (n=29) dans des localités (n=11) regroupées en 3 zones: polluées, au bord du lac et zone-témoin.


Lusambo
Lake
TSHANGALE
LE
KIBANGU
H
Kapolowe
N1
E
Kapemba
SHAMITUMBA
Sabinga
D
Likasi
SHITURU
PANDA
KANSALABWE
Dipolomba
Matanga
I
SHINANGWA
G
R. PANDA
Petro
Mushikatala
Kasawenda
Mwobesa
Musomfu
Djemusi
SANDO
F
Mukunani
R. LUFIRA
N1
Luishia

Estimation de l'apport alimentaire de Co

- Apport alimentaire basée sur:
  - Anamnèse nutritionnelle (moyennes des données);
  - concentrations du Co dans des échantillons récoltés;
- Consommation des pousières basées sur:
  - Estimation à partir de la littérature (valeurs par défaut de la littérature);
  - concentrations du Co dans les poussières intérieures et extérieures.

Food contamination

Lubumbashi – Tshamilemba 200

Vegetables
Lubumbashi – Tshamilemba 2009

KIBANGU

KANSALABWE

SHINANGWA

Google

Fish

Shinangwa 2009

Dust

Shinangwa 2009

Average Co concentrations (µg/g dry wt)

	Control + Lakeside areas		Polluted areas
Maize flour	0.05 (0.05) n=12	x8	0.4 (0.5) n=14
Cassava leaves	1.5 (2.3) n=8	x8	12 (8.1) n=16
Sweet potato leaves	1.1 (0.98) n=9	x6	6.7 (4.2) n=32
Other leafy vegetables	1.2 (1.6) n=54	x30	46 (73) n=52
Fruit vegetables	0.58 (0.55) n=19	x20	12 (10) n=14
Beans	0.84 (1.35) n=15	x25	22 (32) n=11
Fruit	0.58 (0.52) n=3		-
Other vegetables	0.45 (0.49) n=16	x10	4.7 (4.8) n=15

Average Co concentrations (µg/g dry wt)

	Control + Lakeside area		Polluted area
Meat (muscle)	0.38 (0.23) n=4		-
Meat (liver)	0.59 n=1		-
Meat (kidney)	0.11 n=1		-
Drinking water (µg/L)	<0.001 n=4	x10	0.012 (0.007) n=5
Indoor dust	11 (12) n=26	x40	440 (600) n=33
Outdoor dust	11 (14) n=26	x25	290 (360) n=33
Soil	20 (11) n=5	x6	132 (185) n=21
Fish	0.34 (0.61) n=44	x20	6.2 (12) n=54	-

Estimation de l'apport de Co

- Apport alimentaire basé sur:
  - Anamnèse nutritionnelle (moyennes des données);
  - concentrations du Co dans des échantillons récoltés.
- Apport des poussières basées sur:
  - concentrations du Co dans des poussières intérieures et extérieures;
  - Valeurs par défaut (EPA "Environmental Protection Agency" 50-100 mg poussières/jour) x 2

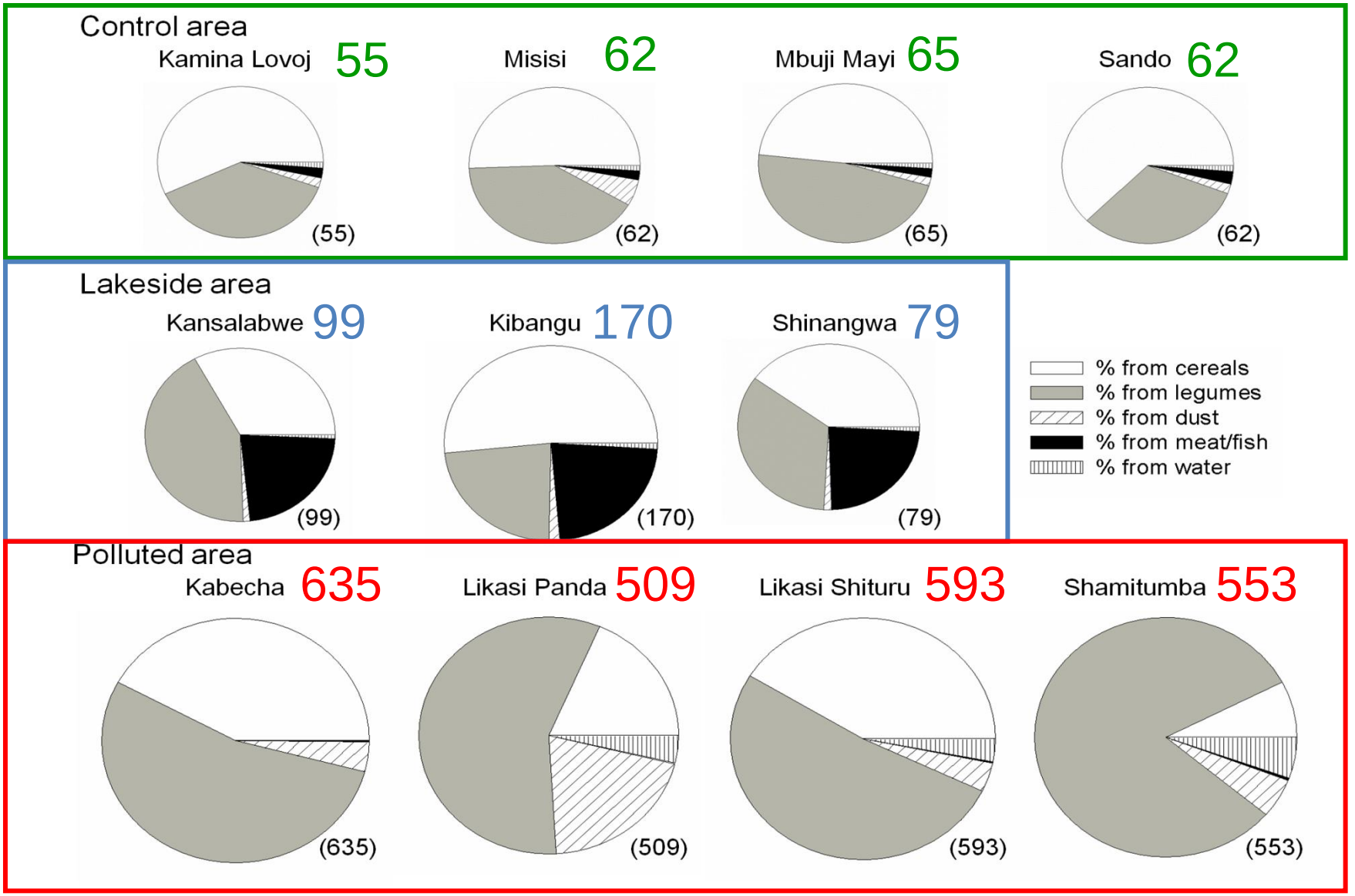
Consommation estimée (ou supposée*)

Basée sur une anamnèse nutritionnelle (29 ménages)

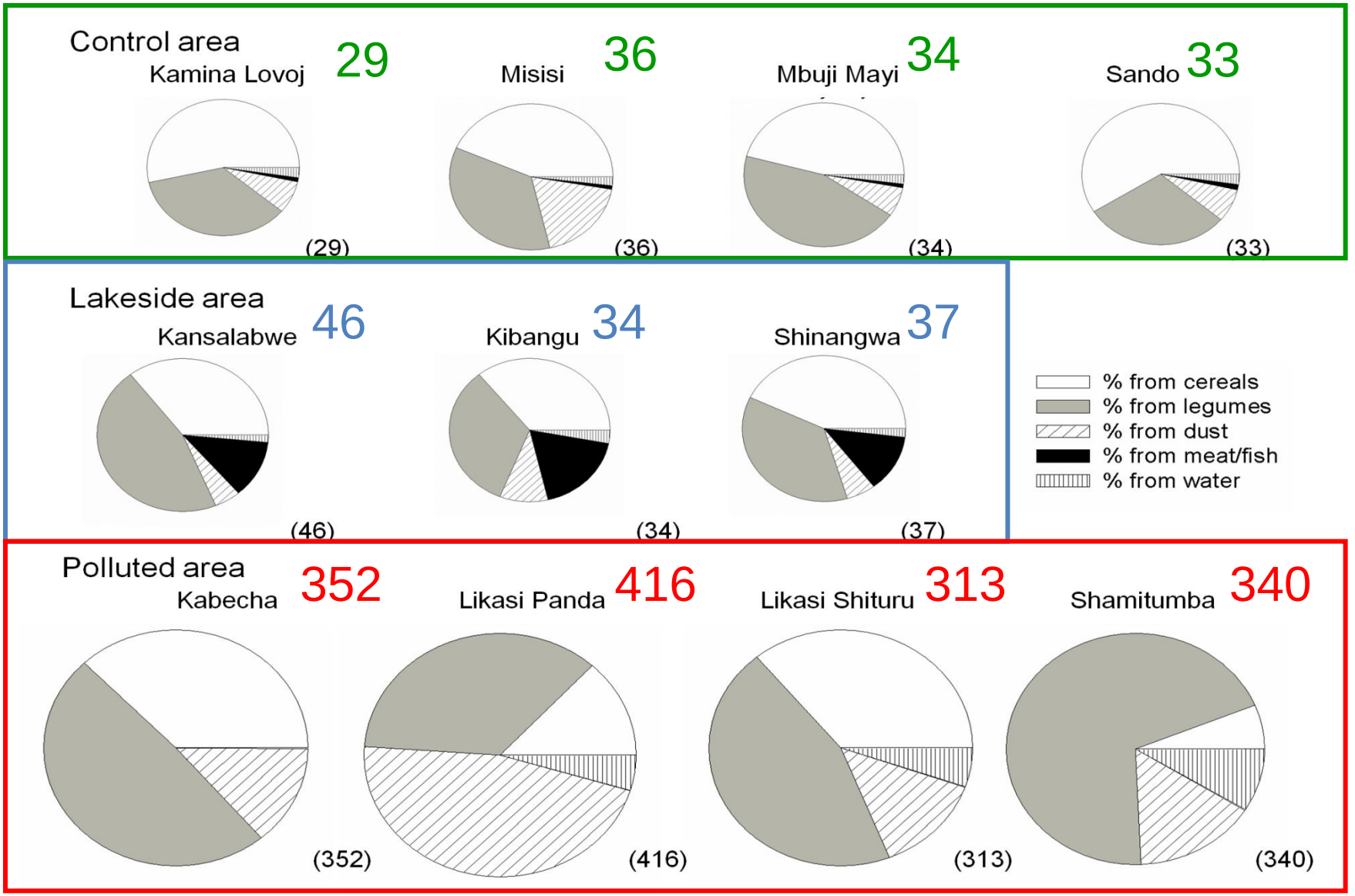
ADULTS	control area n=5	lakeside area n=9	polluted area n=15
cereals (g/day)	610 (50)	620 (26)	610 (47)
vegetables (g/day)	25 (11)	28 (14)	23 (17)
fish (g/day)	4.1 (1.0)	3.1 (0.8)	2.5 (1.6)
meat (g/day)	0.6 (11)	0.1 (0.2)	0.5 (0.5)
***water (mL/day)**	1500 (500)	1500 (500)	1500 (500)
***dust[$] (g/day)**	0.1 (0.05)	0.1 (0.05)	0.1 (0.05)

[$] children: 0.2 0.2 0.2

Apport estimé de Co (µg/day) – Adultes



Apport estimé de Co (µg/day) – Enfants



Conclusions

- Bonnes relations (peut-être pas parfait) entre l'apport estimé de Co et les concentrations urinaires de Co;
  - Biodisponibilité plus faible du Co dans la poussière?;
  - Estimation incorrecte de la quantité de poussière absorbée?
- Principales sources decontribution de Co:
  - Zones-témoins: ~90% farine de maïs + légumes;
  - Zones au bord du lac: ~25% poissons;
  - Zones polluées: légumes et poussières (poussières surtout chez les enfants).

Science of the Total Environment 490 (2014) 313–321

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Pathways of human exposure to cobalt in Katanga, a mining area of the D.R. Congo

Karlien Cheyns [a,h], Célestin Banza Lubaba Nkulu [b], Léon Kabamba Ngombe [b,c], Jimmy Ngoy Asosa [b], Vincent Haufroid [d], Thierry De Putter [e], Tim Nawrot [f,g], Célestin Muleka Kimpanga [c], Oscar Luboya Numbi [b], Benjamin Kabyla Ilunga [b], Benoit Nemery [f], Erik Smolders [h]

Dust
Shinangwa 2009

Dust

Dust

Les Mines artisanales dans des zones d'habitation

Développement du Secteur Minier Artisanal:

- ➢ Boom Minier.
- ❑ **Mines artisanales:**
- ➢ Des milliers de creuseurs:
  - Surface
  - Galeries souterraines.

⟶ Vente des produits aux industriels.

USGS
science for a changing world

2015 Minerals Yearbook

COBALT [ADVANCE RELEASE]

Congo (Kinshasa).—Congo (Kinshasa) was the world's leading producer of mined cobalt and was estimated to represent one-half of global production. Some of the country's cobalt mine production was from copper-cobalt ores mined by industrial or mechanized methods, and some was gathered by tens of thousands of artisanal miners by handpicking cobalt-rich ores. Spencer (2016b) identified a correlation between cobalt prices and the amount of cobalt mine production by artisanal methods and estimated that artisanal mines in Congo (Kinshasa) produced approximately 10,500 t of cobalt in 2015. Some of Congo (Kinshasa)'s ores and concentrates were exported, some were processed in Congo (Kinshasa) to intermediate materials (crude cobalt carbonate, crude cobalt hydroxide, or cobalt-bearing alloys, such as alliage blanc), and some were refined in Congo (Kinshasa) to cobalt metal. China was the leading destination for Congo (Kinshasa)'s cobalt exports. In December

Cobalt

U.S. Geological Survey. Mineral Commodities Summaries. Jan. 2017

World Mine Production and Reserves: Reserves for Australia, Canada, New Caledonia, the Philipp
Africa, the United States, and "Other countries" were revised based on company or Government repo

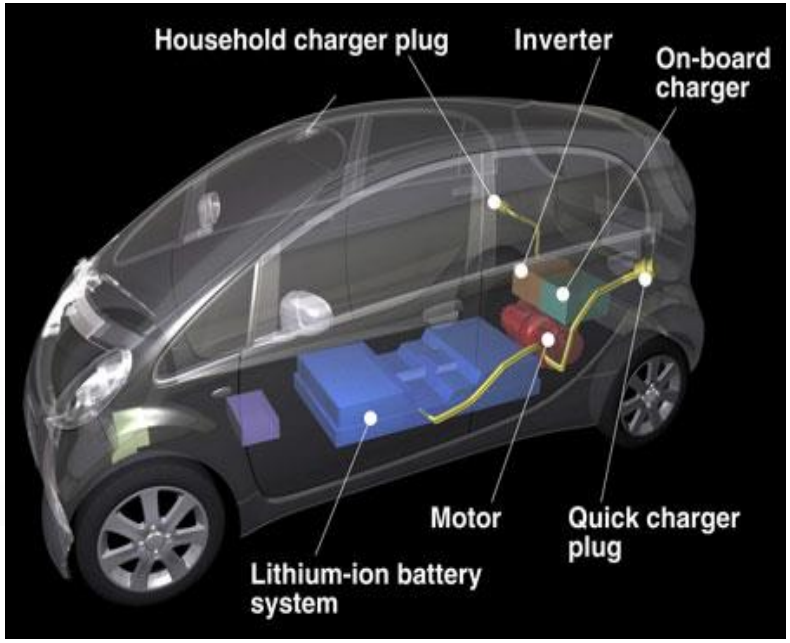
	Mine production		Reserves[7]
	2015	2016[e]	
United States	[e]760	690	21,000
Australia	6,000	5,100	[8]1,000,000
Canada	6,900	7,300	270,000
China	7,700	7,700	80,000
Congo (Kinshasa)	63,000	66,000	3,400,000
Cuba	4,300	4,200	500,000
Madagascar			30,000
New Caledonia[9]			64,000
Philippines	4,300	3,500	290,000
Russia	6,200	6,200	250,000
South Africa	3,000	3,000	29,000
Zambia	4,600	4,600	270,000
Other countries	11,600	8,300	690,000
World total (rounded)	126,000	123,000	7,000,000

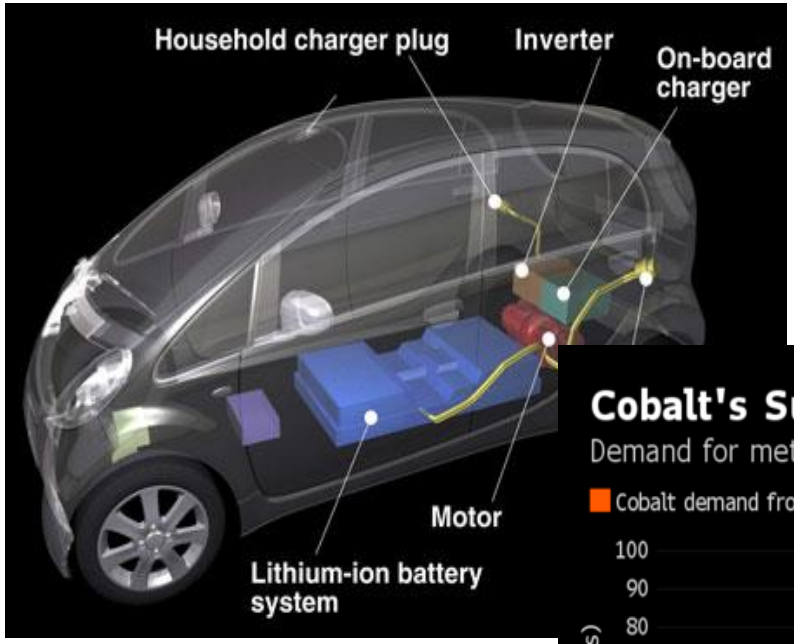
~ 10,500 tons (?) by artisanal mining

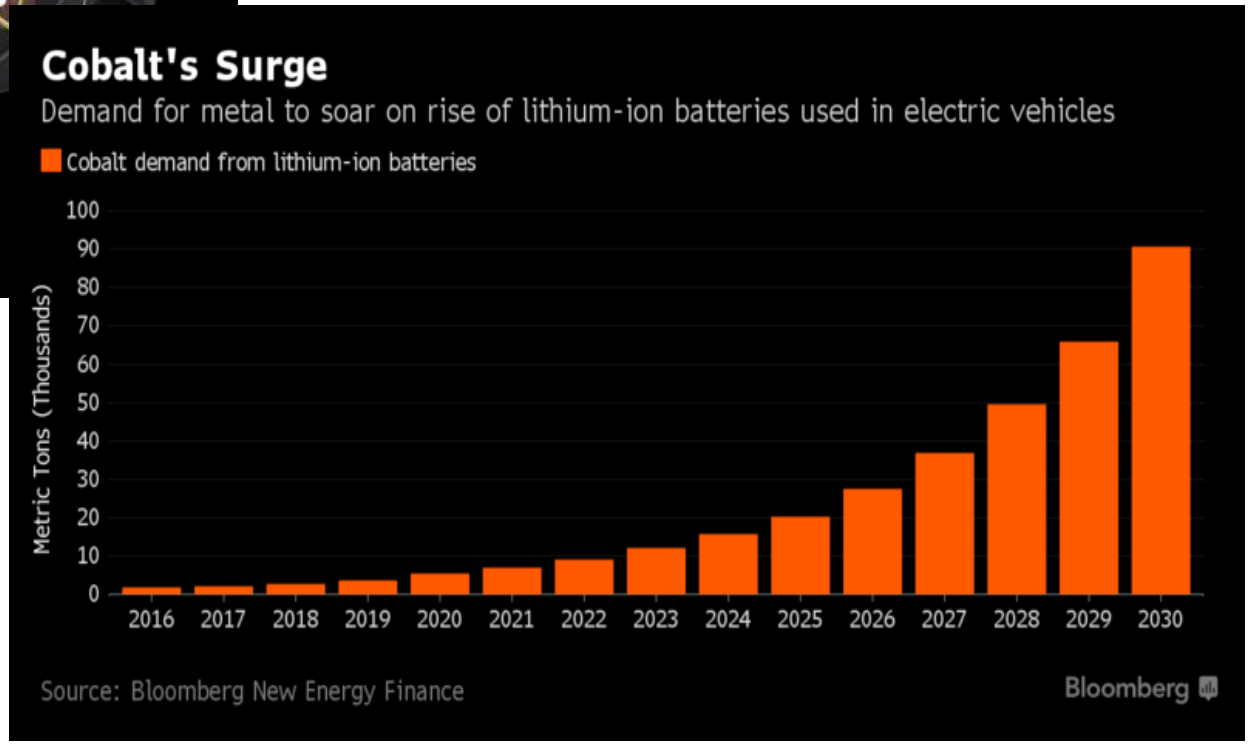
Cobalt

U.S. Geological Survey. Mineral Commodities Summaries. Jan. 2017

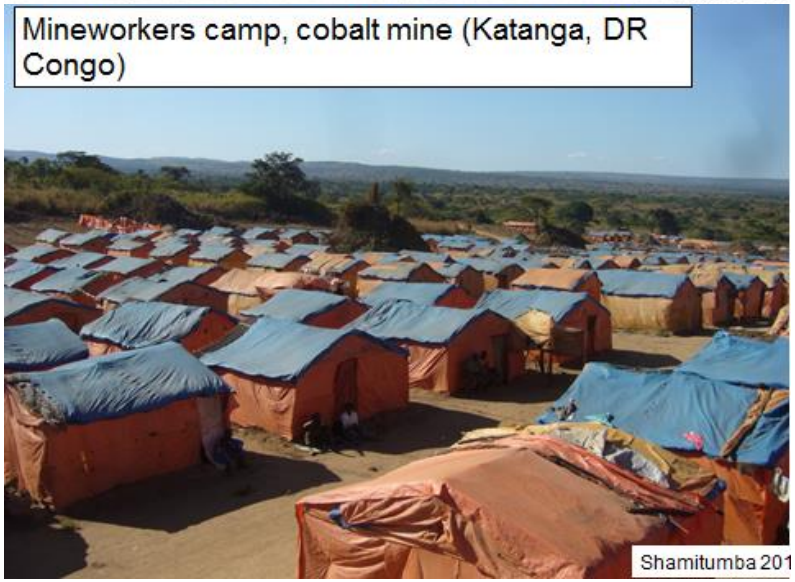
- ❑ Chine: - Premier Producteur Mondial de Cobalt raffiné;
- Principal fournisseur du Cobalt raffiné aux USA;
- Grande partie de son cobalt: importée des minerais de la R.D. Congo;
- Près de 80 % de son Cobalt: utilisés par son industrie des batteries rechargeables.




Household charger plug
Inverter
On-board charger
Motor
Lithium-ion battery system


Cobalt's Surge
Demand for metal to soar on rise of lithium-ion batteries used in electric vehicles
Cobalt demand from lithium-ion batteries
Metric Tons (Thousands)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
Source: Bloomberg New Energy Finance
Bloomberg

Mining au Katanga

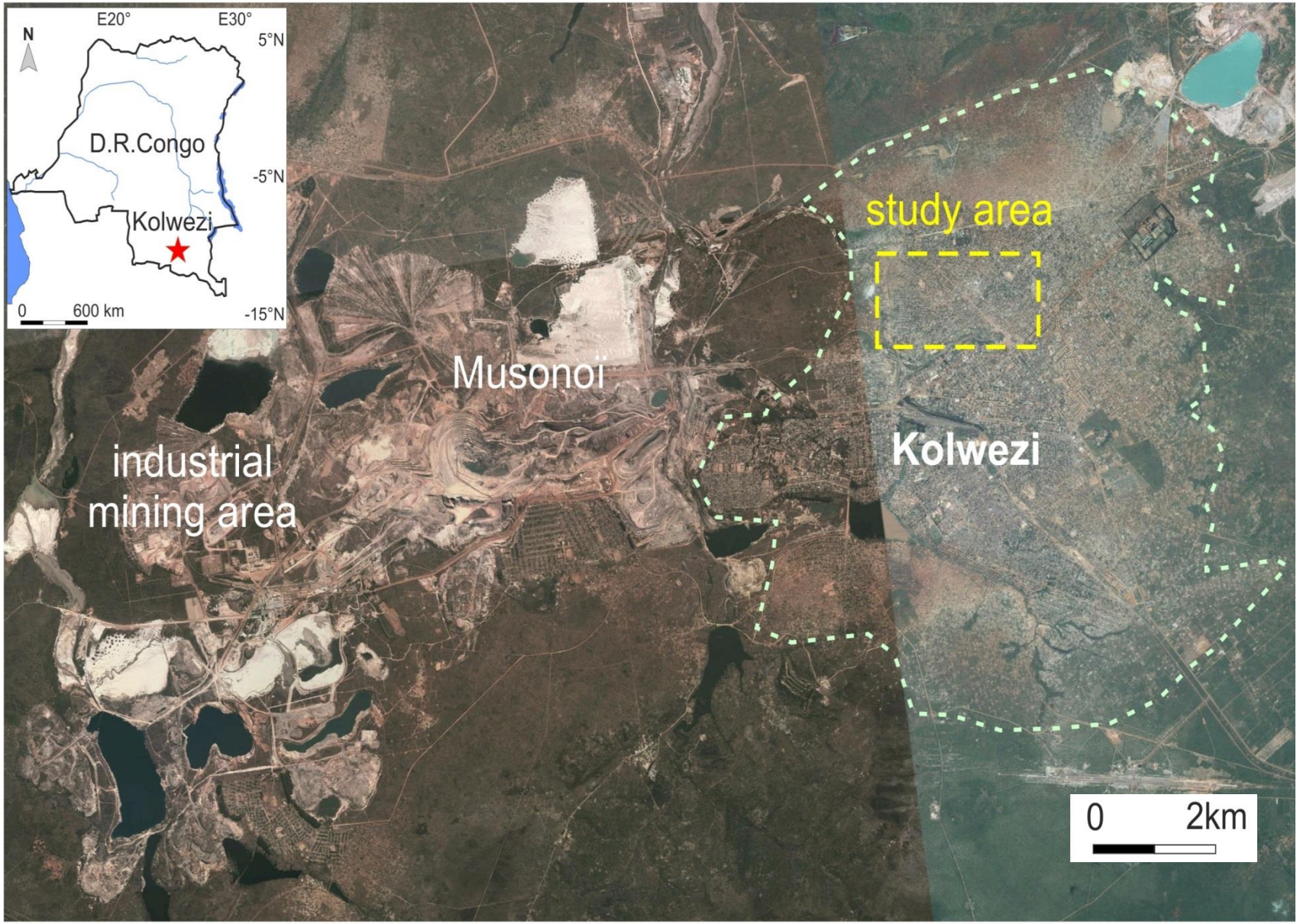


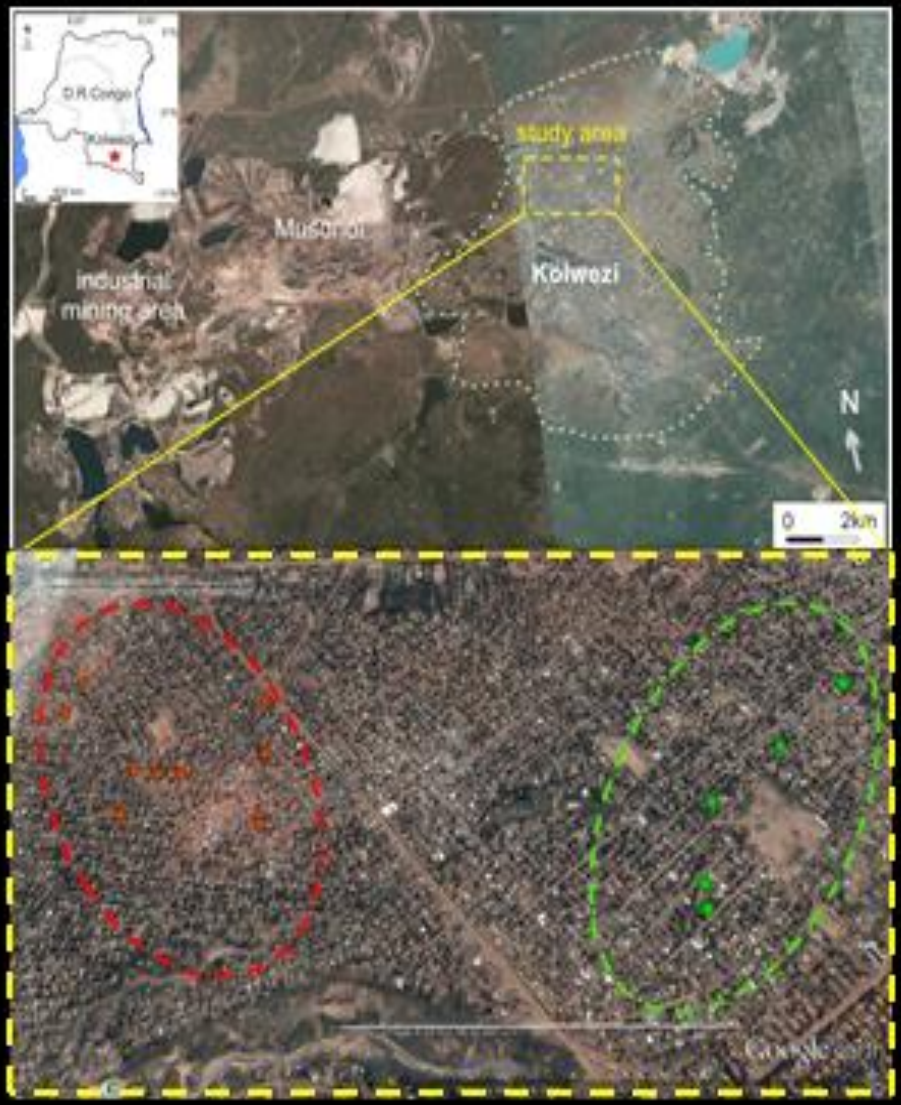
Développement du Secteur Minier Artisanal:

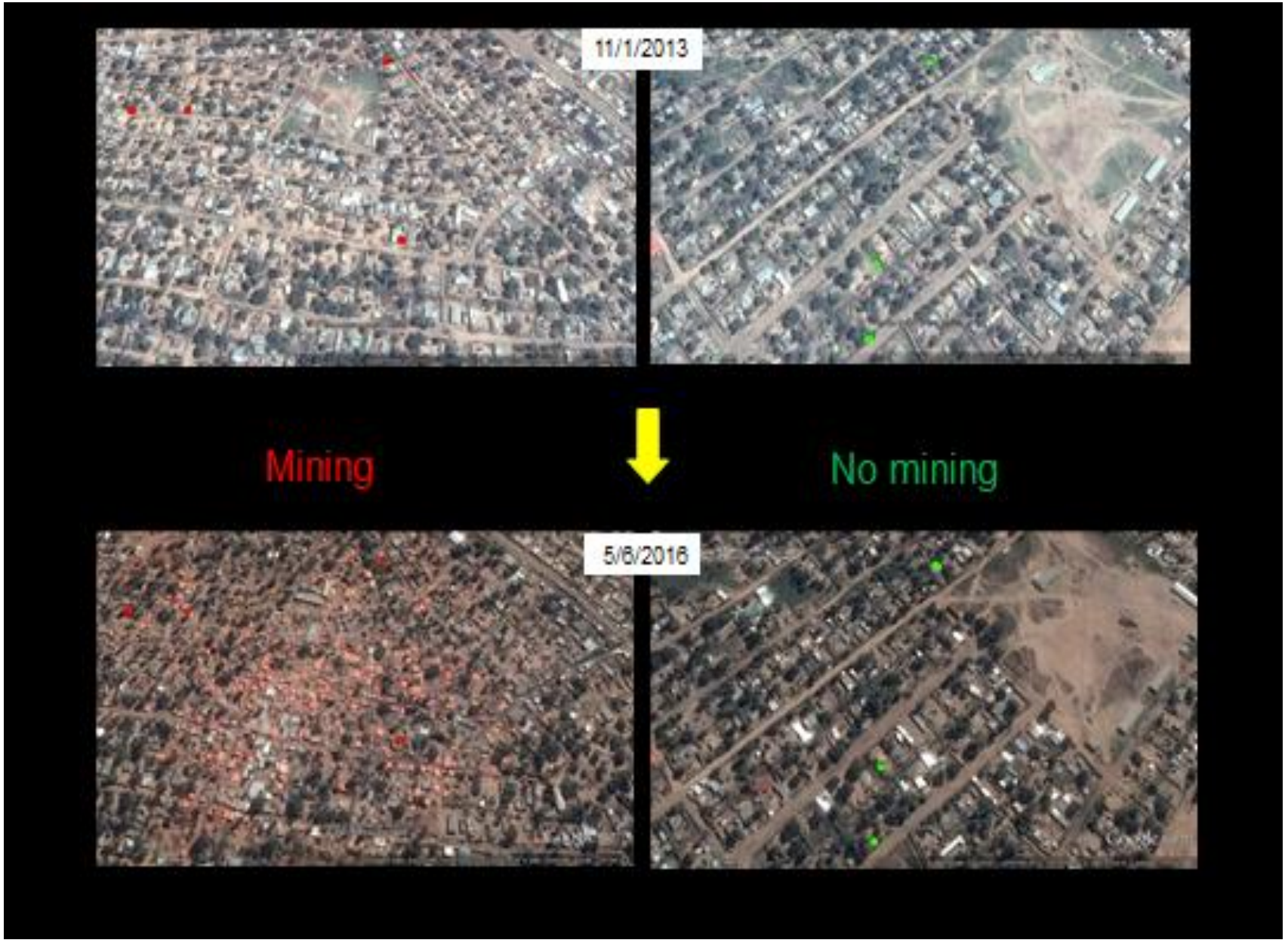
- Accroissement considérable du nombre de creuseurs artisanaux;
- Conditions de travail extrêmement dangereuse;
- Fréquents éboulements avec perte des vies humaines;
- Conditions de vie misérables: promiscuité, alcoolisme, toxicomanie, prostitution, VIH, …

Mining au Katanga

Quartier Kasulo: Une zone d'habitation transformées en mines artisanales en pleine ville de Kolwezi


E20°
E30°
N
5°N
D.R.Congo
-5°N
Kolwezi
0
600 km
-15°N
study area
Musonoï
industrial
mining area
Kolwezi
0
2km

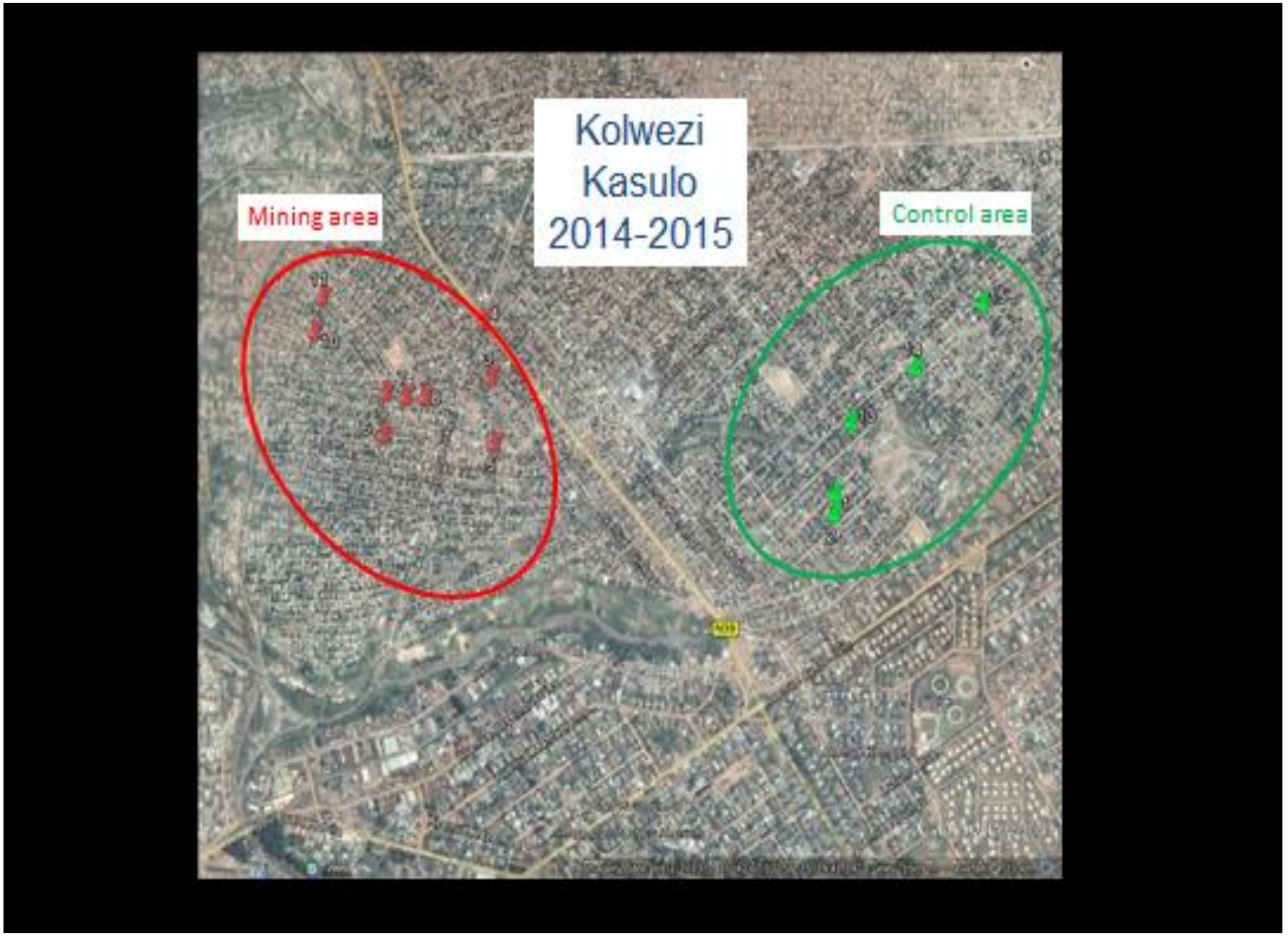

D.R.Congo
Kolwezi
study area
Musonoi
industrial
mining area
Kolwezi
N
0
2km

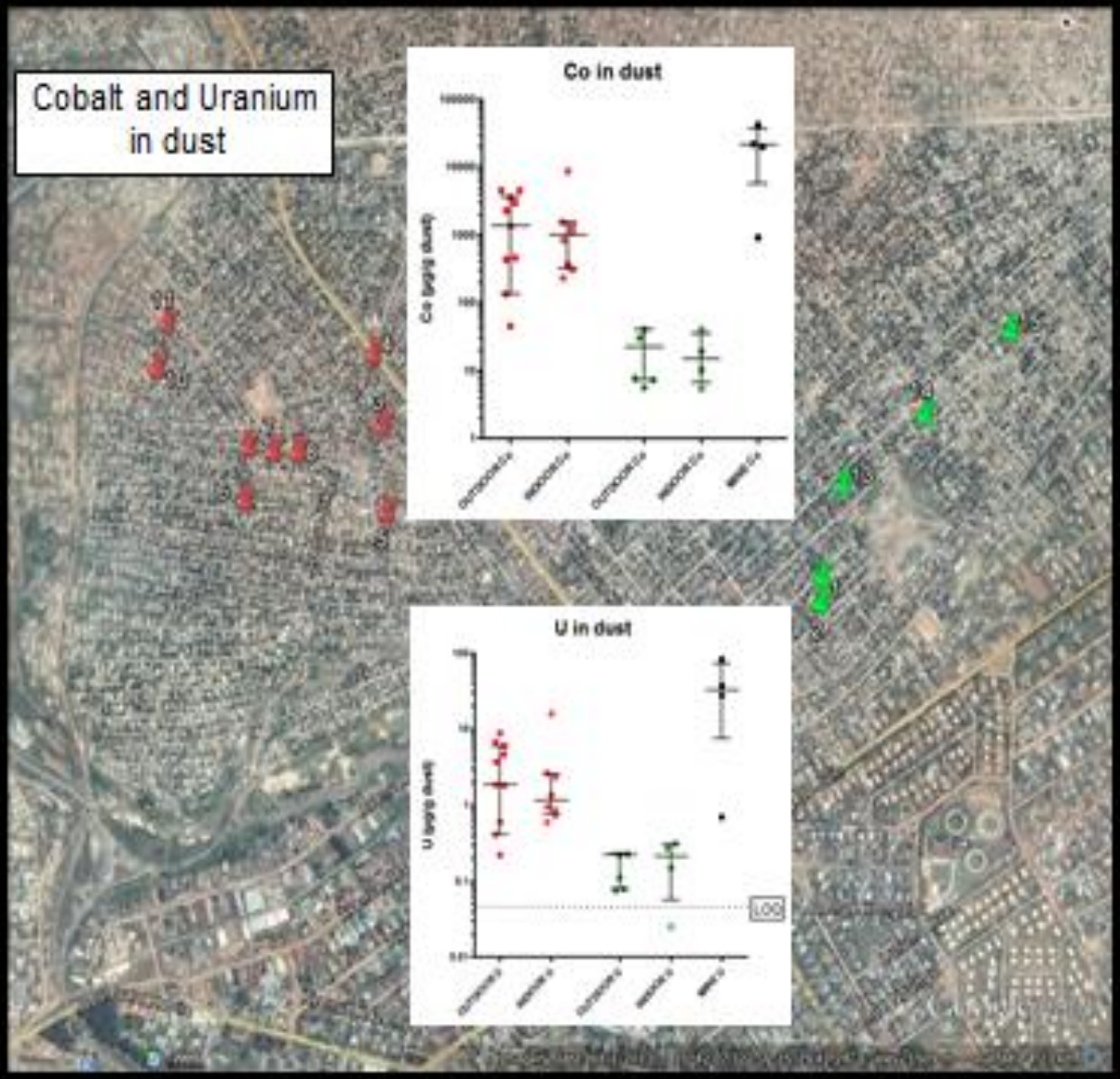

11/1/2013
Mining
No mining
5/6/2016

Mining au Katanga

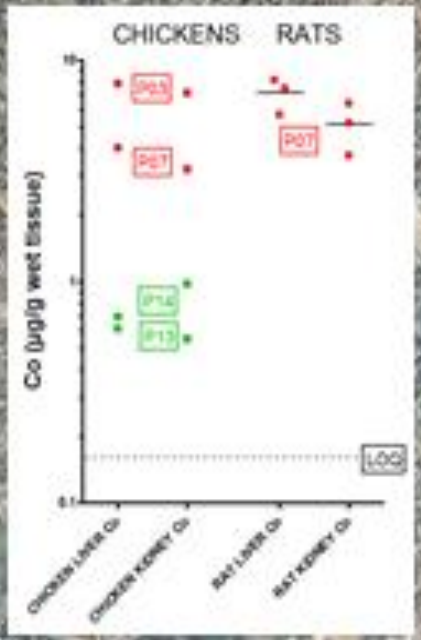
Mining au Katanga

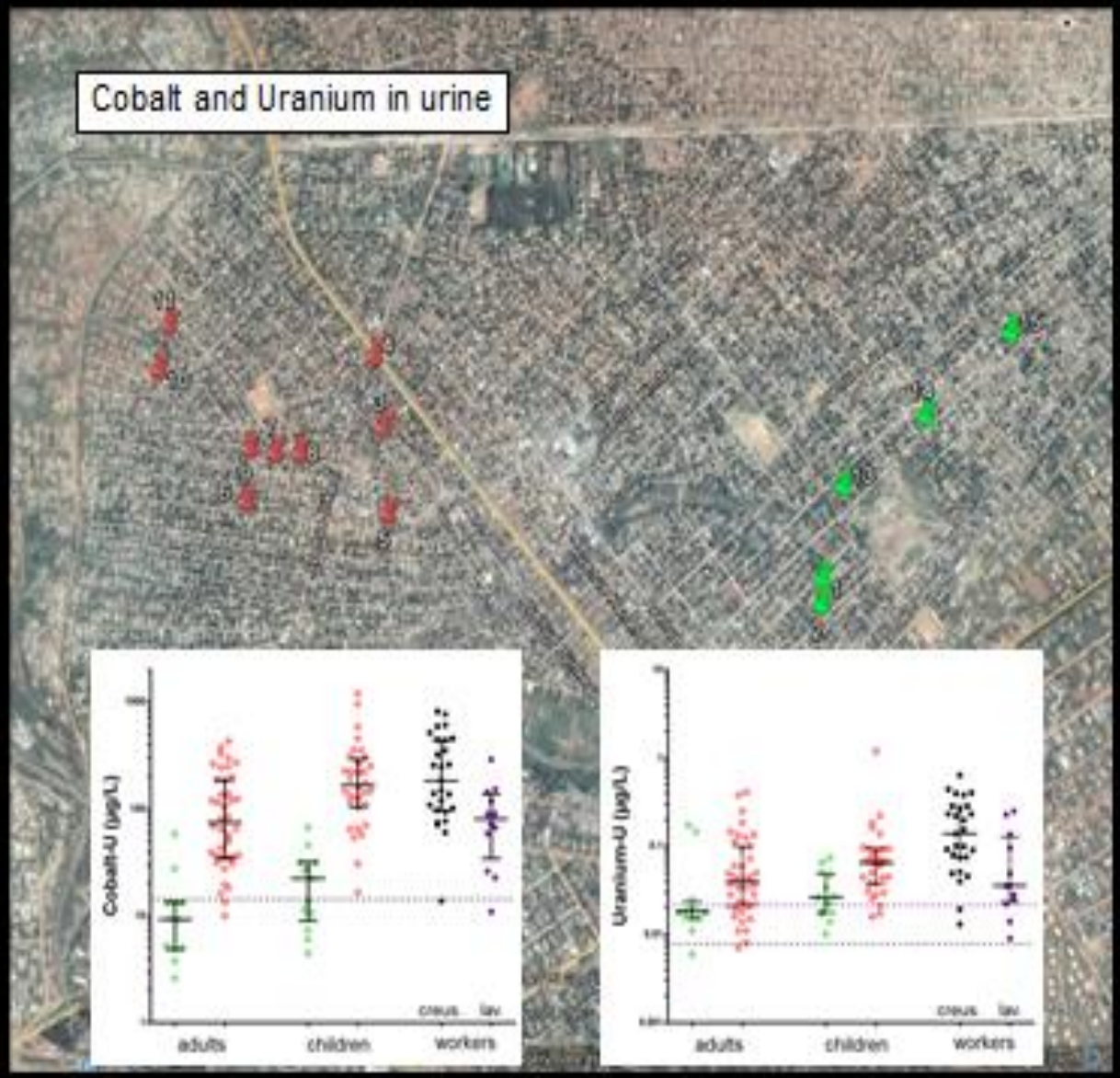
Kolwezi Nov 2014


Kolwezi
Kasulo
2014-2015
Mining area
Control area


Cobalt and Uranium in dust
Co in dust
U in dust
LOD

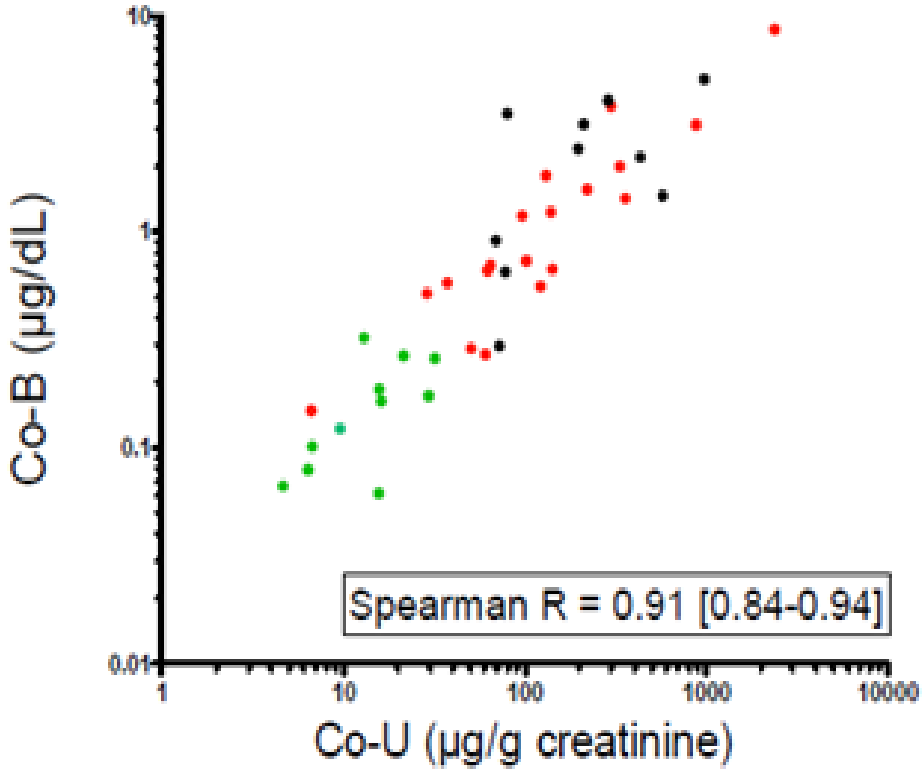
Cobalt in organs from animals




Cobalt and Uranium in urine
Cobalt-U (µg/L)
adults
children
workers
creus
lav
Uranium-U (µg/L)
adults
children
workers
creus
lav

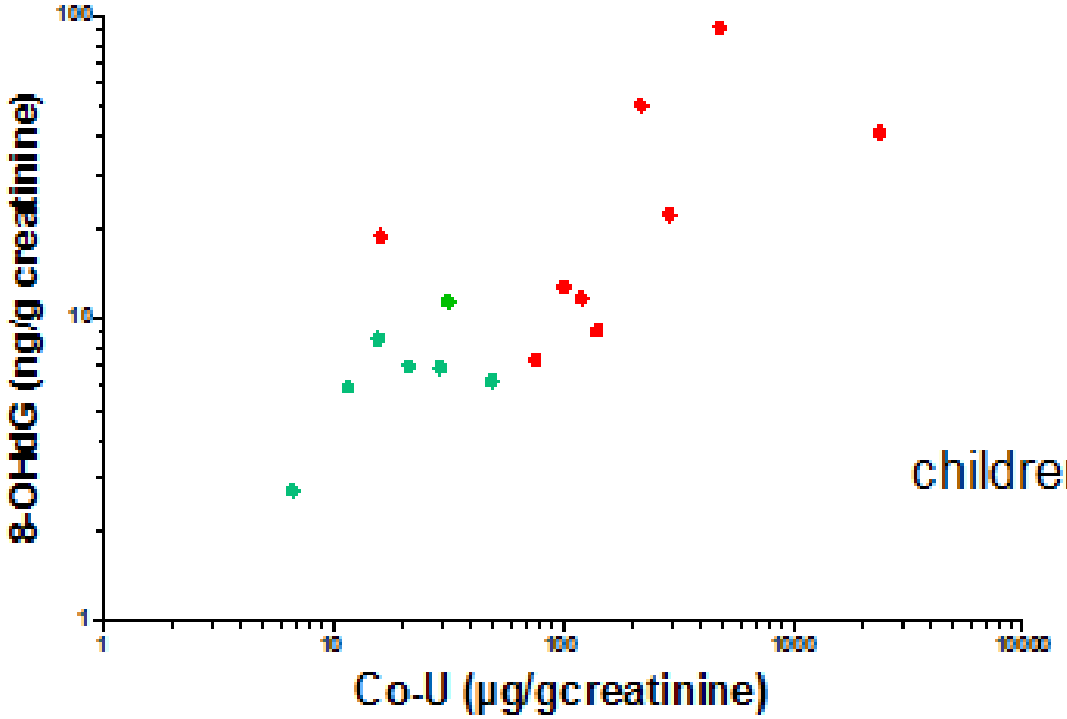
Contamination of urine by dirty hands and clothes?

Cobalt in blood vs urine



Kolwezi, 2015

8-Hydroxydeoxyguanosine (8OHdG)



Kolwezi, 2015

Nécessité de la biosurveillance (Biomonitoring)

- **Démontrer l'exposition:**
  - aux résidents et de leurs enfants;
  - aux creuseurs (travailleurs);
  - aux autorités face à leur responsabilité.
- **Quantifier le degré d'exposition**:
  - Comparé à quels standards (USA, EU, ou locaux) ?
  - Déterminer les principales voies d'exposition (aliments, boissons, poussières, …);
- Fournir des faits et proposer des solutions
- Pour aider à évaluer les effets néfastes sur la santé

→ études épidémiologiques complexes.

Tu na shukuru