

## Supérieur à la base des couches rouges du synclinal de Bagua (Andes nord-péruviennes) : aspects stratigraphiques, sédimentologiques et paléogéographiques concernant la régression fini-crétacée

par THOMAS MOURIER \*, ÉTIENNE JAILLARD \*, GÉRARD LAUBACHER \*\*,  
CHRISTOPHE NOBLET \*\*\*, ALFREDO PARDO \*\*\*\*, BERNARD SIGÉ \*\*\*\*\*  
et PHILIPPE TAQUET \*\*\*\*\*

**Mots clés.** — Ammonites, Dinosauriens, Mammifère, Amphibiens, Chéloniens, Crétacé supérieur, Paléogéographie.  
Andes péruviennes.

**Résumé.** — Dans le synclinal de Bagua, les séries marines de la formation Celendin (Coniacien à Santonien), dont les plus hauts niveaux ont livré des Ammonites d'âge santonien inférieur, montrent un passage transitionnel à des couches rouges dont la base contient des niveaux riches en os de Vertébrés terrestres (Dinosauriens, Mammifère, Amphibiens et Chéloniens). Les fossiles et le passage transitionnel des couches marines aux couches continentales suggèrent un âge santonien supérieur à campanien pour les niveaux à Vertébrés. Une description des restes de Dinosauriens (notamment d'un Titanosaurinè) et Mammalien (fragment de dent), ainsi que des précisions sur la paléogéographie du Nord-Est des Andes péruviennes à la fin du Crétacé sont données.

### A new fauna of dinosaurs and mammal in the basal red beds of Late Cretaceous age from the Bagua syncline (Andes of northern Peru, lat. 5°30'S, long. 78°30'W) and its bearing upon the conditions of the Late Cretaceous regression

**Abstract.** — In the Bagua syncline, marine strata containing Ammonites of Lower Santonian age are conformably overlain by continental red beds, the base of which comprises numerous bone-beds that have yielded Dinosaurian (particularly Titanosaurine), Mammalian, Amphibian and Chelonian remains. The fossils and the progressive transition from marine to continental beds suggest an Upper Santonian to Campanian age for the bone-beds. A description of Dinosaurian and Mammal remains and some precisions about the Late Cretaceous paleogeographic evolution of the northeastern Peruvian Andes are given.

#### I. — CADRE GÉOLOGIQUE ET TRAVAUX ANTÉRIEURS.

Le synclinal de Bagua (fig. 1) est situé (par 5° 30' lat. S et 78° 30' long. W) dans la zone de transition entre les séries marines mésozoïques du prolongement nord-oriental du bassin andin (ouest-péruvien), et celles appartenant au bassin subandin (est-péruvien). En son centre, les séries marines crétacées sont surmontées par d'épaisses formations sédimentaires détritiques continentales rouges et ocres d'âge mal défini [Salazar, 1973], comportant des intercalations volcaniques acides.

Les bases de la stratigraphie du Crétacé des Andes nord-péruviennes et les subdivisions en différentes formations ont été établies dans la région de Cajamarca, 150 km plus au Sud [Benavides, 1956], mais restent valables dans leur ensemble pour la région considérée.

Dans la présente note, nous nous limiterons à l'étude du passage des niveaux marins de la formation Celendin aux couches rouges continentales (Crétacé terminal à Paléogène) au lieu dit Fundo El Triunfo et au Pongo de Rentema où l'entaille du rio Marañon offre une exceptionnelle coupe naturelle de la série (fig. 1).

L'âge de la régression fini-crétacée qui correspond à la phase péruvienne [Steinmann, 1929] est généralement difficile à caler avec précision. Pour la plupart des auteurs [Steinmann, 1929 ; Benavides, 1956 ; Wilson, 1963 ; Cobbing *et al.*, 1981 ; Janjou, 1981 ; Janjou *et al.*, 1981] la

formation Celendin est d'âge coniacien à santonien, ce dernier étage n'étant présent que lorsque l'érosion antécouches rouges n'a pas été intense. Cependant selon Rivera [1956], des Ammonites d'âge maastrichtien auraient été trouvées à Rentema, ce qui est en contradiction avec l'âge santonien et/ou campano-maastrichtien attribué par les autres auteurs aux couches rouges sus-jacentes à la formation Celendin.

La découverte récente au Pongo de Rentema et à Fundo El Triunfo d'Ammonites au toit de la formation Celendin, et de fragments d'os de Vertébrés dans les niveaux de base des couches rouges permet de résoudre certains de ces problèmes stratigraphiques et de préciser les modalités de la régression fini-crétacée dans le Nord du Pérou.

\* Inst. français d'études andines, Casilla 278, Lima 18, Pérou.

\*\* ORSTOM, 24 rue Bayard, 75008 Paris.

\*\*\* Mission ORSTOM, Casilla 270, Lima 18, Pérou.

\*\*\*\* Petroleos del Peru, Apartado 3126 et 1081, Lima, Pérou.

\*\*\*\*\* Inst. des sciences de l'évolution. U.A. 327, U.S.T.L., pl. E. Bataillon, 34060 Montpellier cedex, France.

\*\*\*\*\* Inst. de paléontologie, U.A. 12, Muséum National d'Histoire Naturelle, 8 rue Buffon, 75005 Paris, France.

Note déposée le 25 mars 1985, présentée à la séance du 22 avril 1985 ; manuscrit définitif reçu le 13 mai 1985.

13 MAI 1986

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

Bull. Soc. géol. Fr., 1986, n° 1

N° : 21

022

Cote :

B. 21.022

156

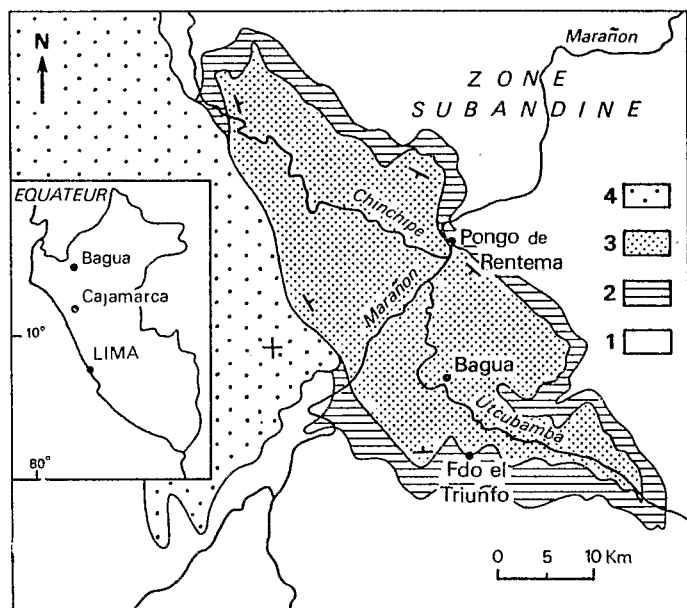


FIG. 1. — Carte géologique schématique de la région du synclinal de Bagua.

1 : série crétacée carbonatée ; 2 : formation Celendin ; 3 : formations continentales d'âge crétacé terminal à paléogène ; 4 : formations néogènes.

FIG. 1. — Geological sketch map of the Bagua area.

1 : pre-Celendin Cretaceous carbonates ; 2 : Celendin Formation ; 3 : Uppermost Cretaceous to Paleogene continental formations ; 4 : Neogene continental formations.

## II. — LA FORMATION CELENDIN ET LA BASE DES COUCHES ROUGES : STRATIGRAPHIE, SÉDIMENTOLOGIE.

L'essentiel des données est résumé sur la coupe de la figure 2, levée au Pongo de Rentema. La formation Celendin comprend de bas en haut :

— 200 m de marnes ocre riches en gypse secondaire et pyrite, alternant avec de minces niveaux de calcaires marneux, gréseux, et lumachelliques en fin de séquence (Huîtres, Pectens, Gastéropodes). La moitié supérieure de cet ensemble s'enrichit en niveaux détritiques plus grossiers, sableux, contenant une proportion notable d'éléments volcaniques. La présence de composés soufrés indique un milieu restreint. Les Ammonites des genres *Coilopoceras* sp., *Tissotia* sp., et *Buchiceras* sp. (Zone à *Buchiceras bilobatum* coniacienne de Benavides [1956]) y sont fréquentes ;

— 80 m sommitaux constitués par des argiles noires riches en gypse secondaire, soufre, pyrite, indiquant un milieu très confiné. S'y intercalent de minces niveaux calcarénitiques à lumachelles monospécifiques attribuables à des niveaux de tempêtes.

Le passage aux couches rouges, relativement brutal (indices de frictions tectoniques), couvert d'éboulis à Rentema, est parfaitement exposé dans la coupe de Fundo El Triunfo où il est concordant et transitoire. De la bordure marine lumachellique (à Gastéropodes, Lamelli-

*Bull. Soc. géol. Fr.*, 1986, no 1

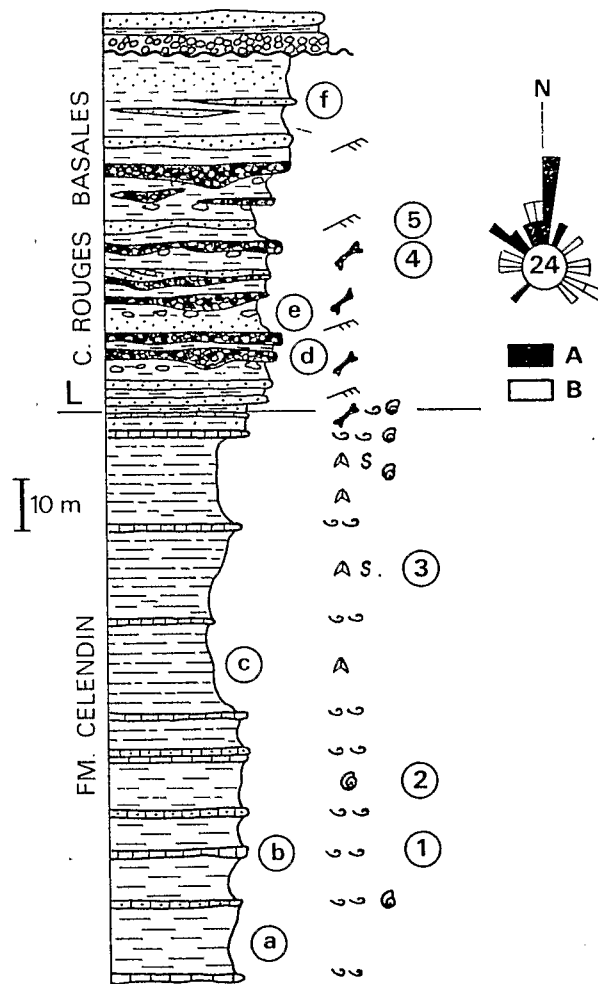


FIG. 2. — Coupe simplifiée de la partie supérieure de la formation Celendin et de la base des couches rouges du synclinal de Bagua.

*Principaux faciès* : a) marnes ocre, à gypse secondaire et pyrite ; b) calcaires marneux, gréseux et lumachelliques avec Pectens, Huîtres, Lamellibranches, Gastéropodes et diverses Ammonites ; c) argiles noires à gypse secondaire, soufre, pyrite et minces niveaux à lumachelles monospécifiques ; d) microconglomérats en petites barres massives, à base ravinante, à fragments (0,5 cm) d'encroûtements calcaires et ciment sparitique ou micritique ; e) marnes silteuses lie-de-vin avec horizons à concrétions calcaires et encroûtements algales au sommet. *Symboles* : 1) niveaux lumachelliques ; 2) niveaux à Ammonites ; 3) gypse et soufre ; 4) horizons riches en fragments d'os de Vertébrés ; 5) litages obliques plans et courbes. L : limite formation Celendin et couches rouges. Rose des courants : A : orientations dans les microconglomérats à ciment sparitique ; B : dans les microconglomérats à ciment micritique.

FIG. 2. — Stratigraphic section of the upper part of the Celendin Formation and the Lower part of the red beds from the Bagua syncline.

*Main facies* : a) ochre marls with secondary gypsum and pyrite ; b) marly and sandy limestones with pectens, oysters, other bivalves, gastropods and various ammonite genera ; c) black-shales with secondary gypsum, sulfur, pyrite and thin levels of monospecific lumachelles ; d) thin massive beds of micro-conglomerate, with an erosive basis, made of tiny fragments (0,5 cm) of calcareous crust and sparitic and micritic cement ; e) purplered silty marls with concretinary limestones and algal crusts at the top. *Symbols* : 1) lumachelles ; 2) ammonites ; 3) gypsum and sulfur ; 4) bone-beds ; 5) planar and curved cross-bedding. L : Celendin formation red beds boundary. *Direction of currents within the micro-conglomerates* : A : with sparitic segment ; B : with micritic cement.

branches, Bryozoaires, Ammonites et fragments d'os de Vertébrés) y alternent avec des niveaux marno-gréseux rouges continentaux. Dans ces horizons ont été récoltés *Tissotia* sp., *Lenticeras* sp. (Coniacien supérieur à Santonien) et *Pachiceras* sp. (Santonien inférieur). Ces déterminations rendent invraisemblable l'âge maastrichtien proposé par Rivera [1956] pour le sommet de la formation Celendin. Par contre, elles permettent de lui attribuer un âge santonien, ce que suggère aussi la corrélation possible des argiles noires avec l'événement anoxique mondial (EOA 3) de la limite Coniacien-Santonien [Chamley, 1984].

A Rentema, les cents premiers mètres de couches rouges sont constitués par des séquences granodécroissantes plurimétriques - microconglomérats - grès - marnes.

— Les microconglomérats forment de petites barres plus massives à base ravinante. Les éléments (0,5 cm) sont souvent constitués de fragments remaniés, peu usés, d'encroûtements calcaires. Deux types de microconglomérats peuvent être distingués :

- les uns à ciment sparitique et éléments jointifs bien triés indiquent une forte énergie de dépôt que confirmerait le bon regroupement des sens de paléocourants mesurés dans les grès associés (NW à NNE, A, fig. 2) ;

- les autres, à ciment micritique et éléments non jointifs peu triés, correspondent à des dépôts dont la moindre énergie se traduit par une dispersion plus grande des sens de transport (B, fig. 2).

— Les grès fins contiennent souvent une forte proportion (5 à 30 %) d'éléments volcaniques. Ils se présentent en bancs métriques granodécroissants. De bas en haut, on y observe petits chenaux, rides de courant et laminations planes, séquence évoquant des ruisseaux mal chenalisés divaguant sur des versants faiblement pentés.

— Les marnes, lie de vin, localement vertes, légèrement gréseuses, contiennent des horizons à concrétions calcaires et croûtes stromatolitiques suggérant des milieux aqueux peu profonds, parfois asséchés (dépôts de plaine d'inondation ?).

Les bone-beds sont le plus souvent situés à la base des bancs microconglomératiques. Ce mode de gisement (à forte énergie de dépôt) paraît a priori peu favorable à la découverte d'éléments en connexion anatomique. La base des couches rouges est néanmoins riche en ossements de Vertébrés sur tout le pourtour du synclinal de Bagua. La coupe de Rentema a fourni, outre de très nombreux fragments de toutes tailles (jusqu'à 80 cm), 7 vertèbres ainsi que plusieurs extrémités d'os longs de Dinosauriens. Fundo El Triunfo montre une faune plus diversifiée : Amphibiens, Chéloniens, Dinosauriens et Mammifère. Ces faunes sont en cours d'étude, mais une description des restes Dinosauriens et Mammalien est déjà donnée ici.

a été dégagée au laboratoire. Il s'agit d'une vertèbre caudale (fig. 3) : la position toujours postérieure des deux facettes articulaires du centrum, destinées au chevron, permet d'orienter la vertèbre. Celle-ci est procœle (à concavité tournée vers l'avant). La procœlie des vertèbres caudales est caractéristique des Dinosauriens sauropodes de la sous-famille des Titanosaurinés, connus sur tous les continents (Europe, Afrique, Indes, Madagascar, etc.) et uniquement dans des niveaux d'âge crétacé. La plupart des espèces recensées sont du Crétacé supérieur. En Amérique du Nord, un seul représentant a été récolté, *Alamosaurus sanjuanensis* du Crétacé supérieur de la North Horn Formation, Utah [Gilmore, 1946], tandis que les découvertes ont été beaucoup plus nombreuses en Amérique du Sud, essentiellement en Argentine. Compte tenu des dimensions relativement modestes de ces vertèbres, ce Dinosaurien péruvien peut être rapproché des espèces *Titanosaurus australis*, *T. robustus*, *Saltasaurus loricatus*, et *Laplatasaurus araukanicus* [Bonaparte, 1978] dont les restes ont été récoltés surtout en Patagonie, dans des formations attribuées au « Campano-Maastrichtien ».

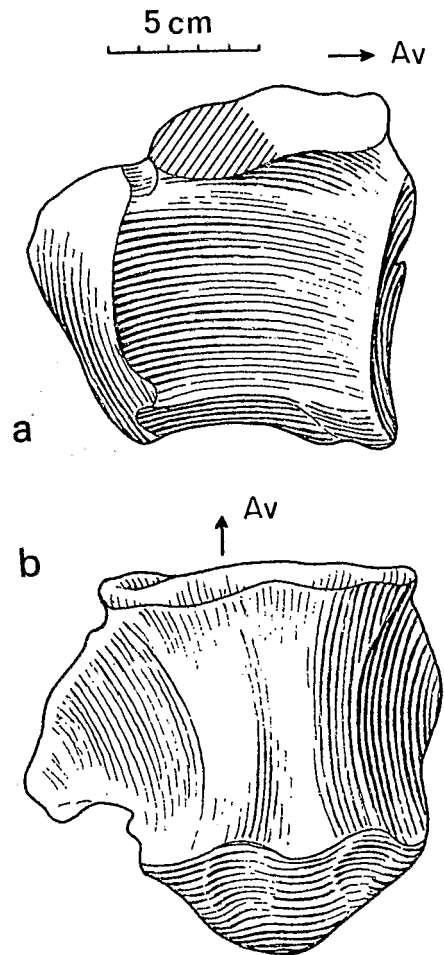


FIG. 3. — Pongo de Rentema : vertèbre caudale de dinosaure sauropode titanosauriné ; a, face latérale droite ; b, face ventrale.

FIG. 3. — Pongo de Rentema : caudal vertebra of a titanosaurine sauropod dinosaur ; a, right lateral view ; b, ventral view.

### III. — LA FAUNE DE VERTÉBRÉS : DESCRIPTION SOMMAIRE.

— *Titanosaurinae*, sp. indet.

Les restes attribuables à ce Dinosaurien consistent en une série de quatre vertèbres en connexion. L'une d'elles

— *Theropoda*, sp. indet.

Les fragments récoltés à Fundo El Triunfo dans les niveaux homologues consistent en une dent et quelques portions de phalanges d'un petit Dinosauré théropode. Ils constituent des indices très intéressants même s'ils ne peuvent pour l'instant fournir d'indications biostratigraphiques.

— *Theria*, sp. indet. (fig. 4).

L'un des niveaux inférieurs des couches rouges des versants est de Fundo El Triunfo a livré, par le lavage-tamassage d'environ 20 kg de sédiment, un fragment (cuspidé isolée) de dent de Mammifère. Celle-ci possédait une morphologie à cuspides élancées, comme en présentent les Mammifères archaïques, notamment ceux connus du Crétacé supérieur des différents continents [Lillegraven *et al.*, 1979]. La relative importance de la cuspidé et de ses crêtes défavorise une attribution aux *Theria* de grade métathérien-euthérien du Crétacé moyen et supérieur, et autorise aussi bien la référence aux *Metatheria* qu'aux *Eutheria*. Ces deux infra-classes ont des représentants au Crétacé supérieur d'Amérique du Sud [Grambast *et al.*, 1967 ; Sigé, 1972 ; Marshall *et al.*, 1983 ; Bonaparte et Soria, 1983] et d'Amérique du Nord, les *Eutheria* se trouvant également en Eurasie. Leurs formes les plus généralisées ont un protocône comparable à celui du nouveau fossile. L'absence d'élément cingulaire suggère plutôt des affinités marsupiales. Compte tenu de l'âge ancien attribué aux terrains, il faut noter, comme un trait évolué, les dimensions non minuscules du spécimen (cf. échelle). L'association de matériel mammalien à des restes dinosauriens (soit osseux, soit de coquilles d'œufs) est rapportée pour trois des quatre gisements du Crétacé supé-

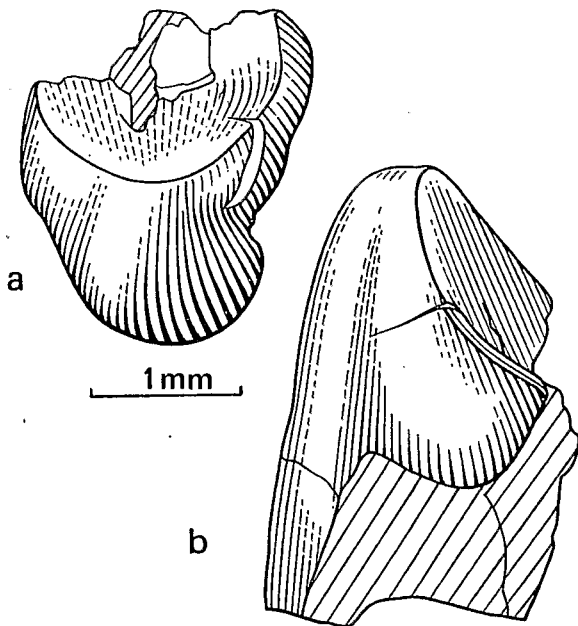


FIG. 4. — Fundo El Triunfo : fragment de dent de mammifère thérien ; a, vue occlusale ; b, vue latérale oblique.

FIG. 4. — *Fundo El Triunfo* : *therian* mammal tooth fragment ; a, occlusal view ; b, oblique lateral view.

rieur d'Amérique du Sud : Fundo El Triunfo (cette publication), Arroyo Verde, Patagonie [Bonaparte et Soria, 1983], et Laguna Umayo, Sud-Pérou [Kerourio et Sigé, 1984].

#### IV. — CONCLUSIONS.

La découverte de riches faunes à Vertébrés et Invertébrés dans les séries crétacées du synclinal de Bagua permet d'y préciser la nature et l'âge d'un événement majeur de l'évolution andine : l'émersion fini-crétacée des Andes, en relation avec la phase de compression dite « phase péruvienne » [Steinmann, 1929]. Dans les Andes du Nord et du Centre du Pérou, ce passage est, suivant les endroits, en continuité stratigraphique ou en discordance angulaire peu prononcée [Steinmann, 1929 ; Benavides, 1956 ; Wilson, 1963 ; Mégard, 1978 ; Cobbing *et al.*, 1981 ; Janjou, 1981 ; Janjou *et al.*, 1981].

Dans la région de Bagua, la transition des niveaux marins aux dépôts rouges continentaux est progressive, concordante, et n'enregistre aucun événement tectonique notable.

La phase péruvienne s'y manifeste donc d'abord par le soulèvement lent de régions plus méridionales (Cordillère orientale), à longs versants faiblement pentés vers le Nord et rivages peu accidentés bordant une mer peu profonde et confinée en cours de régression. Dans ce paysage, et sous un climat chaud à saisons alternantes, existe une faune diversifiée de Vertébrés. Ce n'est que plus tard qu'on enregistre une brusque reprise de la tectonique, avec apparition de gros bancs de conglomérats reposant en légère discordance angulaire sur les niveaux rouges à Vertébrés (partie supérieure de la colonne stratigraphique, fig. 2). Cette discordance se place dans les niveaux inférieurs des couches rouges.

Dans le synclinal de Bagua, les Ammonites des niveaux supérieurs de la formation Celendin confirment l'âge coniacien et santonien inférieur de cette dernière [Steinmann, 1929 ; Benavides, 1956]. La continuité de la sédimentation que traduit le passage progressif des couches marines aux couches rouges est en faveur d'un âge immédiatement postérieur, santonien supérieur à campanien pour la base de ces dernières, et l'émersion fini-crétacée serait donc intra-santonienne. La présence de Dinosauriens et de Mammifère, les plus caractéristiques parmi les premiers appartenant à un groupe bien représenté dans le Campano-Maastrichtien de Patagonie, est en accord avec un âge crétacé supérieur de la base des couches rouges. D'après l'âge allégué, le Mammifère de Fundo El Triunfo serait le plus ancien connu jusqu'à présent en Amérique du Sud.

Les résultats exposés ci-dessus sont préliminaires, et des recherches plus approfondies sont en cours. La diversité et l'intérêt des organismes marins et continentaux, la présence dans un horizon plus élevé des couches rouges de Charophytes d'âge tertiaire (M. Feist *in verbis* ; étude en cours) et par ailleurs d'intercalations volcaniques acides, ainsi que de bonnes conditions d'affleurement, font du synclinal de Bagua un lieu privilégié pour la calibration du passage Crétacé-Tertiaire.

## Références

- BENAVIDES V. (1956). — Cretaceous system in northern Peru. *Am. Mus. Hist. Nat. Bull.*, 108, p. 252-494.
- BONAPARTE J. F. (1978). — El Mesozoico de America del Sur y sus tetrapodes. *Opera lilloana*, 26, p. 1-596.
- BONAPARTE J. F. et SORIA M. (1983). — Circular informativa. *Assoc. Paleont. Argentina*, 11, p. 5.
- CHAMLEY H. (1984). — Les paléoenvironnements à la lumière des données océanologiques modernes. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XXVI, p. 407-416.
- COBBING E. J., PITCHER W. S., WILSON J. J., BALDOCK J. W., TAYLOR W. P., MC COURT W. et SNELLING N. J. (1981). — The geology of the Western Cordillera of northern Peru. *Inst. of Geol. Sc., Overseas Mem.* 5, London, 143 p.
- GILMORE C. W. (1946). — Reptilian fauna of the North Horn formation of central Utah. *Geol. Survey prof. pap., Smithsonian Misc. Coll.*, 210, p. 29-53.
- GRAMBAST L., MARTINEZ L., MATTAUER M., et THALER L. (1967). — *Perutherium altiplanense*, nov. gen., nov. sp., premier Mammifère mésozoïque d'Amérique du Sud. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, D, 264, p. 707-710.
- JANJOU D. (1931). — Données géologiques pour un modèle d'évolution des Andes nord-péruviennes entre 5°S et 7°S. Les écaïlles du Marañon, le district minier de Hualgayoc et la région de Jaen-Cutervo. Th. 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Paris, P. et M. Curie, 170 p.
- JANJOU D., BOURGOIS J., MÉGARD F. et SORNAY J. (1981). — Rapports paléogéographiques et structuraux entre Cordillères occidentale et orientale des Andes nord-péruviennes : les écaïlles du Marañon (7°S, Département de Cajamarca et d'Amazonas, Pérou). *Bull. Soc. géol. France*, (7), XXIII, p. 697-705.
- KEROURIO P. et SIGÉ B. (1984). — L'apport des coquilles d'œufs de Dinosaures de Laguna Umayo à l'âge de la Formation Vilquechico (Pérou) et à la compréhension de *Perutherium altiplanense*. *Newsl. Stratigr.*, 13, p. 133-142.
- LILLEGRAVEN J. A., KIELAN-JAWOROWSKA Z. et CLEMENS W. A. (éds.) (1979). — Mesozoic Mammals : the first two-thirds of mammalian history. Univ. California Press, Berkeley, 311 p.
- MARSHALL L. G., MUIZON CH. de et SIGÉ B. (1983). — Late Cretaceous Mammals (Marsupialia) from Bolivia. *Géobios*, 16, p. 739-745.
- MÉGARD F. (1978). — Étude géologique d'une transversale des Andes au niveau du Pérou central. *Mém. O.R.S.T.O.M.* 86, Paris, 310 p.
- RIVERA R. (1956). — Fósiles maestrichtianos del pongo de Rentema, Amazonas. *Soc. Geol. Perú*, Lima, 30, p. 323-327.
- SALAZAR H. D. (1973). — Geología del sistema vial del Nor-orienté (Departamentos de Cajamarca y Amazonas). *Geodin. e Ingen. Geol.*, Serr. Geol. y Min., Lima, 1, p. 33-102.
- SIGÉ B. (1972). — La faunule de Mammifères du Crétacé supérieur de Laguna Umayo (Andes péruviennes). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, (3), 99, Sci. Terre 19, p. 375-409.
- STEINMANN G. (1929). — Geologie von Peru, Karl Winter, Heidelberg, 448 p.
- WILSON J.-J. (1963). — Cretaceous stratigraphy of Central Andes of Peru. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 47, p. 1-34.