

Contribution à l'étude de la radioactivité gamma naturelle, par spectrométrie gamma, au niveau du sol de tremblement de terre de Berentsina à Befandriana-Nord Madagascar

Albert1 RANDRIANARIVO¹ et Frédéric ASIMANANA^{2*}

¹ *Faculté de Sciences, Université d'Antsiranana, BPO 201 Antsiranana, Madagascar*

² *Institut National des Sciences et Technique Nucléaire (INSTN), BP 4279, 101 Antananarivo, Madagascar*

* Correspondance, courriel : fredericasimanana@yahoo.fr

Résumé

Les familles de l'uranium-238, du thorium-232 et le potassium-40 sont d'origines telluriques et contribuent de manière générale aux expositions internes et externes de l'individu. L'objectif de ce présent travail est de mesurer la radioactivité du sol de Berentsina à Befandriana-Nord Madagascar. Différents échantillons ont été prélevés pour avoir une présentation fidèle de ce site. Les analyses des échantillons collectés ont été effectuées dans le Département Analyses et Techniques Nucléaires de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires-Madagascar à l'aide d'une chaîne de spectrométrie gamma en utilisant le détecteur NaI(Tl) de marque ORTEC et de model 905-4 séries ont donné des résultats fiables. Les résultats obtenus montrent que les activités de potassium-40 varient de $122 \pm 87 \text{ Bqkg}^{-1}$ à $519 \pm 74 \text{ Bqkg}^{-1}$, pour la famille de l'uranium-238 correspond de $24 \pm 15 \text{ Bqkg}^{-1}$ à $95 \pm 28 \text{ Bqkg}^{-1}$ et celle du thorium-232 est de $12 \pm 8 \text{ Bqkg}^{-1}$ à $238 \pm 28 \text{ Bqkg}^{-1}$. En se référant à ces valeurs moyennes, nous remarquons que un échantillon des activités $519 \pm 74 \text{ Bqkg}^{-1}$ du potassium-40 dans le présent travail est supérieure à 400 Bqkg^{-1} . Par contre, les activités de la famille du thorium-232 et de la famille de l'uranium-238, en générale, sont respectivement toutes supérieures à 30 Bqkg^{-1} et 35 Bqkg^{-1} .

Mots-clés : *radioactivité, spectrométrie gamma, détecteur, analyse et échantillon.*

Abstract

Contribution to the survey of the natural gamma radioactivity, by spectrometry gamma, to the level of the soil of flickering of earth of Berentsina to Befandriana-North Madagascar

The families of the uranium-238, of the thorium-232 and the potassium-40 are of telluric origins and contribute general manner in the individual's internal and external exhibitions. The objective of this present work is to measure the radioactivity of the soil of Berentsina in Befandriana-North Madagascar. Different samples have been appropriated to have a faithful presentation of this site. The analyses of the samples collected have been done in the Department Analyses and Nuclear Techniques of the National institute of the Sciences and Technique Nuclear-Madagascar with the help of a gamma spectrometry chain as using the detecting NaI (TI) of ORTEC mark and model 905-4 sets gave reliable results.

Albert1 RANDRIANARIVO¹ et Frédéric ASIMANANA

The gotten results show that the activities of potassium-40 vary 87 Bqkg^{-1} s from $122 \pm$ to $519 \pm 74 \text{ Bqkg}^{-1}$, for the family of the uranium-238 corresponds of $24 \pm 15 \text{ Bqkg}^{-1}$ to $95 \pm 28 \text{ Bqkg}^{-1}$ and the one of the thorium-232 is of $12 \pm 8 \text{ Bqkg}^{-1}$ to $238 \pm 28 \text{ Bqkg}^{-1}$. While referring to these middle values, we notice that a sample of the activities $519 \pm 74 \text{ Bqkg}^{-1}$ of the potassium-40 in the present work is superior in 400 Bqkg^{-1} . On the other hand, the activities of the family of the thorium-232 and the family of the uranium-238, in general, are respectively all superior in 30 Bqkg^{-1} and 35 Bqkg^{-1} .

Keywords : *radioactivity, gamma spectrometry, detector, analyses and sample.*

1. Introduction

L'homme vit en permanence dans un environnement radioactif. Les rayonnements ionisants ont pour origine d'une part l'espace extra-terrestre, source des rayonnements cosmiques, et d'autre part, la terre elle-même qui a incorporé les radionucléides primordiaux appartenant à la famille de l'uranium-238, à celle du thorium-232 ainsi que le potassium-40. *L'exposition d'origine cosmique est relativement constante au niveau du sol et varie avec l'altitude tandis que, l'exposition d'origine tellurique dépend de la géologie des sols et, à un moindre degré, de la nature des matériaux de construction [1, 2].* Le tremblement de terre de Berentsina commune rurale Ambararata district de Befandriana-Nord province de Mahajanga et dans le pays à Madagascar a eu commencé jeudi le 22 Novembre 2013 vers 22h jusqu'à 20 Septembre 2014. Ce tremblement a répété plusieurs fois le jour et la nuit. On a remarqué bien que le tremblement était juste en village de Berentsina, en fait le tremblement de terre est un tremblement de terre léger, ils ne durent que quelques secondes et ne comportent aucun risque, Il se peut que, dans votre maison, certains plafonniers bougent et que certains objets soient secoués légèrement. De jour en jour, *nous sommes exposés aux rayonnements radioactifs naturels qui sont présents dans les sols et dans les eaux [4].* Ainsi, l'environnement qui nous entoure est un environnement radioactif. *Voici la question à laquelle nous avons essayé d'apporter une réponse : quel est le taux des radioactivités naturels du sol sur ce village de Berentsina?* Ainsi la présente recherche a pour but d'étudier l'activité des éléments radionucléides présents dans le sol trembloté au village de Berentsina plus précisément le potassium-40, la famille de l'uranium-238 et du thorium-232. Au cours de ce travail, nous avons utilisé la spectrométrie gamma au laboratoire du Département d'Analyses et Techniques Nucléaires (ATN) à l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN)-Madagascar.

2. Site d'étude

Le tremblement de terre de Berentsina a commencé le Jeudi 22 Novembre 2013 vers 22h. Ce tremblement a été répété plusieurs fois le jour et la nuit. A cette époque, la plus part des habitants de Berentsina allaient quitter de chercher un autre endroit calme parce qu'ils avaient peur. Les habitants avaient beaucoup souffert pendant cet événement. Ils appelaient le gouvernement pour trouver une solution, mais l'intervention de gouvernement n'avait plus résolu de problème. La durée était 11 mois (depuis 22 Novembre 2013 à 20 Septembre 2014). C'est la raison pour laquelle on a choisi ce site pour effectuer l'étude de la radioactivité du sol. Voici l'information de site de prélèvement des échantillons. Cette fokontany est appelée Berentsina commune rurale d'Ambararata district de Befandriana Nord, province de Mahajanga dans le pays de Madagascar et contenant d'Afrique.



Source : Photo (Berentsina)

Figure 1 : Localisation de site et des points de prélèvement des échantillons

La localisation géographique de la zone d'étude et coordonnées prise sur GPS est :

- Entre 15°04'49,0''S et 15°05'26,5''S latitude sud
- Entre 048°31'58,0'' E et 048°32'01,0'' E de longitude Est
- Elévation entre 299 m et 313 m

3. Matériel et méthodes

La méthode d'analyse par d'Analyse et Technique Nucléaire (ATN) est une technique non destructive de mesure nucléaire utilisée pour identifier et quantifier des éléments radioactifs par la mesure de l'énergie et du nombre des rayonnements gamma émis par la source. Le flux de photons gamma émis par la source interagit en l'intégralité ou une partie de son énergie dans le cristal de détection. Cette mesure réalisée sur une certaine durée permet de construire un spectre d'échantillon : histogramme donnant le nombre de photons détectés en fonction de leur énergie. Cette méthode est utile pour l'étude des éléments radioactifs. La chaîne d'acquisition utilisé au laboratoire est constitué du détecteur, du préamplificateur, de l'amplificateur, du convertisseur analogique-numérique(ADC), de l'analyseur multicanaux (MCA), du générateur de haute tension et d'un ordinateur muni d'un logiciel approprié.

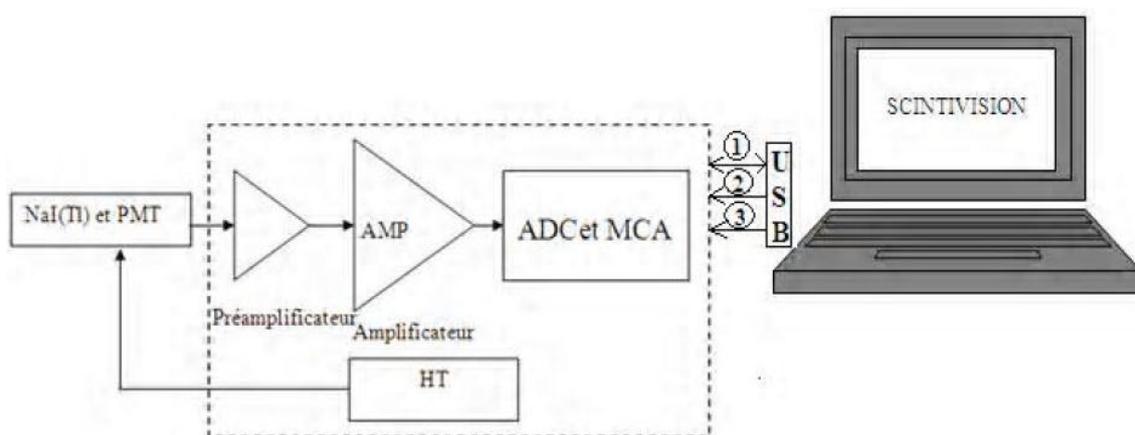


Figure 2 : Schéma simplifié de la chaîne de spectrométrie gamma au NaI(Tl)

PMT : Photomultiplicateur ; HT : Haute Tension ; USB : Universel Serial Bus ; ADC : Convertisseur Analogique-numérique ; MCA : Analyseur multicanaux ; 1 : Signal ; 2 : Alimentation ; 3 : Commande.

L'analyse au laboratoire comprend trois étapes : la préparation des échantillons, l'analyse par la chaîne de détection et le dépouillement par le logiciel ScintiVision. Voici les étapes de la transformation de l'échantillon dans le laboratoire.

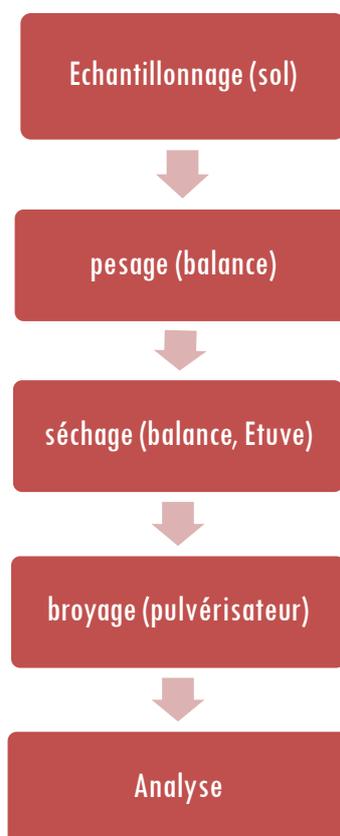


Figure 3 : Etape de liquéfaction de l'échantillon

4. Résultats et discussion

4-1. Activités dans les deux sites

Après avoir préalablement effectué les mis au point de la chaine de mesure, les étalonnages en énergie et en efficacité, nous avons déterminé les différents coefficients grâce auxquels nous avons pu obtenir les résultats présentés dans le **Tableau**. Les paramètres de réglages ont été fixés à 800 Volts pour la polarisation du détecteur et les temps de mesure à 13 Heures.

Tableau 1 : Résultats des mesures des activités dans les deux sites

SITE	CODE	ACTIVITE Bqkg ⁻¹		
		⁴⁰ K	²³⁸ U	²³² Th
Profondeur	EB1	227 ± 95	78 ± 33	48 ± 29
	EB2	122 ± 87	64 ± 35	12 ± 8
	EB3	191 ± 83	71 ± 35	79 ± 25
	EB4	125 ± 83	47 ± 34	101 ± 27
Surfacique	EB5	174 ± 69	56 ± 28	188 ± 25
	EB6	194 ± 67	24 ± 16	81 ± 21
	EB7	187 ± 75	50 ± 32	153 ± 25
	EB8	166 ± 80	45 ± 33	172 ± 28
	EB9	139 ± 81	24 ± 15	122 ± 27
	EB10	205 ± 92	31 ± 12	106 ± 29
	EB11	155 ± 80	88 ± 32	238 ± 28
	EB12	519 ± 74	95 ± 28	121 ± 22
Moyenne ± σ [mi-max]		200 ± 80 [125-519]	56 ± 27 [24-95]	118 ± 24 [12-238]

4-2. Activités du potassium-40

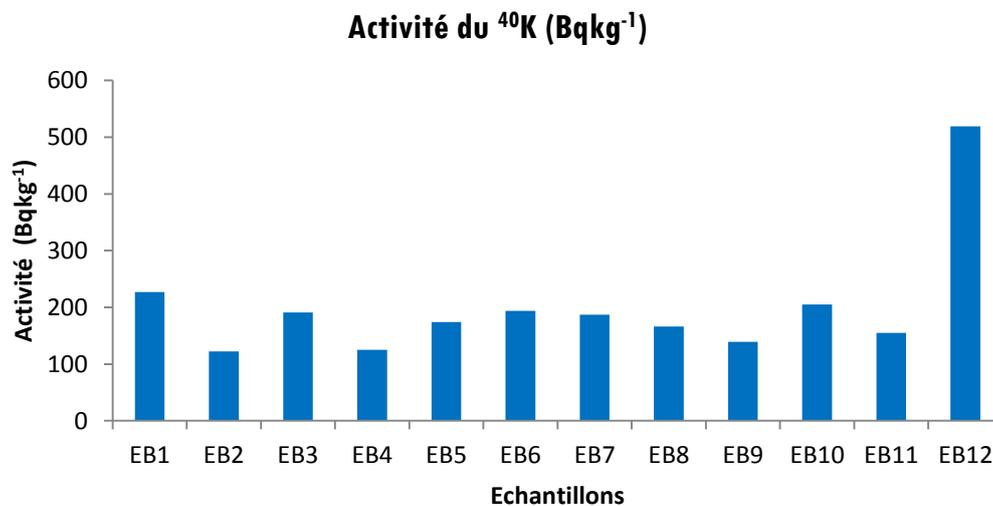


Figure 4 : Représentation de la variation des activités du ⁴⁰K

Les résultats présentés dans le *Tableau 1* dont la courbe est présentée à la *Figure 4* relèvent que les activités du potassium-40 varient de $122 \pm 87 \text{ Bqkg}^{-1}$ à $519 \pm 74 \text{ Bqkg}^{-1}$ en fluctuant suivant les points d'échantillonnage. Dans le site en Profondeur (EB1 à EB4), les activités du potassium-40 vont de $122 \pm 87 \text{ Bqkg}^{-1}$ à $227 \pm 95 \text{ Bqkg}^{-1}$. De plus, on constate que un parmi les quatre échantillons de sol dans la profondeur de Berentsina ont des activités supérieures à l'activité moyenne. Du côté de site surfacique (EB5 à EB12), les activités du potassium-40 sont comprises entre $139 \pm 81 \text{ Bqkg}^{-1}$ et $519 \pm 74 \text{ Bqkg}^{-1}$. Deux parmi les huit échantillons possèdent des activités au-dessus de la moyenne ; les restes en sont inférieurs. Dans le site de Berentsina, l'échantillon EB12 de l'activité $519 \pm 74 \text{ Bqkg}^{-1}$ du potassium-40 est largement supérieure à la moyenne mondiale de 400 Bqkg^{-1} (UNSCEAR, 2000).

4-3. Activités de la famille de l'uranium-238

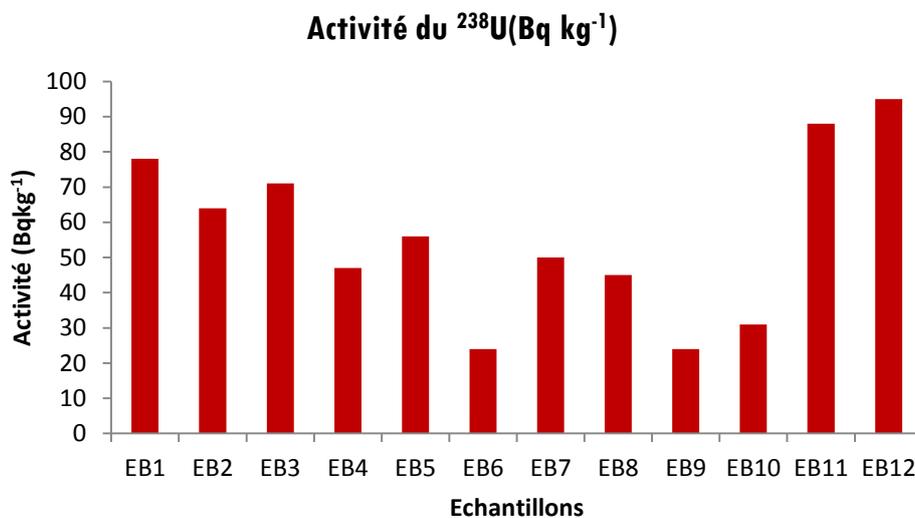


Figure 5 : Représentation de la variation des activités du ^{238}U

D'après les résultats de douze échantillons montrés dans la *Figure 5* ci-dessus, on remarque que les activités de la famille de l'uranium-238 varient sensiblement d'un point à l'autre. Cette variation est de $24 \pm 15 \text{ Bqkg}^{-1}$ à $95 \pm 28 \text{ Bqkg}^{-1}$. Dans le sol dans la profondeur, les activités de la famille de l'uranium-238 sont comprises entre $47 \pm 34 \text{ Bqkg}^{-1}$ et $78 \pm 33 \text{ Bqkg}^{-1}$. Trois parmi quatre échantillons de sol dans la profondeur possèdent des activités au-dessus de l'activité moyenne. Par contre, dans le sol surfacique, ces activités varient de $24 \pm 15 \text{ Bqkg}^{-1}$ à $95 \pm 28 \text{ Bqkg}^{-1}$. Parmi les huit échantillons de sol en surface, seuls deux présentent des activités supérieures à la moyenne. La valeur moyenne tourne autour de $56 \pm 27 \text{ Bqkg}^{-1}$. Elle dépasse la moyenne mondiale 35 Bqkg^{-1} (UNSCEAR, 2000).

4-4. Activités de la famille du thorium-232

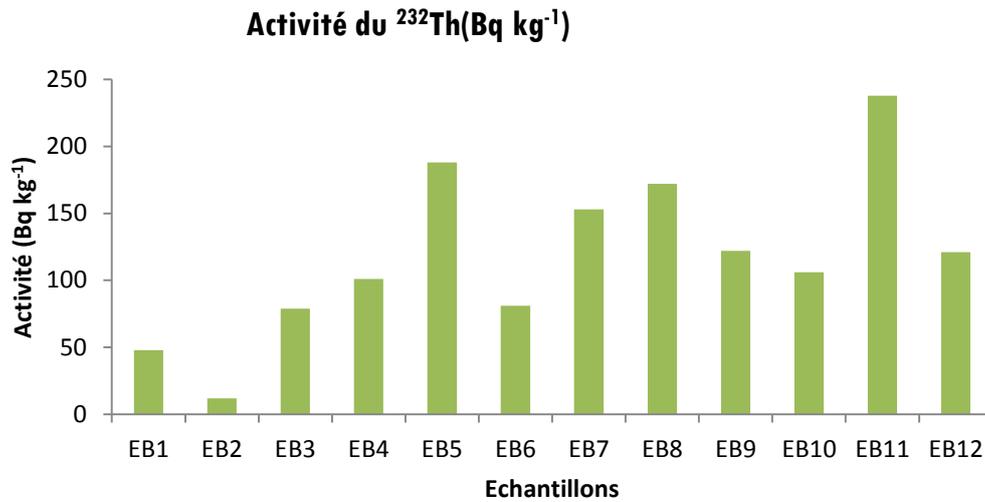


Figure 6 : Représentation de la variation des activités du ²³²Th

Les résultats d'analyse de douze échantillons de sol sur la **Figure 6** ci-dessus montrent que les activités de la famille du thorium-232 varient de $12 \pm 8 \text{ Bqkg}^{-1}$ à $238 \pm 28 \text{ Bqkg}^{-1}$. La valeur moyenne vaut $118 \pm 24 \text{ Bqkg}^{-1}$. Elle dépasse largement, 4 fois environs, la moyenne mondiale relative à la famille du thorium-232 de 30 Bqkg^{-1} (UNSCEAR, 2000). On constate que quatre échantillons de sol en profondeur ont des activités inférieures à la valeur moyenne. Leurs activités varient de $12 \pm 8 \text{ Bqkg}^{-1}$ à $101 \pm 27 \text{ Bqkg}^{-1}$. Toutefois, dans le sol surfacique, six parmi huit échantillons ont des activités supérieures de la moyenne. Ces activités sont comprises entre $81 \pm 21 \text{ Bqkg}^{-1}$ et $238 \pm 28 \text{ Bqkg}^{-1}$.

4-5. Comparaison des activités du k-40, de la famille de l'u-238 et de la famille du th-232

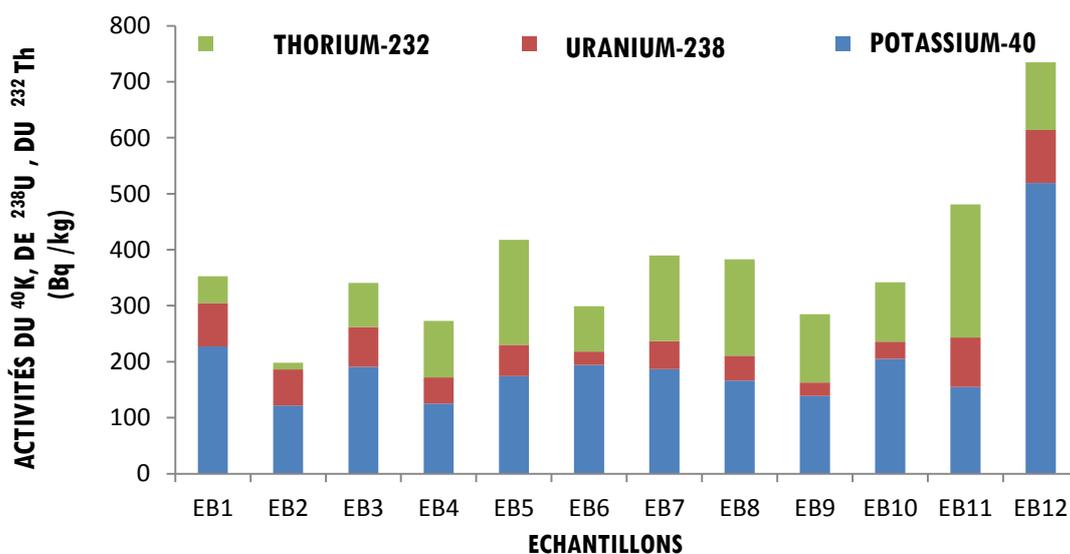


Figure 7 : Représentation de la variation des activités du ⁴⁰K, de la famille de l'²³⁸U et de la famille ²³²Th

La **Figure 7** montre la comparaison des quantités des différentes familles pour les différents points de prélèvement. Les analyses quantitatives donnent les valeurs des teneurs du potassium-40, de la famille de l'uranium-238 et de la famille du thorium-232 dans sol de Berentsina. Elles nous ont permis de constater que, pour les deux sites conformes, l'activité moyenne du potassium-40 est supérieure à celles de la famille du thorium-232 et celle de l'uranium-238. En terme pourcentage, en prenant l'activité moyenne de potassium-40 comme référence, celle de la famille de l'uranium-238 est de 28 % moindre que celle de potassium-40. De même, l'activité moyenne de la famille du thorium-232 représente 59 % moindre que celle du potassium-40. En d'autre terme, la concentration des taux des activités du potassium-40 reste toujours importante par rapport à celles de la famille du thorium-232 et de la famille de l'uranium-238. En basant sur le rapport publié par la Comité Scientifique des Nations Unies pour les Effets de Radiation Atomique en 6 juin 2000 (UNSCEAR, 2000), les concentrations moyennes mondiales des activités du potassium-40, de la famille du thorium-232 et de l'uranium-238 valent respectivement 400 Bqkg^{-1} , 30 Bqkg^{-1} et 35 Bqkg^{-1} . En se référant à ces valeurs moyennes, nous remarquons que un échantillon des activités $519 \pm 74 \text{ Bqkg}^{-1}$ du potassium-40 dans le présent travail est supérieure à 400 Bqkg^{-1} . Par contre, les activités de la famille du thorium-232 et de la famille de l'uranium-238, en générale, sont respectivement toutes supérieures à 30 Bqkg^{-1} et 35 Bqkg^{-1} .

5. Conclusion

Dans tous les éléments potentiellement radioactifs, les seuls observables sont le potassium-40, la famille de l'uranium-238 et celle thorium-232. Ces trois éléments radioactifs sont à l'origine de l'exposition externe d'un individu se trouve à la surface de la terre. L'étude de la radioactivité environnementale en générale, c'est la détermination de taux des activités de potassium, l'uranium et du thorium dans le sol. On a fait douze analyses d'échantillon du sol proviennent de quartier à Berentsina commune rural de Befandriana-Nord province de Mahajanga dans le pays à Madagascar. Vu les résultats d'analyse qu'on a réalisé dans le laboratoire du département Analyse et Technique Nucléaire à l'Institut National des Sciences et des Technique Nucléaire (INSTN-Madagascar), à partir de maintenant, on sait que le quartier Berentsina a des éléments radioactifs ainsi que leurs descendances très élevés par rapport à la moyenne mondiale. Les résultats d'analyse des échantillons prélevés sur le sol dans la profondeur et celle surfacique à Berentsina mettent en évidence l'existence des éléments radioactifs primordiaux dont les activités spécifiques moyennes respectives sont de $200 \pm 80 \text{ Bqkg}^{-1}$ pour le potassium-40, de $118 \pm 24 \text{ Bqkg}^{-1}$ pour la famille du thorium-232 et de $56 \pm 27 \text{ Bqkg}^{-1}$ pour celle de l'uranium-238. En comparant ces valeurs à celles des moyennes mondiales respectives publiées par la Comité Scientifique des Nations Unies pour les Effets de Radiation Atomique, en 2000, on constate que la moyenne de l'activité du potassium-40 de $200 \pm 80 \text{ Bqkg}^{-1}$ équivaut exactement à la moitié moindre que celle de la moyenne mondiale. Par contre, celle de la famille de l'uranium-238 de $56 \pm 27 \text{ Bqkg}^{-1}$ est largement supérieure de la moyenne mondiale et de la famille du thorium-232 de $118 \pm 24 \text{ Bqkg}^{-1}$ est très grande de 4 fois de la moyenne mondiale. C'est normal que le tremblement de terre arrive sur ce lieu.

Références

- [1] - BRIANT KALL THEOGENE TOMBO , MARTIN RASOLONIRINA, NAIVO RABESERANANA et GERARD RAMBOLAMANANA. -Contribution à l'étude de dose due à la radioactivité gamma du sol sur la vie de la baie des Français-.HDR, Université Antsiranana Madagascar (2015) 15p.
- [2] - BRIANT KALL DONNE ZAFIZARA, MARTIN RASOLONIRINA, NAIVO RABESERANANA et GERARD RAMBOLAMANANA, Contribution à l'étude de la radioactivité gamma du sable des plages de Ramena et d'Orangea. HDR, Université Antsiranana, Madagascar (2015) 26 p.

- [3] - JEROME LAMBERT, Les tremblements de terre en France (1997) Ed. BRGM, 196 Pages (épuisé).
- [4] - S. F. ANDRIAMADY NARIMANANA, Optimisation du logiciel de déconvolution sur des spectres d'échantillons de sol de Madagascar-, DEA, Université d'Antananarivo, Département de Physique, p2, p9, p15, (2005).
- [5] - RADOMANANA ROLLANDO RAKOTONARIVO, Contribution de la radioactivité du sol à la dose mesurée à l'aire libre dans la ville de Fort-Dauphin - mémoire de DEA Faculté des Sciences d'Antananarivo (Octobre 2001) 51p.
- [6] - MILAN ZACEK, Tremblement de terre, Les Grands Ateliers de L'Isle-d'Abeau (2003) 89 pages.
- [7] - MILAN ZACEK, Evaluation de la présomption de vulnérabilité aux séismes des bâtiments existants, Les Grands Ateliers de L'Isle-d'Abeau (2003) 41 pages.
- [8] - M. ANSADI, Détermination par spectrométrie gamma de la contamination en Cs-137 du sol et de quelques denrées alimentaires des Iles Comores. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, (2004) 21p.
- [9] - S. D. RAVELOMANANTSOA, Contribution à l'étude de l'environnement radioactif à Antananarivo : Evaluation de l'exposition du public aux rayonnements X et gamma telluriques et au radon. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Antananarivo, Madagascar, (2001) 79-85p.
- [10] - ANDRIANDRAFITRIMO, Etablissement d'un dispositif au NaI(Tl) : Application à la caractérisation de la radioactivité des sols. Thèse de 3^{ème} cycle, Faculté des Sciences Antananarivo (2001) 31-45 p.
- [11] - BRGM-EDF-IPSN, Mille ans de séisme en France-Catalogue d'épicentres, Ouest Editions(1996) 75 pages.