

Évolution géodynamique de la transition entre l'Altiplano et la Cordillère Orientale au Nord d'Oruro (Bolivie). Implications sur le déroulement de l'orogénèse andine

Gérard HÉRAIL, Pierre SOLER, Michel BONHOMME et José Luis LIZECA

Résumé – Au Nord d'Oruro, le trait tectonique essentiel est le chevauchement (faille d'Eucaliptus) à vergence SW actif entre $\approx 19-15$ et 13 Ma et vraisemblablement entre ≈ 26 et 19 Ma, qui amène les terrains de la Cordillère Orientale sur ceux de l'Altiplano. Une surface d'érosion inclinée vers le SW est établie vers 13 Ma; puis règne, entre 13 et 11 Ma, un régime extensif à transtensif. Les failles miocènes ne jouent plus par la suite. Entre 10 et 5 Ma – période d'intense activité tectonique au niveau des chevauchements d'avant-pays – cette surface est basculée vers le SSW et disséquée.

Geodynamic evolution of the transition between the Altiplano and the Cordillera Oriental (Bolivia).

Implications for the development of the Andean orogenesis

Abstract – N of Oruro, the main tectonic feature is the SW-verging thrusting of the Cordillera Oriental over the Altiplano (Eucaliptus fault). This thrust was active between $\approx 19-15$ and 13 Ma, and conceivably between ≈ 26 and 19 Ma. At nearly 13 Ma, an erosional surface with a general SW-ward slope was built. Then, between 13 and 11 Ma, the area was characterized by an extensional to trans-tensional regime. The Miocene thrusts are no longer active. Between 10 and 5 Ma – a period of intense tectonic activity along the foreland thrusts – this surface was uplifted, tilted and dissected.

Abridged English Version – In the Andes of Bolivia (*fig. 1*) the orogenic structuration of the Subandean Zone, the Cordillera Oriental and the eastern Altiplano (Roeder, 1988; Baby *et al.*, 1989) began during the Late Oligocene (Sempere *et al.*, 1990 *b*). In the Altiplano and the western part of Cordillera Oriental the upper-crustal structure has been acquired through thrusts (Sempere *et al.*, 1988; Sheffels, 1990; Baby *et al.*, 1992) and strike-slip faults (Baby *et al.*, 1990; Hérial *et al.*, 1992), whose absolute chronology is constrained only in a few localities. In this area, short episodes of trans-tensional and/or extensional deformation have been reported (Lavenu, 1986) and erosional surfaces of regional extent (Walker, 1949) have been built at different epochs (Servant *et al.*, 1989; Sempere *et al.*, 1990 *a*). This alternating tectonic regime seems to be reflected by a succession of long-lived episodes of felsic peraluminous magmatism and short-lived episodes of mafic shoshonitic or alkaline volcanism (Soler *et al.*, 1992). Our local geological study (*fig. 2*) permits a better understanding of the deformation and topographical evolution at the transition between the Altiplano and the Cordillera Oriental. The studied area overlaps two of the major tectonostratigraphic domains of the Bolivian Andes (Sempere *et al.*, 1988), the Altiplano to the SW and the *Huarina Thrust and Fold Belt (ZPCH)* to the NE, separated by a SW-verging fault system the most important features of which are the Coniri fault and its southeastern prolongation, the Eucaliptus fault (*fig. 1* and *2*). The morphology of the area is characterized by the presence of numerous remnants of surfaces of erosion which rise progressively towards the NE.

Along the Eucaliptus thrust (with a sinistral strike-slip component), Siluro-Devonian shales and sandstones overthrust Miocene conglomerates (Kholpana Fm, Lizeca *et al.*, 1990). This formation is at least 200 m thick (its base does not outcrop) and is made of two laterally equivalent units: (1) NW-proceeding fluvial conglomerates made predominantly of pebbles of Paleozoic

Note présentée par Jean DERCOURT.

0764-4450/93/03170515 \$ 2.00 © Académie des Sciences

Fonds Documentaire IRD

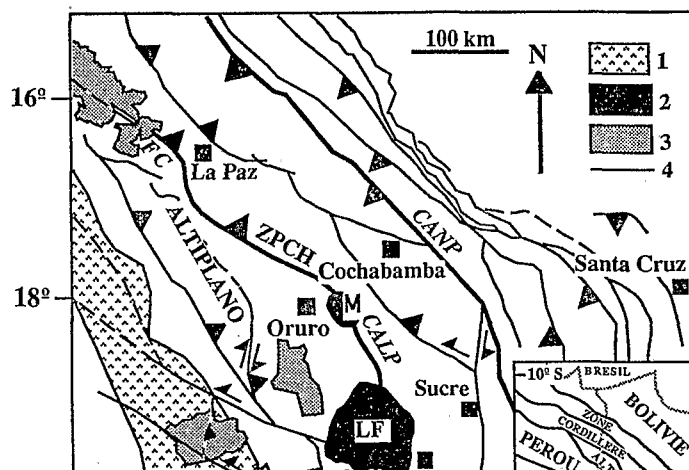


010022801

Fonds Documentaire IRD
Cote: B x 22891 Ex: 1

sandstones and quartzites with secondary porphyritic dacites, outcrop in the plain between the

supérieur (Sempere *et al.*, 1990 *b*). La structuration de la croûte supérieure s'y est faite par le développement de chevauchements (Roeder, 1988; Baby *et al.*, 1989, 1992; Sempere *et al.*, 1988; Sheffels, 1990) et à des décrochements (Baby *et al.*, 1990; Héralil *et al.*, 1992), dont la chronologie n'est établie que localement. Sur l'Altiplano et le versant occidental de la Cordillère Orientale des épisodes brefs de déformation en transtension ou en extension sont observés (Lavenu, 1986) et des surfaces d'érosion d'ampleur régionale ont pu s'établir à différentes époques (Walker, 1949; Servant *et al.*, 1989; Sempere *et al.*, 1990 *a*). Ces alternances dans le régime de déformation semblent se refléter dans la succession de longues périodes de mise en place de magmas acides, souvent peralumineux, et de brefs épisodes d'émission de laves shoshonitiques et/ou alcalines (Soler *et al.*, 1992). Une révision de la géologie et de la stratigraphie dans la zone de Soledad (*fig. 2*) et de nouvelles données radiochronologiques et géochimiques sur le magmatisme de la zone permettent de mieux comprendre la cinétique de la déformation et la genèse du relief au contact entre l'Altiplano et la Cordillère Orientale.



domaines, l'Altiplano au SW et la « Zone des Plis et Chevauchements de Huarina » (ZPCH)
ou NE. L'Altiplano est caractérisé par la présence des séries éocènes détritiques



dans la région étudiée, les équivalents latéraux de la partie inférieure de la Fm Coniri n'affleurent pas.

Au Cerro Pokhota (*fig. 2*), des coulées de laves dont la puissance cumulée atteint 75 m affleurant sur une étendue d'environ 6 km de long et 1 km de large reposent au SW sur la Fm Kholpana et au NE sur le Paléozoïque. Elles scellent la faille d'Eucaliptus sans être recoupées par celle-ci. Il s'agit de laves basiques d'affinité shoshonitique (Soler *et al.*, en préparation). Deux âges K-Ar sur roche totale ont été obtenus sur ces laves : $10,83 \pm 0,39$ et $11,48 \pm 0,50$ Ma (tableau 1). Il y a ≈ 11 Ma la faille d'Eucaliptus n'était donc plus active et le dépôt de la Fm Kholpana était pratiquement terminé. D'autres coulées shoshonitiques d'âge Miocène moyen ($13,2 \pm 0,7$ à $11,4 \pm 0,5$ Ma) ont été décrites au sein de la ZPCH (Redwood et McIntyre, 1989). Ce volcanisme semble définir une province shoshonitique d'âge Miocène moyen d'environ 100 km de long et 20 km de large. Il est vraisemblable que ces très faibles volumes de laves basiques denses se soient mis en place dans un contexte extensif ou transtensif (Soler *et al.*, 1992) qui aurait donc prévalu, dans la région, entre 13 et 11 Ma. Ce bref épisode de volcanisme shoshonitique vient s'intercaler entre deux épisodes de magmatisme acide, dacitique essentiellement, datés à $\approx 20-14$ et $\approx 10-5$ Ma.

TABLEAU

Données K-Ar sur roches totales (shoshonites du Cerro Pokhota).

Whole-rock K-Ar data (cerro Pokhota shoshonites).

| Ech. | K ₂ O (%) | ⁴⁰ Ar rad (%) | ⁴⁰ Ar rad (nl/g) | ⁴⁰ K/ ³⁶ Ar (× 1 000) | ⁴⁰ Ar/ ³⁶ Ar | Age (Ma) (± 1 σ) |
|------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|------------------|
| AM2 | 2,86 | 49,8 | 1,003 | 464,4 | 588,8 | 10,83 ± 0,39 |
| AM3 | 2,78 | 41,13 | 1,033 | 308,6 | 502,1 | 11,48 ± 0,50 |

Les analyses isotopiques ont été réalisées à Grenoble par les techniques décrites par Lavenu *et al.*, 1992. Les analyses de K₂O ont été réalisées par absorption atomique au Laboratoire des Formations Superficielles du Centre ORSTOM de Bondy.

La surface du Miocène moyen a été ensuite basculée vers l'Ouest et le SSW, mais les failles qu'elle recoupe n'ont pas rejoué. Entre Eucaliptus et Soledad (*fig. 2*), la Fm Kholpana est recouverte en forte discordance d'érosion par les sédiments détritiques du remplissage de la plaine de Soledad (située à 400 m en contrebas du Cerro Pokhota), dans la partie inférieure desquels sont interstratifiés des tufs volcaniques datés entre $6,5 \pm 0,2$ et $4,6 \pm 0,3$ Ma (Redwood et McIntyre, 1989; Lavenu *et al.*, 1989). Entre ≈ 11 et ≈ 6 Ma, l'érosion a donc localement évidé le relief sur plus de 400 m au mur de la faille d'Eucaliptus. Cette érosion est également active au toit de cette faille, isolant la Fm Kholpana de ses zones d'apport. Cette dissection et le basculement de la surface Chayanta sont liés à une accélération du soulèvement de la Cordillère Orientale par rapport à l'Altiplano entre ≈ 10 et 6-5 Ma, époque majeure de déformation qui correspond à d'importants raccourcissements au niveau des chevauchements sur le front amazonien de la Cordillère Orientale et en zone subandine (Sempere *et al.*, 1988, 1990 *a* et *b*) et à la mise en place sur la marge NE de l'Altiplano et dans la Cordillère Orientale d'un volumineux magmatisme acide peralumineux riche en potasse, connu dans la région étudiée (Laurani,

G. HÉRAIL, J. OLLER, P. BABY, T. SEMPERE, J. BLANCO, M. G. BONHOMME et P. SOLER, Las cuencas de Tupiza, Nazareno, Estarca: sucesión de tectónica de transcurrencia y de cabalgamiento en la estructuración de los Andes de Bolivia, *Bol. Soc. Geol. Boliviana*, 27, 1992, p. 81-83.

A. LAVENU, Étude néotectonique de l'Altiplano et de la Cordillère Orientale de Bolivie, *Thèse de Doctorat d'État-ès-Sciences*, Université Paris Sud, Orsay, 1986, 434 p. (Consultable Soc. Géol. France).

A. LAVENU, M. G. BONHOMME, N. VATIN-PÉRIGNON et P. de PACHTÈRE, Neogene magmatism in the Bolivian Andes between 16° and 18° S. Stratigraphy and K-Ar geochronology, *J. South Amer. Earth Sci.*, 2, 1, 1989, p. 35-47.

A. LAVENU, C. NOBLET, M. G. BONHOMME, A. EGUEZ, F. DUGAS et G. VIVIER, New K/Ar age dates of Neogene and Quaternary volcanic rocks from the Ecuadorian Andes: implications for the relationships between sedimentation, volcanism, and tectonics, *J. South Amer. Earth Sci.*, 5, 1, 1992, p. 1-19.

J. L. LIZECA, G. VIZCARRA, H. CHAVEZ et G. HÉRAIL, Dinámica del relleno de la cuenca altiplánica en la región de Caracollo-Soledad (Departamento de Oruro) e implicaciones sobre la formación de yacimientos de oro aluvial, *Revista Técnica de YPFB*, Santa-Cruz (Bolivie), 11, 3, 1990, p. 303-308.

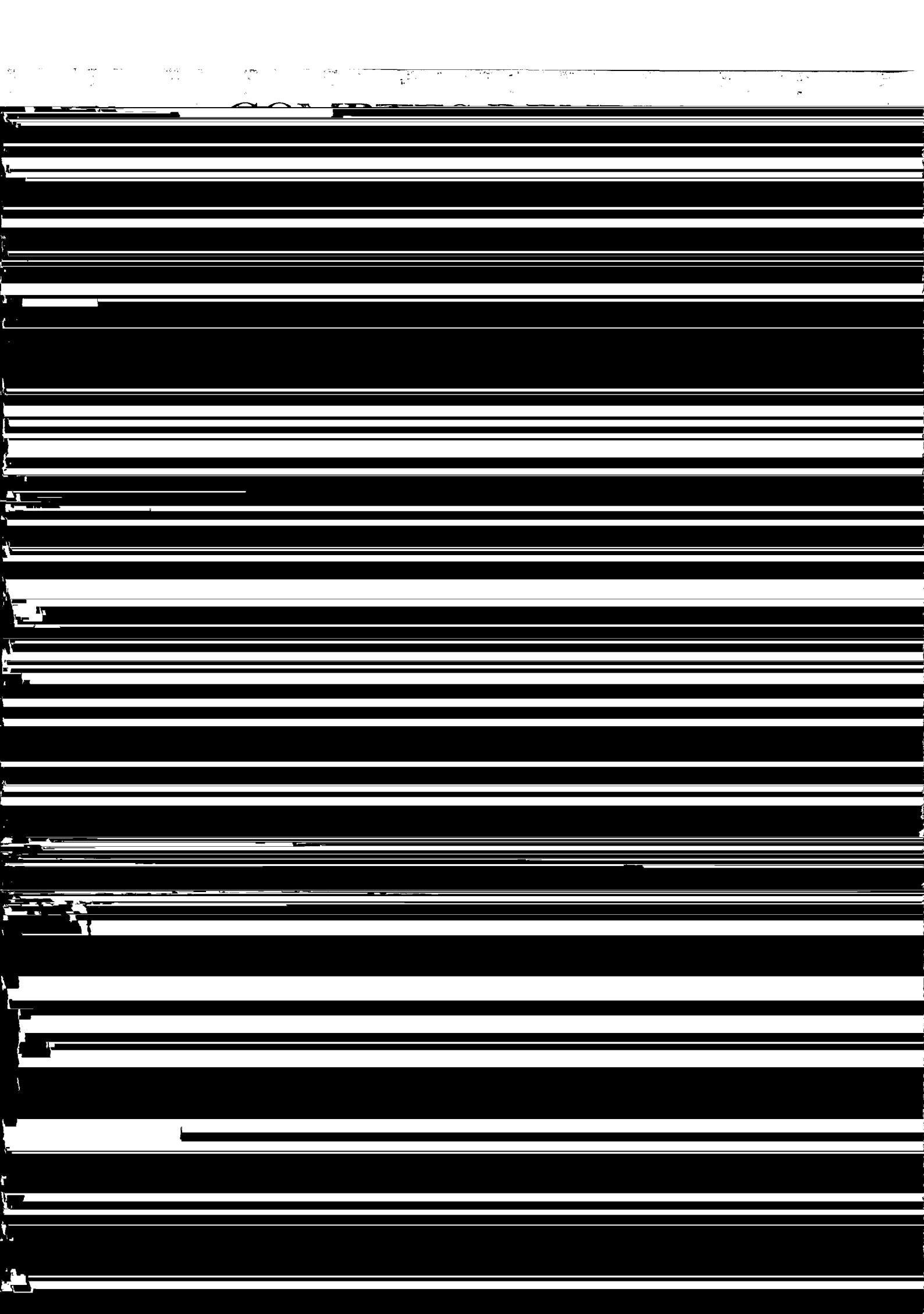
S. REDWOOD et R. Mc INTYRE, K-Ar dating of Miocene magmatism and related epithermal mineralization of the northeastern Altiplano of Bolivia, *Economic Geology*, 84, 1989, p. 618-630.

D. ROEDER, Andean-age structure of Eastern Cordillera (Province of La Paz, Bolivia), *Tectonics*, 7, 1, 1988, p. 23-29.

T. SEMPERE, G. HÉRAIL et J. OLLER, Los aspectos estructurales del oroclino boliviano, *Actas 5to Cong. Geol. Chileno*, 1, 1988, p. A127-A142.

T. SEMPERE, E. VARGAS et G. HÉRAIL, Las superficies de erosión "Chayanta" y "San Juan del Oro" en el segmento N-S de la Cordillera Oriental: geometría y edad aproximada, *Resúmenes del IX Congreso de Geología de Bolivia*, Cochabamba, 1990 a, p. 15.

T. SEMPERE, G. HÉRAIL, J. OLLER et M. G. BONHOMME, Late Oligocene-early Miocene major tectonic crisis and related



COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES



SCIENCES DE LA TERRE EARTH SCIENCES

TOME 317 — SÉRIE II — N° 4 — 19 AOÛT 1993

Extraits de la Série II
MÉCANIQUE - PHYSIQUE - CHIMIE
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

gauthier-villars

PB 61N