

Evaluation de l'impact des activités minières sur les ressources halieutiques et leur environnement dans le Grand Katanga en République Démocratique du Congo

By

David Mfwana Inabanza¹, Meschack Banza Ilunga², Patient Nkulu Banza², Jeef Numbi Mukanya², Malick Useni Mutayo², Trésor Carsi Kuhangana³, Benoit Bergen⁴, Eric Smolders⁴, Benoit Nemery⁴, Célestin Banza Lubaba Nkulu²

¹ Biodiversité et Exploitation Durable des Zones Humides, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RDC; ² Unité de Toxicologie et Environnement, Ecole de Santé Publique, Faculté de Médecine, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RDC; ³ Université de Kolwezi, Kolwezi, RDC, ⁴ KU Leuven, Belgique



Article History

Received: 15/04/2025

Accepted: 23/04/2025

Published: 26/04/2025

Vol – 4 Issue –4

PP: - 100-104

Abstract

Nanotechnology is revolutionizing biomedicine by providing innovative solutions for diagnostics, therapeutics, and regenerative medicine. At the nano-bio interface, advancements such as quantum dots and magnetic nanoparticles enable early disease detection and precise molecular imaging. Nanoparticle-based drug delivery systems enhance treatment efficacy while minimizing side effects, and Nano scaffolds in regenerative medicine facilitate tissue repair. Despite its transformative potential, challenges like biocompatibility, regulatory hurdles, and scalability remain barriers to clinical translation. This review highlights recent breakthroughs, addresses current limitations, and explores future directions, including multifunctional nanoparticles and AI integration for personalized medicine. Nanotechnology promises a paradigm shift in healthcare, improving diagnosis and treatment outcomes.

Keywords: nanotechnology, drug delivery, diagnostics, regenerative medicine, healthcare innovation

INTRODUCTION

L'exploitation des ressources minières constitue un socle de développement économique et social pour bon nombre de pays. Cependant les activités minières ont des impacts environnementaux, sanitaires et sociaux importants (Promines, 2015, SNC-LAVALIN International, 2003).

Les réserves minières de la R.D. Congo sont diverses et importantes et font de ce pays « un scandale géologique ». Le sous-sol katangais est le plus pourvu avec 73,3% des ressources minières nationales. Toute l'activité économique de la province gravite autour de l'exploitation minière. Ces ressources sont surtout concentrées sur deux axes principaux, l'arc cuprifère et la région stannifère (Bérubé, 2017).

L'arc cuprifère (Copper belt) est une aire de 32.000 km², alignée suivant l'axe NO-SE au Katanga méridional (Kolwezi-Likasi-Lubumbashi) et se prolonge jusqu'en Zambie. Dans cette aire, les opérations d'exploitation minière couvrent près de 18.900 km² regorgeant d'importants gisements de cuivre à haute teneur et les minerais associés tels que le cobalt, le zinc, le plomb. On y trouve aussi l'argent, le cadmium, le rhénium, la platine, l'uranium. La consistance

des richesses minières de cette partie de la RDC fait que ce dernier regorge 50% des réserves mondiales de cobalt et 10% de cuivre (C. Banza et al., 2024).

La région stannifère (Tin region) est une aire orientée suivant l'axe SO -NE au Katanga septentrional (Luena-Kipamba-Mitwaba-Malemba Nkulu-Manono) et couvre près de 14.000 km² qui regorge d'importants gisements de la cassitérite (Etain), de l'or, du Coltan (Colombo Tantalite), de pegmatites, des terres rares. C'est donc dans ce milieu que Manono est née en 1919 avec la mise en exploitation d'un riche gisement de cassitérite par la société minière Géomines (Bruneau et al., 1982)

Le fleuve Congo (Lualaba) forme avec ses affluents un vaste réseau des lacs susceptibles d'abriter une diversité d'espèces endémiques. Cependant, les lacs intérieurs de la province du Katanga ayant une production potentielle de 707 000 Tonnes de poissons frais n'en produisent que 30.000 tonnes/an. Selon PRODEPAK 2007 et Manda et al., 2010, cette faible production halieutique serait attribuée aux facteurs anthropiques dont la pollution des cours d'eau pour l'exploitation minière.

La libéralisation de l’exploitation minière dès l’année 2001 en RDC, a ouvert la voie à une ruée vers l’exploitation des minerais stratégiques tel que le Cuivre, le Cobalt, l’Etain, le Coltan, le Lithium, etc. en vue de répondre aux besoins croissants de la population mondiale en produits issus des nouvelles technologies, (batteries et piles rechargeables, aimants pour éoliennes, cellulaires, écrans plats, ...), intensifiant l’extraction des ressources minérales au cours de ces dernières décennies (Banza, 2024 ;(tBérubé, 2017).

Cette intensification d’exploitation minière anarchique, se faisant souvent sans respect des normes environnementales, déverse d’importantes quantités de rejets toxiques dans les milieux aquatiques. Les effets directs de la pollution des milieux hydriques observés sont la dégradation de l’habitat, la perte de la biodiversité et la contamination de la chaîne trophiques (Kashimbo et al. 2015 ; Banza, 2024).

Mener une étude sur l’évaluation de l’impact des activités minières sur les ressources halieutiques et leur habitat dans la zone hydrographique du Lualaba supérieur s’avère indispensable pour élaborer une politique de gestion optimale et durable des ressources aquatiques.

METHODOLOGIE

Milieu

Cette étude a été menée dans le but de vérifier l’hypothèse que l’exploitation minière a des effets néfastes sur la santé générale des poissons et sur leur environnement, pour ce faire six lacs ont été choisis dans la Province du Katanga en fonction de leur rapprochement des sites miniers. Les sites d’échantillonnage sont présentés dans la figure ci-dessous

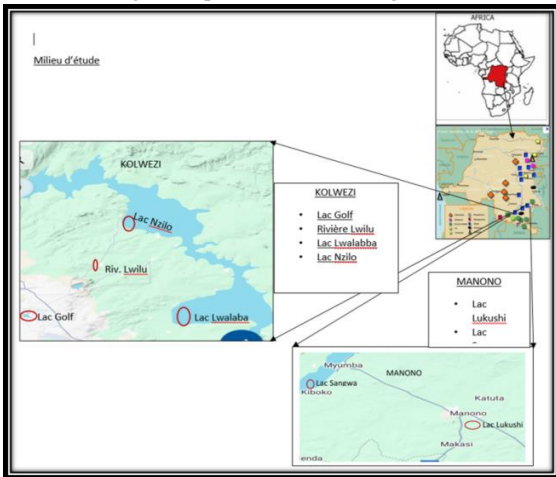


Figure 1. Sites d’échantillonnage

Basé sur la proximité de sites miniers, des échantillons d’eau et poissons ont été prélevés dans six lacs : un lac proche des installations minières (Lac Golf à Tshabula) à Kolwezi, deux lacs assez éloignés (lacs Lualaba et Nzilo), à Kolwezi, une rivière réceptacle d’effluents miniers (rivière Luilu) à Kolwezi (extraction de cuivre-cobalt), un lac directement affecté par les activités minières (extraction d’étain) passées dans la cité de Manono (Lac Lukushi), un lac témoin (Lac Sangwa à Muyumba port).

PRELEVEMENT D’ECHANTILLONS D’EAU ET ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUES

Les paramètres physico-chimiques (pH, conductibilité, température et solides totaux dissouts) et de l’eau de différents sites ont été analysés selon les méthodes standards antérieurement décrites par

La récolte et la préparation d’échantillons d’eau au laboratoire de l’Unité de Toxicologie et Environnement de l’Université de Lubumbashi suivant les méthodes standards décrites par Banza et al., 2014.

RECOLTE ET PREPARATION D’ECHANTILLONS DES POISSONS

Les échantillons de poissons ont été prélevés de façon aléatoire aux points de débarquement des pêcheurs, identifiés suivant la clé de Paugy et al., 2003 ; Vreven et al., 2012 et Chocha et al., 2015), pesés, mesurés.

L’abondance relative a été calculée pour chaque site selon la méthode de (Sarr et al., 2018). Les indices de santé générale (coefficient de condition, relation poids- longueur et Facteur de bioaccumulation) ont été calculés selon les formules standards décrites antérieurement par ...Mfwana et al.,2024 et Diop et al., 2019.

MINERALISATION ET DOSAGE D’ELEMENTS TRACES METALLIQUES

La minéralisation et le dosage d’Eléments Traces Métalliques ont été faites au laboratoire biométrique de la KU Leuven suivant le modèle standard antérieurement décrit par Banza et al., 2014 .

RESULTATS

Le tableau 1 donne les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des six lacs

Tableau 1. Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des eaux

Lacs	T° °C			CE(µS/Cm)			TDS (ppm)			pH		
	min	moy	max	min	moy	max	min	moy	max	min	moy	max
Lac Lukushi	25	25.9	26.9	4	22.4	88	2	10.9	44	6.09	7.02	7.95
Lac Lwalaba	25	25.6	27.1	478	583	719	238	290	359	7.54	8.2	8.44
Lac Nzilo	24	24.9	27.6	174	427	639	87	211	313	7.05	7.93	8.42

Lac Sangwa	116	379	520	25	26.4	27.4	58	190	260	7.74	7.91	8.08
Lac du Golf	25	25.4	25.6	25.1	1687	1835	786	837	906	7.41	7.57	7.69
Rivière Lwilu	23	24.6	26.1	23.3	4065	31634	20	1020	2259	3.9	5.99	7.64
Normes OMS	25				400			500		6.5	7	8.5

Les résultats de l'analyse de l'eau montrent que la température et le pH sont compris dans les limites préconisées par l'OMS à l'exception de la rivière Lwilu, la conductivité et le TDS de l'eau sont très élevées pour la rivière Lwilu et le lac Golf témoignant une forte minéralisation confirmant la pollution minière de ces sites.

Le graphique 1 reprend les résultats de l'abondance relative d'espèces de poissons

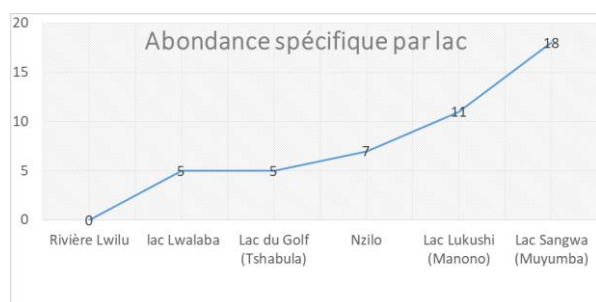


Figure 1. Abondance relative d'espèces de poisson dans les lacs

Les résultats de l'abondance relative montrent une absence totale de vie aquatique dans la rivière Lwilu réceptacle d'effluents miniers et un grand nombre d'espèces au lac Sangwa (site témoin). Le nombre d'espèces croît avec l'éloignement d'activités minières polluantes.

Le graphique 2 présente les teneurs moyennes d'Eléments Traces métalliques de l'eau

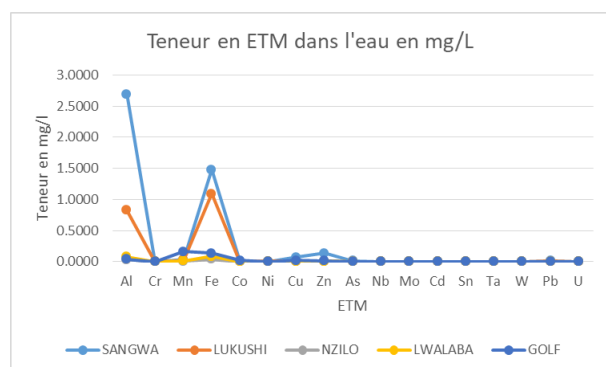


Figure 2. Teneurs moyennes en Eléments traces métalliques dans l'eau en mg/L

Les résultats de l'analyse montrent que les teneurs moyennes en ETM dans l'eau sont faibles et inférieures aux normes de l'OMS pour tous les lacs. Toutefois, il ressort de ce graphique que les concentrations en Al et Fe sont importantes aux lacs Sangwa et Lukushi.

Le graphique 3 donne les résultats des teneurs moyennes d'ETM dans les muscles des poissons

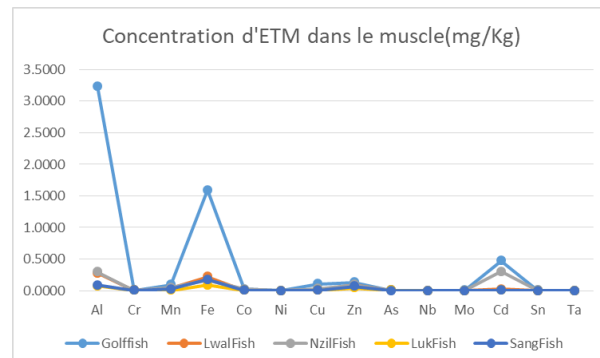


Figure 3. Teneur moyenne d'Eléments Traces Métalliques des muscles des poissons

Il ressort de ce graphique que les muscles des poissons du lac Golf contiennent une forte teneur d'Al, Fe et Cd comparativement aux autres lacs.

Les résultats de facteur de bioaccumulation sont présentés dans le graphique 4

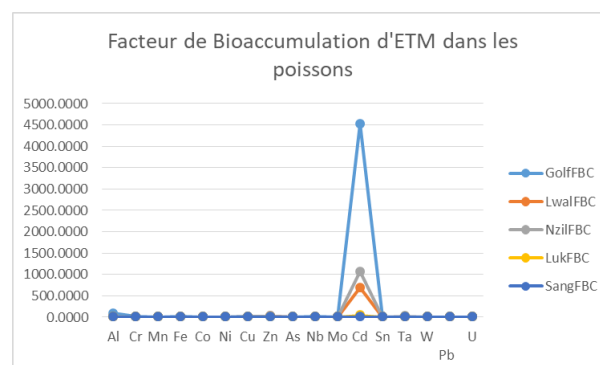


Figure 4. Facteur de bioaccumulation d'ETM dans les muscles des poissons

Les résultats du graphique d'analyse des facteurs de bioaccumulation montrent un pic de bioamplification de Cd très élevé à Kolwezi au lac Golf (4500), suivi du lac Nzilo (1000) et lac Lwalaba (686). Une bioaccumulation insignifiante pour les lacs situés à Manono et Muyumba.

Le Tableau 2 donne les résultats des paramètres biométriques des poissons des lacs étudiés

Tableau 2: Paramètres biométriques des quatre espèces selon les Lacs

Site	Espèces	Longueur (Cm)			Poids(g)			Paramètres		
		Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	a	b	Allométrie
Golf	<i>Clarias gariepinus</i> .	5.11	10.41	13.15	3.69	29.38	42.37	0.0482	2.40	A-
Lwalaba	<i>Clarias gariepinus</i> .	10.4	15.9	19.5	14.39	77.5	107.61	0.0051	3.43	A+
Nzilo	<i>Oreochromis niloticus</i>	9.316	12.7	16.24	9.95	32.56	63.08	0.0063	3.31	A+
Lukushi	<i>Oreochromis upembae</i>	12	13.23	16	31.35	43.66	76.6	0.0519	2.60	A-
Sangwa	<i>Citharinius congicus</i>	13	14.63	16.2	36.96	56.71	79.43	0.0169	3.02	A+

A+ : allométrie positive A- : Allométrie négative

Il ressort du tableau ci-dessus que l'allométrie est majorante pour les lacs Lwalaba, Nzilo et Sangwa cependant elle est minorante pour les lacs plus exposés aux effluents miniers Golf et Lukushi.

Le tableau 3 donne les résultats sur le modèle de croissance des poissons des lacs étudiés

Tableau 3. Modèle de croissance des quatre espèces selon les lacs

Tableau 4: Modèle de croissance selon les lacs des quatre espèces

Lacs	Espèces	a	b	Croissance
Golf	<i>Clarias gariepinus</i> .	0.0482	2.40	négative
Lwalaba	<i>Clarias gariepinus</i> .	0.0051	3.43	positive
Nzilo	<i>Oreochromis niloticus</i>	0.0063	3.31	positive
Lukushi	<i>Oreochromis upembae</i>	0.0519	2.60	négative
Sangwa	<i>Citharinius congicus</i>	0.0169	3.02	positive

Il ressort du tableau ci-dessus que la croissance des poissons est positive aux lacs Golf et Lukushi proches d'exploitations minières, tandis qu'elle est positives pour les lacs éloignés (Lwalaba, Nzilo et Sangwa).

Le Tableau 4 présente les résultats des Equations de régression et les facteurs de condition des différents lacs

Tableau 4. Equations de Régression Poids-Longueur et Facteur de Condition K

Lac	Espèce	Equation de regression	R ²	Facteur K
Golf	<i>Clarias gariepinus</i> .	PT = 0.0482LT ^{2.6634}	0.9955	1.9232
Lwalaba	<i>Clarias gariepinus</i> .	PT = 0.0051LT ^{3.4299}	0.9477	1.6887
Nzilo	<i>Oreochromis niloticus</i>	PT = 0.0063LT ^{3.3102}	0.9929	1.39
Lukushi	<i>Oreochromis upembae</i>	PT = 0.0519LT ^{2.5992}	0.8598	1.39
Sangwa	<i>Citharinius congicus</i>	PT = 0.0169LT ^{3.0156}	0.8915	1.771

PT= Poids total du poisson ; LT = Longueur total; R² = Coefficient de corrélation ; K = coefficient de condition

Il ressort du tableau ci-dessus que les poissons échantillonnés ont un bon état d'embonpoint dans tous les lacs. Etat pouvant être attribué à la période de reproduction au moment de l'échantillonnage.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

L'objectif poursuivi par cette étude était de vérifier l'hypothèse des effets néfastes des activités minières sur la santé des poissons et leur habitat en République Démocratique du Congo, plus particulièrement dans la province minière du Katanga.

Il ressort de cette étude que les différents lacs du Katanga dans lesquels l'eau et les poissons ont été récoltés sont pollués par des métaux lourds conformément aux différents seuils fixés par l'OMS et la FAO. Cependant, les résultats montrent des variations entre lacs des paramètres physico-chimiques et biométriques inversement proportionnelles à la distance entre le site minier et le lac. Tandis que la richesse spécifique a

évolué dans le sens contraire. Ceci montre que le degré de toxicité du milieu et l'état de santé du poisson dépendent du rapprochement du site minier dont émanent les polluants. Il est donc souhaitable que les autorités de la République démocratique du Congo puissent mettre sur pied une meilleure politique pour la gestion des effluents miniers afin d'éviter d'éventuelles problèmes de santé et de risque d'extinction des espèces endémiques liées à la pollution de ces eaux.

Bibliographie

1. Banza Lubaba Nkulu Célestin, 2024. Impacts de l'exploitation minière sur l'Environnement et Santé dans le Grand Katanga en République Démocratique du Congo. Royal Institute for International Relations 5 June 2024, Egmont, Brussels – Belgium .
2. Bérubé Isabelle et Maria Del Rosario Ortiz Quijano, 2017. *Extraction de métaux pour les nouvelles technologies, biodiversité et justice environnementale*. Mémoire de Maîtrise en Environnement. Centre Universitaire de formation en environnement et développement durable., Togo, West Africa). Cybium 40 (4) : 267–274.
3. Bruneau Jean-Claude, Mukalayi Kahata, 1982. Les paysages urbains de Manono (Zaire). In: Cahiers d'outre-mer. N° 140 - 35e année, Octobre-décembre. pp. 363-374; doi : <https://doi.org/10.3406/caoum.1982.3037> https://www.persee.fr/doc/caoum_0373-5834_1982_num_35_140_3037;
4. B. Katemo Manda , G. Colinet, L. André, A. Chocha Manda, J.-P. Marquet & J.-C. Micha , 2010 Evaluation de la contamination de la chaîne trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/RD Congo). TROPICULTURA, 28, 4, 246-252
5. Chocha Manda Auguste, Katemo Manda Bauchet, Abwe Emmanuel, 2015. Les poissons du Katanga (Kasaï, Dépression de la Kamalondo, Lufira et Luapula-Moero). Université de Lubumbashi, Faculté de Sciences Agronomiques, Unité de Recherche en aquaculture ;
6. David Mfwana Inabanza, célestin Banza Lubaba Nkulu, Isidore Ilunga Inabanza, 2024. Relation longueur-poids et facteur de condition de cinq espèces de poisson de la zone stannifère du Katanga : 1737-6688, Open A Volume (ix): Volume (ix) - Issue 2 October 2024 minière industrielle (République Démocratique du Congo). Water Agriculture C 4 and Food Security
7. DIOP Cheikh*, DIATTA Arthur, NDIAYE Astou, CABRAL Mathilde, TOURE Aminata, FALL Mamadou, 2019 .Teneurs en métaux traces des eaux et poissons de cinq étangs de Dakar et risques pour la santé humaine , J. Appl. Biosci
8. Karlien Cheyns a,h, Célestin Banza Lubaba Nkulub, Léon Kabamba Ngombe,c, Jimmy Ngoy Asosab, Vincent Haufroidd, Thierry De Puttere, Tim Nawrotf,g, Célestin Muleka Kimpanga c, Oscar Luboya Numbib, Benjamin Kabyla Ilungab,Benoit Nemeryf, Erik Smolders,2014. Pathways of human exposure to cobalt in Katanga, a mining area of the D.R. Congo. Science of the Total Environment 490 (2014) 313–321.
9. Paugy D, Lévêque C, Teugels GG. 2003. Poissons d'Eaux Douces et Saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. IRD: Paris, France.
10. PRODEPAAK .2007
PRODESCR_dossier_technique_et_financier.
11. Projet de Bonne Gouvernance dans le Secteur Minier comme Facteur de Croissance (PROMINES) 2015. Évaluation de l'impact du Passif Environnemental Au niveau des Provinces du Katanga et des deux Kasaï en République Démocratique du Congo. Volume I Etude d'Impacts Environnemental et Social, Rapport Définitif.
12. Sarr, S. M., Ndiaye, M., Faye, E. & Diedhiou, D. K. (2018). Richesse spécifique et abondance du peuplement ichtyologique de l'Aire Marine Protégée de Joal Fadiouth au Sénégal. [VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement, 18 (1
13. S. Kashimbo Kalala, B. Mongoli Mwanga, P. Kazadi Kanyama, and M. Mpundu Mubemba, 2015. Influence d'une usine hydrométallurgique en activité sur la qualité des eaux du canal Naviundu: Cas de l'usine Chemical of Africa (CHEMAF) Lubumbashi/Katanga, RD. Congo, International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 16 No. 2 Jul., pp. 433-447
14. SNC-LAVALIN International, 2003. Etude sur la restauration des mines de cuivre et de cobalt en République Démocratique du Congo, Rapport préliminaire M-6708, (603082), Montréal, p222.
15. Vreven E. , A. Chocha Manda colleagues, 2012. Livre album fish of Katanga Fishes of Katanga v. 1.0 collected E.