

Sédimentation continentale dans les bassins intramontagneux tertiaires d'Equateur : une analyse préliminaire

L'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) a entrepris un programme d'études géodynamiques des bassins intramontagneux dans les Andes d'Equateur, du Pérou et de Bolivie. En Equateur, le Projet IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia) - EPN (Escuela Politécnica Nacional) - ORSTOM a pour objectif l'étude de leur remplissage tertiaire et quaternaire.

Les premiers travaux sédimentologiques des bassins et l'analyse des relations tectono-sédimentaires permettent de préciser quelques traits paléogéographiques pour les époques considérées et mettent en évidence les principales pulsations tectoniques et volcaniques de la surrection des Andes, bien que de nombreuses formations ne possèdent pas toujours un âge défini avec précision.

Les sédiments continentaux tertiaires, situés au long d'une direction NNE-SSW, sont limités à l'est et à l'ouest par les cordillères orientale et occidentale. Les affleurements sont actuellement groupés en trois zones géographiques (Fig. 1) :

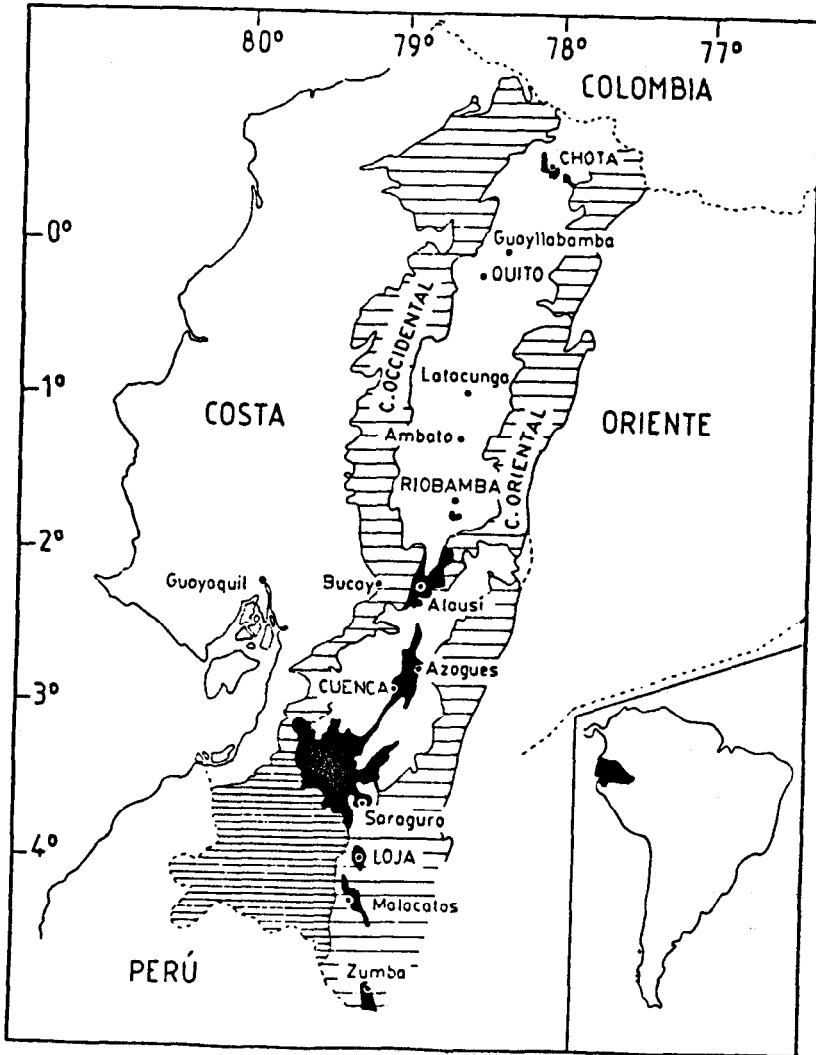
- la vallée interandine de 40 à 60 km de large, au nord d'un accident transversal Bucay - Pallatanga - Riobamba. Elle correspond à un graben probable plio-quaternaire bordé par de nombreux volcans encore actifs qui sont responsables d'une importante couverture volcano-détritique discordante sur les dépôts tertiaires. Ces derniers n'affleurent plus que dans les régions de Chota, Guayllabamba et Riobamba ;
- le bassin de Cuenca, du sud d'Alausí (2°20 S) au sud de Saraguro (3°30 S), non affecté par la même évolution plio-quaternaire ;

(*) Géologue de l'IFEA-ORSTOM. Quito

(**) Géologue de l'ORSTOM. Quito

(***) Géologue de l'E.P.N. Quito

Figura No. 1
REPARTICION DE LOS AFLORAMIENTOS DE SEDIMENTOS
TERCIARIOS (EN NEGRO) ENTRE LAS CORDILLERAS
ORIENTAL Y OCCIDENTAL DEL ECUADOR



- les dépressions de Loja, Malacatos et Zumba, que la cordillère orientale, au niveau de la déflexion de Huancabamba. Elles représentent probablement l'extrémité nord des bassins péruviens (Bagua - Jaén).

I. LA SÉDIMENTATION TERTIAIRE

L'analyse des différents bassins a été réalisée sur la base des travaux antérieurs, essentiellement stratigraphiques (DGGM, 1971 à 1982 ; Bristow, 1973 ; Bristow et Hoffstetter, 1979 ; Kennerley, 1980 ; Baldock, 1982), mais aussi à partir de récentes observations sédimentologiques effectuées dans les zones de Loja, Chota et surtout de Cuenca et Riobamba.

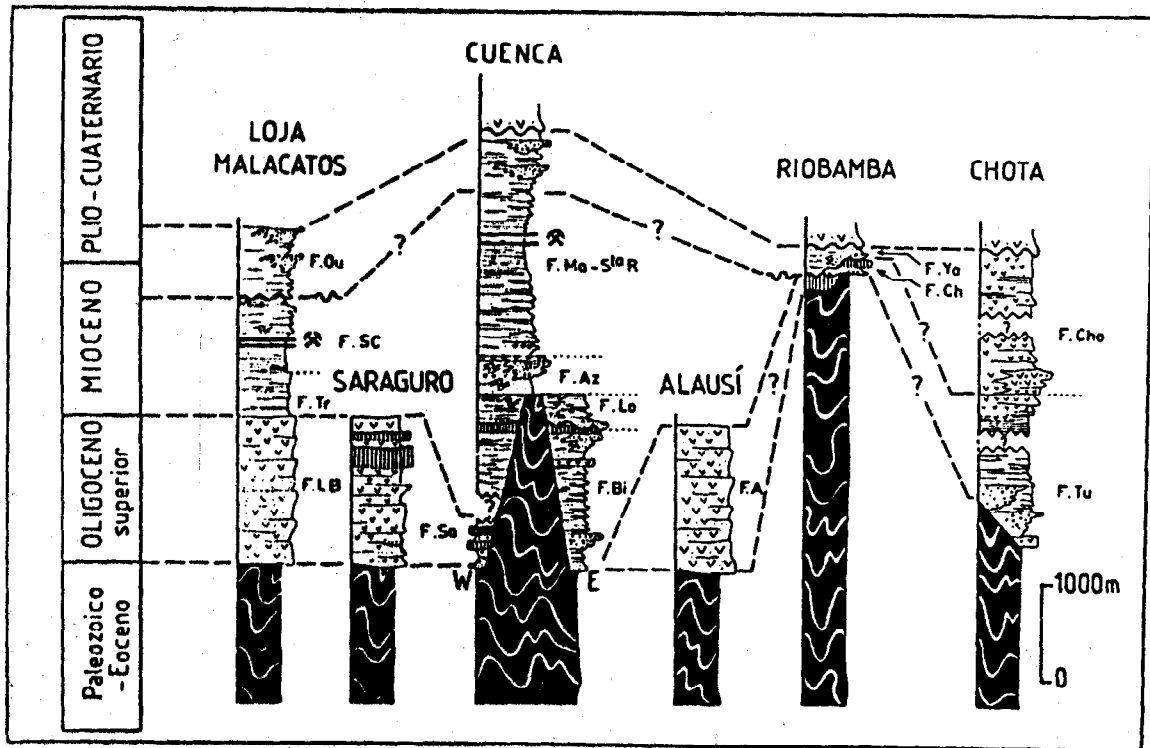
La stratigraphie étant mieux établie dans la partie méridionale du pays, la description des bassins sera présentée du sud vers le nord.

A. Les bassins de Loja, Malacatos, Zumba (Fig. 2)

Les dépôts continentaux d'âge oligocène supérieur à pliocène, sont répartis dans trois dépressions : Loja, Malacatos et Zumba. L'épaisseur totale dans les deux premières atteint 3 500 m environ alors qu'elle n'est pas évaluée à Zumba (DGGM, 1975 ; 1979). Les premiers dépôts sont représentés par les Formations Loma Blanca et Salapa (équivalentes à la Formation Saraguro) constituées d'un matériel grossier volcano-sédimentaire de 1 500 m d'épaisseur. Ces formations reposent en discordance soit sur le paléozoïque soit sur la Formation Gonzanama (Paléocène) et la Formation Puzunuma (Eocène) localisées à l'ouest du bassin. Viennent ensuite en concordance les dépôts argilo-tufacés de la Formation Trigal (Miocène) de 450 m de puissance, suivis de 700 m d'alternances grésopélitiques et conglomératiques de la Formation San Cayetano (DGGM, 1975). Celle-ci présente des niveaux exploités de gypse et de charbon et montre une évolution grano et stratocroissante au 3ème et au 4ème ordres (le 1er ordre étant la séquence élémentaire). Le milieu de dépôt est principalement lacustre pour la Formation Trigal puis fluvio-lacustre pour la Formation San Cayetano qui montre une dispersion des sens de transport du nord-ouest au sud-est (14 mesures) avec un sens principal vers le sud-ouest. Cet ensemble sédimentaire est recouvert en discordance par la Formation Quillollaco, du Mio-Pliocène, constituée de dépôts grésu-conglomératiques probablement fluvio-lacustres dans la dépression de Malacatos et de dépôts plus proximaux sur la bordure orientale de la dépression de Loja (Cônes alluviaux à galets de 60 à 70 cm de diamètre maximum). Là encore, la dispersion des sens de transport (14 mesures) s'étend du nord vers le sud-est avec un sens principal vers le domaine occidental à nord-occidental du bassin. La Formation Quillollaco possède une puissance de 800 m environ (DGGM, 1975).

L'évolution générale de ces bassins est donc grano et stratocroissante aux grands ordres, ce qui indique une phase de formation de reliefs faisant suite à une période d'activité volcanique.

Figura No. 2
 COLUMNAS SEDIMENTOLÓGICAS Y CORRELACIONES
 ESTRATIGRÁFICAS ENTRE LAS DIFERENTES CUENCAS.



B. Le bassin de Cuenca (Noblet, 1987), (Fig. 2)

Le bassin s'étend depuis Saraguro, au sud, jusqu'à Cañar vers le nord (Fig.1). En discordance sur les formations de substratum, la Formation Saraguro, constituée de matériel volcano-clastique (laves et brèches andésitiques et grès grossiers) est principalement développée au nord (Alausí, 1 500 m de puissance) et au sud (Saraguro - Girón, 2 000 m de puissance) où elle s'étend sur la Cordillère Occidentale. Au centre (Cuenca-Azogues) elle est considérée comme inexistante, cependant des faciès équivalents pourraient lui appartenir. Sur la base d'une donnée radiométrique, un âge oligocène supérieur est attribué à cette formation (Bristow et Hoffstetter, 1977).

La Formation Biblían, d'âge miocène inférieur (Bristow, 1973), correspond aux premiers dépôts détritiques continentaux tertiaires. Les alternances de conglomérats, grés et lutites qui la constituent, s'organisent en séquences grano et stratodécroissantes de 2ème ordre, présentant les caractéristiques d'un milieu fluvial. La formation peut atteindre, dans certains secteurs, plus de 1 200 m d'épaisseur. Au sein de cette sédimentation chronique à écoulement principal globalement orienté vers le nord, existent des dépôts plus proximaux (cônes alluviaux) provenant probablement des bordures longitudinales du bassin. La présence de quelques niveaux volcaniques (andésites et brèches andésitiques) interstratifiés dans les sédiments, suggère une activité volcanique épisodique.

La Formation Loyola (Miocène moyen) essentiellement constituée de pélites, repose en discordance (ou en concordance apparente) sur la Formation Biblían ou directement en discordance sur la Formation Yunguilla par l'intermédiaire d'un conglomérat basal.

L'existence d'une tectonique active pendant et/ou après la sédimentation de la Formation biblían est suggérée par l'absence totale de celle-ci dans le centre du bassin, justement là où la Formation Loyola repose directement en discordance sur le substratum. Le développement de nombreuses structures de glissement (slumps) dans les Formations Loyola et Azogues pourrait être encore lié aux effets de cette tectonique. La Formation Azogues est composée de grès tufacés, pélites et parfois de conglomérats plus particulièrement localisés dans la partie méridionale du bassin.

De la même façon que pour les bassins plus méridionaux, la sédimentation évolue d'un milieu lacustre (Formation Loyola) à un milieu fluvio-lacustre (Formation Azogues) puis plus proximal (fluvial et alluvial) pour la Formation Mangán-Santa Rosa du Mio-Pliocène, la Formation Santa Rosa de Bristow n'étant, en réalité, qu'un faciès latéral de la Formation Mangán.

C. Les bassins du centre (Dugas, Lavenu, Bonhomme, Cornejo, en préparation) (Fig. 2)

Il s'agit essentiellement de deux fortes dépressions plio-quadernaires, Latacunga-Ambato-Riobamba et Guayllabamba, probablement préexistantes dès le tertiaire).

Dans la région de Riobamba, des roches détritiques affleurent dans les ravins Chalán et Yaruquies (DGGM, 1978 ; 762,5/9 804,0), où ont été définies les formations des mêmes noms.

La Formation Chalán (50 m de puissance), est constituée à la base par un conglomérat bréchique de pente à éléments de quartz et de quartzite (diamètre maximum de 80 cm) puis par des grès grossiers et enfin par des coulées andésitiques.

La Formation Yaruquies (200 m d'épaisseur), discordante sur la Formation Chalán, est représentée par des faciès grossiers à la base (coulées boueuses à éléments anguleux de 50 cm de diamètre maximum), par des conglomérats à galets subanguleux de 30 cm de diamètre maximum et enfin par des alternances de conglomérats, grès et pélites organisées en séquences de 2ème ordre, grano et stratodécroissantes de type fluvatile. Des mesures de paléocourants, au nombre de 20, effectuées uniquement sur les imbrications de galets, montrent une dispersion du nord-nord-ouest vers le sud-est avec un maximum orienté vers le sud-ouest.

Ces formations reposent en discordance sur le substratum du bassin constitué soit par des grès, schistes et quartzites du Groupe Paute, soit par des andésites attribuées à la Formation Macuchi (DGGM, 1979) et sont recouvertes par des dépôts volcano-sédimentaires plio-quadernaires. Un âge tertiaire ou plus ancien leur est donc attribué.

Des datations sur les andésites considérées comme appartenant à la Formation Macuchi sont actuellement en cours. Les résultats devraient permettre de préciser leur probable équivalence avec celles du bassin de Cuenca (Formation Saraguro ou Formation Biblían).

D. Le bassin du Chota (Fig. 2)

Dans le nord de la Vallée interandine, des sédiments tertiaires s'observent le long du río Chota, orienté NW-SE. Le substratum est ici représenté par les alternances de schistes et quartzites très déformés de la Formation Ambuquí d'âge paléozoïque (DGGM, 1980). Deux formations tertiaires (Formations Tumbatu et Chota) sont attribuées au Néogène (Bristow et Hoffstetter, 1977).

En discordance sur le substratum, la Formation Tumbatu débute par des alternances de grès, conglomérats et brèches andésitiques. Viennent ensuite deux grandes séquences de cônes alluviaux grano et stratocroissantes se terminant chacune par des conglomérats très grossiers dont le diamètre maximum des éléments est d'environ 40 cm. La localisation de ces faciès proximaux le long du contact faillé avec le substratum paléozoïque (de direction N 45°) suggère l'existence d'une activité tectonique synsédimentaire. Des faciès grossiers de bordure, on passe vers le centre du bassin à des alternances grés-conglomératiques moins grossières et de type fluvatile. Des séquences lacustres s'observent également au centre du bassin près de Chota. La déformation, plicative et cassante, relativement complexe du bassin ne nous permet pas encore de préciser la puissance totale de la Formation Tumbatu par suite de possibles

redoublements tectoniques mais aussi de passages latéraux de faciès ; cependant Hall (in Bristow et Hoffstetter, 1977) indique une puissance de 1 370 m.

Le passage entre la Formation Tumbatu et la Formation Chota correspond à une reprise importante de l'activité volcanique qui se manifeste dans le bassin par une croissance progressive des niveaux piroclastiques allant jusqu'à des brèches andésitiques très grossières à éléments de 50 cm de diamètre maximum. Le reste de la Formation Chota est constitué de grès tufacés et de lutites avec des récurrences bréchiques. La puissance de la formation atteint 1 440 m selon Hall (in Bristow et Hoffstetter, 1977).

E. Corrélations stratigraphiques entre les bassins (Fig. 2)

Un schéma de corrélations stratigraphiques entre les différents bassins est proposé sur la base de la stratigraphie du bassin de Cuenca, la mieux établie pour la sédimentation tertiaire en Equateur (Fig. 2). Au Sud, la sédimentation s'est développée dans des bassins dès l'Oligocène supérieur jusqu'au Plio-quaternaire. En l'absence de datations pour les Formations Chalán, Yaruquies, Tumbatu et Chota du domaine septentrional, il n'est pas encore possible de préciser les relations stratigraphiques entre les différents bassins, et donc de déterminer si les principaux événements tectoniques et volcaniques sont de même âge ou diachrones à l'échelle des Andes d'Equateur.

II. DISCUSSION

A. Contexte paléogéographique

Au tertiaire, les variations d'épaisseur entre Chota (3 000 m), Riobamba (250 m), Cuenca (4 000 m) et Loja (3 500 m) montrent une subsidence fortement différentielle suivant les bassins ; ces variations s'accroissent au cours du Quaternaire dans les dépressions de Latacunga (plus de 5 000 m de sédiments selon Feininger et Seguin, 1983) et Guayllabamba. De telles variations locales de la subsidence suggèrent l'existence de plusieurs petits bassins, comme l'a présenté Kennerley (1980), plutôt que d'un seul. C'est à partir de l'Oligocène supérieur que débute dans la partie méridionale de l'Equateur une sédimentation continentale associée à une importante activité volcanique, laquelle pourrait être génétiquement liée à l'ouverture de ces bassins.

Dans la partie septentrionale, la sédimentation semble plus tardive ce qui laisse supposer un possible diachronisme de l'ouverture des bassins du sud vers le nord.

Durant tout le Miocène, le milieu de sédimentation est principalement fluvio-lacustre. La présence de cônes alluviaux à différents niveaux stratigraphiques, généralement localisés sur les bords des bassins, et de nombreux niveaux glissés (slumps) suggère une activité tectonique synsédimentaire. Par conséquent, la sédimentation dans les bassins pourrait avoir été guidée par les

rejeux de failles anciennes du substratum. On observe justement une étroite corrélation entre la direction des transits sédimentaires au sein des bassins et celle des structures principales des roches encaissantes. A Loja et Riobamba, la direction des structures du substratum (schistosité et plis) est généralement NE-SW ; les mesures de paléocourants dans ces deux bassins déterminent une orientation du transport parallèle, à sens vers le sud. A Cuenca, le substratum est structuré selon des directions N-S à NE-SW. L'écoulement du bassin s'oriente aussi suivant ces mêmes directions (du sud vers le nord). Enfin une activité volcanique intermittente, responsable d'une forte proportion des apports dans le bassin représente un autre argument en faveur d'un contexte tectonique actif.

Au Pliocène, se produisent les effets d'une phase tectonique plus importante (Quechuas 3 du Pérou) responsable du plissement des bassins. Celle-ci est annoncée par l'évolution grano et stratocroissante de la sédimentation mio-pliocène. Les puissants dépôts volcano-sédimentaires du Plio-Quaternaire recouvrent ensuite l'ensemble des bassins.

B. Contexte géodynamique

L'analyse du contexte géodynamique permet de préciser les conditions d'ouverture de ces bassins intramontagneux. Tous les bassins tertiaires étudiés, à l'exception de ceux situés à l'extrême sud du pays (Loja, Malacatos, Zumba) sont apparemment localisés en arrière d'une ancienne zone de suture : arc volcanique Macuchi (croûte océanique) et plaque Sud-américaine (croûte continentale) (voir Feininger et Bristow, 1980 ; Lebrat, 1985 ; Lebrat et Al., 1986 ; Megard et Lebrat, ce volume).

Une importante réorganisation du déplacement des plaques à l'est du Pacifique intervient à l'Oligocène supérieur (26 M.a.). Elle correspond à la rupture, de direction EW, de la plaque Farallón en deux, donnant naissance aux plaques Cocos et Nazca (Handshumacher, 1976 ; Lonsdale et Klitgord, 1978 ; Lonsdale, 1978 ; Wortel, 1984). Cette réorganisation provoque dès lors une convergence moins oblique des plaques Nazca et Sud-américaine. C'est probablement à cette époque (Oligocène supérieur - Miocène inférieur) que se produit l'ouverture des bassins intramontagneux en Equateur, celle-ci pouvant avoir été guidée par des rejeux de failles au long de cette ancienne suture.

BIBLIOGRAPHIE

- BALDOCK (J.W.), 1982. Boletín de la explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador, D.G.G.M., Quito, 70 p.
- BRISTOW (C.R.), 1973. Guide to the Geology of the Cuenca Basin, Southern Ecuador. *Ecuadorian Geological and Geophysical Society*, Quito, 54 p., Traducción al español Memoria del Primer Congreso Ecuatoriano, G.M.P., Quito, 1978 t. 1, p. 73-123.

- BRISTOW (C.R.), Hoffstetter (R.), 1977. Lexico Estratigráfico. *América Latina* fasc 5, a2, Ecuador 2da edición. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris 410 p.
- Dirección General de Geología y Minas, Mapas geológicos del Ecuador escala 1:100 000 : Alausí (1971), Cuenca (1973), Girón (1984), Loja (1975), Gonzanama (1975), Riobamba (1978), Zumba (1979), Ibarra (1980), Azogues (1980).
- Dirección General de Geología y Minas, 1982. Mapa geológico nacional del Ecuador, escala 1:1 000 000, Quito.
- DUGAS (F.), LAVENU (A.), BONHOMME (M.), CORNEJO (R.), en préparation. *Sedimentación terciaria en el valle interandino cerca de Riobamba.*
- FEININGER (T.), BRISTOW (C.R.), 1980. Cretaceous and paleogene Geologic History of Coastal Ecuador., *Geol. Rundsch.*, 69 p. 849-874.
- FEININGER (T.), SEGUIN (M.K.), 1983. Simple Bouguer gravity anomaly field and the inferred crustal structure of continental Ecuador. *Geology* V, 11 p. 40-44
- HANDSHUMACHER (D.W.), 1976. Post Eocene Plate tectonics of the eastern Pacific. In : Sutton G.H., Manghnani M.H. and Moberly R. (eds). The Geophysics of the Pacific Ocean and its Margins. *American Geophys. Union.*, Washington, DC., pp. 117-202.
- KENNERLEY (J.B.), 1980. Outline of the geology of Ecuador. *Overseas Geol. Miner. Res.*, n° 55.
- LEBRAT (M.), 1985. Caractérisation géochimique du volcanisme antéorogénique de l'Occident équatorien : implications géodynamiques. Thèse Doct. 3ème cycle C.G.G. de l'Université de Montpellier.
- LEBRAT (M.), Megard (F.), Juteau (T.), Calle (J.), 1986. Pre-orogenic volcanic assemblages and structure in the Western Cordillera of Ecuador between 1°40'S and 2°20'S. *Geologische Rundschau.* Sous presse.
- LONSDALE (P.), 1978. Ecuadorian subduction system., *Bull. Am. Assoc. Petr. Geol.*, Vol. 62, pp. 2454-2477.
- LONSDALE (P.), Klitgord (K.D.), 1978. structure and tectonic history of the eastern Panama basin : *Geol. Soc. American. Bull.*, vol. 89, pp. 1-9.
- MEGARD (F.), LEBRAT (M.). Los terrenos exóticos del Occidente Ecuatoriano y sus relaciones con Suramerica, Ce volume. (Traduction).
- NOBLET (Ch.), 1987 - Sedimentología de la Cuenca intramontañosa de Cuenca, sur del Ecuador. En préparation.
- WORTEL (M.J.R.), 1984. Spatial and temporal variations in the Andean subduction zone, *J. geol. Soc. London*, vol. 141, pp. 783-791.