

Géologie/Geology

La « Nappe des Couches Rouges » de Cuzco (Sud du Pérou) : mise en évidence stratigraphique, interprétations tectoniques et paléogéographiques

Étienne JAILLARD, Victor CARLOTTO, José CÁRDENAS, Richard CHÁVEZ et Willy GIL

Résumé — L'étude sédimentologique et stratigraphique de la série de Cuzco montre que celle-ci comprend des termes sénoniens et paléocènes. Les épaisses « Couches Rouges », en partie crétacées, qui la surmontent forment donc une nappe subhorizontale d'extension régionale. Celle-ci, dont la patrie se situerait au Sud de Cuzco, s'est mise en place entre le Paléocène et l'Oligocène, probablement par glissement gravitaire vers le Nord.

The "Red Beds Overthrust" of Cuzco (Southern Peru): stratigraphic evidence, paleogeographic and tectonic interpretations

Abstract — *Sedimentological and stratigraphic studies show the Cuzco sedimentary series to include senonian and paleocene deposits. The thick overlying, partly Cretaceous "Red Beds" thus constitute a regional-scale subhorizontal nappe. This latter likely proceeded from the South and was emplaced probably by gravity sliding between Paleocene and Oligocene times.*

Abridged English Version — During Cretaceous times, the Peruvian margin comprised a Western subsident trough which received thick marine sediments, and an Eastern, less subsident basin infilled by mainly continental deposits (Fig. 1). They were separated by a positive swell with reduced sedimentation (Marañon Geanticline, Puno-Cuzco Swell [1], [2], [3]). In the Central Andes, the "mid-Cretaceous" marine carbonates are overlain by Senonian to Paleocene red beds. The tectonic emergence of the margin (Peruvian phase) began earlier in Southern and Western Peru, and triggered the deposition of coarse-grained red beds there, whereas fine-grained and partly marine deposits prevailed in the Eastern basin ([3], [4]). Near the Paleocene-Eocene boundary, a major tectonic event led to the regional deposition of disconformable coarse-grained conglomerates (Inca 1 phase, [5], [3]). In the Cuzco area (Fig. 1), the Senonian red shales (Yuncaypata Fm, [6]) are geometrically overlain by thick, coarse-grained "Red Beds" ([7], [8]). However, the striking presence of such a thick series on the positive Cuzco-Puno Swell, as well as the difficult correlations with the better known series of Southern Peru and Bolivia ([9], [10]) led us to revise the Cuzco succession.

THE POST-TURONIAN SUCCESSION OF THE CUZCO AREA. — A few kilometres West of Cuzco (Puquin, Fig. 2), the mid-Cretaceous limestones are capped by green-coloured, calcareous shales and sandstones of probable Turonian age [9]. The overlying red beds comprise several sedimentary units (Fig. 3).

The first unit (270 m) comprises two, mainly argillaceous regressive sedimentary sequences. The first 90 m probably represent a tectonic repetition. Each sequence begins with marine to brackish black limestones or cherts, continues with lacustrine to coastal evaporite-bearing variegated shales and ends up with continental red shales and silts (Fig. 3A). The second sequence contains numerous charophytes (*Platychara perlata*, *Feistiella ovalis*) of mid-Campanian to early Maastrichtian age [9].

Note présentée par Jean AUBOUIN.



Fonds Documentaire ORSTOM
Cote : B*19752 Ex : 1

The second unit (190 m), has a mainly detrital origin. It begins with lacustrine marls and shales and follows with fluvial sandstones. The charophytes *Feistiella gildemeisteri* and *Platychara grambastii* indicate a latest Campanian to Maastrichtian age [9]. These units of the Yuncaypata Fm are paleontologically and sedimentologically equivalent to the second and third megasequences of the Senonian series of Southern Peru and Bolivia ([9], [10]). If so, part of the second unit of the Cuzco area has been removed.

The third unit (150 m) overlies the Yuncaypata Fm through an erosional surface. It consists of red shales, sandstones and conglomerates, deposited first in a partly lacustrine, then typically fluvial environment. It contains vertebrate bones and the charophyta *Nitellopsis supraplana* of Paleocene age ([12], [13]).

The fourth unit (≥ 140 m) exhibits a coarsening-upward trend. Lacustrine red shales and gypsum are overlain by fluvial red shales and sandstones (Fig. 3 A). Numerous *N. supraplana* specimens indicate a paleocene age. The third and fourth units correlate with the Chilca ([11], [12]) and Santa Lucia Fms ([4], [10]) of Paleocene age ([9], [10]).

The overlying thick "Red Beds" (San Jerónimo Gp of [8]) can be divided into three main units (Fig. 3 B). The lower one (4,500 m, K'ayra and Soncco Fms) consists of red shales and medium-grained conglomeratic sandstones deposited by anastomosed rivers ([7], [8]). Clasts are mainly of sedimentary origin. The dinosaur tracks found near the top of the unit indicate a Senonian age ([7], [8]). The middle unit (0 to 250 m, base of Punacancha Fm) is made of fine-grained red shales of flood plain environment [8], and could correlate with part of the paleocene Chilca Fm. The upper unit (at least 1,500 m, upper part of the Punacancha Fm) disconformably overlies the preceding ones, and comprises torrential, coarse-grained conglomerates, within which reworked volcanic rocks prevail [8] (Fig. 3 B). Its basal contact seems to correlate with the regional Inca 1 unconformity of latest Paleocene-earliest Eocene age (55-50 Ma).

THE "RED BEDS NAPPE", ORIGIN, AGE AND NATURE OF THE OVERTHRUST. — The presence of dinosaur trackways near the top of the lower unit of the San Jerónimo Gp ensures its Cretaceous age ([7], [8]) and demonstrates that it is separated from the underlying paleocene Chilca Fm by a major fault. This latter cartographically delineates a large-scale "Red Beds Nappe" resting upon the autochthonous Cuzco series (Fig. 2).

Paleocurrents and grain-size evolution in the Red Beds document a Southern detrital source area [8], suggesting that the fine-grained deposits of the Yuncaypata Fm were deposited Northward. Furthermore, paleogeographic reconstructions show that the early tectonized Arequipa zone constitutes a potential source area ([3], [14]), whereas finer-grained, partly marine beds deposited in the Eastern basin ([2], [9], [10]). Thus, the Red Beds subsident basin was most probably created South or Southwest of Cuzco, near the boundary between the Western Trough and the Puno-Cuzco Swell. Finally, as Senonian red deposits are known West and Southwest of Cuzco ([6], [15]), the Cuzco Red Beds most probably deposited farther South.

Thrusting occurred after the deposition of the paleocene Chilca Fm and seems to be concealed by the conglomeratic Paruro Gp of supposed Oligocene age (Fig. 2, [8]). However, further geological survey are necessary to study the basal contact of the Eocene upper Red Beds units, in order to determine the pre-Eocene, or late Eocene age of the thrusting.

Though no structural study has been carried out, the "Red Beds Nappe" seems to have been emplaced by gravity sliding. As the Andean compression acted, the Red Beds basin might have inverted, and its sedimentary content would have slid, thanks to the evaporite

layers of the underlying Senonian sequences. This interpretation is supported by the abundance of the evaporites along the contact, and by the lack of typical Fold and Thrust Belt deformations within the nappe, such as minor thrusts or parallel trending syngenetic fold axis (*Fig. 2*).

CONCLUSIONS. — The autochthonous series of Cuzco includes Senonian to Paleocene deposits which are correlative with those of Southern Peru and Bolivia. It is tectonically overlain by the partly Cretaceous "Red Beds Nappe". The thrusting is of post-Paleocene and pre-Oligocene, possibly late Eocene age. It was probably emplaced by North- or Northeastward gravity sliding thanks to the underlying evaporite beds, when the Red Beds Basin inverted as a result of the Andean compression.

Durant le Crétacé, la marge péruvienne comprenait un bassin occidental subsident à sédimentation marine et un bassin oriental peu subsident à sédimentation principalement continentale, séparés par un seuil paléogéographique à sédimentation réduite, connu sous le nom de « Géanticlinal au Marañon » au Nord [1] et de « Seuil Puno-Cuzco » au Sud du Pérou ([2], [3], *fig. 1*). Dans les Andes centrales, les carbonates d'âge Aptien supérieur à Turonien ([1], [2]) font place à des dépôts rouges d'âge Sénonien et Paléocène résultant de l'émersion tectonique progressive de la marge (phase Péruvienne, [3]). Celle-ci, plus précoce et plus importante au Sud et à l'Ouest, y donne lieu à des dépôts continentaux grossiers, tandis que subsiste une sédimentation fine et partiellement marine à l'Est et au Nord-Est ([3], [4]). Vers la limite Paléocène-Éocène, un événement important (phase Inca 1, [5], [3]) provoque le dépôt généralisé de sédiments grossiers le plus souvent discordants. Dans la région de Cuzco (*fig. 1*), les argiles rouges datées du Crétacé supérieur (Fm Yuncaypata, [6]) sont surmontées géométriquement par d'épaisses « Couches Rouges » grossières, dont la partie inférieure contient des pistes de dinosaures ([7], [8]). Le problème posé par la présence du bassin très subsident des « Couches Rouges » sur le seuil positif Puno-Cuzco; et les difficultés à corrélérer cette série avec celles mieux datées du Sud péruvien [9] et de Bolivie [10] nous ont conduit à réviser les coupes classiques de la région de Cuzco.

LA SUCCESSION POST-TURONIENNE (?) DE LA RÉGION DE CUZCO. — La coupe principale a été étudiée juste à l'Ouest de Cuzco (Puquin, *fig. 2*). Au-dessus des calcaires cénomaniens, des séquences de marnes vertes et grès calcaires rappellent les grès supérieur du Gp Cotacucho du Sud-Est péruvien attribués au Turonien ([2], [9]). Dans les dépôts rouges sus-jacents, on distingue plusieurs ensembles sédimentaires, équivalents à la Fm Yuncaypata sénonienne ([6], [7]), à la Fm Chilca paléocène [11], et aux Couches Rouges de Cuzco ([7], [8]).

Le premier ensemble (270 m), à dominante argileuse, comporte deux séquences sédimentaires. Chacune débute par des bancs calcaires ou siliceux (silicifiés?) noirs, fins et laminés, parfois fossilifères (mollusques); se poursuit par des argiles gypsifères bariolées, et se termine par des argiles rouges à minces lits gréseux (*fig. 3 A*). Elles sont interprétées comme des séquences régressives, marines à saumâtres à la base, côtières (sabkha) à lacustres au milieu, et continentales (plaine d'inondation) au sommet. Le sommet de la première séquence, ainsi que la deuxième (30 m) ont fourni de nombreuses characées déterminées comme *Platychara perlata* et *Feistiella ovalis*, considérés comme d'âge campanien moyen à maastrichtien inférieur dans le Nord-Est [12] et le Sud du Pérou [9]. La

présence de *Feistiella ovalis* dans les 90 premiers mètres est interprétée comme résultant d'une répétition tectonique par faille.

Le deuxième ensemble (190 m), en grande partie gréseux, comprend dans sa partie inférieure des argiles lacustres bleues et vertes à gastéropodes et débris végétaux. La présence d'oogones de *Feistiella gildemeisteri* et de *Platychara grambastii* indiquerait le Maastrichtien [9]. La partie supérieure, granocroissante, représente la progradation d'un système fluvial. Au sommet, la présence d'argiles et de grès fins laminés à « parting lineation » suggère l'existence sporadique de lacs. Les caractéristiques sédimentologiques et paléontologiques de ces ensembles de la Fm Yuncaypata en font les équivalents des deuxième et troisième mégaséquences du Sénonien du Sud Péruvien [9] et de Bolivie [10] (fig. 3 A). Si tel est bien le cas, cette mégaséquence, qui comporte normalement trois séquences mineures, est incomplète à Cuzco.

Le troisième ensemble (150 m) repose donc sur la Fm Yuncaypata par l'intermédiaire d'une surface d'érosion. C'est un ensemble légèrement granocroissant d'argiles, grès et conglomérats rouges. Vers le haut, l'abondance de bancs conglomératiques chenalisés à stratification obliques et à éléments centimétriques de croûte calcaire remaniée indique un milieu de dépôt fluvial. Cette séquence contient, outre de nombreux restes de vertébrés, *Lamprothamnium* sp. et *Nitellopsis supraplana*, ce dernier caractérisant le Paléocène dans l'Est [12] et le Nord [13] du Pérou.

Le quatrième ensemble (≥ 140 m), granocroissant, débute par des argiles rouges lacustres à lentilles de gypse et se termine par une alternance d'argiles rouges et de grès fins roses fluviaux en bancs massifs, parfois chenalisés (fig. 3 A). Sa partie inférieure a livré d'abondantes oogones de *Nitellopsis supraplana* du Paléocène ([12], [13]). Par leur position stratigraphique, les troisième et quatrième ensembles sont équivalents à la Fm Chilca définie dans la région de Sicuani (fig. 1) où elle a également livré *N. supraplana* ([11], [13]), et de la Fm Santa Lucia de Bolivie ([4], [10]).

Les « Couches Rouges » de Cuzco [6] surmontent la Fm Chilca (fig. 3 A). Cette série (Gp San Jerónimo de [8]), puissante de plus de 6 000 m, peut être subdivisée en trois ensembles sédimentaires (fig. 3 B). L'ensemble inférieur (4 500 m, Fms K'ayra et Soncco) est principalement constitué d'argiles rouges de plaine d'inondation, intercalées de grès feldspathiques conglomératiques déposés par des fleuves en tresse ([7], [8]). Les galets, principalement de nature sédimentaire, n'excèdent que rarement 10 cm. Les pistes de dinosaures découvertes vers le sommet de cet ensemble attestent de son âge crétacé ([7], [8]). L'ensemble médian (base de la Fm Punacancha, ≤ 250 m), parfois absent, est constitué d'argiles rouges de plaine d'inondation [8], et pourrait être équivalent à la Fm Chilca paléocène. L'ensemble supérieur, non daté, (partie supérieure de la Fm Punacancha, $\geq 1 500$ m) repose en discordance sur le précédent ou sur l'ensemble inférieur [8]. Il est constitué de conglomérats d'origine torrentielle dans lesquels dominent les galets de nature volcanique dont le diamètre dépasse souvent 20 cm [8] (fig. 3 B). La discontinuité basale semble traduire la phase tectonique Inca 1 de la limite Paléocène-Eocène.

LA « NAPPE DES COUCHES ROUGES », ORIGINE, ÂGE ET NATURE DU CHEVAUCHEMENT. — L'âge crétacé de l'ensemble inférieur du Gp San Jerónimo, attesté par les traces de dinosaures, démontre la présence d'un contact tectonique entre ce dernier et la Fm Chilca sous-jacente d'âge paléocène. L'examen de la carte géologique (fig. 2) indique que le contact, bien que déformé ultérieurement, est subhorizontal et se suit dans tous les environs de Cuzco, définissant une « nappe des Couches Rouges » qui repose sur les séries autochtones, relativement minces de Cuzco. Les Couches Rouges peuvent reposer

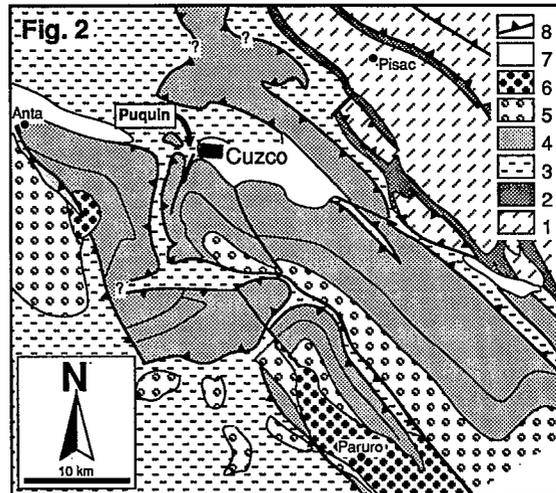
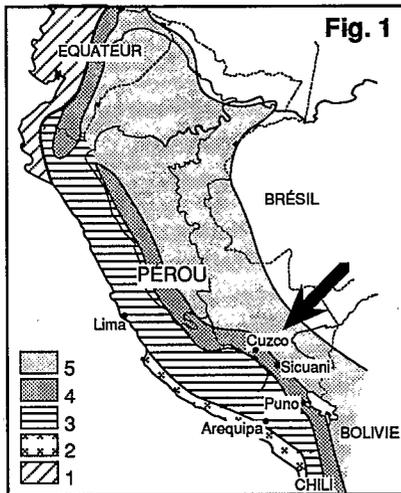


Fig. 1. — Paléogéographie de la marge péruvienne au Crétacé, et localisation du secteur étudié. 1, Terrains allochtones; 2, Zone côtière; 3, Bassin occidental; 4, Seuil médian; 5, Bassin oriental.

Fig. 1. — Paleogeographic sketch of the Peruvian margin during Cretaceous times. 1, Allochthonous terranes; 2, Coastal zone; 3, Western trough; 4, Axial swell; 5, Eastern trough.

Fig. 2. — Carte géologique schématique de la région de Cuzco (modifiée de [8]). 1, Paléozoïque; 2, Jurassique terminal-Crétacé inférieur; 3, Fms Yuncaypata et Chilca (Albien à Paléocène); 4, Ensemble inférieur des Couches Rouges (Crétacé supérieur); 5, Ensembles médian et supérieur des Couches Rouges (Paléocène-Eocène?); 6, Groupe Paruro (Oligocène?); 7, Dépôts récents; 8, Chevauchements.

Fig. 2. — Geological sketch map of the Cuzco area (after [8], modified). 1, Paleozoic rocks; 2, Latest Jurassic-early Cretaceous rocks; 3, Yuncaypata and Chilca Fms (Albian to Paleocene); 4, Lower Red Beds unit (late Cretaceous); 5, Middle and Upper Red Beds units (Paleocene-Eocene?); 6, Paruro Group (Oligocene?); 7, Recent deposits; 8, Thrust planes.

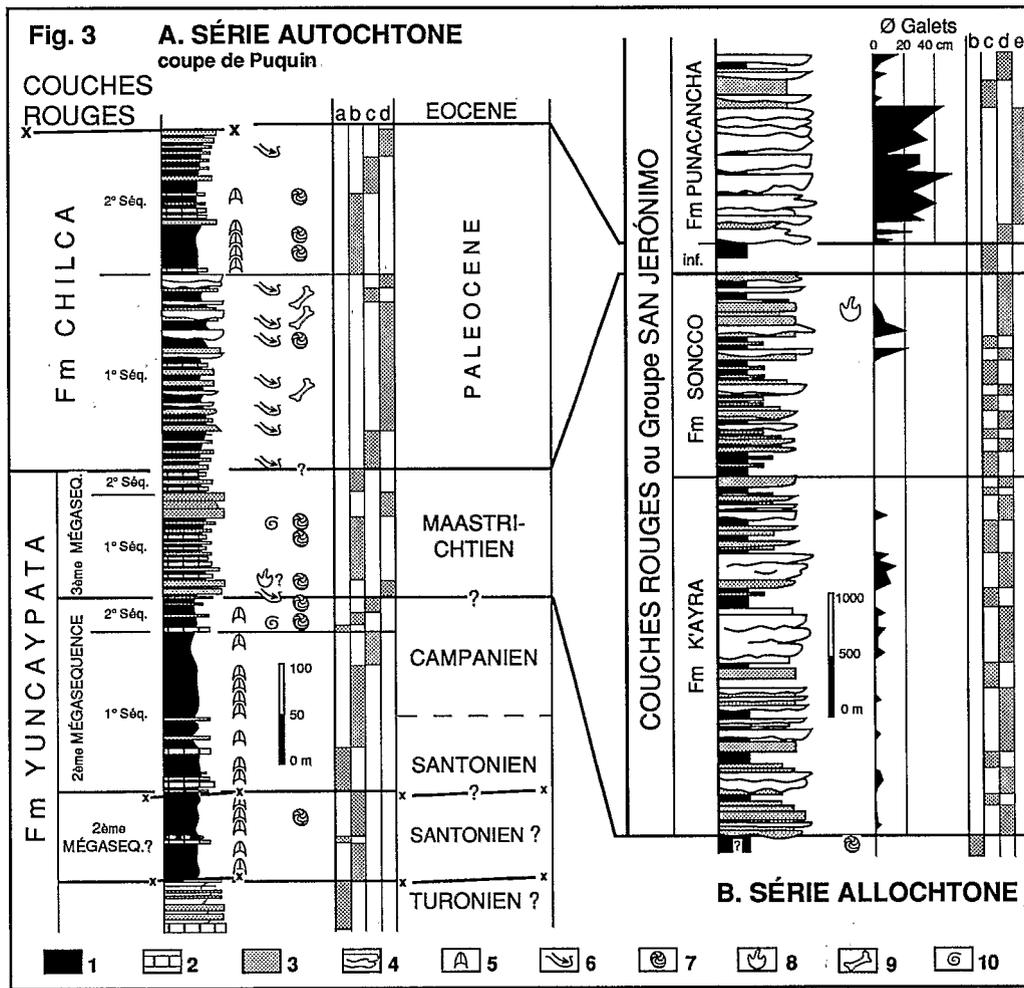


Fig. 3. — Stratigraphie de la région de Cuzco : A. Série post-turonienne autochtone (750 m, coupe de Puquin); B. Série allochtone des « Couches Rouges » (6 500 m), d'après [8]; et corrélations proposées. 1, Argiles; 2, Calcaires; 3, Grès; 4, Conglomérats; 5, Évaporites; 6, Chenaux; 7, Charophytes; 8, Traces de dinosauriens; 9, Vertébrés; 10, Mollusques. Milieux sédimentaires : a, Marin; b, Sabkha ou lac; c, Plaine d'inondation; d, Fluvial; e, Torrentiel.

Fig. 3. — Stratigraphy of the Cuzco area: A. Autochthonous post-Turonian series (750 m, Puquin section); B. Allochthonous "Red Beds" series (6,500 m), after [8]; and proposed correlations. 1, Shales; 2, Limestones; 3, Sandstones; 4, Conglomerates; 5, Evaporites; 6, Channels; 7, Charophytes; 8, Dinosaur tracks; 9, Vertebrates; 10, Molluscs. Sedimentary environments: a, Marine; b, Sabkha or Lake; c, Flood plain; d, Fluvial; e, Torrent.

sur la Fm Chilca paléocène (Puquin), sur la Fm Yuncaypata sénonienne, parfois par l'intermédiaire de gypses extravasés, ou sur les calcaires cénomaniens (Paruro, [8]).

Le Gp San Jerónimo allochtone, bien que plus épais au Nord, montre une diminution de la granulométrie dans cette direction [8], suggérant que le bassin était alimenté depuis le Sud. Ceci est confirmé par les paléocourants [8] qui, comme dans la Fm Yuncaypata, indiquent un transport vers le Nord. La Fm Yuncaypata autochtone, constituée de faciès fins, devait donc se situer au Nord de ce bassin. L'analyse paléogéographique montre d'ailleurs que la tectonique sénonienne susceptible d'alimenter en détritisme grossier le Gp San Jerónimo, est située au Sud de Cuzco ([14], [3]). Par ailleurs, plus au S-E et en Bolivie, les sédiments sénoniens passent de façon continue vers le Nord-Est aux dépôts fins et partiellement marins du bassin oriental. Le bassin très subsident des « Couches Rouges » s'est donc très probablement formé au Sud ou Sud-Ouest de Cuzco, à la limite entre le Bassin Occidental et le seuil de Puno-Cuzco. Enfin, des dépôts rouges sénoniens étant connus à l'Ouest et au S-O de Cuzco [15], la partie des Couches Rouges se situerait donc au Sud de Cuzco.

Le charriage est postérieur au dépôt de la Fm Chilca, et donc à une partie du paléocène. D'autre part, le contact serait scellé par les conglomérats du Gp Paruro (*fig. 2*, [8]), attribué à l'Oligocène. Néanmoins, son âge reste à préciser. En effet, la discordance de l'unité sommitale des Couches Rouges (Fm Punacancha supérieure, éocène?) qui repose à la fois sur le Sénonien et sur le terme médian des Couches Rouges (Ouest de Paruro, *fig. 2*, [8]) indiquerait que le charriage est lié à la phase tectonique de la limite Paléocène-Eocène (Inca 1, 55-50 Ma). Pourtant, la même unité supérieure, quoique discordante, appartient localement à l'unité allochtone (*fig. 2*), suggérant ainsi qu'une première déformation (Inca 1?) a donné naissance à des discordances, mais que le charriage est lié à la phase majeure de l'Éocène tardif (Inca 2, *ca* 40 Ma).

Bien qu'aucune étude structurale détaillée n'ait été menée, il est probable que la « Nappe des Couches Rouges » se soit mise en place par glissement gravitaire. En effet, l'inversion tectonique du bassin des Couches Rouges lors de la compression andine aura nécessairement provoqué l'expulsion de son remplissage sédimentaire. Or, les dépôts coniaciens et santoniens du Sud du Pérou sont généralement, comme à Cuzco, riches en évaporites ayant pu favoriser d'une part le décollement de la nappe, et d'autre part son glissement sur l'avant-pays. Cette interprétation est cohérente avec l'abondance des gypses extravasés près du contact, l'absence de chevauchements importants à l'intérieur de la nappe, et la grande dispersion des axes des plis affectant cette dernière (*fig. 2*), qui montrent que la déformation n'est pas liée à une compression de direction définie.

CONCLUSIONS. — La série autochtone de la région de Cuzco comporte des termes sénoniens et paléocènes dans lesquels ont été reconnues certaines des séquences sédimentaires définies plus au Sud et Sud-Est. Elle est surmontée géométriquement par la « Nappe des Couches Rouges », dont la partie inférieure est datée du Crétacé supérieur. Le charriage, postérieur à une partie du Paléocène et antérieur à l'Oligocène, pourrait avoir eu lieu lors de la phase majeure de l'Éocène supérieur. La « Nappe des Couches Rouges » s'est probablement mise en place par glissement gravitaire vers le Nord ou le Nord-Est, à la faveur des niveaux évaporitiques intercalés dans les niveaux inférieurs du Sénonien, et à l'occasion de l'inversion tectonique du bassin dans lequel elles s'étaient déposées.

Ce travail s'est déroulé dans le cadre de l'ORSTOM. Nous remercions M. Feist et N. Grambast-Fessard de l'Université de Montpellier pour la détermination des nombreux charophytes, et T. Sempéré pour les discussions sur les corrélations avec la Bolivie.

Note remise le 28 septembre 1992, acceptée après révision le 19 novembre 1992.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] V. BENAVIDES, *Am. Mus. Nat. Hist. Bull.*, New York, 108, 1956, p. 352-494 et J. J. WILSON, *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 47, 1963, p. 1-34.
- [2] E. JAILLARD et T. SEMPÉRÉ, in L. A. SPALLETTI éd., *Contribuciones de Los Simposios sobre el Cretácico de América latina*, Buenos-Aires, 1989, p. 1-27.
- [3] E. JAILLARD, in L. A. SPALLETTI éd., *Cretaceous tectonics in the Andes*, Earth Evol. Sci. Monog. ser., Vieweg Publ., Wiesbaden (sous presse).
- [4] T. SEMPÉRÉ, in L. A. SPALLETTI éd., *Cretaceous tectonics in the Andes*, Earth Evol. Sci. Monog. ser., Vieweg Publ., Wiesbaden (sous presse).
- [5] R. MAROCCO, T. SEMPÉRÉ, M. CIRBIAN et J. OLLER, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 304, série II, 1987, p. 1139-1142 et D. C. NOBLE, E. H. MCKEE, T. MOURIER et F. MÉGARD, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 102, 1990, p. 1105-1113.
- [6] C. KALAFATOVICH, *Bol. Soc. geol. Perú*, 32, 1957, p. 125-139; et R. MAROCCO, *Trav. Doc. Orstom*, Paris, 94, 1978, 195 p.
- [7] C. NOBLET, Orstom-Univ. Pau, rapport inédit, 1985, 50 p., et C. NOBLET, R. MAROCCO et J. DELFAUD, *Bull. Inst. Fr. Ét. Andines*, Lima, 16, 1987, p. 55-78.
- [8] E. CORDOVA, *Thèse de 3^e cycle*, Univ. Pau, 272 p., 1986, et R. LÓPEZ et E. CORDOVA, *Bol. Soc. geol. Perú*, Lima, 78, 1988, p. 149-164.
- [9] E. JAILLARD, H. CAPPETTA, P. ELLENBERGER, M. FEIST, N. GRAMBAST-FESSARD, J.-P. LEFRANC et B. SIGÉ, *Cret. Research*, Londres (sous presse).
- [10] T. SEMPÉRÉ, J. OLLER et L. BARRIOS, *Actas V^e Cong. geol. Chile*, Santiago, 3, 1988, p. H37-H65, et M. GAYET, L. G. MARSHALL et T. SEMPÉRÉ, *Rev. Yac. Petrol. Fisc. Bolivia*, La Paz, 12, 1991, p. 393-433.
- [11] E. AUDEBAUD, *Thèse de 3^e cycle*, Univ. Grenoble, 1967, 59 p., et E. AUDEBAUD, *Bol. Inst. Geol. Min. Metal.*, Lima, 25, 1973, 72 p.
- [12] H. MÜLLER et E. ALIAGA, *Estudio bioestratigráfico del Cretáceo de la cuenca Marañon*, Rapport inéd. Petroperú, Lima, 1981, 57 p.
- [13] T. MOURIER et coll., *Newslett. Stratigr.*, Stuttgart, 19, 1988, p. 143-177.
- [14] J. C. VICENTE, in G. E. ERICKSEN et coll. éd., *Geology of the Andes and its relations to energy and mineral resources*, Circum-Pacific Council Energy Min. Resour. Earth Sci. Ser., 11, 1989, p. 91-117, Houston.
- [15] V. PECHO, *Bol. Inst. Geol. Min. Metal.*, Lima, 35, (A), 1981, 67 p.

E. J. : ORSTOM, UR1H, 213, rue La Fayette, 75480 Paris Cedex 10, France,
 et ORSTOM-Petroproducción, Casilla 10829, Guayaquil, Equateur;
 V. C., R. C. et W. G. : Univ. Nacional San Antonio Abad,
 Departamento de Geología, Cuzco, Pérou.