

Évaluation du débit d'équivalent de dose ambiant gamma dans le département du Zou (Bénin) : étude préliminaire

G.D. Houndetoungan^{1,2,*}, O.H. Fachinan^{2,3}, S.B.M.G. Adjadohoun¹, M.B. Zinsou⁴, B.F. Agboton¹, B. Awede^{1,2}, M. Zougrana⁵ et K.M. Amoussou-Guenou^{1,2}

¹ Faculté des Sciences de la Santé, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

² Centre de Recherche en Sciences Morphologiques et Fonctionnelles Humaines (CRS-MORFOH), École Doctorale des Sciences de la Santé, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

³ Institut de Formation en Soins Infirmiers et Obstétricaux, Université de Parakou, Parakou, Bénin.

⁴ École Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Bénin.

⁵ Laboratoire des Énergies Thermiques Renouvelables, Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso.

Reçu le 25 août 2025 / Accepté le 14 octobre 2025

Résumé – La radioactivité naturelle présente une variabilité spatiale qui peut dépasser les moyennes mondiales, pouvant poser un enjeu de radioprotection. Cette étude préliminaire évalue le débit d'équivalent de dose ambiant gamma dans le département du Zou, au sud du Bénin, afin d'estimer les doses efficaces annuelles pour la population. Les mesures, réalisées à un mètre du sol dans les neuf communes du département à l'aide d'un spectromètre AT6101C(E) et d'un maillage géoréférencé le long des axes routiers, ont montré des valeurs comprises entre 11,18 et 125,27 nSv·h⁻¹, avec une moyenne de 51 ± 18 nSv·h⁻¹. Les doses annuelles estimées variaient de 0,06 à 0,12 mSv pour le public, restant en deçà des limites mondiales. Ces résultats fournissent des données de référence locales et soulignent l'intérêt de développer une cartographie nationale de l'exposition naturelle.

Mots-clés : débit de dose gamma / exposition externe / radioprotection du public / Bénin

Abstract – **Assessment of ambient gamma dose equivalent rate in the Zou Department (Benin): Preliminary study.** Natural radioactivity exhibits spatial variability that may exceed global averages, which can represent a concern for radiological protection. This preliminary study assessed the ambient gamma dose equivalent rate in the Zou Department, southern Benin, to estimate annual effective doses for the local population. Measurements were performed at 1 m above ground across the nine communes of the department using an AT6101C(E) spectrometer, following a georeferenced grid along major roads. Values ranged from 11.18 to 125.27 nSv·h⁻¹, with a mean of 51 ± 18 nSv·h⁻¹. Estimated annual effective doses varied between 0.06 and 0.12 mSv for the public, remaining below global reference limits. These preliminary results provide local reference data and highlight the need for a national map of natural radiation exposure.

Keywords: gamma dose rate / external exposure / public radiation protection / Benin

1 Introduction

L'impact des rayonnements ionisants sur la santé humaine et l'environnement constitue une préoccupation croissante (UNSCEAR, 2022). Au Bénin, le cadre réglementaire a été renforcé avec la création de l'Autorité Nationale de Sécurité Radiologique et de Radioprotection (Assemblée Nationale du Bénin, 2018). Néanmoins, les données nationales sur la radioactivité naturelle demeurent limitées. Une étude récente dans le département des

Collines a mis en évidence des expositions relativement élevées dans certaines carrières et écoles (Zinsou *et al.*, 2024). Dans ce contexte, la présente étude préliminaire vise à évaluer le débit d'équivalent de dose ambiant gamma dans le département du Zou, au sud du Bénin, afin d'estimer l'exposition externe de la population aux rayonnements naturels.

2 Cadre et méthode

Le département du Zou, situé au sud du Bénin (5243 km²; densité : 248 hab./km²), entre 7°11' de latitude Nord et 1°59' de

*Auteur correspondant : fofodavid@yahoo.fr



Fig. 1. Photographie du spectromètre AT6101C(E), utilisé dans cette étude pour la mesure du débit d'équivalent de dose ambiant gamma.

Fig. 1. Photograph of the AT6101C(E) spectrometer, used in this study to measure the ambient gamma dose equivalent.

longitude Est. Il comprend neuf communes : Abomey, Agbangnizoun, Bohicon, Covè, Djidja, Ouinhi, Zagnanado, Za-Kpota et Zogbodomey. Les mesures du débit d'équivalent de dose ambiant gamma, $\dot{H}^*(10)$, ont été réalisées aux 4^e trimestres¹ 2023 et 2024, à 1 mètre au-dessus du sol, à l'aide d'un spectromètre de terrain AT6101C(E) (Fig. 1) enregistrant simultanément les coordonnées GPS. Les acquisitions ont été effectuées le long des principaux axes routiers, à moto, à une vitesse maximale de 30 km/h. Les données ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$) ont été converties en $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ puis traitées sous RStudio et Python. Des cartes de répartition spatiale ont été générées à partir des coordonnées GPS, superposées à un fond cartographique (shapefile *OpenStreetMap*). La dose efficace annuelle externe (DEAE, en mSv) a été estimée selon :

$$\text{DEAE} = \dot{H}(10) \times 10^{-6} \times t \times F$$

avec : $\dot{H}(10)$ en $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$; $t = 8760$ h/an, le facteur de conversion 10^{-6} ($\text{nSv} \rightarrow \text{mSv}$) et un facteur d'occupation extérieure $F = 0,2$ (UNSCEAR, 2000).

3 Résultats et discussion

Au total, 87 750 points de mesure ont été enregistrés dans les neuf communes du département du Zou, soit une densité moyenne de 17 points/ km^2 . La densité de maillage était plus élevée dans les communes d'Abomey et de Bohicon, les plus peuplées du département. Sur l'ensemble des axes routiers, le débit d'équivalent de dose ambiant gamma moyen était de

Tableau 1. Débit d'équivalent de dose ambiant gamma et dose efficace externe sur les axes routiers du département du Zou en 2023–2024.

Table 1. Ambient gamma dose equivalent rate and external effective doses along the road axes of the Zou department in 2023–2024.

Communes	Débit d'équivalent de dose ambiant gamma ($\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$): moyenne \pm écart type	Dose efficace externe (mSv/an): moyenne \pm écart type
Abomey	50 \pm 18	0,09 \pm 0,03
Agbangnizoun	36 \pm 17	0,06 \pm 0,03
Bohicon	57 \pm 19	0,10 \pm 0,03
Covè	51 \pm 6	0,09 \pm 0,01
Djidja	50 \pm 18	0,09 \pm 0,03
Ouinhi	68 \pm 6	0,12 \pm 0,01
Za-Kpota	47 \pm 15	0,08 \pm 0,03
Zagnanado	64 \pm 11	0,11 \pm 0,02
Zogbodomey	53 \pm 9	0,09 \pm 0,02
Ensemble des communes (Zou)	51 \pm 18	0,09 \pm 0,03

51 \pm 18 $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$, avec des extrêmes allant de 11,18 à 125,27 $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ (Fig. 2). À l'échelle communale, les moyennes variaient de 36 \pm 17 $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ à Agbangnizoun à 64 \pm 11 $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ à Zagnanado, la valeur la plus élevée ayant été observée à Ouinhi (Tab. 1). Ces débits d'équivalent dose s'inscrivent dans la gamme rapportée par des études similaires menées au Kenya (Kaniu *et al.*, 2019) et en Égypte (Salahel Din, 2022), ainsi qu'au Burkina Faso, Nigeria, Cameroun, Algérie et Soudan (Nabayaogo *et al.*, 2021; Joel *et al.*, 2019; Saïdou *et al.*, 2019; Bramki *et al.*, 2018; Abdalhamid *et al.*, 2017). En revanche, elles sont nettement inférieures aux valeurs mesurées dans le département des Collines, voisin de notre cadre d'étude où des débits atteignant en moyenne 250 $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ont été observés dans certaines écoles (Zinsou *et al.*, 2024). Cette disparité souligne l'influence déterminante de la géologie locale, également mise en évidence au Nigeria (Adejojo *et al.*, 2023) et à Madagascar (Kall *et al.*, 2014). L'estimation de la dose efficace annuelle externe révèle une moyenne départementale de 0,09 \pm 0,03 mSv/an, avec des doses comprises entre 0,31 et 0,59 mSv/an selon les communes. Ces valeurs restent inférieures à la moyenne mondiale de l'exposition naturelle terrestre et cosmique, évaluée à 0,87 mSv/an (UNSCEAR, 2008), traduisant ainsi une exposition modérée pour la population du Zou. Cette étude fournit une première cartographie radiologique du département. Toutefois, la couverture hétérogène des mesures entre les communes, suggère la nécessité de campagnes complémentaires afin de consolider les résultats.

4 Conclusion

Cette étude fournit les premières données sur l'exposition externe aux rayonnements gamma dans le département du Zou, à partir de mesures géoréférencées du débit d'équivalent de dose ambiant. Les résultats révèlent une variabilité spatiale liée aux contextes géologiques, avec des doses efficaces estimées

¹ Les mesures initialement réalisées dans une partie des communes du département au quatrième trimestre de 2023 ont été étendues aux communes restantes au quatrième trimestre de 2024.

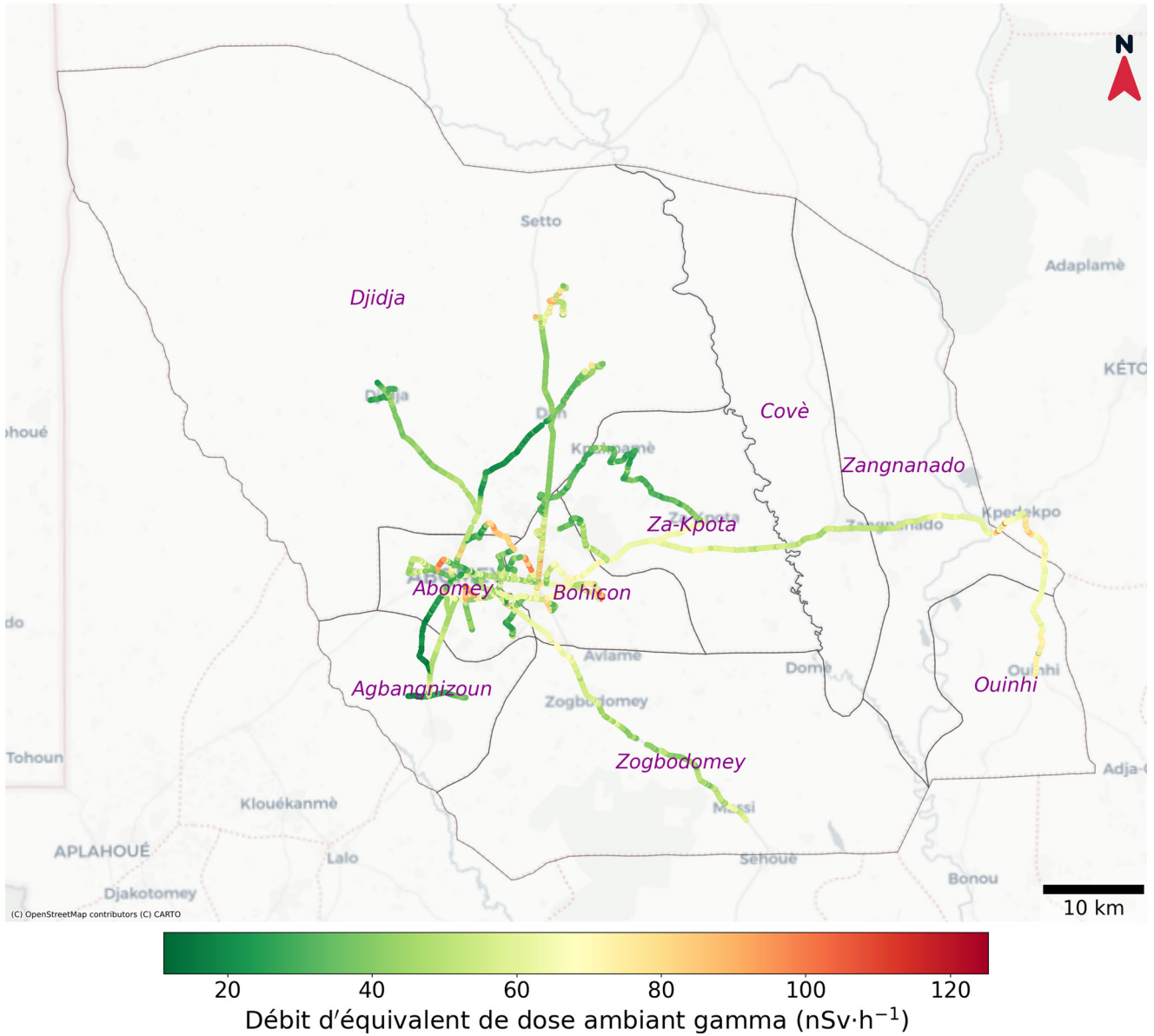


Fig. 2. Carte représentant le débit d'équivalent de dose ambient gamma sur les axes du département du Zou en 2023–2024.
Fig. 2. Map showing the ambient gamma dose equivalent rate along the road axes of the Zou department in 2023–2024.

inférieures à la moyenne mondiale. Ces données constituent une référence scientifique pour la cartographie nationale de l'exposition naturelle au Bénin et peuvent soutenir les politiques de radioprotection.

Remerciements

Les auteurs remercient Aristide Houndetoungan pour son soutien dans l'analyse des données.

Financement

Ces travaux de recherche n'ont fait l'objet d'aucun financement spécifique.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.

Déclaration de disponibilité des données

Les données utilisées dans cette recherche sont des données propriétaires recueillies par les auteurs. Elles sont disponibles sur demande motivée.

Approbation éthique

Cette enquête a été autorisée par l'Autorité Nationale de Sécurité Radiologique et de Radioprotection (ANSR) du Bénin.

Déclaration de consentement éclairé

Le consentement éclairé n'était pas requis, cet article ne contenant aucune expérimentation impliquant des sujets humains.

Références

- Abdalhamid S, Salih I, Idriss H. 2017. Gamma absorbed radiation dose in Marrah mountain series, western Sudan. *Environ. Earth Sci.* 76: 672.
- Adejo IO, Adebisi WA, Adejo TT, Adewumi OF, Babalola KK, *et al.* 2023. Radiation mapping of Osun State, southwestern Nigeria, measuring the status of radioactivity. *Fountain J. Nat. Appl. Sci.* 2(2): 30–37.
- Assemblée Nationale du Bénin. 2018. *Loi N° 2017-29 du 15 mars 2018 portant sûreté radiologique et sécurité nucléaire en République du Bénin*. Disponible sur : www.ansr.gouv.bj consulté le 10 novembre 2024.
- Bramki A, Ramdhane M, Benrachi F. 2018. Natural radioelement concentrations in fertilizers and the soil of the Mila region of Algeria. *J. Radiat. Res. Appl. Sci.* 11: 49–55.
- IAEA. 2005. *Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection: Safety Guide No. RS-G-1.8*. International Atomic Energy Agency.
- Joel ES, Maxwell O, Adewoyin OO, Olawole OC, Arijaje TE, Embon Z, *et al.* 2019. Investigation of natural environmental radioactivity concentration in soil of coastal area of Ado-Odo/Ota Nigeria and its radiological implications. *Sci. Rep.* 9: 4219.
- Kall B, Donne Z, Rasolonirina M, Rabesiranana N, Rambolamanana G. 2014. Contribution à l'étude de la radioactivité gamma du sable des plages de Ramena et d'Orangea, Antsiranana, Madagascar. *Afrique Science* 10(4): 23–35.
- Kaniu MI, Darby IG, Angeyo HK. 2019. Assessment and mapping of the high background radiation anomaly associated with laterite utilization in the south coastal region of Kenya. *J. Afr. Earth Sci.* 160: 103606.
- Nabayaogo D, Oliveira JM, Carvalho FP. 2021. Environmental radioactivity in gold mining in Burkina Faso and potential recycling of mining waste rocks. *Int. J. Environ. Stud.* 79(6): 1067–1077.
- Saïdou, Tokonami S, Hosoda M, Tchuenta Siaka YF, Ndjana Nkoulou JE, Akata N, *et al.* 2019. Natural radiation exposure to the public in the uranium bearing region of Poli, Cameroon: From radioactivity measurements to external and inhalation dose assessment. *J. Geochem. Explor.* 205: 106350.
- Salahel Din K. 2022. Soil radioactivity levels and radiation exposure to the population in Aswan and Abu Simbel areas, South of Egypt. *Phys. Chem. Earth* 127: 103179.
- Talapko J, Talapko D, Katalinić D, Kotris I, Erić I, Belić D, *et al.* 2024. Health effects of ionizing radiation on the human body. *Medicina* 60(4): 653.
- UNSCEAR. 2000. *Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly*. New York: United Nations.
- UNSCEAR. 2008. *Sources and Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.
- UNSCEAR. 2022. *Sources, effects and risks of ionizing radiation: UNSCEAR 2020/2021 report, volume I. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*. New York: United Nations.
- Zinsou MB, Houessou CR, Rabesiranana N, Allodji RS, Medenou D, Dossou J, *et al.* 2024. Gamma radiation dose rate measurements in granite quarries and schools in two mountainous towns in Benin. *Braz. J. Radiat. Sci.* 12(4): e2517.

Citation de l'article : Houndetoungan GD, Fachinan OH, Adjadohoun SBMG, Zinsou MB, Agboton BF, Awede B, Zougrana M, Amoussou-Guenou KM. 2026. Évaluation du débit d'équivalent de dose ambiant gamma dans le département du Zou (Bénin): étude préliminaire. *Radioprotection* 61(1): 68–71. <https://doi.org/10.1051/radiopro/2025044>.



Please help to maintain this journal in open access!

This journal is currently published in open access under the Subscribe to Open model (S2O). We are thankful to our subscribers and supporters for making it possible to publish this journal in open access in the current year, free of charge for authors and readers.

Check with your library that it subscribes to the journal, or consider making a personal donation to the S2O programme by contacting subscribers@edpsciences.org.

More information, including a list of supporters and financial transparency reports, is available at <https://edpsciences.org/en/subscribe-to-open-s2o>.