

GEOCHIMIE DE LA COULEE DE LAVES DE BITUNGULU ISSUE DE L'ERUPTION DU VOLCAN NYIRAGONGO DU 17 JANVIER 2002 (VIRUNGA, RIFT EST-AFRICAIN)

[GEOCHEMISTRY OF THE BITUNGULU LAVA FLOW OF THE JANUARY 17th, 2002 NYIRAGONGO VOLCANO ERUPTION (VIRUNGA, EAST-AFRICAN RIFT)]

Ephrem KAMATE KALEGHETSO¹, Katcho KARUME¹, Gabriel MAKABU KAYEMBE³, Guy SHUNGU LAMA², Jonathan KAMBALE KAVUKE¹, Gloire KWETU SAMBO¹, Solange KAZI KATYA¹, and Marcellin KASEREKA MUSOSEKANIA¹

¹Département de Géodésie, Observatoire Volcanologique de Goma, Goma, Nord-Kivu, RD Congo

²Département de Géologie, Université de Goma, Goma, Nord-Kivu, RD Congo

³Département de Géologie, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, Katanga, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This work describes the geochemical characteristics of rocks of the Bitungulu lava flow of the January 17, 2002 Nyiragongo volcano eruption.

In addition to the description in situ, samples of these rocks were analyzed in the University of Lubumbashi laboratory. Results show a high concentration of silica and mineralization dominated by nepheline. These rocks are basalts but they are close to trachy-basalts.

KEYWORDS: Silica, Magma, Nepheline, Trachy-basalt, Geochemistry.

RESUME: L'objectif de ce travail a été de décrire les caractères géochimiques des roches de la coulée de Bitungulu de l'éruption du volcan Nyiragongo du 17 Janvier 2002.

Outre la description in situ, les échantillons de ces roches ont fait l'objet d'analyses géochimiques en éléments majeurs au laboratoire de l'Université de Lubumbashi. Les résultats obtenus indiquent une forte concentration en silice et une minéralisation dominée par la néphéline. Ces roches sont des basaltes mais proches des trachy-basaltes.

MOTS-CLEFS: Silice, Magma, Néphéline, Trachy-basalte, Géochimie.

1 INTRODUCTION

L'architecture du système des rifts est-africains est définie, à la fois, par des traits structuraux et magmatiques. La datation des strates volcaniques et volcanoclastiques révèle un modèle logique dans le développement spatial du système de ces rifts dans lequel se trouve la province volcanique des Virunga. Cette province volcanique, récemment active en mi-Miocène, est au-dessus d'une asthénosphère anormalement chaude [1]; certains auteurs estiment, d'ailleurs, qu'elle est représentative du volcanisme des points chauds dans la plaque tectonique africaine [2]. C'est dans la branche occidentale des rifts est-africains qu'est localisée la province volcanique des Virunga dont fait partie le volcan Nyiragongo. Ce dernier est

un complexe de trois principaux cônes (Baruta, Nyiragongo et Shaheru) alignés dans la direction N-S et constitué de nombreux autres cônes parasites localisés aux flancs du volcan le long des fractures radiales [3].

Le volcan Nyiragongo est bien connu pour son lac de lave et son dynamisme éruptif de type Hawaïen [4]. En effet, de 1928 à 1977, le cratère du Nyiragongo présentait un vaste lac de lave qui disparût complètement avec l'éruption du 10 Janvier 1977 [5]. Un autre lac de laves est réapparu de 1982 à 1983 [6]. Douze ans plus tard, soit le 23 Juin 1994, le volcan Nyiragongo reprit l'activité à l'intérieur de son cratère ; c'est un nouveau lac de lave qui réapparût [7] et dont la surface se solidifia ; laissant ainsi la lave en-dessous [8]. L'augmentation de la pression à l'intérieur de la couche solide faciliterait le déversement de la lave dans les fractures principales des flancs du volcan Nyiragongo. Outre cette pression magmatique, le système de fractures locales qui résultent de la sismicité tectonique fréquente dans la région est un facteur important pour le dynamisme éruptif du Nyiragongo. A titre illustratif, certaines hypothèses suggèrent que lors de l'éruption du 17 Janvier 2002, l'énergie ayant concouru à la fracturation massive était supplée par des évènements tectoniques régionaux [9]. Ce consensus d'évènements était alors suffisant pour le déclenchement d'une éruption. Par conséquent, cette éruption de 2002, fissurale comme celle de 1977, avait débuté près du cône Shaheru , à 770 m en-dessous du sommet, précisément dans la fracture principale reliant le sommet du volcan à l'exutoire du versant Sud [10]. Mais très vite, grâce au système de fractures qui caractérise ce champ volcanique, la lave est ressortie à la surface sur quatre points de sortie différents, à savoir Shaheru I, Shaheru II, Munigi et Bitungulu. La coulée du Shaheru contient des microlithes de melilite, de kalsilite et un peu de clinopyxène alors que celle de Munigi contient 30 à 50 % de phénocristaux de népheline et de leucite [3].

Ce travail décrit les caractéristiques géochimiques des roches de la coulée de Bitungulu et les compare à celles de Shaheru et Munigi.

2 MILIEU D'ETUDE

Le volcan Nyiragongo est situé en territoire congolais près de la frontière rwando-congolaise. Son activité permanente et sa proximité avec les villes de Goma (R.D. Congo) et de Gisenyi (Rwanda) expliquent son caractère dangereux pour les populations respectives (Fig. 1) ; les principaux risques étant à cet effet, les coulées de laves, les émanations des gaz (CO_2 , SO_2 , ...), les projections des cendres volcaniques, etc. A 14 Km au Nord-Ouest du Nyiragongo se trouve le Nyamulagira, l'un des volcans les plus actifs en Afrique. Outre le Nyiragongo et le Nyamulagira qui demeurent encore actifs, la chaîne des Virunga contient six autres volcans considérés comme endormis ; il s'agit de Mikeno, Karisimbi, Visoke, Sabinyo, Muhavura et Gahinga (Fig.2).

Le Nyiragongo est un stratovolcan avec une pente d'environ 35° en moyenne, près de 200 Km^3 de volume et environ 1,2 Km de diamètre [9]. Il est fréquemment couvert des nuages, ceci du fait que dans cette région à climat équatorial humide les vents venant du Sud-Est se condensent pour former des nuages lorsqu'ils sont interceptés par les montagnes élevées [6]. Les versants du volcan Nyiragongo sont couverts, en basse et moyenne altitudes, par une forêt tropicale ; une forêt de type alpin vers le sommet et une végétation caractéristique des régions arides sur les anciennes coulées de laves.



Figure 1 : Vue nocturne de la proximité de la ville de Goma et du volcan Nyiragongo

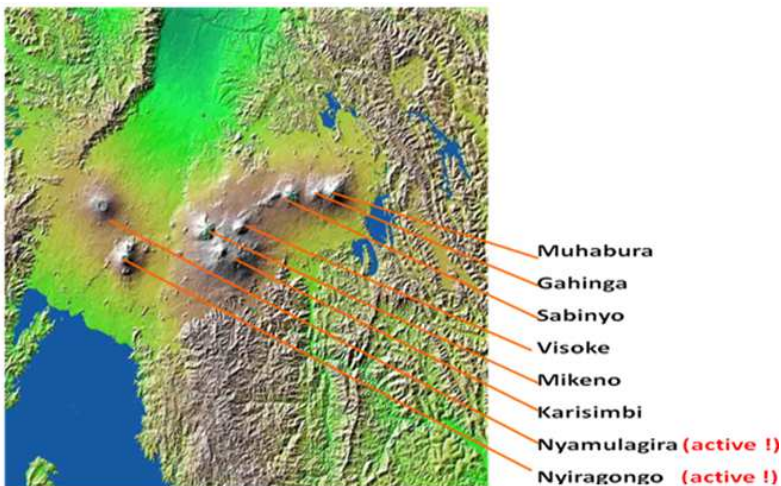


Figure 2 : Principaux édifices volcaniques des Virunga

3 MATERIELS ET METHODES

Cette étude a été réalisée dans le champ des coulées de laves de l'éruption du volcan Nyiragongo du 17 Janvier 2002, plus spécifiquement dans la coulée de Bitungulu, entre les points S 1°35'31,8'' ; E 29°14'29,0'' et S 1°40'04,9'' ; E 29°12'39,5'', et qui n'avait jusque-là pas fait objet d'étude. Elle a notamment visé les paramètres minéralogiques, structuraux et géochimiques. En effet, durant les travaux de terrain effectués en Février 2015, tout a consisté en une description minéralogique et structurale des roches de la coulée de façon macroscopique en utilisant parfois la loupe. Ainsi, des échantillons de roches et leurs points d'échantillonnage ont été pris dans la coulée grâce respectivement au marteau et au GPS de type Etrex. Les échantillons récoltés ont été par la suite analysés au laboratoire de géochimie de l'Université de Lubumbashi en République Démocratique du Congo. Les résultats ainsi obtenus à l'analyse nous ont alors permis de faire l'interprétation et la caractérisation géochimique des roches de cette coulée.

4 RESULTATS

4.1 DONNÉES DE TERRAIN

Comme pour la plupart des laves émises par le volcan Nyiragongo lors de l'éruption du 17 Janvier 2002, la coulée de Bitungulu est constituée des laves de type AA. Le faciès de cette coulée présente des blocs moyens hérissés sous forme chaotique révélant ainsi une viscosité relativement élevée et une solidification relativement rapide du magma émis. Nous avons estimé le volume total du magma émis pour cette coulée à $6615 \times 10^3 \text{ m}^3$.

Macroscopiquement, les roches de la coulée de Bitungulu sont très riches en néphéline. Au point de sortie du magma comme au milieu et à la fin de la coulée, l'on rencontre des traces de minéraux qui s'apparentent à la leucite et à l'olivine.

4.2 GÉOCHIMIE ET CLASSIFICATION DES ROCHES

Le tableau 1 représente les éléments majeurs que nous avons obtenus à l'analyse. Ces résultats concernent la seule coulée de Bitungulu de l'éruption du volcan Nyiragongo du 17 Janvier 2002. A la lumière de ces résultats, on remarque une dominance prononcée des éléments lithophiles dans cette coulée.

Tableau 1 : Composition en éléments majeurs (en %) dans la coulée de Bintungulu

Echantillon	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	F	MnO	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻
17102 B	50.1	15.17	3.01	7.62	7.59	9.55	2.39	0.93	1.12	0.24	0.07	0.12	1.0	1.1
17101 K	49.2	15.5	4.07	7.53	6.70	8.47	2.91	1.10	1.84	0.35	0.065	0.20	1.1	1.05

Les valeurs moyennes des teneurs calculées en Fe au point de sortie de laves et à la fin de la coulée sont respectivement de 7,69% et 8,39% pendant que celles du Mg sont respectivement de 4,55% et 4,02%. Il en résulte les rapports Fe/Mg d'environ 1,69 % au point de sortie de laves et 2,08% à la fin de la coulée. Ces valeurs moyennement élevées de ces rapports sont normales au regard du caractère moins basique qu'affichent ces roches (49,02 - 50,1 % de concentrations en silice). Les roches de la coulée de Bitungulu se caractérisent également par un rapport K₂O/ Na₂O inférieur à 1 et le départ d'eau de la roche est évalué à 2,1% dont 1,0% sous forme de radicaux OH⁻ et 1,1% sous forme d'eau libre.

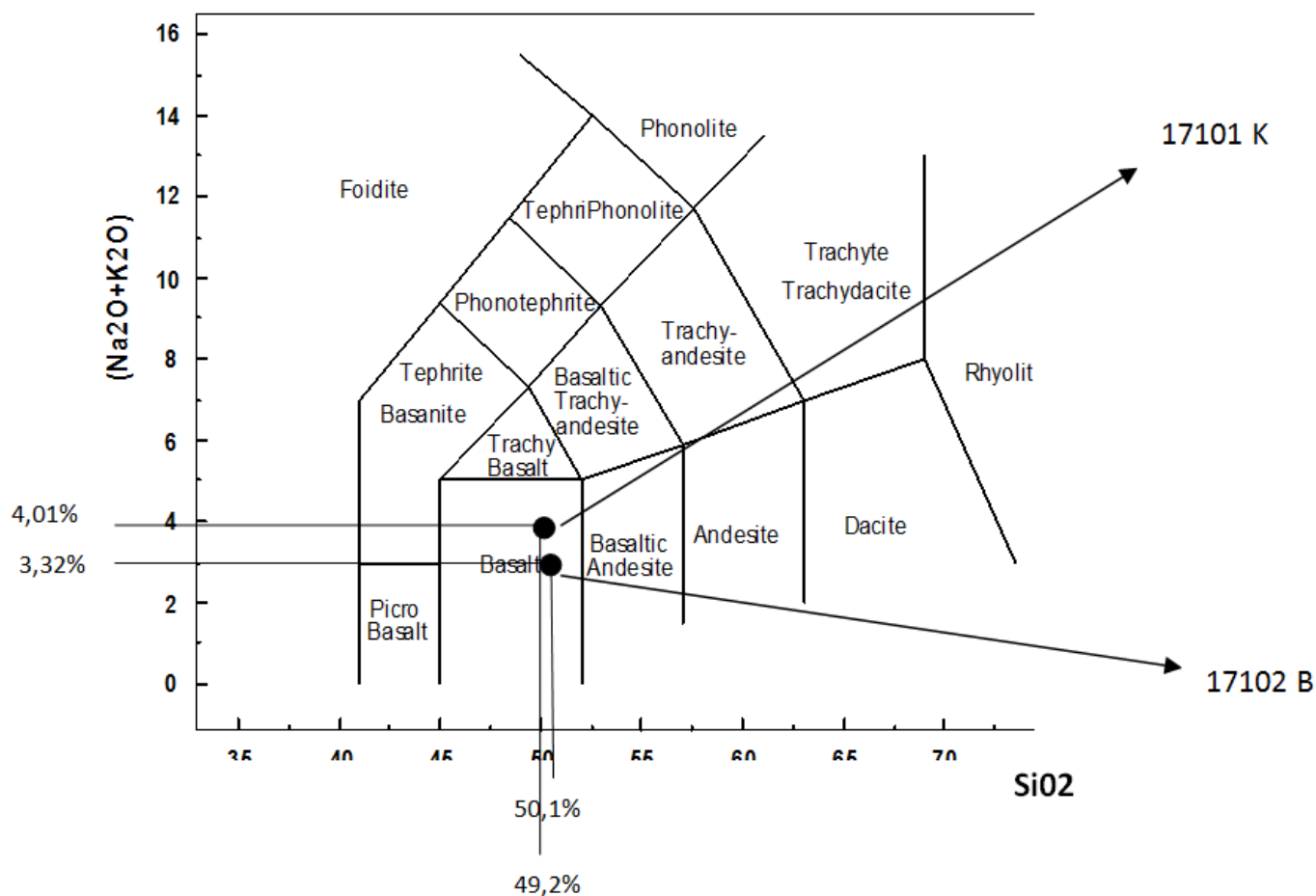


Figure 3: Classification géochimique de la coulée de Bitungulu utilisant le Diagramme de Le Maître et al. (1989).

En considérant la composition chimique des échantillons de roches analysés sous forme d'oxydes (Tableau 1), l'on constate que la coulée de Bitungulu est dominée par la néphéline suivie de la leucite, de l'ilménite et de l'olivine. Les autres minéraux comme l'anorthite, l'apatite et autres y sont en proportions réduites.

Lors du traitement, les données géochimiques obtenues pour la coulée de Bitungulu se sont projetées dans le champ des basaltes sur le diagramme de classification de Le Maître (Fig.3). Néanmoins, l'emplacement de la coulée de Bitungulu sur la figure 3 (les points noirs) montre clairement que cette coulée est proche des trachy-basaltes. En outre, sur le diagramme de classification basé sur les concentrations en silice et potassium, les roches de Bitungulu se montrent de la série calco-alcaline (Fig.4).

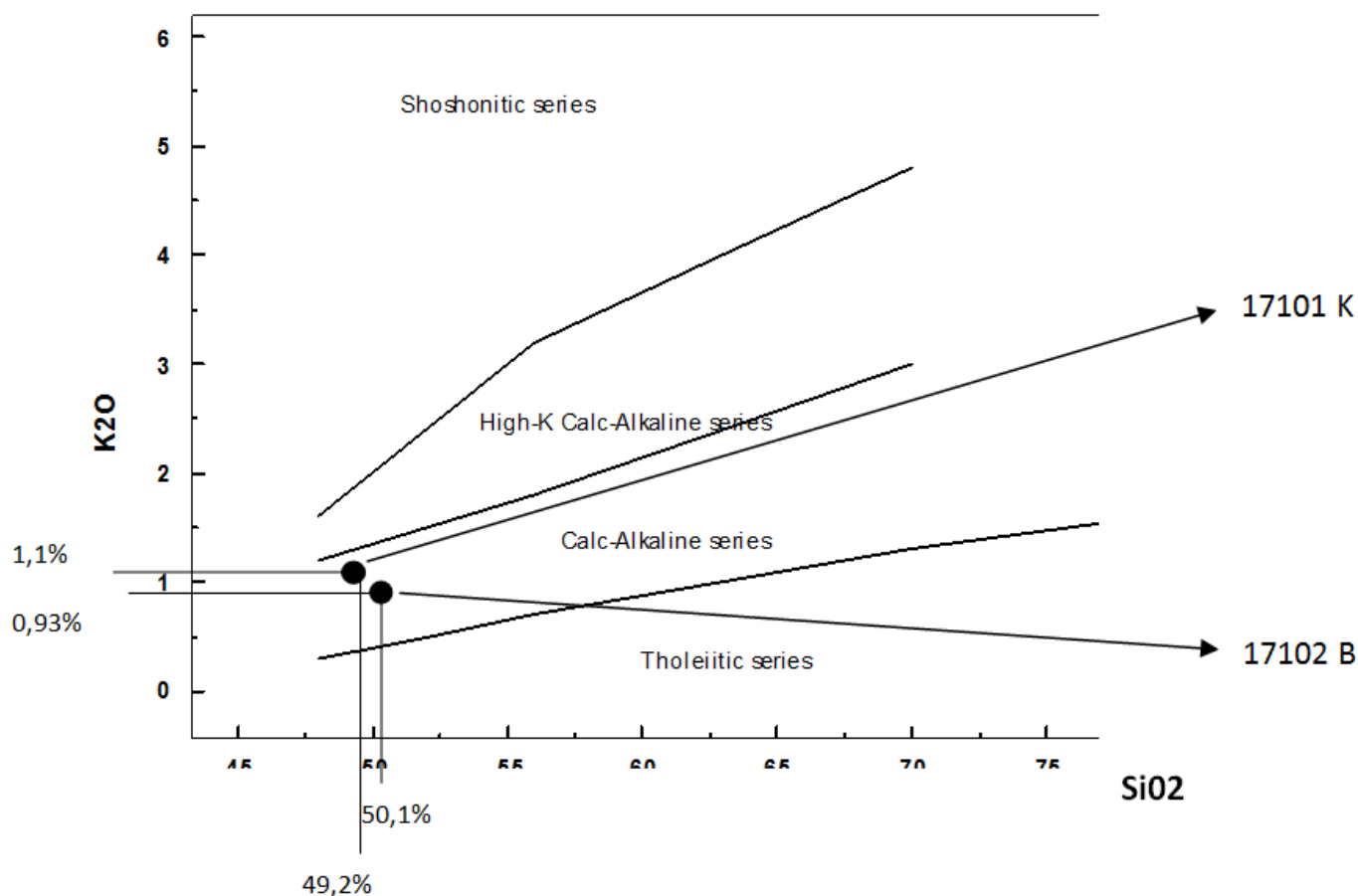


Figure 4: Subdivision subcalique des roches utilisant le diagramme silice vs K2O

5 DISCUSSION

De ce travail, nous avons noté que la coulée de Bitungulu présente une composition chimique caractérisée par une concentration en silice de l'ordre de 49,6%, des faibles teneurs en potassium et Magnésium ainsi que de fortes concentrations en Aluminium et Calcium. Sur le plan minéralogique, on a noté la prédominance de la néphéline à côté des autres minéraux virtuels comme la leucite, l'ilménite, l'olivine, l'anorthite, l'apatite et autres.

Pour rappel, l'éruption du volcan Nyiragongo du 17 Janvier 2002 a fait trois points de sortie de laves différents correspondant à trois branches de coulées différentes, à savoir la coulée du Shaheru, la coulée de Munigi et celle de Bitungulu qui a fait l'objet de cette étude. Au regard des concentrations en silice trouvées dans les coulées du Shaheru et Munigi [3], l'on remarque que la coulée de Bitungulu se caractérise par des concentrations élevées en silice par rapport aux autres coulées. Ceci constitue un indicateur d'un magma différencié [11]. On en déduit alors que la coulée de Bitungulu est issu d'un magma plus différencié que celles du Shaheru et de Munigi. D'ailleurs, même les valeurs du rapport Fe/Mg confirment le caractère différencié de la lave qui a coulé à Bitungulu qu'au Shaheru et à Munigi. En effet, dans la coulée de Bitungulu, ces rapports varient entre 1,689% et 2,08% alors que dans celles du Shaheru et Munigi il est de l'ordre de 3,72%; ce qui traduit aussi un caractère moins basique à Bitungulu.

Le rapport $Fe/Fe + Mg$ varie entre 0,63 et 0,67 dans la coulée de Bitungulu et au-delà de 0,78 dans celles du Shaheru et Munigi. Pourtant une faible valeur de ce rapport dans une roche volcanique implique une faible profondeur de la source du magma responsable de la roche [12]. On en déduit alors que le bassin du magma de Bitungulu est moins profond que ceux du Shaheru et Munigi.

En terme de minéralisation, le traitement des données géochimiques a révélé une richesse en néphéline. Ceci nous envoie à l'idée selon laquelle les traces de minéralisation observées in situ seraient constituées essentiellement de la néphéline. La figure 3 classe la coulée de Bitungulu parmi les basaltes mais qui sont proches des trachy-basaltes [13].

6 CONCLUSION

Le présent travail a concerné la coulée de laves dite de Bitungulu de l'éruption du volcan Nyiragongo du 17 Janvier 2002. Le point de sortie de laves de cette coulée se localise au flanc Sud du volcan Nyiragongo, précisément dans la fracture de Bitungulu à près de 10 Km au Nord de la ville de Goma.

Outre la classification des roches, la préoccupation scientifique majeure de cette étude était de pouvoir décrire les caractéristiques géochimiques de la coulée de laves de Bitungulu et d'en déduire les potentiels minéraux virtuels. De ce fait, nous avons réalisé une description de ces roches volcaniques in situ et recolté des échantillons qui ont ensuite fait l'objet d'analyses géochimiques en éléments majeurs au laboratoire de géochimie de l'Université de Lubumbashi en République Démocratique du Congo.

A la lumière des résultats obtenus, on a remarqué que les roches de la coulée de Bitungulu sont moins alcalines. Leur teneur en silice varie entre 49,2-50,1 % et le rapport Fe/Mg se situe entre 1,689 – 2,08%. En termes de minéraux, la coulée de Bitungulu est dominée par la néphéline suivie de la leucite, de l'ilménite, de l'olivine, de l'anorthite, de l'apatite et autres. En outre, les roches de la coulée de Bitungulu se classent parmi les basaltes proches des trachy-basaltes (fig.3). Enfin, dans la classification subalcalique, les roches de la coulée de Bitungulu se montrent de la série calco-alcaline.

Les roches de la coulée de Bitungulu devraient faire l'objet d'études approfondies pour permettre, par exemple, de déterminer les causes profondes du caractère moins basique de ces roches ainsi que leur proximité avec les trachy-basaltes.

REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement le Professeur Gabriel MAKABU KAYEMBE de l'Université de Lubumbashi qui a accepté de superviser les opérations d'analyses au laboratoire des échantillons de roches utilisés pour la réalisation de ce travail ainsi que l'Observatoire Volcanologique de Goma (OVG) qui a facilité la collecte des échantillons.

REFERENCES

- [1] EBINGER, C., *Geodynamical settings of the Virunga volcanic province, East Africa*, Acta Vulcanologica. Vol. 12 (1-2), 2002. 15 (1-2), 2003, 9-16.
- [2] HAMAGUCHI H. and Zana N. *Introduction to volcanoes Nyiragongo and Nyamulagira*. In: H. Hamaguchi (ed.), *Volcanoes Nyiragongo and Nyamulagira: Geophysical Aspects*, Sendai Japan, Tohoku Univ., 1983, 35-46.
- [3] ALBA P. et al., *Petrographic and Geochemical features of the 2002 Nyiragongo lava flows*, Acta Vulcanologica. Vol. 12 (1-2), 2002. 15 (1-2), 2003, 63-66.
- [4] SADAKA K., *Towards a more detailed seismic picture of the January 17th, 2002 Nyiragongo eruption*, Acta Vulcanologica. Vol. 12 (1-2), 2002. 15 (1-2), 2003, 87-100.
- [5] HAMAGUCHI, H., *Process of the 1977 Nyiragongo eruption inferred from the analysis of long-period earthquakes and volcanic tremors*, Tectonophysics volume 209, issues 1-4, 20 August 1992, pages 241-254.
- [6] TAZIEFF, H., *Mt Nyiragongo: Renewed activity of the lava lake*, Journal of volcanology and geothermal research-J VOLCANOL GEOTHERM RES, vol.20, n° 3-4, 1984, pp 267-280.
- [7] Smithsonian Institution (SEAN Bulletin) (1995). 1975-1995 vol.2. Nyiragongo volcano. (cité par TEDESCO, 2003).
- [8] TEDESCO, D., *1995 Nyiragongo and Nyamulagira activity in the Virunga National park: A volcanic crisis*, Acta Vulcanologica. Vol. 14 (1-2), 2002. 15 (1-2), 2003: 149-155.
- [9] SARAH, J., *Investigations of Nyamulagira and Nyiragongo volcanoes (DRC) using interferometric synthetic Aperture Radar*, Thesis, Christ's College, 2005, 194p;
- [10] KOMOROWSKI, J.C. et al., *The January 2002 flank eruption of Nyiragongo volcano (Democratic Republic of Congo): chronology, evidence for a tectonic rift trigger, and major impact of lava flows on the city of Goma*, «Acta Vulcanol.», Vol. 12 (1-2), 2002. 15 (1-2), 2003, pp 27-62.
- [11] WILSON, M., *Igneous petrogenesis: A Global tectonic Approach*, Academic Division of UNWIN HYMAN, London, 1989, 466p.
- [12] HOWEL, H. et al., *Petrography: An Introduction to the Study of Rocks in Thin Sections*, W.H. Freeman and Company, New York, 1982, 626p.
- [13] HUGH R., *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*, British Library Cataloguing-in-Publication data, 1993, 380 p.