International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)
ISSN: 2509-0119.
© 2026 Scholar AI LLC.
https://ijpsat.org/
Vol. 60 No. 1 November 2026, pp. 518-527

Etude De La Radioactivité Naturelle Des Sédiments De La Zone Portuaire Du Littoral De Nosy-Be Hell Ville

BESINOA Marisy[1], RASOLONIRINA Martin[2], RAHELIVAO Jean Elie[3], RAZAFINDRAPATA Augustin[3], MAMIZARA Michéa[4], ASIMANANA Fréderic[5]

[1]Université d'Antsiranana, Faculté des sciences, Mention Physique, Laboratoires nucléaire Appliquée, Diégo Suarez, Madagascar.

[2]. Université d'Antananarivo, Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires, Département Analyses et Techniques Nucléaires, Antananarivo, Madagascar.

[3]Université d'Antsiranana, Institut universitaire des sciences de l'environnement et de la société, Génie de l'Eau et Environnement, Diégo Suarez, Madagascar.
faraka207@gmail.com

[4]Université d'Antsiranana, Faculté des sciences, Mention Physique, Diégo Suarez, Madagascar.
mamizara3@yahoo.fr

[5]Université d'Antsiranana, Faculté des sciences, Mention Physique, Diégo Suarez 201, Madagascar
fredericasimanana@yahoo.fr

*Corresponding Author: RAZAFINDRAPATA Augustin. E-mail : faraka207@gmail.com

(cc) BY

esume : Les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles dans l'enceinte portuaire, les fuites de matières résiduelles liquides des navires stationnés au port de Nosy Be Hell ville, ainsi que le déversement des eaux de ruissellement de la décharge urbaine vers le port maritime sont susceptibles de contaminer les eaux marines de cette baie. Ces contaminants tendent à s'accumuler dans les sédiments marins. Cette étude vise à évaluer le niveau de contamination des sédiments dans la zone portuaire de la ville de Nosy Be Hell ville. Les échantillons ont été analysés à l'aide d'une chaîne de spectrométrie gamma, muni d'un détecteur NaI(Tl) dans laboratoire de l'INSTN-Madagascar. Les échantillons des sédiments, les résultats obtenus montrent que les activités spécifiques du potassium-40 varient de potassium-40 varient de (175 ± 7) *Bq.kg*−1 à (234 ± 9) *Bq.kg*−1 avec une moyenne de 209 ± 7 *Bq.kg*−1. Pour famille d'uranium-238 varient de (92 ± 3) *Bq.kg*−1 à (124 ± 3) *Bq.kg*−1 avec une moyenne de 105 ± 7*Bq.kg*−1 et la famille du thorium-232, les activités spécifiques sont comprises de (160 ± 5) *Bq.kg*−1 à (216 ± 6) *Bq.kg*−1avec une moyenne de 190 ± 7 *Bq.kg*−1. En effet, les sédiments dans la zone portuaire de la ville de Nosy Be Hell ville représentent un faible niveau de radioactivité pour le cas de la famille d'uranium-238 tandis que la famille du thorium-232 et du potassium-40 représente un fort niveau de radioactivité. Cette contamination constitue un risque potentiel pour la santé humaine, car ces radioactivités peuvent se bioaccumuler dans la chaîne alimentaire marine. Une consommation régulière et prolongée de fruits de mer contaminés pourrait engendrer des effets délétères sur la santé des populations locales.

Mots-clés : radioactivité naturelle, spectrométrie gamma, sédiments marins, contamination anthropique, santé humaine.

I. INTRODUCTION

Les sédiments constituent des matrices environnementales complexes caractérisées par leurs propriétés physicochimiques, leur origine, leur distribution granulométrique, leur composition biologique et leur potentiel écotoxicologique [1]. Ces compartiments

International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)
ISSN: 2509-0119.
© 2026 Scholar AI LLC.
https://ijpsat.org/
Vol. 60 No. 1 November 2026, pp. 518-527

environnementaux jouent un rôle prépondérant en tant que réservoirs et indicateurs des pollutions anthropiques dans les écosystèmes aquatiques. La zone littorale de Nosy Be Hell ville est exposée aux rejets d'effluents domestiques et industriels non traités dans l'enceinte portuaire, aux déversements accidentels d'hydrocarbures (huiles moteur, carburants) provenant des navires stationnés au port. Ces contaminants, une fois introduits dans l'environnement marin, tendent à s'accumuler préférentiellement dans les sédiments qui agissent comme des puits environnementaux et des archives de la pollution [2].

Dans ce contexte, la présente étude vise à évaluer le niveau de contamination des sédiments dans la zone portuaire de la ville de Nosy Be Hell ville. Les échantillons ont été analysés à l'aide d'une chaîne de spectrométrie gamma, muni d'un détecteur NaI(Tl) dans laboratoire de l'INSTN-Madagascar.

Les résultats de cette étude contribueront à la compréhension des processus de contamination dans ce système portuaire et fourniront des données de référence essentielles pour la gestion environnementale de cette zone côtière stratégique de Madagascar.

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Description des sites d'étude

Le site d'étude est localisé dans la partie nord de Madagascar, dans le district de Nosy-Be à Hell Ville. Géographiquement, il s'étend entre les latitudes 13°40'02,80" S et 13°50'01,21" S, et les longitudes 48°31'37,32" E et 48°24'0,023" E, avec une altitude moyenne de 56 m. La zone d'échantillonnage spécifique pour cette étude s'étend le long du littoral entre Andavakotoko et le site du CNRO (Centre National de Recherches Océanographiques) à face de Nosy Antanikeky et Nosy Ambarivato.



Figure 1 : Localisation du site d'étude et les points de prélèvements des échantillons

International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)
ISSN: 2509-0119.
© 2026 Scholar AI LLC.
https://ijpsat.org/
Vol. 60 No. 1 November 2026, pp. 518-527

2. Prélèvement des échantillons

Les échantillons de sédiments marins seront prélevés au bord de la mer, à proximité immédiate des points de prélèvement des échantillons d'eau de mer. Une quantité d'environ 500 g par échantillon sera collectée et conservée dans des sachets en plastique étiquetés.



Figure 2: Prélèvements des sédiments

3. Préparation de l'échantillon

Les échantillons sont préparés physiquement avant de procéder aux analyses et suivent les étapes suivantes. Tout d'abord, on pèse le porte-échantillon vide et on tare la balance. Une fois rempli, on pèse à nouveau ce porte-échantillon contenant de l'échantillon. Pour échantillon du sédiment, l'activité des radionucléides sont calculée à partir de la masse sèche.

A cette suite, toutes les masses doivent être ramenées à la masse sèche. Pour ce faire, on prend un verre de montre et on le pèse. Puis, on met quelque quantité de l'échantillon humide (5 g environs) dans ce verre et on pèse pour avoir la masse du verre avec l'échantillon humide. Après, on met l'ensemble dans une étuve d'une température de 80°C pendant 24 heures. Une fois terminé, on le repèse la masse sèche de l'échantillon pour pouvoir déterminer le taux d'humidité de l'échantillon. Dans ce travail, 10 échantillons de sédiment ont été préparés.

4. Chaîne de détection

La chaîne de spectrométrie de rayonnement gamma est l'ensemble des appareils de détection et les instruments d'analyse des données spectrales. Elle est constituée par un détecteur, un préamplificateur, un amplificateur, un analyseur multicanal (MCA), un générateur à haute tension (HT), un photomultiplicateur, un convertisseur analogiquenumérique (ADC) et un ordinateur muni d'un logiciel (exemple : ScintiVision)

International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)
ISSN: 2509-0119.
© 2026 Scholar AI LLC.
https://ijpsat.org/
Vol. 60 No. 1 November 2026, pp. 518-527

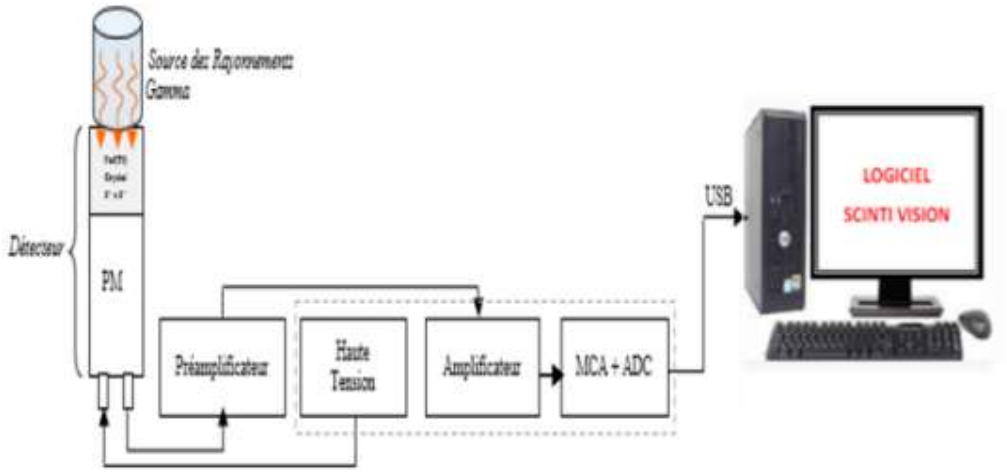


Figure 3 : Dispositif d'analyse au NaI(Tl) du laboratoire de l'INSTN-Madagascar

5. Système de traitement

L'ordinateur sert à visualiser en temps réel le résultat de mesure à la sortie de l'analyseur multicanaux, à savoir le spectre de l'échantillon mesuré avec le numéro de canal et le nombre de coups qui correspond à ce canal. Le digiBase d'ORTEC a besoin d'un ordinateur qui fonctionne sous Windows 98 SE, 2000 ou XP. La connexion USB est aussi nécessaire. Un minimum de 200 MHz de processeur est recommandé. En plus, l'ordinateur doit avoir au moins 64 MB de mémoire, un minimum de 20 MB de disque dur (1 GB recommandé) et un lecteur CD-ROM.

Le logiciel utilisé pour traiter et analyser le spectre obtenu est le ScintiVision. Il est développé par la société ORTEC. Il permet de régler et contrôler le fonctionnement de tous les éléments de la chaine spectrométrie gamma NaI (Tl).

6. Source-étalon

Nous avons utilisé les matériaux de référence certifié de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique :

- Le thorium standard RGTh-1 est composé de minerai du thorium dilué avec de la silice.
- Le potassium standard RGK-1 est un sulfate de potassium (KSO4) extra pur.
- L'uranium standard RGU-1 est composé de minerai de l'uranium dilué avec de la silice [3] [4].

III. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Le potassium-40, la famille de l'uranium-238 et la famille du thorium-232 ont été quantifiés dans les échantillons de sédiment collectés dans la zone littorale de Nosy Be Hell ville.

Le tableau 1 ci-dessous montre les valeurs des activités spécifiques de ces trois radionucléides naturels présents dans cette zone.

International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)
ISSN: 2509-0119.
© 2026 Scholar AI LLC.
https://ijpsat.org/
Vol. 60 No. 1 November 2026, pp. 518-527

Tableau 1 : Activités spécifiques de ces trois radionucléides naturels

Sites d'études	Activités spécifiques		
	^{40}K (Bq.kg^{-1})	^{238}U (Bq.kg^{-1})	^{232}Th (Bq.kg^{-1})
Ambalamanga (SDN01)	214 ± 9	103 ± 3	193 ± 6
Ampasikomanda (SDN02)	197 ± 9	114 ± 3	198 ± 6
Port Ambarivato (SDN03)	193 ±8	92 ± 3	182 ± 5
Batellage (SDN04)	170 ± 7	92 ± 3	160 ± 5
Ampasimena (SDN05)	247 ± 10	103 ± 3	197 ± 6
Ambanoro-CNRO (SDN06)	234 ± 9	124 ± 3	216 ± 6
Andavakotoko (SDN07)	210 ± 9	101 ± 3	188 ± 6
Port Hell-ville (SDN08)	190 ±8	95 ± 3	180 ± 5
Ambondivanio (SDN09)	175 ± 7	97 ± 3	165 ± 5
Andrekareka (SDN10)	230 ± 9	120 ± 3	210 ± 6
Moyenne ± σ	**209 ± 7**	**105 ± 7**	**190 ± 7**
[Min – Max]	**[170- 247]**	**[92 - 124]**	**[160 - 216]**
Moyenne mondiale [5]	**400**	**35**	**30**

σ : écart-type

Vu les résultats du tableau 1, on remarque que les activités spécifiques du potassium-40 varient de (170 ± 7) Bq.kg-1 à (247 ± 10) Bq.kg-1, avec une moyenne de (209 ± 7) Bq.kg^{-1}. En ce qui concerne la famille de l'uranium-238, leurs activités spécifiques fluctuent de (92 ± 3) Bq.kg-1 à (124 ± 3) Bq.kg-1, avec une moyenne est de (105 ± 7) Bq.kg-1. Quant à la famille du thorium-232, leurs activités spécifiques sont comprises entre (160 ± 5) Bq.kg-1 et (216 ± 6) Bq.kg-1, avec une moyenne de (190 ± 7) Bq.kg-1.

La figures 4 illustre la fluctuation des activités spécifiques du potassium-40 du sédiment de la Zone étudiée.

International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)
ISSN: 2509-0119.
© 2026 Scholar AI LLC.
https://ijpsat.org/
Vol. 60 No. 1 November 2026, pp. 518-527

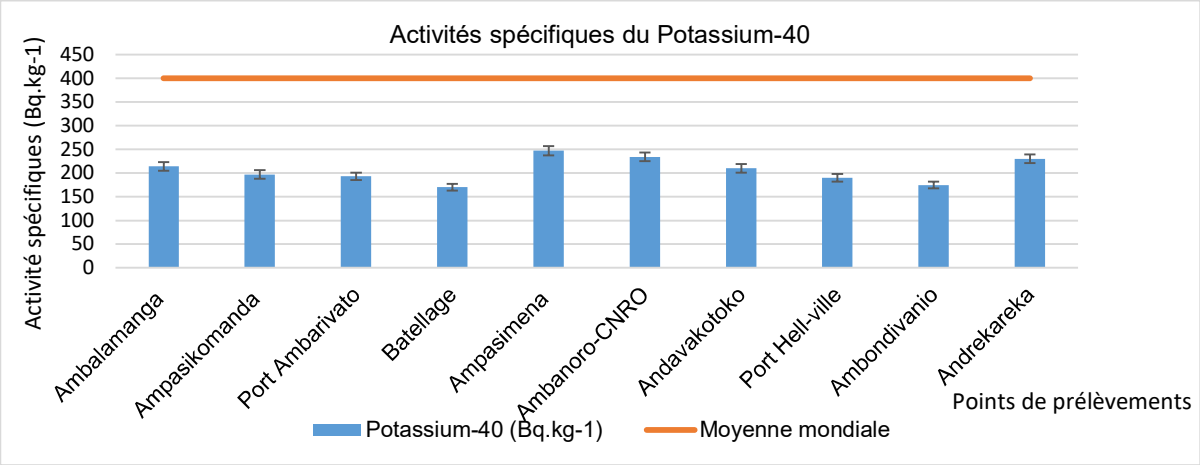


Figure 4 : Activités spécifiques du potassium-40 par rapport moyenne mondiale

Dans cette zone, les activités spécifiques du potassium-40 sont largement inférieur à la moyenne mondiale de 400 $Bq.kg-1$.

La figures 5 illustre la fluctuation des activités spécifiques de la famille de l'uranium-238 du sédiment de la Zone étudiée.

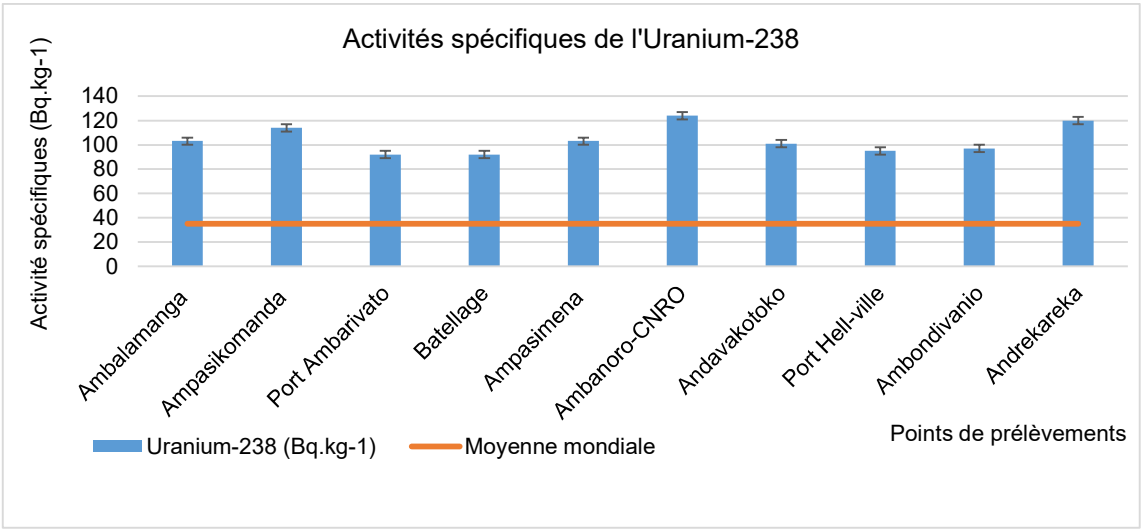


Figure 5 : Activités spécifiques de la famille de l'uranium-238 par rapport moyenne mondiale

Pour le cas de l'uranium-238, deux échantillons ayant une activité spécifique supérieur à la moyenne mondiale de 35 $Bq.kg-1$.

La figures 6 illustre la fluctuation des activités spécifiques de la famille du thorium-232 du sédiment de la Zone étudiée.

International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)
ISSN: 2509-0119.
© 2026 Scholar AI LLC.
https://ijpsat.org/
Vol. 60 No. 1 November 2026, pp. 518-527

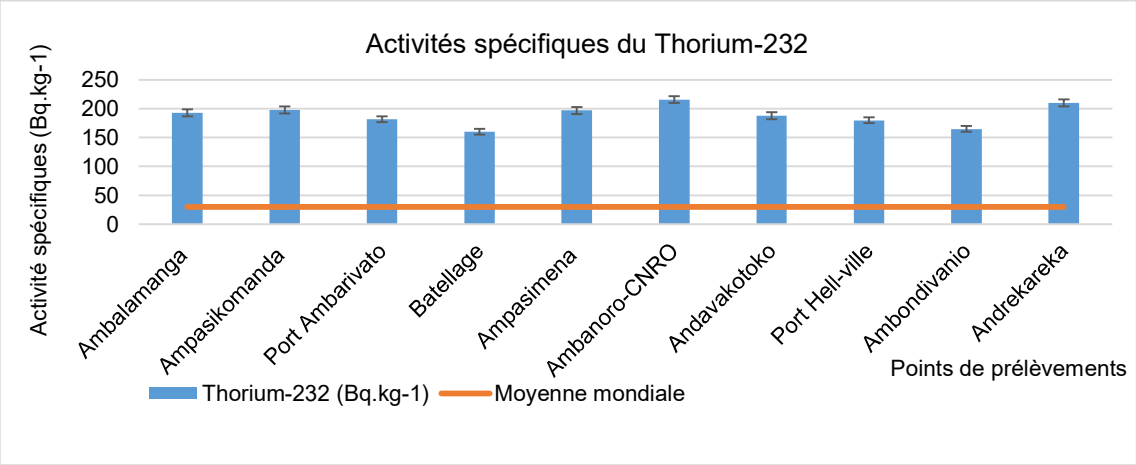


Figure 6 : Activités spécifiques de la famille de la famille du thorium-232 par rapport moyenne mondiale

Quant à la famille du thorium-232, toutes les activités spécifiques sont plus élevées que la moyenne mondiale de 30 $Bq.kg-1$.

IV. Discussions

Globalement, les résultats obtenus sur les sédiments étudiées révèlent que l'activité moyenne du potassium-40 est de (209 ± 7) Bq.kg-1. Concernant la famille de l'uranium-238, son activité moyenne tourne autour de (105 ± 7) Bq.kg-1. Quant à la famille du thorium-232, la valeur moyenne de ses activités vaut (190 ± 7) Bq.kg-1.

Tableau 2 : Extrait des activités du K-40, de l'U-238 et du Th-232 dans les sols au niveau mondial

	Activités spécifiques			
	^{40}K (Bq.kg^{-1})	**^{238}U (Bq.kg^{-1})**	**^{232}Th (Bq.kg^{-1})**	**Références**
Présente étude	**209 ± 7**	**105 ± 7**	**190 ± 7**	
Antananarivo	488	14	75	[6]
Fort-Dauphin	420	299	1827	[7]
Côte littorale Antalaha	300	34	38	[8]
Baie des Français	313	139	126	[9]
Sable Ramena	198	109	77	[10]
Inde	400	29	64	[11]
Chine	440	33	41	[5]
Russie	520	19	30	[5]
États-Unis	370	35	35	[5]
Égypte	320	37	18	[12]
Moyenne mondiale	400	35	30	[5]

- **Cas du potassium-40**

Les sédiments constituent des matrices environnementales complexes caractérisées par leurs propriétés physicochimiques, leur origine, leur distribution granulométrique, leur composition biologique et leur potentiel écotoxicologique. En référents avec les valeurs moyenne mondiale, on observe que les activités obtenues est largement inférieur de 400 Bq.kg−1 dans tous les points de prélèvement dans ces zones. En outre, il est supérieur que résultats trouvés à Antsiranana I (Baie des Français) [9], dans la côte littorale Antalaha-Ambohitralanana [8]. Il est deux fois supérieur que résultats trouvés à Antananarivo [6] et à Fort-Dauphin [7].

Par rapport aux valeurs des activités du potassium-40 dans l'échantillon du sol au niveau mondial dans le Tableau 2, les activités du potassium -40 obtenues dans ce présent d'étude sont inférieurs aux valeurs des activités trouvées en Inde [11], Chine [05], en États-Unis [5], en Égypte [12] et largement inférieur par rapport en Russie.

- **Cas de la famille de l'uranium-238**

En ce qui concerne la famille de l'uranium-238, les moyennes des activités spécifiques du sédiment est trois fois supérieur à la moyenne mondiale de 35 Bq.kg-1 [5]. Néanmoins, la moyenne des activités dans cette étude est sept fois supérieure aux valeurs moyennes trouvées dans ville d'Antananarivo [6], deux fois inferieurs que la valeur moyenne dans le sol de Ford-dauphin [7]. Elle présente légèrement inférieurs que la moyenne trouvée dans le Baie des Français à Antsiranana II [9]. Ensuite, cette moyenne sont trois fois plus élevées que les résultats du côte littorale Antalaha [8].

En comparant les résultats activités moyennes obtenus dans certains pays du monde présentées dans le Tableau 2. On remarque que la famille de l'uranium-238 de nos échantillons est trois fois supérieure par rapport aux résultats trouvés en Chine, en États-Unis, en Égypte [5], en Inde [11] et cinq fois supérieur en Russie [5], en États-Unis [5] et en Égypte [12].

- **Cas de la famille du thorium-232**

Les activités moyennes de la famille du thorium-232 trouvée dans nos échantillons du sédiment est 190 ± 7 *Bq.kg*−1. Cette valeur est six fois plus élevée par rapport au niveau mondial de 30 *Bq.kg*−1.

On aperçoit que son activité est deux fois supérieure au résultat quantifié dans les sols d'Antananarivo [6]. Cependant, d'une part, cette activité est 2 fois plus faible que les résultats obtenus dans les sables de Ramena [10]. D'autre part, cette activité est aussi supérieure que les résultats trouvés dans les sols de la Baie des Français [9], cinq fois supérieure que le résultat trouvé dans Côte littorale Antalaha [8] et neuf fois plus petite que le résultat aperçu dans les sols de Fort-Dauphin [7].

Par contre, cette activité moyenne est deux fois supérieure à celles de l'Inde [11], quatre fois supérieur en Chine, six fois supérieur en Russie, cinq fois supérieur en États –unies [5] et dix fois largement en Egypte [12].

V. Conclusion

La présente étude s'accumule sur les analyses des données relatives a la radioactivité naturelle (K-40, U-238 et Th-232), dans de la zone portuaire du littoral de Nosy Be Hell ville. Dix (10) échantillons des sédiments ont été prélevés dans le site d'étude. Les travaux de laboratoire ont été effectués dans le département analyses et techniques nucléaires de l'INSTN-MADAGASCAR. Les analyses ont été faites a l'aide du spectromètre gamma, muni d'un détecteur NaI(Tl). Nous avons adopté la méthode d'analyse développée par RYBACH dans cette étude.

Les résultats obtenus montrent que les échantillons analysés contiennent les radionucléides primordiaux potassium-40, l'Uranium-238 et famille du Thorium-232. Leurs teneurs sont variées. Dans de la zone portuaire du littoral de Nosy Be Hell ville, les radioactivités naturelles (K-40, U-238 et Th-232) présentent des niveaux assez grands par rapport aux normes de l'environnement.

En effet, les activités moyennes le Thorium-232, l'activité moyenne trouvée est **190 ± 7** Bq.kg−1 et de l'Uranium -238 (**105 ± 7** Bq.kg−1) sont largement supérieures aux valeurs moyennes mondiales qui sont respectivement de 33 Bq.kg−1 et de 35 Bq.kg−1 respectivement. Pour du potassium-40, l'activité moyenne trouvée est **209 ± 7** Bq.kg−1 qui est inférieur à celle de valeur moyenne mondiale 400 Bq.kg−1.

Mais, en tenant compte de ces résultats que le risque excessif d'exposition est probable pour les niveaux correspondants aux doses reçue de la population ces radionucléides naturels sur de la zone portuaire du littoral de Nosy Be Hell ville.

Cette étude a été réalisée en utilisant seulement les paramètres radioactivités pour déterminer les niveaux des activités de trois principaux radionucléides naturels dans l'environnement du sédiment. Il n'est pas limité seulement dans ce travail mais il est important dans l'avenir d'explorer l'étude dans autres domaines afin que nous puissions avenir données manquantes sur la qualité de l'eau mer utilisé par public dans ce district.

Reconnaissance : J'exprime mes sincères remerciements à Monsieur ASIMANANA Fréderic, Professeur Titulaire au domaine sciences et technologies de l'université d'Antsiranana ; particulièrement pour son effort et un grand merci à toute les équipes du laboratoire pour l'esprit de solidarité et de partage.

REFERENCES

[1] Mamizara M. *« Contribution à l'étude de la contamination du sédiment de la baie de Diégo-Suarez en termes de métaux lourds : Apport de la technique de fluorescence X »* [Thèse de Doctorat]. Antsiranana: Université d'Antsiranana; 2021.

[2] Athmani H. *« Etude géochimique des métaux traces dans les milieux marins et lacustres »* [Thèse de Doctorat en Sciences]. Biskra: Université Mohamed Khider Biskra; 2023.

[3] International Atomic Energy Agency (IAEA). « Analytical Quality Control Services. Reference Materials Catalogue ». First Edition, *Vienna,* (2005) ; p 115.

[4] International Atomic Energy Agency (IAEA). *« Preparation of gamma-ray spectrometry reference materials RGU-1, RGTh-1 and RGK-1 report IAEA/rl/148 »*, Vienna. *Technical report*, (1987).

[5] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). *« Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly, Exposures from natural radiation sources »*, Annex B, New York, (2000).

[6] Rabesiranana, N. (2001). *« Analyse multi-groupe des spectres gamma : Application à l'étude de la radioactivité des sols »*. Thèse de 3e cycle, Université d'Antananarivo.

[7] Rabesiranana, N. (2017). *« Contribution à l'étude de la radioactivité environnementale à Madagascar : de la quantification à l'utilisation des traceurs radio-isotopiques environnementaux »*. Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Physique Nucléaire Appliquée et Environnement, Université d'Antananarivo.

[8]Flédo Barijaona et al. (2017). *« Contribution à l'étude de la radioactivité naturelle, par spectrométrie gamma, du sol dans la zone littorale d'Antalaha-Ambohitralanana Madagascar ». Afrique Science*, 13(2) (2017).

[9] Kall, B et al., (2015). *« Contribution à l'étude de dose due à la radioactivité gamma du sol sur la rive de la baie des Français, Antsiranana, Madagascar ». Afrique SCIENCE* 11(1) (2015) ; 122 – 135.

[10] Kall, B et al., (2014). *« Contribution à l'étude de la radioactivité gamma du sable des plages de Ramena et d'Orangea, Antsiranana, Madagascar ». Afrique SCIENCE*, 10(4) (2014) ; 23-35.

[11] Satyanarayana et al., (2023). *« Measurement of natural radioactivity and radiation hazard assessment in the soil samples of Visakhapatnam, Andhra Pradesh »,* India. *Journal of the Indian Chemical Society* 100 (2023) 100856. https://doi.org/10.1016/j.jics.2022.100856.

[12] Rafat et al., (2015), *« Radioactivity levels in some sediments and water samples from Qarun Lake by Low–Level Gamma Spectrometry »,* Int. J. Sci. Res. 4 (2) (2015) www.ijsr.net. Paper ID : SUB151080 ISSN : 2319-7064.