



Rift Upemba et tectonique [The Upemba Rift and the tectonics]

Ngindu Buabua David^{1,*}, Tondozi Keto Franck², Mambu Tshipasi Fils¹

¹Faculté des Sciences, Département de Physique, Université Pédagogique Nationale, République démocratique du Congo

²Faculté des Sciences, Département de Physique, Université de Kinshasa, République démocratique du Congo

Résumé

Dans ce travail nous allons examiner l'évolution du Rift Upemba par rapport à la tectonique de la région et conclure sur les alignements des failles dans le Rift. Les méthodes utilisées pour cette étude comprennent la télédétection et le traitement par Système d'Information Géographique, grâce au logiciel ArcGIS 10.8. Comme résultats, le Rift Upemba, par rapport à la tectonique de la région, n'est pas constitué d'une seule faille en segment de droite mais de deux failles normales composées situées de part et d'autre du Rift dans la dépression délimitée par des lacs. D'où, le Rift Upemba est considéré comme un rift avorté car son mouvement d'extension s'est arrêté il y a plusieurs années.

Mots clés: Rift, Upemba, tectonique, télédétection, failles.

Abstract

In this study we will examine the evolution of the Upemba Rift in relationship to the tectonics of the region and conclude on the fault alignments in the Rift. The methods used for this study include remote sensing and processing by Geographic Information System, using ArcGIS 10.8 software. As results, the Upemba Rift, compared to the tectonics of this region, does not consist of a single fault in a straight segment but it is composed of two compound normal faults located on either side of the Rift in the depression delimited by some lakes. Hence, the Upemba Rift is considered as an aborted rift because its extension movement stopped several years ago.

Keywords: Rift, Upemba, tectonics, remote sensing, faults

1. Introduction

Un rift représente un fossé tectonique avec dépression et fractures provoquant un mouvement d'extension dans une région donnée. Les fossés d'effondrement apparaissent par bombement de la lithosphère et effondrement axial (fossé du Rhin, Afrique orientale), et sont souvent jalonnés de volcans (Larousse, 2023). La tectonique par contre, est la discipline des sciences de la terre qui traite des déformations de l'écorce terrestre (Mercier et al., 2011). Or, le mot « tectonique » vient du grec « Tektonikos », qui signifie propre à l'architecte, donc à la structure.

Actuellement, la tectonique constitue une discipline à part entière qui traite les structures terrestres en rapport avec la cinématique et la dynamique de structures qui se produisent à travers le globe (Bourque, 2004 ; Ngindu & Zana, 2017).

Ces mouvements sont produits par les ondes élastiques ou ondes sismiques qui se propagent à travers le globe lorsqu'un événement comme le séisme se produit (Zana, 2010).

La dépression d'Upemba est une grande cuvette marécageuse en République Démocratique du Congo comprenant une cinquantaine de lacs, dont 22 sont de taille relativement importante.

*Auteur correspondant: Ngindu Buabua David, (davidngindub@gmail.com). Tél. : (+243) 815 103 502

Reçu le 21/04/2023; Révisé le 18/05/2023 ; Accepté le 23/06/2023

<https://doi.org/10.59228/rcst.023.v2.i2.31>

Copyright: ©2023 Ngindu et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Les plus remarquables sont les lacs Upemba, Kisale, Kabele, Kabwe, Lukanga, Kayumba et Kibala. En observant la structure du Rift Upemba, il y a lieu de dire qu'à une époque antérieure, la zone était probablement occupée par un grand lac qui, à ce jour avec les conditions climatiques, s'est divisée en plusieurs autres lacs comme le montre la [figure 1](#).



Figure 1. Rift Upemba avec ses nombreux lacs
Source : [Open street map \(2023\)](#)

D'autre part, le Rift Upemba n'est pas à confondre avec le lac Upemba qui fait partie des 50 lacs situés dans la dépression du Rift. Il est à noter que le Rift Upemba se trouve sur le territoire de Bukama. Il fait partie du parc national d'Upemba et se situe dans le bassin marécageux formé par le Lualaba au Nord-Ouest des monts Bia. Le lac Upemba fait partie de la dépression de Kamalondo et occupe une grande superficie du Rift par rapport aux autres lacs de ce Rift.

Voici les coordonnées du Rift Upemba représentant l'étendue sur laquelle nous avons mené notre étude :

P1 : (26° 47' 04''E, 07° 15' 46''S)

P2 : (27° 26' 37''E, 08° 36' 57''S)

P3 : (26° 02' 15''E, 09° 30' 50''S)

P4 : (25° 29' 57''E, 8° 53' 06''S)

La première colonne des points de coordonnées P1, P2, P3 et P4 représente la longitude du Rift et la deuxième représente la latitude. Par rapport aux dimensions prises à vol d'oiseau, les données restent différentes pour les deux longueurs ainsi que pour les deux largeurs. En voici les dimensions :

L1 = 100,54 km

L2 = 109,6 km

l_a = 22,84 km

l_b = 28,61 km

Les données précédentes prouvent que le Rift ne représente pas une figure géométrique régulière mais sa surface peut être calculée en tenant compte de ces différents paramètres.

Ainsi, nous voulons, dans ce travail, faire une étude comparative des données tectoniques de [Kazuo et al. \(1980\)](#) et celles des images satellitaires de 2015 et de 2023 pour conclure sur l'évolution du Rift Upemba.

2. Matériel et méthodes

Nous allons utiliser les images satellitaires LandSat 8 et 9 pour digitaliser la zone cible qui est le Rift Upemba. En combinant les méthodes géophysiques telles que la gravimétrie et la tectonique, après le géoréférencement, on obtient la nouvelle carte de notre zone de recherche. Par comparaison des données de 1980 à celles de 2023, une conclusion va être tirée sur la dynamique du mouvement du Rift Upemba.

2.1. Données géophysiques

Le contexte géologique et géophysique de la région, y compris les lacs Tanganyika, Kivu, Edouard, Albert et Muero en République démocratique du Congo, ont été décrits par plusieurs auteurs au cours des dernières décennies, notamment [Cahen \(1954\)](#), [Pomerol et al. \(2000\)](#), [Lepersonne \(1974\)](#), [Sutton & Berg \(1958\)](#), [De Bremaecker \(1959\)](#), [Zana & Hamaguchi \(1978\)](#), [Zana & Tanaka \(1981\)](#), [Atalay \(2002\)](#), [Philip et al. \(2007\)](#), parmi tant d'autres. La station sismique gérée par le Centre de recherche en sciences naturelles (CRSN) pendant la période de 1954 à 1990 a fourni des données pertinentes de l'activité sismique de cette partie du continent africain ([Ngindu & Zana, 2017](#)). Comme la zone du Rift Upemba se trouve dans la même zone que le lac Muero, la géodynamique de cette zone marque une dépression présentant des failles normales avec presque les mêmes alignements tectoniques Nord-Est – Sud-Ouest ([Vila, 2000](#)). La [figure 2](#) présente en (a) la carte sismique de la zone du grand Katanga et en (b), la carte tectonique qui montre la concentration des failles normales dans le lit du lac Tanganyika et une faille en segment de droite située dans le lit du Rift Upemba. La [figure 2 \(b\)](#) présente la carte gravimétrique de la RDC ainsi que la carte tectonique du Sud Katanga et plus précisément la zone du Rift Upemba et Muero.

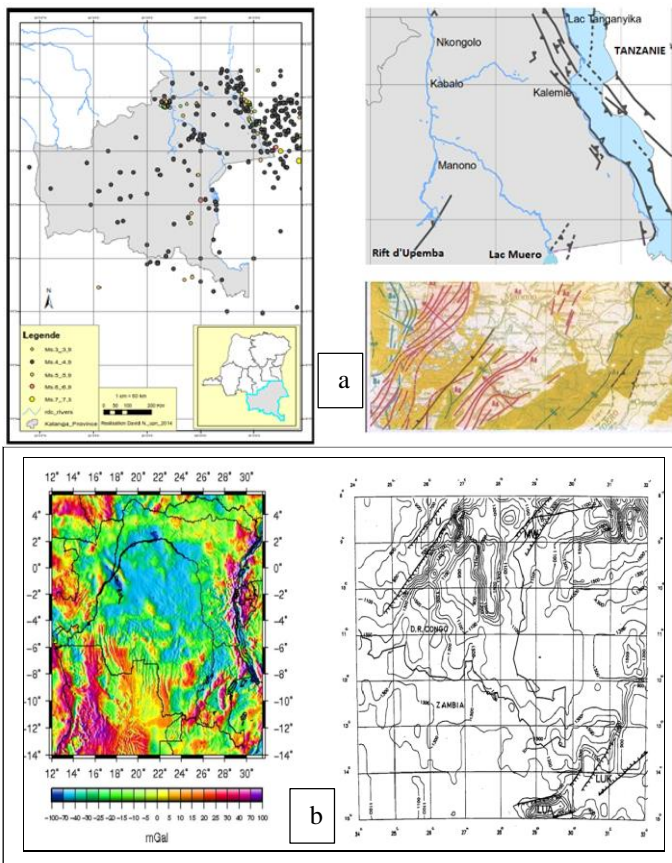


Figure 2. Cartes d'activités sismiques et tectoniques couvrant la région d'intérêt
Source : Ngindu et al. (2021)

2.2. Analyse des données

La région d'intérêt est la zone choisie où se trouve le Rift Upemba, comme le montre la figure 3.

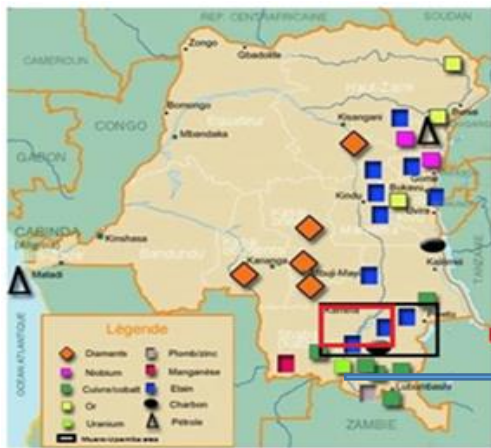


Figure 3. Région d'intérêt : Le Rift Upemba
Source : Ngindu et al. (2021)

(Longitude) et 7-10°S (Latitude) en République Démocratique du Congo.

Les deux cartes de la figure 3 représentent, à gauche la carte de gites minéraux et à droite, la carte géologique de la RDC où l'on a choisi la zone d'intérêt pouvant nous permettre d'étudier le mouvement tectonique par rapport au rift Upemba.

En utilisant la télédétection sur la zone d'intérêt, nous avons utilisé les images Landsat 8 et 9 pour étudier l'alignement des failles dans les dépressions du Rift Upemba comme le montre la figure 4.

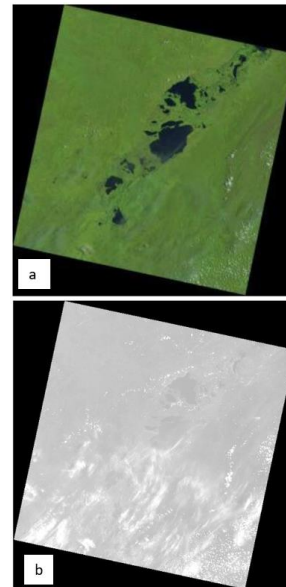
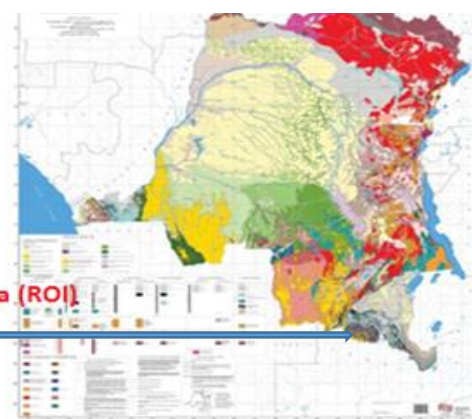


Figure 4. LandSat scene (a. Natural scene, b. extracted scene)
Source: USGS (2023)



La première image dans la [figure 4](#) représente l'image naturelle de la scène du satellite Lc 08. La seconde est la scène extraite de l'image LandSat naturelle qui doit être traitée pour livrer les informations nécessaires sur la géodynamique de la zone cible. Sur l'image naturelle, le rift se dessine avec ses différents lacs mais cela n'est pas le cas sur l'image extraite avant le traitement.

Les résultats préliminaires ont été obtenus en utilisant une seule bande spectrale comme le montre la [figure 5](#). Le logiciel utilisé pour le pré-traitement est le Quantum GIS 3.6 selon le chemin : Couche – Ajoute couche – Ajoute couche raster – Symbologie – Rendu des bandes raster – Type de rendu (Pseudo couleur à bande unique) – Bande Spectrale – Interpolation linéaire.

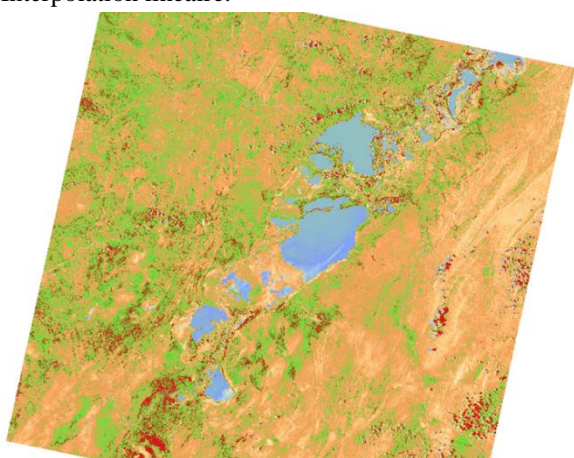


Figure 5. Localisation des différents bassins sédimentaires de la RDC
Source : [Ngindu \(2023\)](#)

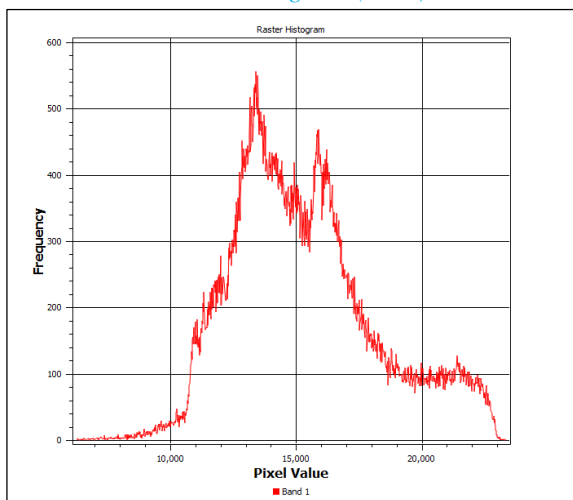


Figure 6. Histogramme d'affleurement
Source : [Ngindu \(2023\)](#)

Une seule bande spectrale est utilisée pour faire l'observation de la surface extérieure de la zone d'intérêt afin de comprendre la structure du sol, la couverture végétale ainsi que la dépression dans laquelle sont situés les lacs ([figure 5](#)). La [figure 6](#) montre l'historique d'affleurement de la [figure 5](#).

L'image SRTM, est utilisée souvent pour étudier le modèle numérique de terrain. Dans le cadre de notre étude, nous l'avons utilisé juste pour déceler naturellement les failles qui se trouvent dans le rift cible. Elles se présentent de part et d'autres de cette image SRTM du Rift Upemba tel que présenté par la [figure 7](#).

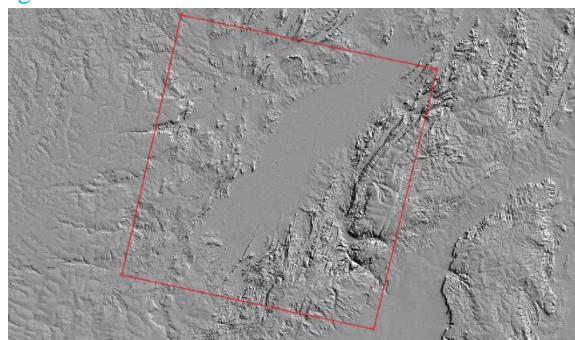


Figure 7. Zone d'intérêt en image SRTM
Source : [Kouda \(2015\)](#)

Le traitement de l'image va se faire en utilisant les images Landsat 9 dont les caractéristiques sont données dans le [tableau 1](#).

Tableau 1. Paramètres des données Landsat 9 utilisées

Paramètres	Spécifications
Identifiant de produits Landsat L1	LC09_L1GT_174066_20230318_20230318_02_T2
Identifiant de Scène Landsat	LC91740662023077LGN00
Date d'acquisition	2023/03/18
Catégorie de Collection	T2
Nombre de Collection	2
Chemin WRS	174
Rang WRS	066
Nom de la scène	NADIR
Angle de Rollis	0.000
Date création du Produit L1	2023/03/18

Source: USGS (2023)

Le programme des images Landsat est offert par la NASA à travers USGS depuis 1972 partant des images Landsat-1 aux images Landsat 9 à ce jour pour offrir en continue, les enregistrements de la surface générale de la terre en temps réel. Il faut noter que les images Landsat 8-9 sont produites pour la couverture terrestre entière dans 16 jours et chaque jour près de 400 scènes sont collectées de la surface

de la terre afin de donner toutes les informations en rapport avec le mouvement de la terre. Chaque scène couvre une superficie d'environ 170 x 185 km². Cependant, par rapport à notre étude, nous avons extrait la scène Landsat-9 à 11 bandes comme le montre la **figure 8** du Site USGS le 18 Mars 2023 pour le traitement.

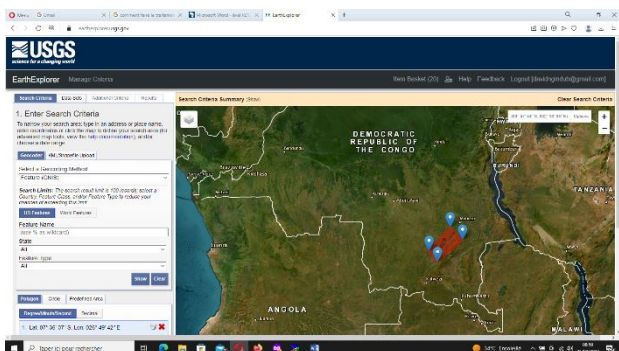


Figure 8. Image de la RDC montrant la zone d'intérêt sur le site de l'USGS avec la contribution du logiciel ArcGIS 10.8.
Source : USGS (2023)

3. Résultats

La scène extraite LC 9 va être traitée afin d'avoir les informations en utilisant le menu composite couleurs. Pour ce faire, il faut en premier lieu, grouper les couches, puis les traiter suivant le chemin : Arctools box (Boîte à outils) – Data manager tools (Outils de gestion des données) – Raster (raster) – Raster Processing (Traitement raster) – Composite bands (Bandes composite des couleurs).

3.1. Traitement avec le système composite des couleurs

Le système de composition des couleurs se fait en utilisant trois canaux : Green (Vert), Red (Rouge) et Blue (Bleu). Généralement, on écrit : GRB en choisissant différentes valeurs pour chaque canal. La **figure 9 (a)** présente l'image Landsat 9 en composite couleurs avec les valeurs G=6, R=3 et B=2 et la **figure 9 (b)** donne les informations sur la même scène en utilisant les valeurs G=7, R=6 et B=5. Il est à noter que chaque composite couleur est associée à son histogramme d'informations qui montre les affleurements de la surface de la terre.

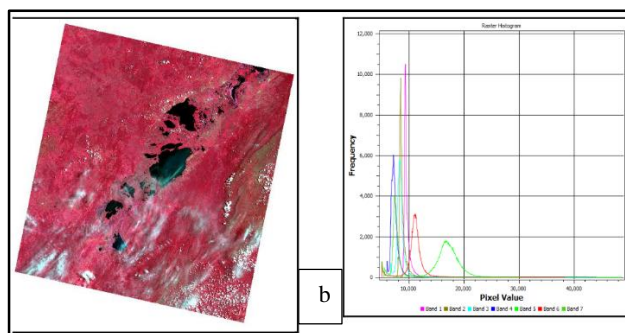
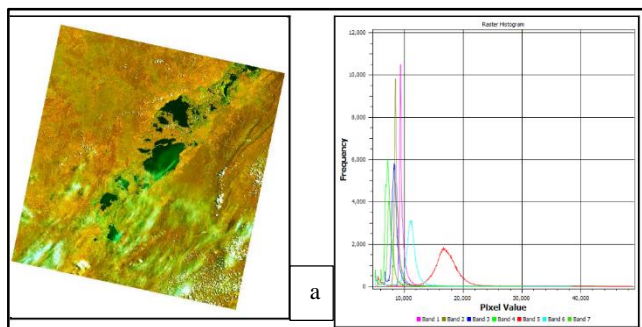


Figure 9. Image en composite couleurs GRB (a) et (b)

Source : Ngindu (2023)

3.2. Traitement avec le système de superposition des couches

Nous allons superposer 3 couches notamment, la couche géologique, la couche gravimétrique et la couche tectonique pour identifier la structure des failles dans le Rift. La **figure 10** présente la superposition de cartes géologique et gravimétrique (Sebagenzi & Kaputo, 2002).

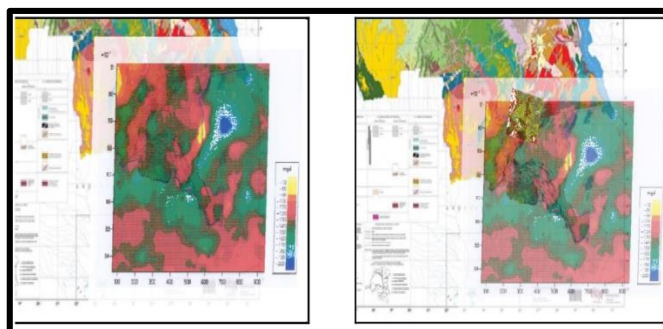


Figure 10. Superposition des cartes géologique et gravimétrique

La **figure 10** nécessite la transparence pour observer sur la carte tectonique les linéaments dans les dépressions du Rift Upemba afin de faire la comparaison entre la **figure 2 (a)** la **figure 9 (b)**. Les résultats de la superposition et transparence à 60 pourcent sont montrés par la **figure 11**.

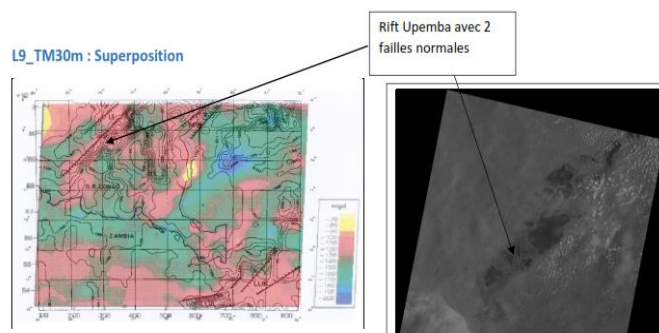


Figure 11. (a) Superposition de cartes géologique et gravimétrique avec transparence de 60% sur la carte tectonique, (b) Scène B1 extraite de LC 09

La figure 2 (a) montre la structure tectonique du Rift Upemba avec une seule faille normale (Kazuo et al., 1980) tandis que la figure 2 (b) présente une structure tectonique avec deux failles normales, de part et d'autre du Rift.

En considérant la figure 11 (a) et par comparaison à la figure 11 (b), il se dégage une différence entre ces deux structures telle que la faille observée ne suit pas le principe de Fermat qui définit la distance parcourue par la lumière du soleil comme étant un segment de droite. Selon la figure 2 (a) la faille normale se trouvant dans la dépression du Rift Upemba est un segment de droite. Cette hypothèse exige que le Rift de Upemba soit digitalisé à partir des résultats de la scène Landsat LC09 pour confirmer ou infirmer les résultats de la figure 2 (a).

La figure 12 suivante représente la carte digitalisée sur base de l'image Landsat LC 09 en utilisant le logiciel ArcGIS 10.8.

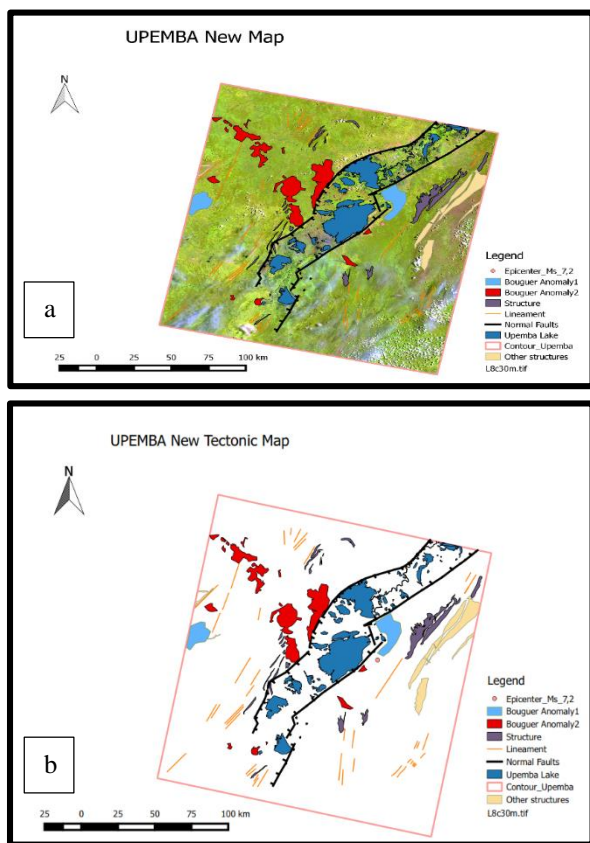


Figure 12. Nouvelle carte digitale du Rift Upemba
Source : Ngindu (2023)

4. Discussion

En observant la carte digitale du Rift Upemba donnée par la figure 12, il en ressort que le Rift Upemba se trouve dans une dépression délimitée par deux longues failles normales de part et d'autre du fossé tectonique comprenant en son sein plus de 50 lacs. Ces failles viennent de différentes cassures du

sol à partir de mouvements tectoniques de la croûte terrestre. Il est à noter que cette zone connaît faiblement le mouvement sismique qui est le plus souvent responsable de fractures de la croûte terrestre.

Selon la légende, on observe des fortes anomalies de Bouguer (Bouguer anomaly 1) et des faibles anomalies de Bouguer (Bouguer anomaly 2). La première catégorie d'anomalies montre qu'il y a une forte densité dans le sous-sol (forte gravité), ce qui donne la probabilité de trouver certains matériaux lourds ou roches dans la zone. La deuxième catégorie d'anomalies montre qu'il existe aussi des zones de faible densité dans la région (faible gravité), ce qui ne donne presque pas la chance d'y trouver des indices d'affleurement. En dehors d'autres éléments de la légende, il suffit de signaler qu'un épicerentre a été enregistré dans cette zone marquant ainsi l'évènement d'un grand séisme de magnitude 7.2 sur l'échelle de Richter le 11 Mai 1958. Cet évènement prouve que cette zone était aussi sismique dans le temps, même si depuis près de 60 ans on n'a plus enregistré un autre pareil tremblement de terre dans cette région.

5. Conclusion

La région du Rift Upemba qui constitue notre zone d'intérêt est une dépression délimitée par deux longues cassures non linéaires représentant toutes deux les failles normales. Ces deux failles composées se situent de part et d'autre du Rift Upemba. D'où, l'on peut dire que le Rift Upemba n'est pas constitué d'une seule faille en segment de droite comme montré par la figure 3 (a). Finalement, le Rift Upemba est considéré comme un rift avorté car son mouvement d'extension s'est arrêté il y a plusieurs années.

Références bibliographiques

- Atalay, A. (2002). Active compressional tectonics in Central Africa and implications for plate tectonic models: Evidence from fault mechanism studies of the earthquakes in the Congo Basin. *Journal of African earth sciences*, 35,45-50.
- Bourque, P. (2004). *Une Théorie planétaire: la Tectonique des Plaques*. Université de Laval.
- Cahen, L. (1954). *Géologie du Congo-Belge*. Bruxelles, Vaillant-Carmanne.
- De Bremaecker, J.C. (1959). Seismicity of the West Africa Rift Valley. *J. Geophys. Res.*, 64, 1961-1966.
- Kouda. (2015). *Training satellite images*. Tokyo, JICA.
- Larousse. (2023). Rift. *Dans Le dictionnaire Larousse*.

- Lepersonne, J. (1974). Carte géologique du Zaïre. Département des Mines, Direction de Géologie, Zaïre.
- Mercier, J., Vergely, P. & Missenard, Y. (2011). *Tectonique (3^e édition)*. Paris, Dunod.
- Ngindu, D. & Zana, N. (2017). *Seismicity and geodynamics of D.R. Congo from 1910 to 2010*. Lap Lambert Academic Publishing, Germany.
- Ngindu, D., Tondozi, K., Mukange, A., Moshi F., Ikombi, P. & Mikobi, W. (2021). New Faults from the Geodynamics of South Katanga in D.R. Congo. *IJISRT*, 6(1), 2456-2165.
- Ngindu, D. (2023). *Localisation des différents bassins sédimentaires de la RDC* [Carte]. Inédit.
- Ngindu, D. (2023). *Image en composite couleurs GRB* [Carte]. Inédit.
- Ngindu, D. (2023). *Nouvelle carte digitale du Rift Upemba* [Carte]. Inédit.
- Open street map. (2023). *Rift Upemba* [Carte]. Consulté le 05/04/2023, sur <https://www.google.fr/search>
- Philip, H., Bousquet, J.C., Masson, F. (2007). *Séismes et risques sismiques, Approche sismotectonique*. Paris, Dunod.
- Pomerol, C., Lagabrielle Y., Maurice, R. (2000). *Eléments de géologie*. Paris, Dunod.
- Kazuo, T., Shigeki, H., Toshiya, S. & Zana, N. (1980). *The earthquake generating stresses in the Western Rift Valley of Africa*. University of Hirosaki, Japan.
- Sutton, G.H. & Berg, E. (1958). Seismological studies of the Western Rift Valley of Africa. *Trans. Am. Geophys. Union*, 39, 474-581.
- Sebagenzi, M.N. & Kaputo. (2002). Geophysical evidence of continental break up in the southeast of the Democratic Republic of Congo and Zambia (Central Africa). *EGU*, 193-206
- Vila, J.M. (2000). *Tectonique des plaques*. Paris, Coll. Géosciences.
- Zana, N. & Hamaguchi, H. (1978). Some characteristics of aftershock sequences in the Western Rift Valley of Africa. *Sci. Rep. Tohoku Univ*, 25(5), 55-72.
- Zana, N. & Tanaka, K. (1981). Focal mechanism of major earthquakes in the Western rift valley of Africa. *Tohoku Geophysical Journal*, 28, 3-4.
- Zana, N. (2010). *Détonateur Potentiel de Tsunami au lac Kivu* [Conférence]. Journées scientifiques OVG, Goma.
- USGS. (2023). *Earth Explore, LandSat Product*. Consulté le 18 mars 2023, sur <https://www.google.fr/search>