



Géochimie (Géochronologie)
Géochimie et géochronologie des laves felsiques des monts
Bamenda (ligne volcanique du Cameroun)

Pierre Kamgang^a, Emmanuel Njonfang^b, Gilles Chazot^{c,*}, Félix Tchoua^a

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

^b Institut universitaires européen de la mer (IUEM), université de Bretagne occidentale (UBO),
domaines océaniques – UMR 6538, place Copernic, 29280 Plouzane, France

^c Laboratoire « Magmas et volcans », CNRS UMR6524, université Blaise-Pascal et OPGC,
5, rue Kessler, 63038 Clermont-Ferrand, France

Reçu le 10 octobre 2005 ; accepté après révision le 9 juillet 2007

Disponible sur Internet le 11 septembre 2007

Résumé

Les laves felsiques des monts Bamenda, au cœur de la ligne volcanique du Cameroun, sont principalement représentées par des trachytes, et par quelques benmoréites et rhyolites alcalines à hyperalcalines. Les données géochronologiques K–Ar définissent deux épisodes de volcanisme, le premier entre 18 et 22 Ma, le deuxième entre 12,5 et 13,5 Ma. Les données géochimiques montrent que les laves acides sont formées par cristallisation fractionnée de magmas basiques et mettent en évidence une contamination significative par les roches crustales pendant la différenciation. Dans l'ensemble, ces données sont en accord avec l'absence d'évolution dans le temps de la localisation du volcanisme le long de la ligne du Cameroun, et montrent un mécanisme identique de genèse des roches acides au cours du temps et pour les différentes provinces volcaniques adjacentes (Bamenda, Oku et Bambouto).

Pour citer cet article : P. Kamgang et al., C. R. Geoscience 339 (2007).

© 2007 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Geochemistry and geochronology of the felsic lavas of the Bamenda Mountains (Cameroun Volcanic Line). The felsic lavas of the Bamenda Mountains, in the main part of the Cameroun Volcanic Line, are mainly represented by trachytes, with subordinated benmoreites and alkaline to peralkaline rhyolites. New K–Ar geochronological data define two main volcanic episodes, the first one between 18 and 22 Ma, and the second one from 12.5 to 13.5 Ma. Geochemical data indicate that these felsic rocks mainly originated through a fractional crystallization process from mafic magmas. Crustal contamination also occurred during the magma evolution. These new data confirm that there is no time evolution of the volcanism along the Cameroun Volcanic Line and show a similar magma genesis process through space and time. *To cite this article: P. Kamgang et al., C. R. Geoscience 339 (2007).*

© 2007 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Ligne du Cameroun ; Monts Bamenda ; Laves felsiques ; Géochronologie ; Géochimie

Keywords: Cameroon Line; Bamenda Mountains; Felsic lavas; Geochronology; Geochemistry

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : Gilles.Chazot@univ-brest.fr (G. Chazot).

Abridged English version

Introduction and geological setting

The Bamenda Mountains belong to the main part of the Cameroon Volcanic Line and are located between the Bambouto Mountains to the southwest and the Oku massif to the northeast (Fig. 1). Important volumes of felsic lavas have been recognized [4]. New geochronological K–Ar data will be used to discuss the age of this volcanism in the more general context of the Volcanic Line. Petrological and geochemical data are used to study the origin of the felsic magmas and the role played by the crustal rocks in their genesis and evolution.

Petrography and mineralogy

The felsic lavas of the Bamenda Mountains are mainly represented by trachytes, with less abundant benmoreites and alkaline to peralkaline rhyolites ([7]; Fig. 2).

Benmoreite are mostly aphyric. The groundmass consists of alkali feldspar, light-green clinopyroxene, Fe–Ti oxides and sometimes zircon. Trachytes are aphyric or porphyritic. The phenocrysts are mainly sanidine, with subordinate green clinopyroxene, Fe–Ti oxides and olivine in some samples. The groundmass consists mainly of alkali feldspar, clinopyroxene, amphibole and aenigmatite. Rhyolites are aphyric or porphyritic, with phenocrysts of alkali feldspar and quartz, and microphenocrysts of Fe–Ti oxides. The groundmass includes sodic minerals in the peralkaline rhyolites.

Clinopyroxenes of benmoreites range from hedenbergite to ferrohedenbergite, those of alkali trachytes are close to diopside composition and those of peralkaline trachytes vary from diopside to aegyrine. Amphibole compositions vary from richterite in alkaline lavas to arfvedsonite in peralkaline types. Contents of CaO (0.07–0.39 wt%) and Al₂O₃ (0.05–0.39 wt%) in aenigmatite of peralkaline lavas of the Bamenda Mountains are lower than those of peralkaline lavas of the Benue valley [12]. Such low Ca and Al contents indicate low temperatures during crystallization [6]. Olivine is a fayalite (Fo_{26–29}) rich in MnO (3.36–3.49 wt%), while oxides are titanomagnetites containing less than 0.08 wt% Cr₂O₃. Feldspar compositions vary from anorthoclase to sanidine (An₁₄Ab₆₉Or₁₇ – An₂Ab₅₅Or₄₃).

Geochronology

New K–Ar data have been obtained on whole rock or sanidine for several samples (Table 1) and show two

episodes of felsic volcanic activity. The oldest one ranges from 18.7 to 24.2 Ma, while the most recent episode ranges from 12.7 to 13.2 Ma. These data are consistent with the chronology of eruptions in the other volcanic provinces nearby (Oku and Bambouto Mountains [8]) and confirm that there is no clear shifting of the volcanic activity with time along the Volcanic Line [9,10].

Geochemistry and discussion

Major element data from the felsic rocks are compatible with an evolution of the magmas by a fractional crystallization process. A decrease in TiO₂, Al₂O₃ and P₂O₅ content is well correlated with the increase in the SiO₂ content (Fig. 3). The trace element data confirm this observation and show that the youngest samples (from 12 to 13 Ma old) are very similar to the older rocks (Fig. 4).

Isotopic data can be used to evaluate the involvement of crustal material during magma evolution. Unfortunately, very high Rb/Sr ratios from samples with no precise age determination preclude the use of Sr isotopic ratios. However, initial Nd isotopic results are well correlated with the SiO₂ content (Fig. 5) of the studied rocks and confirm that crustal contamination occurred during the differentiation of the magmas.

A comparison with the trace element data available from the Bambouto volcanic mafic and felsic rocks [8] shows that the Bamenda samples plot on the same evolution line, and were formed through a fractional crystallization process from a similar mafic magma. The negative correlation between Nd isotopic compositions and Th/Nb ratios, and the positive one with the Eu/Eu* ratios are good indication that both fractional crystallization and crustal contamination processes were acting together during magmatic evolution in magma chambers.

Conclusion

All the data obtained from the Bamenda Mountains confirm that the felsic volcanic rocks were formed through similar processes as those observed in adjacent volcanic provinces such as Oku and Bambouto Mountains and at different period around 21 and 12 Ma. This clearly confirms that there is no time evolution of the localisation of the volcanic activity along the Cameroon Volcanic Line and shows that the genesis of the felsic rocks through fractional crystallization and crustal contamination was very similar in time and space in the different volcanic provinces.

1. Introduction et cadre géologique

Les monts Bamenda, situés entre Santa et Sabga (Fig. 1), constituent l'un des massifs volcaniques les plus importants de la partie continentale de la ligne du Cameroun. Ils restent cependant peu connus, malgré leur position intermédiaire entre les monts Bambouto, au sud-ouest, et le massif d'Oku, au nord-est [8]. Les premiers travaux de reconnaissance [4] indiquent la présence d'importants volumes de laves basiques et felsiques, ainsi que l'existence de deux épisodes d'ignimbrites rhyolitiques séparés par des laves trachytiques. Le tout repose sur un socle granitique panafricain. De nouvelles données géochronologiques vont être utilisées pour replacer ces épisodes volcaniques dans le contexte du volcanisme de la ligne du Cameroun, tandis que les données pétrologiques et géochimiques seront discutées afin de déterminer l'origine des magmas acides et le rôle joué par la

croûte continentale durant leur formation et leur évolution.

2. Pétrographie

Le diagramme $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs. SiO_2 ([7] ; Fig. 2) montre que les laves étudiées sont, pour l'essentiel, des trachytes ($\text{SiO}_2 = 60,10\text{--}68,73\%$ et $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 8,66\text{--}11,78\%$), avec quelques benmoréites moins riches en silice ($\text{SiO}_2 = 56,52\text{--}59,45\%$ et $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 9,32\text{--}9,89\%$) et quelques rhyolites, dont certaines très riches en silice ($\text{SiO}_2 = 70,35\text{--}77,20\%$ et $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 7,27\text{--}10,56\%$).

Les benmoréites sont presque aphyriques (rares microphénocristaux de sanidine et d'opaqes). La méso-stase contient des microlites de sanidine, du clinopyroxène vert clair, des opaques et, parfois, du zircon.

Les trachytes sont, soit aphyriques (pourcentage de phénocristaux $\leq 5\%$), soit porphyriques (pourcentage

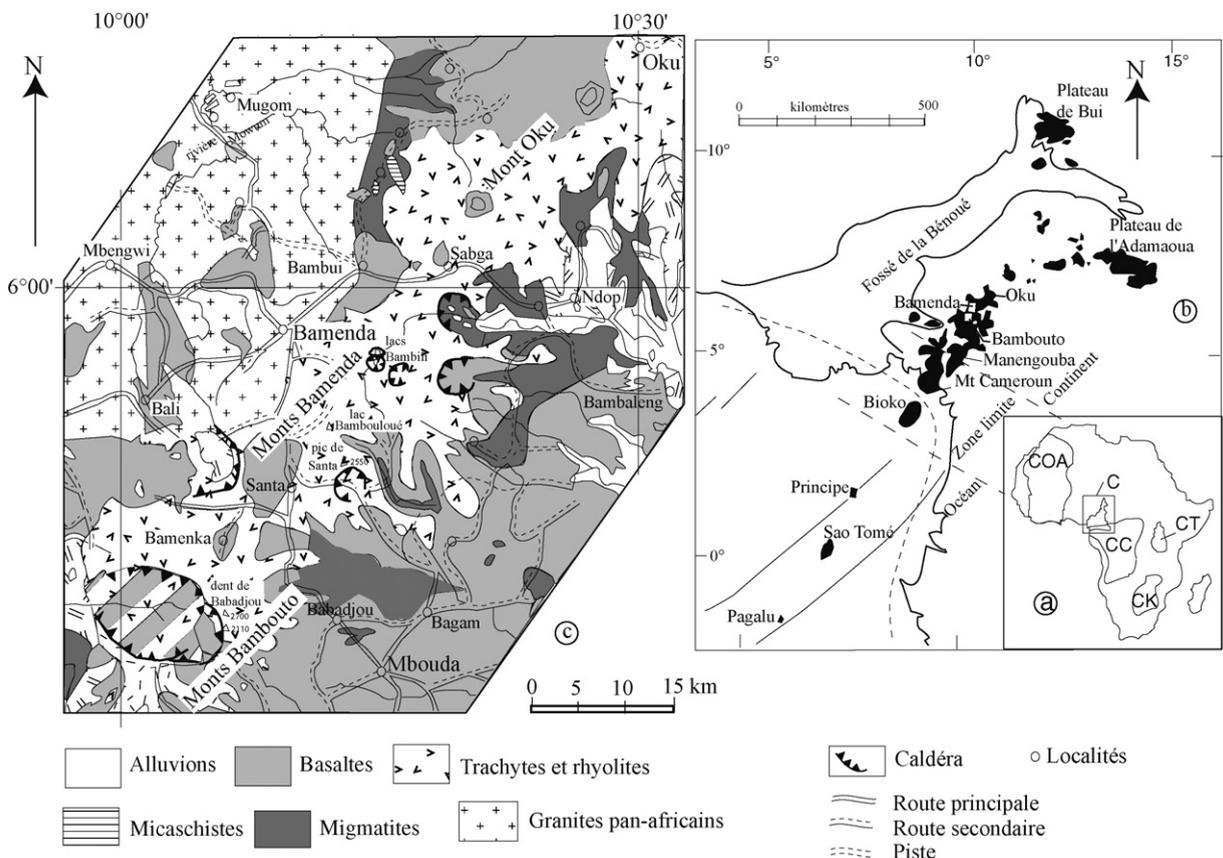


Fig. 1. Carte de localisation de la zone d'étude. (a) Localisation du Cameroun en Afrique. (b) Localisation des monts Bamenda le long de la ligne du Cameroun. (c) Carte géologique simplifiée de la région des monts Bamenda. C = Cameroun ; COA = craton ouest-africain ; CC = craton du Congo ; CT = craton tanzanien ; CK = craton du Kalahari.

Fig. 1. Map of the studied area. (a) Location of Cameroon in Africa. (b) Location of the Bamenda Mountains. (c) Simplified geological map of the Bamenda Mountains area. C = Cameroon; COA = West-African craton; CC = Congo craton; CT = Tanzanian craton; CK = Kalahari craton.

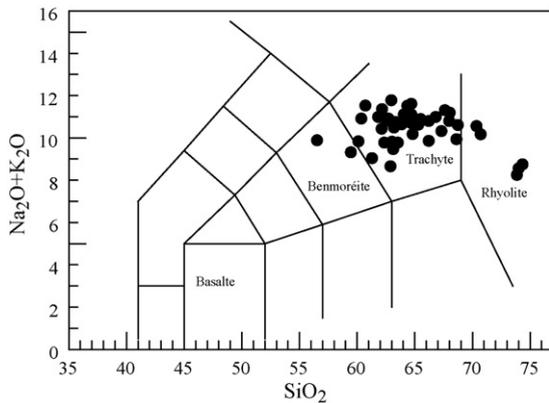


Fig. 2. Diagramme alcalins-silice (% poids) [7] montrant la répartition en benmoréites, trachytes et rhyolites des laves felsiques des monts Bamenda.

Fig. 2. Alkali-silica (wt%) diagram [7] showing the repartition of the Bamenda Mountains felsic rocks in benmoreites, trachytes and rhyolites.

de phénocristaux >5 %). Les phénocristaux sont surtout de la sanidine, mais on note également du clinopyroxène vert et des minéraux opaques et, dans certains échantillons, de l'olivine. La mésostase est essentiellement constituée de feldspath alcalin et de clinopyroxène vert clair. L'amphibole, en petites plages à cœur brunâtre et à bordure vert bleuté à bleu, et l'œigmatite, sous forme de grains pléochroïques opaques à lie-de-vin, caractérisent les variétés hyperalcalines. La mésostase contient aussi des opaques et, parfois, du zircon.

Comme les trachytes, les rhyolites comportent des variétés aphyriques et porphyriques. Les phénocristaux sont représentés par des feldspaths alcalins et du quartz. On note des microphénocristaux d'opaques. La mésostase montre un fond quartzo-feldspathique contenant de l'amphibole bleue, du clinopyroxène vert et de l'œigmatite dans les variétés hyperalcalines.

3. Minéralogie

Les principales phases minérales des laves felsiques des monts Bamenda ont été analysées à la microsonde électronique Camebax à l'université Nancy-1.

La composition des clinopyroxènes des benmoréites évolue de l'hédenbergite ($\text{Wo}_{46}\text{En}_{13}\text{Fs}_{41}$) à la ferrohédenbergite ($\text{Wo}_{37}\text{En}_3\text{Fs}_{60}$). Les clinopyroxènes des trachytes alcalins sont proches du diopside ($\text{Wo}_{42-45}\text{En}_{25-26}\text{Fs}_{30-33}$), tandis que ceux des trachytes hyperalcalins varient du diopside ($\text{Wo}_{43}\text{En}_{25}\text{Fs}_{32}$) à l'œgyrine ($\text{Wo}_{37}\text{En}_6\text{Fs}_{57}$). Les clinopyroxènes des laves felsiques étudiées montrent ainsi une grande gamme de composition, des pyroxènes riches en diopside aux

pyroxènes riches en œgyrine. L'œgyrine et l'œgyrine ont des teneurs en Na, Fe^{3+} et Ti qui augmentent avec la diminution de Ca et de Mg. Ces clinopyroxènes ont des teneurs en Si élevées (1,92–1,99 a.f.u.) et sont ainsi semblables à ceux des trachytes à néphéline et à quartz normatifs des monts Bamouto (1,94–1,96 et 1,93–1,99 a.f.u., respectivement) [15].

La richtérite et l'arfvedsonite sont les amphiboles caractéristiques des laves felsiques hyperalcalines étudiées. Dans la richtérite, les teneurs en MgO (0,4–5,7 %), TiO_2 (2,7–5,7 %) et CaO (1,1–4,7 %) sont plus élevées que dans l'arfvedsonite (0,03–1,1 % ; 0,1–2 % et 1–2,9 % respectivement). En revanche, les teneurs en FeO (31–34 %) et la somme des alcalins (8–9,7 %) sont plus élevées dans l'arfvedsonite que dans la richtérite (7,5–9,3 % et 27,4–30,9 % respectivement). L'évolution de la richtérite à l'arfvedsonite implique surtout des substitutions sous des conditions réductrices, selon l'équation $\text{Al}^{\text{IV}}\text{Ca} \leftrightarrow \text{Si}(\text{Na},\text{K})$. Une telle évolution a déjà été décrite dans les laves felsiques hyperalcalines du plateau Kapsiki [11,12].

Les œigmatites ont de faibles teneurs en MnO et des teneurs élevées en TiO_2 (1,1–1,9 % et 6,6–8,6 % respectivement). Leurs teneurs en CaO (0,07–0,4 %) et en Al_2O_3 (0,05–0,4 %) sont plus faibles que celles des œigmatites des laves felsiques hyperalcalines de la vallée de la Bénoué (0,1–0,5 % et 0,5–1,7 %, respectivement [13]). Ces faibles teneurs en Ca et Al indiquent une faible température [6] lors de la cristallisation.

L'olivine des trachytes alcalins des monts Bamenda est riche en MnO (3,4–3,5 %) et en FeO (Fe_{26-29}).

La titanomagnétite ($\text{MnO} = 0,7-2$ % et $\text{TiO}_2 = 18,6-27,7$ %) est plus pauvre en Cr_2O_3 ($\leq 0,08$ %) que celles des laves felsiques du plateau Kapsiki (16 % de Cr_2O_3 [13]). L'enrichissement relatif en Ti des oxydes Fe-Ti étudiés reflète l'abondance relative de TiO_2 de la roche hôte.

Les feldspaths des benmoréites évoluent de l'anorthose ($\text{An}_{14}\text{Ab}_{69}\text{Or}_{17}$) à la sanidine ($\text{An}_2\text{Ab}_{55}\text{Or}_{43}$). Les phénocristaux et les microlites des feldspaths des trachytes alcalins et hyperalcalins sont, soit des albites (Ab_{100}), soit des orthoses ($\text{Or} > 90$ %), avec quelques compositions intermédiaires ($\text{Ab}_{70}\text{Or}_{30}$).

4. Géochronologie

Des données géochronologiques K-Ar ont été acquises sur roches totales ou, pour deux échantillons, sur sanidine pour différents trachytes de la région de Bamenda, et sont présentées dans le Tableau 1. Les analyses ont été effectuées au laboratoire du CRPG de Nancy [17] ou à l'université de Queensland, en

Tableau 1

Âges K–Ar obtenus sur des roches felsiques (sanidine ou roche totale) de la région de Bamenda

Table 1

K–Ar ages obtained on felsic rocks (sanidine or whole rock) from the Bamenda area

Échantillon	Roche	K ₂ O (%)	⁴⁰ Ar* (10 ¹⁵ at/g)	⁴⁰ Ar* (%)	Âge (Ma)	Erreur (1 σ)	Laboratoire
BA34	Trachyte (san)	15	0,0555		12,7	0,2	CRPG
BA21	Trachyte (san)	15	0,0717		13,2	0,3	CRPG
BA18	Trachyte	4,08	0,0664		18,7	0,3	CRPG
BA48	Trachyte	5,24	0,0863		19,0	0,3	CRPG
BA49	Trachyte	5,40		73,94	19,6	0,5	Australie
BA20	Trachyte	5,26		74,35	20,6	0,5	Australie
BA70	Trachyte	5,19		84,49	22,2	0,5	Australie
BA67	Trachyte	5,79		86,81	27,4	0,6	Australie

Australie. Les âges obtenus montrent une répartition en deux épisodes distincts, un épisode centré sur 21 Ma, avec des âges variant de 18,7 à 22,2 Ma, et un épisode plus jeune, avec un âge à 12,7 et un autre à 13,2 Ma. Les âges proches de 20 Ma sont en bon accord avec les données obtenues sur les roches des provinces magmatiques voisines des monts Oku et Bambouto [8,9]. Les deux âges significativement plus jeunes ont été obtenus sur des sanidines de deux trachytes. Les phénocristaux de ces roches apparaissent très frais en lame mince, et sont exempts d'inclusions. Il paraît donc difficile d'attribuer ces âges jeunes à une perte d'argon dans ces minéraux. De plus, les âges obtenus correspondent à un épisode magmatique reconnu dans les monts Bambouto, avec des âges proches de 15 Ma [8]. On peut donc considérer que ces âges représentent un épisode tardif de l'activité magmatique dans cette région. L'âge de 27,4 Ma est plus difficile à interpréter et, en l'absence d'autres données similaires dans la région, il est sans doute prématuré de conclure à un autre épisode volcanique plus précoce. Cet âge plus ancien pourrait correspondre à un excès d'argon, et donc à un âge sans signification géologique. Cette donnée devra donc être confirmée par l'obtention d'autres âges similaires dans cette province volcanique.

Ces données, ainsi que leur répartition bimodale dans le temps, sont en accord avec l'absence d'un modèle simple de progression dans le temps de l'activité volcanique le long de la ligne du Cameroun, comme cela a déjà été souligné dans d'autres études [9,10].

5. Géochimie

Les analyses d'éléments majeurs et d'éléments traces sur roches totales ont été obtenues par ICP–AES et ICP–MS au laboratoire du CRPG de Nancy. Les analyses isotopiques de Sr et Nd ont été obtenues par thermo-ionisation au laboratoire « Magmas et volcans » de Clermont-Ferrand.

Les données en éléments majeurs des roches felsiques des monts Bamenda sont compatibles avec une évolution des magmas par cristallisation fractionnée. L'augmentation de la teneur en SiO₂ est fortement corrélée avec une diminution des concentrations en TiO₂, CaO et P₂O₅, tandis que K₂O augmente dans les échantillons intermédiaires (Fig. 3), avant de diminuer dans les échantillons les plus riches en SiO₂, traduisant ainsi le fractionnement du feldspath potassique en fin d'évolution. Il est important de noter que les échantillons les plus jeunes (groupe entre 12 et 13 Ma) ne se distinguent pas de la majorité des échantillons plus anciens. Cette observation est confirmée par les données en éléments traces qui montrent (Fig. 4), pour les éléments incompatibles tels que Th, Rb, Zr ou Hf, une seule droite d'évolution. Cela confirme, d'une part, que les échantillons sont bien liés entre eux par un processus de cristallisation fractionnée et d'autre part, que les magmas de départ de ces deux groupes de roches d'âges différents sont très proches chimiquement. Cela semble indiquer que les processus de genèse des magmas dans cette région sont restés similaires au cours du temps.

Les données isotopiques peuvent être utilisées pour évaluer l'importance des phénomènes de contamination des magmas par les roches de la croûte continentale lors des processus de cristallisation fractionnée. Cependant, les rapports isotopiques mesurés doivent être corrigés de la désintégration radioactive depuis la mise en place des magmas à la surface. Les rapports Rb/Sr des échantillons analysés sont très variables et peuvent atteindre des valeurs très élevées, supérieures à 80. La correction de désintégration avec de tels rapports est donc très importante et nécessite une connaissance précise de l'âge des échantillons. L'âge de nombre de roches n'étant pas connu avec la précision requise, les compositions isotopiques en Sr ne peuvent pas être utilisées de manière fiable dans cette étude. Les rapports Sm/Nd étant beaucoup moins variables, et la période de

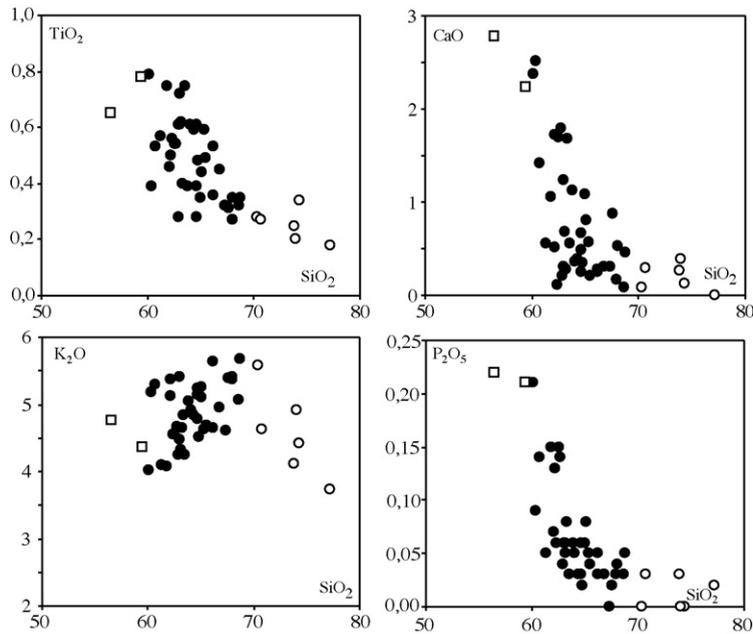


Fig. 3. Diagrammes SiO_2 –éléments majeurs (% poids) pour les laves felsiques étudiées. Les carrés représentent les benmoréites, les ronds noirs représentent les trachytes et les ronds blancs représentent les rhyolites.

Fig. 3. SiO_2 –major element (wt%) diagrams for the studied felsic rocks. Squares = benmoreites; black circles = trachytes; open circles = rhyolites.

désintégration du ^{147}Sm beaucoup plus longue que celle du ^{87}Rb , la correction de désintégration pour les rapports isotopiques du Nd est moins importante et peut être effectuée pour un groupe de roches âgées de 13 Ma et un autre dans lequel l'âge considéré est de 21 Ma, s'il n'a pas été déterminé par la méthode K–Ar. Pour les raisons discutées précédemment, seules les données isotopiques du Nd seront prises en considération dans la suite de la discussion.

Le rapport initial $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ des roches étudiées varie entre 0,51245 et 0,51277. Ce rapport est fortement corrélé avec la teneur en SiO_2 des échantillons (Fig. 5). Cette corrélation est aussi observée, pour des valeurs de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ et de SiO_2 similaires, dans les roches acides de la région de Bambouto, au sud-ouest des monts Bamenda [8], ainsi que dans les roches de la vallée de la Bénoué, plus au nord [13]. Cette caractéristique semble bien indiquer l'intervention significative d'un composant crustal dans la genèse des roches acides de l'ensemble de cette région.

6. Discussion

Deux hypothèses ont été proposées pour expliquer l'origine des laves felsiques, surtout celles qui évoluent vers les liquides hypercalins. L'une suggère la cristallisation fractionnée à partir de magmas basal-

tiques transitionnels, avec éventuellement la superposition de phénomènes de contamination crustale [3,5,14]. L'autre suggère que les laves felsiques hypercalines et les basaltes associés représentent deux liquides génétiquement indépendants, les basaltes provenant du manteau et les liquides felsiques étant engendrés dans la croûte par fusion, soit de la croûte ancienne, soit des basaltes récents sous-jacents [1,2].

Plusieurs arguments peuvent être avancés dans le cas des laves acides des monts Bamenda pour plaider en faveur de la première hypothèse, c'est-à-dire une genèse des roches acides par cristallisation fractionnée à partir de magmas basiques. Dans le diagramme Zr vs. Rb (Fig. 4), les échantillons des monts Bamenda se reportent sur la même ligne que les échantillons basiques et acides des monts Bambouto [8], donc dérivent des mêmes magmas basiques de départ. Seuls les échantillons les plus riches en Zr (notamment les rhyolites) échappent à cette tendance et voient leur composition se rapprocher de celle des granites de la région. Même si cette composition n'est pas forcément représentative de celle du contaminant, cette observation conforte l'hypothèse de la contamination crustale de ces magmas. Cette composition crustale [8] est riche en Rb (225 ppm) pour une teneur intermédiaire en Zr (623 ppm). La corrélation négative observée entre le rapport $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ et le rapport Th/Nb (non montré)

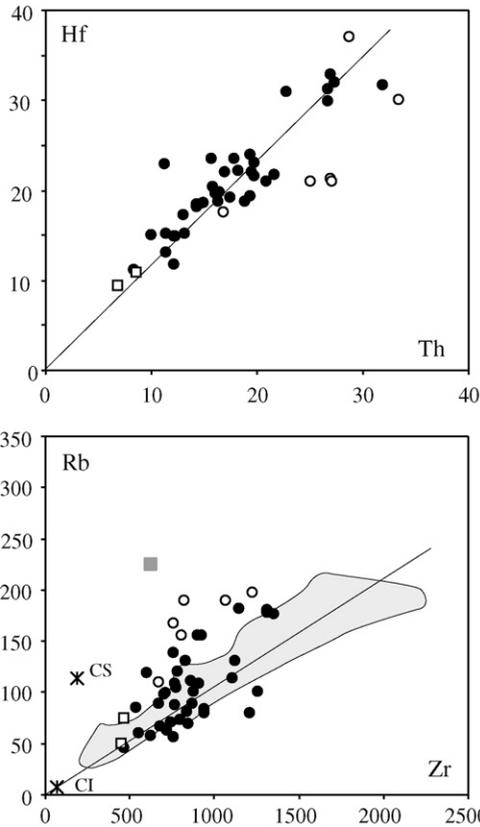


Fig. 4. Diagrammes d'éléments traces (ppm) pour les différentes roches felsiques (même légende que pour la Fig. 3). Le domaine en grisé représente les roches basiques et acides d'autres provinces de la ligne du Cameroun [8]. Le carré gris représente la composition de la croûte continentale locale [8]. Les étoiles représentent la composition de la croûte continentale supérieure (CS) et inférieure (CI) d'après [16].

Fig. 4. Trace element (ppm) diagrams for the different felsic rocks (same legend as in Fig. 3). The grey field represents the data from other provinces of the Cameroon Line [8]. The grey square represents the local crustal rocks [8]. The stars represent the composition of the upper crust (CS) and the lower crust (CI) from [16].

est en accord avec l'assimilation d'un composant pauvre en Nb, typique des compositions de la croûte continentale. À l'opposé, la corrélation positive (non montrée) entre le rapport $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ et le rapport Eu/Eu^* , marqueur de la cristallisation fractionnée, et notamment du fractionnement de plagioclase, montre que la cristallisation fractionnée a joué un rôle très important dans l'évolution de ces magmas. La combinaison de ces observations est donc en bon accord avec l'hypothèse de la genèse de ces magmas acides par cristallisation fractionnée et assimilation de roches crustales (processus d'AFC). Ce processus ne peut pas être modélisé, car la composition chimique et isotopique du contaminant crustal n'est pas connue avec

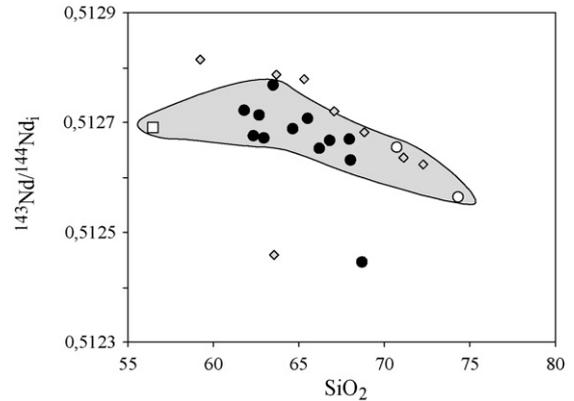


Fig. 5. $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_i$ vs. SiO_2 (% poids) pour les roches felsiques de la région de Bamenda (même légende que pour la Fig. 3). Les losanges gris représentent des données obtenues sur des roches acides d'autres provinces volcaniques du Cameroun [8,12].

Fig. 5. $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_i$ vs. SiO_2 (wt%) for the felsic rocks from the Bamenda Mountains (same legend as in Fig. 3). Grey diamonds represent felsic rocks from other volcanic provinces [8,12].

précision et les compositions moyennes de la croûte continentale supérieure ou inférieure [16] sont trop pauvres en éléments incompatibles pour représenter un contaminant potentiel (Fig. 4).

7. Conclusion

Les laves felsiques des monts Bamenda sont constituées de benmoréites et de trachytes et rhyolites alcalins à hyperalcalins. Ces roches ont été mises en place lors de deux épisodes volcaniques distincts, l'un centré autour de 21 Ma, l'autre autour de 13 Ma. Ces âges sont tout à fait cohérents avec les âges des roches volcaniques des provinces voisines. Les compositions en éléments majeurs et traces des différentes roches montrent une évolution, depuis les termes les moins différenciés jusqu'aux roches les plus différenciées, par un processus de cristallisation fractionnée faisant intervenir la cristallisation de minéraux ferromagnésiens, d'apatite, de plagioclase et de feldspath en fin d'évolution. La corrélation entre certains indices de différenciation par cristallisation fractionnée (SiO_2 , Eu/Eu^*) et le rapport isotopique du néodyme des roches étudiées implique la contamination de ces magmas par les roches de la croûte continentale pendant leur différenciation. Dans l'ensemble, ces données sont en accord avec l'absence d'une évolution dans le temps de la localisation du volcanisme le long de la ligne du Cameroun, et montrent un mécanisme identique de genèse des roches acides au cours du temps et pour les

différentes provinces volcaniques adjacentes (Bamenda, Oku et Bambouto).

Remerciements

Les auteurs remercient le ministère français de la Coopération pour avoir permis à l'un de nous (P. Kamgang), au travers du projet Campus, de séjourner à l'université Nancy-1 et au CRPG de Nancy (France). Ils remercient aussi Raymond Montigny, Jacques Touret et un lecteur anonyme pour leurs commentaires avisés.

Références

- [1] S. Black, R. Macdonald, M.R. Kelly, Crustal origin of peralkaline rhyolites from Kenya: evidence from U-series disequilibria and Th-isotopes, *J. Petrol.* 38 (1997) 277–297.
- [2] W.A. Bohron, M.R. Reid, Genesis of peralkaline volcanics rocks in an oceanic island setting by crustal melting and open-system processes: Socorro Island, Mexico, *J. Petrol.* 38 (1997) 1137–1166.
- [3] G. Chazot, H. Bertrand, Genesis of silicic magmas during Tertiary continental rifting in Yemen, *Lithos* 36 (1995) 69–83.
- [4] J.-C. Dumort, Notice explicative sur la feuille Douala-Ouest + carte géologique de reconnaissance au 1/500 000, *Bur. Rech. Géol. Min., Dir. Mines Géol., Cameroun*, 1968.
- [5] M. Gasparon, F. Innocenti, P. Manetti, A. Peccerillo, A. Tsegaye, Genesis of the Pliocene to Recent bimodal mafic felsic volcanism in the Debre Zeit area, Central Ethiopia: volcanological and geochemical constraints, *J. Afr. Earth Sci.* 17 (1993) 145–165.
- [6] L.M. Larsen, Aenigmatite from the Ilimaussaq intrusion, South Greenland: chemistry and petrological implications, *Lithos* 10 (1977) 257–270.
- [7] M.J. Le Bas, R.W. Le Maître, A. Streckeisen, B. Zanettin, A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram, *J. Petrol.* 27 (1986) 745–750.
- [8] A. Marzoli, P.R. Renne, E.M. Piccirillo, C. Francesca, G. Bellieni, A.J. Melfi, J.B. Nyobe, J. N'ni, Silicic magmas from the continental Cameroon Volcanic Line (Oku, Bambouto and Ngaoundere): ^{40}Ar – ^{39}Ar dates, petrology, Sr–Nd–O isotopes and their petrogenetic significance, *Contrib. Mineral. Petrol.* 135 (1999) 133–150.
- [9] A. Marzoli, E.M. Piccirillo, P.R. Renne, G. Bellieni, M. Iacumin, J.B. Nyobe, A.T. Tongwa, The Cameroon Volcanic Line revisited: petrogenesis of continental basaltic magmas from lithospheric and asthenospheric mantle sources, *J. Petrol.* 41 (2000) 87–109.
- [10] R. Montigny, I. Ngoumouno, B. Déruelle, Âges K–Ar des roches magmatiques du fossé de Garoua (Cameroun) : leur place dans le cadre de la « ligne du Cameroun », *C. R. Geoscience* 336 (2004) 1463–1471.
- [11] I. Ngounouno, B. Déruelle, Données nouvelles sur le volcanisme cénozoïque du plateau Kapsiki (Nord Cameroun), *C. R. Acad. Sci. Paris Ser. IIA* 324 (1997) 285–292.
- [12] I. Ngounouno, B. Déruelle, D. Demaiffe, Petrology of the bimodal Cenozoic volcanism of the Kapsiki plateau (northernmost Cameroon, Central Africa), *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 102 (2000) 21–44.
- [13] I. Ngounouno, B. Déruelle, D. Demaiffe, R. Montigny, Petrology of the Cenozoic volcanism in the Upper Benue valley, northern Cameroon (Central Africa), *Contrib. Mineral. Petrol.* 145 (2003) 87–106.
- [14] A. Peccerillo, M.R. Barberio, G. Yirgu, D. Ayalew, M. Barbieri, T.W. Wu, Relations between mafic and peralkaline silicic magmatism in continental rift settings: a petrological, geochemical and isotopic study of the Gedemsa Volcano, Central Ethiopian Rift, *J. Petrol.* 11 (2003) 2003–2032.
- [15] G. Salviulo, L. Secco, A. Marzoli, E.M. Piccirillo, J.B. Nyobe, Ca-rich pyroxene from basic and silicic volcanic rocks from the Cameroon Volcanic Line (West-Africa): crystal chemistry and petrological relationships, *Mineral. Petrol.* 70 (2000) 73–88.
- [16] S.R. Taylor, S.M. McLennan, *The continental crust: its composition and evolution*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1985.
- [17] J.-L. Zimmermann, M. Vernet, G. Guyetand, D. Dautel, Données sur potassium et argon (de 1976 à 1984) dans quelques échantillons géochimiques de référence, *Geostand. News* 9 (1985) 205–208.