

Éruptions simultanées de basalte alcalin et de hawaïite au mont Cameroun (28 mars–17 avril 1999)

Bernard Déruelle^{a*}, Jacques-Marie Bardintzeff^b, Jean-Louis Cheminée^c, Ismaïla Ngounouno^d, Justin Lissom^e, Charles Nkoumbou^f, Jacques Étamé^e, Joseph-Victor Hell^g, Gregory Tanyileke^g, Jean N'ni^h, Bekoa Ateba^h, Ntomu Ntepe^h, Alexandre Nonoⁱ, Pierre Wandji^j, Jacob Fosso^j, David G. Nkouathio^j

^a LGIS–Esa CNRS 7047, université Paris-6 & IUFM Versailles, case 110, 4, place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France

^b Laboratoire de pétrographie–volcanologie, bât. 504, université Paris-11, 91405 Orsay, France

^c Observatoires volcanologiques, Institut de physique du Globe, 4, place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France

^d Département des sciences de la Terre, faculté des sciences, université de Ngaoundéré, BP 454, Ngaoundéré, Cameroun

^e Département des sciences de la Terre, faculté des sciences, université de Douala, BP 24157, Douala, Cameroun

^f Département des sciences de la Terre, faculté des sciences, université de Yaoundé-1, BP 812, Yaoundé, Cameroun

^g Institut de recherches géologiques et minières, BP 4110, Yaoundé, Cameroun

^h Antenne des recherches géophysiques et volcanologiques, Ekona, Institut de recherches géologiques et minières, BP 370, Buea, Cameroun

ⁱ Département des sciences de base, université de Dschang, BP 110, Dschang, Cameroun

^j Laboratoire de géologie, École normale supérieure, université de Yaoundé-1, BP 47, Yaoundé, Cameroun

Reçu le 16 mai 2000 ; accepté le 3 octobre 2000

Présenté par Claude Jaupart

Abstract – Simultaneous eruptions of basalt and hawaïite at Mt. Cameroon (28 March–17 April 1999). Mt. Cameroon erupted simultaneously in March–April 1999 in two distinct places on its southwestern flank. A hawaïite (with An 83–76 plagioclase phenocrysts) and an alkali basalt (with Fo 84–80 olivine phenocrysts) have been simultaneously emitted respectively at 1 400 and 2 650 m of altitude a.s.l. The eruption of these co-magmatic lavas attests to the occurrence of a unique magmatic reservoir inside which the magma differentiation took place by crystal setting of denser mineral phases. © 2000 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

volcanic eruption / Mt. Cameroon / alkali basalt and hawaïite

Résumé – Le mont Cameroun est entré en éruption en mars–avril 1999, en deux endroits distincts de son flanc sud-ouest. Une hawaïite (à phénocristaux de plagioclase An 83–76) et un basalte alcalin (à phénocristaux d'olivine Fo 84–80) ont été émis simultanément, à 2 650 m et 1 400 m d'altitude respectivement. L'éruption de ces laves, co-magmatiques, traduit l'existence d'un réservoir magmatique fissural (dyke), où la différenciation a eu lieu par sédimentation gravitaire de cristaux des phases minérales les plus denses. © 2000 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

éruption volcanique / mont Cameroun / basalte alcalin et hawaïite

* Correspondance et tirés à part.

Adresses e-mail : deruelle@ccr.jussieu.fr (B. Déruelle), bardizef@geol.u-psud.fr (J.M. Bardintzeff), cheminee@ipgp.jussieu.fr (J.L. Cheminée), IRGM@iccnnet.cm (J.V. Hell), IRGM@iccnnet.cm (G. Tanyileke).

Abridged version

1. Introduction

Mt. Cameroon belongs to the continental sector of the Cameroon Line. Mt. Cameroon is a Plio-Quaternary volcanic massif, without any central crater, composed of lava flows and of more than 140 pyroclastic cones erected upon a horst of Palaeozoic basement. Mt. Cameroon is an active volcano.

2. Seismic activity

An important seismic activity has been registered at the 'Centre de l'Institut de recherches géologiques et minières' in Ekona, from the 26 March (15 tremors) whilst only one tremor has been registered between the 22 and the 25 March. After the 28 March (> 90 tremors) the seismicity decreased. Some tremors have been sufficiently intense to be felt by the populations in Buea and along the Atlantic coast and to produce small amounts of damage to buildings south of Buea.

3. Historical activity

Several eruptions (in 1909, 1922, 1954, 1959, 1982) [4, 5, 8, 9] have been reported since that of 1868. During those in 1959 and 1922, two or three distinct sites were active simultaneously.

4. Report of the 1999 eruption

The eruption began on the 28 March soon after 7 P.M. on site 1 (Mt. Cameroon southwestern flank) at 2 650 m a.s.l. along N40°–N50°E fractures. The activity was mainly explosive with 12 vents and spatter cones distributed amongst six craters of pyroclastic cones of which two were preexistent. Ashes reached the Atlantic coast. Six lava flows (aa-type) were emitted at the base of the cones and stopped less than 3 km downwards. The activity of site 1 resumed on the 4th of April, leaving only fumaroles with sulphur deposits.

The 30 March, a second eruptive site was located on the southwestern flank at 1 400 m a.s.l. An ancient pyroclastic cone, crossed over by N45°E fractures, emitted a lava flow (block-type). Numerous other vents, aligned 1 km downwards along the fracture emitted lavas, which joined with the first flow. The lava flow destroyed local plantations, crossed over the road and finally stopped 10 m below. The 20 April, no activity (except fumarolic) is observed at the vents.

5. Petrography

Lavas from sites 1 (hawaiite L1) and 2 (alkali basalt L2) have a microlitic porphyritic texture. Lava L1 con-

tains phenocrysts of clinopyroxene, plagioclase, olivine and magnetite; rare round-shaped crystals of brown hornblende also occur. Lava L2 contains phenocrysts of olivine, clinopyroxene and magnetite.

6. Mineralogy

The olivine is more magnesian (Fo 84-80) in the basalt than in the hawaiite (Fo 80-75). The clinopyroxene (*figure 3*) is a diopside (L2) and a diopside or an augite (L1). The plagioclase phenocrysts (*figure 3*) are Ca-rich (An 83-76). Magnetite is more or less titaniferous. The hornblende is a kaersutite.

7. Geochemistry

The basalt (L2, D.I. = 34.0) and the hawaiite (L1, D.I. = 43.0) are similar to other lavas from the Mt. Cameroon (*figure 4*), although some scattering is noteworthy in the Harker diagram, principally due to the absence of any central activity. Among the major elements, Al₂O₃, Na₂O and K₂O contents increase with increasing differentiation. Normalized patterns for L1, L2 and a basalt from the 1982 eruption are parallel. The basalt L1 has higher incompatible element contents than the hawaiite L1 (*figure 5*).

8. Discussion

The eruption evolved in space and in time:

- (1) the hawaiite erupted at 2 650 m of altitude a.s.l. on the 28 March;
- (2) the basalt erupted at 1 400 of altitude a.s.l. on the 30 March;
- (3) the hawaiite eruption resumed on 4th April;
- (4) the basalt eruption resumed between the 15 and 20 April.

It is remarkable that two distinct co-magmatic lavas (as indicated by their trace element contents) erupted simultaneously from two sites separated by 6 km, on the southwestern flank of Mt. Cameroon. Densities of basalt (2.79 ± 0.02) and hawaiite (2.71 ± 0.02) estimated according to Bottinga and Weill [2] allow differentiation of basalt to hawaiite through crystal fractionation of the mineral phases present as phenocrysts (olivine, diopside and magnetite with respective densities of 3.42, 3.24, and 4.58). Modelling (*table II*) corroborates this hypothesis. The reservoir began to erupt the hawaiite (site 1) then drained the basalt (site 2). The difference in altitude between the two sites (~ 1 200 m) allows us to propose that the magmatic reservoir was a unique sheet (dyke) in which differentiation occurred through crystal setting of heavier mineral phases.

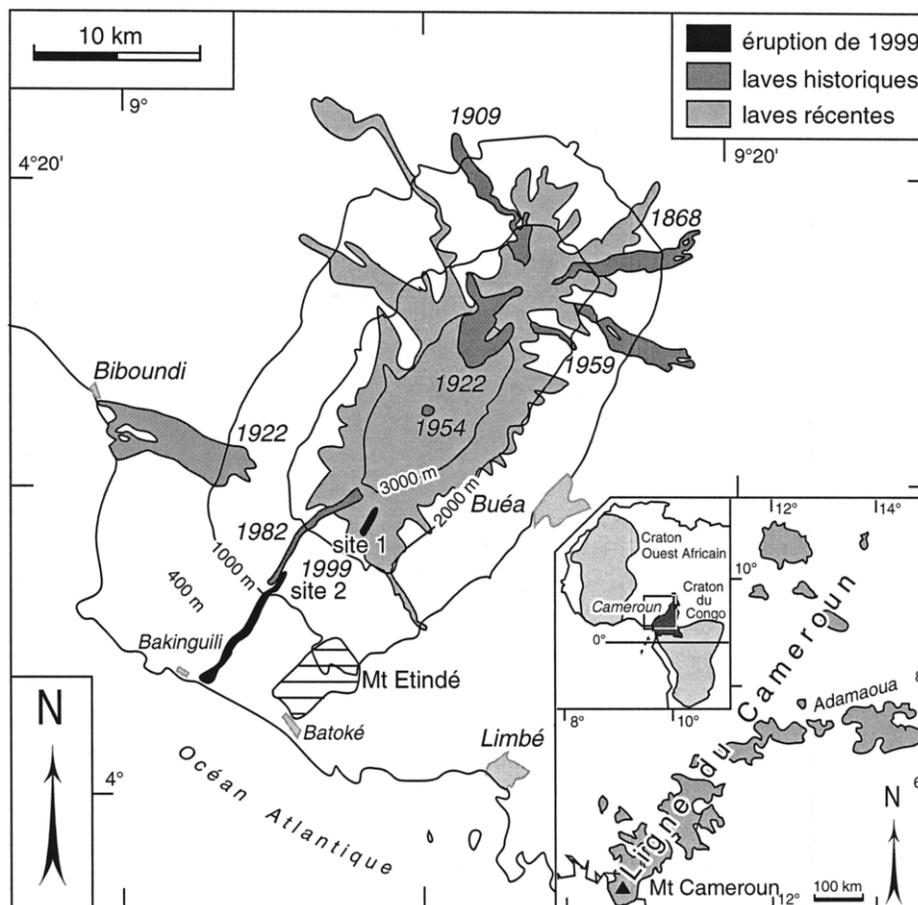


Figure 1. Carte géologique simplifiée des coulées de laves des éruptions historiques connues et des laves récentes du mont Cameroun.

Figure 1. Geological sketch map of Mt. Cameroon.

1. Introduction

Le mont Cameroun appartient au secteur continental de la ligne du Cameroun (figure 1), succession de horsts et de grabens [6, 7]. Le mont Cameroun est un massif volcanique plio-quaternaire, sans cratère central, constitué de coulées de laves émises, pour la plupart, par plus de 140 cônes pyroclastiques et édifié sur un horst de socle de terrains métamorphiques et plutoniques paléozoïques. C'est, avec les volcans Pico Santa Isabel et Pico Biao de l'île de Bioko et les cônes Monoun et Nyos, l'un des volcans actifs de la ligne du Cameroun.

2. Activité sismique

Le phénomène éruptif proprement dit a été précédé d'une activité sismique importante dès le 26 mars. Alors qu'un seul séisme était enregistré par la station sismique du centre de l'institut de recherches géologiques et minières d'Ekona entre le 22 et le 25 mars, le nombre des séismes n'a cessé de croître, de 15 enregistrés le 26 mars à plus de 90 le 28 mars. Cependant, cette station

sismique étant située à environ 20 km de la zone d'activité volcanique, seuls les séismes de magnitude supérieure à 2 ont pu être détectés, rien n'étant connu quant à d'éventuels signaux précurseurs antérieurs au 26 mars à 19 h 30, quand la première secousse a été enregistrée. Par la suite, la fréquence des séismes a diminué. De nombreuses secousses seront effectivement ressenties par les populations de Buéa et des villages situés sur la côte ; certaines d'entre elles seront suffisamment intenses pour provoquer des dégâts matériels dans les habitations au sud de Buéa.

3. Activité historique

Outre une activité importante vraisemblable, antérieure au XX^e siècle, et l'éruption de 1868, bien localisée, diverses éruptions, dont les lieux sont connus avec certitude [4, 9] survinrent en 1909, 1922, 1954, 1959 et 1982 [5, 8]. Parmi ces dernières, celles de 1922 et 1959 ont eu plusieurs sites distincts, simultanément actifs.

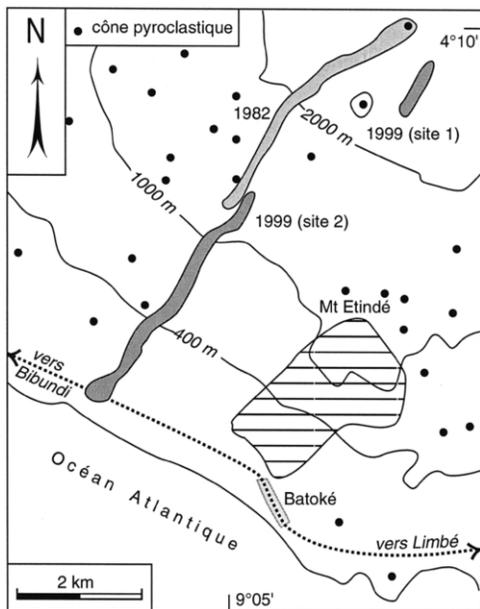


Figure 2. Localisation des sites de l'éruption de 1999 du mont Cameroun sur le flanc sud-ouest du volcan.

Figure 2. Map of the 1999 eruption of Mt. Cameroon.

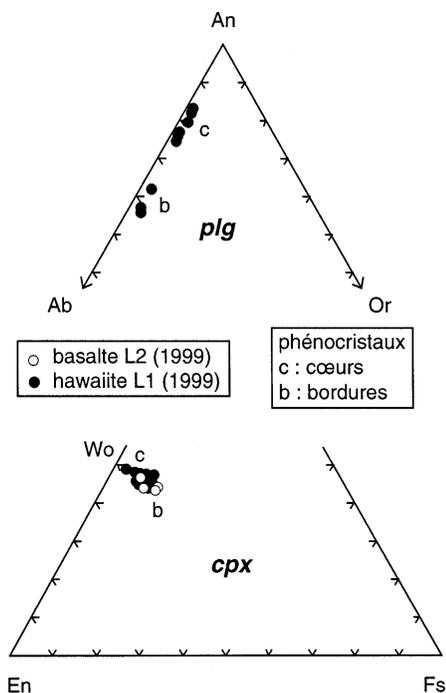


Figure 3. Distributions des compositions du plagioclase et du clinopyroxène (phénocristaux) des laves des sites 1 et 2 de l'éruption de 1999.

Figure 3. Compositions of plagioclase and pyroxene phenocrysts of 1999 lavas of Mt. Cameroon.

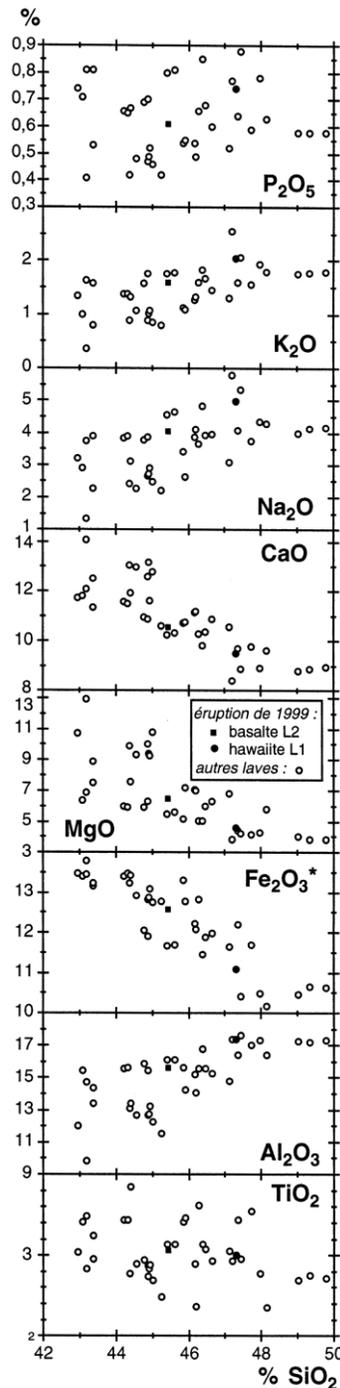


Figure 4. Diagramme de Harker pour les laves du mont Cameroun.

Figure 4. Harker diagram for Mt. Cameroon lavas.

4. Déroulement de l'éruption

L'éruption a débuté le 28 mars 1999, peu après 19 h, à 2 650 m d'altitude (site 1 sur la figure 2), sur le flanc sud-ouest du massif, le long d'un faisceau de fractures orientées N40°E–N50°E, qui recoupe d'anciens cônes pyroclastiques. L'activité était caractérisée par un déga-

Tableau I. Analyses chimiques de laves représentatives de l'éruption de 1999 du mont Cameroun. L1 : basalte du site 1 (1 400 m d'altitude) ; L2 : hawaïite du site 2 (2 650 m d'altitude); C10W : lave de l'éruption de 1982.

Table I. Chemical compositions of representative lavas of the 1999 eruption of Mt. Cameroon. L1: basalt from site 1 (1 400 m a.s.l.); L2 hawaïite from site 2 650 m a.s.l.; C10W: basalt from the 1982 eruption.

année d'éruption	basalte		C10W 1982
	L2 1999	L1 1999	
SiO ₂ (% en poids)	45,44	47,13	44,33
TiO ₂	3,06	2,97	3,44
Al ₂ O ₃	15,65	17,23	15,64
Fe ₂ O ₃ *	12,58	11,02	13,47
MnO	0,19	0,20	0,19
MgO	6,49	4,66	5,90
CaO	10,56	9,43	11,50
Na ₂ O	4,06	4,95	3,90
K ₂ O	1,59	2,02	1,37
P ₂ O ₅	0,61	0,76	0,65
P.F.	-0,19	-0,32	-0,70
Total	100,04	100,05	99,69
Be ppm	2,29	2,17	1,39
Rb	37,4	49,9	33,0
Sr	1 019	1 195	1 004
Cs	0,66	0,97	0,30
Ba	475	606	441
V	260	231	312
Cr	141	42	83
Co	39	32	39
Ni	82	35	60
Cu	81	59	105
Zn	130	137	128
Y	31,35	34,94	30,40
Zr	357	366	326
Nb	87,9	112,2	78,9
Hf	7,5	6,7	7,7
Ta	6,27	7,55	6,02
Th	8,98	11,91	7,00
U	2,02	2,64	1,85
La	75,9	93,3	68,5
Ce	153	183	142
Pr	17,7	20,8	15,8
Nd	69,0	80,1	62,1
Sm	11,5	13,7	11,3
Eu	3,37	3,84	3,69
Gd	9,38	10,79	9,38
Tb	1,28	1,38	1,28
Dy	6,2	6,5	6,6
Ho	1,15	1,32	1,28
Er	2,78	3,06	2,91
Tm	0,38	0,41	0,40

zage intense de douze bouches localisées dans les cratères de six cônes (de type *spatter-cone*), dont deux anciens. Des explosions bruyantes se succédaient toutes les 5 à 10 s et expulsaient surtout gaz et cendres fines (< 1 mm). Des blocs de lave s'élevaient jusqu'à 300 m au-dessus des cratères. Des fontaines de laves ont formé de petites coulées sur les pentes des cônes. Des bombes (jusqu'à 1,5 m de diamètre) en fuseau et en croûte de

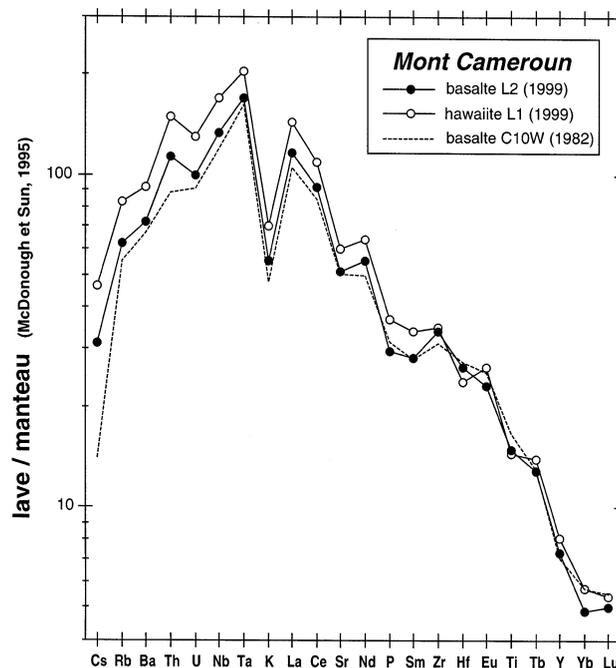


Figure 5. Diagramme normalisé pour les laves des sites 1 et 2 de l'éruption de 1999 et de l'éruption de 1982 (d'après [10]).

Figure 5. Normalized diagram for lavas of 1999 (sites 1 and 2) and 1982 eruptions of Mt. Cameroon (after [10]).

pain ont été projetées. À plus de 500 m des cônes, le manteau de cendres est demeuré de faible épaisseur (~ 2 cm). Des cendres fines ont atteint la côte de l'Atlantique. L'activité effusive a produit six coulées de lave (de type aa) pouvant atteindre 7 m d'épaisseur, la plus longue ayant environ 2,5 km de longueur. L'activité a cessé le 4 avril 1999. Seule une activité fumerollienne persistait au niveau des cratères après le 4 avril, y provoquant des dépôts de soufre.

Le 30 mars, un deuxième site éruptif (site 2 sur la figure 2) est localisé vers 1 400 m d'altitude, toujours sur le flanc sud-ouest. L'éruption au site 2 a été caractérisée par un faible dégazage (principalement en amont) et par un débit de lave important. Un cône, situé aux alentours du front de la coulée de 1982 et traversé par des fractures N45°E, a émis une coulée de lave en blocs, qui a descendu les pentes du volcan à environ 30 m·h⁻¹ pendant les premiers jours. De nombreuses bouches se sont ensuite ouvertes, selon les fractures, sur plus d'un kilomètre vers le bas. Elles ont successivement alimenté la coulée. Après avoir quitté la savane herbacée, la coulée a traversé la forêt, puis, plus bas, détruit des plantations paysannes et industrielles. À 500 m de l'événement, la coulée est large (~ 800 m) et épaisse (~ 5 m). Elle s'est ramifiée, à 3 km de l'événement, en plusieurs anastomoses, qui ont progressé vers Bakinguili. Un lobe (7 m de hauteur) a recoupé la nouvelle route Limbé-Biboundi, sur 60 m environ, le 15 avril vers 20 h, pour finalement s'arrêter une dizaine de mètres au-delà de la

Tableau II. Modélisation de la différenciation magmatique par fractionnement des phases minérales présentes en phénocristaux (la composition du plagioclase de la hawaïite est aussi indiquée). Σr^2 = somme des carrés des résidus. Conditions analytiques à la microsonde électronique : 15 kV, 40 nA, 15 s.

Table II. Proportions and compositions (microprobe analytical conditions: 15 kV, 40 nA, 15 s) of mineral phases fractionated during differentiation of the basalt of the 1999 eruption of Mt. Cameroon (composition of plagioclase phenocrysts from the hawaïite are also indicated). Calculations were conducted using mass-balance computation minimizing sum of squares of residuals (Σr^2).

	basalte	hawaïite					
	L2	L1	L1 calculé	Ol	Cpx	Mt	(Plg)
% fractionné				2,0	11,6	3,2	(0,0)
SiO ₂	45,44	47,30	47,28	40,06	47,51		(49,79)
TiO ₂	3,06	3,00	2,89		2,09	14,85	
Al ₂ O ₃	15,65	17,40	17,40	0,02	6,50	5,9	(32,15)
Fe ₂ O ₃ *	12,58	11,08	11,11	15,19	7,40	69,05	(0,57)
MnO	0,19	0,20	0,18	0,19	0,16	0,57	
MgO	6,49	4,60	4,54	43,58	13,51	5,79	
CaO	10,56	9,48	9,41	0,26	22,21		(15,13)
Na ₂ O	4,06	4,99	4,98		0,49		(2,8)
K ₂ O	1,59	2,05	2,02				(0,09)
P ₂ O ₅	0,61	0,74	0,78				
Total	100,23	100,84	100,59	99,30	100,17	96,16	(100,53)
Σr^2			< 0,18	Fo 83			(An 75)

chaussée. Le 20 avril, il est constaté que toute activité, sinon fumerollienne, a cessé au niveau des cratères [1, 11].

5. Pétrographie

Les laves des sites 1 (L1) et 2 (L2) ont une structure microlitique porphyrique, mais, alors que L1 est une hawaïite, L2 est un basalte alcalin.

L1 (qu'il s'agisse d'échantillons provenant des coulées ou des projections) contient des phénocristaux d'olivine, de clinopyroxène, de plagioclase et de magnétite épars dans une matrice composée de microphénocristaux (< 0,5 mm) de plagioclase et de microlites de plagioclase, clinopyroxène et magnétite. En outre, quelques rares petits cristaux aux contours arrondis de hornblende brune sont parfois présents. Les phénocristaux de clinopyroxène sont plus abondants que ceux d'olivine. L2 (échantillons de la coulée) contient des phénocristaux d'olivine, de clinopyroxène et de magnétite épars dans une matrice de microlites de plagioclase, clinopyroxène et magnétite. Les phénocristaux d'olivine sont plus abondants que ceux de clinopyroxène.

6. Minéralogie

L'olivine est plus magnésienne dans le basalte L2 (Fo 84-80) que dans la hawaïite L1 (Fo 80-75). Dans ces deux laves, les bordures des phénocristaux sont légèrement moins magnésiennes que les cœurs. Alors que le clinopyroxène de L2 est un diopside, la composition du clinopyroxène de L1 va du diopside à une augite proche du diopside (*figure 3*). Les phénocristaux et micro-

phénocristaux de plagioclase (*figure 3*) de la hawaïite sont calciques (An 83-76). La magnétite est moins titanifère lorsqu'elle est accolée à (ou incluse dans) un cristal de pyroxène que lorsqu'elle est isolée dans la matrice. La hornblende est une kaersutite.

7. Géochimie

Le basalte alcalin (L2, I.D. = 34,0) et la hawaïite L1 (I.D. = 43,0) sont semblables, en ce qui concerne les éléments majeurs, à d'autres laves du mont Cameroun (*figure 4, tableau 1*), bien qu'une certaine dispersion existe pour l'ensemble du massif, du fait de l'absence d'activité centrale. Parmi les éléments majeurs, l'aluminium, le sodium et le potassium augmentent avec les teneurs en SiO₂ croissantes du basalte à la hawaïite. Les spectres normalisés des laves des deux sites de l'éruption de 1999 et de l'éruption de 1982 sont parallèles, le basalte a des teneurs en éléments incompatibles systématiquement plus élevées que celles de la hawaïite (*figure 5*).

8. Discussion

L'examen de l'éruption dans l'espace et dans le temps montre que :

- (1) la hawaïite a été émise à 2 650 m d'altitude (site 1, caractérisé par un fort dégazage) dès le 28 mars ;
- (2) le basalte a été émis à 1 400 m d'altitude (site 2) dès le 30 mars ;
- (3) l'éruption de la hawaïite a cessé le 4 avril ;
- (4) l'éruption du basalte a cessé entre le 15 et le 20 avril.

Le basalte et la hawaiiite sont co-magmatiques, comme le confirme la distribution des éléments en traces dans ces deux laves. Une modélisation (*tableau II*) montre, en outre, que la hawaiiite peut dériver du magma ayant engendré le basalte, à la suite d'une cristallisation fractionnée d'olivine, de diopside et de magnétite, phases minérales présentes en phénocristaux dans le basalte. Pour des pressions comprises entre 105 Pa et 0,1 GPa et des températures comprises entre 1 000 et 1 100 °C, les densités (estimées selon Bottinga et Weill [2]) du basalte ($2,79 \pm 0,02$) et de la hawaiiite ($2,71 \pm 0,02$) permettent à l'olivine, au diopside et à la magnétite (densités respectives de 3,42, 3,24 et 4,58) d'être séparés du magma basaltique, le plagioclase (de densité 2,73) présent dans la hawaiiite pouvant fractionner par la suite. La différence d'altitude permet donc d'envisager l'hypothèse selon laquelle un magma loca-

lisé dans un réservoir unique de type fissural (un dyke) ait émis simultanément un basalte, environ 1 200 m en dessous (en différence d'altitude) de l'endroit où il avait commencé par émettre une hawaiiite. Un tel type de succession avait déjà été observé à la Réunion, lors de l'éruption de 1986 [3]. La différenciation peut alors résulter d'une sédimentation gravitaire des cristaux les plus denses dans un unique réservoir qui aurait donc commencé à se vider à son sommet (hawaiiite), puis se serait progressivement vidangé vers le bas (basalte alcalin).

Note. Du 29 mai au 14 juin 2000, le mont Cameroun a connu une nouvelle activité éruptive précédée par quelques séismes. Une coulée de lave a descendu sur son flanc sud-ouest, en direction de l'agglomération de Buéa sans toutefois atteindre de zone habitée.

Remerciements. Les missions au Cameroun de J.-M. B. et de J.-L. C. ont été financées respectivement par Géopré et le ministère français des Affaires étrangères. Le financement du séjour de 2 mois en 2000 d'I. N. au laboratoire de magmatologie et géochimie inorganique et expérimentale, par la direction des affaires internationales de l'université Pierre-et-Marie-Curie, Paris, est fortement apprécié.

Références

- [1] Bardintzeff J.M., Barois P., Gaudru H., Sagot M., L'éruption du mont Cameroun, *Géochronique* 71 (1999) 27.
- [2] Bottinga Y., Weill D.F., Densities of liquid silicate systems calculated from partial molar volumes of oxide components, *Amer. J. Sci.* 269 (1970) 169–182.
- [3] Delorme H., Bachèlery P., Blum P.A., Cheminée J.L., Delarue J.F., Delmond J.C., Hirn A., Lépine J.C., Vincent P.M., Zlotnicki J., March 1986 eruptive episodes at Piton de la Fournaise Volcano (Réunion Island), *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 36 (1989) 199–208.
- [4] Déruelle B., Risques volcaniques au mont Cameroun, *Rev. Géogr. Cameroun* 3 (1) (1982) 33–40.
- [5] Déruelle B., Moreau C., Nkonguin Nsifa E., Sur la récente éruption du mont Cameroun (16 octobre–12 novembre 1982), *C. R. Acad. Sci. Paris série II* 296 (2) (1983) 807–812.
- [6] Déruelle B., N'ni J., Kambou R., Mount Cameroon: an active volcano of the Cameroon Line, *J. Afr. Earth Sci.* 6 (1987) 197–214.
- [7] Déruelle B., Moreau C., Nkoumbou C., Kambou R., Lissom J., Njonfang E., Ghogomu R.T., Nono A., The Cameroon Line: a review, in : Kampunzu A.B., Lubala R.T. (Eds.), *Magmatism in Extensional Structural Settings*, Springer Verlag, Heidelberg, 1990, pp. 274–328.
- [8] Fitton J.G., Kilburn C.R.J., Thirwall M.F., Hughes D.J., 1982 eruption of Mount Cameroon, West Africa, *Nature* 306 (1983) 327–332.
- [9] Gèze B., Géographie physique et géologie du Cameroun occidental, *Mém. Muséum Nation. Hist. Natur., Nouv. Sér.* 17 (1943) 1–272.
- [10] McDonough W.F., Sun S.S., The composition of the Earth, *Chem. Geol.* 120 (1995) 223–253.
- [11] Wandji P., Bardintzeff J.M., Tchoua F.M., Vicat J.P., Nkouathio D.G., Dongmo K.A., Fosso J., L'éruption de mars–avril 1999 du mont Cameroun : données préliminaires, *Géosciences et environnements au Cameroun*, 2, Presses Universitaires de Yaoundé I, 1999, pp. 353–362.