

Stratigraphic/*Stratigraphy*
(Géochimie/*Geochemistry*)

94078

**Stratigraphie, géochimie et signification paléotectonique des
roches volcaniques basiques mésozoïques des Andes
boliviennes**

Pierre SOLER et Thierry SEMPERE

Résumé – L'étude stratigraphique et géochimique du volcanisme basique mésozoïque de la Cordillère Orientale et de la zone subandine de Bolivie montre que ce volcanisme s'est mis en place au cours d'au moins cinq épisodes, tous développés en contexte intracontinental distensif. On y distingue des basaltes tholéïtiques (Trias moyen) et des basaltes et andésites basaltiques alcalins (Jurassique, Jurassique terminal-Crétacé inférieur, Barrémien-Aptien, Coniacien). Les événements distensifs que mettent en évidence ces épisodes volcaniques corroborent les conclusions des études sédimentologiques et stratigraphiques.

**Stratigraphy, geochemistry, and paleotectonic significance of the Mesozoic mafic
volcanic rocks of the Bolivian Andes**

Abstract – The stratigraphic and geochemical study of the Mesozoic mafic volcanic rocks of the Cordillera Oriental and Subandean belt of Bolivia shows that the emplacement of these volcanic intercalations took place during at least five episodes of intracontinental extension. Tholeiitic basalts (mid-Triassic), and alkali basalts and basaltic andesites (Jurassic, latest Jurassic-early Cretaceous, Barremian-Aptian, Coniacian) are distinguished. The extensional events evidenced by these volcanic episodes are in good agreement with the conclusions of previous sedimentologic and stratigraphic studies.

Abridged English Version – At least five basic volcanic episodes are currently known in the Mesozoic strata of the Cordillera Oriental and Subandean belt of Bolivia (Sempere *et al.*, 1988; Sempere, in press), respectively in the middle (to late?) Triassic, Jurassic, latest Jurassic-earliest Cretaceous, early Cretaceous (Barremian-Aptian?) and Coniacian (*fig. 1*).

The mid-Triassic basalt flows are thick and occur in grabens filled by red beds and minor evaporites. These basalts are altered and show either a doleritic texture with calcic plagioclase and clinopyroxene, or a porphyric texture with calcic plagioclase and olivine phenocrysts. They are evolved ($\text{FeO}/\text{MgO} \approx 1.55$; $\text{Cr} < 140$ ppm; $\text{Ni} < 80$ ppm), quartz-, or olivine-normative basalts. Their compositions are very similar, typical of intracontinental "post-orogenic" tholeiitic to transitional basalts, with rather low contents of K_2O (0.6-1.2%), P_2O_5 ($\approx 0.25\%$), TiO_2 ($\approx 1.2\%$), and incompatible elements ($\text{Th} < 2$ ppm, $\text{Zr} < 100$ ppm, $\text{Ta} < 0.5$ ppm, $\text{La} < 11$ ppm), moderate Th/Ta (≈ 3.5), Th/Tb (≈ 2) and La/Nb (1.3-1.7) ratios, relatively high Y/Nb (3.3-4.4), Tb/Ta (1.6-1.7), Hf/Ta (5.6-6.1) or Zr/Nb (11-16) ratios and moderately steep REE patterns ($\text{La}/\text{Yb} \approx 5$; $\text{Sm}/\text{Yb} \approx 1.9$) with very small negative Eu anomalies ($0.91 < \text{Eu}/\text{Eu}^* < 0.97$). Similar coeval basalts are known in Peru, west-central Argentina and Chile.

In contrast, the Jurassic to Senonian basalts are (weakly) alkaline. They are generally altered and show either a trachytic, more or less porphyric, texture with oriented phenocrysts of olivine, calcic plagioclase, clinopyroxene, titanomagnetite, rare phlogopite, and rare nepheline in an oriented, fine-grained, in some cases partly vitreous, groundmass with plagioclase, clinopyroxene, titanomagnetite, or a doleritic texture with the same mineralogy. They are olivine- and nepheline-normative and display diverse degrees of differentiation ($\text{FeO}/$

Note présentée par Jean DERCOURT.

0764-4450/93/03160777 \$ 2.00 © Académie des Sciences

C. R., 1993, 1^{er} Semestre (T. 316)

Série II – 57

Fonds Documentaire IRD



010024187

Fonds Documentaire IRD

Cote : B x 24187 Ex : unique

MgO=0.8-2.2; Cr=700-100 ppm; Ni=285-40 ppm). They have geochemical characteristics of alkaline intra-plate magmas related to tensional or transtensional conditions: high contents in K₂O (2-4%), P₂O₅ (0.5-1.2%), TiO₂ (1.2-2.7%) and incompatible trace elements, very low Th/Ta (<2.25), La/Nb (<1), Tb/Ta (<0.4), Y/Nb (<0.8), Hf/Ta (<1.8), Zr/Nb (<4.8) and Zr/Th (22-42) ratios, moderately high Th/Tb (4-11) and steep REE patterns (13<La/Yb<40; 2.3<Sm/Yb<6.1) with negative Eu anomalies (0.74<Eu/Eu* <0.97). They conceivably originated by low percentages of melting of a garnet-bearing lherzolitic mantle source. The basalts sporadically intercalated in the middle to upper part of the fluvio-eolian Jurassic Ravelo Fm apparently correspond to the lowest percentages of melting, in agreement with the limited nature of coeval tensional tectonics. The latest Jurassic-earliest Cretaceous basalts are intercalated in proximal alluvial strata showing evidence of tensional synsedimentary tectonics. They are coeval with alkaline plutons known in northeastern Bolivia (Litherland *et al.*, 1986), southern Bolivia (Avila-Salinas, 1986), and northwestern Argentina (Gallisky and Viramonte, 1988). The composition of the late Neocomian-Aptian (?) basaltic andesite at Otavi suggests that it may have derived from a magma akin to the earliest Cretaceous basalt. The \approx Coniacian basaltic episode is the most important in volume. Flows and sills of that age are known between lat 17°S and 27°S. In Bolivia, they are intercalated in red beds (lower Aroifilla Fm) deposited in a tensional setting, and were erupted in several grabens. They are similar to coeval basalts known in Peru (Soler, 1989, 1991) and northwestern Argentina (Gallisky and Viramonte, 1988).

CONCLUSIONS. — The geochemical study of the Mesozoic basalts of Bolivia confirms recent stratigraphic works and basin analyses. It outlines the specificity of the mid-Triassic tholeiitic basalts when compared to the Jurassic-Senonian alkali basalts. All were emplaced in tensional or transtensional settings, but the former immediately post-date the early to middle Triassic calc-alkaline magmatism known in Peru, Bolivia and Chile and are related to the first fragmentation of Pangea, without evidence for subduction along its western margin (Ramos and Kay, 1991; Soler, 1991), whereas the Jurassic-Aptian? basalts were erupted during the long diachronous opening of the southern Atlantic. The \approx Coniacian episode seems related to the onset of foreland conditions in present-day Andean Bolivia (Sempere, in press).

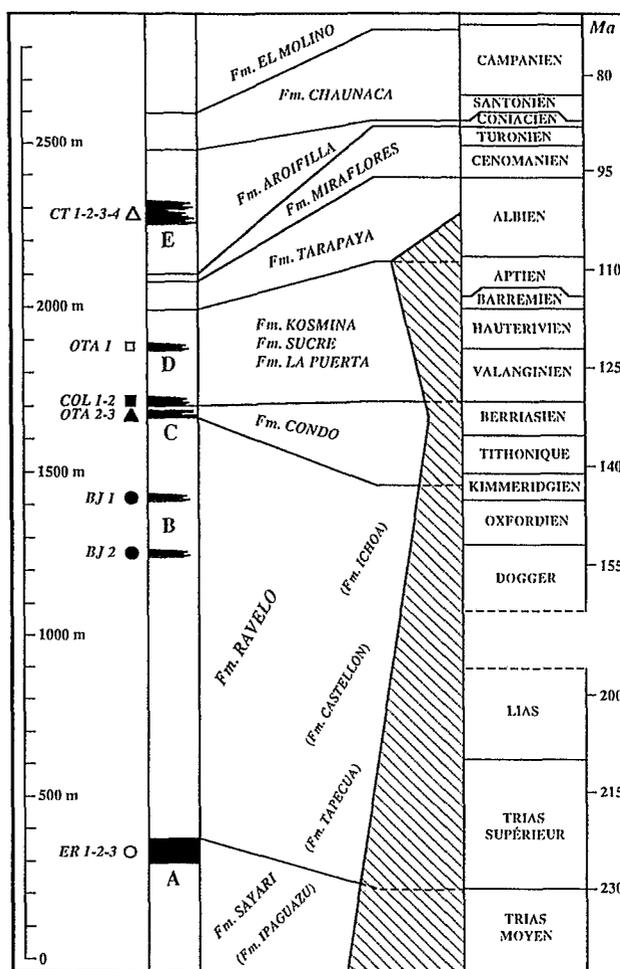
I. INTRODUCTION. — Du fait de la propagation loin vers l'Est de la déformation andine depuis l'Oligocène supérieur (e. g. Sempere *et al.*, 1990), la Cordillère Orientale et la zone subandine de Bolivie offrent d'excellents affleurements de terrains mésozoïques et constituent une zone privilégiée pour étudier l'évolution du domaine cratonique à l'Est des proto-Andes. Des études récentes ont conduit à une révision de la stratigraphie du Mésozoïque bolivien et à une interprétation de l'évolution tectonique de cette région au cours de cette période. L'étude géochimique des épisodes volcaniques intercalés dans ces séries mésozoïques autorise des hypothèses paléotectoniques qui corroborent celles tirées de l'analyse sédimentaire.

II. STRATIGRAPHIE. — Le volcanisme basique mésozoïque de la Cordillère Orientale et de la zone subandine de Bolivie était traditionnellement considéré comme correspondant à un, voire deux épisodes volcaniques attribués au Crétacé inférieur et au Sénonien. Les révisions stratigraphiques (Sempere *et al.*, 1988; Jaillard et Sempere, 1989; Sempere, sous presse) ont montré que ce volcanisme correspond à au moins cinq épisodes d'âges Trias

moyen (à supérieur?), Jurassique, Jurassique terminal-Crétacé basal, Crétacé inférieur (Barrémien-Aptien) et Coniacien (fig. 1).

Fig. 1. — Colonne stratigraphique synthétique du Mésozoïque de la Cordillère Orientale de Bolivie (d'après Oller et Sempere, 1990, et Sempere, sous presse) et localisation stratigraphique des roches volcaniques étudiées. Les noms de formations entre parenthèses correspondent aux formations équivalentes de la zone subandine.

Fig. 1. — Synthetic Mesozoic stratigraphic column of the Bolivian Cordillera Oriental (after Oller and Sempere, 1990, and Sempere, in press) and stratigraphic location of studied volcanic rocks. The southern Subandean stratigraphic equivalents are given in brackets.



Le premier épisode (A) surmonte des couches rouges fluvio-lacustres à intercalations d'évaporites (Fm. Ipaguazú, Fm. Sayari) d'âge approximatif Trias moyen, déposées dans des grabens d'orientation générale NW, localement NNE (Oller et Sempere, 1990) (ER 1, 2 et 3, fig. 2). L'intercalation volcanique (basaltes d'Entre Ríos en zone subandine, basalte de Tarabuco en Cordillère Orientale), dont la puissance peut dépasser 100 m, est constituée de coulées pluridécamétriques de basaltes. En zone subandine ces basaltes ont fourni des âges K-Ar sur roche totale allant de 233 à 45 Ma (Gulf Oil Company, 1964, inédit). Compte tenu des contraintes stratigraphiques, l'âge le plus ancien (fin du Trias moyen) apparaît comme une approximation raisonnable de l'âge de mise en place.

Le second épisode (B) se manifeste sporadiquement en Cordillère Orientale par des coulées de basaltes peu épaisses intercalées dans des grès fluvio-éoliens de la partie moyenne à supérieure de la Fm. Ravelo (Oller et Sempere, 1990), située au-dessus de l'intercalation volcanique A et antérieure au Jurassique terminal. Un âge Jurassique moyen à supérieur paraît probable, mais en l'absence de faune et de datation, il est difficile d'être plus précis.

Le troisième épisode (C) n'a été reconnu qu'en deux localités. Près d'Otavi (OTA 2, 3, *fig. 2*), huit coulées basaltiques peu puissantes (2 à 5 m), très scoriacées et vacuolaires,

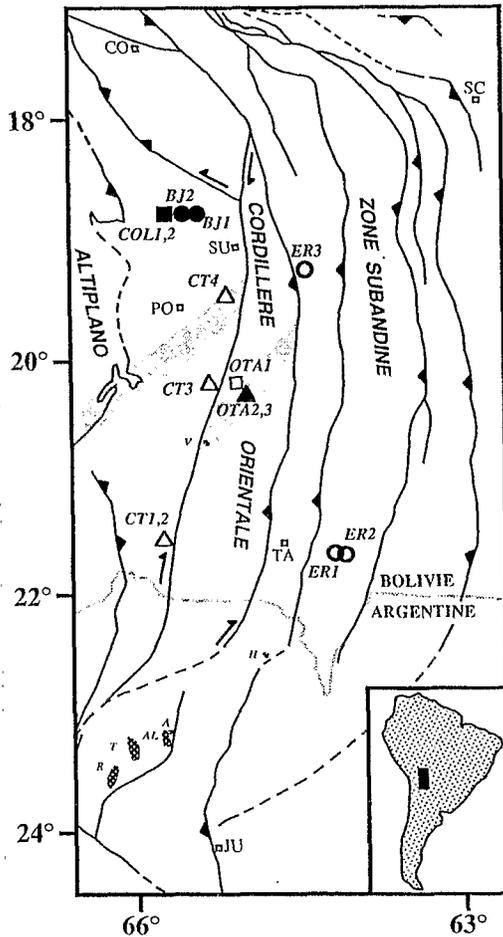


Fig. 2. — Carte de localisation des échantillons étudiés. Fond tectonique (structuration Oligocène supérieur à Quaternaire) d'après Sempere *et al.*, 1988. Localités : CO, Cochabamba; SC, Santa Cruz; SU, Sucre; PO, Potosi; TA, Tarija; JU, Jujuy. Bande en grisé clair : paléo-couloir structural de Khenayani-Turuchipa (CPKT), d'après Sempere (sous presse). En grisé foncé : intrusions de granitoïdes « anorogéniques » (alignement Rangel-Hornillos : R, Rangel; T, Tusaquillas; AL, Abra Laite; A, Aguilar; H, Hornillos (d'après Gallisky et Viramonte, 1988); au sein du CPKT : V, Vichacla (d'après Avila-Salinas, 1986).

Fig. 2. — Location of the studied samples. Tectonic sketchmap (Late Oligocene to Quaternary) after Sempere *et al.*, 1988. Towns: CO, Cochabamba; SC, Santa Cruz; SU, Sucre; PO, Potosi; TA, Tarija; JU, Jujuy. Light grey strip: Khenayani-Turuchipa paleostructural corridor (CPKT) after Sempere (in press). Dark grey: intrusions of "anorogenic" granitoids (Rangel-Hornillos belt: R, Rangel; T, Tusaquillas; AL, Abra Laite; A, Aguilar; H, Hornillos (after Gallisky and Viramonte, 1988); within the CPKT: V, Vichacla (after Avila-Salinas, 1986).

sont intercalées dans les conglomérats et grès de la Fm. Condo, attribuée au Jurassique terminal-Berriasien et déposée dans des environnements alluviaux proximaux contemporains d'une tectonique en extension (Sempere, sous presse). Près de Colquechaca (COL 1, 2, *fig. 2*) il s'agit de coulées peu puissantes intercalées dans la partie basale du Crétacé inférieur (Fm. Sucre). Cet épisode est contemporain de plutons alcalins qui définissent des alignements NE-SO, dont les plus importants sont ceux de Velasco à l'ENE de Santa Cruz (Litherland *et al.*, 1986) et celui de Rangel-Hornillos dans le Nord-Ouest argentin (e. g. Gallisky et Viramonte, 1988) (*fig. 2 B*).

Le quatrième épisode (D) n'est connu que près d'Otavi (OTA 1, *fig. 2*) dans les grès de la Fm. La Puerta *s. s.*, attribuée au Néocomien-Aptien. Il se manifeste par une coulée d'andésite basaltique d'une quinzaine de mètres de puissance.

Le cinquième épisode (E), auquel on rattachait traditionnellement la plupart des intercalations volcaniques mésozoïques connues en Bolivie, est le plus important en volume. Il se manifeste depuis le Nord-Ouest argentin (e. g. Gallisky et Viramonte, 1988) jusqu'à la latitude de Cochabamba (Sempere *et al.*, 1988). Les coulées volcaniques et sills, dont la puissance cumulée peut dépasser 200 m, sont intercalées dans les pélites et grès fins rouges de la partie inférieure de la Fm. Aroifilla, attribuée au Coniacien (Sempere, sous

presse). L'épaisseur très variable de cette formation, dont la base peut être érosive, suggère une subsidence différentielle due à de l'extension (Sempere, sous presse). Les basaltes, dont l'un a fourni un âge de 85,1 Ma (K-Ar; références dans Sempere *et al.*, 1988), se sont mis en place dans des grabens d'orientation N-S et NW-SE.

III. PÉTROGRAPHIE ET GÉOCHIMIE. — Les roches volcaniques de ces cinq intercalations présentent systématiquement des phénomènes d'altération souvent poussés. Notre but étant de cerner le contexte tectonique de mise en place des roches volcaniques plutôt que d'en entreprendre une étude pétrogénétique détaillée, l'approche géochimique sur roches totales par utilisation des éléments inertes ou peu mobiles lors de l'altération était *a priori* plus efficace qu'une approche chimico-minéralogique. L'étude pétrographique et surtout géochimique, encore préliminaire, a porté sur un faible nombre d'échantillons (14 analyses). Elle permet de mettre en évidence deux grands types de basaltes :

— Les basaltes de l'épisode A (Trias moyen) présentent des textures variant de doléritique avec plagioclase calcique et clinopyroxène millimétriques, à porphyrique avec phénocristaux de plagioclase calcique et olivine (1-2 mm) dans un fond microlithique à plagioclase calcique, clinopyroxène et titanomagnétite. Ils sont généralement altérés (serpentinisation de l'olivine, développement de calcite, chlorite et oxydes, etc.).

Ces basaltes sont à quartz ou olivine normatifs et ont des compositions typiques de basaltes tholéitiques à transitionnels. Ils ne sont pas primitifs ($\text{FeO/MgO} \approx 1,55$; $\text{Cr} < 140$ ppm; $\text{Ni} < 80$ ppm) et se caractérisent par des teneurs relativement basses en K_2O (0,6-1,2 %), P_2O_5 ($\approx 0,25$ %), TiO_2 ($\approx 1,2$ %) et en éléments traces incompatibles ($\text{Th} < 2$ ppm, $\text{Zr} < 100$ ppm, $\text{Ta} < 0,5$ ppm, $\text{La} \ll 10$ ppm), des rapports Th/Ta ($\approx 3,5$), Th/Tb (≈ 2) et La/Nb (1,3-1,7) intermédiaires, des rapports Y/Nb (3,3-4,4), Tb/Ta (1,6-1,7), Hf/Ta (5,6-6,1) ou Zr/Nb (11-16) relativement élevés et des spectres de Terres Rares peu fractionnés ($\text{La/Yb} \approx 5$; $\text{Sm/Yb} \approx 1,9$) avec une anomalie négative en Eu très peu marquée ($0,91 < \text{Eu/Eu}^* < 0,97$). Des basaltes de même âge et de compositions similaires, dérivant vraisemblablement par fusion partielle à faible taux d'un manteau lherzolitique à spinelle, ont été décrits dans des grabens triasiques d'orientation générale NO-SE dans le Pérou central (Noble *et al.*, 1978) et méridional (Audebaud et Vatin-Pérignon, 1974) et dans l'Ouest argentin (Ramos et Kay, 1991).

— Les basaltes des épisodes plus récents (B, C et E) peuvent être soit à texture trachytique (coulées) plus ou moins porphyrique avec phénocristaux inframillimétriques à plurimillimétriques d'olivine, clinopyroxène, plagioclase calcique, \pm titanomagnétite, \pm rares phlogopite et néphéline (uniquement pour l'épisode E) soulignant une fluidalité dans une matrice orientée fine (50-200 μm), partiellement vitreuse dans certains cas, à plagioclase calcique, clinopyroxène et oxydes, soit (sills et certaines parties centrales de coulées) à texture doléritique à olivine, clinopyroxène, plagioclase calcique et opaques. On y observe le développement de serpentine \pm chlorite \pm hématite \pm carbonates aux dépens de l'olivine, de chlorite \pm hématite \pm carbonates aux dépens du pyroxène, une albitisation des plagioclases, et, dans le fond microlithique, le développement plus ou moins poussé d'albite, chlorite, smectites, carbonates et hématite. Les minéraux ferromagnésiens sont parfois totalement remplacés par l'hématite et des carbonates (épisode C, près d'Otavi), les basaltes étant alors lardés de micro-veinules de carbonates. Près de Colquechaca (épisode C), où seules des parties scoriacées ont pu être échantillonnées, on note, outre des fantômes hématisés de minéraux ferromagnésiens, un remarquable développement d'adulaire en veinules, en remplissage de cavités et dans la matrice oxydée.

Ces basaltes, à olivine et néphéline normatives, sont alcalins à faiblement alcalins. Ils présentent des degrés divers de différenciation ($\text{FeO/MgO} = 0,8-2,2$; $\text{Cr} = 700-100$ ppm; $\text{Ni} = 285-40$ ppm) et les caractéristiques géochimiques de magmas intra-plaques dont l'emplacement est lié à des conditions d'extension ou de transtension : teneurs élevées en K_2O (2-4 %, dans les termes peu modifiés par altération), P_2O_5 (0,5-1,2 %), TiO_2 (1,2-2,7 %) et en éléments traces incompatibles, des rapports Th/Ta ($< 2,25$), La/Nb (< 1), Tb/Ta ($< 0,4$), Y/Nb ($< 0,8$), Hf/Ta ($< 1,8$), Zr/Nb ($< 4,8$) et Zr/Th (22-42) très faibles, des rapports Th/Tb (4-11) relativement élevés et des spectres de Terres Rares fractionnés ($13 < \text{La/Yb} < 40$; $2,3 < \text{Sm/Yb} < 6,1$) avec une anomalie négative en Eu variable ($0,74 < \text{Eu/Eu}^* < 0,97$) en accord avec le fractionnement plus ou moins important de plagioclase. Les teneurs et les rapports de teneurs en éléments incompatibles sont très voisins pour tous ces basaltes, ce qui suggère des sources mantelliques (lherzolite à grenat?) et des taux de fusion grossièrement similaires pour les épisodes B, C et E. Ils sont similaires aux basaltes de l'Aptien, et du Crétacé supérieur du Pérou central (Soler, 1989) et du Nord-Ouest argentin (Gallisky et Viramonte, 1988). On y observe des différences chimiques de second ordre : les basaltes de la fin de l'épisode C (Colquechaca) ont des spectres de Terres Rares plus fractionnés et des teneurs plus faibles en Sc, Y et Terres Rares intermédiaires et lourdes que les autres basaltes, ce qui suggère une proportion plus importante de grenat dans leur source. Les relations entre teneurs en éléments compatibles et éléments incompatibles suggèrent que les basaltes du Jurassique (épisode B) correspondent aux taux de fusion les plus faibles, ce qui serait en accord avec la distension de la distension associée à cet épisode.

— L'andésite basaltique de l'épisode D (OTA 1) est porphyrique à phénocristaux centimétriques de plagioclase en grande partie séricitisé et systématiquement entouré d'une frange radiale d'adulaire (\pm hématite) et de rares phénocristaux de clinopyroxène dans un fond microgrenu à plagioclase altéré, hématite, calcite et adulaire. Le développement d'adulaire semble constituer un trait spécifique des roches volcaniques de l'épisode D et de la fin de l'épisode C; son origine est vraisemblablement liée à des phénomènes d'altération supergène. L'andésite basaltique OTA 1 a une composition chimique qui permet d'en faire un terme différencié, par cristallisation \pm fractionnée, à partir d'un parent basaltique similaire aux basaltes de l'épisode C.

L'ensemble des caractéristiques chimiques de ces roches volcaniques peut être résumé dans un diagramme de normalisation aux tholéiites des zones d'expansion océanique (MORB) (*fig. 3*), dans lequel on retrouve des spectres caractéristiques de basaltes tholéiitiques intercontinentaux d'une part (épisode A) et de basaltes alcalins d'autre part (épisodes B, C et E) et dans un exemple de diagramme triangulaire « discriminant » (*fig. 4*) dans lequel les deux groupes sont parfaitement distincts, le premier tombant dans le champ des « séries volcaniques intracontinentales post-orogéniques », l'autre dans celui des « séries alcalines intraplaque ».

IV. CONCLUSIONS. — Nos données géochimiques sur les basaltes mésozoïques de Bolivie renforcent les conclusions obtenues à partir de l'étude sédimentologique et stratigraphique des bassins mésozoïques. Elles confirment la corrélation proposée entre les basaltes d'Entre Ríos et ceux de Tarabuco et montrent la spécificité de ce groupe du Trias moyen (tholéiites intracontinentales) par rapport aux basaltes mésozoïques plus jeunes (basaltes alcalins). Elles sont en accord avec une mise en place des basaltes du Trias moyen, du Jurassique, du Jurassique terminal-Crétacé basal, du Barrémien-Aptien et du Coniacien au cours d'épisodes d'extension ou de transtension. Ces événements distensifs n'ont

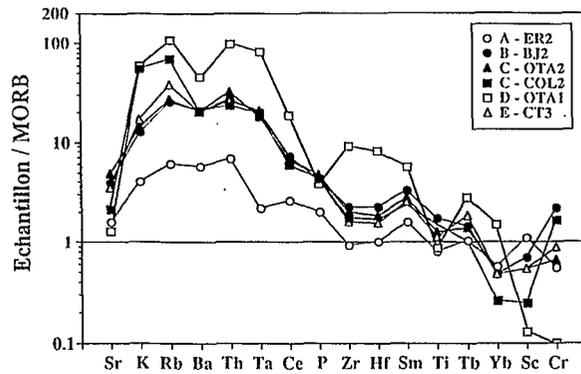


Fig. 3. - Diagramme multi-éléments de normalisation aux MORB pour six des échantillons étudiés. Valeurs de normalisation (en parties par million sauf pour K, P, Ti en pourcent d'oxydes) : Sr, 120; K, 0,15; Rb, 2; Ba, 20; Th, 0,2; Ta, 0,18; Ce, 10; P, 0,12; Zr, 90; Hf, 2,4; Sm, 2,3; Ti, 1,5; Tb, 0,68; Yb, 3,4; Sc, 40; Cr, 250. Les analyses ont été réalisées par ICP (éléments majeurs et une partie des éléments traces) au CRPG à Nancy et par activation neutronique (Cs, Th, Ta, Hf, Terres Rares) à l'Université Cornell aux États-Unis. Elles seront fournies par les auteurs aux lecteurs qui en feront la demande.

Fig. 3. - MORB-normalized spider diagram for six of the studied samples. Normalizing values (in part per million, except K, P, Ti in wt. % oxide): Sr, 120; K, 0.15; Rb, 2; Ba, 20; Th, 0.2; Ta, 0.18; Ce, 10; P, 0.12; Zr, 90; Hf, 2.4; Sm, 2.3; Ti, 1.5; Tb, 0.68; Yb, 3.4; Sc, 40; Cr, 250. Major and trace elements some analysed by ICP at the CRPG (Nancy, France); other trace elements (Cs, Th, Ta, Hf, REE) at Cornell University (USA) by INAA. The analytical data will be sent by the authors on request.

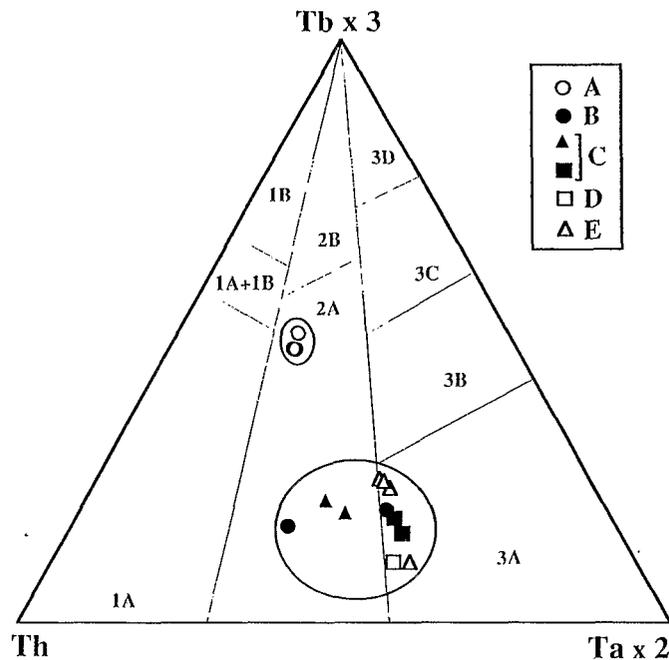


Fig. 4. - Diagramme triangulaire Tb-Th-Ta (d'après Cabanis et Thiéblemont, 1988) pour l'ensemble des échantillons étudiés. Domaines : 1, séries d'arc (A : calco-alkalines; B : tholéiitiques); 3, séries non orogéniques (A : séries alcalines, B+C+D-MORB N et E); 2 A : séries intracontinentales post-orogéniques; 2 B : séries des bassins intra-arcs et d'arrière-arcs proximaux.

Fig. 4. - Triangular Tb-Th-Ta diagram (after Cabanis and Thiéblemont, 1988) for the whole data set. Fields: 1, arcs (A: calc-alkaline; B: tholeiitic); 3, anorogenic (A: alkaline; B+C+D-N- and E-MORB); 2 A: intracontinental post-orogenic; 2 B: intra-arc basins and closest back-arcs.

cependant pas tous la même signification : les basaltes du Trias moyen sont immédiatement postérieurs au magmatisme calco-alcalin acide post-orogénique du Trias inférieur à moyen connu au Pérou, en Bolivie et au Chili (e.g. Ramos et Kay, 1991; Soler, 1991) et se mettent en place en ambiance distensive pendant le premier épisode de rupture de la Pangée, à une époque pendant laquelle il n'y a pas d'évidence de subduction active le long de la marge SO du supercontinent. Les événements auxquels correspond la mise en place des basaltes et andésites basaltiques du Jurassique et du Crétacé inférieur (contemporains d'un volcanisme d'arc associé à une subduction active le long de la marge andine) se situent pendant la longue période d'ouverture diachrone de l'Atlantique Sud et apparaissent plutôt comme des conséquences distales des modifications successives des modalités de cette ouverture que comme des effets orientaux (d'avant-pays) de l'évolution andine. Finalement, l'événement du Coniacien, contemporain de déformations en compression/transpression le long de la marge andine, marque le début du régime d'avant-pays andin dans la Cordillère Orientale actuelle de Bolivie.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de recherches menées au travers de conventions entre l'entreprise nationale Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB, Santa Cruz) et l'ORSTOM et entre l'Universidad Mayor de San Andrés (UMSA, La Paz) et l'ORSTOM.

Note remise le 19 octobre 1992, acceptée après révision le 20 janvier 1993.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- E. AUDEBAUD et N. VATIN-PÉRIGNON, The volcanism of the northern part of Peruvian Altiplano and of the Oriental Cordillera on a traverse Quincemil-Sicuani-Arequipa. *Proceedings Symp. Andean and Antarctic Volcanology Problems*, Intern. Assoc. Volcanol. Chem. Earth's Interior, Santiago, Chili, 1974, p. 6-37.
- W. A. AVILA-SALINAS, El magmatismo Cretácico en Bolivia, *IGCP 242, Cretácico de América Latina, Primer Simposio*, La Paz, Bolivie, 1986, p. 52-66.
- B. CABANIS et D. THIÉBLEMONT, La discrimination des tholéiites continentales et des basaltes arrière-arc : proposition d'un nouveau diagramme : le triangle Th-3 x Tb-2 x Ta, *Bull. Soc. Géol. France*, (8), IV, 6, 1988, p. 927-935.
- M. A. GALLISKY et J. G. VIRAMONTE, The Cretaceous paleorift in northwestern Argentina: a petrologic approach, *J. South Amer. Earth Sci.*, 1, 4, 1988, p. 329-342.
- E. JAILLARD et T. SEMPERE, Cretaceous sequence stratigraphy of Peru and Bolivia, *Simposios sobre Cretácico de América Latina*, A, Buenos Aires, 1989, p. 1-27.
- M. LITHERLAND et 15 autres, The geology and mineral resources of the Bolivian Precambrian Shield, *Overseas Memoir of the British Geol. Surv.*, 9, 1986, 151 p.
- D. C. NOBLE, M. L. SILBERMAN, F. MÉGARD et H. R. BOWMAN, Comendite (peralkaline rhyolite) and basalt in the Mitu Group, Peru: evidence for Permian-Triassic lithospheric extension in the central Andes, *J. Research US Geol. Surv.*, 6, 4, 1978, p. 453-457.
- J. OLLER et T. SEMPERE, A fluvio-eolian sequence of probable middle Triassic-Jurassic age in both Andean and Subandean Bolivia, *Abstracts of the International Symposium on Andean Geodynamics*, Grenoble, pub. ORSTOM, May 1990, p. 237-240.
- J. A. PEARCE, Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries, in: *Andesites*, R. S. THORPE éd., Wiley and Sons, Londres, 1982, p. 515-548.
- V. RAMOS et S. M. KAY, Triassic rifting and associated basalts in the Cuyo basin, Central Argentina, in: *Geol. Soc. Amer. Special Paper 265, Andean Magmatism and its Tectonic Setting*, R. S. HARMON et C. W. RAPELA éd., 1991, p. 79-91.
- T. SEMPERE, Kimmeridgian? to Paleocene tectonic evolution of Bolivia, in: *Cretaceous tectonics of the Andes*, J. A. SALFITY éd., Vieweg pub., Wiesbaden, 1993 (sous presse).
- T. SEMPERE, J. OLLER et L. BARRIOS, Evolución tectosedimentaria de Bolivia durante el Cretácico, *Actas V Cong. Geol. Chileno*, Santiago, 3, 1988, p. 1137-1165.
- T. SEMPERE, G. HÉRAIL, J. OLLER et M. G. BONHOMME, Late Oligocene-early Miocene major tectonic crisis and related basins in Bolivia, *Geology*, 18, 1990, p. 946-949.
- P. SOLER, Petrography and geochemistry of lower Cretaceous alkali basalts from the High Plateaus of central Peru and their tectonic significance, *Zbl. Geol. Paläont.*, 1, 5/6, 1989, p. 1053-1064.
- P. SOLER, Contribution à l'étude du magmatisme associé aux marges actives. Pétrographie, géochimie et géochimie isotopique du magmatisme crétacé à pliocène le long d'une transversale des Andes du Pérou central, Implications géodynamiques et métallogéniques, *Thèse de Doctorat d'État-ès-Sciences*, Université Paris-VI, 1991, 847 p.

P. S. : ORSTOM, UR 1 H, 213, rue Lafayette, 75480 Paris Cedex 10, France;
et CNRS-URA n° 736, Univ. Paris-VI et VII, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France;

T. S. : ORSTOM, UR 1 H, 213, rue Lafayette, 75480 Paris Cedex 10, France,
Convention YPFB-ORSTOM, Santa Cruz, Bolivie,
et Département de Géologie Sédimentaire, Université Paris-VI, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France.