



CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RADIOACTIVITE DU SOL DE DISTRICT DE BEFANDRIANA-NORD, MADAGASCAR

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF BEFANDRIANA-NORD DISTRICT SOIL RADIOACTIVITY. MADAGASCAR

| Albert Randrianarivo ^{1*} | Fanantenansoa Asivelo Solonjara ² | et | Frédéric Asimanana ¹ |

¹ Université d'Antsiranana | Département de physique | Laboratoire de Métrologie Nucléaire et Environnement | Diego-Suarez | Madagascar |

² INSTN-Madagascar | Département de ATN | Laboratoire d'Analyse et Technique Nucléaire | Antananarivo | Madagascar |

| Received | 17 November 2016 |

| Accepted | 14 December 2016 |

| Published 26 November 2016 |

RESUME

Introduction : Les radionucléides naturels présents dans l'environnement (sols, air, eaux et autres) sont des familles de l'uranium-238, de l'uranium-235, du thorium-232 et le potassium-40 contribuent à la pollution radiologique de manière générale et ces effets sur la santé des populations. **Objectif :** L'objectif de ce présent travail est de mesurer la radioactivité du sol à Befandriana-Nord Madagascar. Différentes échantillons ont été prélevés pour avoir une présentation fidèle de ce site. **Matériel et Méthodes :** 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(TI) de marque ORTEC et de model 905-4 séries ont donné des résultats fiables et du logiciel ScintiVision. La méthode développée par Rybach a été utilisée pour le traitement des spectres. **Résultats :** Les résultats obtenus montrent que les activités de potassium-40 varient de $122 \pm 37 \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $519 \pm 74 \text{ Bq.kg}^{-1}$, pour la famille de l'uranium-238 correspond de $24 \pm 9 \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $95 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1}$ et celle du thorium-232 est de $12 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $238 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1}$. En se référant à ces valeurs moyennes, nous remarquons que un échantillon des activités $519 \pm 7.4 \text{ Bq.kg}^{-1}$ du potassium-40 dans le présent travail est supérieure à 400 Bq.kg^{-1} . **Conclusion :** A l'exception du potassium-40, les valeurs des activités de la famille du thorium-232 et de la famille de l'uranium-238 sont en générale toutes respectivement supérieures à la valeur moyenne acceptable pour le public qui sont 30 Bq.kg^{-1} et 35 Bq.kg^{-1} .

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

ABSTRACT

Background: The present natural radionuclides in the environment (soils, air, waters and others) are families of the uranium-238, of the uranium-235, of the thorium-232 and the potassium-40, they contribute general manner in the individual's internal and external exhibitions. **Objectives:** The objective of this present work is to measure the radioactivity of the soil in Befandriana-North Madagascar. Different samples have been appropriated to have a faithful presentation of this site. **Material and Methods:** The analyses of the samples collected have been done in the Department Analyses and Nuclear Technic of the National institute of the Sciences and Technic 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 and with the software ScintiVision. The method developed by Rybach has been used for the treatment of the specters. **Results:** The gotten results show that the activities of potassium-40 vary from 122 ± 37 to $519 \pm 74 \text{ Bq.kg}^{-1}$, for the family of the uranium-238 corresponds of $24 \pm 9 \text{ Bq.kg}^{-1}$ to $95 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1}$ and the one of the thorium-232 is of $12 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1}$ to $238 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1}$. While referring to these middle values, we notice that a sample of the activities $519 \pm 74 \text{ Bq.kg}^{-1}$ of the potassium-40 in the present work is superior in 400 Bq.kg^{-1} . **Conclusion:** In the except of the potassium-40, the values of the activities of the family of the thorium-232 and the family of the uranium-238 are in general all superior to the acceptable middle value for the public and respectively are 30 Bq.kg^{-1} s and 35 Bq.kg^{-1} .

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

1. INTRODUCTION

La radioactivité est présente partout dans l'écorce terrestre. Sa teneur varie d'un milieu à un autre et d'une profondeur à une autre. Les rayonnements ionisant ont pour origine d'une part l'espace extra-terrestre, source des rayonnements cosmique, 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, 3]. Le tremblement de terre de Berentsina commune rurale Ambararata district de Befandriana-Nord province de Mahajanga et dans le pays de 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 bien remarqué que le tremblement était juste en villageois 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. MATERIELS ET METHODES

2.1 Technique d'analyse :

La méthode de l'analyse utilisée est l'Analyse et Technique Nucléaire (ATN), c'est une technique non destructive de la 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 utilisée au laboratoire est constituée 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.

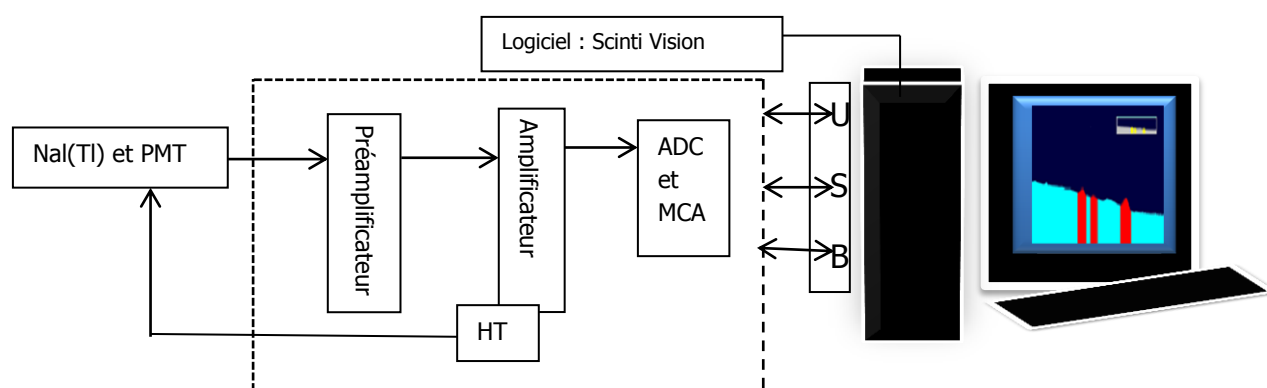


Figure 2 : Schéma simplifié de la chaîne de spectrométrie gamma au NaI(Tl).

- 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.

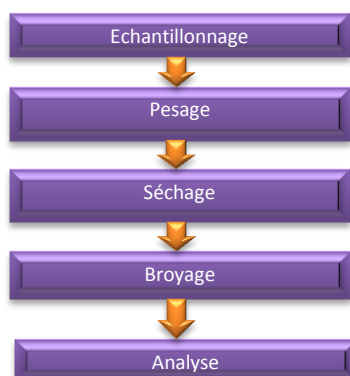


Figure 3 : Procédure de préparation des échantillons.

2.2 Description et géographique des sites :

L'endroit de prélèvement des échantillons est à la forme cuvette, c'est à dire entre trois montagnes notamment *Antsalazana*, *Andragno* et *Maroangofo*. Ces montagnes ont de hauteur au voisinage de 500m. Le périmètre de district de Befandriana-Nord est environ 200km. On a approximativement 30000 habitants dans ce lieu. Nous montrons l'information de site de prélèvement des échantillons du sol.

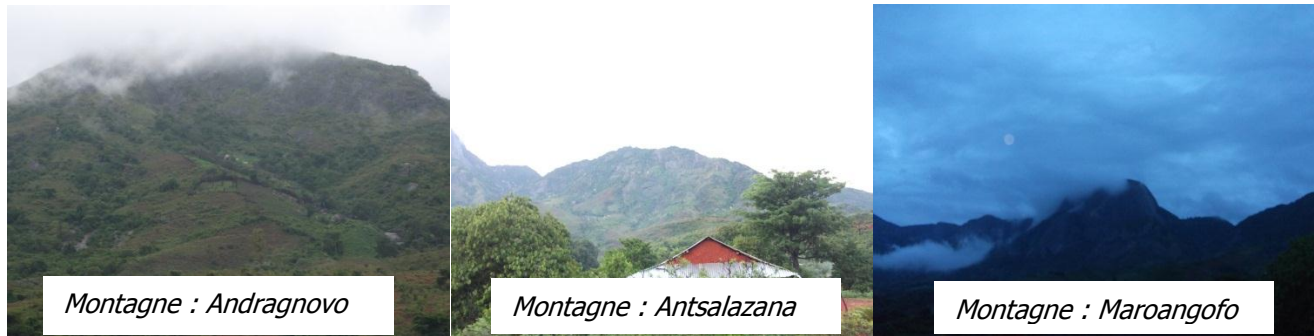


Figure1 : Localisation des sites et la zone de prélèvements des échantillons.

La localisation géographique de la zone d'étude et coordonnées prise par 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

2.3 Calculs des activités :

2.3.1 : Calculs des activités de la source :

Pour calculer les activités des radionucléides naturels présents dans les sources étalons standards, on utilise la formule :

$$A = \frac{I \cdot N_A \cdot m \cdot \ln(2)}{M \cdot T_{1/2}}$$

Avec

- A : activité du radionucléide (en Bq);
- m : masse d'un radioélément (en ppm);
- M : masse atomique du radionucléide (en mol.g⁻¹);
- I : abondance du radionucléide;
- $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$: nombre d'Avogadro;
- $T_{1/2}$: période du radionucléide (en s).

3.2.2 : Calculs des activités des échantillons :

Nous calculons chaque activité des radionucléides naturels dans les échantillons dans les trois régions d'intérêts, en appliquant la méthode de Rybach. On obtient :

$$\begin{cases} A_K = a_{1,1}R_K + a_{1,2}R_U + a_{1,3}R_{Th} \\ A_U = 0 + a_{2,2}R_U + a_{2,3}R_{Th} \\ A_{Th} = 0 + a_{3,2}R_U + a_{3,3}R_{Th} \end{cases}$$

- A_K , A_U et A_{Th} représentent les activités spécifiques, R_K , R_U et R_{Th} les taux de comptage nets enregistrés.
- Les indices K, U et Th représentent respectivement le Potassium-40, l'Uranium-238 et Thorium-232.
- Les coefficients a sont à calculer par la méthode de calcul.

3. RESULTATS

3.1 Activités dans les deux sites :

Après avoir fait les mis au point de la chaîne 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 1. Les paramètres de réglages ont été fixés à 800 Volts pour la polarisation du détecteur et les temps de mesure à 12 Heures.

Tableau 1 : Le tableau montre les résultats des mesures des activités dans les deux sites.

Site	Code	Activité en Bqkg ⁻¹		
		Potassium-40	Uranium-238	Thorium-232
Profondeur	EB1	227 ± 55	78 ± 13	48 ± 19
	EB2	122 ± 37	64 ± 15	12 ± 2
	EB3	191 ± 43	71 ± 15	79 ± 15
	EB4	125 ± 33	47 ± 14	101 ± 17
Surfacique	EB5	174 ± 29	56 ± 18	188 ± 15
	EB6	194 ± 37	24 ± 10	81 ± 11
	EB7	187 ± 35	50 ± 12	153 ± 15
	EB8	166 ± 40	45 ± 13	172 ± 18
	EB9	139 ± 41	24 ± 9	122 ± 17
	EB10	205 ± 52	31 ± 11	106 ± 19
	EB11	155 ± 40	88 ± 12	238 ± 18
	EB12	519 ± 74	95 ± 18	121 ± 12
Moyenne ± σ [mi-max]		200 ± 43 [125-519]	56 ± 13 [24-95]	118 ± 15 [12-238]

3.2. Activités du potassium-40 :

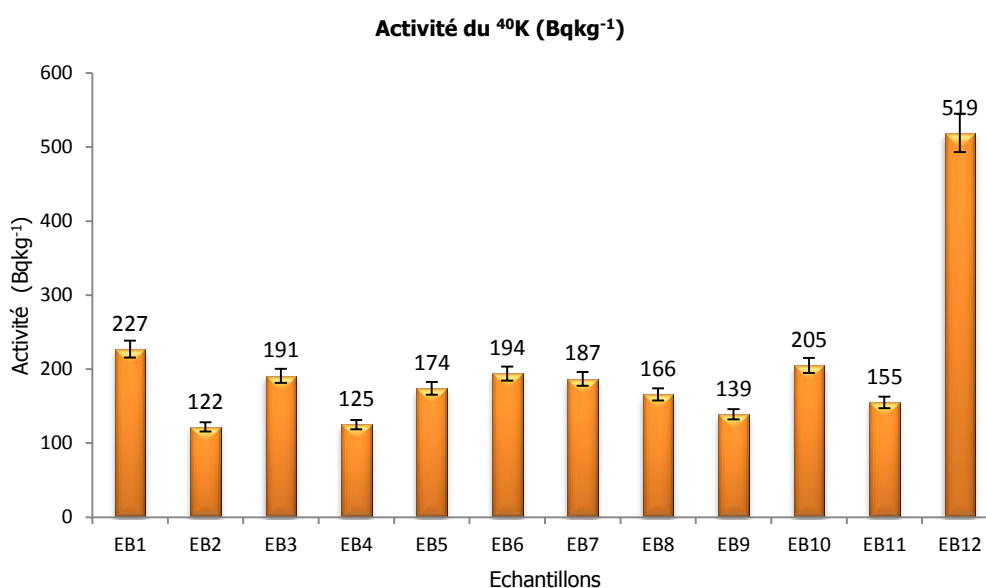


Figure 4 : La graphique montre la représentation de la variation des activités du ⁴⁰K.

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 ± 37 Bq.kg⁻¹ à 519 ± 74 Bq.kg⁻¹ en fluctuant suivant les points d'échantillonnage. Dans le site en Profondeur (EB1 à EB4), les activités du potassium-40 vont de 122 ± 37 Bq.kg⁻¹ à 227 ± 55 Bq.kg⁻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 ± 41 Bq.kg⁻¹ et 519 ± 74 Bq.kg⁻¹. Deux parmi les huit échantillons possèdent des activités au-dessus de la moyenne ; les restant en sont inférieurs. Dans le site de Berentsina, l'échantillon EB12 de l'activité 519 ± 74 Bq.kg⁻¹ du potassium-40 est largement supérieure à la moyenne mondiale de 400 Bq.kg⁻¹ (UNSCEAR, 2000).

3.3. Activités de la famille de l'uranium-238

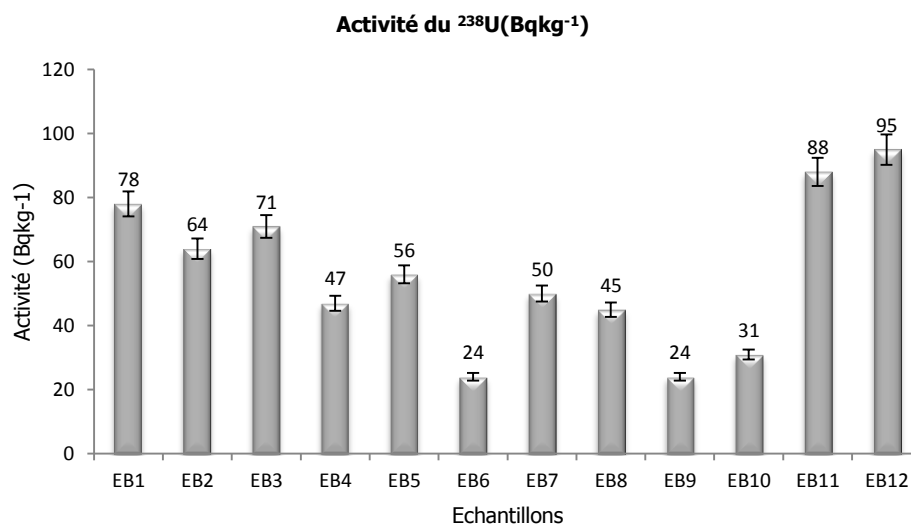


Figure 5 : La graphique montre la représentation de la variation des activités du ^{238}U .

Selon 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 $24 \pm 9 \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $95 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1}$. Dans le sol dans la profondeur, les activités de la famille de l'uranium-238 sont comprises entre $47 \pm 14 \text{ Bq.kg}^{-1}$ et $78 \pm 13 \text{ Bq.kg}^{-1}$. 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 $24 \pm 9 \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $95 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1}$. Parmi les huit échantillons de sol en surface, seuls deux présentent des activités supérieures à la moyenne. La valeur moyenne est de $56 \pm 13 \text{ Bq.kg}^{-1}$. Elle dépasse largement la moyenne mondiale 35 Bq.kg^{-1} (UNSCEAR, 2000).

3.4. Activités de la famille du thorium-232 :

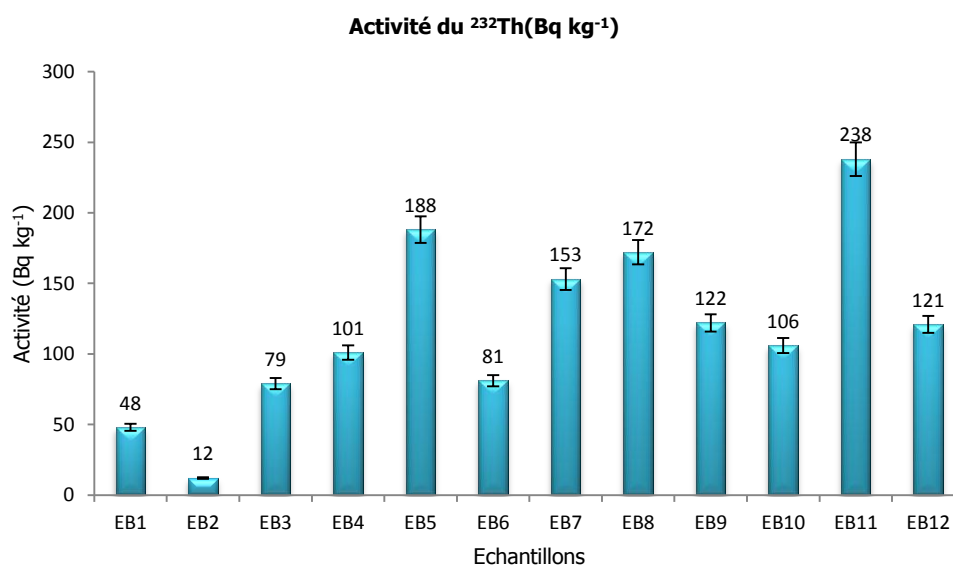


Figure 6 : La graphique montre la représentation de la variation des activités du ^{232}Th .

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 $12 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $238 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1}$. La valeur moyenne vaut $118 \pm 15 \text{ Bq.kg}^{-1}$. Elle dépasse largement, 4 fois environs, la moyenne mondiale relative à la famille du thorium-232 de 30 Bq.kg^{-1} (UNSCEAR, 2000).

On constate que quatre échantillons de sol en profondeur ont des activités inférieures à la valeur moyenne. Leurs activités varient de $12 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $101 \pm 17 \text{ Bq.kg}^{-1}$. Toutefois, dans le sol surfacique, six parmi huit échantillons ont des activités supérieures de la moyenne. Ces activités sont comprises entre $81 \pm 11 \text{ Bq.kg}^{-1}$ et $238 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1}$.

5. DISCUSSIONS

Nos résultats montrent que les échantillons prélevés du sol provenant de quartier de Berentsina commune rural de Befandriana-Nord province de Mahajanga, présentent des éléments radioactifs ainsi que leurs descendances très élevés par rapport à la moyenne mondiale.

Depuis toujours, l'humanité baigne dans l'environnement radioactif naturel ambiant, 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.

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 $200 \pm 43 \text{ Bq.kg}^{-1}$ pour le potassium-40, de $118 \pm 15 \text{ Bq.kg}^{-1}$ pour la famille du thorium-232 et de $56 \pm 13 \text{ Bq.kg}^{-1}$ 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 (UNSCEAR), on constate que la moyenne de l'activité du potassium-40 de $200 \pm 43 \text{ Bq.kg}^{-1}$ équivaut exactement à la moitié moindre que celle de la moyenne mondiale. Par contre, celle de la famille de l'uranium-238 de $56 \pm 13 \text{ Bq.kg}^{-1}$ est largement supérieure de la moyenne mondiale et de la famille du thorium-232 de $118 \pm 15 \text{ Bq.kg}^{-1}$ est très grande de 4 fois de la moyenne mondiale.

6. CONCLUSION

Madagascar est l'un des pays riches en minerais radioactifs comme la monazite, le zircon etc. A teneur élevée, ces produits entraînent des conséquences néfastes sur la santé humaine à cause de leur radioactivité élevée. La présente étude nous a pu d'évaluer le niveau des radionucléides telluriques dans le sol entourant le district de Befandriana-Nord et qui fusionne deux sites. Elle a pu de déterminer les activités spécifiques du Potassium-40, de la famille de l'Uranium-238 et celle du Thorium-232. Les analyses quantitatives ont été faites à l'aide d'un spectromètre gamma avec un détecteur NaI(Tl) de marque ORTEC, au Département d'Analyses et Techniques Nucléaires de l'INSTN-Madagascar. Des analyses de longue durée ont été effectuées pour obtenir des résultats suffisamment fiables.

Dans la profondeur ; les valeurs activités de potassium-40, de l'uranium-238 et de thorium-232 varient respectivement entre $(122 \pm 37) \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $(227 \pm 55) \text{ Bq.kg}^{-1}$, $(47 \pm 14) \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $(78 \pm 13) \text{ Bq.kg}^{-1}$ et $(12 \pm 2) \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $(101 \pm 17) \text{ Bq.kg}^{-1}$.

Dans la surface les activités de potassium-40, de l'uranium-238 et de thorium-232 sont comprises respectivement entre $(139 \pm 41) \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $(519 \pm 74) \text{ Bq.kg}^{-1}$, $(24 \pm 9) \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $(95 \pm 18) \text{ Bq.kg}^{-1}$ et $(81 \pm 11) \text{ Bq.kg}^{-1}$ à $(238 \pm 18) \text{ Bq.kg}^{-1}$. Toutes les activités trouvées sont supérieures à la limite de détection.

Nous voyons très bien que les valeurs des activités dans la partie surfacique sont plus grandes que celles profondeur. La variation des activités peut être due aux divers effets géologiques et écologiques.

Donc, cela vérifie qu'il y a un peu de risque d'exposition externe due à la radioactivité pour la population qui habite à le long de Befandriana-Nord.

7. REFERENCES

- 1- Rabesiranana N. Analyse multi-groupe des spectres gamma : application à l'étude de la radioactivité des sols. Thèse de 3^e cycle, Département de physique, Faculté des sciences, Université d'Antananarivo (2001).
- 2- 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. Available on : <http://www.afriquescience.info/docannexe.php?id=4416>
- 3- 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. Available on : <http://www.afriquescience.info/docannexe.php?id=4382>
- 4- Jerome Lambert, Les tremblements de terre en France (1997) Ed. BRGM, 196 Pages (épuisé).
- 5- Andriamady S.F., 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). Available on : https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:42104166
- 6- 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.
- 7- Milan Zacek. Tremblement de terre. Les Grands Ateliers de L'Isle-d'Abeau (2003) 89 pages.
- 8- Milan Zacek. Evaluation de la présomption de vulnérabilité aux séismes des bâtiments existants, Les Grands Ateliers de L'Isle-d'Abeau (2003) 41 pages.
- 9- Ansadi M.. 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.
- 10- 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. Available on : http://theses.recherches.gov.mg/pdfs/andriamadynarimananas.f._pc_m2_05.pdf

- 11- Andriandrafitrimo. Etablissement d'un dispositif au NaI(Tl) : Application à la caractérisation de la radioactivité des sols. Thèse de 3ème cycle, Faculté des Sciences Antananarivo (2001) 31-45 p.
- 12- Brgm-Edf-Ipsn. Mille ans de séisme en France-Catalogue d'épicentres, Ouest Editions (1996) 75 pages.
- 13- AL-SULAITI H. A. Determination of natural Radioactivity Levels in the State of Qatar Using High-Resolution Gamma-ray spectrometry. Thesis, University of Surrey, Guildford GU27xH, United Kingdom (2001).
- 14- P. Chiozzi, et al. Laboratory application of NaI(Tl) gamma-ray spectrometry to the studies of natural radioactivity in geophysics. Applied Radiation and Isotopes (2000) 53, 127-132.
- 15- UNSCEAR. 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation: Exposures from natural radiation sources. Report to the General Assembly, Annex B, United Nations, New York.

How to cite this article : Albert Randrianarivo, Fanantenansoa Asivelo Solonjara et Frédéric Asimanana: CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RADIOACTIVITE DU SOL DE DISTRICT DE Befandriana-Nord, Madagascar. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 2017; 4(1):22-28.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>