

Étude des facteurs de risques de rayonnements ionisants sur les personnes travaillants dans les sites miniers artisanaux : Cas de l'ancien site Musompo

[Study of the risk factors of ionizing radiation on people working in artisanal mining sites: Case of the former Musompo site]

Robert Lwamba Ilonda and Patrick Mbweb Katshil

Commissariat Général à l'Énergie Atomique, Ministère de la Recherche Scientifique, Technologique et Innovation,
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: The risk factors of ionizing radiation on people working in the artisanal mining sector seem to be neglected due to the lack of information for workers in this trading center.

These intense mining activities observed on the latter generate large quantities of aerosols in the environment due to the particle size reduction that takes place there and we note that inhalation and ingestion by the latter is inevitable; especially during the dry season; in addition, there is a risk of irradiation and contamination by radioelements which could be contained in the aerosols and which would cause transformations of certain organs of the body due to their levels of radiosensitivity.

To this end, to have more details on the probability of the risk due to the contamination and the irradiation of these radioactive elements which would be contained in these aerosols, we have opted as a research technique based on observation, interview and questioning all the people working directly on this site as well as taking measurements of ambient radioactivity levels. The results obtained show that, in general, the values of the ambient radioactivity levels taken are fair but exceed $0.5 \mu\text{Sv/h}$, which is the limit value accepted by ICRP 103 (international commission on radiological protection) for persons of public and published in 2007; and recommend a worker dosimetric monitoring program to prevent any risk of contamination and exposure.

KEYWORDS: Study of factors, risks, ionizing radiation, person, mining crafts, musompo.

RESUME: Les facteurs de risques de rayonnements ionisants sur les personnes qui travaillent dans le secteur minier artisanal semblent être négligés suite au manque d'information des travailleurs de ce centre de négoce.

Ces activités minières intenses remarquées sur ce dernier génèrent des grandes quantités d'aérosols dans l'environnement à cause de la réduction granulométrique qui s'y effectue et nous remarquons que l'inhalation et ingestion par ces derniers est inévitables; surtout pendant la saison sèche; en plus, il y a risque d'irradiation et de contamination par les radioéléments qui pourraient être contenu dans les aérosols et qui causeraient des transformations des certains organes du corps suite à leurs niveaux de radiosensibilité.

A cet effet, pour avoir plus des détails sur la probabilité du risque dus à la contamination et l'irradiation de ces éléments radioactifs qui seraient contenus dans ces aérosols, nous avons opté comme technique de recherche basée sur l'observation, l'interview et le questionnement de toutes les personnes travaillant directement sur ce site ainsi qu'au prélèvement des mesures de taux de radioactivité ambiante. Les résultats obtenus montre, qu'en général, les valeurs des taux de radioactivités ambiante prises sont passables mais dépassent $0,5 \mu\text{Sv/h}$, qui est la valeur limite admise par la CIPR 103 (commission internationale de protection radiologique) pour les personnes du publics et publiée en 2007; et recommandons un programme de suivi dosimétrique des travailleurs pour prévenir tout risque de contamination et d'exposition.

MOTS-CLEFS: Etude des facteurs, risques, rayonnements ionisants, personne, artisanat miniers, musompo.

1 INTRODUCTION

Suite aux activités humaines qui se déroulent sur le site de négoce, nous remarquons qu'il y a production des quantités énormes des polluants solides dus à ces activités (réduction granulométrique, entreposage ... etc.). Cette dernière développée dans la ville de Kolwezi, située dans la province du Lualaba en République Démocratique du Congo s'effectue à grande échelle et la sensibilisation sur la protection contre le danger des rayonnements ionisants semble être négligées par les travailleurs en jetant les tenues de protection individuelle appelée EPI et en mangeant à l'intérieur des dépôts miniers; hors des matières radioactives peuvent contaminer des personnes par inhalation, ingestion ou contact, de par leur forme physico-chimique (gaz, vapeur, aérosol de particules) (D.Delacroix, J.-P.Guerre et P.Leb Blanc, 2006).

Une fois incorporée, une partie de cette contamination sera éliminée par l'organisme. Le reste se fixera sur des organes cibles (Publication NRPB-R245, 1991) et (D.-J.Gambini, R.Granier et G.Boisserie, Manuel pratique de radioprotection, coédition TEC&DOC lavoisier/Ed. Médicales internationales).

2 QUELQUES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES SUR LES INTERACTIONS RAYONNEMENTS-MATIÈRE

En s'intéressant à l'interaction des particules α , β et γ avec la matière, qui constitue un vaste sujet que nous allons aborder partiellement pour s'informer; et les applications de ces interactions sont à l'origine:

- Des détecteurs de particules (les particules ne sont décelables que par leur interaction avec la matière)
- Des applications médicales (radiothérapie par exemple)
- De l'élaboration de mesures de radioprotection
- Du dégagement de chaleur dans les centrales nucléaires
- ... etc.

2.1 ASPECTS QUALITATIFS

Les interactions particules-matière sont liées au transfert d'énergie de la particule vers les atomes de la matière que voici:

- Pour la particule émise lors d'une désintégration radioactive: ralentissement par perte d'énergie et éventuellement diffusion (changement de direction). Certaines particules peuvent même être absorbées complètement
- Pour la matière, par l'absorption d'énergie qui conduit à l'excitation ou l'ionisation des atomes. On assiste ensuite au retour à l'état fondamental par l'émission de rayonnement X (réarrangement du cortège électronique) qui peut conduire à de la fluorescence (émission de lumière visible) ou encore à des électrons Auger.

2.2 INTERACTION DES PARTICULES ALPHA

Les particules alpha sont des particules lourdes, constituées de deux protons et deux neutrons, et sont ainsi des particules semblables au noyau d'hélium. L'énergie de ces particules se situe généralement entre 4 MeV et 10 MeV. Les particules alpha ne traversent pas facilement la matière (on dit qu'elles sont peu pénétrantes), car elles transfèrent rapidement toute leur énergie aux premiers atomes qu'elles croisent sur leur chemin. Ces particules produisent ainsi une grande densité d'ions sur de très petites distances.

Les distances varient légèrement en fonction des énergies, mais de façon générale, les particules alpha sont arrêtées par:

- Une feuille de papier
- 1 mm d'eau
- 2 cm d'air
- L'épiderme (la couche superficielle de la peau)

En raison de l'énergie qu'elle possède, de sa masse élevée et de sa double charge positive, les particules alpha sont très ionisantes et peuvent être particulièrement dommageables lorsqu'elles sont émises à partir de l'intérieur du corps. Il est donc très important de se protéger devant l'incorporation de ces particules à l'intérieur de l'organisme.

2.3 INTERACTION DES PARTICULES BÊTAS

2.3.1 BÊTA NÉGATIVE

L'énergie moyenne des particules bêta varie dans de grandes proportions, allant par exemple de 5,7 keV pour le tritium à 1710 keV pour un émetteur bêta comme le phosphore-32. Les énergies bêta sont toutefois généralement très inférieures aux énergies des particules alpha.

Ces particules vont pénétrer la matière jusqu'à ce que leur énergie se soit complètement dissipée à travers des processus d'ionisation, d'excitation électronique ou de rayonnement de freinage.

Les électrons étant des particules légères, les particules bêtas négatives sont plus pénétrantes que les particules alpha. À énergie semblable, les particules bêta vont ainsi produire moins d'ions par unité de distances que les particules alpha (elles transfèrent leur énergie sur une plus grande distance).

Selon leur énergie, ces particules peuvent pénétrer jusqu'à 1 cm d'eau, parcourir 2 m dans l'air, et elles parcourent en moyenne moins de 5 mm/MeV. Une feuille d'aluminium de six millimètres d'épaisseur peut arrêter la plupart des particules bêtas.

2.3.2 BÊTA POSITIVE

La désintégration d'un noyau peut mener à l'émission d'une particule bêta positive (positon), qui possède la même masse que l'électron, mais qui est de charge positive. Ces particules dissipent leur énergie comme les particules bêta négatives, à la différence près qu'elles produiront vers la fin de leur parcours deux photons gamma (de 511 keV chacun) par des processus d'annihilation.

2.4 INTERACTION DU RAYONNEMENT GAMMA

Le rayonnement gamma est composé de photons, analogues aux photons visibles, mais qui sont beaucoup plus énergétiques. Les photons étant des particules sans masse ni charge, ils interagissent moins facilement avec la matière que les particules alpha et bêta. Ainsi, ils voyagent plus en profondeur dans la matière (tissus organiques, eau, air, etc.): on dit qu'ils sont beaucoup plus pénétrants que les particules alpha ou bêta.

Contrairement aux particules alpha qui sont arrêtées par l'épiderme de notre peau ou aux particules bêta qui ne traverseront les autres couches de notre peau, les rayons gamma pourront entraîner une exposition des organes internes (notez toutefois que des rayons gamma peuvent traverser le corps humain de part en part sans qu'il n'y ait d'interaction).

L'intensité des photons gamma est atténuée par les matériaux denses composés d'atomes avec un numéro atomique élevé, comme le plomb et le béton. En fonction des caractéristiques du photon, nous avons retenu trois types d'interactions de photons avec la matière qui sont:

L'EFFET PHOTO ÉLECTRIQUE

C'est un processus par lequel le photon incident, d'énergie $h\nu$, cède toute son énergie à un électron des couches profondes qui est alors éjecté de l'atome: il y a absorption totale du photon et ionisation de l'atome:

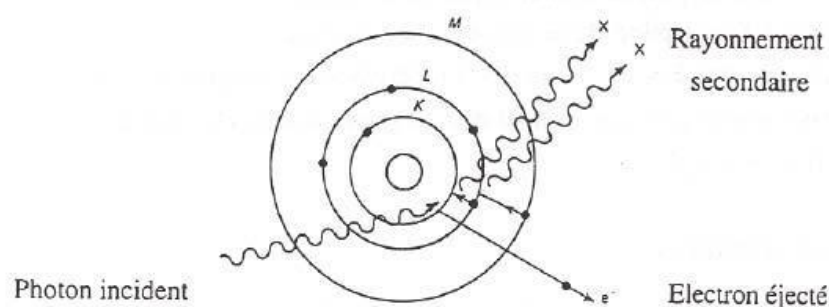


Fig. 1. Effets photo-électriques

L'énergie de l'électron est égale à l'énergie du photon incident moins l'énergie de liaison de l'électron qui a été éjecté:
 $E_e = h\nu - W_e$. L'atome réorganise ensuite son cortège électronique provoquant l'émission d'un rayonnement X secondaire.

LA DIFFUSION COMPTON

Le photon incident cède une partie de son énergie à un électron des couches périphériques de l'atome, qui est éjecté. Il apparaît un nouveau photon diffusé, d'énergie $h\nu' < h\nu$. Il y a donc diffusion du photon incident et ionisation de l'atome.

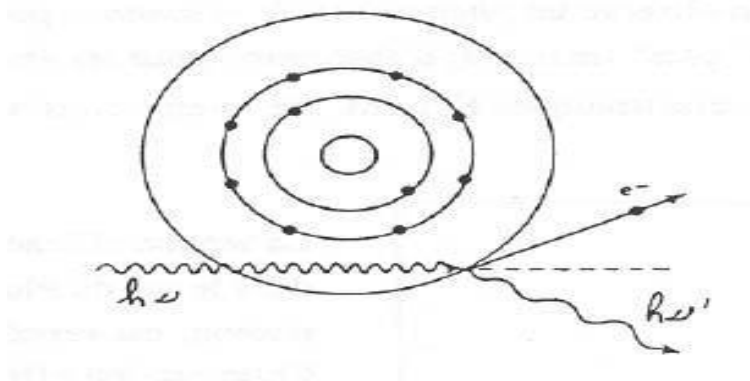


Fig. 2. La diffusion Compton

L'énergie du photon incident est répartie sous la forme d'énergie cinétique apportée à l'électron et d'énergie du photon diffusé: $h\nu = E_e + h\nu'$ (on néglige ici l'énergie de liaison de l'électron des couches périphériques).

LA CRÉATION DE PAIR $e^+ e^-$

C'est un processus par lequel le photon incident disparaît, son énergie se matérialisant pour donner naissance à une paire e^+e^- :

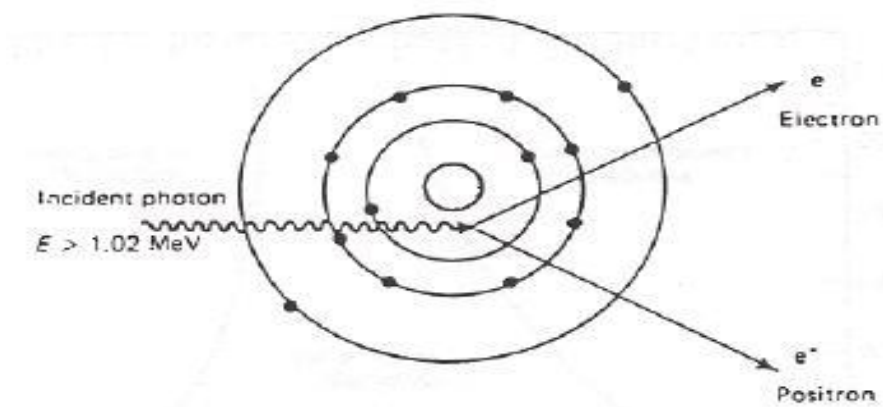


Fig. 3. La création des Pairs

Pour que ce processus ait lieu, le photon doit avoir une énergie supérieure au seuil de création e^+e^- , i.e. $h\nu > 2 \times 0,511$ MeV.

3 IMPORTANCE RELATIVE DES TROIS PROCESSUS

En fonction de l'énergie du photon incident, l'interaction photon-matière se fera préférentiellement par effet photoélectrique, diffusion Compton ou encore par création de paires. La figure ci-contre représente la probabilité d'interaction des photons dans le plomb, en fonction de leur énergie. Cette probabilité s'appelle la section efficace et sera définie au paragraphe suivant.

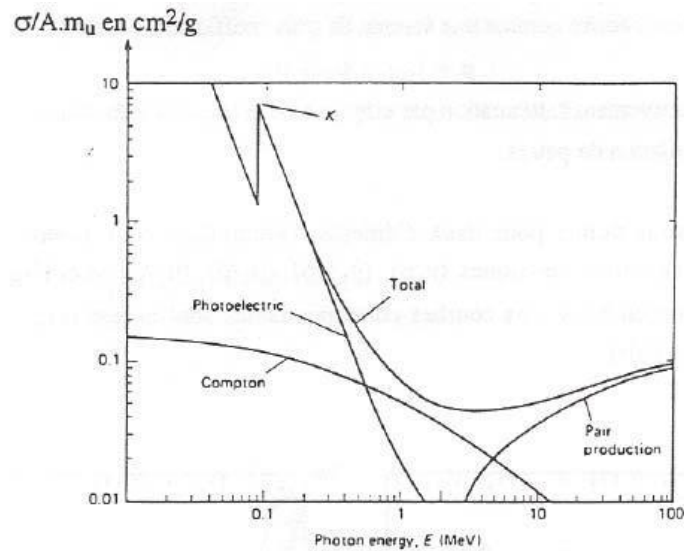
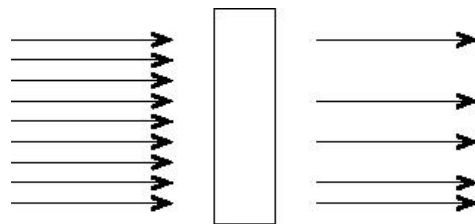


Fig. 4. La probabilité d'interaction des photons dans le plomb, en fonction de leur énergie

3.1 ATTÉNUATION D'UN FAISCEAU DE PHOTONS PAR LA MATIÈRE

Du point de vue macroscopique, un faisceau de photons va être atténué lors de son passage dans la matière. Le nombre de photons n'ayant subi aucune interaction suit une loi de décroissance exponentielle, similaire à la loi de décroissance des noyaux. En notant N_0 le nombre de photons initial (à gauche) et $N(x)$ le nombre de photons n'ayant subi aucune interaction dans un matériau d'épaisseur x (à droite): $N(x) = N_0 \times e^{-\mu x}$



Faisceau de photons

Fig. 5. Faisceaux de photons

On peut noter que si un photon survit au passage dans la matière, il a une énergie égale à son énergie initiale.

Le coefficient μ s'appelle le coefficient d'atténuation linéique. Il s'exprime comme l'inverse d'une longueur.

Ce coefficient est le produit de deux termes: $\mu = n \times \sigma$, où:

n est le nombre de noyaux par unité de volume dans la matière (cm^{-3}).

σ est la probabilité d'interaction des photons dans la matière. Elle a la dimension d'une surface (cm^2). La section efficace varie énormément en fonction de l'énergie des photons et de la nature du matériau. Cependant, l'évaluation du risque ne porte pas sur des ppm en terme de concentration, mais sur l'évaluation de l'énergie déposée par ionisation sur les tissus après contamination; Soumettre le personnel à une exposition externe (V. Archambault, G. Le Roy et B. Prugnaud, 2005).

La problématique de prévention est alors utilement comparable à celle du risque « bruit acoustique », puisque le modèle conceptuel de la prévention se résume en trois mots: écran, distance, temps et ceci, c'est pour des mesures d'atténuations. (EC Radiation Protection No 175, 2014). L'action sur le terme source doit être envisagée au même titre que ci-dessus. Bien évidemment, l'évaluation du risque doit permettre de caractériser toutes les composantes du rayonnement et la mise en œuvre des écrans doit prendre en compte tous les rayonnements qui résultent de cette caractérisation (Jean-Pierre Servent, Christian Gauron et Marie-Hélène Boulay, 2005).

4 EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS SUR LES ÊTRES VIVANTS

La cellule est détruite si l'irradiation est intense (ex: stérilisation par irradiation aux neutrons). Si l'irradiation est plus faible, on assiste à la création de radicaux libres (H_2O_2) au sein de la cellule, qui conduira à une altération des bases.

Si le patrimoine génétique de la cellule est modifié, celle-ci peut être détectée comme non-conforme et détruite. Dans le cas où la cellule survit, elle sera amenée tôt ou tard à se reproduire. Là encore, deux cas de figures se présentent:

- Le nouveau gène est récessif et les nouveaux caractères ne seront pas transmis,
- Le nouveau gène est dominant et les nouvelles cellules auront la fonctionnalité liée à la mutation génétique.

Ce dernier cas conduit parfois à l'apparition de cancers.

4.1 QUANTIFICATION DE L'IRRADIATION ET UNITÉS

Nous présentons quelques unités qui causent des dégâts sur les vivants

- Activité: nombre de désintégrations par seconde, unité Becquerel,
- Dose: énergie déposée en Joules par kg, unité Gray.

Mais ces unités rendent-elles bien compte des dégâts sur le vivant ?

4.2 IMPORTANCE DE LA NATURE DES RAYONNEMENTS EN JEU ET DOSE ÉQUIVALENTE

Les explosions nucléaires de Hiroshima (n) et Nagasaki (γ) ont donné lieu à des études de la mortalité engendrée par l'exposition à des doses intenses.

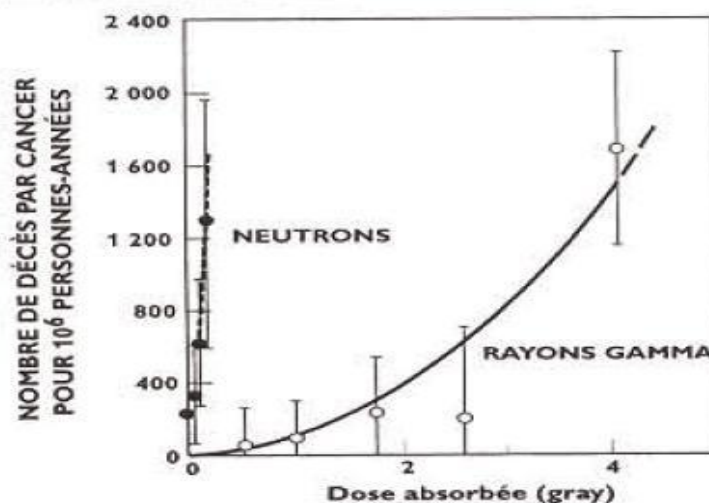


Fig. 6. Nature de rayonnement sur l'organisme

Il apparaît nettement qu'à dose égale, les dégâts sont considérablement plus importants dans le cas d'une exposition aux neutrons. Il faut donc tenir compte de la nature des rayonnements dans l'évaluation de l'impact d'une exposition à la radioactivité. On introduit pour ce faire un facteur de pondération radiologique W_R :

Tableau 1. Valeurs de facteurs de pondération radiologiques

Type et gamme d'énergie	Facteur de pondération radiologique W_R
- Photons, toutes énergies	1
- Électrons et muons, toutes énergies	1
- Neutrons, énergie de moins de 10 keV	5
- Plus de 10 à 100 keV	10
- Plus de 100 keV à 2 MeV	20
- Plus de 2 MeV à 20 MeV	10
- Plus de 20 MeV	5
- Protons, autres que les protons de recul, énergie supérieure à 2 MeV	5
- Particules alpha, fragments de fission, noyaux lourds	20

On définit la dose équivalente qui tient compte de la nature du rayonnement par: $H = \sum W_R \times D$. L'unité de dose équivalente est le Sievert (Sv).

Si on a plusieurs types de rayonnements, on prend en compte toutes les contributions: $H = \sum W_R \times D_R$ où

D_R est la dose déposée par le rayonnement R.

4.3 IMPORTANCE DE LA NATURE DES TISSUS IRRADIÉS

Par exemple, Pour 100 cancers radio-induits dans une population humaine irradiée de façon homogène par des photons gamma, on observera 12 cancers pulmonaires, 5 cancers du sein et un cancer de la peau. Ceci amène à introduire un facteur de pondération tissulaire W_T , permettant de rendre compte des effets différents selon la nature des tissus irradiés:

Tableau 2. Valeurs de facteurs de pondération tissulaire

Tissu ou organe	Facteurs de pondération tissulaire W_T
Gonades	0,20
Moelle rouge	0,12
Colon	0,12
Poumons	0,12
Estomac	0,12
Vessie	0,05
Seins	0,05
Foie	0,05
Œsophage	0,05
Thyroïde	0,05
Peau	0,01
Surface des os	0,01
Autres	0,05

On rappelle que la dose équivalente pour un tissu T est H_T le rayonnement R dans le tissu T.

Si on intègre sur le corps entier, on obtient la dose efficace aussi en Sievert.

$H_T = \sum W_R \times D_{R,T}$ où $D_{R,T}$ est la dose déposée par unité de masse

$E = \sum W_T \times H_T$. La dose efficace s'exprime Sievert

En effet, le boom minier dans le grand Katanga contribue beaucoup aux effets de rayonnements ionisants sur l'environnement et sur la population qui subit des effets de faibles doses de radioactivité qu'émet les produits miniers tel que le minerai de Cobalt, de Cuivre, d'étain et autres.

La protection radiologique de l'environnement repose sur les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (Publication 103 de la CIPR de l'année 2007) qui professe aujourd'hui que les mesures prises pour protéger l'homme des rayonnements assurent une protection suffisante aux autres espèces du fait que l'homme vit dans le même environnement et mange des aliments qui en proviennent (AEN, 2007).

L'objectif de notre étude est de:

- Faire voir aux personnes travaillantes dans le domaine de l'artisanat minier qu'ils courent le risque de contamination et d'irradiations lorsqu'ils sont sans aucune protection. D.Delacroix, J.-P.Guerr et P.Lebanc vers l'année 2006;
- Evaluer le niveau de la contamination par les aérosols issus des activités de réductions granulométriques effectuées sur le site (2013-2014; cours de dosimétrie interne);
- Et proposer un bon système de travail pour éviter de contracter des maladies causées par les rayonnements ionisants tout en respectant les principes fondamentaux ci-après, publiés par la CIPR 103 de l'année 2007 ainsi que par: justification, optimisation et limitation des doses individuelles.

Les tableaux ci-dessous, nous donnent les limites des doses qui permettent de classer les zones de radioprotection telles que recommandées par la CIPR 103 de l'année 2007.

Tableau 3. Subdivision des zones en fonction des débits des doses

Type des zones	Dose efficace susceptible d'être reçue (E)	Débit d'équivalent de dose (H')	Dose équivalente (He)
Local attenant aux zones surveillées et contrôlées	<80µSV /MOIS	-	-
Zone surveillée	<7,5µSV EN 1H	-	<0,2MSV EN 1H
Zone contrôlée verte	7,5<E<25µSV EN 1H	-	0,2<HE<0,65MSV EN 1H
Zone contrôlée jaune	<2MSV EN 1H	<2MSV/H	<50MSV EN 1H
Zone contrôlée orange	<100MSV EN 1H	<100MSV/H	<2,5 SV EN 1H
Zone contrôlée rouge	> OU = 100MSV EN 1H	> OU = 100MSV/H	> OU 2,5 SV EN 1H

E: dose efficace;

He: dose équivalente extrémités (mains, avant-bras, pieds, chevilles);

H': débit d'équivalent de dose maximale.

Tableau 4. Classification des travailleurs en fonction des doses annuelles absorbées

Organe	Limites d'exposition annuelles sur 12 mois consécutifs		
	Public	Apprentis 16 à 18 ans	Travailleurs
Corps entier	Dose < ou = 1 mSv	Dose < ou = 6 mSv	Dose < ou = 20 mSv
Extrémités (mains, avant-bras, pieds, chevilles)	50 mSv	150 mSv	500 mSv
Cristallin	15 mSv	50 mSv	150 mSv

5 MATÉRIELS ET MÉTHODOLOGIE DU TRAVAIL

Le travail consiste à identifier sur base de l'observation, l'interview et le questionnement de toutes les personnes travaillantes directement sur ce site ainsi qu'à la prise des mesures de taux de radioactivité ambiant à l'aide d'un radiamètre de type PDR et de marque POLIMASTER pour comparer aux valeurs limites prescrites par la réglementation internationale en matière de radioprotection sur l'environnement et les personnes qui y travaillent. Et nous allons présenter les risques que l'organisme de ces travailleurs encours lorsqu'ils travaillent pendant beaucoup de temps et mange dans les dépôts miniers sans protection.

6 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

6.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Tableau 5. DEPOT A

Bruit de fond (BF): 0,16 μ Sv/h

N	Lot	Produits	Mesure de Débit de dose (ambiance) μ Sv/h	Radionucléides	Teneurs en ppm	Observation
DEPÔT						
1	ENTREE	-	0,37 μ Sv/h	-	-	Acceptable
2	Lot A	-	2,28 μ Sv/h	-	-	Acceptable
3	Lot B	-	0,84 μ Sv/h	-	-	Acceptable
4	Lot C	-	0,64 μ Sv/h	-	-	Acceptable

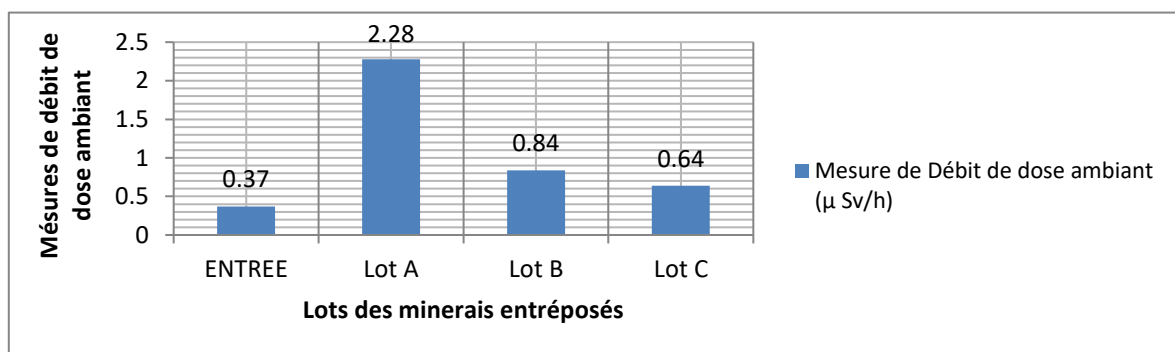


Fig. 7. Mesures de débit de dose ambiant en fonction des lots de minerais entreposés dans le dépôt miniers

Tableau 6. DEPOT B

Bruit de fond (BF): 0,17 μ Sv/h

N	Lot	Produits	Mesure de Débit de dose (ambiance) μ Sv/h	Radionucléides	Teneurs en ppm	Observation
DEPÔT						
1	ENTREE	-	0,27 μ Sv/h	-	-	Acceptable
2	Lot A	-	2,27 μ Sv/h	-	-	Acceptable
3	Lot B	-	1,21 μ Sv/h	-	-	Acceptable
4	Lot C	-	1,75 μ Sv/h	-	-	Acceptable

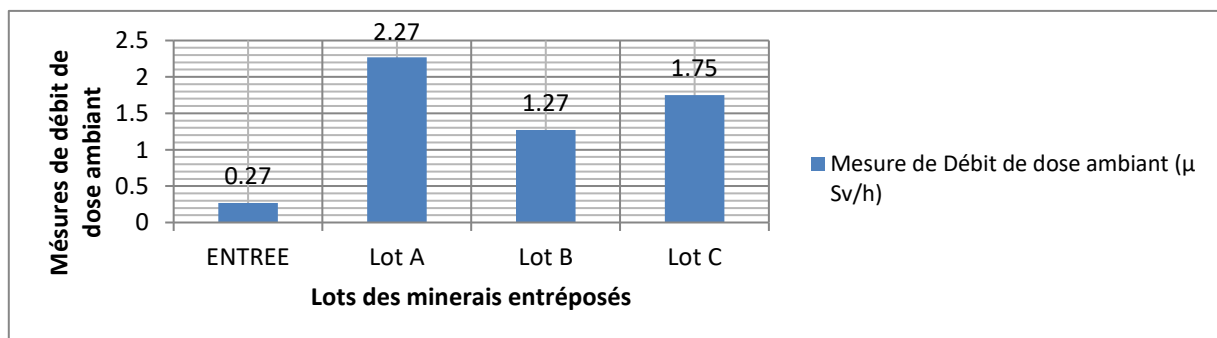


Fig. 8. Mesures de débit de dose ambiant en fonction des lots de minerais entreposés dans le dépôt miniers

Tableau 7. DEPOT C

Bruit de fond (BF): 0,27 μ Sv/h

N	Lot	Produits	Mesure de Débit de dose (ambiance) μ Sv/h	Radionucléides	Teneurs en ppm	Observation
DEPÔT						
1	ENTREE	-	0,41 μ Sv/h	-	-	Acceptable
2	Lot A	-	0,71 μ Sv/h	-	-	Acceptable
3	Lot B	-	0,85 μ Sv/h	-	-	Acceptable
4	Lot C	-	0,96 μ Sv/h	-	-	Acceptable

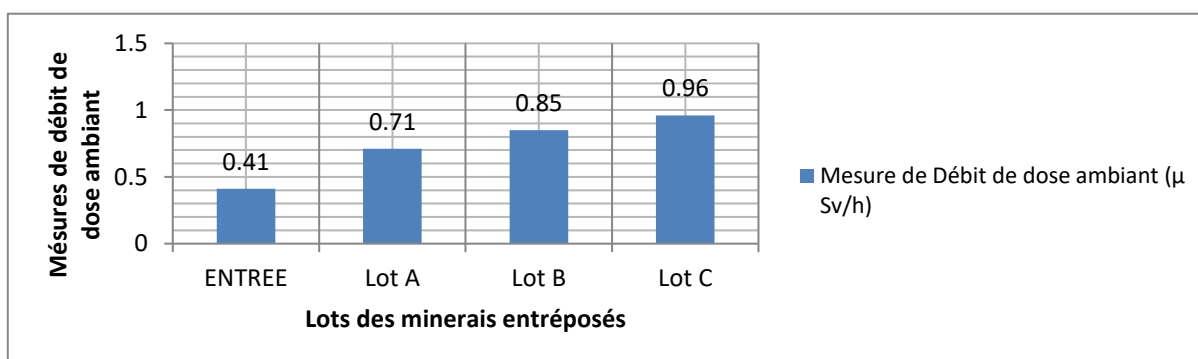


Fig. 9. Mesures de débit de dose ambiant en fonction des lots de minerais entreposés dans le dépôt miniers

Tableau 8. DEPOT D

Bruit de fond (BF): 0,23 μ Sv/h

N	Lot	Produits	Mesure de Débit de dose (ambiance) μ Sv/h	Radionucléides	Teneurs en ppm	Observation
DEPÔT						
1	ENTREE	-	0,47 μ Sv/h	-	-	Acceptable
2	Lot A	-	0,97 μ Sv/h	-	-	Acceptable
3	Lot B	-	1,28 μ Sv/h	-	-	Acceptable
4	Lot C	-	0,54 μ Sv/h	-	-	Acceptable
5	Lot D	-	1,97 μ Sv/h	-	-	Acceptable

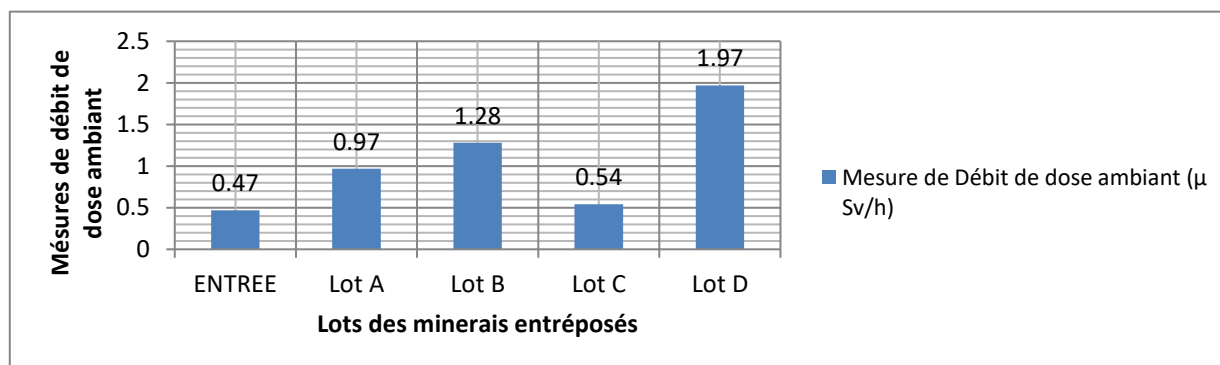


Fig. 10. Mesures de débit de dose ambiant en fonction des lots de minerais entreposés dans le dépôt miniers

Tableau 9. DEPOT E

Bruit de fond (BF): 0,10 μ Sv/h

N	Lot	Produits	Mesure de Débit de dose (ambiance) μ Sv/h	Radionucléides	Teneurs en ppm	Observation
DEPÔT						
1	ENTREE	-	0,13 μ Sv/h	-	-	Acceptable
2	Lot A	-	0,31 μ Sv/h	-	-	Acceptable
3	Lot B	-	0,47 μ Sv/h	-	-	Acceptable
4	Lot C	-	0,71 μ Sv/h	-	-	Acceptable
5	Lot D	-	1,46 μ Sv/h	-	-	Acceptable

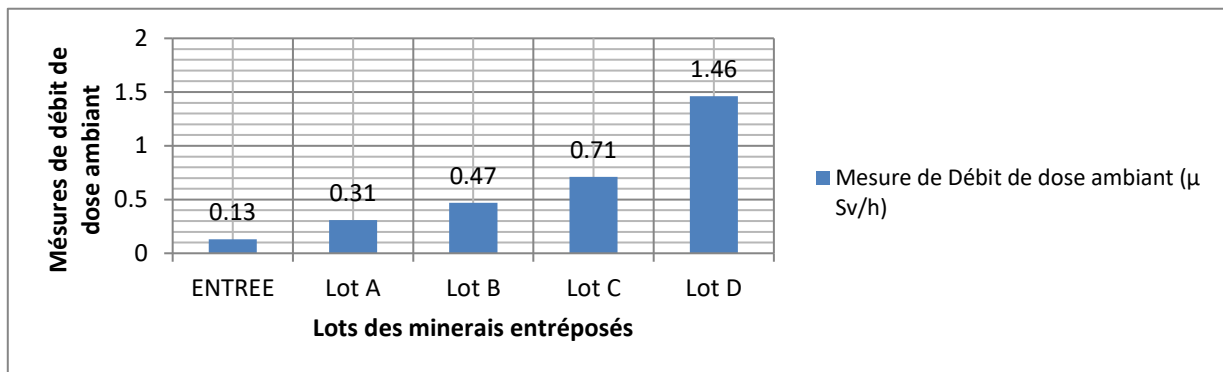


Fig. 11. Mesures de débit de dose ambiant en fonction des lots de minerais entreposés dans le dépôt miniers

Tableau 10. DEPOT F

Bruit de fond (BF): 0,16 μ Sv/h

N	Lot	Produits	Mesure de Débit de dose (ambiance) μ Sv/h	Radionucléides	Teneurs en ppm	Observation
DEPÔT						
1	ENTREE	-	0,28 μ Sv/h	-	-	Acceptable
2	Lot A	-	0,47 μ Sv/h	-	-	Acceptable
3	Lot B	-	0,36 μ Sv/h	-	-	Acceptable
4	Lot C	-	0,64 μ Sv/h	-	-	Acceptable
5	Lot D	-	0,29 μ Sv/h	-	-	Acceptable
6	Lot E	-	0,70 μ Sv/h	-	-	Acceptable

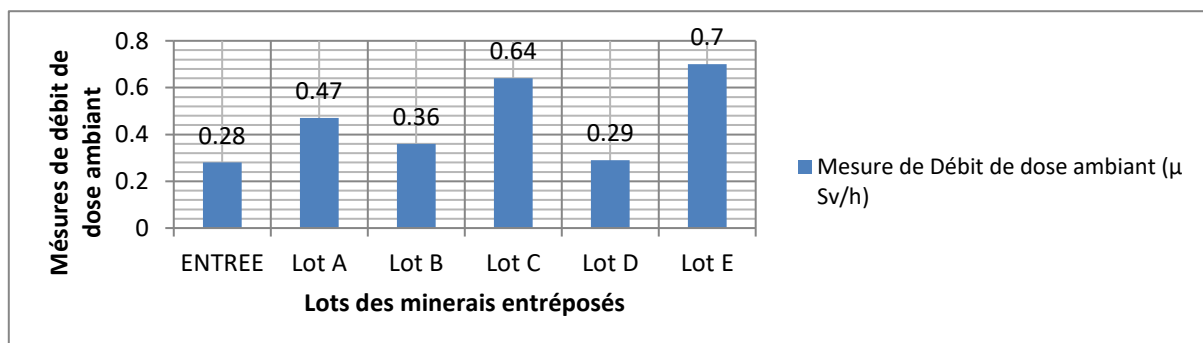


Fig. 12. Mesures de débit de dose ambiant en fonction des lots de minerais entreposés dans le dépôt miniers

Tableau 11. DEPOT G

Bruit de fond (BF): 0,15 μ Sv/h

N	Lot	Produits	Mesure de Débit de dose (ambiance) μ Sv/h	Radionucléides	Teneurs en ppm	Observation
DEPÔT						
1	ENTREE	-	0,25 μ Sv/h	-	-	Acceptable
2	Lot A	-	0,64 μ Sv/h	-	-	Acceptable
3	Lot B	-	0,95 μ Sv/h	-	-	Acceptable
4	Lot C	-	0,56 μ Sv/h	-	-	Acceptable

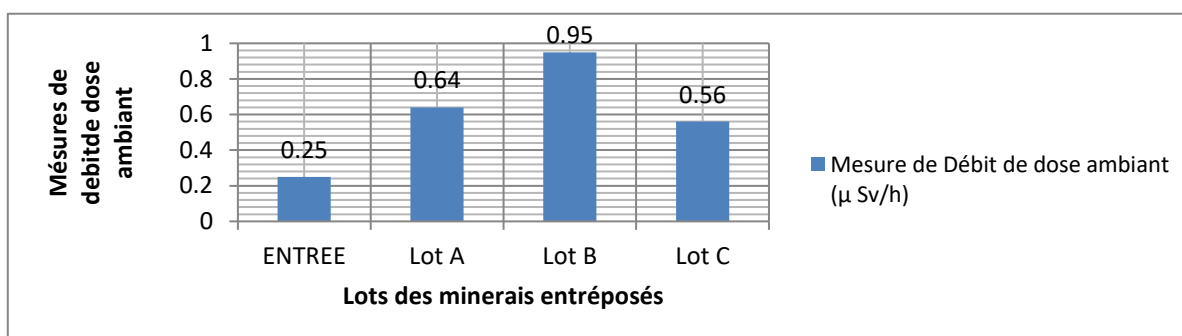


Fig. 13. Mesures de débit de dose ambiant en fonction des lots de minerais entreposés dans le dépôt miniers

Tableau 12. Synthèse des résultats de prise de taux radioactivité ambiant

Nbre	Dépôt	Bruit de fond (μ Sv)	Valeur réelle mesuré et limité inférieure -Supérieure	Nombre des lots ou points contrôles	Nombre des lots ayant des valeurs supérieures à 0.5 μ Sv/h	Pourcentage (%) des lots ou points de contrôles dépassant 0.5 μ Sv/h
1	A	0,16	0,37 – 2,28	4	3	75
2	B	0,17	0,27 – 2,27	4	3	75
3	C	0,27	0,41 – 0,96	4	3	75
4	D	0,23	0,47 – 1,97	5	4	80
5	E	0,10	0,13 – 1,46	5	2	40
6	F	0,16	0,28 – 0,70	6	2	33,33
7	G	0,15	0,25 – 0,95	4	3	75

6.2 INTERPRÉTATION ET DISCUSSIONS

- Le tableau n°12 ci-haut, présente les mesures de taux de radioactivité prise sur différents point à l'entrée et à l'intérieur des dépôts miniers; et montre qu'en général, les valeurs radioactives prises sont passables, mais dépassent 0,5 μ Sv/h qui est la valeur limite admise pour les personnes du publics;
- En considérant ces résultats, le personnel des dépôts miniers risquent d'être considéré comme personnes du public suite aux valeurs prises sur terrain, or ils sont catégorisés B et ne doivent pas dépasser une radioactivité de 6mSv/an en raison de 2000 heures/an de travail, soit une moyenne de 3 μ Sv/h et cette théorie est publié par le guide pratique de radionucléide et radioprotection, Vol. 39, 2 emè Edition vers les années 2006; or comme nous avons testé, plus de 3 quarts des produits miniers dépassent 0,50 μ Sv/h. Par rapport à ce que nous avons comme informations sur les données récoltées du site, nous souhaitons surévaluer la dose pour éviter tout risque de contamination et d'irradiation. D'où on peut considérer comme préoccupant l'exposition du personnel se trouvant en permanence près des produits miniers; ce qui nous interpelle à un besoin pressant d'un contrôle régulier, d'une grande sensibilisation pour mettre en pratique les consignes de

radioprotection sur le lieu de travail et faire un suivi médical pour anticiper tout risque d'exposition aux rayonnements ionisants;

- Juste les dépôts E et F présentent un pourcentage inférieur à 50 % (40 et 33,33 %) des lots dépassant 0,5 $\mu\text{Sv/h}$;
- En se référant aux normes internationales en matière réglementaires, toutes personnes qui travaille dans le domaine des mines est catégorisée B, parce que, l'exposition aux rayonnements ionisants est permanente. Et cette exposition peut être possible par une contamination externe et interne ou encore par irradiation externe des sources des rayonnements qui seraient transportées par les aérosols; ce qui montre que, la faible valeur limite ne signifie pas que, les agents sont exemptés à une irradiation quelconque sur ce lieu de travail;
- Les faibles doses que nous remarquons dans le tableau n°12 ci-haut, sont généralement responsable des cancers radio-induits détectés après plusieurs années chez certaines personnes; et chez d'autres, il y a réparation parfaite c-à-d l'organisme répare parfaitement l'invasion des nouvelles cellules qui seraient responsable du cancer;
- Les résultats présentés dans le tableau n°12 ci-haut; montre que toute les personnes qui travaillent sur ce site sont encore moins informées sur la manière dont les rayonnements s'attaquent à l'organisme humain, et s'ils les sont, ils doutent des dégâts que les rayonnements peuvent causés sur la vie humaine, c'est pourquoi nous remarquons que le 3 quart des résultats dépasse la limite réglementaire de 0,5 $\mu\text{Sv/h}$;

7 CONCLUSION

Nous remarquons que, la plupart des personnes qui travaillent dans le domaine de l'artisanat minier n'ont pas connaissance sur les effets des rayonnements ionisants suite aux résultats observés sur terrains.

Et ces derniers doivent savoir que, les effets des rayonnements ionisants sur l'organisme humain dépendent de la radiosensibilité des organes du corps et cela d'une personne à une autre; donc le port des équipements de protection serait très important pour ces travailleurs ainsi qu'un suivi médical de ces derniers pour anticiper tout risque des maladies cancérigènes ou autres formes des malformations dans le futur qui se transmet des parents au fils.

Pour ce faire, nous suggérons ce qui suit pour éviter le risque due à la contamination externe et interne ainsi qu'à l'irradiation externe causées par les activités humaines:

- Port des masques, des gants et des ténues pour éviter toutes les formes de contaminations et d'irradiations;
- Placer des géo-membranes dans tous les dépôts pour éviter l'inhalation des aérosols lors du travail;
- Installer des exhausteurs pour aspirer et renvoyer toutes les poussières en dehors des hangars, puis les transformer en des produits des valeurs marchandes;
- Eviter d'amener la tenue soit les habits de travail à la maison pour éviter d'emporter les microparticules radioactives fixées sur les habits, parce qu'il y a risque de contaminer les autres;
- Construire des douches pour se laver avant de rentrer à la maison;
- Ne pas laisser les femmes enceintes et enfants dans les dépôts miniers;
- Ne pas manger, fumer, boire et vendre dans le dépôt pour éviter d'emporter des radioéléments dans le corps humain par ingestion sans qu'on ne le sache;
- Sensibiliser régulièrement les opérateurs miniers artisanaux sur le bien fondé du port des EPIs ainsi que des maladies causées par les rayonnements ionisants d'une manière générale (Ex: Cancer radio-induit et autres malformations...etc);
- Concernant l'exposition du personnel: il y a manque de suivi médical à l'exposition radioactive. Le personnel est considéré comme des personnes travaillant sous rayonnement et sont de la catégorie B et ne doivent pas dépasser une valeur de radioactivité de 1mSv/an en raison de 2000 heures/an de travail; Ainsi nous pouvons considérer comme préoccupant l'exposition du personnel œuvrant en permanence sans EPIs près de ces produits miniers.

Un programme de suivi dosimétrique des travailleurs sera envisageable sur ce site avec ces résultats obtenus. Mais le contrôle et la surveillance continue des postes de travail et de l'environnement de ce dernier doivent être sujet à un planning périodique à fin d'éviter une éventuelle contamination et exposition des travailleurs.

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] A. Hallam and J. B. Birks. Energy transfer in organic systems. xiii. plastic scintillators. *Journal of Physics B: Atomic and Molecular Physics*: P 3273–3288, 1978. Cited By (since 1996).
- [3] D. DELACROIX, J.-P. GUERRE et P. LEBLANC Guides pratique de radionucléide et radioprotection, Vol. 39, 2 emè Edition, 2006.
- [4] D.-J.Gambini, R.Granier, G.Boisserie, Manuel pratique de radioprotection, coédition TEC&DOC lavoisier/Ed. Médicales internationales).
- [5] 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).
- [6] EC Radiation Protection No 175: Guidelines on radiation protection education and training of medical professionals in the European union, 2014.
- [7] Houda ABBASSI, Risque classique et moyen de protection, 8ème édition PGEC – Rabat, Module VI, 28 octobre 2013 - 28 mars 2014, version 2013.
- [8] ICRU Repot 49: Stopping powers and ranges for protons and alpha particles.
- [9] Jean-pierre servent, Christian Gauron et Marie-Hélène Boulay; (février 2005), Les rayonnements ionisants, prévention et maitrise du risque, IRSN, ED 958.
- [10] J. B. Birks. The scintillation process in organic systems. *IRE Transactions on nuclear science*, P 2–11, 1960.
- [11] J. F. Ziegler. stopping of energetic light ions in elemental matter. *J.Appl.Phys.*,: 1249–1272, 1998.
- [12] J.L.D. Silva R. Voltz and A. Coche. Influence of the nature of ionizingparticles on the specific luminescence of organic scintillators. *J.CHEM.PHYS.*, 3306–3311, 1966.
- [13] K. Michaelian and A. Menchaca-Rocha. Model of ion-induced luminescence based on energy deposition by secondary electrons. *Phys. Rev. B*, 49 (22), Jun 1994.
- [14] K. Michaelian, A. Menchaca-Rocha, and E. Belmont-Moreno. Scintillation response of nuclear particle detectors. *Nuclear Inst.and Methods in Physics Research, A*, 356 (2-3): P 297–303, 1995. Cited By (since 1996),
- [15] M. Krämer. Calculation of heavy-ion track structure. *Nuclear Inst.and Methods in Physics Research, B*, P 1-4: P14–20, 1995. Cited By (since 1996),
- [16] 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.
- [17] NRPB-R245: Committed Equivalent Organ Dose and Committed Effective Doses from Intakes of Radionuclides, 1991
- [18] Publication 103 de la CIPR de l'année 2007.
- [19] R. Katz and F. A. Cucinotta. Tracks to therapy. *Radiation Measurements*,: P 379–388, 1999. Cited By (since 1996),
- [20] Robert Katz. Track physics model of radiation effects. In *First European Conference on Radiation and Its Effects on Devices and Systems - RADECS 91*, pages 558–560, 1992.
- [21] U. Fano. Penetration of protons, alpha particles, and mesons. *Annual Review of Nuclear Science*, p1–66, 1963. Cited By (since 1996)
- [22] 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.
- [23] W. K. Weyrather and G. Kraft. Rbe of carbon ions: Experimental data and the strategy of rbe calculation for treatment planning. *Radiotherapy and Oncology*, 73 (SUPPL. 2): S161–S169, 2004. Cited By (since 1996).



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 a 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.