

## Étude de la variabilité spatiale et analytique de la concentration en uranium résiduel dans les hydroxydes de cobalt d'exportation: Application pour la radioprotection à Kolwezi

### [ Study of the spatial and analytical variability of residual uranium concentration in cobalt hydroxides for export: Application for radiation protection in Kolwezi ]

*Kayembe Kitenge Sylva, Faila Lutina Inès, Nawezi Kasongo Raymond, Malala Kitenge Pascal, Mpiiana Kasela Olivier, Mutomb Kapend Habacuc, and Katubilwa Katele Christian*

Université de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2026 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** In accordance with the international safety requirements, particularly those established by the International Atomic Energy Agency (IAEA) in the General Safety Requirements (GSR part 3), materials containing naturally occurring radionuclides from the uranium and thorium decay series with an activity concentration of 1 Bq/g are generally considered to fall within the scope of regulatory control. This work was devoted to the analysis of variability of specific activity of cobalt hydroxides from four companies in the city of Kolwezi, particularly those reputed to have deposits slightly enriched in radioactive materials. Nearly 150 samples were collected to carry out this study, and the specific activities were calculated after analysis using an X-ray fluorescence spectrometer. The activity concentration determined in the present study remains below this reference level. Nevertheless, the findings warrant a documented radiological assessment conducted under a graded approach to radiation protection. Consistent with the fundamental principles of radiation protection recommended by the IAEA namely justification, optimization and dose limitation- the measured radiological levels indicate that handling, storage, and transport operation may be performed under normal operating conditions. This conclusion is contingent upon the implementation of good industrial practices and the establishment of periodic radiological monitoring to ensure continued compliance with regulatory standards.

**KEYWORDS:** Variability, mass activity, standards, dose rate, Kolwezi, radioprotection.

**RESUME:** Au regard des exigences internationales de sûreté, notamment celles établies par l'agence Internationale à l'Energie atomique (AIEA) dans les normes fondamentales de sûreté (GSR part 3), les matériaux présentant une activité de 1Bq/g pour les radionucléides naturels des chaînes de l'uranium et du Thorium sont généralement considérés comme relevant du régime de contrôle réglementaire. Ce travail a été consacré sur l'analyse de la variabilité de l'activité massique de l'uranium dans les hydroxydes de cobalt des quelques entreprises de la ville de Kolwezi, notamment celles réputées avoir des gisements légèrement riches en matériaux radioactifs. Près de 150 échantillons ont été collectés pour réaliser cette étude et les activités massiques ont été calculées après analyse au spectromètre de fluorescence X. La valeur mesurée de cette étude demeure inférieure au seuil de référence, mais justifie néanmoins une évaluation radiologique documentée dans le cadre d'une approche graduée de la radioprotection.

Conformément aux principes fondamentaux de radioprotection recommandés par l'AIEA justification-optimisation-limitation des doses, les niveaux observés suggèrent que les opérations de manipulation, de stockage et de transport peuvent être réalisées en conditions normales d'exploitation, sous réserve du maintien de bonnes pratiques industrielles et d'une bonne surveillance radiologique périodique.

**MOTS-CLEFS:** Variabilité, activité massique, Normes, débit de dose, Kolwezi, radioprotection.

## **1 INTRODUCTION**

L'environnement, en particulier celui du Katanga renferme un certain nombre d'éléments naturellement radioactifs. Certains radionucléides que l'on dit primordiaux sont présent dans ce sol depuis la création de la terre et les principaux sont l'Uranium-238, le Thorium-232, l'Uranium-235 et le K-40.

Ces radionucléides sont principalement contenus dans des roches bréchiques, souvent associés à des dolomies, des calcshistes et des schistes noirs. Il se trouve souvent sous forme de pechblende dans des gisements hydrothermaux liés à la ceinture du cuivre du Katanga.

La présente étude aura permis de caractériser l'état radiologique de plusieurs échantillons d'hydroxyde de cobalt destinés à l'exportation. Les analyses ont permis de mettre en évidence une activité massique maximale de 0.65Bq/g, indiquant la présence de radionucléide naturel associé aux minerais (NORM).

Le débit de dose mesuré au contact des échantillons et à une minute est de 0.18  $\mu\text{Sv/h}$ , valeur qui est dans la fourchette du bruit de fond naturel moyen mondial, et demeure dans un intervalle compatible avec certaines activités industrielles impliquant des matériaux contenant des radionucléides naturels mais surtout avec le contexte géographique de cette région riche en uranium naturel.

## **2 CADRE GÉOLOGIQUE DU KATANGA MÉRIDIONAL**

### **2.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONALE**

Les formations géologiques du Katanga sont subdivisées en deux grands ensembles (Cahen 1954; Fernandez et al., 2012) dont:

- Les formations de soubassement (protérozoïques) souvent plissées, constituées des roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires,
- Les formations de couverture (phanérozoïque, essentiellement composée des roches sédimentaires tabulaires reposant en discordance sur le socle ancien.

Le Katanguien ou le Super-Groupe du Katanguien correspond à un vaste ensemble sédimentaire Néoprotérozoïque mis en place entre le craton du Congo et celui du Kalahari. Il s'agit d'une chaîne qui s'étend du Nord de la Zambie jusqu'au sud-est de la République Démocratique du Congo et définissant l'arc Lufilien (François 1973, 1974, 1996; Kipata et al., 2008).

La sédimentation katanguienne s'est développée dans un contexte extensif associé à l'ouverture d'un rift intracontinental ultérieurement inverse lors de l'orogénèse lufilienne (Batumike et al., 2007). L'épaisseur cumulée des dépôts est estimée à environ 10 Km.

Le district de Kolwezi se situe dans la portion congolaise de l'arc cuprifère de l'Afrique centrale (CAC), il constitue l'un des districts métallogéniques majeurs de la région en raison de l'abondance et de l'importance de ses gisements cuprifères et cobaltifères.

La nappe de Kolwezi correspond à une structure synclinale orientée Nord-Est Sud-Ouest, d'environ 23Km de longueur et 8 Km de largeur. Elle est interprétée comme la racine d'un chevauchement dirigé vers le Nord-Ouest.

Les formations affleurantes appartiennent exclusivement au groupe du Roan et sont fortement plissées. La base de la klippe est matérialisée par une surface de décollement séparant tectoniquement les formations du groupe du Roan (en position structurale supérieure) des sédiments plus récents du groupe du Kundelungu, dispose géométriquement en dessous à la suite des mouvements compressifs.

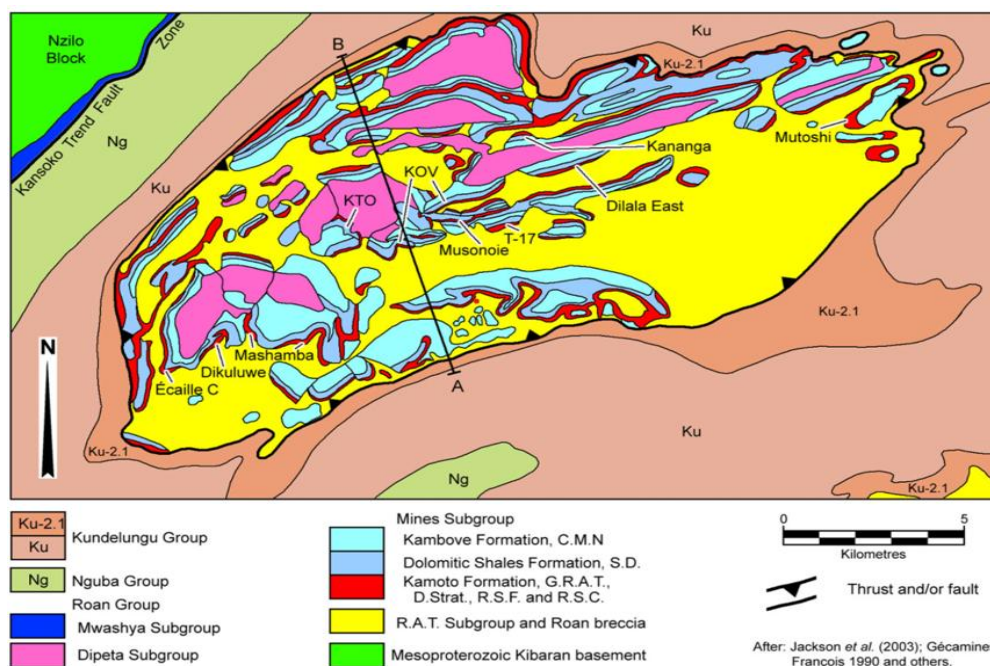


Fig. 1. Carte géologique du district de Kolwezi (Porter 2012)

## 2.2 CADRE LITHOSTRATIGRAPHIQUE ET MINÉRALISATION

Les minéralisations cuprifères et cobaltifères sont encaissées principalement dans une mégabèche au-dessus du décollement. Cette mégabèche est constituée des écailles tectoniques composée des blocs du sous-groupe des Mines, emballés dans une matrice de Roches Argilo-Talqueuses (RAT), de brèches de RAT et de brèches hétérogènes à fragments anguleux et subarrondis.

La succession lithologique du groupe de Roan, de la base au sommet, on observe les formations suivantes:

- RAT rouge-lilas (sous-groupe R1; 0 à 235 m de puissance): il s'agit des roches argilo-talqueuses (RAT) associées à des niveaux gréseux, généralement pauvres sulfures, parfois dolomitique (Bartholomé et al., 1971); c'est une unité tectonique qui peut recouper les autres unités;
- RAT grise (0,5 – 2 m de puissance), lithologiquement identique à la RAT rouge-lilas, mais elle se distingue par la présence de pyrite et de chalcocite, ainsi que l'abondance de chlorite et de talc;
- Formation de Kamoto (sous-groupe R2; 7-9 m de puissance), constituée des dolomies stratifiées et des roches siliceuses feuilletées, avec magnésite, nodules de dolomie, cherts et sulfures: elle correspond au corps minéralisé inférieur (Debruyne et al., 2013);
- Roches siliceuses cellulaires, correspondant à des dolomies silicifiées non minéralisées en sulfures; par contre l'oxydation supergène peut entraîner la précipitation des minéraux secondaires tels que la malachite à hautes teneurs en cuivre;
- Shales dolomitiques; souvent bien minéralisées, dont la base grise, parfois carbonée, forme les shales dolomitiques de base, il constitue le corps minéralisé supérieur;
- Formation de Kambove (sommet du R2), constitué d'un calcaire à minerai noir, riche en oxydes de Fer, Manganèse et Cobalt.

Comme le minerai cupro-cobaltifère, l'uranium et ses accompagnateurs se localisent dans une unité stratigraphique d'âge précambrien, appelé Roan moyen ou série des mines ou encore groupe des mines. Il se compose à la base d'un silt chloriteux et dolomitique gris désigné sous le sigle R.A.T grises et au-dessus d'une alternance de dolomies siliceuses et des shales dolomitiques gris, comprenant des horizons stromatolitiques et plus ou moins riche en magnésite.

Par rapport au gisement de cuivre et cobalt très peu d'étude ont consacré sur la genèse des minéralisations uranifères du katanga. Ceci confirme que très peu de chercheurs ont pu avoir accès à ce gisement.

## 3 CONTEXTE RADIOLOGIQUE DE KATANGA

Le Katanga situé géographiquement au sud de la République Démocratique du Congo, province riche en cuivre, cobalt, manganèse, uranium ect.

Le contexte radiologique du katanga reste marqué par une intense activité minière historique et actuelle, impliquant la présence d'uranium dans les hétérogénites (minerais de cobalt) radioactives, notamment dans les zones de Lubudi, Mutshatsha, Kambove et Kipushi. La gestion, le transport et le stockage pour des fins de traitement en vue de produire du cuivre métallique ou des hydroxydes de cobalt conduisent à des risques environnementaux, sanitaires et radiologiques surtout dans des zones d'exploitations artisanales dans des conditions peu contrôlées exposant les travailleurs à des risques dus effets des radiations ionisantes.

#### 4 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Plusieurs échantillons ont fait l'objet de notre étude, réalisée sur 3 périodes: décembre 2025, janvier 2026 et février 2026.

Ces échantillons ont été prélevés sur des lots prêts à l'exportation, conformément aux normes internationales d'échantillonnage, lesquelles constituent une procédure de contrôle qualité assurant une inspection à 100%.

Hormis l'homogénéisation et le quartage, les différents échantillons n'ont subi aucun traitement préalable, étant déjà fin et secs. Après homogénéisation, ils ont été conditionnés dans des sachets en plastiques. Une aliquote de 100 grammes a ensuite été prélevée pour analyse élémentaire à l'aide du spectromètre de fluorescence X Niton XL3t.

#### 5 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

##### 5.1 ACTIVITÉS MASSIQUES DE DÉCEMBRE 2025

##### 5.1.1 Kcc

Tableau 1. *Activité massique des hydroxydes de KCC*

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
KH2/25/3251	0.2232	-
KH2/25/3261	0.3968	-
KH2/25/3257	0.434	-
KH2/25/3254	0.31	-
KH2/25/3237	0.496	-
KH2/25/3245	0.4836	-
KH2/25/3248	0.3224	-
KH2/25/3255	0.372	-
KH2/25/2025	0.4092	-
KH2/25/3249	0.5704	-
KH2/25/3238	0.434	-

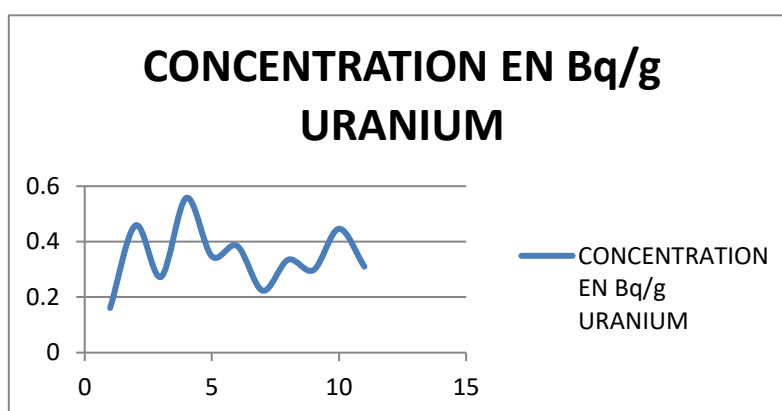


Fig. 2. *Distribution des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons KCC*

5.1.2 MUMI

Tableau 2. Activité massique des hydroxydes de MUMI

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
MH 0019	0.1612	-
MH 0021	0.4588	-
MH 0020	0.2728	-
MH 0018	0.558	-
MH 0017	0.3472	-
MH 0012	0.3844	-
MH 0014	0.2232	-
MH 0016	0.3348	-
MH 0015	0.2976	-
MH 0013	0.4464	-
MH 0010	0.31	-

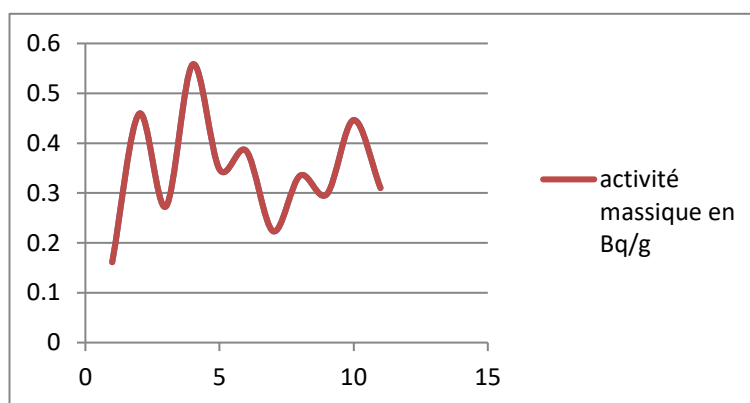


Fig. 3. Distribution des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons MUMI

5.1.3 LAMIKAL

Tableau 3. Activité massique des hydroxydes de LAMIKAL

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
LMK 009	-	-
LMK 029	0.0372	-
LMK 031	0.2852	-
LMK 010	0.0124	-
LMK 011	0.5456	-
LMK 038	0.62	-
LMK 007	-	-
LMK 032	0.2232	-
LMK 049	0.1364	-
LMK 058	0.2976	-
LMK 041	0.062	-

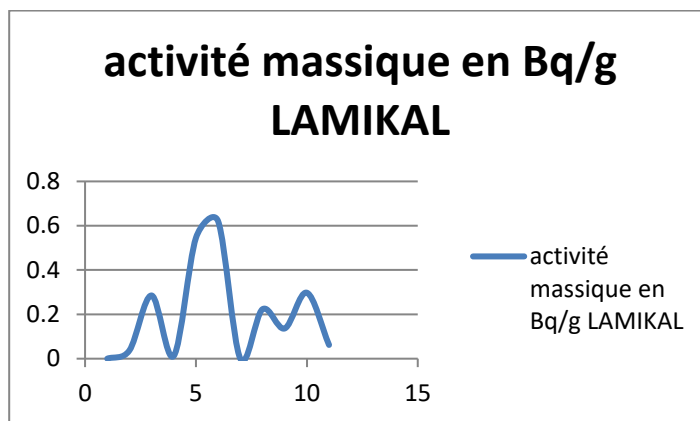


Fig. 4. Distribution des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons LAMIKAL

#### 5.1.4 METALKOL

Tableau 4. Activité massique des hydroxydes de METALKOL

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
MT 10316	0.2108	-
MT 10289	0.2976	-
MT 10293	0.1736	-
MT 10245	0.1364	-
MT 10323	0.2356	-
MT 10301	0.2232	-
MT 10285	0.2728	-
MT 10282	0.186	-
MT 10324	0.248	-
MT 10359	0.2356	-
MT 10294	0.2852	-

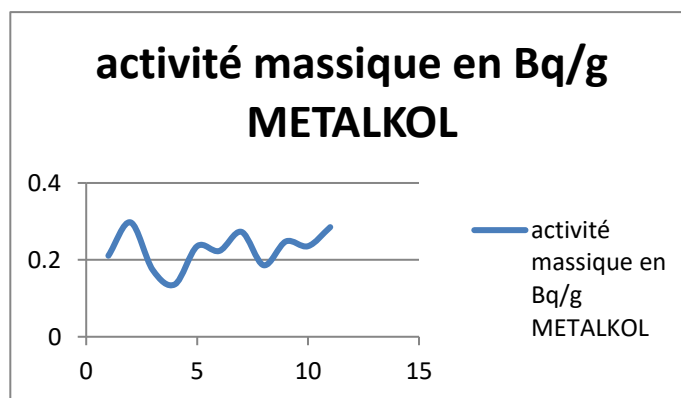


Fig. 5. Distribution des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons METALKOL

5.2 ACTIVITÉS MASSIQUES DE JANVIER 2026

5.2.1 Kcc

Tableau 5. Activité massique des hydroxydes de KCC

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
KH2/25/3777	0.6572	-
KH2/25/3406	0.4712	-
KH2/25/3428	0.6076	-
KH2/25/3396	0.4464	-
KH2/25/3387	0.5208	-
KH2/25/3394	0.6944	-
KH2/25/3446	0.5828	-
KH2/25/3408	0.5332	-
KH2/25/3424	0.4216	-
KH2/25/3400	0.4712	-
KH2/25/3392	0.6324	-

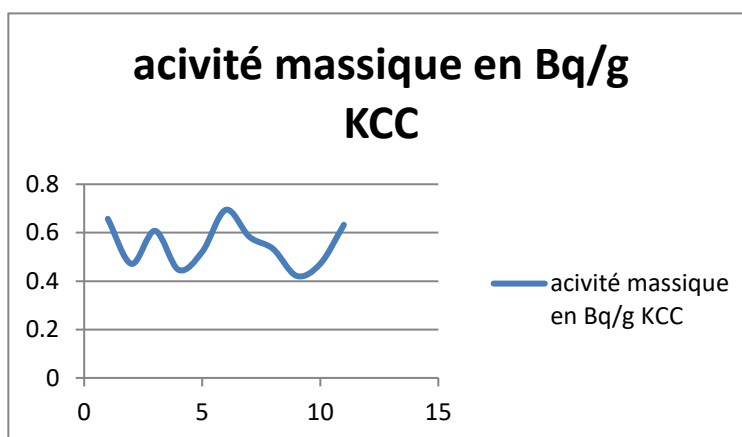


Fig. 6. Distribution des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons KCC

5.2.2 MUMI

Tableau 6. Activité massique des hydroxydes de MUMI

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
MH 0030	0.2108	-
MH 0022	0.2356	-
MH 0023	0.2604	-
MH 0012	-	-
MH 0010	-	-
MH 0011	0.1364	-
MH 0009	-	-
MH 0008	-	0.00406
MH 0007	-	-
MH 0006	-	-
MH 0003	-	-

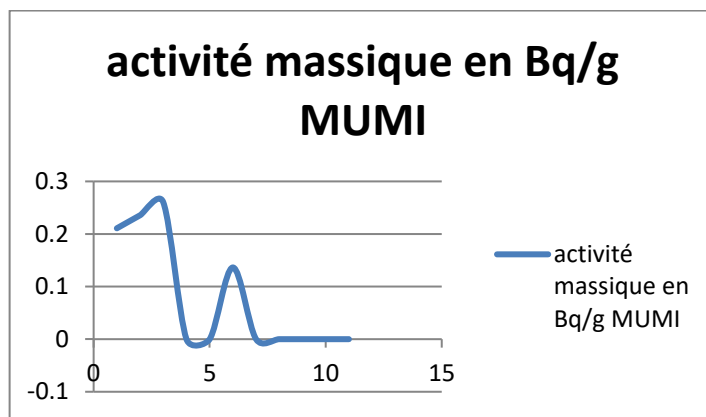


Fig. 7. Distribution des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons MUMI

5.2.3 LAMIKAL

Tableau 7. Activité massique des hydroxydes de LAMIKAL

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
LMK 028	0.3472	-
LMK 005	0.4588	-
LMK 023	0.248	-
LMK 018	0.5332	-
LMK 022	0.2604	-
LMK 012	0.4122	-
LMK 011	0.4464	-
LMK 013	0.3224	-
LMK 017	0.5828	-
LMK 015	0.5332	-
LMK 004	0.4092	-

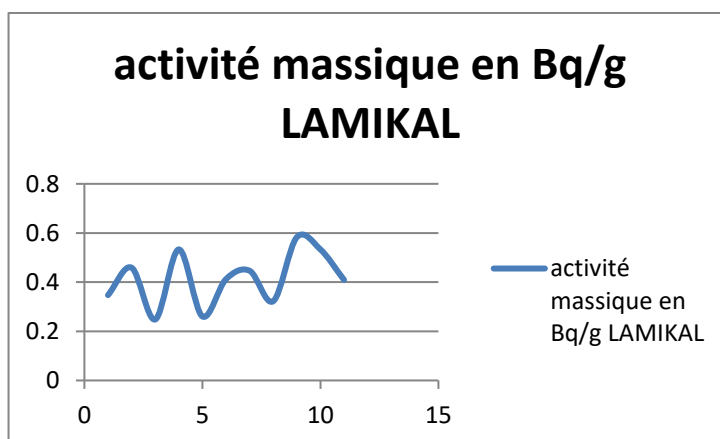


Fig. 8. Distribution des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons LAMIKAL

## 5.2.4 METALKOL

Tableau 8. *Activité massique des hydroxydes de METALKOL*

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
MT 10174	0.1364	-
MT 10159	0.0868	-
MT 10309	0.0496	-
MT 10348	0.0992	-
MT 10375	0.0372	-
MT 10381	-	-
MT 10159	0.0744	-
MT 10175	0.062	-
MT 10376	0.124	-
MT 10277	0.062	-
MT 10132	0.0248	-

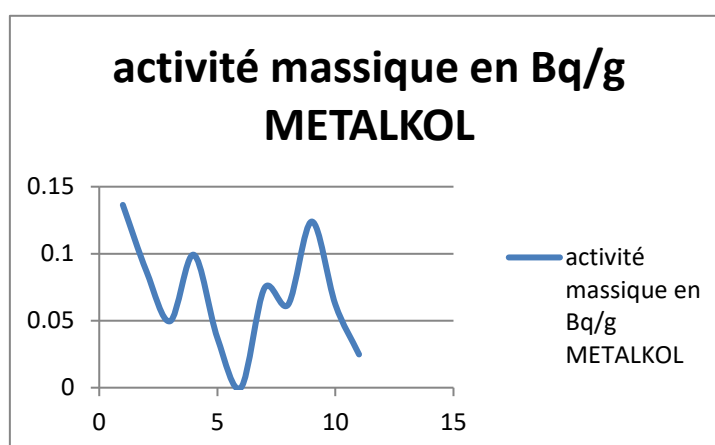


Fig. 9. *Distribution des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons METALKOL*

## 5.3 ACTIVITÉS MASSIQUES DE FÉVRIER 2026

### 5.3.1 Kcc

Tableau 9. *Activité massique des hydroxydes de KCC*

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
KH2/25/3505	0.3844	-
KH2/25/3324	0.3968	-
KH2/25/3506	0.496	-
KH2/25/3445	0.4092	-
KH2/25/3291	0.3844	-
KH2/25/3384	0.496	-
KH2/25/3527	0.3596	-
KH2/25/3304	0.5084	-
KH2/25/3357	0.4836	-
KH2/25/3535	0.4216	-
KH2/25/3336	0.6572	-

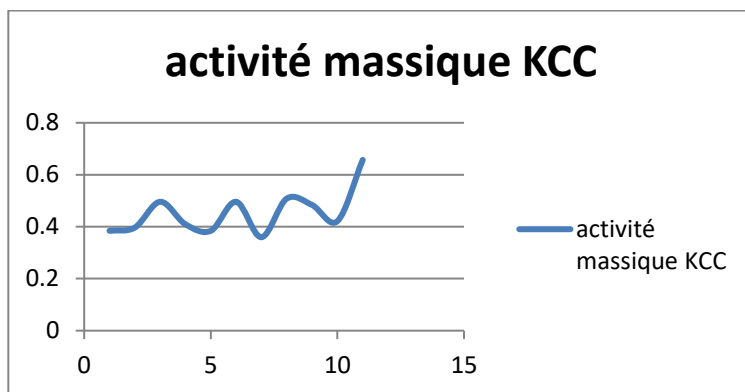


Fig. 10. Distribution des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons KCC

### 5.3.2 MUMI

Tableau 10. Activité massique des hydroxydes de MUMI

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
MH 039	-	-
MH 0041	-	-
MH 0036	-	-
MH 0035	-	-
MH 0044	-	-
MH 0042	-	-
MH 0048	-	-
MH 0047	-	-
MH 0043	-	-
MH 0050	-	-
MH 0051	-	-

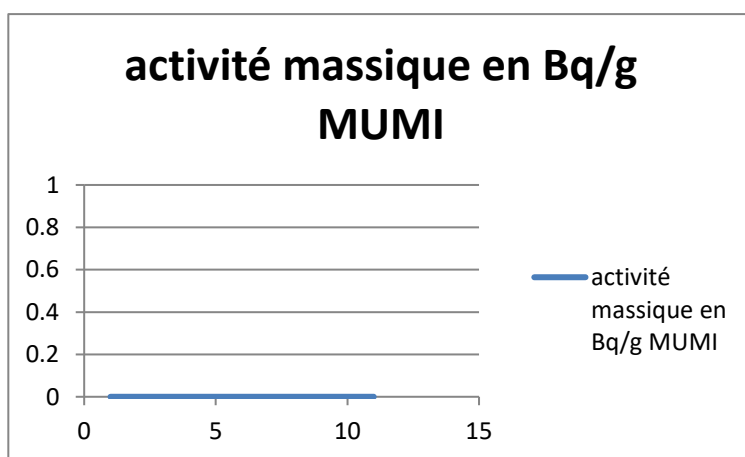


Fig. 11. Distribution des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons MUMI

5.3.3 LAMIKAL

Tableau 11. Activité massique des hydroxydes de LAMIKAL

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
LMK 062	0.3472	-
LMK 065	0.3644	-
LMK 059	0.248	-
LMK 061	0.3332	-
LMK 060	0.5102	-
LMK 064	0.4012	-
LMK 067	0.3755	-
LMK 070	0.0451	-
LMK 069	0.3031	-
LMK 068	0.3258	-
LMK 071	0.4566	-

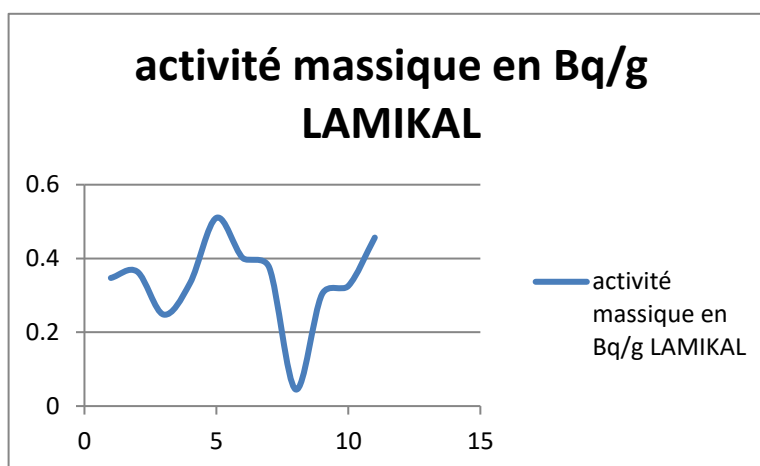


Fig. 12. Distribution des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons LAMIKAL

5.3.4 METALKOL

Tableau 12. Activité massique des hydroxydes de METALKOL

CODE	CONCENTRATION EN Bq/g	
	URANIUM	THORIUM
MT 10587	0.062	-
MT 10594	0.0372	-
MT 10536	-	-
MT 10233	-	-
MT 10586	-	-
MT 10229	-	-
MT 10474	-	-
MT 10223	-	-
MT 10584	-	-
MT 10491	-	-
MT 10542	-	-

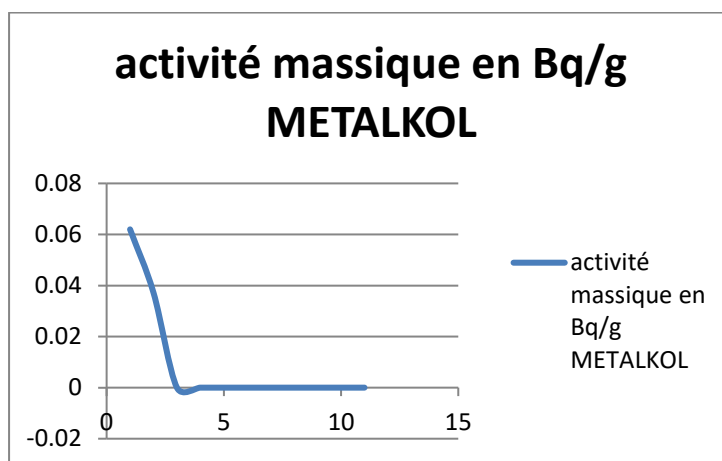


Fig. 13. Distribution des concentrations des concentrations en uranium (Bq/g) des échantillons METALKOL

Au regard des résultats présentés dans les tableaux et par les graphiques ci-dessus, nous pouvons constater:

- Une dispersion modérée autour de la moyenne pour chaque entreprise prise séparément;
- la variabilité de l'activité massique suggère une hétérogénéité naturelle du matériau.
- les valeurs d'activités massiques de l'uranium résiduel de KCC, MUMI, METALKOL et LAMIKAL sont restées faibles dans une plage allant de 0 à 0.57Bq/g, ce qui correspond à des valeurs tolérables par rapport aux limites d'activités massiques des NORMS;
- alors que pour les tableaux 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3 et 7.2.4: les valeurs d'activités massiques de l'uranium résiduel de MUMI sont restés faibles dans la fourchette compris entre 0 et 0.65 Bq/g;
- celles présentées dans les 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3 et 7.3.4 sont compris dans la fourchette allant de 0 à 0.65Bq/g qui est inférieure à 1Bq/g, tandis ce que les valeurs d'activités massiques de Metalkol sont restées proches ou égale à zéro;
- des résultats présentés dans les tableaux ci-haut, nous constatons que les différentes valeurs d'activités massiques sont restées inférieures à 1Bq/g qui est la valeur limite du seuil d'exemption retenu par l'AIEA dans sa norme RS-G-17, ceci correspond à la valeur des matières devant être exemptées.
- De tous les échantillons ayant fait objet de notre étude, les différentes valeurs d'activité massique du Thorium sont restées inférieure à zéro avec une distribution autour de moyenne qui est zéro.
- Ceci justifie les valeurs du débit d'équivalent de dose trouvée de 0.18 $\mu$ Sv/h; qui sont des valeurs proches du bruit de fond naturel (background natural).

## 6 CONCLUSION

La présente étude a porté sur l'analyse de la tendance de l'activité massique de plusieurs échantillons d'hydroxyde de cobalt d'exportation afin d'évaluer leur activité radiologique comparée aux exigences de radioprotection.

Les résultats obtenus lors de cette étude révèlent une activité massique moyenne de 0.65Bq/g, traduisant une présence mesurable de radionucléides naturels associés à la matrice minérale.

Le débit de dose mesuré, de 0.18  $\mu$ Sv/h demeure compatible avec les valeurs observées dans certains environnements industriels liés aux minerais naturellement radioactifs. Bien que, cette valeur reste dans la fourchette du bruit de fond naturel moyen mondial, elle n'exclue pas néanmoins la mise en œuvre de mesures appropriées de radioprotection étant donné que le contexte géologique n'est pas stationnaire du point de vue radiologique, considérant les anomalies radiométriques et des variations dues aux structures.

Il ressort de ces résultats l'importance d'un contrôle radiologique systématique des produits miniers destinés à l'exportation, particulièrement dans le contexte des substances contenant du cobalt. Une surveillance régulière, associée au respect strict des normes internationales de sûreté radiologique, permettra de garantir la protection des travailleurs, du public et de l'environnement.

En perspective, des analyses complémentaires visant l'identification spécifique des radionucléides responsables de cette activité outre de l'uranium, contribueraient à une meilleure caractérisation radiologique et à une gestion optimisée des risques associés; cela par des méthodes beaucoup plus adaptées notamment la spectrométrie gamma ou alpha beta total.

**REFERENCES**

- [1] Batumike, M.J., Cailteux J.L. H. and Kampunzu A.B., 2007: Lithostratigraphy, basin development, base metal deposits, and regional correlation of the Neoproterozoic Nguba and Kundelungu rock successions, central African Copperbelt. *Gondwana Research* 11 (3): 432-447p.
- [2] Cahen, 1954: géologie du Congo Belg. Ed. vaillant carmanne, liège, Belgique 577p.
- [3] International Atomic Agency (IAEA). (2014). Radiation protection and safety of radiation sources: international Basic Safety standards (GCR Part 3) ? Vienna AIEA.
- [4] International Atomic Agency (IAEA), 2016, management of NORM Residues (safety reports series No.78). Vienna: IAEA.
- [5] International atomic agency (IAEA). Application of the concepts of exclusion, exemption and clearance (safety guide RS-G-1.7).
- [6] UNSCAR 2008, effects of atomic radiation. Sources and effects of ionizing radiation, United nation.
- [7] International commission on the radiological protection (ICRP) 2007, recommendations of the international commission on radiological protection, ICRP publication 103, annuals of the ICRP, 37 (2-4).
- [8] Cailteux et al (2007): The Neoproterozoic Mwashya–Kansuki sedimentary rock succession in the central African Copperbelt, its Cu–Co mineralisation, and regional correlations, 18p.
- [9] Cailteux J. et al., 1994: Lithostratigraphy of the Neoproterozoic Shaba-type (Zaire) Roan Super-group metallogenesis of associated mineralization.
- [10] Cailteux, J et Kampunzu, A.B., 1993: Etude du Katanguien de Zambie et du Zaïre Nouvelles contraintes lithostratigraphiques et tectoniques. *Bull. Séanc. Acad. r. Sc. Outre-Mer.* 38, pp 353-360p.
- [11] Cailteux, J. (1983): Le Roan Katangais dans la région de KAMBOVE (Katanga, Congo), Thèse. Université de Liège, pp 3578p.
- [12] François, A. et Cailteux J., 1981: La couverture katanguienne entre le socle de N'zilo et de la Kabongo. *Région de Kolwezi. Ann. Mus. Roy. Af. Cent. Tervuren*, 50p.
- [13] François, A. (1997): Étude géologique de l'arc cuprifère du Shaba. Progrès réalisés entre 1950 et 1980. In: Charlet, J.M., Gisements stratiformes de cuivre et minéralisations associées.
- [14] François, A., 1973: L'extrémité occidentale de l'Arc cuprifère shabien. *Etude géologique.*
- [15] Gécamines-Likasi (Zaïre). Ed. Malvaux Bruxelles (Belgique), 315p.
- [16] François, A., 1974: Stratigraphie, tectonique et minéralisation dans l'Arc cuprifère du Katanga. pp79-101p.
- [17] François, A., 1987: Synthèse géologique sur l'arc cuprifère du Sha4ba (Rép. du Zaïre).
- [18] Centenaire de la Société Belge de Géologie, 15–65p.