

Aperçu De La Radioactivité Observable Sur Les Roches Exploitées Dans Les Carrières A Kinshasa-Ouest En République Démocratique Du Congo

Katuka Okita-Djua, Georges¹, Mata Tombo José-Emmanuel² Et Kitenge Okaya, Senglaithons³

1, 2,3. Département De Physique Et Des Sciences Appliquées, Université Pédagogique Nationale, Rd Congo

Résumé

La présente étude porte sur l'irradiation éventuelle de pierres rocheuses exploitées dans les carrières de Kinsuka et Lutendele, à Kinshasa-Ouest. Spécifiquement, nous avons déterminé le taux d'irradiation de roches utilisées dans la construction immobilière de bâtisses ainsi que les conséquences impactant sur la santé humaine de casseurs de pierres.

Pour ce, nous avons diligenté une enquête auprès des artisans qui opèrent dans des carrières artisanales et ou industrielles, aussi procéder à l'analyse dans les laboratoires de l'Université Pédagogique Nationale à Kinshasa des échantillons de pierres prélevées, en fixant à 5 % le taux estimatif de mesures physiques réellement observées.

Les conclusions de cette étude révèlent que ni les acheteurs des pierres, ni les constructeurs des maisons n'ont pas à s'inquiéter de l'éventuelle irradiation due aux roches qu'ils manipulent car elle est faible en mSv. Par contre ceux qui travaillent dans ces carrières et y passent toute leur carrière de vie à casser la roche mère, pourront développer des effets stochastiques qu'elles peuvent entraîner à la maladie.

Mots clés : Carrière, MPR, Radioactivité, Roche, TANAR 5

Date of Submission: 12-01-2024

Date of Acceptance: 22-01-2024

I. Introduction

La terre est une planète essentiellement rocheuse. Ainsi, à l'exception des êtres vivants et partiellement des sols, tous les matériaux qui constituent la terre sont des roches.

Selon <http://www.mesure-radioactivite.fr/public/s-glossaire.html> (consulté le 10/01/2021) l'homme est naturellement bombardé chaque jour de plusieurs sortes de radiations dont certaines proviennent des sources naturelles et d'autres des sources artificielles. Les radiations des sources naturelles proviennent essentiellement de la terre, du cosmos et surtout du soleil. Toutes ces radiations passent souvent inaperçues, car elle est imperceptibles par les sens, pourtant elles font partie intégrante de nos vies, surtout dans les milieux urbains. C'est pourquoi nous avons orienté notre recherche sur l'étude de l'éventuelle irradiation de pierres rocheuses des carrières de Kinsuka et Lutendele, à Kinshasa-Ouest. Spécifiquement, nous avons déterminé le taux d'irradiation de roches utilisées dans les constructions domestiques et leurs conséquences sur la santé de l'humain. Dès lors, nous avons diligenté une enquête auprès des exploitants de carrières artisanales et industrielles, aussi procédé à l'analyse, dans les laboratoires de l'Université Pédagogique Nationale (UPN), des échantillons de pierres prélevées à Kinshasa.

Dès l'abord, Durville (1997) avance, en termes de problème, que la roche est un matériau de qualité rigide et résistance, prisé dans les travaux de génie civil, lesquels travaux accompagnent le développement et la modernisation des cités où vivent les hommes.

Connaissant les méfaits de la radioactivité, cela a conduit à se poser les questions ci-après :

- les roches concassées à Kinshasa-Ouest sont-elles radioactives ?
- Si oui, la teneur en irradiation est-elle dangereuse pour les personnes qui cohabitent avec et les manipulent ? Nous avons envisagé deux réponses plausibles à pareille interrogation, en termes d'hypothèses de l'étude.
- Les roches que l'on concasse à Kinshasa dans les carrières de Kinsuka et de Lutendele sont des sources de rayonnements radioactifs.
- La teneur en irradiation est dangereuse pour la population kinoise, en particulier les casseurs de la pierre à Kinsuka et à Lutendele.

Cette recherche est intéressante dans la mesure où elle permet de conscientiser la population et les

responsables politico-administratifs de la ville sur le danger de s'exposer au rocher radioactif.

Dans cette recherche, le but poursuivi est de déterminer les propriétés des roches dans les carrières exploitées à Kinshasa-Ouest (Fig., 1).

Pour atteindre ce but, nous nous sommes assigné des objectifs spécifiques suivants :

- vérifier si les roches cassées à Kinshasa dans les carrières de Kinsuka et Lutendele, sont des sources de rayonnements radioactifs ;
- déterminer la teneur en irradiation des dites roches.

Pour ce, nous avons focalisé notre attention sur une source de radiation naturelle qu'est la pierre (le rocher), extraite dans des carrières de Kinsuka (Ngaliema) et Lutendele (MontNgafula), entre Janvier et Juin 2020. Entre autres moyens d'études, pour la partie théorique, la recherche a fondé sur la consultation des ouvrages et articles portant sur notre thème de recherche, les préalables pour mieux comprendre la radioactivité des roches, objets de notre recherche.

Pour la seconde partie, notre recherche est expérimentale. Elle a consisté à prélever des échantillons de terrain et à les analyser dans les laboratoires de physique à l'UPN. Ce qui a permis des conclusions sur l'état des roches observées dans les sites ciblés, à Kinshasa.

Les résultats de l'analyse ont permis de les comparer avec le tableau d'effets d'irradiation dressé par Verbist- Scieur 'et al' (2005 : 39), lequel tableau est repris dans notre mémoire de DEA (Katuka, 2021 : 39)

Pour la présente recherche, les données établies par Verbist-Scieur 'et al'', en 2005, constituent une référence sur laquelle nous avons misé pour besoin de comparaison (Tableau .1).

Tableau. 1 : effet de l'irradiation (Verbist-Scieur et al. 2005)

Dose efficace	Effets
< 0,1 Sv	Stimule les mécanismes protecteurs des cellules l'effet de Hormèse
< 1 mSv/an	Ne représente pas, statiquement un risque d'augmentation de cancer
> 100 mSv ou > 0,1Sv	Risque de développer un cancer mortel
0 à 0,25 Sv/j	Aucun symptôme
0,25 à 1Sv	Nausée chez certaines personnes, perte d'appétit. Cause de dégâts à la moelle osseuse, aux ganglions lymphatiques, et à la rate
1 à 3 Sv/j	Nausée légère à sévère, perte d'appétit, infection, cause plus de dégâts sévères à la moelle osseuse, aux ganglions, à la rate : On peut récupérer probablement le sujet, mais sans garantie.
3 à 6 Sv/j	Nausée très sévère, perte d'appétit, hémorragies infections, diarrhée, la peau pèle, stérilité, le sujet peut mourir à l'absence de traitement.
6 à 10 Sv/j	Même symptôme que le précédent, mais le sujet sera plus atteint au système nerveux central, mort prévisible.
> 10 Sv/j	Paralysie et mort irrécupérable s'en suite

II. Matériels, Milieu et Méthode

Matériels

Nous avons utilisé un questionnaire d'enquêtes pour déceler les effets stochastiques chez les casseurs de pierres, concernant les calculs de mesures physiques réelles (MPR), nous avons exploité la table de nombres réels arrondis à 10 % ou à 5% près (TANAR 10 et TANAR 5) tirées de Mata Tombo *et al*, (2006, 2012 et 2023) représentés ci-dessous.

Tableau.2 : la table de nombres réels arrondis à 10 % et la table de nombres réels arrondis à 5% près (TANAR 10 et TANAR 5)

TANAR 10

d\U	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2
2	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3
3	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	4
4	4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	5
5	5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	6
6	6	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	7
7	7	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	8
8	8	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	9
9	9	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	10

TANAR 5

d\U	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
2	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
3	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9
4	4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9
5	5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9
6	6	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9
7	7	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9
8	8	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9
9	9	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9

TANAR 5 : $Y = A \times 10^n$; $A_2 = U \cdot d$

Procédé
 $Y = 285.66 = 2.8566 \times 10^2$; $A_2 = 2.86$, $n = 2$
 $5\% \times A_2 = 0.142$
 $A_1 = 5\% A_2 = 2.71$
 $A_1 + 5\% A_1 = 3.00$
 $A_n = 3 \Rightarrow Y_0 = A_n \times 10^1 = 3.0 \times 10^2 = 300$
 Le rond 300 est le plus proche de Y que 280.

Pour connaître les mesures à retenir lors de notre analyse, nous avons utilisé le critère de Chauvenet. Le compteur Geiger-Müller et la balance interviennent dans cette étude pour déterminer les taux d'irradiations et la

masse des échantillons.

Milieu

Localisation de terrain d'étude

La plupart de roches des constructions exploitées à Kinshasa sont concassées dans la partie ouest de Kinshasa (Fig, 1) précisément dans les communes de Ngaliema (Kinsuka) et Mont-Ngafula(Lutendele) proche du fleuve Congo. Nous représentons dans la figure (1) et le tableau (3) indiquant toutes les coordonnées géographiques de nos points de prélèvement des échantillons et sa masse.

Tableau 3 : localisation de sites en fonction de coordonnées géographiques et sa masse

Sites	longitude	latitude	Altitude(m)	Masse (g)
SAFRICAS	15,180942	-4,368155	257	74
CESAR	15,184903	-4,366725	260	14
CENTRE GANDA	15,185283	-4,36359	251	14
ROBOT	15,185483	-4,36204	263	106
NYAKA VANGU	15,219537	-4,331517	270	49
HYPOLITE	15,221818	-4,332193	266	40
TSHILOMBO	15,217452	-4,331425	269	40
LOKONGA	15,214055	-4,333157	255	16

Carte de localisation de carrières

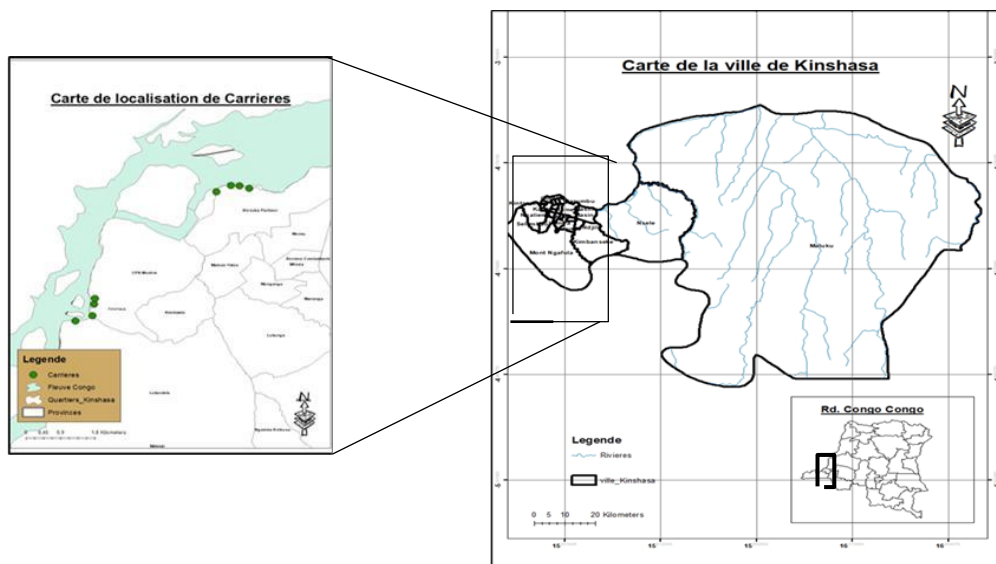


Figure.1 : Carte de localisation de carrières dans la partie Ouest de la ville de Kinshasa

Méthode

- **Méthode expérimentale:** nous sommes descendus sur terrain, d'une part, pour prélever des échantillons que nous avons analysés au laboratoire pour connaître le taux d'irradiations à l'aide de compteur Geiger-Müller.
- **Méthode d'enquête** nous soumettons une série des questions auxquelles avaient répondu les casseurs de différentes carrières ciblées à Kinshasa- Ouest.

III. Résultat

A la suite de notre expérimentation dans les laboratoires de physique à l'UPN, des résultats chiffrés sont alignés dans des grilles tabulées (Tableaux) suivantes.

Relevés des observations

Nous avons repris, des grilles tabulaires (Tableaux n^{os} 4,5 et 6), l'essentiel des données chiffrées des investigations portant sur le sujet de notre étude de 2021 (Katuka, 2021).

¹⁰ Des préalables exigibles pour l'approximation de MPR. Dans la suite de grilles tabulaires dressées en 3 temps (tableaux, 2), les auteurs se sont appuyés sur des présents existants, appliqués en physique

expérimentale se rapportant spécifiquement sur les mesures physiques réelles (notées MPR).

Pour bonne disposition deux auxiliaires didactiques vont servir pour l'approximation de MPR : TANAR 10 et TANAR 5 (TANAR : pour dire « Table de Nombres réels ARrondis », des outils de calculs conçus par Mata Tombo en 1989).

En effet, ces outils de calculs ont été différemment exploités (cf. Tableau.3)

Tableau 3. Disposition des auxiliaires didactiques servant pour l'approximation de MPR

Nature ou type d'observation	Instrument	Taux d'erreur observé	TANAR ⁽¹⁾ exploité
Mesure de masse	Balance	A 10 % près	T. 10
Mesure de durée	Chronomètre	A 10 % près	T. 10
Nombre de crépitements	Geiger Muller (GM)	A 5 % près	T. 5
Relevé de radiations	Geiger Muller (GM)	A 5 % près	T. 5

Nous donnons quelques exemples de mesures avec les erreurs qui les affectent

- Duré : $t_j \pm \Delta t = (60,0 \pm 0,5) \text{ s}$ (chronomètre au 20^e de seconde)
- Masse : $m \pm \Delta m = (74,0 \pm 0,5)$ (balance Roberval utilisant un boîtier de masses marquées, dont la masse de boîtier sensibilité (domaine de confiance D_m) est $D_m = 1 \text{ g}$)

Remarque

L'empirisme devra avoir marqué toutes les observations faites lors de nos investigations. Dès lors, la quasi-totalité de données chiffrées de nos grilles ne peuvent qu'être affectées d'erreurs de mesure à 10 % du reste réputées

« toujours entachées d'erreurs ». Exigence formelle pour toute mesure physique réelle, Marlier, 1985 ; Brasseur *et al* (1973) ; Debot *et al* (1953) D'Hainaut (1968) ; Taylor (1981/2000), repris par Katuka *et al* (2020). Et, Marlier d'ajouter : Pour l'agir expérimental, Science = prévision nécessaire et suffisante au but à atteindre (1985, repris par Mata Tombo *et al*, 2009). Et donc, les 03 grilles d'observation qui suivent sont marquées par des données chiffrées en format : comme le feraient Marlier (1985), Brasseur *et al.* (1974) repris par Mata Tombo *et al.* Chercheurs de l'UPN (1990 et 2022)

$$g_j \pm \Delta g_j = (X \pm Y) \text{ un.mes (1)}$$

avec $x \in \mathbb{R}$ et $Y \leq x$

Nous avons fait correspondre un crépitements à un becquerel et nous avons chiffré cette correspondance par l'algorithme tiré de <https://www.irsn.fr> :

$$10000 \text{ Bq} = 0,2 \text{ mSv/an} \quad (3) \text{ Soit :}$$

$$1 \text{ Bq} = 2 \times 10^{-5} \text{ mSv/an} \text{ où, la relation suivante :}$$

$$Y \text{ Bq} = 2 \times 10^{-5} \cdot Y \text{ mSv/an} \quad (4) (Y R)$$

Pour nos valeurs expérimentales, nous les avons calibrées le GM à 60 secondes pour déterminer les nombres d'impulsions correspondantes. Sachant qu'une impulsion vaut un becquerel. Ceci a amené à exprimer toutes nos valeurs en becquerel pour une durée de 60 secondes. Ainsi la relation (2) devient :

$$Y \text{ Bq} = 6,34 \times 10^{-13} Y \text{ mSv/ s} \quad (5)$$

Soit,
$$Y \text{ Bq} = 38,05 \times 10^{-12} Y \text{ mSv/ 60 s}$$

Par la relation (3), les observations brutes du tableau n^o 1, exprimées en becquerel (Bq), peuvent s'exprimer en milliSievert par an (mSv/an), par le biais dudit formalisme.

Les relations (3), (4) et (5), permettent de mettre toutes les observations fichées dans les tableaux, les crépitements en becquerels, en milliSievert, pouvant occasionner des projections ou des simulations pour l'avenir.

Tableau : n°4 Synthèse de valeurs de crépitements avec des projections

Sites	Date de prélèvement	Nombre crépitements	Précision ϵ_r	Correspondance de valeurs		Valeurs des effets stochastiques en sievert	
				en Bq	en mSv/an	10 ans mSv/an	50 ans mSv/an
SAFRICAS	05 - 09 - 2020	(14,0 ± 0,7)	5%	(14,0 ± 0,7)	(28,0 ± 1,8) 10 ⁻⁵	(28,0 ± 1,8) 10 ⁻⁴	(1,40 ± 0,09)10 ⁻²
CESAR	05 - 09 - 2020	(13,6 ± 2,1)	15%	(13,6 ± 2,1)	(27,2 ± 4,2) 10 ⁻⁵	(27,2 ± 4,2) 10 ⁻⁴	(1,36 ± 0,21)10 ⁻²
CENTRE NGANDA	05 - 09 - 2020	(17,3 ± 2,7)	15%	(17,3 ± 2,7)	(34,6 ± 5,4) 10 ⁻⁵	(34,6 ± 5,4) 10 ⁻⁴	(1,73 ± 0,27)10 ⁻²
ROBOT	05 - 09 - 2020	(15,8 ± 1,8)	11%	(15,8 ± 1,8)	(31,6 ± 3,6) 10 ⁻⁵	(31,6 ± 3,6) 10 ⁻⁴	(1,58 ± 0,18)10 ⁻²
NYAKAVANGU	25 - 08 - 2020	(20,9 ± 1,4)	6,7%	(20,9 ± 1,4)	(41,8 ± 2,8) 10 ⁻⁵	(41,8 ± 2,8) 10 ⁻⁴	(2,09 ± 0,14)10 ⁻²
HYPOLITE	25 - 08 - 2020	(21,0 ± 1,3)	6,2%	(21,0 ± 1,3)	(42,0 ± 2,6) 10 ⁻⁵	(42,0 ± 2,6) 10 ⁻⁴	(2,10 ± 0,13)10 ⁻²
TSHILOMBO	25 - 08 - 2020	(20,3 ± 1,8)	9%	(20,3 ± 1,8)	(40,6 ± 3,6) 10 ⁻⁵	(40,6 ± 3,6) 10 ⁻⁴	(2,03 ± 0,18)10 ⁻²
LOKONGA	25 - 08 - 2020	(18,0 ± 1,2)	6,7%	(18,0 ± 1,2)	(36,0 ± 2,4) 10 ⁻⁵	(36,0 ± 2,4) 10 ⁻⁴	(1,80 ± 0,12)10 ⁻²

Tableau : n°5 Synthèse de valeurs de crépitements en tenant compte de petites valeurs et de grandes et avec des projections

Sites	Date de prélèvement	Nombre crépitements	Correspondance de ces valeurs		Valeurs des effets stochastiques en millisievert (mSv)	
			en Bq	en mSv	10 ans	50 ans
SAFRICAS	05 - 09 - 2020	(12,00 ± 0,01)	(12,00 ± 0,01)	(2,40 ± 0,01)10 ⁻⁴	(2,40 ± 0,01)10 ⁻³	(12,00 ± 0,05)10 ⁻³
	05 - 09 - 2020	(18,00 ± 0,01)	(18,00 ± 0,01)	(3,60 ± 0,01)10 ⁻⁴	(3,60 ± 0,01)10 ⁻³	(18,00 ± 0,05)10 ⁻³
CESAR	05 - 09 - 2020	(09,00 ± 0,01)	(09,00 ± 0,01)	(1,80 ± 0,01)10 ⁻⁴	(1,80 ± 0,01)10 ⁻³	(9,00 ± 0,05)10 ⁻³
	05 - 09 - 2020	(19,00 ± 0,01)	(19,00 ± 0,01)	(3,80 ± 0,01)10 ⁻⁴	(3,80 ± 0,01)10 ⁻³	(19,00 ± 0,05)10 ⁻³
CENTRE NGANDA	05 - 09 - 2020	(09,00 ± 0,01)	(09,00 ± 0,01)	(1,80 ± 0,01)10 ⁻⁴	(1,80 ± 0,01)10 ⁻³	(9,00 ± 0,05)10 ⁻³
	05 - 09 - 2020	(24,00 ± 0,01)	(24,00 ± 0,01)	(4,80 ± 0,01)10 ⁻⁴	(4,80 ± 0,01)10 ⁻³	(24,00 ± 0,05)10 ⁻³
ROBOT	05 - 09 - 2020	(10,00 ± 0,01)	(10,00 ± 0,01)	(2,00 ± 0,01)10 ⁻⁴	(2,00 ± 0,01)10 ⁻³	(10,00 ± 0,05)10 ⁻³
	05 - 09 - 2020	(25,00 ± 0,01)	(25,00 ± 0,01)	(5,00 ± 0,01)10 ⁻⁴	(5,00 ± 0,01)10 ⁻³	(25,00 ± 0,05)10 ⁻³
NYAKAVANGU	25 - 08 - 2020	(17,00 ± 0,01)	(17,00 ± 0,01)	(3,40 ± 0,01)10 ⁻⁴	(3,40 ± 0,01)10 ⁻³	(17,00 ± 0,05)10 ⁻³
	25 - 08 - 2020	25,00 ± 0,01	(25,00 ± 0,01)	(5,00 ± 0,01)10 ⁻⁴	(5,00 ± 0,01)10 ⁻³	(25,00 ± 0,05)10 ⁻³
HYPOLITE	25 - 08 - 2020	(17,00 ± 0,01)	(17,00 ± 0,01)	(3,40 ± 0,01)10 ⁻⁴	(3,40 ± 0,01)10 ⁻³	(17,00 ± 0,05)10 ⁻³
	25 - 08 - 2020	(24,00 ± 0,01)	(24,00 ± 0,01)	(4,80 ± 0,01)10 ⁻⁴	(4,80 ± 0,01)10 ⁻³	(24,00 ± 0,05)10 ⁻³
TSHILOMBO	25 - 08 - 2020	(16,00 ± 0,01)	(16,00 ± 0,01)	(3,20 ± 0,01)10 ⁻⁴	(3,20 ± 0,01)10 ⁻³	(16,00 ± 0,05)10 ⁻³
	25 - 08 - 2020	(26,00 ± 0,01)	(26,00 ± 0,01)	(5,20 ± 0,01)10 ⁻⁴	(5,20 ± 0,01)10 ⁻³	(26,00 ± 0,05)10 ⁻³
LOKONGA	25 - 08 - 2020	(12,00 ± 0,01)	(12,00 ± 0,01)	(2,40 ± 0,01)10 ⁻⁴	(2,40 ± 0,01)10 ⁻³	(12,00 ± 0,05)10 ⁻³
	25 - 08 - 2020	(23,00 ± 0,01)	(23,00 ± 0,01)	(4,60 ± 0,01)10 ⁻⁴	(4,60 ± 0,01)10 ⁻³	(23,00 ± 0,05)10 ⁻³

Dans le tableau (4) et (5), nous faisons correspondre toutes les valeurs en Becquerel et Milisievert, avec une simulation en 10 ans et 50 ans. Nous constatons que toutes les valeurs en mSv dans ces tableaux en une année ne représentent pas un danger sur la santé humaine. En tenant compte du tableau d'Ivonne Verbist-Scieur des effets stochastiques dans 10 ans et 50 ans de nos échantillons, il y aura aucune conséquence majeure sur l'homme. Par contre, il crée des effets de Hormèse c'est-à-dire il joue le rôle de stimuler les mécanismes protecteurs des cellules. Car la grande valeur obtenue après 50 ans est de 0,021 x 10⁻³Sv. En décimal nous aurons 0,000021 Sv. Ce qui signifie qu'en 50 ans, ils les seront de l'ordre de grandeur de millionième de Sievert représentant aucun ennui

En tenant compte de masse des échantillons et la simulation

Dans la physique nucléaire, la radiation d'une matière dépend de la nature et de la masse. Ce qui fait que même le nombre d'impulsions d'un corps radioactif en dépend. Cela nous amène à intégrer la masse dans nos calculs suivants.

Prenons le cas d'échantillon de tableau (3) sur la valeur moyenne en appliquant le critère de Chevaunet .40 g. Notre échantillon du site Hyppolite nous donne 21 crépitements, a été pesé, avec une masse de Alors nous écrivons en tenant compte de la règle de trois simple.

Pour une masse de 40 g émet 21 crépitements qui correspondent à 21 Becquerels alors
 $1 t \rightarrow 525.000 Bq$

Nous allons faire correspondre cette valeur en mSv

Pour connaître l'impact de la radiation en tenant compte de la relation. (5), nous aurons : $525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 2 \times 10^{-5} \times 525.000\ \text{mSv/an}$

$525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 0,01050\ \text{Sv/an}$

Dans 10 ans, nous multiplions par 10 : $525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 0,105\ \text{Sv/10 ans}$

Dans 20 ans, nous aurons : $525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 0,21\ \text{Sv/20 ans}$

Dans 50 ans, nous aurons : $525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 0,525\ \text{Sv/50 ans}$

Pour 10 t, nous aurons

$525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 2 \cdot 10^{-5} \times 525 \times 10^4\ \text{mSv/an}$

$525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 1050 \times 10^{-1}\ \text{mSv/ans}$

$525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 105\ \text{mSv/an}$

En Sv $525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 0,105\ \text{Sv/ans}$

Ou $525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 0,105\ \text{Sv/10 ans}$

$525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 2,1\ \text{Sv/20 ans}$

$525\ 000\ \text{Bq} \rightarrow 5,25\ \text{Sv/50 ans}$

Nous avons établi le même formalisme pour toutes les valeurs de chaque site que nous représentons dans le tableau(6) suivant :

Tableau : n°6. Synthèse de valeurs moyennes de crépitements en tenant compte de masse des échantillons en becquerel, en sievert et avec des projections

Sites	Masse	Nombre crepitements	Correspondance de ces valeurs		Valeurs des effets stochastiques en sievert		
			en Becquerel	en mSv/an	10 ans (mSv)	20ans/mSV	50 ans (mSv)
SAFRICAS	$(74,0 \pm 0,5)g$	$14,0 \pm 0,7$	$14,0 \pm 0,7$	$(2,80 \pm 0,14)10^{-4}$	$(2,80 \pm 0,14)10^{-3}$	$(5,60 \pm 0,28)10^{-3}$	$0,01400 \pm 0,00007$
	$(1000,0 \pm 6,8)10^3g$	$(189 \pm 9)10^3$	$(189 \pm 9)10^3$	$(3,78 \pm 0,2)$	$(3,78 \pm 0,20)10$	$(75,6 \pm 4,0)$	189 ± 10
	$(1000,0 \pm 6,8)10^4g$	$(189 \pm 9)10^4$	$(189 \pm 9)10^4$	$(37,8 \pm 1,9)$	$(37,8 \pm 1,9)10$	(756 ± 38)	1890 ± 90
CESAR	$(14,0 \pm 0,5)g$	14 ± 2	(14 ± 2)	$(2,7 \pm 0,4)10^{-4}$	$(2,7 \pm 0,4)10^{-3}$	$(5,4 \pm 0,8)10^{-3}$	$0,070 \pm 0,021$
	$(1000,0 \pm 35,7)10^3g$	$(970 \pm 150)10^3$	$(970 \pm 150)10^3$	(19 ± 3)	$(19,42 \pm 3,00)10$	(3890 ± 60)	971 ± 150
	$(1000,0 \pm 35,7)10^4g$	$(970 \pm 150)10^4$	$(970 \pm 150)10^4$	$(19 \pm 3) 10^1$	$(19,42 \pm 3,00) 10^2$	(3890 ± 600)	9710 ± 1500
CENTRE NGANDA	$(14,0 \pm 0,5)g$	17 ± 3	$(17,3 \pm 2,67)$	$(0,35 \pm 0,05)10^{-3}$	$(0,35 \pm 0,05)10^{-2}$	$(0,70 \pm 0,21)10^{-2}$	$0,0180 \pm 0,026$
	$(1000,0 \pm 35,7)10^3g$	$(1236 \pm 190)10^3$	$(1236 \pm 190)10^3$	$(24,7 \pm 3,8)$	$(24,7 \pm 3,8)10$	$(49,4 \pm 7,6)10$	1236 ± 190
	$(1000,0 \pm 35,7)10^4g$	$(1236 \pm 190)10^4$	$(1236 \pm 190)10^4$	$(247,20 \pm 38)$	$(247 \pm 38)10$	$(494, \pm 76)10$	12360 ± 1900
ROBOT	$106,0 \pm 0,5)g$	$15,8 \pm 1,8$	$15,8 \pm 1,8$	$(0,316 \pm 0,036)10^{-3}$	$(0,316 \pm 0,036)10^{-2}$	$(0,63 \pm 0,07)10^{-2}$	$0,0158 \pm 0,0018$
	$(1000 \pm 4,7)10^3g$	$(149 \pm 17)10^3$	$(149 \pm 17)10^3$	$(2,98 \pm 0,34)$	$(2,98 \pm 0,34) 10$	$(60,0 \pm 0,7) 10$	149 ± 17
	$(1000 \pm 4,7)10^4g$	$(149 \pm 17)10^4$	$(149 \pm 17)10^4$	$(29,8 \pm 3,4)$	$(29,8 \pm 3,4)10$	$(60,0 \pm 7,0)10$	1490 ± 170
NYAKA VANGU	$(49,0 \pm 0,5)g$	$(20,9 \pm 1,4)$	$(20,9 \pm 1,4)$	$(0,42 \pm 0,28)10^{-3}$	$(0,42 \pm 0,28)10^{-2}$	$(0,84 \pm 0,56)10^{-2}$	$0,0209 \pm 0,0140$
	$(1000,0 \pm 10,2)10^3g$	$(427 \pm 28)10^3$	$(427 \pm 28)10^3$	$(8,54 \pm 0,57)$	$(8,54 \pm 0,57)10$	$(17,08 \pm 1,14)10$	427 ± 28
	$(1000,0 \pm 10,2)10^4g$	$(427 \pm 28)10^4$	$(427 \pm 28)10^4$	$(85,4 \pm 5,7)$	$(85,4 \pm 5,7)10$	$(171 \pm 12)10$	4270 ± 285
HYPPOLIT E	$(40,0 \pm 0,5)g$	$(21,0 \pm 1,3)$	$(21,0 \pm 1,3)$	$(0,420 \pm 0,026)10^{-3}$	$(0,420 \pm 0,026)10^{-2}$	$(0,84 \pm 0,05)10^{-2}$	$0,0210 \pm 0,0013$
	$(1000,0 \pm 12,5)10^3g$	$(525 \pm 33)10^3$	$(525 \pm 33)10^3$	$(10,50 \pm 0,65)$	$(10,50 \pm 0,65)10$	$(21,0 \pm 1,3)10$	525 ± 33
	$(1000,0 \pm 12,5)10^4g$	$(525 \pm 33)10^4$	$(525 \pm 33)10^4$	$(105,0 \pm 6,5)$	$(105,0 \pm 6,5)10$	$(210 \pm 13)10$	5250 ± 330
TSHILO MBO	$(40,0 \pm 0,5)g$	$(20,3 \pm 1,8)$	$(20,3 \pm 1,8)$	$(0,406 \pm 0,036)10^{-3}$	$(0,406 \pm 0,036)10^{-2}$	$(0,81 \pm 0,07)10^2$	$0,0203 \pm 0,0018$
	$(1000,0 \pm 12,5)10^3g$	$(508 \pm 45)10^3$	$(508 \pm 45)10^3$	$(10,16 \pm 0,90)$	$(10,16 \pm 0,90)10$	$(20,32 \pm 1,80)10$	508 ± 45
	$(1000,0 \pm 12,5)10^4g$	$(508 \pm 45)10^4$	$(508 \pm 45)10^4$	$(101,6 \pm 9,0)$	$(101,6 \pm 9,0)10$	$(203 \pm 18)10$	5080 ± 450
LOKONGA	$(16,0 \pm 0,5)g$	$(18,0 \pm 1,2)$	$(18,0 \pm 1,2)$	$(0,360 \pm 0,024)10^{-3}$	$(0,360 \pm 0,024)10^{-2}$	$(0,72 \pm 0,5)10^{-2}$	$0,018 \pm 0,012$
	$(1000,0 \pm 31,2)10^3g$	$(1130 \pm 80)10^3$	$(1130 \pm 80)10^3$	$(22,5 \pm 1,5)$	$(22,50 \pm 1,50)10$	$(45 \pm 3)10$	1120 ± 80
	$(1000,0 \pm 31,2)10^4g$	$(1130 \pm 80)10^3$	$(1130 \pm 80)10^3$	(225 ± 15)	$(225 \pm 15)10$	$(4450 \pm 30)10$	11250 ± 800

Contexte d'Enquête

Nous nous sommes servis d'un questionnaire d'enquête élaboré et soumis aux enquêtés. Nous avons travaillé avec 46 sujets qui ont répondu à nos questions. Le dépouillement a été fait, question par question. Les informations sont résumées dans le tableau(7) ci-dessous

Tableau n° 7 : Liste de pathologies médicales qui ont eu à emporter les casseurs de la pierre à Kinshasa Ouest: résultats de l'enquête.

maladie	mdd	mdt	Rhr	inf	mal	tub	Hém	pdv	typ	Her	aum	tot	%
Masculin	21	04	03	04	10	14	12	12	05	09	06	100	60,24
Féminin	18	04	01	03	07	09	10	06	04	00	04	66	39,76
Total	39	08	04	07	17	23	22	18	09	09	10	166	100,00
%	23,50	4,82	2,41	4,22	10,24	13,86	13,25	10,84	5,42	5,42	6,02	100	

Nous constatons que nos enquêtés ont plus de 18 ans, avec un niveau d'études très bas ou moyen ; car ils n'ont pas avancé dans les études malgré une moyenne d'anciennetés d'activité entre 10 et 20 ans, la plupart ignore ce qu'est la radioactivité et ce qu'elle apporte comme conséquences dans le corps humain. Voici quelques maladies dont souffrent ceux qui travaillent dans ces carrières artisanales : l'infection, l'hémorroïde, la tuberculose, la hernie, les maux de tête et de dos, la typhoïde, la malaria, Ils se font souvent soigner sans examens approfondis. Les uns reprennent leur travail, d'autres en meurent.

IV. Discussion

Dans ce tableau n° (5), nous avons tenu compte de la masse des échantillons avec leurs crépitements pour voir l'impact de la masse d'une substance radioactive lors de l'analyse. Nous relevons que la plus grande masse de nos échantillons, soit 106 grammes donnent 15,8 crépitements tandis que la plus petite masse qui est de 14 grammes, signale 13,5 crépitements. Ce qui montre que la masse d'une matière radioactive joue un rôle pour le pouvoir radioactif. Surprise de taille certains échantillons avec de petites masses émettent un nombre de crépitements aussi important que la grande masse (106 g) (tableau. 6), lequel signale quelques-unes de ces observations particulières :

- a) 49 grammes pour 20,9 crépitements
- b) 14 grammes pour 17,3 crépitements
- c) 40 grammes pour 21 crépitements
- d) 16 grammes pour 21 crépitements
- e) 106 gramme pour 15,8 crépitements

Pourtant, il est dit que, en physique nucléaire, la radiation d'une substance dépend aussi de sa masse. Ce qui justifie que nos échantillons ne proviennent pas que d'un même milieu : les sites sont différents,

ce qui fait que la nature du milieu de la matière radioactive influe aussi, car le pouvoir radioactif est différent. Pour ce, nous pouvons dire que les rochers du site Robot dont la masse est plus grande mais donne moins de crépitements que d'autres sites sont moins radioactifs. Ce qui est avantageux pour les gens qui y travaillent. Nous pouvons ainsi conseiller les acheteurs de se procurer davantage les pierres exploitées dans ce site.

En comparant ces valeurs avec celles de la table de Verbist-Scieur et al (2005), les effets accumulés dans une année ne posent pas assez d'ennuis à la santé de l'homme. Mais dans 10 ans, les effets stochastiques vont commencer à se manifester en causant des dégâts sévères à la moelle osseuse, des infections nuisibles à la santé de l'homme et d'autres maladies opportunistes. Mais avec un traitement approprié le sujet peut être récupéré.

Dans 20 ans, les effets seront accentués, tels que : nausée très sévère, perte d'appétit, hémorragies, infections, diarrhée, peau pèle, stérilité : le sujet peut mourir en l'absence de prise en charge médicale adéquate.

En comparaison avec le tableau de Verbist-Scieur *et al* (2005), à propos des effets d'irradiation, pour ce site Robot, en une année, la personne ne sent encore rien dans son organisme. Ces effets nuisent pourtant à la santé en créant « l'effet Hormèse », c'est à dire son organisme stimule le mécanisme protecteur des cellules.

De tous ces effets de l'irradiation que nous venons d'observer, et au regard des maladies qui emporteraient les casseurs de Kinshasa-Ouest, nous pouvons tirer la leçon que celles dont meurent ces casseurs sont dues à leur milieu de travail, suite aux irradiations qu'ils accumulent chaque jour ainsi qu'aux effets stochastiques induits.

Selon le tableau.7, nous en déduisons que les principales pathologies dont souffrent les casseurs, sont causées par l'irradiation.

Notre étude montre que pour un sujet qui travaille régulièrement dans un champ radioactif de la roche-mère par exemple de 10 tonnes que nous avons considérées dans notre analyse (cf. tableau.6) et en comparant ses valeurs avec celles du tableau de Verbist-Scieur *et al*. (2005), nous constatons que les effets stochastiques en une année n'ont pas assez d'ennuis à la santé de l'homme. À partir de 10 années, les ennuis vont commencer à se manifester en causant des dégâts sévères à la moelle osseuse, créant des infections avec des nausées sévères. Le sujet peut être récupéré à l'aide d'un traitement approprié. Mais dans 20 ans les effets stochastiques (accumulés) seront accentués, tels que : les infections, la diarrhée, la stérilité. Le sujet peut ou ne pas être récupéré par des traitements appropriés, car les effets stochastiques dépendent aussi de la résistance interne de corps.

Dans 50 ans, les effets seront encore très dangereux à l'homme avec la survenance de la stérilité, l'hémorragie, les infections, la modification de l'ADN. Les sujets ainsi exposés trouveront la mort et c'est difficile qu'ils soient récupérés.

Nous affirmons ces résultats car nos investigations ont démontré que nos sujets souffrent et meurent des maladies qui sont provoquées par les effets stochastiques (accumulés) de radiations, évoqués dans le tableau d'Yvonne Verbist-Scieur *et al.* (2005) tels que :

Cas des infections (4,2 %) ; Cas des tuberculoses (13,9 %) ; Cas des maux de tête (23,5 %) ;
Cas des pertes de la vue (10,8 %) ;....

Nous pouvons certifier nos résultats en les comparant encore avec (Yuvanoë/CEA) qui dit que les expositions à des doses plus ou moins élevées des rayonnements ionisants peuvent avoir des effets à long terme de cancer et de leucémie. Ces effets se manifestent de façon aléatoire que l'on ne peut pas prédire pour une personne donnée, car la résistance d'un sujet intervient aussi, ce qui fait que les risques biologiques ne sont pas uniformes pour l'ensemble de l'organisme, il dépend de la radiosensibilité de l'organe irradié. (<https://www.ca.fr/radioactivite> ; consulté le 01/02/2021).

Dans les pays développés, chaque mineur porte un badge contenant un petit appareil qui note au jour le jour les doses de radiations absorbées. La limite annuelle permise par le géant Cameco est de 20 milli sieverts (mSv), l'unité mesurant l'effet des radiations sur l'organisme. Mais la plupart des mineurs ne reçoivent pas plus de 1,87 mSv, dit Joël Rheault, directeur de la mine de la rivière MC Arthur. En comparaison, un examen complet du corps par tomographie (un scanner), à l'hôpital, donne une dose de 12 mSv. Ce n'est qu'à son ultime étape de transformation, au cours de la fission dans le réacteur nucléaire, que l'uranium devient hautement toxique. Une très courte exposition à une dose de 10 000 mSv, lors d'un accident nucléaire par exemple, provoquerait chez la victime des nausées, une chute du nombre de globules blancs dans le sang et, après quelques semaines, la mort. (Guérard 2008).

J. JEDWAB a fait l'expérience en prenant comme échantillons au site d'Argenteau qui ont été décrit par d'autres auteurs tels: LEGRAND, LAMBRECHT et CHARLIER. Il a conclu que la plupart des roches (les grès) ont une faible radiation ne présentent pas un danger pour l'homme. L'auteur a analysé ces échantillons par la méthode d'autoradiographie-alpha. Cela justifie notre résultat que les roches concassées dans nos carrières sont de grès dont la radiation est faible.

Ayant constaté que les casseurs de la pierre (roche mère) de Kinsuka et Lutendele sont exposés aux effets stochastiques de la radiation, nous suggérons aux autorités politico administratives de notre pays de :

- développer le secteur de radioprotection dans nos carrières industrielles et artisanales de Kinshasa ;
- mener les études approfondies avant de donner la licence d'exploitation d'un site minier (carrière) à exploiter ;
- former des spécialistes en radioprotection et en médecine nucléaire ;
- retirer les autorisations parcellaires à toute personne ayant construit sur des rochers à côté du fleuve Congo : ils sont jour et nuit sur un site radioactif de la roche-mère et leur expliquer le danger auquel ils sont exposés en permanence ;
- déloger ceux-là qui y habitent déjà dans ces sites, les exproprier et leur trouver d'autres endroits plus sécurisants.

V. CONCLUSION

La terre est une planète essentiellement constituée de roches. A l'exception des êtres vivants et partiellement du sol, tous matériaux qui constituent la terre ferme sont des roches. Les scientifiques n'ignorent nullement que les roches, en général sont des sources radioactives naturelles. (MAYA Presse 2014 : 05) le confirme. Durville (1997 : 30) dit que le rocher est un matériau de qualité rigide, résistant apprécié dans les travaux de génie civil qui accompagnent le développement et la modernisation de la cité. En dépit du fait que la radioactivité émane de la roche, nous avons effectué des investigations auprès des casseurs de la pierre à Kinsuka-Pêcheurs, à Lutendele. Les analyses des échantillons effectuées au laboratoire de l'UPN, démontrent que les acheteurs de la pierre de Kinshasa-Ouest n'ont pas à s'inquiéter de l'irradiation éventuelle et manifeste de cette pierre détachée de la roche-mère ; car leur taux d'irradiation est faible et va diminuant en fonction du temps. De plus les effets sur la santé humaine sont inférieurs à la dose d'irradiation limite dangereuse, qui est de 1 mSv/an d'après Verbist-Scieur *et al* (2005).

Ceux qui travaillent dans les carrières de Kinshasa-Ouest et passent beaucoup de temps par jour, dans ces sites proches de la roche-mère, ne développent pas encore des effets des maladies dues à l'irradiation. Par contre en 10, 20 et 50 ans, ils pourront développer des maladies incurables, conduisant à la mort à cause des effets stochastiques.

Le tableau n° 03 résultats de nos recherches, le confirme par rapport au tableau de Verbist-Scieur *et al.* (2012), de par nos analyses au laboratoire de l'UPN. Dans nos sites d'investigation auprès des casseurs, nous avons enregistré quelques cas de décès dus à la tuberculose, aux infections, ...

La vie de l'humain étant sacrée, ceci nous amène à faire des suggestions à l'endroit des autorités politico-administratives, aux casseurs eux-mêmes, pour se protéger résolument de la radioactivité des roches.

Cela étant, la présente étude offre de nombreuses opportunités, en ce qu'elle appelle à des recherches complémentaires sur des aspects que nous n'avons pas pu aborder dans cette recherche, notamment la dimension de traitement de pathologies radioactives.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Allard, M. Et Bois D.1999. La Géophysique Appliquée A L'exploration Minérale, Collection Cégep De L'abitibi Témiscamingue.
- [2]. Blanc, D.1997. Les Rayonnements Ionisants : Détection, Dosimétrie. <https://Nuclearsafety.Gc.Ca> I...
- [3]. Çaoui, M., .2009. Effets Biologiques Des Radiations Ionisantes (Ri). <http://Med-Fac.Univ-Batna2.Dz> ...
- [4]. Cea, .2014. Livret, L'homme Et Les Rayonnements, Yuvanoé Et Al. <https://Www.Irsn.Fr> .
- [5]. Chabou Moulley Charaf. 2015. Nature Des Enveloppes Terrestres. <https://Fr.M.Wikipedia.Org>.
- [6]. Cusstr .2005. Rayonnement Ionisants. <https://Www.Who.Int> .
- [7]. Davidson, J..1978. Radiations : Leurs Natures, Leurs Effets, Comment S'en Protéger, Un Point De Vue Holistique, Ville : Terra Magna Traduit Par Yona Chavanne, P. 148.
- [8]. Durville, J.L., Et Heraud, H .1995. Description Des Roches Et Des Massifs Rocheux. <https://Fr.Scribd.Com>.
- [9]. Gambini, D.Y., Granier R.2007. Manuel Pratique De Radioprotection, Edition Lavoisier, 3^{ème} Edition.
- [10]. Hall, J.E.1979. Vivre Avec Les Rayonnements, Texte Imprimé-Adapté De L'américain Par Marc Odier, Paris : Edition Eynolles .
- [11]. Kampahn, R., Mata Tombo J.E Et Nkisi Lubadika G.2018. Critère De Chauvenet Et Mesures Physiques Réelles Répétées/Cov : Une Estimation Conviviale Et Applicabilité Sur Les Répétés/Cei, Pupn, Spécial Physique, Vol 2 ..
- [12]. Katuka G, O. Kitenge, Mata-Tombo, I.Et Nguizani, M .2012. Matariser A 10 : Un Néologisme Qui Vient De La Mesure Scientifique In Crupn.
- [13]. Katuka. G. 2021. La Radioactivité Des Roches Des Carrières Exploitées A Kinshasa-Ouest. (Mémoire Licence). Kinshasa : Upn (Inédit).
- [14]. Lufutu, K.F.2015., Etude Sur Le Taux De Radiation De Rochers De Quelques Carrières De Kinsuka A Kinshasa. Mémoire De Licence.
- [15]. Ligou .1997 . Les Rayonnements Ionisants. <https://Fr.Wikipedia.Org>.
- [16]. Mafuta, M.N.F.2013. La Détermination Du Niveau De Dosage D'irradiation Sur Les Amarantes Cultivées A Kinshasa, Mémoire De Licence. Kinshasa : Upn (Inédit).
- [17]. Mata Tombo, J.E. 2023. Enseigner Autrement Les Mesures Physiques Réelles Makes Contribuant. Présentation Orale. Matadi : Isp (27 Mai 2023) .
- [18]. Mata Tombo, J.E., Et Tshibangu, L, M .2022. Notes De Séminaire De Dea Destinées Aux Réspiciendaires De Pré-Dea. Kinshasa : Upn (Inédit).
- [19]. Mata Tombo, J.E, Et Al. 2018. Critère De Chauvenet Et Mpr Répétés/Cov In Cridupn, Vol 2: 141-160.
- [20]. Metivier, H. 2015. L'homme, Les Rayonnements, La Radioprotection. <https://Www.Encyclopedie-Energie.Org>.
- [21]. Michelet, H.2013. La Radioactivité... Bienfait Ou Malheur De Notre Temps, Pp. 276-286 ;
- [22]. Oms .201. Rayonnements Ionisants, Effets Sur La Santé Et Mesures De Protection, Avril 2016 Centre De Médias.
- [23]. Osm .2019. Rayonnements, Effets Sur La Santé Et Mesure De Protection, Centre De Médias ;
- [24]. Vander Vorst, A.1995. Transmission, Propagation Et Rayonnement, Bruxelles : De Boeck-Wesmael ;
- [25]. Verbist-Scieur, J., Et Al .2005. Physique 6°, Sciences Générales, Bruxelles : De Boeck Et Larcier.