

La nappe de Calazaya : une preuve de raccourcissements majeurs gouvernés par des éléments paléostrucuraux dans les Andes boliviennes

Thierry SEMPERE, Patrice BABY, Jaime OLLER et Gérard HERAIL

Résumé – Une nappe tectonique de flèche importante est mise en évidence à la limite Altiplano-Cordillère Orientale (Bolivie, 20°S). Sa mise en place découle du transport vers l'Est d'un vaste domaine allochtone à l'Oligocène supérieur-Miocène inférieur. Le décollement basal de l'allochtone se situe dans une unité stratigraphique dont la géométrie en 3 dimensions a gouverné celle de la déformation.

The Calazaya nappe: evidence for major shortening controlled by paleostructural elements in the Bolivian Andes

Abstract – A tectonic nappe showing important horizontal displacement is evidenced at the Altiplano-Cordillera Oriental transition in Bolivia (20°S). Its emplacement is related to the eastward transport of a large allochthon domain in the late Oligocene-early Miocene. The basal décollement of the allochthon is located in a stratigraphic unit whose 3-dimensional shape controlled the geometry of deformation.

Abridged English Version – The central Andes have been traditionally considered as a cordillera built along an active by essentially vertical tectonics ([1] to [5]). However, several scientific currents now coincide in the search for important crustal shortenings in the Andes of Bolivia and southern Peru ([6] to [14]). Recent work ([15], [16]) suggests that shortenings in the Bolivian Andes might be considerable. In this paper we describe the Calazaya tectonic nappe, which occurs at the junction of the east-verging Main Altiplanic thrust (CALP) with the Khenayani fault system (SFK) (Fig. 1). The Uyuni allochthon is overthrust over the Ayoma-Atocha (relative) autochthon by means of both the CALP and SFK.

The horizontal displacement of the Calazaya nappe (Fig. 2) was at least 42 km, assuming that transport direction was perpendicular to the main structures in the allochthon, *i. e.* toward the ENE. Several differences in stratigraphy, facies and thicknesses exist between allochthon and autochthon (Fig. 3). Several klippe show the initial extension of the nappe and define its "envelope". Structural complexity and irregularity suggest that paleostructural elements deeply influenced the Andean deformation in the area. Details concerning the nappe structure are to be presented elsewhere [17].

The Khenayani-Turuchipa structural corridor (CPKT), which crosses the study area, is a major paleogeographic feature of SW Bolivia [19], which interfered with or controlled Andean deformations and, more particularly, the development of the SFK [18]. It coincides with the NW front of the "Ocluyic" (*see* [23]), *i. e.* Llandeilian-Caradocian [19], deformation, and with the SE edge of the Ashgillian-Silurian basin. The thickness of the Ashgillian [19] Cancañiri Formation also quickly decreases east of the CALP [20]. Influence of the CPKT on sedimentation and/or deformation is episodically perceptible till Cretaceous time [19].

The late Oligocene-early Miocene Lipez and Bolívar-Mondragón basins (Fig. 1) are the foreland basins of the CALP-SFK system ([18], [22]). Thus the functioning of the CALP-SFK is coeval with the major tectonic crisis known in many parts of Andean

Note présentée par Jean AUBOUIN.

Bolivia ([9], [10], [18], [21]). Field relations show that the nappe emplacement occurred relatively lately, and is thus probably early Miocene in age.

The geometry of the Ashgillian basin, filled with the non-stratified fine-grained diamictites of the Cancañiri Formation in which the basal décollement is located, appears to have controlled the geometry of the Uyuni allochthon. Such paleostructural and stratigraphic controls on Andean-age deformations have been evidenced in some areas of the central Andes ([15], [16], [23]), and should be searched for at all scales in the whole Bolivian Andes.

Les Andes centrales ont été traditionnellement considérées comme une chaîne construite le long d'une marge active par des mouvements tectoniques essentiellement verticaux ([1] à [5]), par conséquent à l'origine des raccourcissements relativement faibles. Pour les Andes boliviennes, ceux-ci étaient estimés inférieurs à 20 % [3], soit moins de 70 km sur une transversale Oruro-Santa Cruz.

Cependant, plusieurs courants scientifiques s'accordent désormais à rechercher dans les Andes boliviennes et sud-péruviennes, des raccourcissements crustaux importants ([6] à [11]). De nombreuses failles considérées antérieurement comme inverses et subverticales se sont révélées être des chevauchements ([11] à [14]). Le raccourcissement minimum au niveau d'une transversale Oruro-Santa Cruz est de 210 km, soit 36 % [15]. Pour la seule zone subandine, des raccourcissements minima de 136 km (51 %) à 15°S et 139 km (53 %) à 20°S ont été calculés [16]. Ceci suggère que les raccourcissements correspondants aux Andes proprement dites sont au moins du même ordre de grandeur, et donc considérables. Par ailleurs, d'importants raccourcissements semblent se « concentrer » sur des structures spécifiques [14]. Nous exposons ici la découverte d'une nappe tectonique dans la zone de transition entre l'Altiplano et la Cordillère Orientale, à environ 20°S (*fig. 1*), en nous attachant à en souligner le contrôle par des éléments paléostratigraphiques. L'intérêt purement structural présenté par cette nappe sera exposé ailleurs [17].

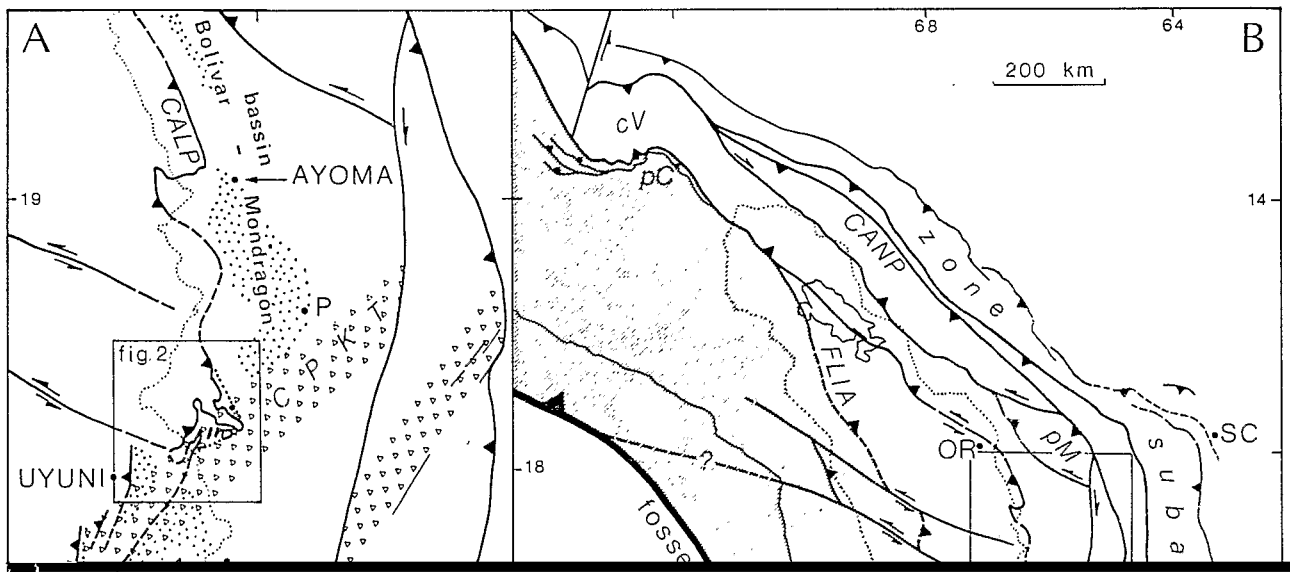
DONNÉES CARTOGRAPHIQUES. — Dans la région étudiée (*fig. 2*), un contact anormal majeur, de pendage inférieur à 15°, fait reposer le domaine allochtone d'Uyuni sur le domaine d'Ayoma-Atocha (autochtone relatif) et définit ainsi la « nappe de Calazaya ». Il constitue la prolongation méridionale du Chevauchement Altiplanique Principal (CALP) défini vers 19°S ([12] à [14]).

La nappe de Calazaya « s'enracine » à l'Ouest dans le domaine d'Uyuni, dont la limite sud-orientale est le système chevauchant de la Faille de Khenayani (SFK, *fig. 1*). Si l'on admet que la direction du transport tectonique a été perpendiculaire aux structures de l'allochtone, la flèche du raccourcissement est supérieure ou égale à 42 km (*fig. 2*). Plusieurs

coïncide avec le système chevauchant à composante dextre du SFK, dont il a certainement contrôlé le développement [18].

LES SÉRIES IMPLIQUÉES ET LEUR PALÉOGÉOGRAPHIE. — Les unités stratigraphiques affleurantes sont pratiquement les mêmes dans les deux domaines (*fig. 3*). Elles présentent toutefois certaines différences de faciès et d'épaisseur. Le rejet stratigraphique entre allochtone et autochtone est d'environ 2 km. L'influence du CPKT sur les paléogéographiques et structures paléozoïques et mésozoïques se traduit diversement [19].

L'Ordovicien anté-Caradoc est affecté par des déformations probablement d'âge



Dans l'allochtone comme dans l'autochtone, les vergences apparentes sont orientales à nord-orientales dans leur grande majorité. Ceci corrobore l'enracinement occidental de la nappe et invite à rechercher à l'Est des dépôts corrélatifs de la déformation. Or deux

- [12] T. SEMPERE, H. CHAVEZ et E. VARGAS, 8^e Congr. Geol. Boliv., 1986, p. 48-49.
 [13] H. CHAVEZ, 5^e Congr. Géol. Chil., 1, 1988, p. 143-156.
 [14] T. SEMPERE, G. HERAIL et J. OLLER, 5^e Congr. Géol. Chil., 1, 1988, p. A 127-142.
 [15] B. SHEFFELS, Ph. D., M.I.T., 1988, 170 p.
 [16] P. BABY, G. HERAIL, M. LOPEZ, O. LOPEZ, J. OLLER, J. PAREJA, T. SEMPERE et D. TUFÍÑO, C.R. Acad. Sci. Paris, 309, série. II, 1989, p. 1717-1722.
 [17] P. BABY, T. SEMPERE, J. OLLER et G. HERAIL, *Tectonophysics* (soumis).
 [18] P. BABY, T. SEMPERE, J. OLLER, L. BARRIOS, G. HERAIL et R. MAROCCO, C.R. Acad. Sci. Paris, 311, série II, 1990, p. 341-347.
 [19] T. SEMPERE, P. BABY, J. OLLER et G. HERAIL, *Rev. Técn. Y.P.F.B.*, Cochabamba (sous presse).
 [20] L. A. RODRIGO, A. CASTAÑOS et R. CARRASCO, *Rev. Geoci. U.M.S.A.*, La Paz, 1, 1977, p. 1-22.
 [21] T. SEMPERE, G. HERAIL, J. OLLER et M. G. BONHOMME, *Geology*, 1990 (sous presse).
 [22] T. SEMPERE, H. CHAVEZ et M. PEREZ, 8^e Congr. Geol. Boliv., 1986, p. 45-46.
 [23] R. W. ALLMENDINGER, V. A. RAMOS, T. E. JORDAN, M. PALMA et B. L. ISACKS, *Tectonics*, 2, 1983, p. 1-16.

T. S. : ORSTOM, CC 4875, Santa Cruz, Bolivie.

Adresse actuelle : C.G.G.M., École des Mines,
35, rue Saint-Honoré, 77305 Fontainebleau Cedex;

P. B. : ORSTOM, CC 4875, Santa Cruz, Bolivie;

J. O. : Yacimientos Petroliferos Fiscales Bolivianos, Gerencia de Exploración,
CC 1659, Santa Cruz, Bolivie;

G. H. : ORSTOM, CP 9214, La Paz, Bolivie.

EXPLICATIONS DE LA PLANCHE

Fig. 2. — Carte géologique de la région de Calazaya (localisation sur figure 1A). Sources des données : Geobol, feuilles au 1/100 000 d'Uyuni et d'Ubina, 1966; J. Oller, carte géologique inédite, 1973; levés de terrain ORSTOM-YPFB, 1988-89; images *Spot* et *Landsat*. 1 : contact basal de la nappe de Calazaya et, en pointillés, « enveloppe » de celle-ci; 2 : autres failles; C : Calazaya; P : Pulacayo, Tk : Tokochi; TP : Tojra Palca; Tt : Ticatica; U : Uyuni; Y : Yura; la ligne tiretée au sein du Kimméridgien-Eocène figure un horizon repère d'âge Campanien terminal.

Fig. 2. — Geologic map of the Calazaya area (location on Figure 1A). Sources of data: Geobol, 1/100 000 sheets "Uyuni" and "Ubina", 1966; J. Oller, unpublished geological map, 1973; ORSTOM-YPFB field mapping, 1988-89; Spot and Landsat satellite imagery. 1: basal overthrust of the Calazaya nappe and, in dots, "envelope" of the nappe; 2: other faults; C: Calazaya; P: Pulacayo; Tk: Tokochi; TP: Tojra Palca; Tt: Ticatica; U: Uyuni; Y: Yura; the dashed line within the Kimmeridgian-Eocene is a guide level of latest Campanian age.

Fig. 3. — Stratigraphies schématiques de l'allochtone et de l'autochtone (voir texte).

Fig. 3. — Schematic stratigraphies of the allochthon and autochthon (see text).

