



Évolution volcanologique du mont Manengouba (Ligne du Cameroun) ; nouvelles données pétrographiques, géochimiques et géochronologiques
Volcanological evolution of the mount Manengouba (Cameroon line), new petrographical, geochemical, and geochronological data

Armand Kagou Dongmo, Pierre Wandji, André Pouclet, Jean-Paul Vicat, Alain Cheilletz, David Guimolaire Nkouathio, Pavel Alexandrov, Félix M. Tchoua

► **To cite this version:**

Armand Kagou Dongmo, Pierre Wandji, André Pouclet, Jean-Paul Vicat, Alain Cheilletz, et al.. Évolution volcanologique du mont Manengouba (Ligne du Cameroun) ; nouvelles données pétrographiques, géochimiques et géochronologiques Volcanological evolution of the mount Manengouba (Cameroon line), new petrographical, geochemical, and geochronological data. Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série IIa, Sciences de la terre et des planètes, 2001, 333, pp.155-162. 10.1016/S1251-8050(01)01625-1 . hal-00089783

HAL Id: hal-00089783

<https://insu.hal.science/hal-00089783>

Submitted on 8 Sep 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Évolution volcanologique du mont Manengouba (Ligne du Cameroun) ; nouvelles données pétrographiques, géochimiques et géochronologiques

Volcanological evolution of the mount Manengouba (Cameroon line), new petrographical, geochemical, and geochronological data

Armand Kagou Dongmo^a, Pierre Wandji^b, André Pouclet^c, Jean-Paul Vicat^{c, d}, Alain Cheilletz^e, David Guimolaire Nkouathio^a, Pavel Alexandrov^e and Félix M. Tchoua^a

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

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

^c Institut des sciences de la Terre, université d'Orléans, BP 6759, 45067 Orléans cedex 2, France

^d Département de géologie, université de N'Djaména, BP 1027, N'Djaména, Tchad

^e CRPG–CNRS, BP 20, 54501 Vandœuvre-les-Nancy cedex, France

Résumé

Le mont Manengouba est un complexe volcanique polygénique de la Ligne du Cameroun édifié au Quaternaire, entre 1,55 et 0 Ma, en trois phases principales. La première phase, de 1,55 à 0,7 Ma, correspond à la construction du volcan Elengoum. La deuxième, entre 0,7 et 0,56 Ma, est marquée par l'effondrement de la partie sommitale de l'Elengoum. La troisième, de 0,56 à 0 Ma, voit l'édification du volcan Eboga, puis la formation de la caldeira, et comporte une activité fissurale adventive à partir de 0,48 Ma. Les produits émis définissent une série alcaline sodique, allant des basaltes à néphéline à des trachytes. Toutes ces laves ont évolué par cristallisation fractionnée dans une chambre magmatique périodiquement réalimentée.

Abstract

The mount Manengouba is a polygenic volcanic complex of the Cameroon line, which was built in the Quaternary, between 1.55 and 0 Ma, during three stages. The first stage, from 1.55 to 0.7 Ma, corresponds to the building of the Elengoum volcano. The second, between 0.7 and 0.56 Ma, points to the collapse of the Elengoum summit. The third, from 0.56 to 0 Ma, fits with the erection of the Eboga volcano and its caldera sinking, and, from 0.48 Ma, with the adventive fissural activity. The products define an alkaline sodic series, from nepheline-bearing basalts to trachytes. All the lavas evolved by fractional crystallization in a periodically replenished magmatic chamber.

Mots-clé: Quaternary; polygenic volcanism; alkaline sodic magmatism; Cameroon line

Mots-clé: Quaternaire; volcanisme polygénique; magmatisme alcalin sodique; ligne du Cameroun

Abridged version

The mount Manengouga is one of the most important Quaternary volcanic complexes in the Cameroon line (*figure 1*) [6, 7, 8, 11 and 15]. It is constituted of two large embedded volcanoes, successively the Elengoum and the Eboga (*figure 2*). We present new volcanological, petrogeochemical, and geochronological data aiming at contributing to the understanding of the Cameroon line evolution.

The volcanic complex built up on a Precambrian crystalline horst, at the crosscutting of N40° and N130° fault system. The first volcano, Elengoum, consists of basaltic, intermediate and trachytic lavas; the last ones extruded at the top of the building. A large volcano-tectonic sinking of the summit produced a caldeira, widely open to the west (*figure 2*). The second volcanic stage took place in the Elengoum caldeira, as a shield volcano, Eboga, made of basaltic and intermediate lavas overlying the middle and lower slopes of Elengoum (*figure 3*). Late NNE- to northeast-trending fissural basaltic activities located in all the area.

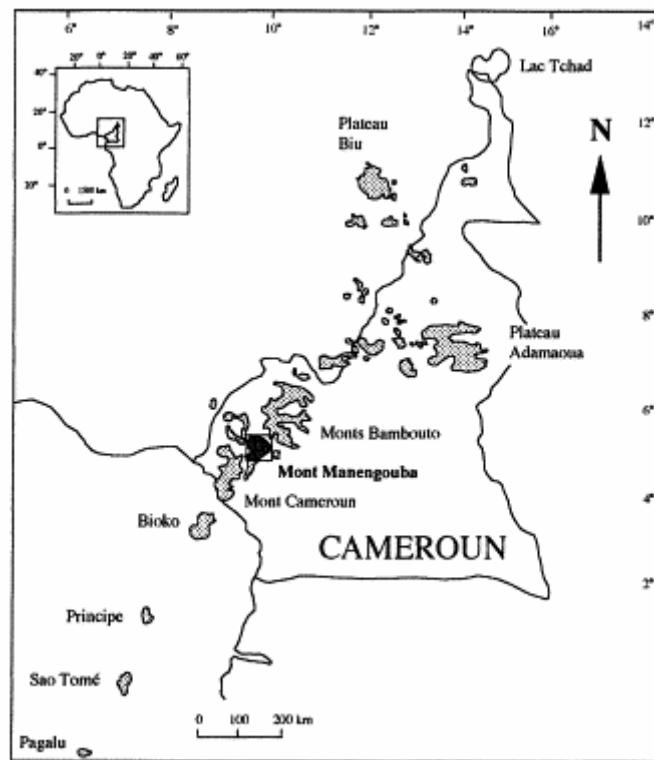


Figure 1. Localisation du mont Manengouba (en noir) dans la Ligne du Cameroun. - Location of mount Manengouba (black area) in the Cameroon line.

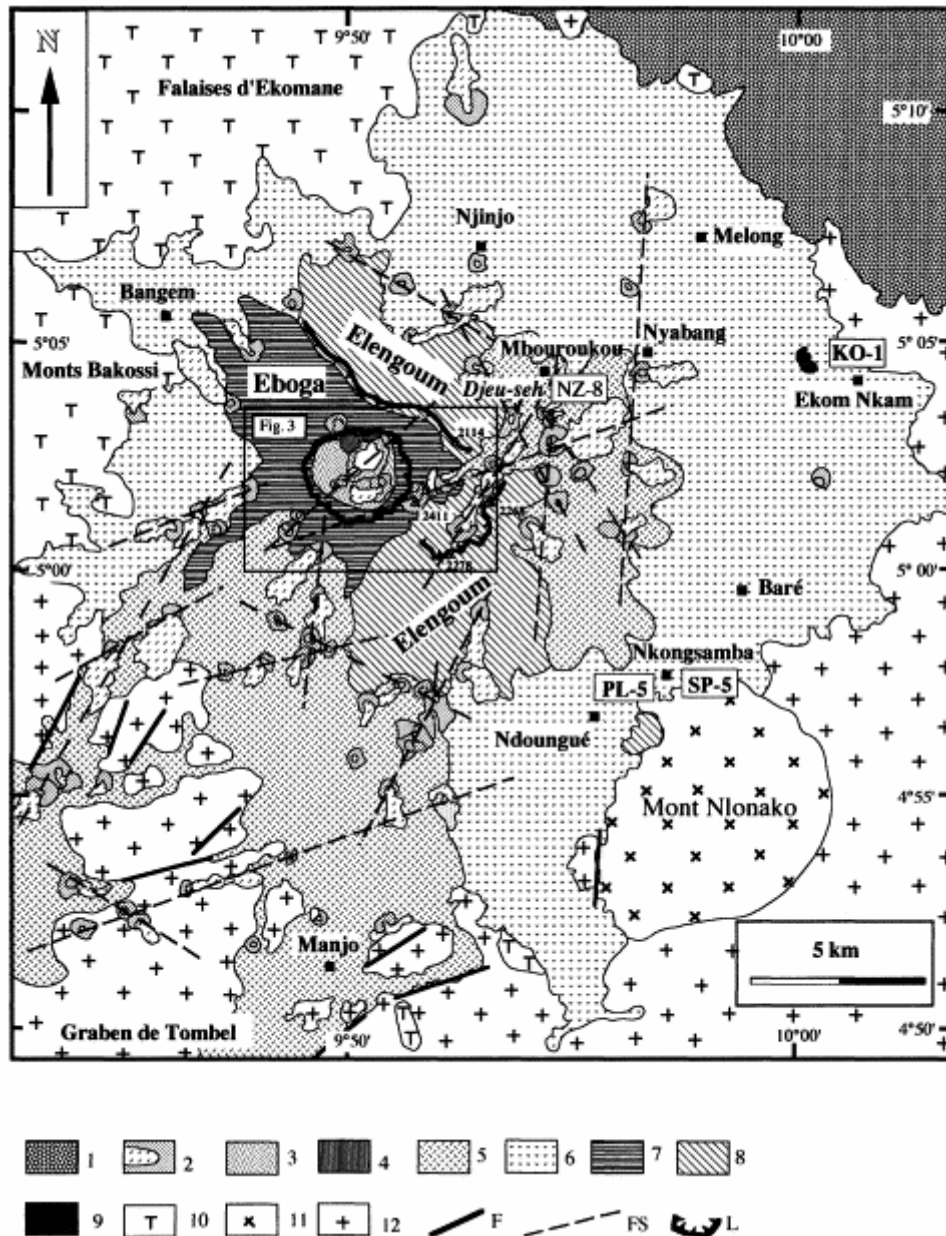


Figure 2. Carte géologique du mont Manengouba. 1 : alluvions ; 2 : cônes de pyroclastites avec coulées de bas de cône ; 3 : projections de maars dans la caldeira et à Djeu-seh ; 4 : mugéarites doléritiques intra-caldeirales (Mboriko) ; 5 : coulées fissurales adventives de l'Eboga ; 6 : bas de pente du complexe volcanique ; 7 : volcan Eboga ; 8 : volcan Elengoum ; 9 : rhyolites d'Ekoum Nkam ; 10 : formations trachytiques antérieures ; 11 : intrusion de syénite dans le socle ; 12 : socle granito-gneissique ; F : failles visibles ; FS : failles supposées ; L : bordure des caldeiras.

Geological map of mount Manengouba. 1: recent alluvium; 2: pyroclastic cones and associated flows; 3: maar deposits in the caldeira and Djeu-seh center; 4: intra-caldeira doleritic mugearites (Mboriko); 5: adventive fissural flows of Eboga; 6: lower slope of the volcanic complex; 7: Eboga volcano; 8: Elengoum volcano; 9: Ekom Nkam rhyolites; 10: older trachytic formations; 11: syenite intrusion in the substratum; 12: granito-gneissic substratum; F: recognized faults; FS: suspected faults; L: caldeira borders.

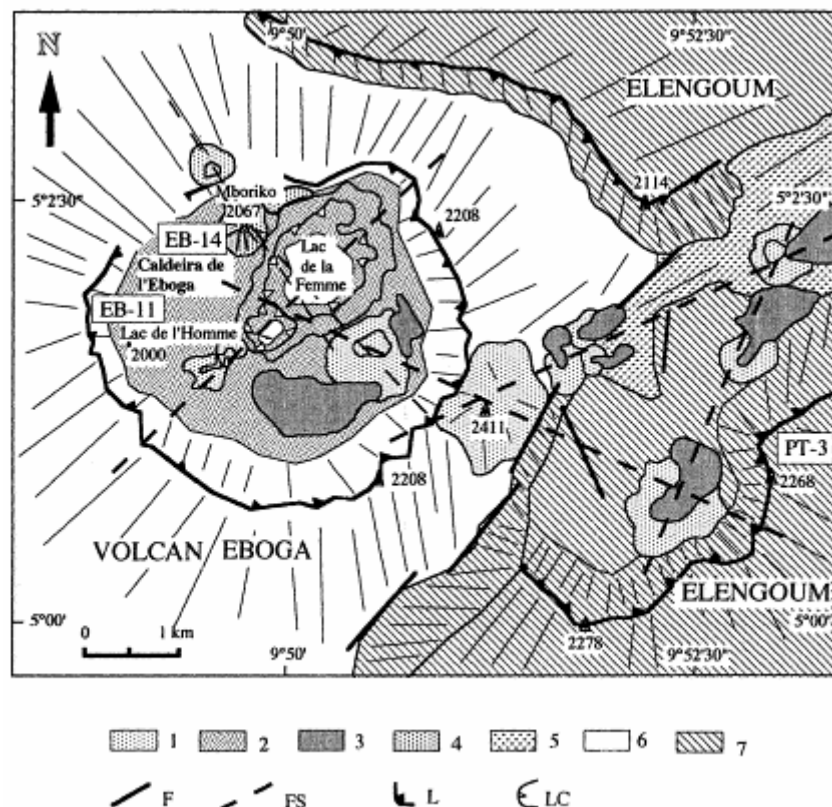


Figure 3. Partie sommitale du mont Manengouba. 1 : cônes de pyroclastites ; 2 : projections de maars ; 3 : coulées de cônes adventifs et intra-caldeira ; 4 : mugéarites doléritiques d'extrusion intra-caldeira (Mboriko) ; 5 : coulées fissurales adventives ; 6 : volcan Eboga ; 7 : volcan Elengoum ; F : failles visibles ; FS : failles supposées ; L : bordure de caldeira ; LC : bordure de cratère.

Summit part of mount Manengouba. 1: pyroclastic cones; 2: maar deposits; 3: lava flows of adventive and intra-cladeira cones; 4: doleritic mugearites of intra-caldeira extrusion (Mboriko); 5: adventive fissural flows; 6: Eboga volcano; 7: Elengoum volcano; F: recognized faults; FS: suspected faults; L: caldeira borders; LC: crater border.

The Elengoum shows a complete alkaline magmatic series. From basalt to benmoreite, mineral compositions evolve continuously in phenocrysts and microcrysts of olivine (Fo_{85-51}), diopside (Mg at% 43–35, Fe_t at% 22–11, Ca at% 48–41), plagioclase (An_{60-14}), magnetite, ilmenite, and apatite. Trachytes contain phenocrysts of hedenbergite (Mg at% 15–8, Fe_t at% 49–41, Ca at% 45–42) and microcrysts of acmite (Mg at% 1, Fe_t at% 99–98, Ca at% 1–0, and Na = 0.6–0.5 in the structural formula) and alkaline feldspar (Ab% 64–59, Or% 40–35). The magmatic series of the Eboga is limited from basalts to benmoreites and characterized by the presence of kaersutite and of Ti-phlogopite in mugearites, indicating higher $P_{\text{H}_2\text{O}}$ conditions. The presence of olivine xenocrysts (Fo_{62-59}) in benmoreite and of strong zoning of plagioclase, mantled by anorthose, suggests magmatic mixing between mafic and evolved magmas. The fissural products consist only of basalts and hawaiites with the same petrographic features as that of the Eboga lavas.

All the lavas belong to more or less evolved alkaline sodic suites. Covariation diagrams indicate consistent evolution by fractional crystallization of olivine, clinopyroxene, plagioclase, and Fe–Ti oxides (figure 4). Incompatible element correlations suggest a common magmatic source for all the series. The lithophile element enrichment does not show important crustal contamination. Increasing Mg number for the most mafic basalts of the

series, from Elengoum to Eboga and adventive activities, may indicate supplying of the magma chamber by magmas becoming more and more primitive with time. Incompatible element patterns are similar to that of OIB having a HIMU component (figure 4) [18].

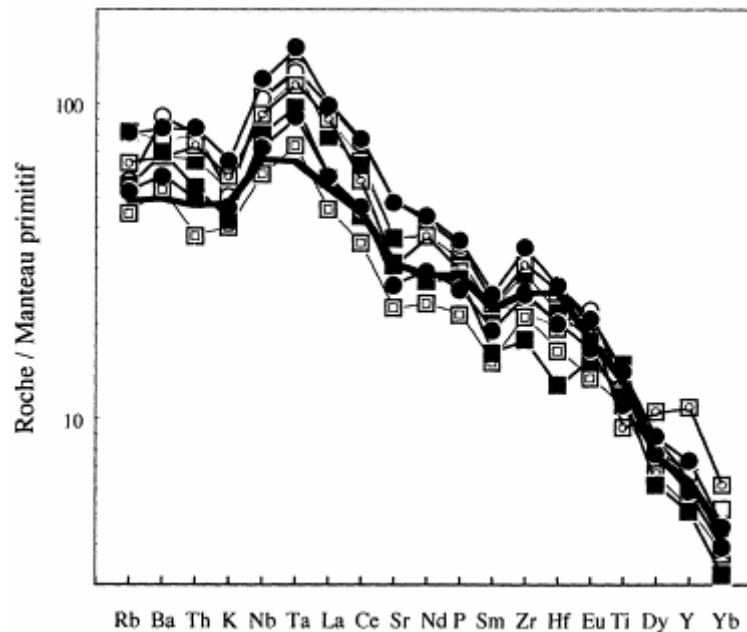


Figure 4. Spectres multivariés des laves basiques du Manengouba normalisés au manteau primitif de Sun et Mc Donough [14]. Trait épais : profil d'OIB [14]. Elengoum : carré vide, basalte ; cercle vide, hawaïite. Eboga : double carré, basalte ; cercle dans un carré, hawaïite. Volcanisme fissural : carré plein, basalte ; cercle plein, hawaïite.

Spidergrams of Manengouba mafic lavas normalized to primitive mantle of Sun and Mc Donough [14]. Thick line: OIB pattern [14]. Elengoum: open square, basalt; open circle, hawaiite. Eboga: double square, basalt; circle into square, hawaiite. Fissural volcanism: full square, basalt; full circle, hawaiite.

New $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ ages indicate that the mount Manengouba is a young volcanic complex. With reinterpretations of former datations [7, 8 and 11], story for the activities is as follow. Elengoum built up between 1.55 Ma, age of the older basalt in the southern lava plain, and 0.7 Ma, age of the last trachyte extrusion. Collapsing of the first and largest caldeira took place between 0.7 and 0.56 Ma, that is the age of the oldest Eboga lava. The shield volcano Eboga built up between 0.56 Ma and present time; this was followed by the sinking of its caldeira. Adventive fissural activities began, at least, since 0.48 Ma, and may have occurred in recent time.

A common magmatic OIB-like source fed the main magma chamber of Elengoum, around 1.55 Ma. Magma evolved to trachytes and the chamber drained off between 0.7 and 0.56 Ma. New supply of more water-rich magma and mixing with more or less primitive magmas caused the Eboga shield building, since 0.56 Ma. Outpouring of the moderately evolved products coincided with the new caldeira sinking, in recent time. Last supply of primitive magma, probably into small chambers, was responsible for adventive activities. It is possible that new magma supply caused adventive or intra-caldeira eruptions, in a close future.

1. Introduction

Parmi les grandes provinces volcaniques alcalines intraplaques, la Ligne du Cameroun est particulière, car elle s'étend à la fois en domaine océanique et en domaine continental (*figure 1*). Le segment océanique est composé de quatre îles volcaniques alignées dans le golfe de Guinée, d'âge Éocène supérieur à Actuel [5]. Le segment continental qui s'étend du mont Cameroun au lac Tchad est constitué de plusieurs édifices volcaniques d'âge Éocène à Actuel [6, 7, 8, 11 and 15].

L'origine de la Ligne du Cameroun reste un sujet de discussion. On considère généralement la Ligne du Cameroun comme un rift continental naissant [2, 3, 6, 9, 15 and 17]. Il pourrait s'agir aussi de mégafentes de tension, en échelon le long d'une direction générale panafricaine N30°E, générées par le jeu en décrochements sénestres d'accidents panafricains N70°E [13]. Sur la base de données isotopiques, Lee et al. [12] suggèrent l'interaction d'un point chaud, situé actuellement au voisinage de l'île Pagalu, avec une zone chaude stagnante à la base de la lithosphère. Or, la tomographie sismique [1] ne montre aucune anomalie thermique compatible avec cette hypothèse. Par ailleurs, l'absence de migration de l'âge des activités n'est pas en faveur de cette interprétation.

Le mont Manengouba, situé à 120 km au nord-est du mont Cameroun, est l'un des plus volumineux volcans de la Ligne du Cameroun. Il est caractérisé par la présence de deux grands édifices emboîtés (Elengoum et Eboga), comportant chacun une caldeira sommitale. Nous décrivons les caractéristiques volcanologiques de ces édifices et donnons des précisions pétrographiques et chimiques.

Des âges $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ variés ont été obtenus sur ce complexe volcanique. Tchoua [15] cite un âge de 30 Ma pour un basalte de Baré, qu'il attribue au début de l'activité magmatique. Gouhier et al. [8] donnent un âge de $1,55 \pm 0,1$ Ma pour un basalte de Nkongsamba. Fitton et Dunlop [7] indiquent des âges récents : $0,40 \pm 0,04$ Ma pour une basanite de Njinjo, $0,94 \pm 0,06$ et $0,48 \pm 0,29$ Ma pour des basaltes de Ndoungué. Nous avons réalisé de nouvelles mesures $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$, qui nous permettent de préciser la chronologie des phases d'édification du Manengouba.

2. Caractères volcanologiques

De forme allongée N40°E, le Manengouba couvre une surface de 500 km^2 , entre 9°42' et 10°10' de longitude est et 4°49' et 5°15' de latitude nord, et culmine à 2 411 m (*figure 2*). Il se situe sur un horst volcano-tectonique entre deux systèmes de failles N40° et N130°. Deux modes d'activité magmatique ont prévalu, centrale ou fissurale adventive. Une activité centrale a édifié les deux principaux volcans, l'Elengoum et l'Eboga. L'Elengoum, le premier édifice, est constitué de laves basaltiques, intermédiaires et trachytiques. Ces produits sont largement recouverts par les coulées récentes issues des manifestations fissurales adventives. La partie sommitale de l'Elengoum est constituée par une série de dômes et pitons rocheux, qui dominent à 1 200 et 2 300 m la région au nord-ouest de Nkongsamba. La structure d'ensemble en demi-cercle ouvert à l'ouest (*figure 2*) est interprétée comme les restes de la caldeira de l'Elengoum.

L'Eboga est un édifice de 6 à 8 km de diamètre, situé à l'intérieur de la caldeira de l'Elengoum (*figure 3*). Les épanchements se sont faits principalement vers l'ouest et le nord-ouest.

L'ensemble forme un vaste dôme dont les flancs se redressent à plus de 30° vers le sommet, où se localise une caldeira d'effondrement de 3 à 4 km de diamètre. Les manifestations fissurales adventives sont abondantes et appartiennent à deux épisodes. Les premières venues recouvrent la base du volcan Elengoum et les deuxièmes apparaissent, d'une part, au sud-ouest du mont Manengouba, dans le prolongement du graben de Tombel et, d'autre part, au nord-ouest de Nkongsamba. On compte 70 cônes stromboliens et trois maars (*figure 2*), deux dans la caldeira de l'Eboga (lacs de l'Homme et de la Femme) et un sur le flanc nord-est (Djeu-seh). Ces cônes sont alignés suivant les directions de fracturation du socle granito-gneissique N20–40°, N110–130° et accessoirement N60–70°.

3. Caractères pétrographiques

L'Elengoum présente une série différenciée complète allant des basaltes aux trachytes. Les olivines varient de Fo₈₅ dans les phénocristaux des basaltes à Fo₅₁ dans les microlites des benmoréites. Dans les laves basiques et intermédiaires, le clinopyroxène est un diopside zoné, les microcristaux ayant la composition des bordures des phénocristaux (Mg at % 43–35, Fe_t at % 22–11, Ca at % 48–41). Dans les trachytes, les phénocristaux sont de l'hédenbergite (Mg at % 15–8, Fe_t at % 49–41, Ca at % 45–42), tandis que les microlites sont de l'acmite (Mg at % 1, Fe_t at % 99–98, Ca at % 1–0, et Na = 0,6–0,5 dans la formule structurale). Le plagioclase montre des variations allant de An₆₀ dans les phénocristaux des basaltes à An₁₄ dans les microlites des benmoréites. Le feldspath alcalin (Ab % 64–59, Or % 40–35) prédomine dans les trachytes. La magnétite et l'ilménite coexistent dans la plupart des laves. L'apatite est le minéral accessoire commun. Toutes ces variations minéralogiques suggèrent une évolution par fractionnement cristallin.

Dans l'Eboga, la série va des basaltes aux benmoréites. Ces laves se distinguent de celles de l'Elengoum par la présence de kaersutite et de phlogopite titanifère (TiO₂ = 3,9–3,8 %) dans les mugéarites. Par ailleurs, les benmoréites renferment des xénocristaux d'olivine Fo_{62–59}, de composition proche de celle des microlites d'olivine des hawaïites. Les phénocristaux de plagioclases sont fortement zonés. On note la présence d'anorthose dans les microlites (Ab_{69–56}, Or_{42–4}) et dans la bordure des phénocristaux zonés des mugéarites (Ab_{71–56}, Or_{14–4}), alors que le cœur a une composition de An_{54–51}. Tout cela suggère, d'une part, une évolution sous plus forte pression d'eau, et, d'autre part, des mélanges magmatiques perturbant une évolution normale par fractionnement cristallin.

Les produits de l'activité fissurale adventive se limitent à des basaltes, hawaïites et mugéarites semblables à ceux de l'Eboga. Les olivines varient de Fo₈₇ dans les basaltes à Fo₆₄ dans les microlites des hawaïites. Dans les mugéarites, les quelques olivines (2 %) sont essentiellement des xénocristaux de Fo_{78–75}, correspondant aux phénocristaux d'hawaïite. Les plagioclases zonés varient de An₈₆ dans les basaltes à An₅₀ dans les microlites des hawaïites et à An_{28–22} dans les mugéarites. Les mugéarites possèdent 3 à 6 % de kaersutite.

Il apparaît que les laves des différentes activités du Manengouba ont des caractères pétrographiques assez proches. Les mêmes phases minérales ont été fractionnées au cours de l'évolution d'un même type de magma parental basaltique alcalin. Cependant, la présence de kaersutite dans les mugéarites de l'Eboga et l'activité adventive traduisent une augmentation de la pression d'eau.

4. Données géochimiques

Les données chimiques nouvelles proviennent de Kagou Dongmo [10]. Le *tableau I* en présente une sélection. Les laves de l'Elengoum forment une série basalte–trachyte, allant des laves basiques sous-saturées à néphéline normative (4–5 %) aux laves felsiques sursaturées à quartz normatif (4–12 %). L'indice de différenciation DI [16] varie de 34 à 88. Les laves de l'Eboga montrent un schéma d'évolution semblable, mais restreint à une série basalte–benmoréite. Le DI varie de 34 à 80. Les laves de l'activité adventive sont moins différenciées (DI=24–63). Elles forment une courte série sous-saturée basalte (7–11 % de néphéline) à mugéarite (3–5 % de néphéline). Les laves du Manengouba définissent globalement une tendance alcaline et sodique, avec un rapport $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ compris entre 2 et 2,8 dans les laves basiques.

Les covariations des éléments majeurs montrent (i) une décroissance des teneurs en MgO , CaO , FeO_t et TiO_2 des basaltes, jusqu'aux termes les plus évolués de chaque série, en relation avec la cristallisation de l'olivine, du clinopyroxène, du plagioclase puis des oxydes de Fe–Ti, (ii) une augmentation de K_2O , Na_2O et SiO_2 , en accord avec la différenciation magmatique conduisant à un liquide résiduel franchement alcalin, et (iii) une augmentation régulière de Al_2O_3 et P_2O_5 des basaltes aux mugéarites, puis leur rapide décroissance, conduisant à des teneurs nulles dans les trachytes, en relation avec l'important fractionnement de plagioclases et d'apatite dans les mugéarites. Les éléments en traces compatibles Co, Cr, Ni et V montrent une diminution nette des basaltes aux termes les plus évolués de chaque série magmatique. La décroissance du Ni, Co et Cr traduit le fractionnement des olivines et des clinopyroxènes dans les laves basiques et celle du vanadium traduit le fractionnement des oxydes. Ces variations des éléments compatibles majeurs et en traces sont en accord avec une évolution par cristallisation fractionnée. Les éléments incompatibles sont en teneurs élevées et augmentent régulièrement au cours de la différenciation, en décrivant deux à deux une corrélation linéaire positive dans les trois groupes de volcanites [10]. Cette corrélation suggère une source magmatique commune et de même composition pour l'ensemble des produits volcaniques.

Tableau I. Analyses chimiques représentatives des laves du mont Manengouba. Analyses effectuées au CRPG–CNRS de Nancy (France) par ICP pour les éléments majeurs et mineurs et par ICP–MS pour les éléments traces et les terres rares. **DI** : indice de différenciation de Thornton et Tuttle [16]. **Mg#** est égal à $100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$. **Ba**, basalte ; **H**, hawaïite ; **M**, mugéarite ; **Be**, benmoréite ; **T**, trachyte.

Representative chemical analyses of mount Manengouba lavas. Analyses from CRPG–CNRS of Nancy (France) by ICP for major and minor elements and by ICP–MS for trace elements and rare earth elements. **DI**: Differentiation Index of Thornton and Tuttle [16]. **Mg#** is $100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$. **Ba**, basalt; **H**, hawaiite; **M**, mugearite; **Be**, benmoreite; **T**, trachyte.

n° Type	Elengoum				Eboga				Activité adventive				
	MA2b Ba	ML2 H	EL1 M	PT-3 T	EB-20 Ba	Eb16 H	EB-14 M	EB-11 M	Eb2 Be	KO-1 Ba	SP-5 H	PL-5 M	NZ8 M
Majeurs (%)													
SiO ₂	45,83	47,47	54,25	65,87	47,92	51,47	50,83	51,91	60,82	43,38	48,85	53,41	53,18
TiO ₂	2,71	2,67	1,70	0,41	2,41	2,05	2,22	2,20	0,88	2,61	2,42	1,95	1,58
Al ₂ O ₃	15,03	16,17	17,50	12,78	13,72	16,80	16,80	16,39	16,98	13,10	15,45	17,82	17,88
Fe ₂ O ₃	11,89	11,38	8,28	7,10	12,40	10,14	10,10	9,00	5,80	1,69	11,30	8,80	8,32
MnO	0,17	0,18	0,16	0,22	0,16	0,14	0,14	0,11	0,12	0,17	0,16	0,17	0,15
MgO	6,94	5,55	2,31	0,11	9,41	4,27	4,27	2,96	0,93	11,04	5,89	3,06	2,59
CaO	9,94	9,15	5,26	0,59	8,80	7,77	7,77	7,86	2,61	10,67	8,07	6,65	5,45
Na ₂ O	3,24	3,83	5,57	6,73	3,36	4,68	4,68	4,71	6,46	2,66	3,89	5,41	5,66
K ₂ O	1,61	1,54	2,80	5,02	1,22	1,77	1,77	1,80	4,06	1,29	1,42	2,21	2,87
P ₂ O ₅	0,65	0,77	0,63	0,04	0,47	0,64	0,64	0,48	0,26	0,61	0,56	0,64	0,71
PF	1,64	0,91	1,14	0,80	−0,16	−0,09	−0,09	3,32	0,63	1,40	1,72	−0,13	1,14
Total	99,65	99,62	99,60	99,70	99,70	99,64	99,60	99,70	99,55	99,72	99,70	100,00	99,53
Traces (ppm)													
Ba	533	637	824	17	374	477	473	473	1080	492	414	2038	830
Ce	118,03	134,55	150,76	185,00	64,00	101,02	84,00	114,00	186,73	77,90	83,00	143,00	167,64
Co	36,29	29,36	13,59	0,00	45,00	24,41	20,00	19,00	3,37	49,29	33,00	15,00	14,85
Cr	236	128	7	3	348	110	46	11	1	400	153	37	12
Dy	6,28	6,40	7,19	10,00	5,00	7,84	6,00	7,00	9,48	4,59	6,00	7,00	6,65
Er	2,85	2,64	3,32	4,71	2,07	3,65	2,45	3,27	4,54	2,05	2,27	2,56	2,85
Eu	3,38	3,76	3,77	1,44	2,30	3,42	2,52	3,17	3,65	2,62	2,81	5,04	3,53
Gd	8,41	8,75	9,45	11,00	6,00	9,42	7,00	9,00	11,64	6,58	7,00	9,00	9,22
Hf	6,03	6,23	10,28	28,00	5,00	7,86	8,00	9,00	13,93	4,00	6,00	6,00	11,04
La	61,17	68,12	77,39	95,00	32,00	61,92	43,00	57,00	98,38	40,05	40,00	72,00	89,26
Lu	0,45	0,32	0,40	0,83	0,25	0,47	0,35	0,38	0,68	0,23	0,28	0,23	0,34
Nb	68,43	75,02	99,22	224,00	43,00	66,76	59,00	78,00	113,57	57,82	52,00	79,00	106,85
Nd	50,40	57,68	64,31	79,00	31,00	51,25	37,00	51,00	76,00	37,00	40,00	59,00	65,20
Ni	113	73	9	1	238	61	45	13	2	241	96	23	15
Pr	12,90	14,67	16,90	22,00	7,00	12,65	9,00	13,00	19,41	8,83	10,00	16,00	17,73
Rb	52,33	36,19	79,82	168,00	29,00	41,51	55,00	58,00	123,63	34,97	34,00	46,00	78,48
Sm	10,29	10,49	11,78	15,00	7,00	10,33	8,00	10,00	13,91	7,26	9,00	10,00	11,18
Sr	790	1027	730	3	473	644	526	593	396	661	562	726	1137
Ta	4,95	5,22	7,23	17,00	3,00	4,76	4,00	6,00	8,09	4,04	4,00	5,00	8,05
Tb	1,19	1,19	1,37	1,86	0,89	1,40	1,07	1,28	1,71	0,88	1,03	1,20	1,28
Th	6,77	6,87	10,83	28,00	3,00	6,28	6,00	9,00	15,99	4,60	4,00	9,00	10,15
V	213	183	71	0	198	142	160	122	13	251	183	101	79
Y	26,73	30,08	36,08	38,00	24,00	50,10	29,00	35,00	49,69	23,27	27,00	35,00	33,15
Yb	2,53	2,20	2,63	5,97	1,85	3,03	2,29	2,63	4,50	1,58	1,93	2,12	2,51
Zr	243	282	488	1051	238	346	356	401	615	201	277	301	537
CIPW													
Quartz	—	—	—	12,27	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Néphéline	5,07	3,73	1,68	—	2,00	1,81	1,66	0,63	—	8,27	0,43	2,68	4,50
DI	33,80	39,33	63,73	80,89	34,48	49,12	51,44	54,80	79,93	23,60	42,23	56,96	62,61
Na ₂ O/K ₂ O	2,01	2,49	1,99	1,34	2,75	2,64	2,62	2,29	1,59	1,76	2,74	2,45	1,97
La _N /Yb _N	16,17	20,71	19,68	11,00	12,00	13,67	13,00	16,00	14,62	16,95	15,00	24,00	23,78
Mg#	56,76	52,30	38,55	4,00	63,00	48,63	43,00	42,00	26,50	70,00	54,00	44,00	41,17

Les profils normalisés au manteau primitif (*figure 4*) montrent le fort fractionnement des éléments les plus incompatibles, caractéristique des magmas alcalins intra-plaques. Ils sont similaires à ceux des OIB (basaltes des îles océaniques intra-plaques) et plus précisément à ceux qui présentent une composante HIMU dans leurs sources, compte tenu du non enrichissement relatif en Rb, Ba, Th et K [18].

5. Données géochronologiques

Le *tableau II* présente sept nouvelles datations $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ réalisées au CRPG–CNRS de Nancy. L'erreur sur les âges, donnée à 1σ , a été calculée selon la formule de Cox et Dalrymple [4], modifiée pour tenir compte d'une incertitude de 0,2 % sur le poids de l'échantillon. À la lecture des résultats et en tenant compte des âges connus dans la littérature, il apparaît que le Manengouba est bien un volcan récent à sub-actuel. Ainsi, l'âge de 30 Ma déterminé à Baré par Tchoua [15] provient d'une activité anté-Manengouba. L'âge de $1,55 \pm 0,1$ Ma obtenu sur un basalte de Nkongsamba [8] apparaît comme le plus ancien du Manengouba. L'âge de $0,7 \pm 0,1$ Ma obtenu sur le trachyte de l'Elengoum permet de situer l'édification de ce volcan entre 1,55 et 0,7 Ma. Cette fourchette est cohérente avec l'âge de $0,94 \pm 0,6$ Ma obtenu sur un basalte à Ndoungué [7]. L'effondrement volcano-tectonique de la caldeira de l'Elengoum s'est effectué entre 0,7 et 0,56 Ma, puisque 0,56 Ma est l'âge le plus ancien obtenu dans le volcan Eboga [6].

Tableau II. Nouvelles datations K/Ar dans le mont Manengouba. **KO-1** : coulée de basalte dans la chute d'Ekou-Nkam ; **PL-5** : coulée de mugéarite de Barésoumtou ; **SP-5** : coulée d'hawaïite du Sud de Nkongsamba, contenant en enclave des fragments de la coulée PL-5 ; **NZ-8** : coulée de mugéarite de Mbouroukou ; **EB-11** : coulée sommitale de mugéarite au Sud-Ouest de l'Eboga ; **EB-14** : dôme de mugéarite doléritique intracaldeira Eboga ; **PT-3** : trachyte du pic de l'Elengoum. Les valeurs négatives en ^{40}Ar sont dues à la marge d'erreur pour des âges proches de zéro.

New K/Ar datations of Mount Manengouba. **KO-1**: basalt flow at the Ekou-Nkam water fall; **PL-5**: mugearite flow of Barésoumtou; **SP-5**: hawaiite flow south of Nkongsamba including xenoliths of PL-5 lavas; **NZ-8**: mugearite flow of Mbouroukou; **EB-11**: summital mugearite flow, south-west of Eboga; **EB-14**: doleritic mugearite dome in the Eboga caldeira; **PT-3**: trachyte of the Elengoum peak. The ^{40}Ar negative values are due to the error range for ages close to zero.

Échantillon	KO-1	PL-5	SP-5	NZ-8	EB-11	EB-14	PT-3
Site d'activité	Adventif	Adventif	Adventif	Adventif	Eboga	Intracaldeira Eboga	pic Elengoum
Pétrographie	basalte	mugéarite	hawaïite	mugéarite	mugéarite	mugéarite	trachyte
K %	1,23	1,92	1,75	2,29	1,85	1,59	4,05
^{40}K (10^{15} at.g $^{-1}$)	22,11	34,52	31,46	41,17	33,26	28,58	72,81
$^{40}\text{Ar}^{\pm}$ (10^{15} at.g $^{-1}$)	-0,0005	0,0007	0,0003	0,0005	-0,0009	0,0000	0,0026
Âge (Ma)	0	0	0,2	0	0	0	0,7
Erreur (+1 σ)	0,2	0,16	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

La fin de l'édification de l'Eboga, suivie de l'effondrement de la caldeira sommitale, apparaît sub-actuelle, compte tenu, d'une part, des âges proches de zéro déterminés dans cet édifice (EB-11 et EB-14) et, d'autre part, des âges atteignant au plus 0,2 Ma pour les dernières activités adventives (KO-1, PL-5, SP-5 renfermant des enclaves de PL-5 et NZ-8). Les activités fissurales adventives sont datées à 0,48 Ma [7], 0,4 Ma [7] et 0,2 à 0 Ma (*tableau II*). Elles ont donc commencé avant les effondrements de la caldeira de l'Eboga et continué après, notamment avec la formation des deux maars et des cônes de pyroclastites intra-caldeiriques. Cependant, le début de la phase fissurale adventive autour de 0,48 Ma est postérieur à la formation de la caldeira de l'Elengoum. Cette phase fissurale adventive s'est étendue jusque

dans le graben de Tombel, où des coulées ont des âges plateau $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ variant de 0,24 à 0,05 Ma [11].

6. Conclusion

Le mont Manengouba est un complexe volcanique semblable aux autres complexes de la Ligne du Cameroun. Il est constitué de trois ensembles volcanologiques : deux volcans centralisés successifs approximativement emboîtés Elengoum et Eboga, et des activités fissurales adventives. Les produits magmatiques montrent une évolution minéralogique et géochimique cohérente, par fractionnement cristallin, à l'intérieur de chaque ensemble, depuis des basaltes alcalins sodiques jusqu'à des trachytes dans l'Elengoum, des benmoréites dans l'Eboga, et seulement des mugéarites dans les activités fissurales. Les laves de l'Eboga et des activités fissurales se distinguent par la présence de kaersutite. Cela implique l'augmentation sensible de la pression de vapeur. Par ailleurs, les basaltes les plus récents sont aussi les plus magnésiens, d'où une réalimentation par des liquides plus primitifs. De fait, les laves intermédiaires récentes renferment des xénocristaux d'origine plus primitive et des phénocristaux à forte zonation. Les données géochimiques sont en faveur d'une source mantellique commune de type OIB, alimentant d'abord le réservoir de l'Elengoum vers 1,55 Ma. Ce réservoir va se différencier, puis se vider avec l'effondrement de la caldeira entre 0,7 et 0,56 Ma. Une nouvelle alimentation va permettre l'édification de l'Eboga, dans le réservoir principal, mais aussi dans des réservoirs secondaires alimentant directement les éruptions fissurales, à partir de 0,48 Ma. Cette activité s'est poursuivie jusqu'à une période récente. Le réservoir principal s'est à nouveau vidé, avant d'avoir atteint les stades ultimes de la différenciation, avec l'effondrement de la caldeira de l'Eboga. Mais il n'est pas exclu qu'une nouvelle alimentation se produise et donne lieu à de nouvelles éruptions.

Bibliographie

1. D.L. Anderson, T. Tanomoto and Y.S. Zhangs , Plate tectonics and hotspots: the third dimension. *Science* **256** (1992), pp. 1645–1650.
2. D.K. Bailey , The chemical and thermal evolution of rifts. *Tectonophysics* **94** (1983), pp. 585–597.
3. F. Barberi, R. Santacroce and J. Varet , Chemical aspect of rift magmatism. In: *Continental and oceanic rift, Palmason, Washington DC*, American Geophys. Union (1982), pp. 223–258.
4. A. Cox and G.B. Dalrymple , Statistical analysis of geomagnetic reversal data and the precision of potassium–argon dating. *J. Geophys. Res.* **72** (1967), pp. 2603–2614.
5. B. Déruelle, C. Moreau, C. Nkoumbou, R. Kambou, J. Lissom, E. Njongfang, R.T. Ghogomu and A. Nono , The Cameroon Line: a review. In: A.B. Kampuzu, Editor, *Magmatism in Extensional Structure Settings, The Phanerozoic African Plate*, Springer Verlag, Berlin (1991), pp. 274–327.
6. J.G. Fitton , The Cameroun line, West Africa: a comparaison between oceanic and continental alkaline volcanism. *Geol. Soc. London Spec. Publ.* **30** (1987), pp. 273–291.

7. J.G. Fitton and H.M. Dunlop , The Cameroon line, West Africa and its bearing on the origin of oceanic and continental alkali basalt. *Earth Planet. Sci. Lett.* **72** (1985), pp. 23–38. Abstract
8. J. Gouhier, J. Nougier and D. Nougier , Contribution à l'étude volcanologique du Cameroun (Ligne du Cameroun–Adamaoua). *Ann. Fac. Sci. Univ. Yaoundé* **17** (1974), pp. 3–48.
9. H. Jacquemin, S.M.F. Sheppard and P. Vidal , Isotopic geochemistry (O, Sr, Pb) of the Golda Zuelva and Mboutou anorogenic complexes. North Cameroon: mantle origin with evidence for crustal contamination. *Earth Planet. Sci. Lett.* **61** (1982), pp. 97–111.
10. A. Kagou Dongmo *Étude volcanologique, pétrographique et géochimique d'un stratovolcan polygénique de la Ligne du Cameroun : le mont Manengouba (provinces du Littoral et du Sud-Ouest, Cameroun)*, thèse 3^e cycle, université Yaoundé-1 (1998) 197 p .
11. D.C. Lee *A chemical isotopic and geochronological study of the Cameroon Line, west Africa*, PhD thesis, University of Michigan (1994) 179 p .
12. D.C. Lee, A.N. Halliday, J.G. Fitton and G. Poli , Isotopic variations with distance and time in the volcanic islands of the Cameroon Line: evidence for a mantle plume origin. *Earth Planet. Sci. Lett.* **123** (1994), pp. 119–138.
13. C. Moreau, J.M. Regnault, B. Déruelle and B. Robineau , A new tectonic model for the Cameroon Line, Central Africa. *Tectonophysics* **139** (1987), pp. 317–334.
14. S.S. Sun and W.F. Mc Donough , Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and process. *Geol. Soc. London Spec. Publ.* **42** (1989), pp. 313–345.
15. F.M. Tchoua *Contribution à l'étude géologique et pétrologique de quelques volcans de la «Ligne du Cameroun » (monts Manengouba et Bambouto)*, thèse d'État, université de Clermont-Ferrand (1974) 337 p .
16. C.P. Thornton and O.F. Tuttle , Chemistry of igneous rocks. I. Differentiation Index. *Amer. J. Sci.* **258** (1960), pp. 664–684.
17. P.M. Vincent , The evolution of the Tibesti volcanic province, eastern Sahara. In: T.M. Clifford, Editor, *African Magmatism and Tectonics*, Oliver and Boyd, Edinbourg (1970), pp. 301–309.
18. M. Wilson , Geochemical signatures of oceanic and continental basalts: a key to mantle dynamics ?. *J. Geol. Soc. London* **150** (1993), pp. 977–990.