

107904
VD

STRATIGRAPHIE DES DÉPÔTS TERTIAIRES ET QUATERNAIRES DE LA DÉPRESSION INTERANDINE D'ÉQUATEUR (ENTRE 0° ET 2°15'S)

Alain Lavenu * **, Roger Baudino **, Frédéric Égo ***

Résumé

Des corrélations sédimentologiques et stratigraphiques effectuées dans trois zones de la Dépression Interandine d'Équateur et de récentes datations radiométriques permettent de compléter les connaissances stratigraphiques du Tertiaire et du Quaternaire de cette partie des Andes. La dynamique sédimentaire, identique dans ces trois zones de la Dépression Interandine, est caractéristique d'un bassin sédimentaire intra-arc depuis le Tertiaire supérieur.

Mots-clés : Stratigraphie, Tertiaire, Quaternaire, Andes, Équateur.

ESTRATIGRAFÍA DE LOS DEPÓSITOS TERCARIOS Y CUATERNARIOS DE LA DEPRESIÓN INTERANDINA DEL ECUADOR (ENTRE 0° Y 2° 15'S)

Resumen

Correlaciones hechas en tres zonas de la Depresión Interandina del Ecuador a partir del análisis estratigráfico, sedimentológico y dataciones radiométricas permiten complementar los datos estratigráficos conocidos y precisar la edad de los depósitos recientes. La dinámica sedimentaria, similar en las tres zonas de la Depresión Interandina es característica de una cuenca sedimentaria intra-arco desde el Terciario superior.

Palabras claves: Estratigrafía, Terciario, Cuaternario, Andes, Ecuador.

TERTIARY AND QUATERNARY STRATIGRAPHY OF THE DEPOSITS OF THE INTERANDEAN DEPRESSION OF ECUADOR (BETWEEN 0° AND 2° 15' S)

Abstract

Understanding of the stratigraphy of Tertiary and Quaternary rocks of the Ecuadorian Interandean Depression is refined by stratigraphic and sedimentological correlations, as well as by radiometric age determinations. The sedimentological dynamics, similar within the three study areas of the Interandean Depression, are characteristic of an intra-arc basin since the Late Cenozoic.

Key words: Stratigraphy, Tertiary, Quaternary, Andes, Ecuador.

* ORSTOM, 213 rue La Fayette, 75480 Paris cedex 10, France.

** Laboratoire de Géodynamique et Modélisation des Bassins Sédimentaires, IPRA-CURS, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Avenue de l'Université, 64000 Pau, France.

*** URA 1369 CNRS, Bâtiment 509, Université de Paris Sud, 91405 Orsay, France.



INTRODUCTION

La Dépression Interandine est un élément morphostructural majeur des Andes d'Équateur et de Colombie qui s'étend de 0°30' N à 2°15'S. Cette dépression tectonique en forme de synclinorium (Lavenu *et al.*, 1995) est bordée, en faille inverse, par les terrains allochtones océaniques de la Cordillère occidentale et les terrains autochtones de la Cordillère orientale (Case *et al.*, 1971 ; 1973 ; Campbell, 1974a ; 1974b ; 1975 ; Feininger & Bristow, 1980 ; Feininger & Seguin, 1983 ; McCourt *et al.*, 1984 ; Lebrat *et al.*, 1985) (Fig. 1). Au sud, les sédiments de la dépression reposent en contact stratigraphique sur les reliefs du substratum volcanique de la Cordillère occidentale. Il ne semble pas que cette limite soit tectonique.

Le remplissage de la Dépression est constitué de dépôts tertiaires et quaternaires continentaux volcanoclastiques, fluviaux et palustres étudiés par de nombreux auteurs (*e.g.* Estrada, 1941 ; Sauer, 1950 ; 1955 ; 1965 ; Bonifaz, 1972 ; DGGM, 1980c ; Vera, 1983 ; Beate, 1985 ; Clapperton & McEwan, 1985 ; Clapperton & Vera, 1986 ; Noblet *et al.*, 1986 ; Vera & Lopez, 1986 ; Barberi *et al.*, 1988 ; Hall & Beate, 1991).

Des datations récentes (Lavenu *et al.*, 1992) effectuées après un travail de terrain détaillé, permettent de compléter les connaissances stratigraphiques actuelles et de préciser l'âge des dépôts récents de la Dépression Interandine. L'analyse du volcanisme holocène n'est pas abordée ici (*cf.* bibliographie in Hall, 1977 et Mothes, 1991).

Les corrélations stratigraphiques effectuées dans trois zones de la Dépression Interandine d'Équateur (Alausi, Ambato, Quito) permettent de montrer que la dynamique sédimentaire, similaire dans ces trois zones, est caractéristique d'un bassin sédimentaire intra-arc depuis le Tertiaire supérieur.

1. STRATIGRAPHIE

La majeure partie des dépôts du centre et du sud de la Dépression Interandine est recouverte par les produits volcaniques de stratovolcans quaternaires. Cependant, du sud au nord, trois zones permettent d'observer les séries antérieures : la zone d'Alausi-Riobamba, la zone d'Ambato-Latacunga et la zone de Quito (Fig. 2).

1. 1. La zone d'Alausi-Riobamba

1. 1. 1. L'Unité Huigra

L'Unité Huigra constitue le substratum des terrains étudiés dans la zone d'Alausi-Riobamba. Cette unité définie par Egüez *et al.* (1992) correspond à des dépôts volcaniques et volcano-sédimentaires continentaux. D'après ces auteurs, elle serait en contact tectonique avec les terrains accrétés d'affinité océanique de la Cordillère occidentale. Elle a été datée à $35,5 \pm 1,3$ Ma et $27,2 \pm 0,9$ Ma (Lavenu *et al.*, 1992), ce qui la situe entre l'Éocène supérieur et l'Oligocène supérieur (*cf.* Odin, 1994).

1. 1. 2. La Formation Alausi

La Formation Alausi (DGGM, 1975) repose en discordance angulaire sur l'unité précédente (Egüez *et al.*, 1992). Elle est constituée principalement de laves andésitiques et rhyolitiques ainsi que de dépôts continentaux volcano-sédimentaires. Des datations

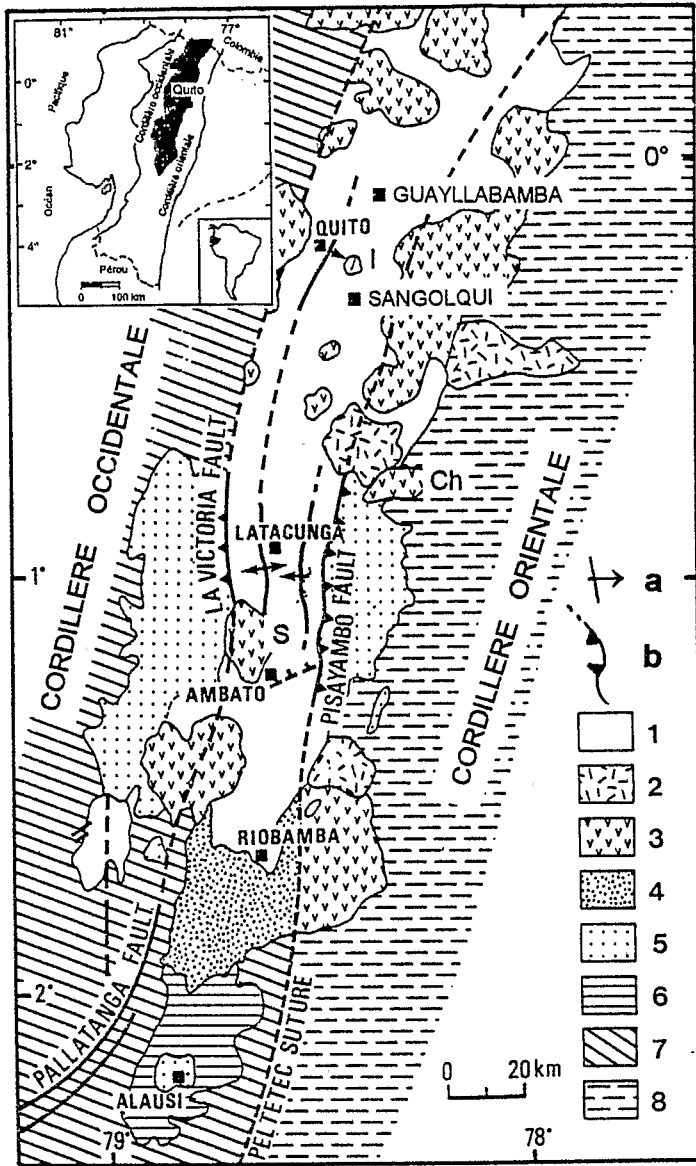


Fig. 1 - Carte géologique schématique du sud de la Dépression Interandine d'Équateur (d'après Lavenu *et al.*, 1995, modifié).

- 1 - Dépôts quaternaires ; 2 - Dépôts volcaniques quaternaires ; 3 - Dépôts volcaniques pliocènes ;
- 4 - Sédiments pliocènes ; 5 - Sédiments et dépôts volcaniques miocènes ; 6 - Dépôts oligocènes ;
- 7 - Cordillère occidentale ; 8 - Cordillère orientale ; a - flexures ; b - failles et failles inverses. Ch : caldera Chalupas ; I : volcan Ilaló ; S : volcan Sagoatoa.

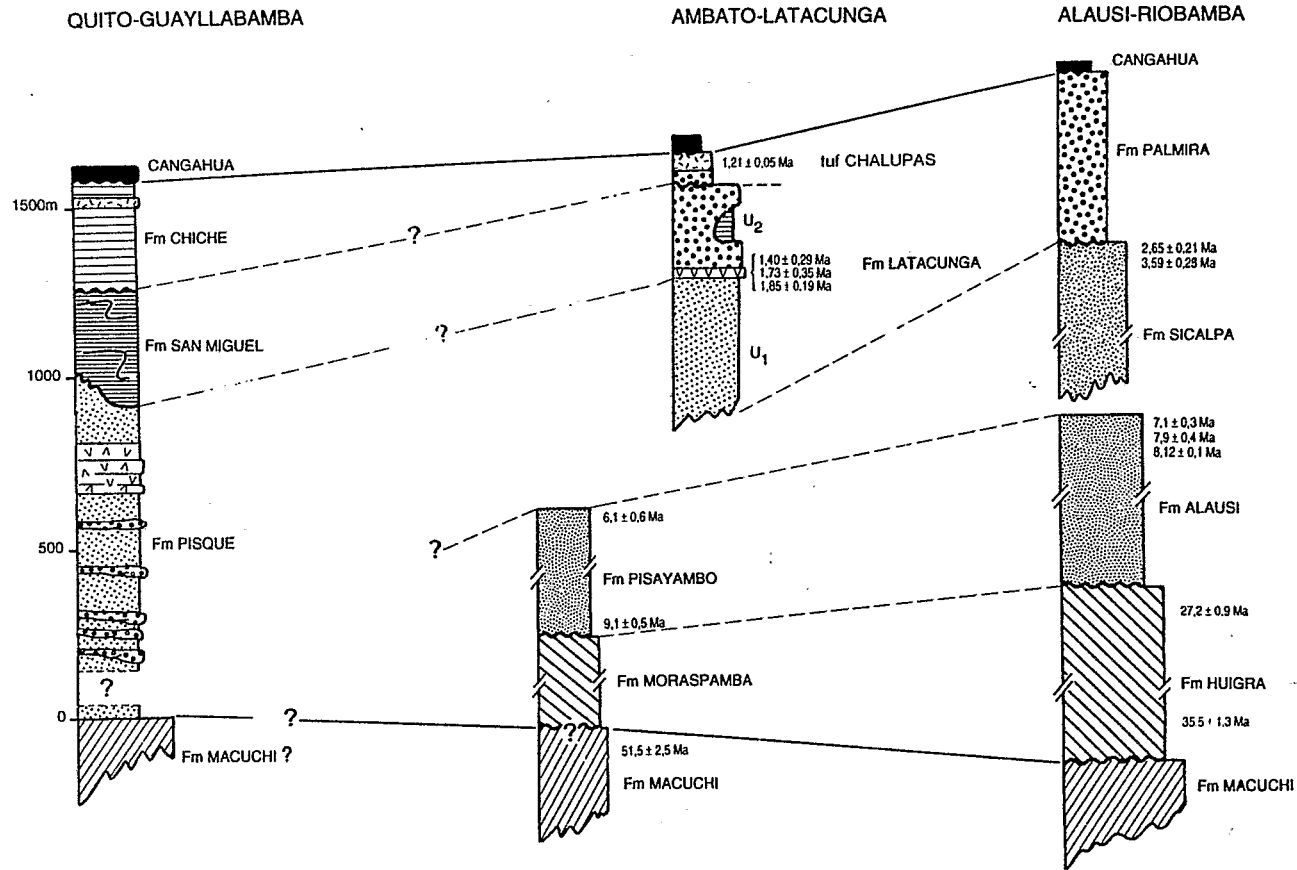


Fig. 2 - Corrélations stratigraphiques et lithostratigraphiques entre les différentes formations décrites dans les régions de Quito, au nord, de Latacunga et d'Alausi au sud.

radiométriques à $8,12 \pm 0,1$ Ma, $7,1 \pm 0,3$ Ma (Barberi *et al.*, 1988) et $7,9 \pm 0,4$ Ma (Lavenu *et al.*, 1992) lui confèrent un âge miocène supérieur. Son épaisseur est estimée à plus de 1500 m (DGGM, 1975).

1. 1. 3. La Formation Sicalpa

La Formation Sicalpa (DGGM, 1976) est constituée essentiellement de roches volcaniques (pyroclastites et coulées) déposées en milieu continental (fluvial et lacustre) (DGGM, 1978a ; Baldock, 1982 ; Egüez *et al.*, 1992). Cette formation est datée du Pliocène à $3,59 \pm 0,28$ Ma et $2,65 \pm 0,21$ Ma (Lavenu *et al.*, 1992). Ces datations montrent que la Formation Sicalpa est plus jeune que la Formation Alausi, mais le contact entre ces deux formations n'a pas été observé.

1. 1. 4. La Formation Palmira

La Formation Palmira du Pléistocène (DGGM, 1975 ; Baldock, 1982) est composée de conglomérats fluviaux dans lesquels s'intercalent des pyroclastites en couches centimétriques à métriques. Son épaisseur pourrait atteindre plusieurs centaines de mètres (DGGM, 1978a). Une discordance angulaire entre les formations Sicalpa et Palmira a été observée entre Riobamba et Alausi. Dans ce secteur, la Formation Palmira s'est déposée dans des paléovallées avec un sens de paléocourant (~ E-W) transverse par rapport aux bordures. L'apparition de ces conglomérats correspond à un changement important de la dynamique sédimentaire lié à des phénomènes climatiques et/ou tectoniques.

1. 1. 5. Les dépôts volcaniques récents

Nous employons ce terme pour désigner des dépôts volcaniques récents postérieurs au tuf Chalupas. Sur les cartes géologiques, ces dépôts sont mentionnés sous le terme de Cangahua. Ce terme quechua (principales références in Bristow & Hoffstetter, 1977 ; Bonifaz, 1977 ; Clapperton & Vera, 1986) est ambigu car il a été utilisé au départ pour désigner un type de sol ocre-kaki et induré (Wisse, 1854) et repris pour désigner un ensemble de dépôts volcano-sédimentaires récents et de lithologie variée (DGGM, 1978b ; 1980b ; 1980c ; Vera & Lopez, 1986). Leur distribution géographique est importante : ils recouvrent la topographie actuelle de la Cordillère depuis le centre de la Colombie, au nord, jusqu'à la latitude de $2^{\circ}30'S$ en Équateur (Hall & Beate, 1991). Ils peuvent atteindre une épaisseur de 100 m. Ces dépôts de retombées pyroclastiques, souvent resédimentés par les cours d'eau et parfois pédogénéés, ont pour principale caractéristique de recouvrir une paléotopographie et de draper les reliefs. L'âge de ces dépôts est mal défini. À Punin, 10 km au sud de Riobamba, ils ont fourni une importante faune du Pléistocène tardif (Hoffstetter, 1986) (âge Lujanien supérieur).

1. 2. La zone d'Ambato-Latacunga

1. 2. 1. La Formation Macuchi

Des roches d'âge Éocène inférieur, diabases et pyroclastites, affleurent dans la Dépression Interandine ($51,5 \pm 2,5$ Ma ; Cotecchia & Zezza, 1969). Elles sont recouvertes en

discordance par la Formation Latacunga à l'est d'Ambato. Pour Baldock (1982) ces roches pourraient appartenir à la Formation Macuchi, groupe de roches volcaniques liées au fonctionnement d'un arc volcanique océanique accréte au continent au Crétacé supérieur/Éocène et constituant l'essentiel de la Cordillère occidentale, de 3°S à la frontière Équateur/Colombie.

1. 2. 2. La Formation Moraspamba

À l'ouest de Latacunga, dans la Cordillère occidentale, cette formation affleure sur une faible superficie où elle repose directement sur la Formation Macuchi (DGGM, 1980a ; Baldock, 1982) (Fig. 3). La Formation Moraspamba est composée de conglomérats, brèches volcaniques, grès et lutites continentaux. Son épaisseur dépasserait 500 m ; elle est attribuée au Néogène en l'absence de tout critère de datation (DGGM, 1980a ; Baldock, 1982).

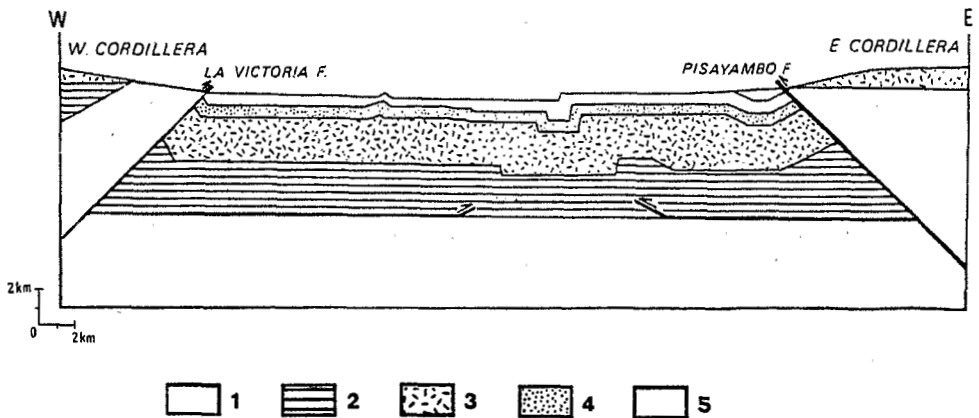


Fig. 3 - Coupe interprétative de la Dépression Interandine à la latitude de Latacunga (d'après Lavenu *et al.*, 1995, modifié).

1 - Substratum anté-Miocène ; 2 - Formation Moraspamba ; 3 - Formation Pisayambo ; 4 - Formation Sicalpa ; 5 - Formation Latacunga et Quaternaire indifférencié.

1. 2. 3. La Formation Pisayambo

La Formation Pisayambo, subhorizontale, recouvre en discordance angulaire, à la fois les roches métamorphiques de la Cordillère orientale (Kennerley, 1971 ; Baldock, 1982) et la Formation Moraspamba dans la Cordillère occidentale (Lavenu *et al.*, 1995). La Formation Pisayambo n'apparaît pas à l'affleurement dans la Dépression Interandine où elle a été cartographiée à tort (DGGM, 1978b ; 1980a) ; elle correspond ici en fait à la partie inférieure de la Formation Latacunga (voir Lavenu *et al.*, 1992). Il s'agit d'un ensemble de dépôts volcaniques et volcanoclastiques divisés en deux sous-ensembles (Baldock, 1982 ; Almeida & Beate, 1983) : une série de type acide à la base (dacites, rhyolites, pyroclastites) surmontée par des coulées andésitiques et basaltiques. Cet ensemble constitue le soubassement des stratovolcans plio-quaternaires (DGGM, 1976). Dans la Cordillère occidentale, la Formation Pisayambo a une épaisseur qui ne dépasserait pas actuellement 1000 m. Ailleurs, elle

dépasserait 2000 m (Baldock, 1982). Une coulée andésitique de la base de la Formation Pisayambo a donné un âge K/Ar entre $10,0 \pm 1,3$ Ma (roche totale) et $9,1 \pm 0,5$ Ma (plagioclase) (Lavenu *et al.*, 1992). Barberi *et al.* (1988) ont daté le soubassement du stratovolcan Quilotoa à $6,1 \pm 0,6$ Ma. Cet âge correspondrait au sommet de la Formation Pisayambo qui serait donc du Miocène supérieur.

1. 2. 4. La Formation Latacunga

La Formation Latacunga, localisée à la Dépression Interandine et dont on n'observe pas la base à l'affleurement, est constituée de deux unités (Dávila, 1990 ; Lavenu *et al.*, 1992). La première unité (U_1) est constituée d'une série volcano-sédimentaire comprenant des lahars, des coulées andésitiques, des coulées de boue, des brèches volcaniques qui passent vers le sommet de cette unité à des dépôts indurés fluviaux fins à lacustres, puis à des dépôts fluviaux plus grossiers, eux aussi indurés (diamètre des galets de quelques cm). Vers le sommet, les dépôts plus grossiers sont à relier à des modifications climatiques et/ou tectoniques. La deuxième unité (U_2) est représentée par des dépôts fluviaux en tresse grossiers peu indurés (diamètre d'environ 10 cm), dans lesquels s'intercalent, à l'ouest du bassin, des dépôts lacustres argileux épais. Au sommet de l'unité U_2 , ces dépôts fluviaux deviennent plus fins, les conglomérats sont absents et les produits volcaniques resédimentés prédominent. Généralement et près des bordures, les paléocourants sont E-W, perpendiculaires aux bordures.

Des déformations synsédimentaires (discordances synsédimentaires) affectant l'unité U_2 témoignent d'une augmentation de l'activité tectonique qui débute probablement dès la fin du dépôt de l'unité U_1 , comme en témoigne l'arrivée des conglomérats. Antérieurement, la Formation Latacunga regroupait l'unité U_2 et le dépôt ignimbritique Chalupas sus-jacent (DGGM, 1980a). Elle a été redéfinie en 1992 par Lavenu *et al.* qui y incluent l'unité U_1 , anciennement attribuée à la Formation Pisayambo et qui en excluent le tuf ignimbritique Chalupas sus-jacent parce qu'il en est séparé par une discordance angulaire. À l'est d'Ambato la Formation Latacunga atteint une épaisseur d'environ 500 à 600 m. Elle est en contact avec des roches volcaniques vert sombre (diabases et pyroclastites) datées de l'Éocène inférieur (Cotecchia & Zezza, 1969). Des coulées de laves andésitiques ont été datées en trois sites différents, dans la partie sommitale de la première unité (Lavenu *et al.*, 1992) : à Latacunga, $1,85 \pm 0,19$ Ma, à l'est d'Ambato, $1,73 \pm 0,35$ Ma et sur le flanc oriental du volcan Sagoatoa au nord d'Ambato, $1,40 \pm 0,29$ Ma. Ces données situent stratigraphiquement cette formation à la limite Pliocène-Pléistocène.

La Formation Latacunga, déformée, est recoupée par une surface d'érosion marquée par des chenaux remplis de conglomérats fluviaux qui précèdent localement le dépôt du tuf Chalupas.

1. 2. 5. Le tuf Chalupas

C'est un dépôt volcanique ignimbritique non consolidé, d'extension régionale (2000 km²), qui peut atteindre plus de 50 m d'épaisseur (Beate, 1985 ; 1989). Cet auteur le divise en trois membres :

- une partie basale épaisse de 1 m, constituée de lapillis de pierre ponce (projections aériennes) ;

- une partie centrale de 30 à 40 m d'épaisseur, qui est le flux pyroclastique stricto sensu, massif, non consolidé ;
- une partie sommitale, de 5 à 10 m d'épaisseur, souvent séparée de la précédente par une surface d'érosion et constituée par des dépôts de coulées pyroclastiques de faible densité (*ash cloud surge deposits*) et de retombées pyroclastiques, en fines laminations planes ou obliques mais aussi par du matériel redéposé en milieu aqueux.

Il s'agit là d'une séquence ignimbritique typique avec des retombées de projections aériennes (*air-fall et base surge deposits*) précédant la coulée pyroclastique de haute densité (*ignimbrite ou pumice-flow deposit*) dont le passage érode le plus souvent une très grande partie des dépôts précurseurs. La coulée ignimbritique est elle-même surmontée par des retombées aériennes, ainsi que par des dépôts de coulée de faible densité (particules les plus légères formant un courant de faible densité au-dessus de la coulée ignimbritique en mouvement). Enfin, des dépôts sont resédimentés en milieu aqueux par les cours d'eau qui ont repris leur circulation après l'événement volcanique. Cette ignimbrite n'est pas datée mais Barberi *et al.* (1988) indiquent un âge de $1,21 \pm 0,05$ Ma correspondant à des émissions de la caldera Chalupas dont elle est issue. On peut penser que cet âge correspond aussi à celui du tuf Chalupas puisqu'il vient en discordance sur la Formation Latacunga dont le sommet a été daté entre 1,8 et 1,4 Ma.

1. 2. 6. Les dépôts volcaniques récents

Dans la région de Latacunga, ces dépôts (Cangahua) sont postérieurs au tuf Chalupas (1,21 Ma) ; le fossile *Coprinisphaera ecuadoriensis* les situe dans le Pléistocène (Sauer, 1955).

1. 3. La zone de Quito nord : Guayllabamba

À 20 km au NE de Quito, l'érosion fluviale permet d'étudier une bonne section des dépôts. C'est sur les bordures du nord de la cuvette de Guayllabamba que les affleurements sont les plus représentatifs car son centre présente de nombreux glissements récents. La coupe lithostratigraphique présentée dans la figure 2 a une puissance totale d'environ 1500 m.

Le substratum est constitué par un microgabbro en colonnes avec intercalations de niveaux schisteux à empreintes de feuilles au sommet. Bien exposé dans le lit du Rio Guayllabamba, il appartiendrait selon la carte géologique El Quinche (DGGM, 1980a) à la formation Macuchi d'âge Crétacé supérieur à Éocène. Sans discordance apparente, ce niveau est surmonté par quatre ensembles principaux constituant le remplissage récent de la Dépression Interandine, du bas vers le haut : les formations Pisque, San Miguel, Chiche et les dépôts pyroclastiques connus sous le nom de Cangahua. Ces ensembles identifiés par les termes génériques rencontrés dans la littérature sont redéfinis.

1. 3. 1. La Formation Pisque

La Formation Pisque, épaisse de 1000 m, débute par des dépôts volcano-sédimentaires de couleur claire composés de grès tufacés, de lahars et de coulées boueuses (*debris flow*). Après une lacune d'observation d'une centaine de mètres, des dépôts identiques

réapparaissent dans lesquels s'intercalent des niveaux conglomératiques fluviatiles. Leur fréquence diminue vers le sommet. Un épisode volcanique important est marqué par la présence de coulées et de brèches basaltiques monogéniques dont la datation est en cours. L'épaisseur observée sur le bord ouest du bassin est de 150 m environ mais vers l'est les dépôts peuvent atteindre 300 m. Ceci est en accord avec l'hypothèse selon laquelle les centres d'émission de ces coulées se situaient à l'est du bassin (DGGM, 1982a ; 1982b). Les deux cents derniers mètres de cette formation se composent de dépôts lacustres finement lités, constitués de grès à laminations obliques, d'argiles et de limons, avec intercalations de niveaux de ponces et de cendres volcaniques. Au sommet de la Formation Pisque apparaissent des glissements synsédimentaires. Les mesures de paléocourants effectuées dans les niveaux fluviatiles sous-jacents aux coulées basaltiques (imbrications de galets) indiquent un transport depuis le sud vers le nord. Des laminations parallèles obliques observées dans les sédiments lacustres sus-jacents aux coulées basaltiques indiquent une progradation des dépôts vers le nord-est. Des travaux de terrain détaillés montrent l'implication de coulées volcaniques (datées entre $1,32 \pm 0,13$ Ma et $1,17 \pm 0,10$ Ma, Barberi *et al.*, 1988) dans les sédiments fluvio-lacustres qui pourraient être, sur la bordure ouest du bassin, un équivalent volcanique de la Formation Pisque. Au sud-est de Quito, des émissions du volcan Ilalo, datées à $1,62 \pm 0,16$ Ma (Barberi *et al.*, 1988), ont probablement alimenté le bassin.

1. 3. 2. La Formation San Miguel

Il s'agit d'un ensemble de sédiments déposés en milieu lacustre tectoniquement très instable. Ils surmontent la Formation Pisque, localement en discordance, et sont séparés des dépôts subhorizontaux de la Formation Chiche par une discontinuité importante. L'épaisseur minimale de la Formation San Miguel est de 250 m. Lithologiquement les dépôts ne sont pas différents de ceux du sommet de la Formation Pisque. Il s'agit de niveaux fins principalement volcaniques déposés en milieu lacustre. De nombreuses structures telles que des slumps de taille centimétrique à décamétrique, des failles synsédimentaires, normales et inverses ainsi que des olistolites, témoignent d'une grande instabilité lors de la sédimentation. Vers le sommet de cette formation les niveaux de pyroclastites sont moins déformés. Sur le bord ouest du bassin les couches sommitales de cette formation viennent en discordance angulaire sur les niveaux lacustres basculés du sommet de la Formation Pisque (discordance progressive). On peut donc penser que l'instabilité durant le dépôt de la Formation San Miguel est due à une mobilité des bordures du bassin. En fait le milieu de dépôt ne varie pas entre le sommet de la Formation Pisque et la Formation San Miguel : il s'agit, pour le sommet de la première formation, de la sédimentation de produits volcaniques en milieu lacustre tranquille et pour la seconde formation de dépôts lacustres syntectoniques.

1. 3. 3. La Formation Chiche

Elle repose en discordance angulaire sur la Formation San Miguel. Les dépôts subhorizontaux qui la composent sont essentiellement volcaniques et présentent une épaisseur totale de 250 m. Les 150 à 180 premiers mètres sont composés de dépôts volcanoclastiques tels que lahars et pyroclastites déposés en milieu lacustre dans lesquels s'intercalent, dans la partie supérieure, des niveaux fluviatiles conglomératiques et gréseux à laminations obliques arquées. Nous avons trouvé au sommet de ce premier ensemble les ossements d'un édenté

du Pléistocène qui pourrait être *Glossotherium* (C. de Muizon, com. pers.). Deux niveaux blancs de ponces, de cinq mètres chacun séparés par un niveau discontinu, servent de bancs repères et se suivent dans tout le bassin. Les trente à cinquante derniers mètres sont constitués par des cendres en bancs plus minces dans lesquels apparaissent des paléosols développés en contexte volcanique actif. L'occurrence de ces paléosols indique un comblement du lac.

1. 3. 4. Dépôts Pyroclastiques Récents

Composés de cendres volcaniques et de niveaux de ponces, ils se déposent après une période d'érosion. Ces dépôts correspondent à la Cangahua des cartes géologiques (DGGM, 1980a ; 1980b ; 1980c). Leur épaisseur varie de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. De nombreux restes de mammifères du Pléistocène tardif, correspondant à la faune de Punin (Hoffstetter, 1986) y ont été récoltés aux alentours de Quito. À une centaine de kilomètres au nord-est de Quito, Ficarelli *et al.* (1993) signalent, dans la Cangahua, la découverte de *Glossotherium Mazama rufina* du Pléistocène tardif.

1. 4. La zone de Quito sud : Sangolqui

À 10 km au sud-est de Quito, d'après nos observations, la coupe du Rio Chiche décrite par Clapperton & Vera (1986) intéresse la Formation Chiche dans sa majeure partie. Pour ces auteurs, les 30 premiers mètres correspondent à des conglomérats subanguleux, volcaniques, cimentés (lahars) provenant du sud ; ils sont surmontés par 50 m de dépôts fluviatiles à galets subarrondis, en bancs plus fins, se répétant séquentiellement et dans lesquels s'intercalent des bancs de cendres et de ponces. La partie sus-jacente, moins consolidée, est essentiellement volcanique, mieux stratifiée et composée de matériel moins grossier. Elle a une épaisseur d'environ 20 m. Dans ces dépôts fluviatiles, des paléosols interstratifiés marquent des épisodes d'évolution des sols à l'air libre. Ils sont recouverts par des niveaux pyroclastiques. Le sommet de la coupe est caractérisé par deux niveaux pyroclastiques blancs (ponce) épais de 1 à 5 mètres, surmontés par une dizaine de mètres de sédiments volcaniques fins à paléosols. Les deux niveaux pyroclastiques sont équivalents à ceux rencontrés dans la zone de Quito-Guayllabamba et correspondent à la partie sommitale de la Formation Chiche. Seuls les 4 à 5 derniers mètres représentent la Cangahua. Dans ce même site et au-dessous des deux bancs de ponce, Hoffstetter (1986) signale une association faunistique de mammifères du Pléistocène supérieur (faune chichéenne du Lujanien s.l.). Pour cet auteur, cette faune serait à la fois différente et plus ancienne que celle décrite dans la Cangahua de Punin (faune puninienne du Pléistocène tardif).

2. CORRÉLATIONS LITHOSTRATIGRAPHIQUES

La figure 2 montre les corrélations lithostratigraphiques que l'on peut établir entre les trois zones étudiées.

Les roches les plus anciennes connues à l'affleurement dans la Dépression Interandine sont des diabases et des pyroclastites datées de l'Éocène inférieur ($51 \pm 2,5$ Ma ; Cotecchia & Zezza, 1969). Il faut noter que ces roches sont directement recouvertes en discordance par la Formation Latacunga du Plio-Pléistocène. Elles forment donc le substratum de la Dépression Interandine localement porté à l'affleurement par des failles inverses.

Les premiers dépôts volcano-sédimentaires post-Éocène connus sont ceux de l'Unité Huigra. Datés de l'Oligocène, ils sont l'équivalent de la Formation Saraguro, connue plus au sud. La Formation Moraspamba, comprise entre la Formation Macuchi (anté Oligocène) et la Formation Pisayambo (Miocène supérieur) pourrait être l'équivalent de l'Unité Huigra et de la Formation Saraguro.

Au Miocène supérieur se déposent les formations Alausi et Pisayambo. Ces deux formations reposent en discordance sur les dépôts oligocènes. Bien que les éléments de datation soient insuffisants pour conclure, il pourrait exister ici une importante lacune de dépôts entre l'Oligocène supérieur et le Miocène supérieur. Ces formations, Alausi et Pisayambo, seraient un équivalent des formations Tarqui, comme le suggèrent Hall & Beate (1991) et Mangan, du sud de l'Équateur. En effet, des datations radiométriques effectuées dans ces dernières formations à $8,2 \pm 0,4$ Ma (Lavenu *et al.*, 1992) et $11,2 \pm 0,3$ à $15,4 \pm 0,7$ Ma (Barberi *et al.*, 1988) leur attribuent des âges du Miocène moyen à supérieur.

Au Pliocène, la sédimentation continentale en contexte volcanique se poursuit. La Formation Sicalpa représente les dépôts pliocènes les plus anciens. Ses relations cartographiques avec la Formation Alausi, comme avec la Formation Latacunga, ne sont pas connues.

La Formation Latacunga présente des dépôts datés de la limite Pliocène -Pléistocène. Elle est surmontée, en discordance angulaire, par le tuf Chalupas d'âge Pléistocène. Dans la zone de Quito-Guayllabamba, la Formation Chiche est datée du Pléistocène supérieur et recouvre en discordance angulaire les dépôts de la Formation San Miguel. Bien que les données radiométriques ne soient pas encore disponibles on suppose que le sommet de la Formation Latacunga (U_2) est l'équivalent de la Formation San Miguel. Cette hypothèse est également supportée par le fait qu'une activité tectonique importante accompagne le dépôt de la Formation San Miguel et celui de l'unité supérieure (U_2) de la Formation Latacunga.

Le tuf Chalupas et les quelques sédiments fluviolacustres qui l'accompagnent seraient l'équivalent de la Formation Chiche. Ces dépôts pléistocènes, contemporains d'un volcanisme explosif important, recouvrent en discordance angulaire les formations sous-jacentes et sont eux-mêmes surmontés par des dépôts discordants.

Les dépôts pyroclastiques récents, parfois resédimentés et localement connus comme Cangahua, succèdent aux précédents après une importante phase d'érosion dont l'origine reste sans explication. Leur limite stratigraphique inférieure est inconnue. Cependant, les dépôts sous-jacents du Lujanien indiquent un âge maximum de 0,7 Ma (date limite entre l'Ensenadien et le Lujanien). D'autres estimations confèrent à cette unité un âge inférieur à 100 000 ans (Mothés & Hall, 1991) ou de quelques milliers d'années (Bonifaz, 1972 ; 1977). Ces dépôts pyroclastiques couvrent donc au plus la période allant du Pléistocène supérieur (au plus 0,7 Ma) à l'Actuel.

3. CONCLUSIONS

La Dépression Interandine se présente comme une unité morphologique relativement bien définie entre Alausi et Quito.

Les corrélations entre les trois zones étudiées montrent des similitudes stratigraphiques et sédimentologiques. Les séries néogènes et pléistocènes affleurant dans la Dépression

Interandine constituant, à notre avis, le remplissage d'un seul et même bassin intra-arc s'étendant depuis Alausi jusqu'à Guayllabamba. D'autres auteurs (Noblet *et al.*, 1986) émettent cependant l'hypothèse de l'existence de plusieurs bassins.

Les datations radiométriques indiquent que ce bassin commence à fonctionner à la base du Miocène supérieur, vers 10 Ma. Les données structurales disponibles actuellement ne permettent pas de caractériser le régime tectonique qui en est à l'origine : régime en transtension (bassin en ouverture), ou bien régime en transpression ou régime en compression (bassin de type « push down ») (Fig. 3). L'apparition d'une dépression va permettre le dépôt des formations Alausi, Pisayambo et Sicalpa, du Miocène supérieur au Pliocène supérieur sur un substratum d'âge oligocène (Unité Huigra). Durant le Quaternaire, la sédimentation se poursuit en contextes syntectonique compressif et actuellement, cette région de la Dépression Interandine est soumise à une sismicité superficielle due à une compression E-W (voir références *in* Winter, 1990 ; Ego *et al.*, 1993 ; Lavenu *et al.*, 1995).

Un volcanisme intense accompagne l'évolution de ce bassin. Dès l'Oligocène, un arc volcanique fonctionne qui s'étend au moins depuis 4°30'S (Formation Saraguro) jusqu'à 2°S (Unité Huigra) et peut être plus au nord jusqu'à la latitude 1°S (Formation Moraspamba). Au Miocène inférieur, le manque d'informations ne permet pas de savoir si l'activité volcanique se poursuit. Toutefois, immédiatement au sud (bassin de Cuenca) une activité volcanique importante a été mise en évidence durant le Miocène inférieur (Kennerley, 1971 ; Baldock, 1982 ; Noblet *et al.*, 1988 ; Lavenu *et al.*, 1992). Au Miocène moyen et supérieur, l'arc volcanique s'étend depuis 4°30'S jusqu'à 5°N en Colombie, comme en témoigne l'importante proportion de produits volcaniques rencontrés dans les bassins sédimentaires continentaux de ce segment des Andes septentrionales. À partir du Pliocène, l'activité volcanique cesse pratiquement entre 4°30'S et 2°S alors que l'arc demeure actif jusqu'à l'Actuel plus au nord. Ce phénomène est expliqué par la différence de pente de la plaque Nazca en subduction de part et d'autre de la zone de fracture de Grijalva (Barazangi & Isacks, 1976 ; Lonsdale & Klitgord, 1978).

Le bassin de la Dépression Interandine a été interprété comme un graben limité par des failles normales (Sauer, 1965 ; Cotecchia & Zezza, 1969 ; Hall & Ramon, 1978 ; Hall *et al.*, 1980 ; Hall & Yepes, 1980 ; Baldock, 1982 ; Hall & Wood, 1985 ; Barberi *et al.*, 1988 ; Maldonado & Astudillo, 1989 ; Hall & Beate, 1991 ; Tibaldi & Ferrari, 1992). Des travaux récents montrent qu'il s'agit en fait d'un bassin en compression de type « push down » limité par des failles inverses (Lavenu *et al.*, 1995). La nature même du bassin et son fonctionnement tardif (Miocène supérieur) le différencie clairement des bassins intramontagneux du sud de l'Équateur (Noblet *et al.*, 1988 ; Izquierdo, 1991 ; Fierro, 1991 ; Mediavilla, 1991 ; Baudino *et al.*, 1994). En effet ces derniers sont des bassins sur décrochements qui apparaissent à la limite Oligocène-Miocène.

La région d'Alausi est une zone charnière entre la Dépression Interandine au nord et les bassins du sud. Elle joue le rôle d'une zone haute où il n'existe pas de dépôts miocènes inférieur et moyen (zone de non-dépôt ou zone d'érosion). Il pourrait s'agir d'une zone de failles de direction NE-SW, dans le prolongement des failles limitant à l'ouest le Golfe de Guayaquil et se raccordant peut-être aux chevauchements de la zone subandine.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre de la Convention ORSTOM-EPN-CLIRSEN-IPGH d'Équateur et de l'Accord particulier IFEA-ORSTOM. Elle a bénéficié du soutien financier et logistique de l'IFEA et de l'ORSTOM. Nous remercions Messieurs C. Noblet et F. Innocenti pour la lecture critique du manuscrit.

Références citées

- ALMEIDA, E. & BEATE, B., 1983 - Geovulcanología del Complejo Chalupas-Cotopaxi, Prefactibilidad, 163 p., Rap. int., Quito : INECEL.
- BALDOCK, J.W., 1982 - *Geología del Ecuador: Boletín de la explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador*. Esc. 1:1 000 000, 70 p., Quito: Min. Rec. Nat. Energ.
- BARANZANGI, M. & ISACKS, B.L., 1976 - Spacial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America. *Geology*, 4: 686-692.
- BARBERI, F., COLTELLI, M., FERRARA, G., INNOCENTI, F., NAVARRO, J.M. & SANTACROCE, R., 1988 - Plio-Quaternary volcanism in Ecuador. *Geological Magazine*, 125 (1): 1-14.
- BAUDINO, R., LAVENU, A. & DELFAUD, J., 1994 - Un événement tectonique néogène majeur dans les Andes du Sud de l'Équateur. Déformation synsédimentaire dans le bassin de Nabon. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 319, II : 127-133.
- BEATE, B., 1985 - El flujo piroclástico de Chalupas como causante de un desastre natural en el Cuaternario de los Andes septentrionales del Ecuador. in: *Primer Simposio Latinoamericano sobre Desastres Naturales*: 21-27.
- BEATE, B., 1989 - The Chalupas ignimbrite. Abst. IAVCEI General Assembly, New Mexico. *New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, Bull.* 131, 1 p.
- BONIFAZ, E., 1972 - Microlitas arqueológicas, 4 p., Rap. inéd., Quito.
- BONIFAZ, E., 1977 - Dating of obsidian artifacts of the Ilaló region of Ecuador according to their hydration, 6 p., Rap. inéd., Quito.
- BRISTOW, C.R. & HOFFSTETTER, R., 1977 - *Lexique stratigraphique international*, 410 p., Vol. 5, Amérique Latine, Fasc. 5a, Équateur, CNRS, Paris.
- CAMPBELL, C.J., 1974a - Colombian Andes. in: *Mesozoic-Cenozoic orogenic belts* (Spencer A.M. eds.): 705-724, Special Publication, Geological Society 4, London.
- CAMPBELL, C.J., 1974b - Ecuadorian Andes. in: *Mesozoic-Cenozoic orogenic belts* (Spencer A.M. eds.): 725-732, Special Publication, Geological Society 4, London.
- CAMPBELL, C.J., 1975 - Ecuador. in: *The Encyclopedia of world regional geology. Part 1, Western Hemisphere* (Fraibridge R.W. ed.): 261-270, Stroudsburg, USA: Dowden Hutchinson & Ross.
- CASE, J.E., BARNES, J., PARIS, G., GONZÁLES, H. & VINA, A., 1973 - Trans-Andean geophysical profil, Southern Colombia. *Geological Society of America Bulletin*, 84: 2895-2904.
- CASE, J.E., DURAN, L.G., ALFONSO LÓPEZ, R. & MOORE, W.R., 1971 - Tectonic investigations in Western Colombia and Eastern Panama. *Geological Society of America Bulletin*, 82: 2685-2712.
- CLAPPERTON, C. & McEWAN, C., 1985 - Late Quaternary moraines in the Chimborazo area, Ecuador. *Artic and Alpine Research*, 17: 135-142.
- CLAPPERTON, C. & VERA, R., 1986 - La secuencia glacial del Cuaternario en el Ecuador: una interpretación al modelo de W. Sauer. *CEPEIGE "Paisajes Geográficos"*, 16: 3-20.
- COTECCHIA, V. & ZEZZA, F., 1969 - The Eocene basement of the interandean corridor in the Latacunga-Ambato trough (Ecuador). *Geologia Applicata litrogeologia*, 4: 43-48.
- DÁVILA, F., 1990 - Geodinámica plio-cuaternaria de la cuenca de Latacunga-Ambato. Callejon interandino: Sector entre Salcedo y Pillaro. Thèse inédite, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 192 p.
- DIRECCIÓN GENERAL de GEOLOGÍA y MINAS (DGGM), 1975 - *Mapa geológico del Ecuador, 1/100 000, hoja Alausi*, Quito: Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- DIRECCIÓN GENERAL de GEOLOGÍA y MINAS (DGGM), 1976 - *Mapa geológico del Ecuador, 1/100 000, hoja Chimborazo*, Quito: Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.

- DIRECCIÓN GENERAL de GEOLOGÍA y MINAS (DGGM), 1978a - *Mapa geológico del Ecuador, 1/100 000, hoja Riobamba*, Quito: Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- DIRECCIÓN GENERAL de GEOLOGÍA y MINAS (DGGM), 1978b - *Mapa geológico del Ecuador, 1/100 000, hoja Ambato*, Quito: Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- DIRECCIÓN GENERAL de GEOLOGÍA y MINAS (DGGM), 1980a - *Mapa geológico del Ecuador, 1/100 000, hoja Latacunga*, Quito: Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- DIRECCIÓN GENERAL de GEOLOGÍA y MINAS (DGGM), 1980b - *Mapa geológico del Ecuador, 1/50 000, hoja El Quinche*, Quito: Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- DIRECCIÓN GENERAL de GEOLOGÍA y MINAS (DGGM), 1980c - *Mapa geológico del Ecuador, 1/50 000, hoja Sangolquí*, Quito: Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- DIRECCIÓN GENERAL de GEOLOGÍA y MINAS (DGGM), 1982a - *Mapa geológico del Ecuador, 1/1 000 000*, Quito: Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- DIRECCIÓN GENERAL de GEOLOGÍA y MINAS (DGGM), 1982b - *Mapa geológico del Ecuador, 1/25 000, hoja San Antonio de Pinchicha*, Quito: Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- EGO, F., SEBRIER, M., LAVENU, A., YEPES, H. & EGÚEZ, A. 1993 - Quaternary state of stress in the northern Andes and the restraining bend model for the Ecuadorian Andes. *in: 2^o ISAG: 89-92*, Oxford.
- EGÚEZ, A., DUGAS, F. & BONHOMME, M.G., 1992 - Las unidades Huigra y Alausí en la evolución geodinámica del Valle interandino del Ecuador. *Boletín Geológico Ecuatoriano*, 3, 1: 47-55.
- ESTRADA, A., 1941 - Contribución geológica para el conocimiento de la cangahua de la región interandina y del Cuaternario en general. *Anales Universidad Central*, 66, 312: 405-488, Quito.
- FEININGER, T. & BRISTOW, C.R., 1980 - Cretaceous and paleogene geologic history of coastal Ecuador. *Geologischen Rundschau*, 69, 3: 849-874.
- FEININGER, T. & SEGUIN, M.K., 1983 - Simple Bouguer gravity anomaly field and the inferred crustal structure of continental Ecuador. *Geology*, 11: 40-44.
- FICCARELLI, G., BORSELLI, V., MORENO ESPINOSA, M. & TORRE, D., 1993 - New Haplomastodon finds from the late Pleistocene of northern Ecuador. *Ceobios*, 26, 2: 231-240.
- FIERRO, 1991 - Estudio geodinámico de la cuenca intramontañosa cenozoica de Malacatos (Sur del Ecuador). Tesis inéd., Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 142 p.
- HALL, M.L., 1977 - *El volcanismo en el Ecuador*, 120 p., Quito: Inst. Pan. Geo. Hist.
- HALL, M. L., BASABE, P. & YEPES, H., 1980 - Estudio de las fallas tectónicas y la actividad microsísmica del Valle interandino, entre Pastocalle y Ambato. *Politécnica, Monografía Geología*, V, 2: 57-78.
- HALL, M.L. & BEATE, B., 1991 - El volcanismo Plio-Cuaternario en los Andes del Ecuador. *in: El paisaje volcánico de la sierra ecuatoriana* (P. Motes ed.): 5-17, Estudios de Geografía 4.
- HALL, M.L. & RAMÓN, P., 1978 - Estudio microsísmico del Valle interandino entre Latacunga y Guayllabamba, 29 p., Quito: Dirección Nacional de Defensa Civil, Rap. inéd.
- HALL, M.L. & WOOD, C.A., 1985 - Volcano-tectonic segmentation of the Northern Andes. *Geology*, 13: 203-207.
- HALL, M.L. & YEPEZ, H., 1980 - Fallamiento y actividad microsísmica en el valle interandino, Ecuador. *Revista Geofísica, IPGH*, 13: 36-44.
- HOFFSTETTER, R., 1986 - High andean mammalian faunas during the Plio-Pleistocene. *in: High altitude tropical biogeography* (Vuilleumier F. & Monasterio N. eds.): 218-245, New York: Oxford Univ. Press.
- IZQUIERDO, O., 1991 - Estudio geodinámico de la cuenca intramontañosa cenozoica de Loja (Sur del Ecuador). Tesis inéd., Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 139 p.
- KENNERLEY, J.B., 1971 - Geology of the Llanganates area, Ecuador, 21 p., Rap. inéd., London: IGS (Overseas Direction).
- LAVENU, A., NOBLET, C., BONHOMME, M.G., EGÚEZ, A., DUGAS, F. & VIVIER, G., 1992 - New K-Ar ages dates of Neogene and Quaternary volcanic rocks from the Ecuadorian Andes: Implications for the relationships between sedimentation, volcanism, and tectonics. *Journal of South American Earth Sciences*, 5, 3/4: 309-320.
- LAVENU, A., WINTER, T. & DÁVILA, F., 1995 - A Pliocene-Quaternary compressional basin in the Interandean Depression, Central Ecuador. *Geophysical Journal International*, 121: 279-300.
- LEBRAT, M., MÉGARD, F. & DUPUY, C., 1985 - Pre-orogenic volcanic assemblages and position of the suture between oceanic terranes and the southamerican continent in Ecuador. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie Teil I*, H 9-10: 1207-1214.
- LONSDALE, P. & KLITGORD, K.D., 1978 - Structure and tectonic history of the eastern Panama Basin. *Geological Society of America Bulletin*, 89: 981-999.

- McCOURT, W.J., ASPDEN, J.A. & BROOK, M., 1984 - New geological and geochronological data from the Colombian Andes: continental growth by multiple accretion. *Journal of the Geological Society, London*, 141: 831-845.
- MALDONADO, S. & ASTUDILLO, L., 1989 - Formation and evolution of intermontane basins of central northern zones from Ecuador. in: *International Symposium on Intermontane Basins: Geology and Resources*: 318-325, Chiang Mai, Thailand.
- MEDIAVILLA, J., 1991 - Evolución geodinámica de la cuenca terciaria de Girón-Santa Isabel, Sur del Ecuador. Thèse inédite, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 206 p.
- MOTHES, P., 1991 - El paisaje volcánico de la sierra ecuatoriana. Geomorfología, fenómenos volcánicos y recursos asociados. *Estudios de Geografía*, 4, 92 p., Quito.
- MOTHES, P. & HALL, M.L., 1991 - El paisaje interandino y su formación por eventos volcánicos de gran magnitud. in: *El paisaje volcánico de la sierra ecuatoriana 4* (P. Mothes ed.): 19-38, Quito.
- NOBLET, C., DUGAS, F. & VERA, R., 1986 - Sedimentación continental en las cuencas intramontañas terciarias del Ecuador. Un análisis preliminar. *Cultura*, VIII, 24a: 141-150, Quito.
- NOBLET, C., LA VENU, A. & SCHNEIDER, F., 1988 - Étude géodynamique d'un bassin intramontagneux tertiaire sur décrochements dans les Andes du sud de l'Équateur : l'exemple du bassin de Cuenca. *Géodynamique*, 3, (1-2): 117-138.
- ODIN, S., 1994 - Geological time scale. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 318, sér. II: 59-71.
- SAUER, W., 1950 - *Mapa geológico del Ecuador*. 1/1 500 000. Univ. Cent. & Dir. Min.
- SAUER, W., 1955 - *Coprinisphaera Ecuadoriensis*. Un fósil singular del Pleistoceno. *Boletín Instituto Ciencias Naturales, Universidad Central*, Año I, 2: 8 p.
- SAUER, W., 1965 - *Geología del Ecuador*, 383 p., Quito: Editorial del Ministerio de Educación.
- TIBALDI, A. & FERRARI, L., 1992 - Latest Pleistocene-Holocene tectonics of the Ecuadorian Andes. *Tectonophysics*, 205: 109-125.
- VERA, R., 1983 - Características petrográficas y paleogeográficas del conglomerado Chiche en los alrededores del Ilaló. Rap. inéd., 4 p., Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- VERA, R. & LÓPEZ, R., 1986 - El origen de la Cangahua. *CEPEIGE "Paisajes Geográficos"*, 16: 21-28.
- WINTER, T., 1990 - Mécanismes des déformations récentes dans les Andes équatoriennes. Thèse de Doctorat, Université Paris sud, 180 p.
- WISSE, S., 1854 - Le *Cuica* des Andes de l'Équateur. *Bulletin de la Société géologique de France* (2), 11: 460-466.

Publicación en conjunto para uso de la biblioteca
 Publiques pour l'usage de la bibliothèque
 Publics for library

SOMMAIRE

| | |
|---|-------|
| / A. LAVENU, R. BAUDINO, F. EGO | |
| Stratigraphie des bassins tertiaires et quaternaires de la dépression interandine d'Équateur (entre 0° et 2°15'S) | ORS 1 |
| I. DRUC | |
| De la ethnografía hacia la arqueología: aportes de entrevistas con ceramistas de Ancash (Perú) para la caracterización de la cerámica prehispánica..... | 17 |
| M. GENTILE | |
| Dimensión sociopolítica y religiosa de la <i>capacocha</i> del cerro Aconcagua | 43 |
| L. HUERTAS | |
| Patrones de asentamiento poblacional en Piura (1532-1830) | 91 |
| C. CONTRERAS | |
| Modernizarse o descentralizar: la difícil disyuntiva de las finanzas peruanas durante la era del guano | 125 |
| COMPTES RENDUS D'OUVRAGES | 151 |