

Evaluation du niveau de radioprotection des personnes travaillant dans l'artisanat minier: Cas du site miniers de Twilizembe

Patrick Mbweb Katshil and Robert Lwamba Ilonda

Commissariat Général à l'Energie Atomique, Ministère de la Recherche Scientifique, Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2020 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: Today, the problems of protecting workers against the dangers of ionizing radiation are less well understood in our African countries.

However, it is useful to assess the level of risk of exposure to ionizing radiation for people working in artisanal mining areas; by the dust emanating from these mining areas which may contain natural radioactive elements within it, of telluric origin; and There is therefore a problem of radiation protection. To do our study properly, we started by taking environmental measurements of radioactivity on the entire Twilizembe site and on the five cobalt ore fillings stored on it, then we sampled on these embankments to carry out radiochemical analyzes with a view to assessing the level of radiation protection of people working on this site, based on the theory of physical phenomena of radioactive decays occurring in different radioactive filiations (natural radioactive family). Based on the results obtained, we notice that the uranium concentration values are too low, but can have a negative impact on people in the future (in the case of stochastic effects) and hence the need to evaluate the others. aspects of exhibitions to be very precise and give a definitive conclusion to this work.

KEYWORDS: Assessment, radiation protection, exposure, people, craft, mining.

RESUME: De nos jours, les problèmes de la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants sont moins maîtrisés dans nos pays africains.

Cependant, il est utile d'évaluer le niveau des risques d'expositions aux rayonnements ionisants des personnes travaillant dans des zones minières artisanales ; par la poussière émanant de ces zones minières pouvant contenir des éléments radioactifs naturels en son sein, d'origines tellurique ; et Il se pose par conséquent un problème de radioprotection. Pour bien faire notre étude, nous avons commencé par la prise des mesures d'ambiance de la radioactivité sur tout le site de Twilizembe et sur les cinq remblais des minerais de cobalt entreposés sur ce dernier, puis nous avons échantillonné sur ces remblais pour effectuer des analyses radiochimiques en vue d'évaluer le niveau de radioprotection des personnes travaillant sur ce site en s'appuyant sur la théorie des phénomènes physiques de désintégrations radioactives se passant dans différentes filiations radioactives (famille radioactive naturelle). Partant des résultats obtenus nous remarquons que les valeurs de concentrations en uranium sont trop faibles, mais peuvent avoir de l'impact néfaste sur les personnes dans les futurs (pour les cas des effets stochastiques) et d'où la nécessité d'évaluer les autres aspects d'expositions pour être très précis et donner une conclusion définitive a ce travail.

MOTS-CLEFS: Evaluation, radioprotection, exposition, personnes, artisanat, minier.

1 INTRODUCTION

La pollution de l'environnement par les radioéléments est devenue fréquente et moins maîtrisée dans différents pays Africains. Suite aux activités minières implantées dans des zones riches en métaux recherchés, qui génèrent des grandes quantités des produits solides, gazeux et liquides dans l'environnement (AEN, 2007). Nous remarquons que, la protection de l'environnement contre les rayonnements ionisants semble être négligée au profit des employeurs, cherchant à rentabiliser la production des produits miniers recherchés (Cu, Co, Zn, Ag ... etc.) sans faire allusion aux radioéléments naturels d'origines telluriques que l'on peut retrouver sur le site minier qui émettent des rayonnements ionisants, à la protection des travailleurs contre ces rayonnements en leurs dotant des équipements adéquats et aussi sans prendre des précautions nécessaires pour protéger l'environnement contre ces derniers.

En effet, cette activité met en exergue un réel problème de santé publique, en l'occurrence la potentielle exposition des travailleurs des mines à la radioactivité (D. Delacroix, J.-P. Guerre et P. Leblanc, 2006). C'est un phénomène naturel qui a une origine cosmique et terrestre (Uranium, Thorium...) et est largement répandue dans l'environnement, particulièrement dans les formations géologiques (sols, roches, sables) (M. GOGON BOGBE DOUO LOUIS HUBERSON, 2013-2014).

Par ailleurs des études révèlent que l'exposition aux sources naturelles contribue à près de 67% de la dose de radiation de la population. Fort de cela il est important d'informer les travailleurs des mines sur la qualité de l'environnement dans lequel ils exercent, et surtout de mettre en place des techniques de surveillance dosimétrique afin d'éviter tout impact néfaste dû à la présence des radionucléides dans le sol (IRSN, 2007).

Cependant, pour avoir une idée sur les types de rayonnements émis par les radioéléments trouvés dans l'environnement, nous avons opté pour la technique d'analyse: la spectrométrie gamma pour la caractérisation des radioéléments émetteurs gamma contenus dans notre échantillon; mais comme nous n'avons pas cet appareil, nous avons utilisé la fluorescence X à dispersion d'énergie. Les minerais pulvérisés ont été analysés en utilisant des méthodes Minerai_U_Th (temps de mesure 60 sec par cible) et Paramètres fondamentaux sur poudre (temps de mesure 300 sec par cible). Les pastilles quant à elles ont été analysées par les méthodes Turboquant-Pellet (temps de mesure 300 sec par cible) Paramètres fondamentaux sur pastilles (temps de mesure 100 sec par cible).

Et savoir si les habitants vivants dans des zones minières connues ne sont pas exposés aux rayonnements ionisants (V. Archambault, G. Le Roy et B. Prugnaud, 2005); le cas du site minier de Twilizembé situé dans la ville de Kolwezi province du Lualaba en République Démocratique du Congo, où les habitants vivent presque dans une zone qui a pour activité principale, l'exploitation minière (exploitation minière industrielle et artisanale). Et voir s'ils inhalent une quantité importante des radioéléments trouvés dans les aérosols

A cet effet, suite à tous ces problèmes remarqués sur certaines zones d'exploitations minières artisanales de la province du Lualaba, nous avons proposé de faire une étude « **Evaluation du niveau de radioprotection des personnes travaillant dans l'artisanat minier: Cas du site miniers de Twilizembe** »

2 LES EXPLOITATIONS MINIÈRES ET LA RADIOACTIVITÉ

La radioactivité est la propriété qu'ont certains noyaux de se désintégrer et d'émettre spontanément des particules ou rayonnements électromagnétiques pour donner naissance à un noyau plus stable. Elle peut être d'origine artificielle ou naturelle. Elle est présente dans la croûte terrestre et par conséquent dans les sols mais à des concentrations différentes selon la structure des sols. Il est également important de signaler que les radiations émises ont la propriété d'ioniser la matière. Ainsi les exploitations minières, pratiques qui consistent à mettre en mouvement de grandes quantités de roches et de sol, sont logiquement des lieux d'exposition aux rayonnements ionisants. On peut également y adjoindre la radioactivité d'origine anthropogénique (essais nucléaires...). L'exposition des travailleurs affectés dans les exploitations minières peut provenir essentiellement de cette source d'irradiation (M. GOGON. B; 2013-2014).

2.1 FAMILLE DU THORIUM-232

Caractérisée par le nombre de masse $A=4n$, elle subsiste encore dans la nature en raison de la longue demi-vie, 1,391010 a, du père de la famille ^{232}Th . Cette période radioactive est environ trois fois l'âge de la terre. Le ^{232}Th est un émetteur alpha d'énergies 4,007 MeV (76%), 3,952 MeV (24%), et 3,882 MeV (0,2%). La dose efficace annuelle d'une irradiation interne causée par le ^{232}Th est en moyenne $3 \mu\text{Sv/a}$.

Son descendant immédiat ^{228}Ra de période 6,7 a est un émetteur bêta d'énergie maximale 55 keV. Il est pratiquement en équilibre avec son fils ^{228}Ac de période 6,13 h qui est lui aussi émetteur bêta avec une énergie maximale de 2110 keV. Sa désintégration s'accompagne de l'émission de plusieurs raies gamma. Le produit de cette désintégration est le ^{228}Th de période 1,9 a, émetteur alpha d'énergies: 5,421 MeV (71%), 5,338 MeV (28%), 5,208 MeV (0,4%), 5,173 MeV (0,2%) et 5,137 MeV (0,03%). Un état d'équilibre s'établit rapidement entre le ^{228}Th et son descendant ^{224}Ra de courte période: 3,66 j.

Le reste de la chaîne est gouverné par le ^{220}Rn d'une demi-vie de 54,5 s ayant des descendants qui ont tous de courtes périodes radioactives. Plusieurs raies alpha, bêta et gamma sont émises dans ce groupe. Le spectre des raies gamma s'étend des basses énergies jusqu'à 2615 keV. Le ^{220}Rn , sous forme de gaz, peut migrer et diffuser facilement pouvant ainsi créer un état de déséquilibre dans la famille du ^{232}Th . Mais en raison de sa très courte période son importance sur le plan exposition radiologique se trouve réduite.

La dose efficace annuelle due à l'irradiation interne causée par le groupe $^{228}\text{Ra} \rightarrow ^{224}\text{Ra}$ est $13 \mu\text{Sv/a}$. Alors que la valeur produite par le groupe $^{220}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{Tl}$ est $160 \mu\text{Sv/a}$. L'irradiation externe due à la présence des radionucléides de toute la famille produit une dose efficace annuelle de $160 \mu\text{Sv/a}$.

Le bilan de l'irradiation interne et externe due aux radionucléides de la famille du ^{232}Th , dans un milieu où règne un bruit de fond naturel, produit une dose efficace annuelle de $340 \mu\text{Sv/a}$ (UNSCEAR, 1988).

La famille du thorium se termine par un isotope stable de plomb qui est le ^{208}Pb .

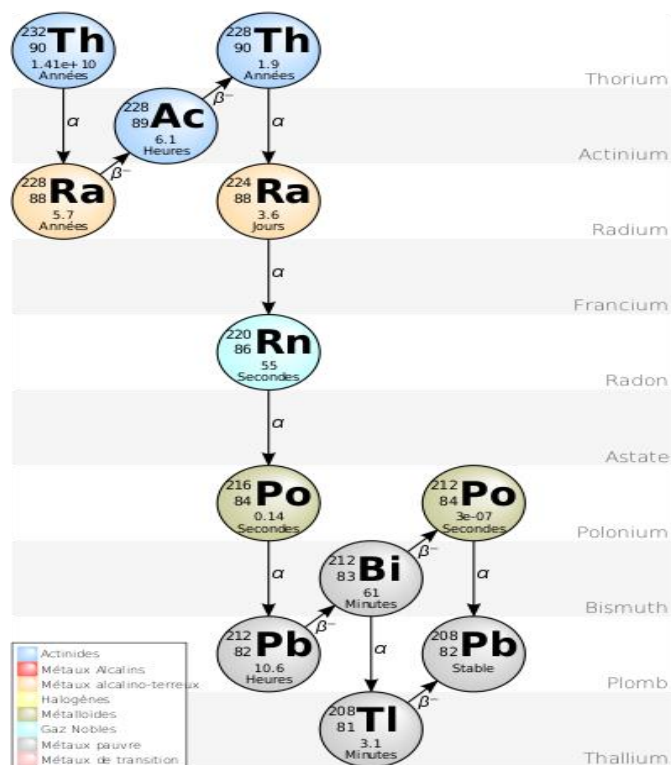


Fig. 1. Famille du Thorium-232

2.2 FAMILLE DE L'URANIUM-238

C'est la plus longue chaîne connue. Elle est caractérisée par le nombre de masse $A=4n+2$. Le père de la famille est l' ^{238}U ayant une longue période radioactive 4,49.109 a de l'ordre de l'âge de la terre. C'est le constituant principal de l'uranium naturel avec une abondance de 99,27%. Sa désintégration s'accompagne d'émission de particules alpha d'énergies : 4,195 MeV (77%), 4,147 MeV (23%) et 4,038 MeV (0,23%). Ses descendants immédiats sont ^{234}Th et $^{234\text{m}}\text{Pa}$ ayant les périodes radioactives de 24,1 j et 1,18 mn. Ces périodes sont suffisamment petites pour considérer que ces radionucléides sont en équilibre avec l' ^{238}U .

La désintégration du ^{234}Th s'accompagne d'émission de particule bêta, dont les énergies maximales sont 103 keV et 191 keV, et de rayonnements gamma. Le $^{234\text{m}}\text{Pa}$ est lui aussi émetteur bêta d'énergie maximale 2290 keV et de rayonnements gamma. Ce dernier se désintègre pour donner naissance à l' ^{234}U de période $2,48 \times 10^5$ a qui est un émetteur alpha, dont les énergies sont 4,768 MeV (72%), 4,717 MeV (28%) et 4,6 MeV (0,3%), et gamma de faible intensité.

La dose efficace annuelle de ce groupe pour une irradiation interne est estimée à $5 \mu\text{Sv/a}$.

Le produit de désintégration de l' ^{234}U est le ^{230}Th ayant une période de 7,52104 a et émettant des particules alpha, d'énergies 4,682 MeV (76%), 4,615 MeV (24%), 4,476 MeV (0,12%) et 4,437 MeV (0,03%) et des raies gamma de très faible intensité. L'ingestion de ce radionucléide cause une dose efficace annuelle de $7 \mu\text{Sv/a}$.

Le radionucléide obtenu après sa désintégration est le ^{226}Ra de période 1622 a, émetteur alpha : 4,781 MeV (94%), 4,598 MeV (5,1%), 4,34 MeV (7,10-3%) et 4,191 MeV (10-3%). Sa désintégration vers le ^{222}Rn s'accompagne d'émission d'une raie gamma d'énergie 186 keV (3,28%). L'irradiation interne due au ^{226}Ra cause une dose efficace annuelle de $7 \mu\text{Sv/a}$.

Le ^{222}Rn est un gaz radioactif de période 3,825 j, émetteur alpha : 5,486 MeV (100%) et 4,983 MeV (8,10-2%). Ses descendants immédiats : ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi et ^{214}Po ont de courtes périodes - la plus longue est celle du ^{214}Pb : 26,8 mn - leur permettant ainsi de se mettre rapidement en équilibre avec leur père. Dans ce groupe il y a émission de particules alpha et bêta et des rayonnements gamma. Les principales raies gamma émises sont dues aux ^{214}Pb et ^{214}Bi . Le spectre de ce gamma est très large allant des faibles aux hautes énergies.

Ce groupe est très critique d'un point de vue exposition radiologique. L'inhalation des descendants du radon constitue la composante principale contribuant à la dose efficace annuelle due à l'exposition à la radioactivité naturelle. Cette contribution, très variable selon les paramètres géologiques et climatiques, est estimée à 1100 $\mu\text{Sv/a}$ en moyenne. Mais la part due au ^{222}Rn lui-même n'est que 5% de la dose totale de ce groupe. Par conséquent, ce sont les descendants immédiats du ^{222}Rn qui jouent un rôle primordial dans la radioprotection.

Au bas de la chaîne, on trouve le groupe gouverné par le ^{210}Pb ayant une période de 21,4 a et émetteur bêta avec une raie gamma de faible énergie. L'exposition interne due aux radionucléides de ce groupe cause une dose de 120 $\mu\text{Sv/a}$. L'irradiation externe due à la présence des radionucléides de toute la famille produit une dose efficace annuelle de 100 $\mu\text{Sv/a}$.

Le bilan de l'irradiation interne et externe due aux radionucléides de la famille de l' ^{238}U , dans un milieu où règne un bruit de fond naturel, produit une dose efficace annuelle de 1340 $\mu\text{Sv/a}$ (UNSCEAR, 1988). Le ^{206}Pb , qui est le plus léger des isotopes naturels du plomb, est l'isotope stable terminant la chaîne de l' ^{238}U .

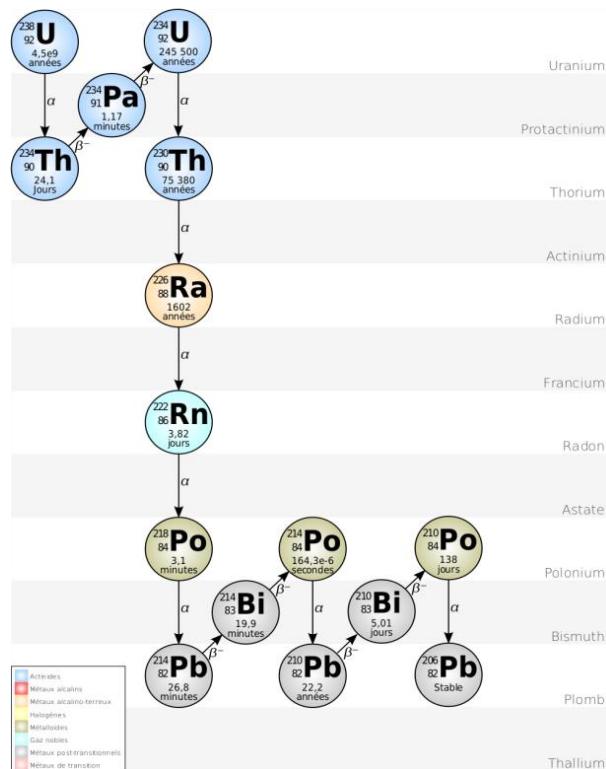


Fig. 2. Famille de l'Uranium-238

2.3 FAMILLE DE L'URANIUM-235

Cette chaîne est caractérisée par un nombre de masse $A=4n+3$. Dans la nature, elle commence par le radionucléide ^{235}U qui a la plus longue période radioactive dans la famille: 7,13108 a et une abondance isotopique de 0,72%. Dans cette famille il y a émission de particules alpha et bêta et des raies gamma. Mais sur le plan radioprotection elle ne joue pas de rôle important en raison de la faible abondance isotopique de l' ^{235}U . Cette chaîne est terminée par un isotope stable de plomb qui est le ^{207}Pb .

REMARQUE:

A côté de ces trois familles, on peut citer une quatrième entièrement disparue de la nature à cause des courtes périodes radioactives de ces différents constituants. Le nombre de masse caractérisant cette chaîne est $A=4n+1$. Le père de la chaîne est le ^{237}Np de demi-vie 2,2106 a. Tous les membres de cette famille ont pu être reconstitués artificiellement.

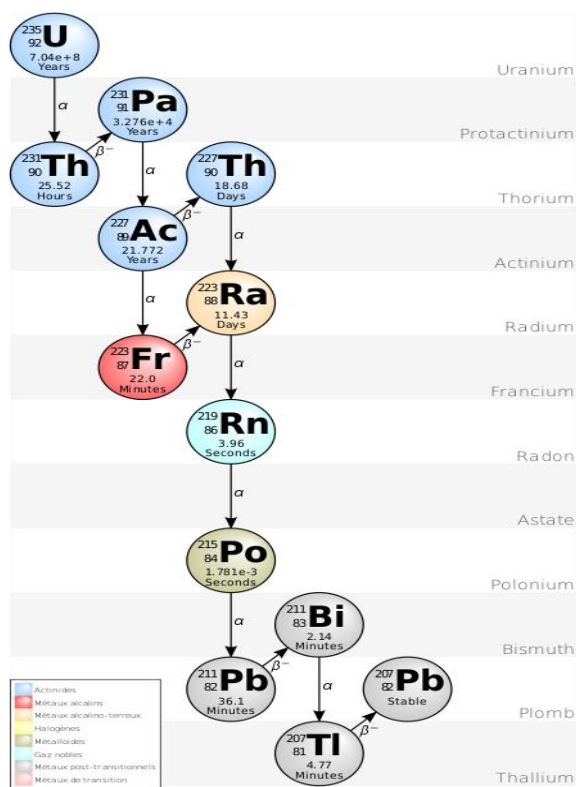


Fig. 3. Famille de l'Uranium-235

2.3.1 K ET 87Rb

Ce sont parmi les radioéléments les plus importants qui jouent un rôle dans l'exposition radioactive. Ces radionucléides ont des propriétés chimiques semblables et se désintègrent pour aboutir à des éléments stables. Leurs périodes sont respectivement 1,26109 a et 51011 a.

Le 40K constitue la source principale de radiations dans le corps humain qui contient en moyenne environ 4,4 kBq de ce radionucléide (TYKVA R. et J. SABOL, 1995). La dose efficace annuelle due à l'exposition interne par le 40K est 150 $\mu\text{Sv/a}$, celle de l'exposition externe est 180 $\mu\text{Sv/a}$. La dose efficace annuelle dû à l'exposition interne par le 87Rb est 6 $\mu\text{Sv/a}$ (UNSCEAR, 1988).

3 LES TECHNIQUES DE SURVEILLANCES DE L'EXPOSITION DANS LA MINE A CIEL OUVERT DES MINERAIS DE CUIVRE ET COBALT

La dosimétrie permet de mesurer la dose reçue par une personne exposée aux rayonnements ionisants, entre autres, dans le cadre de son activité professionnelle. C'est une exigence réglementaire imposée à l'employeur pour tout travailleur susceptible de recevoir une dose supérieure à la limite admise pour le public. C'est donc le moyen par excellence de contrôle et de surveillance de l'exposition des travailleurs. Cette surveillance de l'exposition des travailleurs vise à renforcer les principes fondamentaux de la radioprotection que sont la justification, l'optimisation et la limitation. En effet on recherche toujours l'exposition minimale nécessaire, tout en permettant au professionnel de mener à bien les missions qui lui sont confiées. C'est dans cette optique que différentes techniques ont été mises en place. Toutefois il convient de faire le choix des techniques de surveillance de l'exposition des travailleurs en fonction de l'activité professionnelle en vigueur. Ainsi, dans ce qui suit, nous donnerons quelques techniques de surveillance adaptées au travail dans les mines de cuivre et de cobalt notamment à ciel ouvert tout en se référant à ce qui se fait dans les mines d'or à ciel ouvert de Tongon au Côte d'Ivoire (M. GOGON. B; 2013-2014). Il apparaît évident que les techniques de surveillances adaptées aux mines à ciel ouvert sont celles relatives à l'exposition externe et interne, compte tenu du fait que ce type d'exploitation met en mouvement des quantités considérables de sol et par conséquent de la poussière.

3.1 DOSIMÉTRIE INDIVIDUELLE

La dosimétrie personnelle sert principalement à vérifier les doses reçues par les travailleurs. La dosimétrie individuelle fait partie de cette catégorie de dosimétrie. L'objectif de ce type de surveillance est de fournir un ensemble d'informations pouvant

être utilisées dans le cas d'exposition accidentelle d'un travailleur ou d'une maladie professionnelle. La dosimétrie individuelle se fait à l'aide de petit détecteur (généralement TLD) que porte chaque travailleur. Elle sert principalement à surveiller les expositions externes et internes subies par chaque travailleur, en continu au poste de travail, sur une période d'un (01) mois. Précisons tout de même que cette dosimétrie individuelle peut donner lieu à l'utilisation de dosimètres spécifiques tel que les dosimètres extrémités et autres. Mais pour ce qui est des mines de cobalt et de cuivre à ciel ouvert, un dosimètre corps entier porté à hauteur de la poitrine suffirait.

3.2 DOSIMÉTRIE DE FONCTION

A l'instar de la dosimétrie individuelle, la dosimétrie de fonction fait partie de la dosimétrie personnelle. La seule différence notable entre ces deux types de surveillance est que la seconde bien que tenant compte de la fonction du travailleur, n'est pas attribuée à tous les travailleurs de cette fonction. La dosimétrie de fonction est basée sur l'utilisation d'appareils portés par un échantillon de personnes représentatif des différentes fonctions existantes dans l'exploitation. Ce type de surveillance est adaptée aux fonctions qui sont telles que les expositions susceptibles d'être reçues sont considérées comme étant de même nature et de même intensité. Dans ce cas on utilise des appareils de mesure qui permettent de déterminer les niveaux moyens d'exposition interne et externe pour chacune des fonctions. Ensuite à partir du temps de travail effectif des travailleurs dans les différentes fonctions, on peut calculer les expositions ou la dose reçue par chacun d'eux. C'est une surveillance qui est conseillée dans le cas des travailleurs des mines à ciel ouvert, telle que celle de Twilizembé.

3.3 DOSIMÉTRIE D'AMBIANCE

La surveillance indirecte par mesure des débits de dose ou des concentrations de substances nucléaires en suspension dans l'air est un type de dosimétrie qui permet la surveillance de l'environnement, notamment de travail. La dosimétrie d'ambiance fait partie intégrante de ce type de surveillance. Cette technique de surveillance est basée sur le contrôle de la qualité de l'atmosphère des lieux de travail et au cours des différentes phases de travail. Elle est souvent utilisée en complément de la dosimétrie individuelle ou lorsque cette dernière est impossible à mettre en œuvre. Dans ce cas, on peut faire usage des données obtenues et y adjoindre d'autres renseignements en vue d'estimer la dose de rayonnement reçue par une personne ayant séjourné dans cette atmosphère pendant cette période. On l'observe dans les lieux d'intense activité nucléaire ou dans les lieux susceptibles d'avoir une forte concentration en radon (^{222}Rn) ou en poussières de minerai ou encore pour contrôle des niveaux d'énergie alpha potentielle due aux descendants du radon 222. Elle pourrait être par conséquent une alternative dans les mines à ciel ouvert et selon le poste de travail mais pas prioritaire compte tenu de l'aération qui règne dans ce genre d'exploitation.

3.4 LA RADIOTOXICOLOGIE

La radiotoxicologie est un type de dosimétrie personnelle car elle consiste à la surveillance individuelle des travailleurs. C'est une discipline scientifique récente qui étudie les effets directs et/ou indirects des radioéléments sur les organismes vivants et les écosystèmes. La radiotoxicologie permet la surveillance de l'exposition interne en mesurant la présence de substances radioactives dans les excréta humains. Elle donne par conséquent des résultats différés et lui confère le statut de méthode indirecte par opposition à l'anthroporadiométrie. Ainsi en fonction des rayonnements en présence et du type d'incorporation (inhalation ou ingestion) et de la transférabilité du radioélément, l'analyse peut se faire sur des échantillons d'urine ou des selles. La radiotoxicologie est une technique de surveillance mieux adapté aux environnements potentiellement contaminés par les poussières radioactives et susceptible d'être incorporées par les travailleurs tel le cas d'une exploitation minière à ciel ouvert. Cependant compte tenu du fait qu'elle consiste à l'analyse des selles et urines, elle est préconisée pour les radioéléments émetteurs de particules à portée relativement courte (β , α).

4 NORMES FONDAMENTALES RELATIFS A LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS (CAS DE LA R.D. CONGO)

Ces normes permettent aux exploitants miniers de travailler tout en respectant l'environnement contre les rayonnements ionisants suivant les exigences de l'agence international à l'énergie atomique (IEIA) et nous permet de bien faire des suivis et contrôle des zones industrielles dans toute la république [9]. Qui dit:

En ses articles 2, 3 et 4 des chapitres 2 et 3 du titre 1^{er}: parle des dispositions générales:

✓ qui parle des objectifs en ses articles 2, 3 et 4 des chapitres 2 et 3 dans les lignes qui suivent:

- (a) protéger l'homme en général, le personnel sous rayonnements en particulier et l'environnement contre les effets nuisibles et indésirables des rayonnements ionisants;

- (d) permettre à l'Etat de prendre rapidement toutes les mesures utiles en vue de localiser les matières nucléaires ou radioactives, de les recouvrer si elles sont volées ou perdues et coopérer avec les autorités de sûreté pour réduire au minimum les conséquences radiologiques;
 - (f) faire respecter en République démocratique du Congo les dispositions pertinentes à la convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire et la convention sur l'assistance mutuelle en cas d'accident nucléaire ou d'urgence radiologique dont elle est signataire.
- ✓ En son article 3, des chapitres 3 et 4 qui parlent du champ d'application dans les lignes qui suivent:

Article 3

- toute activité impliquant un risque d'exposition à des sources de rayonnements ionisants y compris les expositions chroniques et les expositions en cas d'urgence radiologique;
- toute activité impliquant une radio-exposition, à moins qu'elle fasse l'objet d'exclusion ou d'exemption conformément à ses dispositions pertinentes.

Article 4

- La présente loi est également applicable à toutes les installations nucléaires ainsi qu'à toute matière nucléaire et radioactive, en cours d'exploitation, d'utilisation, d'entreposage ou de transport.

Et en son article 5,6 et 7 des chapitres 1 du titre 2^{er}: parle de la protection contre les dangers des rayonnements ionisants, dispositions générales:

Article 5

- Toute pratique ou toute activité impliquant une exposition aux rayonnements ionisants est soumise à une autorisation préalable.

Cette autorisation n'est accordée que si cette pratique ou cette activité est conforme aux principes fondamentaux suivants:

- ne pas impliquer des risques incontrôlables pour la santé et la sécurité des personnes exposées et de la population en général;
- devoir comporter la mise en œuvre des mesures et précautions visant à assurer de façon optimale la protection des personnes, des biens et de l'environnement;
- n'être entreprise que par des personnes qualifiées à en assurer professionnellement la responsabilité, la supervision et disposant d'infrastructures appropriées;
- être susceptible de produire un avantage net positif, maintenir l'exposition à des rayonnements au niveau le plus bas que l'on puisse raisonnablement atteindre en tenant compte des facteurs socio-économiques existants et limiter les doses d'exposition aux niveaux fixés par la réglementation en vigueur.

Article 6

- Toute pratique ou toute activité impliquant une radio-exposition doit être conforme aux normes fondamentales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements établies, à l'échelon international sous les auspices de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

Article 7

- Il est interdit d'employer des personnes de moins de 18 ans et des femmes enceintes dans toutes les activités impliquant une exposition à des sources de rayonnements ionisants.

5 METHODOLOGIE DU TRAVAIL

Le travail consiste à analyser les échantillons de sol après prélèvement et pulvérisation, pour permettre d'identifier les éléments radioactifs contenus dans ce dernier, en vue d'évaluer le niveau de la protection radiologique des travailleurs en se référant aux normes internationales de la protection radiologique publiée par la CIPR 107.

5.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Tableau 1. Résultats en U (mg/kg), Sv/h et Sv/an par échantillon de matière sèche

Echantillons		Teneur (mg/kg)	Exposition externe par kg de matière sur 1 m ² de sol et 1 m de distance	
Code APKAT	Code LCA			
CMD/KZI Lot 1	14057	45,0 ± 1,0	3,8 ± 0,108 nSv/h	32,8 ± 4,7 µSv/an*
CMD/KZI Lot 2	14058	72,01 ± 0,7	6,10 ± 0,1 nSv/h	52,6 ± 1,3 µSv/an*
CMD/KZI Lot 3	14059	10,5 ± 0,2	0,9 ± 0,02 nSv/h	7,7 ± 0,1 µSv/an*
CMD/KZI Lot 4	14060	36,7 ± 0,8	3,1 ± 0,107 nSv/h	26,8 ± 0,6 µSv/an*
CMD/KZI Lot 5	14061	8,5 ± 0,4	0,7 ± 0,03 nSv/h	6,11 ± 0,3 µSv/an*

6 DISCUSSION PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

6.1 SYNTHÈSE SUR LES RÉSULTATS

Les valeurs présentées dans le tableau ci-haut, nous montre que:

- ces dernières en Uranium obtenues et exprimées en mg/kg et montre clairement que, les teneurs en Uranium total semblent être basses, mais peuvent avoir de l'impact néfaste sur les personnes; dans la mesure où, ils vont ingérer et inhaler les éléments émetteurs de alpha et beta,
- la valeur de 72,01 ± 0,7 supposée grande, exprimée en pourcentage (%) donne: 0.007201 %, ce qui prouve qu'elle est très faible,
- et le ± 0,7; définie l'incertitude de mesure.

6.2 PRÉ-DÉTECTION RADIOMÉTRIQUE

La mesure de la prise du bruit de fond a été faite avant d'accéder sur le site, puis les mesures de pré-détection radiométriques (mesure du flux de rayonnement gamma) ont été réalisées en dynamique, en balayant une large partie du site prospecté, au moyen d'un thermo-Scientific de marque FH 40 G-L très sensibles. Ces mesures ont été réalisées selon le cas à 1 m du sol, afin d'obtenir une première évaluation de l'exposition au corps entier, et/ou au contact du sol, afin d'optimiser les chances de détection d'anomalies localisées présentes en surface; nous avons comparé le bruit de fond aux mesures de pré-détection.

Nous avons utilisé les thermo-Scientific de marque FH 40 G-L et d'un PRD de marque POLIMASTER, caractérisés par une réponse rapide. Pour un flux gamma d'intensité donné, les valeurs exprimées en coup seconde (c/s) diffèrent entre les deux appareils; ceci est dû aux caractéristiques spécifiques de chacun des détecteurs. Il existe toutefois un facteur de correspondance permettant une conversion des mesures effectuées. Dans le cadre de la présente étude, nous n'avons pas effectué de conversion et chaque appareil ayant été utilisé pour une application particulière. En effet, chacun des appareils possède ses propres avantages.

6.3 MESURES DE DÉBIT DE DOSE

Nous avons effectué des mesures à 1 m du sol, qui représentent la dose au corps entier, ainsi que des mesures au contact du sol sur les points particulièrement actifs. Ces mesures de débit de dose gamma au contact ne représentent que partiellement la dose à la peau. En effet, au contact d'un matériau riche en uranium 238 par exemple, l'exposition de la peau par les rayonnements (beta et dans une certaine mesure alpha) peut devenir très importante. Cette composante n'est pas mesurée par ces appareils utilisés pour notre étude. Et son évolution nécessiterait la réalisation de mesures spécifique dans le cadre d'un travail complémentaire.

6.4 BILAN DES MESURES RADIOMÉTRIQUES ET ANALYSES SUR FLUORESCENCE X À DISPERSION D'ÉNERGIE

5 grands remblais du site de twilizembé ont été prospectés; plusieurs mesures de flux gamma et mesures de débit de dose au moyen du thermo-Scientific de marque FH 40 G-L ont été réalisées et les valeurs ont été légèrement au-dessus du bruit de fond sur l'ensemble du site exploré.

Les mesures radiométriques et les analyses sur fluorescence X à énergie dispersive montrent que les 5 remblais présentent une faible contamination à certains points par l'Uranium total et ces produits miniers entreposés sous forme des remblais

proviennent des différentes zones minières d'exploitations artisanales de Kolwezi. Et Cette situation peut conduire à une élévation significative de l'exposition externe et de la contamination par les émetteur alpha et beta issus des familles radioactives (l'Uranium 238, 235 et du Thorium 232) des personnes qui y travaillent chaque jour et si le stockage mettait beaucoup de temps. Et nous signalons également que, si nous avons effectués les analyses sur la spectrométrie gamma, nous devrions avoir les résultats des isotopes Uranium, Thorium et leurs descendants.

MESURES RADIAMÉTRIQUES / IMPACT RADIOLOGIQUE

Concernant les dangers de l'expression des personnes à la source des radioactivités naturelle, la réglementation nationale et internationale prévoit que des mesures du suivi, de protection et d'information doivent être engagées. Concernant l'exposition du fait des activités, les normes internationales de radioprotection comportent 3 principes repris par la Directive européenne 96/26 du 13 mai 1996 (recommandations adaptées par la CIPR en 1985) et intégré dans la réglementation française (Code de la Santé publique et décret N°2002-460 du 4 Avril 2002:

- La justification: toute pratique entraînant une exposition aux rayonnements ionisants doit être justifiée par des avantages économiques et sociaux supérieurs au détriment sanitaire qu'elle est susceptible de provoquer.
- L'optimisation: toutes les expositions doivent être maintenues au niveau le plus faible raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux.
- La dose annuelle admissible: Il s'agit de la dose annuelle cumulée au-delà de laquelle le risque est jugé inacceptable. La directive EURATOM 96/29 a fixé le seuil de l'inacceptable à 1000 μSv par an pour l'exposition à l'ensemble des activités dites nucléaires (ou pratiques) c'est-à-dire des activités humaines générant une exposition en dehors de l'exposition strictement naturelle et médicale). Ce seuil concerne le total des toutes les voies d'exposition

Pour l'exposition à une seule pratique, la CIPR recommande une limite de 300 μSv par an et la réglementation européenne considère qu'une pratique a impact sanitaire négligeable si elle délivre moins de 10 μSv par an.

Dans la suite du texte, nous nous référons à ses limites (1000 μSv , 30 μSv , et 10 μSv). Chacune correspond, d'après les autorités et organismes de référence à un certain détriment qui prend essentiellement en compte les cancers et les défauts héréditaires. Ces limites ne constituent, en aucun cas, les seuils au-dessous desquels la radioactivité serait inoffensive, la proportionnalité entre dose et effet étant adaptée par la CIPR, depuis 30 ans et revendiqué depuis 1990 comme une approche non plus prudente mais correspondant) l'hypothèse la plus probable.

Les radionucléides présents à l'extérieur de l'organisme, par exemple dans un sol, peuvent en se désintégrant, émettre des rayonnements ionisants qui traversent l'air ambiant et atteignent la personne qui évolue sur le sol ou à proximité.

Dès que l'on s'éloigne de quelques dizaines de centimètres d'une source d'uranium 238 en équilibre avec ses descendants, les rayonnements gamma sont les principaux contributeurs à l'exposition externe. En effet, à cette distance le rayonnement alpha émanant de la source est totalement arrêté par les couches d'air, et une fraction importante du rayonnement bêta l'est également. Dans le cadre de cette étude préliminaire, la question des doses à la peau ne sera pas traitée beaucoup plus.

Dans le cas d'une source ponctuelle, le flux de rayonnement gamma diminue comme l'inverse du carré de la distance, l'exposition externe est donc plus importante au contact de matières radioactives qu'à distance.

L'exposition externe globale de l'organisme est évaluée par le débit de dose au corps entier mesuré habituellement à 1 m du sol et exprimé en microGray par heure. Dans le cas des rayonnements bêta et gamma, cette valeur est équivalente à la mesure de débit de dose équivalent exprimée en microSievert par heure.

RAYONNEMENT GAMMA ET L'EXPOSITION EXTERNE

Les radionucléides présents à l'extérieur de l'organisme, par exemple dans un sol, peuvent en se désintégrant, émettre des rayonnements ionisants qui traversent l'air ambiant et atteignent la personne qui évolue sur le sol ou à proximité.

Dès que l'on s'éloigne de quelques dizaines de centimètres d'une source d'uranium 238 en équilibre avec ses descendants, les rayonnements gamma sont les principaux contributeurs à l'exposition externe. En effet, à cette distance le rayonnement alpha émanant de la source est totalement arrêté par les couches d'air, et une fraction importante du rayonnement bêta l'est également. Dans le cadre de cette étude préliminaire, la question des doses à la peau ne sera pas traitée beaucoup plus.

Dans le cas d'une source ponctuelle, le flux de rayonnement gamma diminue comme l'inverse du carré de la distance, l'exposition externe est donc plus importante au contact de matières radioactives qu'à distance.

L'exposition externe globale de l'organisme est évaluée par le débit de dose au corps entier mesuré habituellement à 1 m du sol et exprimé en microGray par heure. Dans le cas des rayonnements bêta et gamma, cette valeur est équivalente à la mesure de débit de dose équivalent exprimée en microSievert par heure.

7 CONCLUSION

Ces valeurs obtenues correspondent à l'ensemble des voies d'exposition. Or, nos mesures ne concernent qu'une seule de ces voies: l'exposition externe. Aucune conclusion sur le respect des limites réglementaires ne pourra donc être tirée avant d'avoir évalué l'ensemble des autres conclusions. Par contre, dès lors que des dépassements peuvent être démontrés sur la base de la seule exposition externe, la prise en compte des autres composants de la dose ne pourra que confirmer.

Il s'avère nécessaire de prendre en considération l'ensemble des risques liés aux niveaux élevés de radioactivité naturelle, notamment de ceux concernant le radon que la population peut inhaler si les matériaux de construction utilisés ont une présence élevée en Uranium naturel dans leur habitat. La population devra être également mise en garde contre l'utilisation de telles roches comme matériaux de construction. D'où la nécessité d'approfondir avec les recherches en exploitant les autres aspects reprenant les autres voies d'expositions.

REFERENCES

- [1] AEN (2007), Le droit de la protection radiologique de l'environnement: État des lieux, ISBN 978-92-64-99001-2, OCDE/AEN, Paris.
- [2] D. DELACROIX, J.-P. GUERRE et P. LEBLANC Guides pratique de radionucléide et radioprotection, Vol. 39, 2 emè Edition, 2006.
- [3] D.-J.Gambini, R.Granier, G.Boisserie, Manuel pratique de radioprotection, coédition TEC&DOC lavoisier/Ed. Médicales internationales).
- [4] Décret n°05/22 du 29 mars 2005 portant règlementation de la protection contre les dangers des rayonnements ionisants de la Loi N°017-2002 du 16 Octobre 2002 portant dispositions relatives à la protection contre les dangers des rayonnements ionisants et à la protection physique des matières et des installations Nucléaires, p. 2 et 7).
- [5] EC Radiation Protection No 175: Guidelines on radiation protection education and training of medical professionals in the European union, 2014.
- [6] Jean-pierre servent, Christian Gauron et Marie-Hélène Boulay; (février 2005), Les rayonnements ionisants, prévention et maîtrise du risque, IRSN, ED 958.
- [7] loi 017-2002 du 16 octobre 2002 portant dispositions relatives a la protection contre les dangers des rayonnements ionisants et a la protection physique des matières et des installations nucléaires.
- [8] Houda ABBASSI, Risque classique et moyen de protection, 8ème édition PGEC – Rabat, Module VI, 28 octobre 2013 - 28 mars 2014, version 2013.
- [9] M. GOGON BOGBE DOUO LOUIS HUBERSON, Etude par spectrométrie gamma d'échantillon de sol issu d'une mine d'or en Cote d'ivoire, Formation Supérieure Régionale en Radioprotection et Sûreté des Sources de Rayonnements Ionisants (PGEC), 8ème Edition Rabat – Maroc 2013 – 2014,.
- [10] NB Euratom: Directive 2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants.
- [11] NRPB-R245: Committed Equivalent Organ Dose and Committed Effective Doses from Intakes of Radionuclides, 1991.
- [12] Publication 103 de la CIPR de l'année 2007.
- [13] UNSCEAR, 1988, 'Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation', New York, NY: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.
- [14] TYKVA R. et J. SABOL, 1995, 'Low Level Environmental Radioactivity, Sources and Evaluation', Technomic Publishing Company, Inc.
- [15] V. Archambault, G. Le Roy, B. Prugnaud, « Dosimétrie passive: introduction d'un nouveau dosimètre basé sur la technologie OSL*''', Radioprotection, 2005, vol. 40, n°4, p.503 à 507.



MBWEB KATSHIL Patrick, Licencié en Chimie industrielle de l'Université de Lubumbashi (République Démocratique du Congo) en 2008. Il est actuellement attaché de recherche au COMMISSARIAT GÉNÉRAL A L'ÉNERGIE ATOMIQUE / DR CONGO. Depuis 2008, il donne des conférences et des séminaires en chimie à l'université publique de D.R. Congo. Spécialiste en radioprotection et sécurité des sources de rayonnements ionisants formé par l'école d'ingénieur Mohammedia et le Centre national de l'énergie, des sciences et de la technologie CNESTN, Maroc. Lubumbashi le 19 Avril 1984.



LWAMBA ILONDA Robert, Chimiste, Campus Universitaire de Kinshasa à la Faculté des Sciences, Chef des activités de pour analyse et l'émission des certificats COMMISSARIAT GÉNÉRAL DE 'ÉNERGIE ATOMIQUE / D.R CONGO. Kavumu Le 02 février 1953.