

## MINÉRALOGIE ET PÉTROLOGIE DES BASALTES SATURÉS TERTIAIRES DU KAHUZI-BIEGA (Rift du Kivu, Zaïre)<sup>1</sup>

par

Ruananza T. LUBALA<sup>2</sup>, Aïi B. KAMPUNZU<sup>3</sup>, Jean-Paul-H. CARON<sup>3</sup> & Pierre J. VELLUTINI<sup>4</sup>

(8 figures et 6 tableaux)

**RESUME.-** Les premières manifestations volcaniques pouvant être rattachées au fonctionnement de la branche occidentale du rift africain, comportent dans la région du Kahuzi-Biega, plusieurs coulées stratoïdes à caractères de "traps". L'étude pétrographique, géochimique et minéralogique montre qu'il s'agit essentiellement des produits basiques de nature tholéiitique ou transitionnelle. Ce type de volcanisme caractérise la phase de bombement crustal précédant l'initiation des rifts continentaux. De par leur âge miocène, ces magmas pourraient représenter les dernières effusions basaltiques liées au stade pré-rift dans cette région.

**ABSTRACT.-** Several lava flows with "trap" features constitute the earliest volcanic activity linked to the movement of the western branch of the African Rift in the Kahuzi-Biega region. Petrographic, mineralogical and geochemical data show that these lavas have a basic composition with tholeiitic or transitional affinities. Such magmas characterize the initial doming stage preceding the opening of continental rifts. Their Miocene age suggests that these represent the last basaltic flows related to the pre-rifting stage in this region.

### I.- INTRODUCTION

Le volcanisme du Kivu est classiquement associé à la branche occidentale du rift Africain. Il comporte dans sa partie méridionale deux provinces volcaniques bien distinctes (fig. 1) ; il s'agit de la province volcanique de Bukavu qui occupe la bordure Sud et Sud-ouest du lac Kivu, et celle de Mwenga-Kamituga qui se situe à une soixantaine de kilomètres dans le prolongement Sud-ouest du premier.

Les laves tertiaires du Kahuzi-Biega appartiennent à la région volcanique de Bukavu. Elles ont été découvertes par Boutakoff (1933a et b, 1939) qui les a regroupées sous l'appellation de "coulée de la Lugulu". Les premières descriptions pétrographiques (Thoreau & Chen, 1943 ; Meyer, 1953) ont conduit à subdiviser ces laves basiques en deux types :

- basaltes tholéiitiques, à structure doléritique renfermant du labrador, de l'augite et de l'olivine subordonnée ;
- basaltes alcalins, essentiellement microlitiques, riches en olivine.

En ce qui concerne le groupe tholéiitique, Pouclet (1976, 1977, 1979 . . .), remet en cause son existence dans l'ensemble de la province volcanique de Bukavu en se basant notamment sur le fait que l'olivine est parfois stable dans les deux stades de cristallisation de

ces laves ; il propose ainsi de les dénommer basaltes subalcalins.

Plus récemment, nous avons montré qu'en réalité les magmas basaltiques saturés se sont abondamment épanchés dans les premiers stades de fonctionnement du régime distensif tertiaire au Sud-Kivu (Kampunzu, 1981, inédit (1) ; Lubala, 1981 ; Lubala *et al.*, Kampunzu *et al.*, 1983a et b).

Le but de cette note est de présenter les caractéristiques minéralogiques et pétrologiques détaillées des basaltes tholéiitiques affleurant au pied des complexes annulaires paléozoïques de Kahuzi-Biega en bordure Ouest du rift du Kivu.

1 Manuscrit reçu le 2 mars 1984.

2 Laboratoire de Pétrologie, Université d'Aix-Marseille III, 13397 Marseille Cedex 13 (France).

3 Département de Géologie, Université de Lubumbashi, B.P. 1825 Lubumbashi (Zaïre).

4 Département de Géologie, Université Marien Ngouabi, B.P. 69 Brazzaville (Congo).

(1) KAMPUNZU, A.B., 1981. Le magmatisme du massif de Kahuzi (Kivu, Zaïre). Structure, pétrologie, signification et implication géodynamique. Thèse ès Sciences, Univ. Lubumbashi (Zaïre), 378 p.

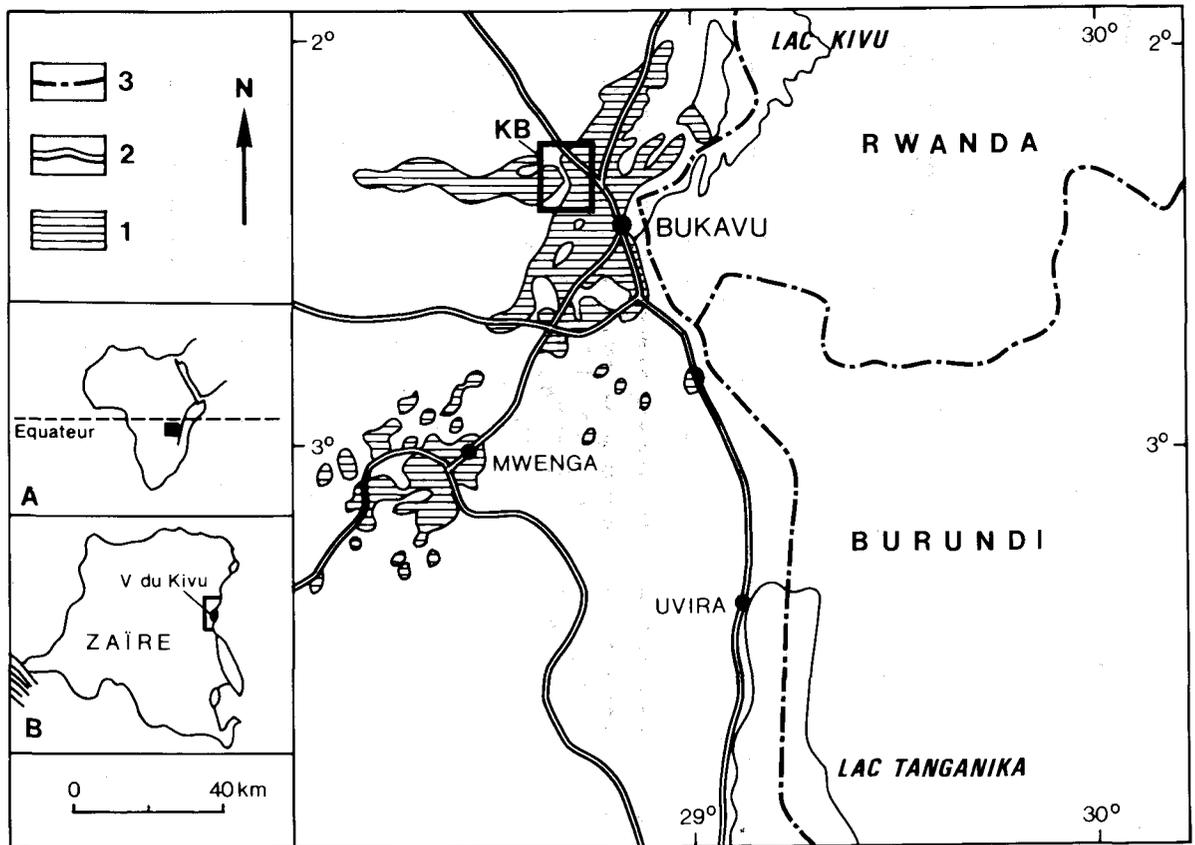


Figure 1.- Carte de répartition des laves de l'aire volcanique du Sud-Kivu (1), constituée de provinces volcaniques de Bukavu et de Mwenga-Kamituga. En cartouche, localisation de cette région en Afrique (A) et à l'Est du Zaïre (B).  
(2) : routes ; (3) : frontières entre pays ; K.B. : région du Kahuzi-Biega.

## II.- DONNEES DE TERRAIN

Les laves tholéitiques du Kahuzi-Biega affleurent dans les secteurs de Cifunzi et de Rambo au Biega et dans ceux de Mikonzi, Mugaba et Cinganda au Kahuzi.

Sur le terrain, ces laves se présentent en coulées subhorizontales d'une épaisseur totale de plusieurs centaines de mètres et ayant des caractères de "trapps". Leur écoulement centrifuge par rapport à l'axe actuel du rift avait déjà été signalé (Kampunzu & Vellutini, 1981 ; Lubala *et al.*, 1982).

Cet ensemble est constitué par trois unités structurales qui se superposent :

- l'unité basale comprend la coulée de Mikonzi ;
- l'unité intermédiaire regroupe les émissions volcaniques de Mugaba et de Cifunzi ;
- l'unité supérieure est représentée par les venues basaltiques de Cinganda et de Rambo.

Les basaltes de Mugaba ont été datés à  $8,4 \pm 0,40$  M.A. (âge K/Ar) (Kampunzu, 1981) ; l'absence de surfaces d'érosion entre les différentes coulées semble indiquer que leur émission s'est succédée dans un laps de temps très court.

## III.- DONNEES PETROGRAPHIQUES

Les laves constituant les premiers épanchements basaltiques de la région de Kahuzi-Biega peuvent être réparties en trois faciès pétrographiques différents, correspondant aux unités définies sur le terrain.

- Le faciès Mikonzi, le plus ancien, est caractérisé par une texture ophitique. Il est essentiellement formé de plagioclases (65 %) en grandes lattes enchevêtrées entre lesquelles se disposent des cristaux de clinopyroxènes (38 %) et d'oxydes de Fe-Ti (7 %).
- Le faciès Mugaba-Cifunzi montre une texture microdoléritique intersertale dans la masse des coulées et intersertale vacuolaire à leur sommet. Il contient comme phénocristaux, des clinopyroxènes (34 %), des plagioclases (23 %) et de l'olivine plus accessoire (5 %), parfois auréolée d'une couronne de clinopyroxènes. La mésostase est formée par des microlites de plagioclases, de clinopyroxènes, d'olivine et d'oxydes de Fe-Ti.
- Le faciès Cinganda-Rambo, le plus récent, accuse une texture microlitique porphyrique et contient des phénocristaux d'olivine (27 %), de clinopyroxènes (18 %) et de plagioclases (11 %). Dans la pâte, il

s'y adjoint des oxydes de Fe-Ti et une fraction vitreuse plus ou moins abondante.

Dans ces trois faciès, les plagioclases commencent à cristalliser avant les clinopyroxènes, traduisant une évolution sous une pression d'eau faible à modérée (Nesbitt & Hamilton, 1970).

De plus, on note que ces laves montrent une certaine évolution de texture et de composition pétrographique et minéralogique depuis le faciès Mikonzi (unité basale) jusqu'au faciès Mugaba-Ciniondu (unité intermédiaire) puis au faciès Ciganda-Rambo (unité supérieure). Cette évolution ressort de la lecture du tableau 1 qui synthétise les caractères pétrographiques et minéralogiques de ces laves. Il faut remarquer l'absence caractéristique de l'olivine dans le faciès de Mikonzi ; ce minéral apparaît dans le faciès Mugaba-Cifunzi et devient abondant dans les laves de Ciganda-Rambo. En revanche, les basaltes de Mikonzi contiennent de la pigeonite qui ne cristallise pas dans les deux autres faciès.

Tableau 1.- Synthèse de la composition minéralogique des basaltes saturés tertiaires du Kahuzi-Biega.

Faciès			Mikonzi	Mugaba-Cifunzi	Ciganda-Rambo	
SiO <sub>2</sub> roche			49,56 - 50,92	47,16 - 50,49	47,71 - 48,94	
D.I.			28,76 - 31,33	26,61 - 32,33	27,03 - 29,04	
mg			47,78 - 52,95	48,98 - 58,65	46,09 - 56,78	
P H E N O C R I S T A L L I N E	M I C R O P H E N O C R I S T A L L I N E	Clinopyroxènes	Ca % Mg % Fe + Mn %	8,06 - 36,83 61,65 - 42,30 30,09 - 20,87	38,03 - 45,07 46,03 - 40,86 15,94 - 14,07	39,49 - 42,67 44,76 - 41,57 15,74 - 15,76
		Olivine	Fo %	-	66,64 - 79,23	73,73 - 77,44
		Plagioclase	An %	64,41 - 49,20	59,84 - 64,73	62,33 - 63,08
	M E S O C R I S T A L L I N E	Ti - magnétite	Usp % TiO <sub>2</sub> %	60,00 - 71,00 1,96 - 1,17	- -	- -
		Ilménite	Hem %	0,50 - 0,60	-	-
M E S O C R I S T A L L I N E	M E S O C R I S T A L L I N E	Clinopyroxènes	Ca % Mg % Fe + Mn %	- - -	36,98 - 44,47 18,62 - 39,69 24,40 - 15,84	39,19 36,65 24,16
		Olivine	Fo %	-	50,61 - 53,55	64,93 - 65,55
		Plagioclase	An %	-	52,62 - 56,94	62,31
	M E S O C R I S T A L L I N E	Ti - magnétite	Usp % TiO <sub>2</sub> %	- -	85,80 - 97,50 1,49 - 1,71	- -
		Ilménite	Hem %	-	3,70 - 4,90	-

#### IV.- DONNEES CHIMIQUES

Les analyses chimiques (éléments majeurs) des premières émissions basaltiques du Kahuzi-Biega sont reportées dans le tableau 2. Elles appellent les commentaires suivants :

Les teneurs en SiO<sub>2</sub>, relativement fortes pour des magmas basaltiques des zones distensives, varient entre 47 et 51 % en poids. La saturation de ces laves est soulignée par la composition normative qui contient le couple hypersthène + olivine et, plus accessoirement, hypersthène + quartz. Dans le diagramme de Yoder &

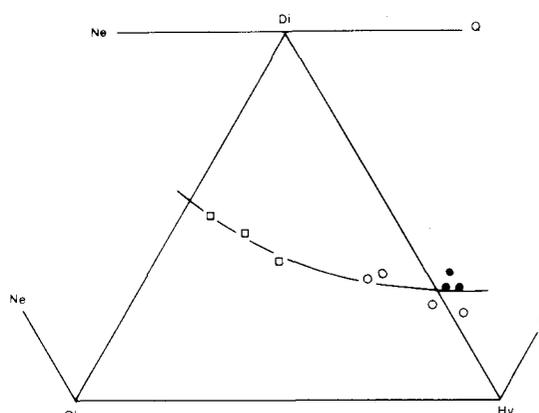


Figure 2.

Position des basaltes saturés tertiaires du Kahuzi-Biega dans le diagramme Ne-Di-Ol-Hy-Qz basé sur la composition normative. Cercles pleins : coulée de Mikonzi ; cercles vides : coulées de Mugaba-Cifunzi ; carrés : coulées de Ciganda-Rambo.

Tilley (1962) (fig. 2), ces magmas se situent dans les domaines tholéiitiques à olivine ou à quartz.

On note par ailleurs qu'il existe une certaine évolution du taux de saturation en silice depuis les coulées qui correspondent aux tholéiites à quartz jusqu'aux coulées intermédiaires puis supérieures qui correspondent aux tholéiites à olivine. Cette évolution dans le temps de la composition des magmas semble être caractéristique des provinces tholéiitiques continentales (Cox, 1970, 1971 et 1972 ; Bertrand & Coffrant, 1977 ; Weigand & Ragland, 1970 ; Scrutton, 1973 ; Ghose, 1976). La mise en place des tholéiites à quartz avant les tholéiites à olivine au Kahuzi-Biega est à priori en désaccord avec l'idée assez répandue d'une origine des tholéiites à quartz par contamination crustale de magma tholéiitique à olivine (Smith, 1973 ; Carmichael *et al.*, 1974). Cette observation se trouve confortée par l'absence quasi totale d'enclaves sialiques dans l'ensemble des coulées.

L'indice de différenciation D.I. (Thornton & Tuttle, 1960) de ces roches varie peu et traduit leur nature basaltique (D.I. < 35). Le rapport  $mg = Mg/Mg + Fe^{2+}$  (calculé en bloquant  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  à 0,20) (Hugues & Hussey, 1976) est compris entre 50 et 63 et indique que tous ces produits ont subi un fractionnement intense et variable des phases magnésiennes.

Dans le diagramme F.M.A. (fig. 3), les liquides successifs issus de ce fractionnement s'alignent selon un trend présentant un enrichissement en fer symptomatique des laves tholéiitiques, ce qui est conforme aux déductions faites à partir de la composition normative.

Certaines coulées accusent des caractères transitionnels plus ou moins prononcés, ainsi que l'on peut le noter sur le diagramme  $Na_2O + K_2O = f(SiO_2)$  (fig. 4), dans lequel la discrimination entre les laves alcalines et sub-alcalines est basée sur la limite de Irvine & Baragar, 1971. Ce diagramme montre par ailleurs

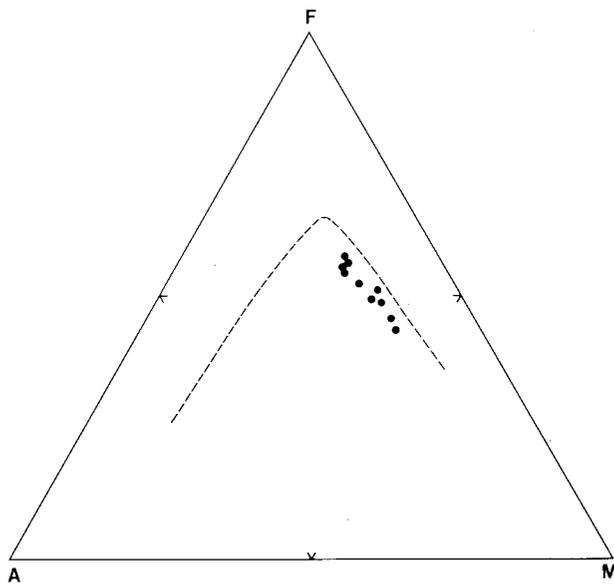


Figure 3.  
Position des basaltes saturés tertiaires du Kahuzi-Biega dans le diagramme A.F.M.

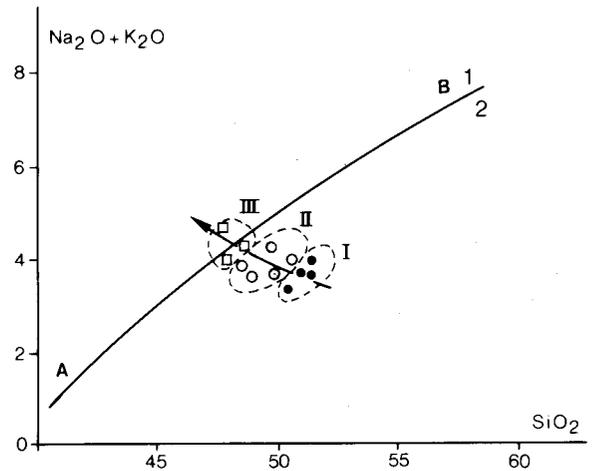


Figure 4.  
Position des basaltes saturés tertiaires du Kahuzi-Biega dans le diagramme  $Na_2O + K_2O/SiO_2$ . La droite AB séparant les laves alcalines (1) et sub-alcalines (2) est de Irvine & Baragar (1971). Mêmes figurés que dans fig. 2.

que l'alcalinité des magmas augmente dans le temps.

Les basaltes saturés du Kahuzi-Biega sont généralement riches en  $TiO_2$  (1,60 - 3,12 ‰) et montrent une fluctuation sensible de  $K_2O$  (0,50 - 0,87 ‰). Les coulées basales et intermédiaires les plus pauvres en  $K_2O$  ont des compositions chimiques (éléments majeurs) très proches de celles des tholéiites océaniques. Ce caractère est assez fréquent dans les provinces tholéiitiques continentales et semble confirmer le rôle négligeable de la contamination crustale dans l'évolution de ces laves.

V.- DONNEES MINERALOGIQUES

Quatre échantillons (A.K. 480, R.T.L. 202, A.K. 851 et A.K. 486) ont été sélectionnés pour des analyses à la microsonde et les résultats sont donnés dans les tableaux 3 à 6. Les analyses chimiques (éléments majeurs) correspondantes sont indiquées par les astérisques dans le tableau 2.

V.1.- OLIVINES (tableau 2)

Ce minéral est absent dans les basaltes de Mikonzi. Dans les laves du faciès Mugaba-Cifunzi, les phénocristaux sont des chrysolites montrant systématiquement des coeurs plus magnésiens (Fo 78-74) que les bordures (Fo 66-64), les microphénocristaux sont des hyalosidérites (Fo 54-51).

Les teneurs en CaO des olivines de ces roches sont comprises entre 0,21 et 0,46 ‰. Ces valeurs relativement fortes, sont symptomatiques d'une cristallisation sous des pressions faibles (Simkin & Smith, 1966 ; Stromer, 1973). Les phénocristaux d'olivine les plus magnésiens

Tableau 2.- Analyses chimiques représentatives et normes C.I.P.W. correspondantes (calculées en bloquant  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  à 0,20 et en recalculant les analyses à 100 ‰) des basaltes saturés tertiaires du Kahuzi-Biega. Les n° A.K. 480 et A.K. 361 correspondent à la coulée de Mikonzi. Les n° A.K. 851 et R.T.L. 202 et R.T.L. 223 correspondent aux coulées de Mugaba - Cifunzi. Les n° A.K. 250, A.K. 486 et R.T.L. 177 correspondent aux coulées Cinganda-Rambo.

n° éch.	AK250	AK851*	RTL177	AK486*	AKA361	RTL202*	RTL223	AKA480*
SiO <sub>2</sub>	47.16	47.18	47.71	48.94	49.56	50.44	50.49	50.92
TiO <sub>2</sub>	1.60	2.04	2.07	1.00	1.94	1.82	1.97	1.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.37	14.71	13.87	14.43	15.39	15.18	14.12	15.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.30	3.83	2.59	3.14	2.68	5.27	1.41	3.65
FeO	7.54	8.31	9.85	9.51	8.37	6.73	10.37	7.71
MnO	0.25	0.19	0.21	0.31	0.19	0.20	0.19	0.16
MgO	8.84	9.25	8.89	5.86	6.74	6.12	8.52	5.59
CaO	7.86	9.66	9.43	9.77	8.57	7.59	8.43	8.85
Na <sub>2</sub> O	2.44	2.65	2.79	2.70	2.88	3.09	2.84	2.76
K <sub>2</sub> O	0.86	0.87	0.86	0.59	0.50	0.59	0.74	0.60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.41	0.45	0.44	0.30	0.31	0.40	0.40	0.28
CO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H <sub>2</sub> O*	1.99	1.23	1.28	0.93	0.65	1.11	0.28	0.74
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.78	0.29	0.40	0.82	1.37	1.00	0.17	1.02
Total	99.40	100.26	100.39	99.10	99.15	99.54	99.93	99.20

NORMES C I P W								
Qz	0.00	0.00	0.00	0.00	.76	2.05	0.00	3.77
Or	5.25	5.20	5.14	3.58	3.04	3.57	4.39	3.63
Ab	21.35	22.69	23.90	23.45	25.07	26.81	24.14	23.95
An	26.59	24.88	23.06	26.19	28.38	26.47	23.70	27.79
Ne	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aeg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Di	9.16	16.99	17.63	17.97	11.01	8.01	13.03	12.80
Hyp	19.64	4.71	6.36	20.78	23.96	24.92	22.49	20.50
Ol	9.93	16.99	15.34	0.00	0.00	0.00	5.44	0.00
Mt	3.33	3.11	3.23	3.31	2.90	3.08	2.06	2.95
Ilm	3.15	3.93	3.99	3.52	3.80	3.55	3.77	3.51
Ap	1.00	1.08	1.06	0.73	0.76	0.97	0.95	0.68
Id	26.60	27.89	29.04	27.14	28.86	32.43	28.53	31.36
Mgv	60.36	62.64	60.83	50.04	57.08	53.16	58.98	52.05

n° éch.	R.T.L. 202			A.K. 851					A.K. 486				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Analyses													
SiO <sub>2</sub>	38,47	34,89	34,97	39,89	36,83	40,17	36,16	33,94	37,45	37,06	36,74	35,83	35,75
TiO <sub>2</sub>	0,02	0,05	0,06	0,04	0,04	0,02	0,04	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,22	0,83	0,18	0,03	0,10	0,08	0,06	0,09	0,00	0,01	0,00	0,00	0,07
FeO	23,11	39,97	38,07	19,53	29,50	18,65	31,41	40,88	24,18	22,26	21,46	30,60	30,10
MnO	0,30	0,70	0,57	0,26	0,47	0,23	0,54	0,66	0,29	0,32	0,19	0,37	0,35
MgO	37,17	22,76	24,38	39,28	32,47	39,53	30,55	23,21	37,70	39,81	40,93	31,48	31,83
CaO	0,32	0,46	0,37	0,26	0,37	0,26	0,45	0,45	0,25	0,21	0,21	0,24	0,26
Na <sub>2</sub> O	0,47	0,70	0,50	0,08	0,11	0,13	0,42	0,19	0,11	0,08	0,02	0,11	0,09
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,01	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
Total	100,08	100,37	99,11	99,35	99,92	99,10	99,68	99,53	100,03	99,80	99,60	98,68	98,51
Fo %	74,33	50,61	53,55	78,36	66,46	79,23	63,64	63,64	73,73	76,30	77,44	64,93	65,55

Tableau 3.- Analyses représentatives des olivines. Tout le fer a été dosé sous forme de FeO.

Les analyses 1, 4, 6, 9, 10 et 11 correspondent aux coeurs des phénocristaux.

Les analyses 5, 7 et 8 correspondent aux bordures des phénocristaux.

Les analyses 2, 3, 12 et 13 correspondent aux microlites de la pâte.

sont légèrement plus pauvres en CaO que les autres cristaux ; ceci témoignerait d'une cristallisation à profondeur relativement plus importante.

Au niveau des basaltes de Cinganda-Rambo, les compositions des olivines dans les 2 stades de cristallisation varient peu ; il s'agit essentiellement des chrysolites (Fo 65-77).

Les conditions de cristallisation déduites des équations de répartition de Mg, Mn et Fe<sup>2+</sup> entre les phénocristaux d'olivine et le liquide (Leeman & Scheidegger, 1977), - en équilibrant les compositions les plus riches en magnésium des coeurs des cristaux et les compositions des roches totales avec lesquelles elles sont en équilibre (coefficient de partage K<sub>D</sub> proche de 0,30 - Roeder & Emslie, 1970 - , donnent des températures élevées : 1230° ± 50° C pour les basaltes de Mugaba-Cifunzi et 1.200° ± 50°C pour ceux de Cinganda-Rambo.

## V.2.- CLINOPYROXÈNES (tableau 3 et fig. 4, 5 et 6)

Contrairement aux olivines, les clinopyroxènes analysés montrent des compositions relativement plus variables d'un faciès à l'autre.

Dans les basaltes de Mikonzi, les gros cristaux sont des augites subcalciques (Wo<sub>35</sub> En<sub>39</sub> Fs<sub>26</sub> à Wo<sub>37</sub> En<sub>42</sub> Fs<sub>21</sub>), tandis que les cristaux de plus petite taille sont des pigeonites magnésiennes et intermédiaires (Wo<sub>8</sub> En<sub>62</sub> Fs<sub>30</sub> à Wo<sub>12</sub> En<sub>56</sub> Fs<sub>32</sub>). En plus de cette évolution de la teneur en calcium, on note également un enrichissement en alumine et en titane. Cette évolution traduirait des conditions de cristallisation à faible pression (Yagi & Onuma, 1967).

Dans le faciès Cinganda-Rambo, les clinopyroxènes sont plus calciques et de type augite (Wo<sub>39</sub> En<sub>37</sub> Fs<sub>24</sub> à Wo<sub>43</sub> En<sub>41</sub> Fs<sub>16</sub>).

Au niveau des basaltes de Mugaba-Cifunzi, ce sont des augites encore plus riches en calcium et des salites (Wo<sub>37</sub> En<sub>39</sub> Fs<sub>24</sub> à Wo<sub>45</sub> En<sub>41</sub> Fs<sub>14</sub>).

L'apparition de la pigeonite dans les laves de Mikonzi semble avoir été favorisée par l'intense cristallisation des plagioclases avant les clinopyroxènes.

Dans les basaltes de Mugaba-Cifunzi et de Cinganda-Rambo, on note de légères variations de composition depuis les phénocristaux jusqu'aux microlites de la pâte ; ceci indique vraisemblablement une faible cristallisation de ce minéral dans le stade intratellurique.

Les teneurs en calcium et en alumine des clinopyroxènes paraissent caractéristiques des deux principaux types de magmas. En effet, on observe une augmentation de ces deux éléments depuis les clinopyroxènes des basaltes de Mikonzi (tholéiites à quartz) jusqu'à ceux des laves de Mugaba-Cifunzi et Cinganda-Rambo (tholéiites à olivine). Ces variations ne peuvent pas être

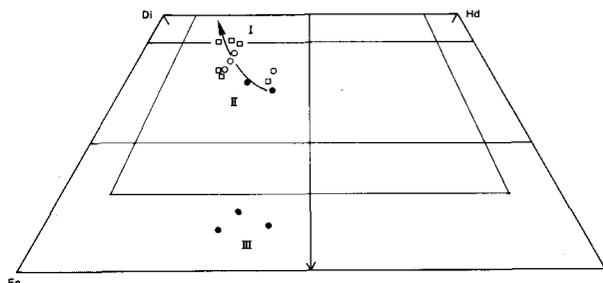


Figure 5.

Détermination des pyroxènes des basaltes saturés tertiaires du Kahuzi-Biega dans le diagramme Enstatite (En) - Diopside (Di) - Hedenbergite (Dd) - Ferrosilite. Mêmes figurés que dans fig. 2. I, II, III correspondent respectivement aux domaines des salites, augites, pigeonites.

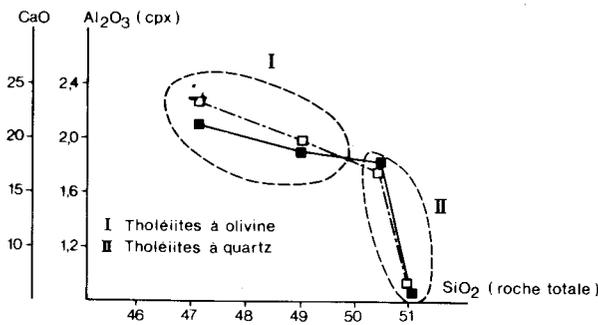


Figure 6.  
Relation entre  $Al_2O_3$  (pointillés) et  $CaO$  (trait plein) des clinopyroxènes avec  $SiO_2$  de la roche totale.

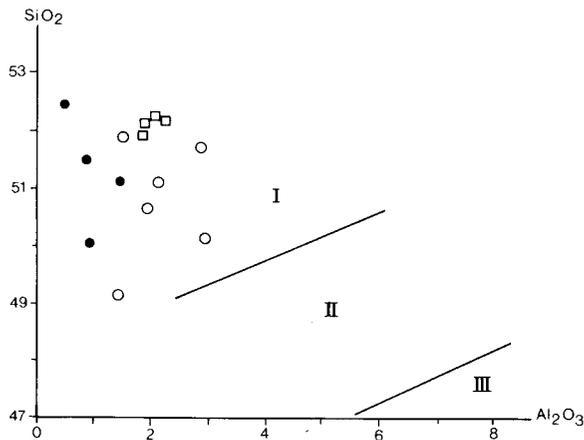


Figure 7.  
Relation entre  $SiO_2$  et  $Al_2O_3$  des clinopyroxènes et limites entre les domaines de laves non alcalines (I), alcalines (II) et très alcalines (III) définis par Lebas, 1962.

liées à une différenciation magmatique ainsi que le suggèrent les données géochimiques (éléments majeurs). Le diagramme de la figure 6 montre qu'il existe une corrélation négative entre les teneurs en calcium et en alumine des clinopyroxènes et celles en silice des roches totales. De plus, il existe une relation entre les teneurs en ces éléments et la proportion de plagioclases dans la composition modale. Tout se passe comme si la cristallisation plus ou moins intense des plagioclases avant les clinopyroxènes, qui contrôle la composition de ces derniers, était liée à l'activité de la silice dans le magma ainsi qu'à la pression d'eau. L'ensemble des clinopyroxènes des tholéiites du Kahuzi-Biega se situe dans le domaine de laves non alcalines défini par Lebas, 1962 (fig. 7).

V.3.- LES MINÉRAUX OPAQUES (tableau 4 et fig. 8)

Les oxydes de Fe-Ti sont de cristallisation tardive dans toutes les laves étudiées. En général, les solutions

solides ulvöspinelle-magnétite sont riches en  $TiO_2$  (15 à 20 % pour les basaltes de Mikonzi et 22 à 23 % pour ceux de Mugaba-Cifunzi) et montrent une composition qui varie largement dans le premier faciès ( $60 < U_{sp} < 71$ ), alors qu'elle est plus ou moins constante dans le second ( $86 < U_{sp} < 87$ ).

Les titano-magnétites sont systématiquement plus alumineuses que les ilménites avec lesquelles elles coexistent ; ces dernières sont pratiquement dépourvues d'hématite en solution solide dans les basaltes de Mikonzi tandis que les ilménites des laves de Mugaba-Cifunzi en renferment 4 à 6 %. Cette différence témoigne vraisemblablement de l'évolution des basaltes de Mikonzi sous des fugacités d'oxygène encore plus faibles.

Les calculs thermobarométriques effectués sur le couple magnétite-ilménite de la pâte des basaltes de Mugaba-Cifunzi (Buddington & Lindsley, 1964) permettent d'estimer les conditions qui ont régné à ce stade de cristallisation. Les températures déterminées varient entre 960 et 985°C pour des fugacités d'oxygène voisines du tampon Q.F.M. (fig. 8). Ces conditions sont proches de celles généralement rencontrées dans les tholéiites océaniques (Bizouard *et al.*, 1981) et sont compatibles avec les données pétrographiques notamment l'apparition des plagioclases avant les clinopyroxènes.

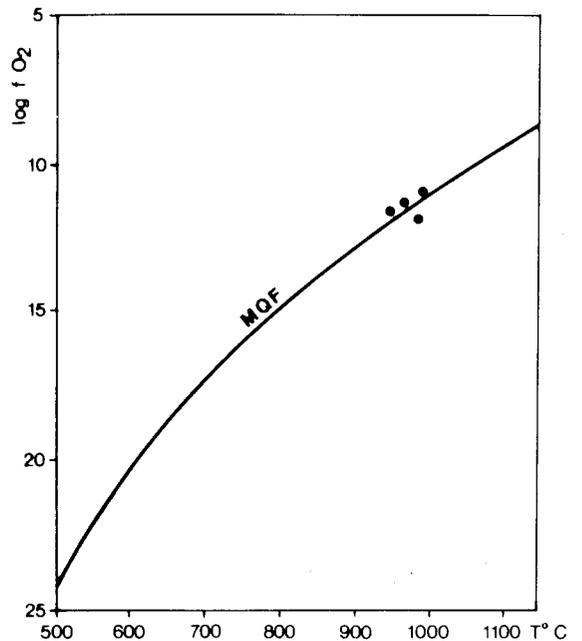


Figure 8.  
Diagramme  $T$ - $\log fO_2$  des oxydes de Fe-Ti de la mésostase (coulée de Mugaba-Cifunzi).

V.4.- LES PLAGIOCLASES (tableau 5)

Les plus grosses lattes de plagioclase des basaltes de Mikonzi ont une composition de labrador basique ( $An_{60-64}$ ), alors que celles de dimensions moyennes

n° éch.	A.K. 480					R.T.L. 202				A.K. 851				A.K. 486			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Analyses																	
SiO <sub>2</sub>	50,03	52,52	51,64	50,41	51,06	51,60	51,93	50,20	49,21	50,97	50,20	50,61	51,25	52,17	51,92	51,89	51,79
TiO <sub>2</sub>	0,53	0,35	0,65	0,87	0,87	0,77	0,68	0,92	1,18	1,16	1,05	1,06	1,03	1,28	1,17	0,98	0,77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,96	0,61	0,87	1,85	1,51	2,91	1,78	2,89	1,38	2,84	2,31	1,93	2,06	2,35	2,04	1,89	1,89
FeO	20,32	19,03	22,29	15,28	12,55	8,66	9,56	9,37	15,08	7,27	9,56	8,53	8,38	13,60	9,10	9,40	9,33
MnO	0,40	0,45	0,45	0,29	0,31	0,28	0,31	0,29	0,35	0,17	0,25	0,20	0,19	0,27	0,24	0,22	0,22
MgO	20,40	22,25	17,95	12,94	14,48	15,51	15,84	15,71	13,57	14,81	13,66	13,98	13,83	11,69	13,69	14,49	15,09
CaO	5,88	4,06	4,24	16,46	17,65	18,53	18,32	19,01	18,19	21,56	21,43	21,61	21,36	17,50	19,67	19,39	18,64
Na <sub>2</sub> O	0,68	0,68	0,79	0,91	0,83	0,82	0,75	0,71	0,86	0,57	0,56	0,51	0,50	0,42	0,50	0,40	0,33
K <sub>2</sub> O	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04	0,01	0,02	0,01	0,02	0,07	0,04	0,03	0,04	0,06	0,06	0,12	0,05
Total	99,23	99,98	99,63	99,05	99,30	99,09	99,19	99,11	99,84	99,42	99,06	98,46	98,64	99,34	98,39	98,78	98,11
Ca %	11,63	8,06	8,91	35,25	36,83	39,26	38,03	39,18	36,98	44,84	44,47	45,05	45,07	39,19	42,67	41,11	39,49
Mg %	56,49	61,65	52,79	38,80	42,30	46,00	46,03	45,33	38,62	43,12	39,69	40,80	40,86	36,65	41,57	43,01	44,76
Fe + Mn %	31,88	30,09	38,31	25,94	20,88	14,74	15,94	15,49	24,40	12,04	15,84	14,16	14,07	24,16	15,76	15,87	15,74

**Tableau 4.- Analyses représentatives des clinopyroxènes.**  
 Les analyses 4, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 15 et 16 correspondent aux phénocristaux.  
 Les analyses 1, 2 et 3 correspondent aux microphénocristaux.  
 Les analyses 9, 11 et 14 correspondent aux microlites de la pâte.

n° éch.	A.K. 480		R.T.L. 202		A.K. 851		A.K. 480		R.T.L. 202		A.K. 851	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Analyses												
SiO <sub>2</sub>	0.76	0.94	0.88	0.75	0.62	0.70	0.57	0.61	0.62	0.28	0.64	0.87
TiO <sub>2</sub>	19.52	14.85	22.23	22.63	22.79	23.27	51.53	51.66	49.66	48.73	48.95	48.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.86	1.17	1.49	1.71	1.60	1.56	0.29	0.19	0.37	0.38	0.35	0.28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.01	36.35	22.05	20.78	22.69	21.99	0.88	10.70	3.54	6.16	4.74	45.37
FeO	46.48	40.61	49.64	49.17	49.55	50.47	43.21	43.42	43.48	42.16	41.29	1.16
MnO	0.76	0.35	0.50	1.17	1.81	1.30	1.10	1.18	0.43	1.26	2.08	0.62
MgO	0.50	1.64	0.47	0.52	0.54	0.61	0.49	0.49	0.72	0.53	0.64	0.62
CaO	0.08	0.07	0.05	0.13	0.06	0.08	0.08	0.08	0.09	0.14	0.08	0.08
Na <sub>2</sub> O	1.58	1.68	0.82	0.58	0.92	0.73	1.54	1.55	0.77	0.91	0.71	0.73
K <sub>2</sub> O	0.06	0.06	0.03	0.04	0.07	0.06	0.07	0.05	0.04	0.02	0.07	0.07
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	97.61	97.71	97.95	97.48	100.65	100.77	99.76	99.93	99.72	100.58	99.54	98.52
Usp %	60.00	71.00	85.80	87.50	87.30	86.40						
Hem %							0.60	0.50	3.70	6.20	4.90	4.30

**Tableau 5.- Analyses représentatives des oxydes de Fe-Ti.**  
 Les analyses 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 sont des magnétites. Les analyses 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12 sont des ilménites.

sont des labradors acides et des andésines (An<sub>55-49</sub>). Au niveau des autres faciès, les phénocristaux et les microlites sont essentiellement des labradors (An<sub>60-63</sub>). Les variations relativement importantes de la composition des plagioclases des basaltes de Mikonzi s'expliqueraient par une intense cristallisation des plagioclases par rapport au liquide, ce qui l'appauvrit en calcium ; ce comportement explique aussi la nature peu calcique des clinopyroxènes qui cristallisent plus tard.

Les températures obtenues à partir du géothermo-

mètre plagioclase-liquide (Kudo & Weill, 1970) (entre 1100 et 1250°C) pour des pressions d'eau comprises entre 0 et 1 Kb, sont comparables à celles données par le couple olivine-liquide.

#### V.5.-CONCLUSION SUR LES DONNEES MINERALOGIQUES

Le tableau 1 résume les caractéristiques minéralogiques des basaltes saturés tertiaires du Kahuzi-Biega. Les différences entre les trois principaux faciès ressortent clairement de cette synthèse :

n° éch.	A.K. 480					R.T.L. 202					A.K. 851			A.K. 486			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Analyses																	
SiO <sub>2</sub>	51,76	51,99	51,92	55,47	52,61	50,85	51,70	53,60	55,15	55,55	51,58	52,25	52,60	52,00	52,09	52,64	52,59
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,28	28,56	29,67	27,49	28,64	30,19	30,34	29,77	27,62	27,50	30,57	29,78	29,24	30,03	29,89	29,68	29,73
FeO	0,94	0,77	0,71	1,00	1,08	0,71	0,75	0,94	0,83	0,84	0,50	0,88	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	13,17	13,17	13,36	9,76	11,66	13,65	12,45	11,60	10,99	10,48	12,80	12,17	12,59	12,87	12,98	12,43	12,40
Na <sub>2</sub> O	4,78	4,40	4,00	5,34	5,05	4,09	4,24	4,73	4,73	5,04	3,86	4,31	4,22	4,39	4,04	4,01	3,96
K <sub>2</sub> O	0,20	0,13	0,13	0,36	0,23	0,15	0,15	0,19	0,26	0,28	0,33	0,32	0,31	0,24	0,25	0,28	0,29
Total	99,15	99,02	99,79	99,42	99,27	99,64	99,63	100,83	99,58	99,69	99,64	99,71	99,87	99,53	99,25	99,04	98,97
Ca %	59,75	61,91	64,41	49,20	55,37	64,33	61,37	56,94	55,38	52,62	63,47	59,84	61,17	61,03	63,08	62,13	62,31
Na %	39,17	37,36	34,84	48,63	43,32	34,82	37,75	41,94	43,06	45,71	34,58	38,28	37,04	37,61	35,47	36,21	35,95
K %	1,08	0,73	0,75	2,16	1,30	0,84	0,88	1,11	1,56	1,67	1,95	1,87	1,79	1,36	1,45	1,67	1,74

Tableau 6.- Analyses représentatives de plagioclases.

Les n° 1, 2, 3, 6, 7, 11, 13, 15 et 16 correspondent aux coeurs de phénocristaux.

Les n° 4 et 5 correspondent aux bordures de phénocristaux. Les n° 8, 9, 10, 12 et 17 correspondent aux microlites de la pâte.

- L'olivine absente dans l'unité basale (faciès Mikonzi) apparaît dans l'unité intermédiaire (faciès Mugaba-Cifunzi) et devient plus abondante au sommet (faciès Cinganda-Rambo). On note par ailleurs une évolution dans la composition de ce minéral dans les deux derniers faciès tout au moins au niveau des termes basiques ; celles-ci sont plus magnésiennes dans les basaltes de Cinganda-Rambo.
- En ce qui concerne les clinopyroxènes, il convient de signaler la présence de la pigeonite dans les laves de l'unité basale uniquement où elle coexiste avec l'augite sub-calcique, la teneur en calcium augmente quand on monte dans la séquence. Tout se passe comme si la composition des clinopyroxènes évoluait depuis les tholéiites franches jusqu'aux basaltes transitionnels, ce qui est conforme aux données géochimiques.
- Les oxydes ferro-titanés montrent une évolution de composition se traduisant essentiellement par une augmentation des proportions d'ulvöspinelle et d'hématite en solution solide dans les magnétites et ilménites depuis la base jusqu'au sommet de la séquence traduisant ainsi une augmentation de la pression d'eau et de la fugacité d'oxygène.

Les calculs thermobarométriques suggèrent que ces laves ont commencé à cristalliser sous des conditions de température relativement élevées (entre 1100 et 1250°C), faible pression d'eau (< 1 Kb), la fugacité d'oxygène étant globalement contrôlée par le tampon Q.F.M.

## VI.- INTERPRETATIONS STRUCTURALES ET CONCLUSIONS GENERALES

Dans les contextes tectoniques distensifs, les laves tholéiitiques et alcalines sont actuellement considérées comme des marqueurs successifs des stades d'initiation et d'évolution des rifts en régime tout à fait continental (Kampunzu *et al.*, 1983).

Au total, trois cycles volcaniques ont été reconnus dans la région de Bukavu :

**Le premier cycle** s'étend du Crétacé supérieur au Miocène (Delaloye *in* Guibert, 1978 ; Kampunzu, 1981). Il est exclusivement représenté par des basaltes tholéiitiques formant des trapps au Sud-Kivu (Lubala *et al.*, 1982) ; et interprétés comme des marqueurs du stade pré-rift (Kampunzu *et al.*, 1983).

**Le deuxième cycle** comprend deux épisodes dont le premier, daté du mio-pliocène (Bagdasaryan *et al.*, 1973 ; Lubala, 1981), est formé d'une suite alcaline allant des ankaratrites jusqu'aux phonolites et trachytes (Kanika *et al.*, 1982 ; Caron *et al.*, 1983), tandis que le deuxième, d'âge pléistocène supérieur à subactuel (Bellon & Pouclet, 1980) est représenté par des basaltes peu ou pas évolués (Kampunzu *et al.*, 1982).

**Le troisième cycle** débute après le Pléistocène (Degens *et al.*, 1972, inédit (2)) et comprend des laves à

(2) DEGENS, E.T., VON HERZEN, R.P., WONG, H.K., DEUSER, W.G., JANNASCH, H.W. & KANWISHER, J.W. (1972). Lake Kivu, Anatomy of rift Lake. Final report of Woods Hole oceanographic Institution, mission lac Kivu 1971 (manuscrit non publié).

caractères transitionnels que nous avons récemment interprétés comme caractéristiques de l'accentuation du phénomène distensif et de l'amincissement modéré de la croûte continentale au niveau du rift du Kivu (Kampunzu *et al.*, 1984).

D'après leur position structurale et leurs caractères pétrologiques notamment :

- leur situation en bordure du graben et leur écoulement centrifuge par rapport à l'axe du rift actuel ;
- l'origine fissurale des émissions volcaniques ainsi que la disposition stratoïde des coulées rappelant les trapps basaltiques ;
- la nature basique ainsi que l'affinité tholéiitique à transitionnel des magmas ;

les premières émissions basaltiques du Kahuzi-Biega montrent des analogies avec les laves tholéiitiques de la province volcanique de Bukavu rattachées au premier cycle éruptif du Sud-Kivu.

L'âge miocène obtenu sur les basaltes de Mugaba et de Cinganda confirme cette interprétation et suggère que ces magmas représentent les manifestations effusives ultimes liées au stade pré-rift dans cette région.

Les épanchements volcaniques postérieurs, de nature alcaline (Lubala *et al.*, à paraître), sont étroitement associés aux failles bordières du rift à l'intérieur duquel ils se sont en partie écoulés. Ces laves alcalines présentent de nombreuses ressemblances pétrographiques et minéralogiques avec les produits rapportés au deuxième cycle volcanique de Bukavu. Leur âge pléistocène permet de les rattacher au premier épisode de ce cycle (Lubala *et al.*, à paraître).

Cette succession de trapps tholéiitiques puis laves alcalines sodiques est classique dans l'évolution d'une distension intracontinentale et caractérise les stades de bombement crustal puis d'initiation des rifts continentaux (Kampunzu *et al.*, 1983) ; situation structurale typique de la région de Kahuzi-Biega.

## BIBLIOGRAPHIE

- BAGDASARYAN, G.P., GERASIMOVSKIY, V.I., GERASIMOVII, V.I., POLYADOV, A.I. & GUKASYAN, R.K.H., 1973. Age of volcanic rocks in the rift zones of East Africa. *Geochem. intern. U.S.A.*, 10 (1) : 66-71 trad. de *Geokhimija SSSR* 1973 n° 1.
- BELLON, H. & POUCLLET, A., 1980. Datations K-Ar de quelques laves du Rift-Ouest de l'Afrique Centrale ; implications sur l'évolution magmatique et structurale. *Geol. Rdsch.*, Bd 69, Heft 1 : 49-62.
- BERTRAND, H. & COFFRANT, D., 1977. Geochemistry of tholeiites from North-east American margin ; correlation with Morocco : a statistical approach. *Contr. Mineral. Petrol.*, 39 : 195-214.
- BIZOUARD, H., BARBERI, F. & VARET, J., 1980. Mineralogy and petrology of Erta Ale and Boïna volcanic series, Afar rift, Ethiopia. *J. Petrol.*, 21 : 401-436.
- BOUTAKOFF, N., 1933a. Sur la découverte de 2 massifs éteints au S.W. du lac Kivu. *Bull. Soc. Belg. Géol.*, XLIII : 42-49.
- BOUTAKOFF, N., 1933b. Le coude du système des fractures du graben oriental africain au lac Kivu et sa ramification dans la cuvette congolaise. *Bull. Soc. Belg. Géol.*, XLIII : 75-80.
- BOUTAKOFF, N., 1939. Géologie des territoires situés à l'Ouest et au Nord-ouest du fossé tectonique du Kivu. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, IX (1).
- BUDDINGTON, A.F. & LINDSLEY, 1964. Iron-Titanium Oxide Minerals and Synthetic equivalents. *Journ. Petrol.*, 5 : 310-357.
- CARMICHAEL, I.S.E., 1967. The mineralogy of the Thingmuli, a Tertiary volcano in Eastern Iceland. *Amer. Mineral.*, 52 : 1815-1841.
- CARMICHAEL, I.S.E., TURNER, F. & VERHOOGEN, J., 1974. *Igneous petrology*. McGraw Hill Book Co., 738 p.
- CARON, J.P.-H., KAMPUNZU, A.B., KANIKA, M., MAKUTU, M.N. & VELLUTINI, P.J., 1983. Les éléments en traces dans les laves de la Haute-Ruzizi (Rift Valley du Kivu, Zaïre). *C.R. Ac. Sc. Paris*, 296 (II) : 269-274.
- COX, K.G., 1970. Tectonics and volcanism of the Karoo period and their bearing on the postulated fragmentation of Gondwanaland. In *Clifford et Gass. éd., African magmatism and tectonics*. Oliver and Boyd : 211-236.
- COX, K.G., 1971. Karoo lavas and associated igneous rocks of South Africa. *Bull. Volcanol.*, 35 (4) : 867-886.
- COX, K.G., 1972. The Karoo volcanic cycle. *J. Geol. Soc. London*, 128 : 311-336.
- GHOSE, N.C., 1976. Composition and origin of Deccan basalts. *Lithos*, 9 : 65-73.
- GIBB, F.G.F., 1973. The Zoned Clinopyroxenes of the Shiant Isles Sill, Scotland. *Journ. Petrol.*, 14 : 203-230.
- GUIBERT, P., 1977a. Contribution à l'étude du volcanisme du Sud-Kivu (Zaïre). I. La chaîne volcanique Tshibinda-Kalehe. *Arch. Sci. (Genève)* 30 (1) : 15-28.
- GREEN, D.H., 1973b. Experimental Melting Studies on a Model Upper Mantle Composition at High Pressure under Water-saturated and Water-unsaturated Conditions. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19 : 37-53.
- HUGUES, C.J. & HUSSEY, E.M., 1976. Mn and Mg values in igneous rocks : proposed usage and comment on currently employed Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> corrections. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 40 (4) : 485-486.
- IRVINE, T.N. & BARRAGAR, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth. Sci.*, 8 : 523-548.
- KAMPUNZU, A.B., POTTIER, Y. & VELLUTINI, P.J., 1981. A propos des produits volcaniques de Cibinda, région de Bukavu (Sud-Kivu, Zaïre). *Ann. Fac. Sciences, Géologie, Univ. Nat. Zaïre, Campus Lubumbashi*. II (1979) : 21-30.
- KAMPUNZU, A.B., VELLUTINI, P.J., CARON, J.P.-H., LUBALA, R.T., KANIKA, M. & RUMVEGERI, B.T., 1983a. Le volcanisme et l'évolution structurale du Sud-Kivu (Zaïre). Un modèle d'interprétation géodynamique du volcanisme distensif intracontinental. *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 7 (1) : 257-271.
- KAMPUNZU, A.B., KANIKA, M., CARON, J.P.H., LUBALA, R.T. & VELLUTINI, P.J., 1984b. Les basaltes transitionnels dans l'évolution des rifts continentaux : Exemple de la Haute-Ruzizi dans le Rift de l'Afrique Centrale (Kivu-Zaïre). *Geologische Rundschau* 73(3).

- KANIKA, M., KAMPUNZU, A.B., CARON, J.P.-H. & VELLUTINI, P.J., 1984. Premières données sur la composition du manteau supérieur sous la région de Mwenga-Kamituga (Kivu, Zaïre) : les xénolites lherzolitiques dans les basaltes tholéiitiques (à paraître).
- LEBAS, M.J., 1962. The role of aluminium in igneous clinopyroxene with relation to their parentage. *Am. J. Sci.* 260 : 267-288.
- LEEMAN, W.P. & SCHEIDEGGER, K.F., 1977. Olivine/liquid distribution coefficients as a test for crystal liquid equilibrium. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 35 : 247-257.
- LUBALA, R.T., 1981. Etude géologique du massif du Biega (Kivu, Zaïre) : structure, géochronologie, géochimie et signification géotectonique. Thèse ès Sciences, Dpt Géol. Univ. Lubumbashi, Zaïre, 308 p.
- LUBALA, R.T., KAMPUNZU, A.B., CARON, J.P.-H. & VELLUTINI, P.J., 1982. Sur la nature et la signification possible des basaltes de la Lugulu au Sud-Kivu (Zaïre). *C.R. Ac. Sc. Paris, II* (294) : 325-328.
- LUBALA, R.T., KAMPUNZU, A.B., VELLUTINI, P.J., CARON, J.P.-H., 1984. Pétrologie et signification possible des laves alcalines tertiaires de la région du Kahuzi-Biega (Rift du Kivu, Zaïre). A paraître.
- MEYER, A., 1953. Notes vulcanologiques. Les basaltes du Kivu méridional. *Mém. Serv. Géol. Congo Belge n° 2* : 25-52.
- NESBITT, R.W. & HAMILTON, D.L., 1970. Crystallization of an alkali olivine basalt under controlled  $PO_2$ ,  $PH_2O$  conditions. *Phys. Earth Planet. Interior*, 3 : 309-315.
- POUCLET, A., 1976. Volcanologie du rift de l'Afrique Centrale; le Nyamulagira dans les Virunga. Essai de magmatologie du rift. Thèse d'Etat, Orsay, 610 p.
- POUCLET, A., 1977. Des formations volcaniques sous-lacustres au Sud de l'île Idjwi dans le lac Kivu (Rift Ouest de l'Afrique Centrale). *C.R. Ac. Sc. Paris*, 284 (D) : 1041-1043.
- POUCLET, A., 1979. Le magmatisme du rift de l'Afrique Centrale. Interprétation des données chronologiques et relations structurales. 10ème Colloque de Géologie Africaine, Résumé, Montpellier : 140-141.
- ROEDER, P.L. & EMSLIE, R.F., 1970. Olivine-liquid equilibrium. *Contr. Mineral Petrol.*, 29 : 275-289.
- SCRUTTON, C., 1973. The age relationship of igneous activity and continental break-up. *Geol. Mag.*, 110 : 227-234.
- SIMKIN, T. & SMITH, J.V., 1970. Minor-element distribution in olivine. *Journ. Geol.*, 78 : 304-325.
- SMITH, R.C., 1973. Geochemistry of triassic diabase from Southeastern Pennsylvania. Unpublished Ph. D. Thesis, The Pennsylvania State University, 262 p.
- THOREAU, J. & CHEN, J., 1943. Les roches éruptives et métamorphiques du Kivu central et oriental. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louv. IX* (8) 4-7 : 18-26.
- THORNTON, C.P. & TUTTLE, O.F., 1960. Chemistry of igneous rocks. pt. I, Differentiation Index. *Amer. Journ. Sci.*, 253 p. : 664-684.
- THOMPSON, R.N., 1974. Some high pressure pyroxenes. *Mineral. Mag.*, 39 : 667-674.
- WEIGAND, P.W. & RAGLAND, P.C., 1970. Geochemistry of Mesozoic dolerites dykes from North America. *Contr. Mineral. Petrol.*, 39 : 195-214.
- YAGI, K. & ONUMA, 1967. The join  $Ca Mg Si_2O_6 - Ca Ti Al_2O_6$  and its bearing on the titanogites. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ.*, 43 : 453-483.
- YODER, H.S. & TILLEY, C.E., 1962. Origin of basalt magmas : an experimental study of natural and synthetic systems. *J. Petrol.*, 3 : 342-432.
- ZANETTIN, B., GREGNANIN, A., JUSTIN-VISENTIN, F., MEZZACASA, G. & PICCIRILLO, E.M., 1974. Petrochemistry of the volcanic series of the central Eastern Ethiopian plateau and relationships between tectonics and magmatology. *Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova*, 31 : 34 p.
- ZANETTIN, B., JUSTIN-VISENTIN, E., BELLINI, G., PICCIRILLO, E.M. & RITA, F., 1983. Les volcanites du bassin Nord-Turkana (Kenya) : âge, succession et évolution structurale. *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 7 (1) : 125-448, 249-255.