

## Pétrographie et Géochimie des gneiss Kibariens de Miowe-Bulambika à Bunyakiri, Sud-Kivu, RD Congo

### [ Petrography and Geochemistry of Miowe-Bulambika kibaric gneisses at Bunyakiri, South-Kivu, DR Congo ]

*Toussaint MUGARUKA BIBENTYO<sup>1</sup>, Rodrigue CIRHUZA CIRIMWANI<sup>1</sup>, Espoir MUGISHO BIRHENJIRA<sup>1</sup>, Joseph BASIMIKE TCHANGABOBA<sup>1</sup>, Gloire GANZA BAMULEZI<sup>1</sup>, Corneille KAPAJIKA BADIBANGA<sup>2</sup>, and Charles NZOLANG<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Département de Géologie, Université Officielle de Bukavu, Sud-kivu, R.D. Congo

<sup>2</sup>Département de Géologie, Université de Lubumbashi, Katanga, R.D. Congo

---

Copyright © 2015 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 aims at the understanding of the petrogenesis of Kibaric metamorphic formations in the West part of Lake Kivu. Here are presented detailed petrographic study of Miowe and Bulambika gneisses at Bunyakiri, new geochemical data of major elements and a large-scale geological map of the study area. The macroscopic petrographic study has distinguished in Miowe and Bulambika gneiss two lithological facies: the augen gneiss and the granitic gneiss. Veins and pegmatite pockets are observed in these gneisses. The geochemical study on basis of major elements revealed that these gneisses derived from a metamorphic evolution of granites and granodiorites of calc-alkaline series. They are therefore formed in a geodynamic context of subduction.

**KEYWORDS:** augen gneiss, granitic gneiss, pegmatite, geochemistry.

**RESUME:** Ce travail est une contribution à la compréhension de la pétrogenèse des formations métamorphiques kibariens à l'Ouest du lac Kivu. Nous présentons une étude pétrographique détaillée des gneiss de Miowe et Bulambika à Bunyakiri et des nouvelles données géochimiques des éléments majeurs ainsi qu'une carte géologique à grande échelle du secteur d'étude. L'étude pétrographique macroscopique a permis de distinguer dans les gneiss de Miowe et Bulambika, deux facies lithologiques qui sont les gneiss oeilés et les gneiss granitiques. Des filons et des poches de pegmatite sont observés dans ces gneiss. L'étude géochimique sur base des éléments majeurs a révélé que ces gneiss proviennent d'une évolution métamorphique des granites et des granodiorites de la série calco-alkalines. Ils se seraient donc formés dans un contexte géodynamique de subduction.

**MOTS-CLEFS:** gneiss oeilé, gneiss granitique, pegmatite, géochimie.

## 1 INTRODUCTION

La région du Kivu est essentiellement constituée par les formations anciennes appartenant au Burundien, une vaste étendue étant occupée par un immense massif granitique (Goffart, 1933).

En 1977, Villeneuve affirme que la constitution géologique du Kivu est semblable à celle de la république Démocratique du Congo, le socle précambrien occupant une bonne partie de la surface régionale.

D'après Cahen (1963), on reconnaît au Kivu et dans les régions avoisinantes quatre ensembles séparés par des discordances et qui forment le substratum précambrien. Du plus ancien au plus récent, nous avons :

Le socle anté-Ruzizien : toutes les datations effectuées sur ce socle en Afrique de l'Est ont donné des âges antérieurs à 1800 MA. Les affleurements localisés à l'Ouest de la région du Kivu révèlent des roches intensément migmatisées qu'on considère comme anté-Ruziziennes ;

Le Ruzizien : des datations radiométriques ont permis de situer cet ensemble dans le Précambrien C de l'échelle internationale. Ce système comprend deux groupes : le premier groupe est constitué des schistes cristallins, amphibolites gabbroïdes, amphibolo-schistes à amphiboles incolores, micaschistes à grenat, quartzites et gneiss à biotite et le deuxième par des roches grenues granitiques et syénitiques (Sorotchinsky, 1934) ;

Le Burundien : il s'agit des terrains plissés, à direction approximativement N-S à l'Est du lac Kivu, SW-NE au Sud-ouest et SE-NW au Nord-ouest de ce lac. Les roches sont soit métamorphosées dans un domaine mésozoïque et épizoïque, soit seulement légèrement transformées dans l'anchizone, ce qui rend souvent difficile leur différenciation avec les formations ruziziennes.

Le Lindien et le Malagarisien : les dépôts lindiens sont constitués des matériaux épicontinentaux, fluviaux, lagunaires et continentaux, d'une épaisseur de 1200 à 2000m (Veerbeck, 1971) tandis que les dépôts malagarisiens sont formés des grès, conglomérats, schistes et calcaires à stromatolithes (Waleffe, 1965). Il est cependant probable que ces dépôts soient contemporains des intrusions granitiques post-burundiennes datées de 970 à 890 MA. Il y a ainsi des fortes chances que les matériaux du Lindien proviennent du démantèlement du socle Burundien et Ruzizien (Villeneuve, 1977).

La région du Kivu n'a connue jusque-là que peu d'études géologiques. Ces études sont d'ailleurs inégalement réparties dans le temps et dans l'espace, la majorité étant concentrée entre 1930 et 1980. La région de Bunyakiri est connue à grande échelle grâce aux travaux de Rumvegeri, 1987.

Ce travail est une contribution à la compréhension de la pétrogenèse des formations métamorphiques kibariennes à l'Ouest du lac Kivu. Nous présentons une étude pétrographique détaillée des gneiss de Miowe et Bulambika à Bunyakiri et des nouvelles données géochimiques des éléments majeurs ainsi qu'une carte géologique à grande échelle du secteur d'étude.

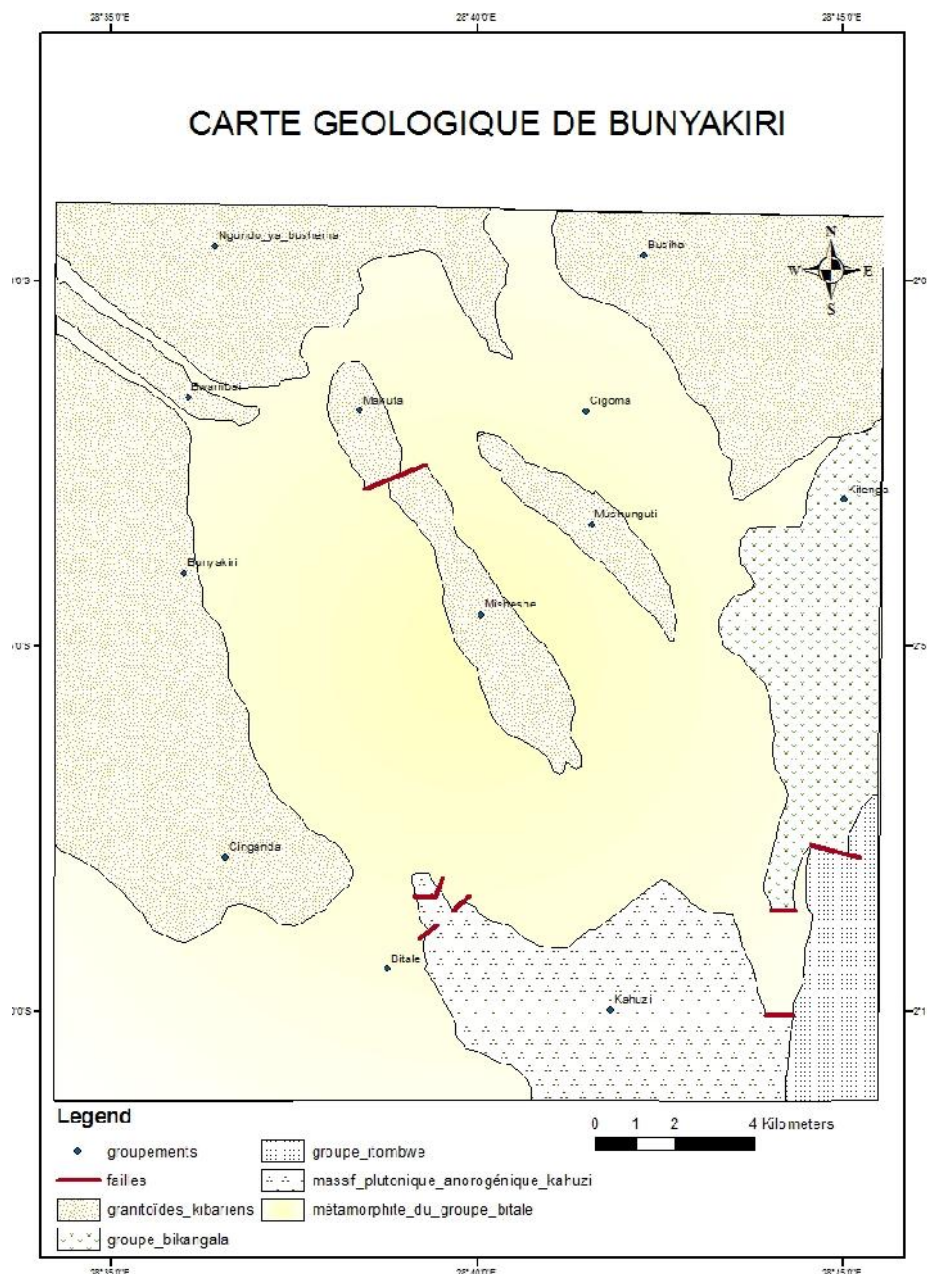
## **2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE**

Le secteur d'étude est situé approximativement à 67 km (à vol d'oiseaux) au Nord-Ouest de la ville de BUKAVU à l'Ouest du lac KIVU. Elle se trouve dans la collectivité de Bunyakiri en territoire de kalehe en Province du Sud Kivu, République Démocratique du Congo.

Le groupement de Bunyakiri se situe dans un environnement entouré de hautes montagnes pouvant atteindre 3300 mètres d'altitude (le Mont Kahuzi et le Mont Biega) (Sorotchinsky, 1934).

Les résultats obtenus des études litho-stratigraphiques menées par Rumvegeri (1984 et 1987) dans la région de Bunyakiri distinguent trois grands ensembles dans cette région (figure 1):

- Le groupe de Bitale correspondant au Kibarien inférieur d'une épaisseur d'au moins 5300 m et comprenant de bas en haut : la série de Malonge (gneiss migmatitique, gneiss à sillimanite et amphibolite), la série de Cimbiro (quartzite et métapelite contenant des intercalations d'amphibolites) et la série de la Luha constituée des quartzo-schistes et des micaschistes dans la partie supérieure de ce groupe. C'est dans ce groupe que notre secteur d'étude est localisé.
- Le groupe de Bikangala (environ 1900 m d'épaisseur), correspondant au Kibarien moyen. Il chevauche (discordance de Lusingula) le groupe de Bitale et comprend des quartzites de Lusingula à la base, un ensemble pélitique et quartzopélitique (avec un niveau conglomératique vers la base et un niveau itabiritique vers le sommet) et enfin un grès quartzique ferrugineux parfois micro-conglomératique au sommet.
- Le groupe de l'Itombwe qui serait le Kibarien supérieur d'une épaisseur totale de 3000 à 5500 mètres, repose avec un conglomérat de base sur le groupe de Bikangala. Il se compose d'un conglomérat auquel se superposent un ensemble pélitique et gneisso-pélitique et une mixite au sommet.



*Fig.1 : Esquisse géologique de BUNYAKIRI (Rumvegeri, 1987, modifié)*

### 3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1 PÉTROGRAPHIÉ

Les résultats présentés et discutés dans ce point sont issus d’une description macroscopique des roches à l’affleurement et à l’échantillon.

Les formations métamorphiques de Miowe et Bulambika font partie de l’ensemble gneissique de Bunyakiri appartenant au Kibarien inférieur. Elles sont composées des gneiss ocellés et des gneiss granitiques observé aussi bien à Miowe qu’à Bulambika. Dans ces gneiss, les filons et les poches de pegmatites sont observés. Les gneiss ocellés sont les plus abondants et comprennent les plus des filons et poches de pegmatites (figure 2).

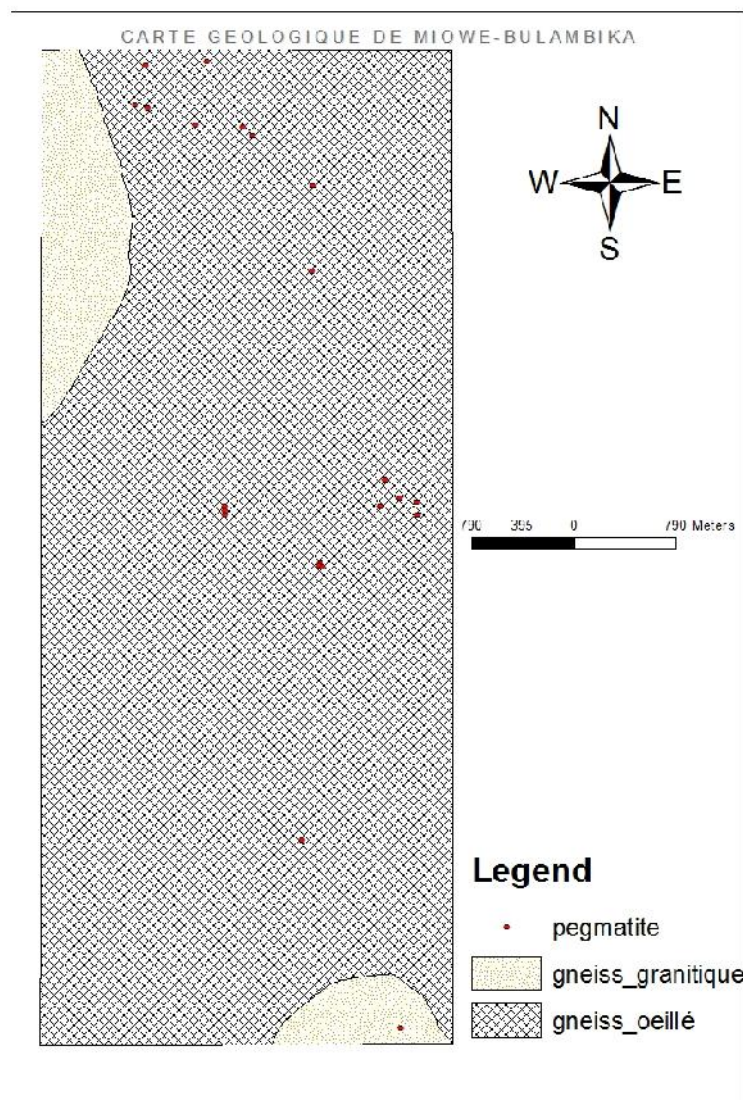


Figure 2 : carte géologique de Miowe et Bulambika à Bunyakiri

#### LES GNEISS OEILLÉS

Ils sont caractérisés par la présence des « yeux » de taille variée. Il s'agit des grands cristaux de feldspath de couleur blanche laiteuse, d'un éclat mat et de forme ovoïde ou étirée ayant une taille variant de 1 à 5cm (figure 3). A certains endroits ces yeux sont polycristallins et diminuent de taille donnant un faciès plus ou moins homogène, ce sont le feldspath et le quartz. Cette structure « ocellée » s'ajoute à la foliation gneissique bien marquée. Cette foliation porte une linéation minérale marquée par le feldspath et le quartz et est caractérisée par une alternance répétée des lits fins des minéraux clairs et sombres. Les lits clairs sont composés de la muscovite et du quartz alors que les lits sombres sont constitués par la biotite et l'amphibole. La muscovite et la biotite forment des agrégats lamellaires de taille millimétrique et présentent un éclat brillant ; le quartz est de forme ovoïde ou étiré, d'une couleur variant de l'incolore au blanc, d'un éclat vitreux à gras, de taille millimétrique dans les lits et centimétrique lorsqu'il est minéral des yeux polycristallins ; l'amphibole quant à lui est de couleur noire, d'un éclat mat et apparait sous forme des fins cristaux aciculaires.



*Figure 3 : gneiss ocellée de Bunyakiri*

Ces gneiss sont recoupés par des filons et des poches pegmatitiques ainsi que quelques filonets de quartz.

#### **LES GNEISS GRANITIQUES**

Dans ces roches la structure magmatique est encore perceptible et la foliation est peu développée. Les minéraux clairs sont beaucoup plus abondants que les minéraux sombres. Il s'agit des roches leucocrates essentiellement composées du quartz, du feldspath et de la muscovite. L'amphibole et la biotite sont aussi observées. Tous ces minéraux présentent les mêmes caractéristiques physiques que dans les gneiss ocellés à l'exception de la taille qui est essentiellement millimétrique. Ces gneiss sont recoupés par des filons de pegmatites de faible épaisseur que ceux rencontrés dans les gneiss ocellés. Les plans de contact entre les filons et ces roches constituent des zones propices à l'altération conduisant ainsi à la détérioration de ces zones de contact.

Quant à ce qui concerne leur genèse, Rumvegeri (1987) avait émis l'hypothèse selon laquelle elles proviendraient de l'évolution métamorphique des orthogneiss.

#### **LES PEGMATITES**

Les pegmatites sont observables dans tout le secteur d'étude et affleurent sous deux formes : les poches et les filons. Les poches des pegmatites sont rencontrées uniquement à Miowe alors que les filons de pegmatites sont rencontrés aussi bien à Miowe qu'à Bulambika.

#### **LES POCHE DE PEGMATITE**

Les poches de pegmatite présentent à l'affleurement des cristaux ovoïdes de taille centimétrique de quartz blanc, de feldspath blanc laiteux, de micas (muscovite et biotite) et de tourmaline noire (figure 4). En fonction de la proportion des minéraux dans ces poches, deux variétés des pegmatites sont observables; les pegmatites à proportions équilibrées des minéraux et les pegmatites composés à plus de 60% par le quartz. La texture à l'affleurement est grenue et les poches ont des diamètres variant de 20cm à 130cm.



Figure 4 : cristaux de quartz, feldspath, muscovite, tourmaline et biotite dans la pegmatite de Bunyakiri

### LES FILONS DE PEGMATITE

Les filons de pegmatite présentent les mêmes minéraux que les poches, les minéraux clairs étant beaucoup plus abondants que les minéraux sombres. Ces minéraux sont d'une taille variant de 5 mm à plusieurs centimètres. La proportion de la tourmaline est supérieure à celle de la biotite à Myowe et le contraire à Bulambika. La texture à l'affleurement est grenue.

### 3.2 GÉOCHIMIE

Pour l'étude géochimique, treize échantillons des gneiss ocellés et huit des gneiss granitiques ont été soumis à l'analyse géochimique des éléments majeurs par spectrométrie d'absorption atomique. Les échantillons étaient préalablement broyés avant d'être soumis à l'analyse. Les résultats de ces analyses sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 1: Composition chimique des gneiss kibariens de Miowe-bulambika

N° éch	lithologie	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	gneiss ocellé	77,00	0,11	14,10	0,60	0,41	0,02	0,23	1,15	2,10	3,80	0,01
2	gneiss ocellé	75,90	0,17	14,00	0,45	0,03	0,04	0,01	0,69	3,07	4,40	0,01
3	gneiss ocellé	71,00	0,18	14,23	0,40	0,29	0,02	0,25	1,48	3,37	4,75	0,04
4	gneiss ocellé	74,70	0,13	13,70	0,35	0,16	0,02	0,03	1,78	3,37	3,23	0,01
5	gneiss ocellé	72,50	0,16	14,70	0,61	0,39	0,02	0,32	1,35	2,77	5,81	0,01
6	gneiss ocellé	69,85	0,12	14,60	0,41	0,04	0,03	0,37	2,77	3,13	5,74	0,02
7	gneiss granitique	70,51	0,17	14,50	0,59	0,57	0,03	0,12	1,48	3,81	5,58	0,01
8	gneiss ocellé	71,30	0,11	14,22	0,32	0,03	0,02	0,06	1,83	3,87	5,86	0,02
9	gneiss ocellé	73,45	0,12	14,21	0,51	0,44	0,02	0,12	1,66	4,34	4,60	0,03
10	gneiss ocellé	69,51	0,11	13,92	0,35	0,03	0,02	0,01	2,74	4,23	4,91	0,01
11	gneiss ocellé	73,31	0,14	14,18	0,59	0,39	0,01	0,13	1,54	4,55	3,75	0,03
12	gneiss granitique	76,20	0,16	14,32	0,37	0,01	0,02	0,01	0,88	3,76	4,02	0,01
13	gneiss ocellé	73,65	0,12	14,23	0,51	0,42	0,02	0,24	1,26	4,23	3,60	1,56
14	gneiss ocellé	65,20	0,74	16,70	1,81	2,85	0,08	1,35	4,83	3,87	1,92	1,72
15	gneiss granitique	70,00	0,30	14,50	1,34	1,48	0,13	3,05	4,5	3,21	1,00	0,40
16	gneiss granitique	67,03	0,69	14,13	1,35	4,64	0,13	1,32	3,21	3,94	2,30	1,20
17	gneiss granitique	75,00	0,14	14,08	0,41	0,21	0,03	0,05	2,02	4,7	1,87	1,60
18	gneiss granitique	65,50	0,63	16,10	1,65	2,54	0,04	2,1	4,95	4,52	3,55	1,87
19	gneiss granitique	57,80	0,97	17,15	1,84	4,63	0,14	3,49	5,55	4,23	2,24	1,60
20	gneiss granitique	64,47	0,79	14,10	2,67	2,32	0,076	1,54	2,82	4,21	4,02	0,84
21	gneiss ocellé	58,18	1,74	15,25	1,98	5,07	0,091	2,65	4,55	3,43	4,09	1,80

Les teneurs en silice et en alumine sont les plus élevées, la silice étant beaucoup plus abondante que l'alumine ; Les teneurs des alcalins et du CaO sont non négligeables (figure 5) mais les autres éléments sont moins représentés dans ces gneiss. Ces fortes proportions de SiO<sub>2</sub> et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> associées aux alcalins, sont en relation avec les proportions élevées du quartz, des feldspaths et des micas dans ces gneiss.

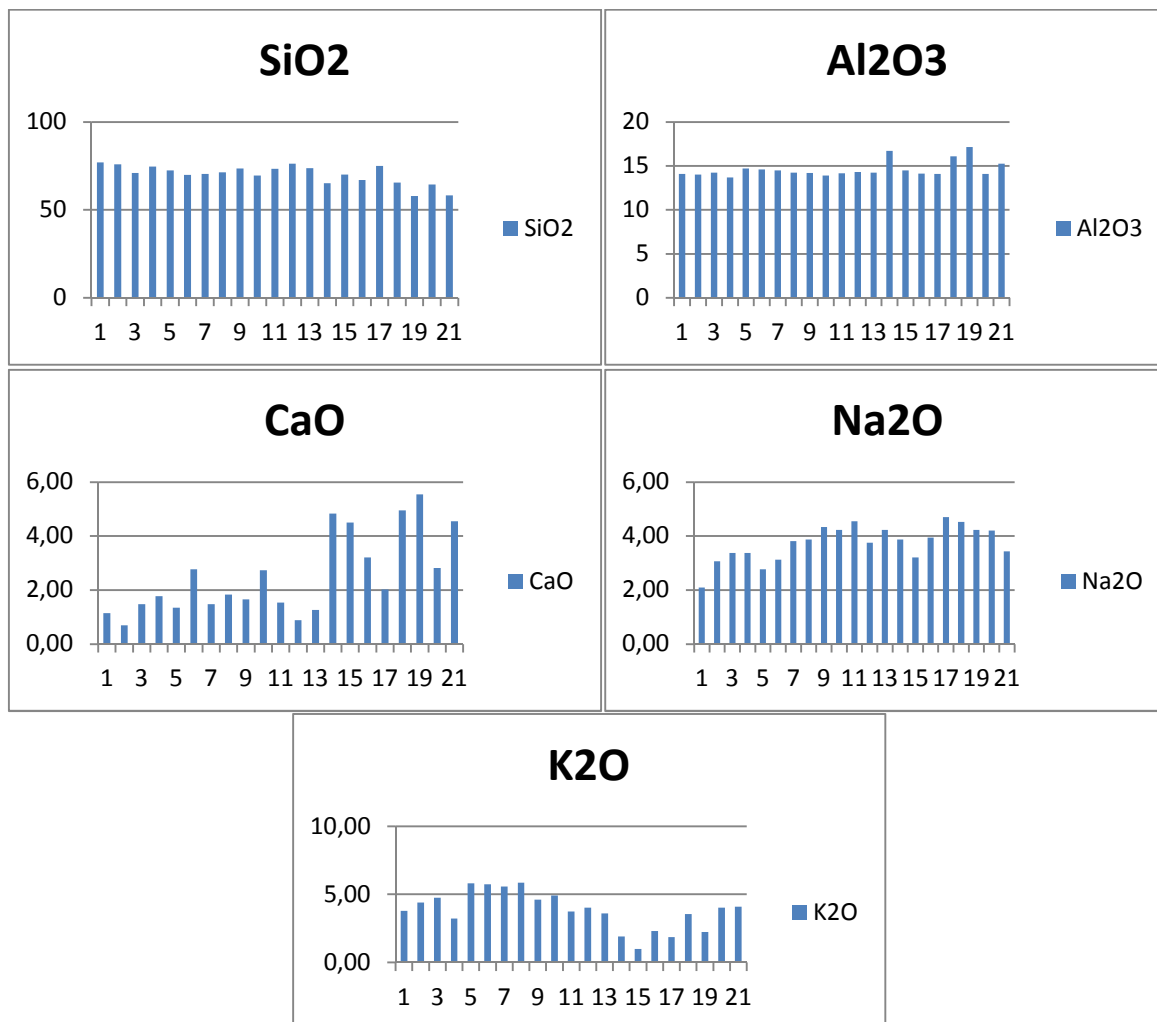


Figure 5 : variation des teneurs en SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O et K<sub>2</sub>O dans les gneiss de Miowe-Bulambika

Suivant leur teneur en SiO<sub>2</sub>, les gneiss de Miowe et Bulambika sont de composition intermédiaire (SiO<sub>2</sub> comprise entre 52% et 66 %) à acide (SiO<sub>2</sub> supérieur à 66 %).

**CLASSIFICATION**

Les gneiss kibariens de Miowe-Bulambika sont issus de l'évolution métamorphique des granites et des granodiorites suivant la classification dans le diagramme TAS des roches plutoniques de Middlemost (1994) et la classification dans le diagramme triangulaire des feldspaths de Ô Connor (1965) (figure 6).

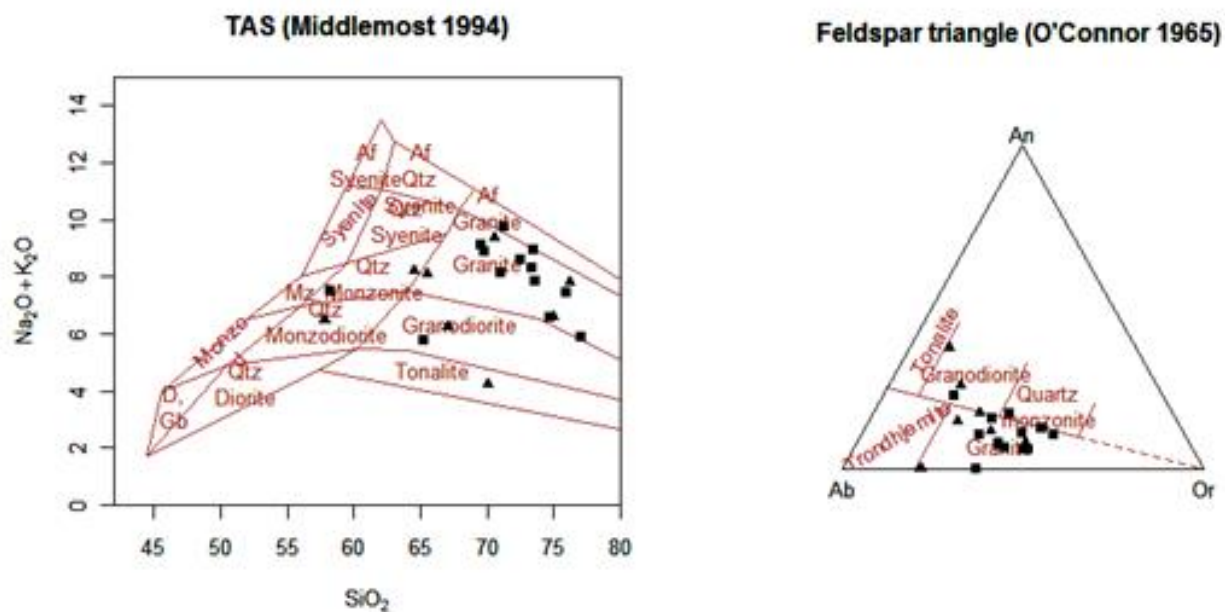
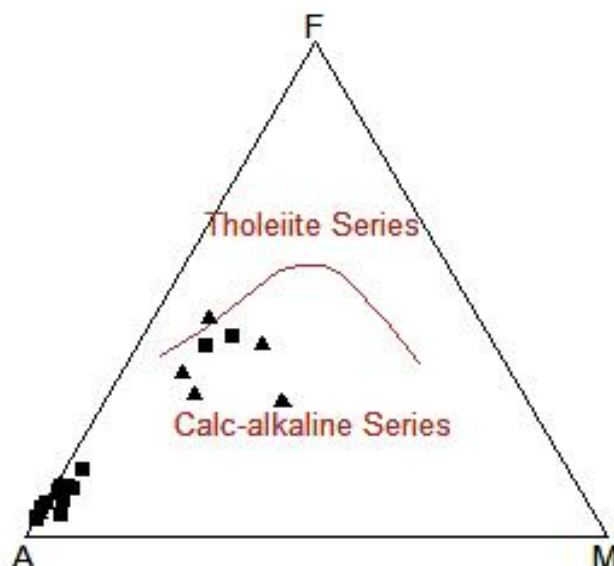


Figure 6 : Compositions des gneiss de Miowe- Bulambika dans le diagramme de classification TAS des roches plutoniques de Middlemost (1994) et le diagramme triangulaire des feldspaths de O'Connor (1965). Carrés noirs = gneiss oillés, triangles noirs = gneiss granitiques.

#### AFFINITÉS GÉOCHIMIQUES

Le report des teneurs des gneiss kibariens de Miowe-Bulambika dans le diagramme AFM (A=  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ , F= $\text{FeO}_t$ , M= $\text{MgO}$ ), les limites des champs étant celles de Irvine et Baragar (1971) ; nous fait voir que ces gneiss sont de la série calco-alcaline, les gneiss oillés étant beaucoup plus riches en potassium que les gneiss granitiques (figure 7). Les roches parents de ces gneiss se seraient donc formées dans un contexte géodynamique de subduction. Le magma qui avaient générés ces roches serait issu de la fusion de la croute subductée dans le manteau, ceci est confirmé par leur caractère à la fois péralumineux et métalumineux dans le diagramme molaire A/NK vs A/CNK (A=  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , C=  $\text{CaO}$ , N=  $\text{Na}_2\text{O}$  et K=  $\text{K}_2\text{O}$ ), les limites des domaines étant selon Shand (1943) (figure 8).



Figures 7 : diagramme AFM pour les gneiss de Miowe-Bulambika. Limite des domaines selon Irvine et Baragar (1971). Carrés noirs = gneiss oillés, triangles noirs = gneiss granitiques



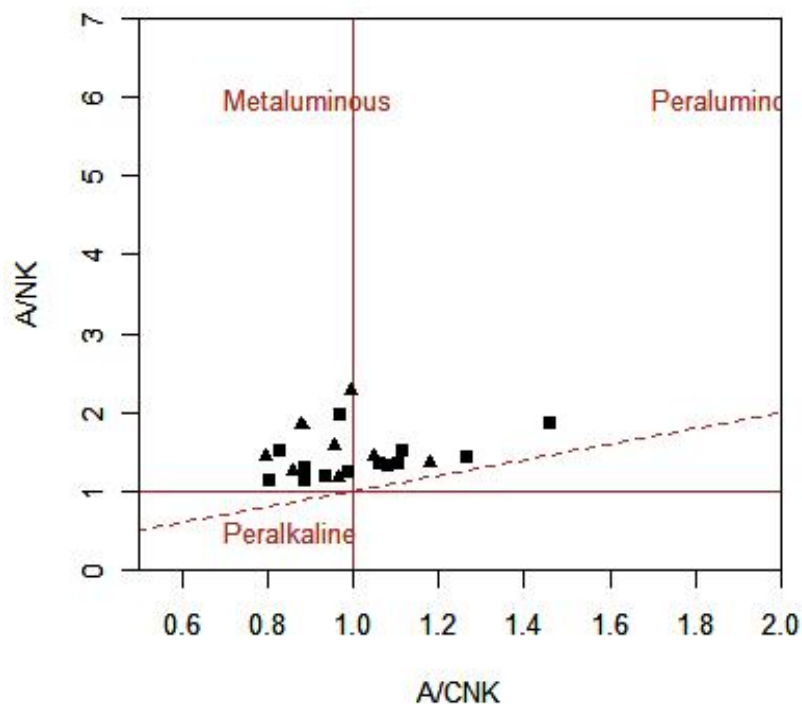
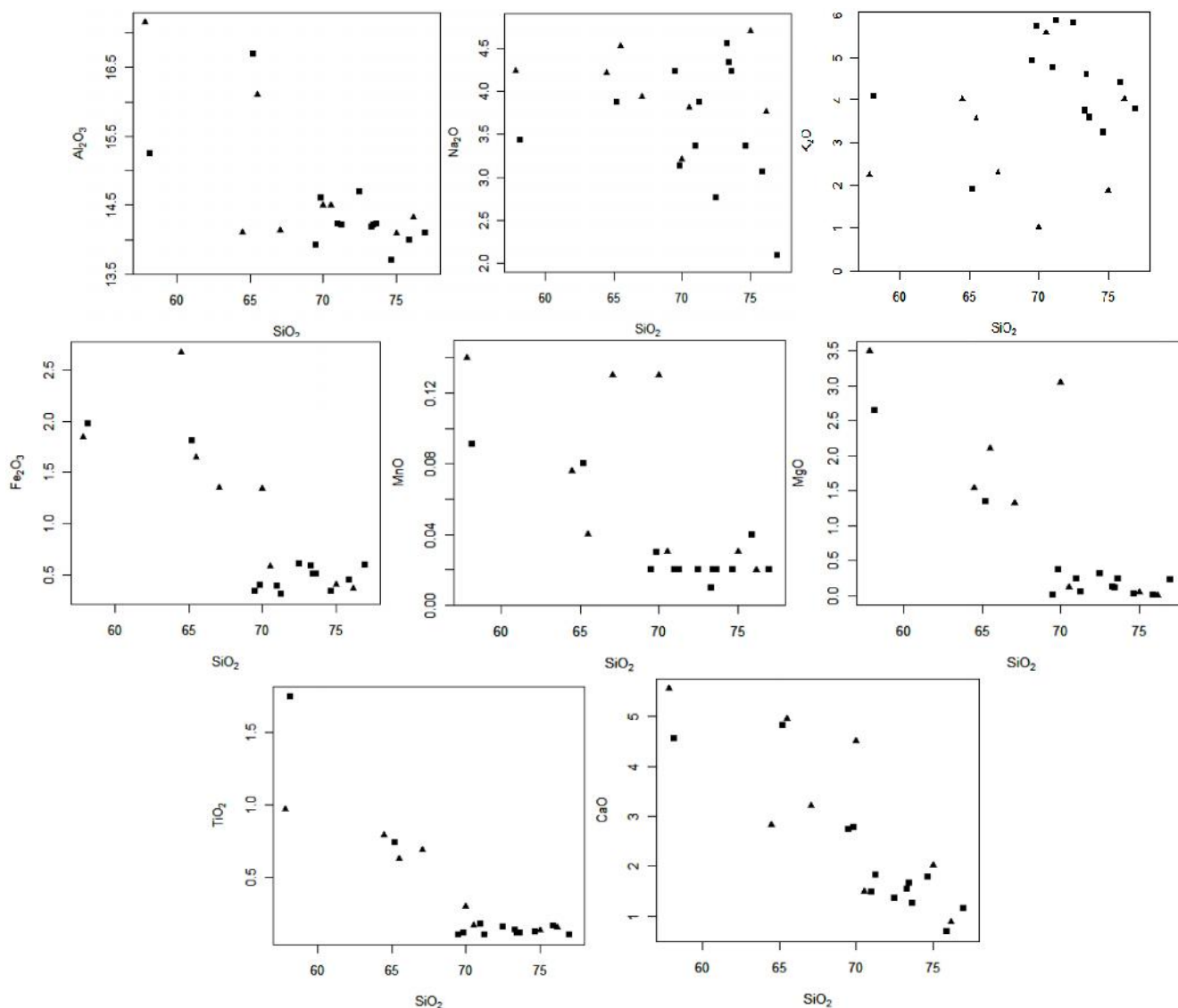


Figure 8 : Diagramme molaire A/NK vs. A/CNK pour les gneiss de Miowe et Bulambika. Limite des domaines selon Shand (1943). Carrés noirs = gneiss ocellés, triangles noirs = gneiss granitiques.

#### EVOLUTION DE LA CRISTALLISATION

Pour caractériser les tendances d'évolution nous avons ploté les compositions des roches dans le diagramme de Harker des oxydes vs SiO<sub>2</sub> comme le montre la figure 9. La corrélation positive entre SiO<sub>2</sub> et les alcalins et la corrélation négative entre SiO<sub>2</sub> et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, MgO, CaO témoignent d'une cristallisation fractionnée, les éléments ferromagnésiens ayant cristallisés les premiers (figure 9). Ces gneiss étant appauvris en ferromagnésiens, la petite quantité des ferromagnésiens a contribué à la formation de l'amphibole ; le magma résiduel a cristallisé les micas et a ensuite abouti à la formation du quartz. La corrélation positive entre le SiO<sub>2</sub> et les alcalins et la corrélation négative entre SiO<sub>2</sub> et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sont en relation avec la formation des feldspaths.



**Figure 9 : Diagrammes de Harker pour les gneiss de Miowe-Bulambika.  
Carrés noirs = gneiss oeilés, triangles noirs = gneiss granitiques.**

#### 4 CONCLUSION

Les gneiss de Miowe et Bulambika font partie du groupe de Bitale qui est le correspondant du kibarien inferieur dans la région de Bunyakiri (Rumvegeri, 1987).

L'étude pétrographique montre que ces gneiss sont réparties en deux facies lithologiques qui sont les gneiss oeilés et les gneiss granitiques. Ils comportent des filons et des poches de pegmatite. Les gneiss oeilés sont les plus abondants et comprennent les plus des filons et poches de pegmatites.

Les gneiss oeilés sont caractérisés par des gros cristaux de feldspath qui constituent les « yeux » de ces gneiss. A certains endroits ces yeux sont polycristallins, constitué de feldspath et du quartz et diminue de taille donnant un facies plus ou moins homogène. Cette structure « oeuillée » s'ajoute à la foliation gneissique bien marquée qui porte une linéation minérale. Dans les gneiss granitiques, la structure granitique est encore perceptible et la foliation est peu marquée.

Les pegmatites affleurent sous formes des poches et des filons. Elles présentent des cristaux ovoïdes de taille centimétrique de quartz, de feldspath, de micas (muscovite et biotite) et de tourmaline noire. La taille de ces cristaux est réduite dans les filons.

L'étude géochimique montre que ces gneiss sont riches en silice et en alumine et sont de composition intermédiaire à acide. Ils sont issus de l'évolution métamorphique des granites et des granodiorites de la série calco-alcaline, les gneiss ocellés étant beaucoup plus riches en potassium que les gneiss granitiques. Ils se seraient donc formés dans un contexte géodynamique de subduction. La corrélation positive entre SiO<sub>2</sub> et les alcalins et la corrélation négative entre SiO<sub>2</sub> et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, MgO, CaO témoignent d'une cristallisation fractionnée, les éléments ferromagnésiens ayant cristallisés les premiers.

#### REFERENCES

- [1] Boutakoff, N. 1933. Sur la découverte de deux massifs de volcans au Sud-Ouest du lac Kivu, Bull. BSBGPH, Louvain, t. 43,42-49 ;
- [2] Cahen, L. 1963. Grands traits de l'agencement des éléments du soubassement de l'Afrique centrale, esquisse tectonique au 1/500000, ASGB, Liège, t. 85, 6, 183-195 ;
- [3] Goffart, G. 1933 Carte géologique du Kivu entre les méridiens 27°40' latitude sud. ASGB, PRCB, t.,LVII, pp.c.27-41
- [4] Irvine, T. N. et Baragar, W. R. A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences 8, 523–548.
- [5] Middlemost, E. A. K. 1985. Naming materials in the magm /igneous rock system. Earth Sci. Rev. 37, 215–224.
- [6] O'Connor, J. T. 1965. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. In: US Geological Survey Professional Paper B525. USGS, 79–84.
- [7] Rumvegeri, B. 1984, Etudes lithostratigraphiques et structurales du Précambrien de la région de Bunyakiri. Modèle d'évolution géodynamique de la chaîne kibarienne en Afrique Centrale et Orientale, Mém. D.E.S, Labor. Pétrologie, Univ. Lubumbashi, 183p ;
- [8] Rumvegeri, B. Juillet 1987, le Précambrien de l'Ouest du lac Kivu (Zaïre) et sa place dans l'évolution géodynamique de l'Afrique centrale et orientale : Pétrologie et tectonique, vol. I thèse doct. Faculté des sciences, département de géologie, Université de Lubumbashi, République Démocratique du Congo, 279p ;
- [9] Shand, S. J. 1943. Eruptive Rocks. Their Genesis, Composition, Classification, and Their Relation to Ore-Deposits with a Chapter on Meteorite. New York: John Wiley & Sons.
- [10] Sorotchinsky, C. 1934. Etude pétrographique de l'édifice volcanique de Kahuzi et du Biega (Kivu), MIGULV, t. IX, fasc. L, 98p, 8 fig ; 6 pl;
- [11] Veerbeek, T. 1971. Géologie et lithologie du Lindien (Précambrien supérieur au Nord de la République Démocratique du Congo), Ann. Mus. Roy. Afr. Centr., Tervuren, Belg., Sci. Géol., n°66, 309p
- [12] Villeneuve, M. 1977. Précambrien du Sud du lac Kivu : Etude stratigraphique, pétrographique et tectonique, thèse doct. Spéc. Fac. Sci et Tech. St Jerome, Marseille, France, 195p ;
- [13] Waleffe, A. 1965. Etude géologique du Sud-Est du Burundi (régions de Mosso et Nkoma), Ann. Mus. Roy. Afr. Cent. Tervuren, Sci. Géol. Min., Rapp. Ann. 1965, 69 – 74.