

# LE PALÉOZOÏQUE INFÉRIEUR DE LA CORDILLÈRE ORIENTALE DU SUD-EST DU PÉROU

G. LAUBACHER

Géologue de l'ORSTOM  
24, rue Bayard, Paris-8<sup>e</sup>.

## RÉSUMÉ

Dans le sud du Pérou, le substratum de la chaîne des Andes est constitué pour une grande part de terrains appartenant au Paléozoïque inférieur. Ces terrains fortement plissés à l'Hercynien, affleurent largement dans la Cordillère orientale, au nord du Lac Titicaca. L'auteur expose dans cet article les grands traits stratigraphiques du Paléozoïque inférieur de cette région. Les dépôts du Paléozoïque inférieur, épais de plus de 10 000 m, se sont accumulés dans un sillon marin en deux étapes, une période ordovicienne et une période siluro-dévonienne, séparées par une lacune stratigraphique résultant d'une émergence à l'Asghillien et au Llandoveryen. L'Ordovicien, à sédimentation de type flysch, comporte 3 500 m de schistes noirs à Graptolites (Arenigien à Caradocien inférieur), surmontés par 3 500 m de flysch quartzitique (Caradocien moyen à supérieur). Le Siluro-Dévonien débute par un niveau tillitique (*Formation Zapla* du Llandoveryen) et continue par une épaisse séquence de schistes noirs (Silurien moyen à Dévonien). Le Paléozoïque inférieur et plus particulièrement le Siluro-Dévonien ont été fortement affectés par l'érosion pré-mississippienne consécutive à la phase de plissement éohercynienne.

## ABSTRACT

In southern Peru, the Paleozoic rocks constitute a great part of the substratum of the Andes. In this article, the principal stratigraphic characteristics of the Lower and Middle Paleozoic rocks of the Eastern Cordillera are described. The Paleozoic sediments are more than 10 000 m thick and were deposited in

a large marine basin. A period of emersion during the Asghill and the Llandovery separates the Ordovician from the Siluro-Devonian. The Ordovician consists of 3 500 m of black shales (Arenigian to Early Caradocian) that underlie a 3 500 m thick sequence of quartzitic flysch (Middle to Upper Caradocian). The Siluro-Devonian overlies conformably the Ordovician and it is made of a 150-200 m thick sequence of tillitic sediments (*Zapla* or *Cancaniri Formation*, Llandovery) overlain by a 2 500 m thick shale sequence (Middle Silurian to Devonian). There is no evidence either of carbonatic sedimentation or of an important basic and ultrabasic synsedimentary magmatism. During the late Devonian or the Earliest Mississippian, the Lower and Middle Paleozoic rocks were folded and eroded prior the deposition of the Upper Paleozoic.

## RESUMEN

En el sur del Perú, el substratum de la Cadena Andina es, en gran parte, constituido por rocas del Paleozoico inferior. Terrenos de esta edad tienen una grande extension al norte del Lago Titicaca, en la Cordillera Oriental, particularmente en las estribaciones del flanco amazónico de los Andes. Se presentan aquí los grandes rasgos de la estratigrafía del Paleozoico inferior de esta región. Los depósitos del Paleozoico inferior, con más de 10 000 m de potencia se acumularon en una cuenca subsidente, en dos períodos de sedimentación, un período ordovícico y un período siluro-devoniano, separados por una laguna estratigrafica debida a una emersión durante el Asghilliano y el Llandoveryano. El Ordovícico, caracterizado por una sedimentación de tipo flysch,

comporta 3 500 m de lutitas negras a la base (Arenigiano a Caradociano inferior) cubiertos por 3 500 m de flysch cuarzitico (Caradociano medio y superior). Encima viene el Silruro-Devoniano que empieza con un nivel tilitico (*Formación Zapla* del Silúrico inferior) seguido por una potente secuencia de lutitas negras (Silurico medio a Devoniano). El Paleozoico inferior ha sufrido una fuerte erosión pré-misisipiana consecutiva a la tectorogénesis cohercínica.

## РЕЗЮМЕ

*В южной части Перу, субстрат хребта Андийских Кордильер состоит в большой мере из грунтов принадлежащих нижнему Палеозою. Грунты эти, перешедшие в сильно складчатое состояние в герцинский период, широко выходят на поверхность в восточной Кордильере, на севере озера Титикака. Автор изучает в своей статье главные стратиграфические черты нижнего Палеозоя в этой области. Наносы нижнего Палеозоя, мощностью в более 10.000 м, накопились в морской выемке в течение двух этапов — ордовикского и силуро-девонского — отделенных друг от друга стратиграфическим пробелом связанным с всплыванием в эпоху асгийского периода и периода Лландовери. Ордовикский период, с осаджением типа флиши, соответствует 3.500 м чёрных сланцев с граптолитами (Аренгийский — нижний Карадокский), над которыми простирается кварцитовый флиш мощностью в 3.500 м (средний — верхний Карадокский). Силуро-девонский период начинается с тиллитового уровня (Образование Запла среднего Силура) и продолжается мощной серией чёрных сланцев (средний Силур-Девон). Нижний Палеозой, и в особенности Силуро-девонский период, в значительной мере подвергся до-миссипийской эрозии сопровождавшей фазу эгерцинской складчатости.*

## INTRODUCTION

Les grands traits stratigraphiques et tectoniques de la chaîne hercynienne au Pérou et en Bolivie ont fait l'objet d'un article dans un cahier précédent (MEGARD *et al.*, 1971). Nous nous proposons d'exposer ici quelques résultats plus locaux et plus détaillés, concernant la stratigraphie du Paléozoïque inférieur de la Cordillère Orientale du sud-est du Pérou. C'est un premier essai de subdivision, car jusqu'à présent, le Paléozoïque inférieur n'était pas différencié. Il est bien entendu que les subdivisions en formations litholo-

giques que nous sommes obligés d'utiliser actuellement, devons faire place par la suite à une différenciation en étages stratigraphiques.

La zone étudiée correspond à une portion de la Cordillère Orientale située au nord du Lac Titicaca, entre les parallèles 13° S et 15° S (fig. 1). On lui a donné localement le nom de Cordillère Carabaya et sa prolongation dans le nord de la Bolivie est appelée Cordillère Apolobamba. Dans le sud du Pérou, la Cordillère Orientale est parfaitement individualisée au point de vue géographique. C'est une haute chaîne (5 200 à 6 000 m), orientée NW-SE qui domine à l'ouest la dépression intra-andine de l'Altiplano (3 800 à 4 000 m) et à l'est les collines (serranias) subandines (400 à 1 000 m). L'altitude actuelle de la Cordillère Orientale résulte essentiellement d'une tectonique de failles plio-quaternaires.

Contrairement au flanc ouest de la Cordillère Orientale (côté Altiplano), le flanc amazonien est très raide et le rio Inambari et ses affluents entaillent profondément les terrains épimétamorphiques du Paléozoïque inférieur. A l'ouest du rio Inambari, ce sont ces grandes vallées très encaissées, qui ont permis l'observation du Paléozoïque inférieur. Par contre, entre le rio Inambari et le rio Tambopata, l'accès est difficile et la géologie reste encore peu connue.

## TRAVAUX ANTÉRIEURS

Très peu d'études concernant le Paléozoïque inférieur ont été publiées à ce jour. Citons celles de DOUGLAS (1920) qui mit en évidence l'existence d'Ordovicien moyen dans la Cordillère Orientale, de KATZ (1959) et de DAVILA Y PONCE DE LEÓN (1971). Malgré ces travaux, la géologie de la Cordillère Carabaya était restée pratiquement inconnue.

## LE CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Les terrains du Paléozoïque inférieur affleurent essentiellement sur le flanc amazonien de la Cordillère orientale, mais ils forment également certains des hauts sommets enneigés (nevados) de la Cordillère, notamment les Nevados Aricoma (5 250 m), Carcuyo (5 250 m) et Ananea (5 900 m). Sur son bord occidental le Paléozoïque inférieur est recouvert de façon discordante par les terrains du Paléozoïque supérieur. Mais les relations entre les deux ensembles sont rarement visibles. La limite ouest avec les terrains du Paléozoïque supérieur est faillée ; il en est de même de la limite est, constituée par de grandes failles inverses qui amènent le Paléozoïque inférieur à che-

vaucher les séries mésozoïques de la Zone Subandine.

De nombreux intrusifs percent le Paléozoïque inférieur (fig. 1). L'essentiel de ce magmatisme est andin, notamment les énormes batholites granitiques de Coasa et de Limbani. Le grand massif de syénite néphélinique qui affleure au nord de Macusani (Nevado Allincapac) est également post-hercynien.

LA STRATIGRAPHIE DU PALÉOZOÏQUE INFÉRIEUR

Malgré l'impressionnante entaille du flanc amazonien par l'érosion, le Précambrien qui constitue le substratum des terrains paléozoïques, n'affleure pas. Les séries les plus anciennes reconnues à ce jour sont datées soit du sommet de l'Ordovicien inférieur soit de l'Ordovicien moyen.

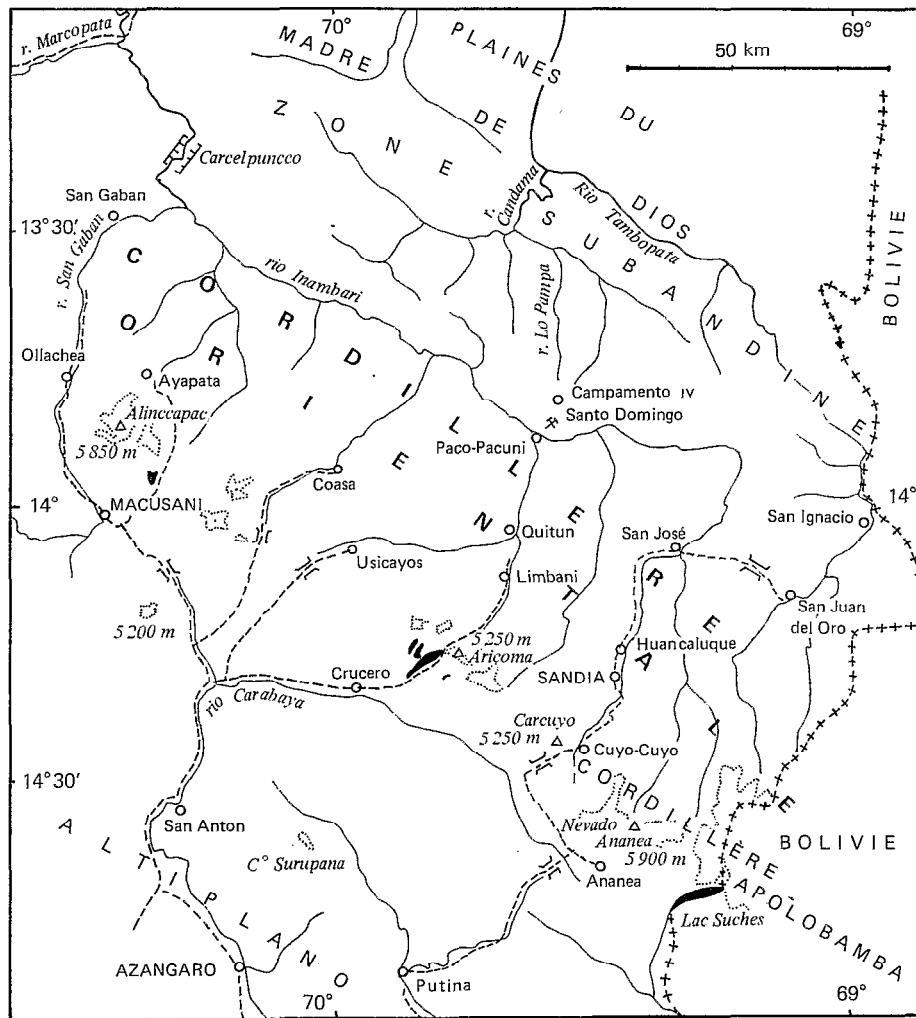


FIG. 1. — Carte de situation.

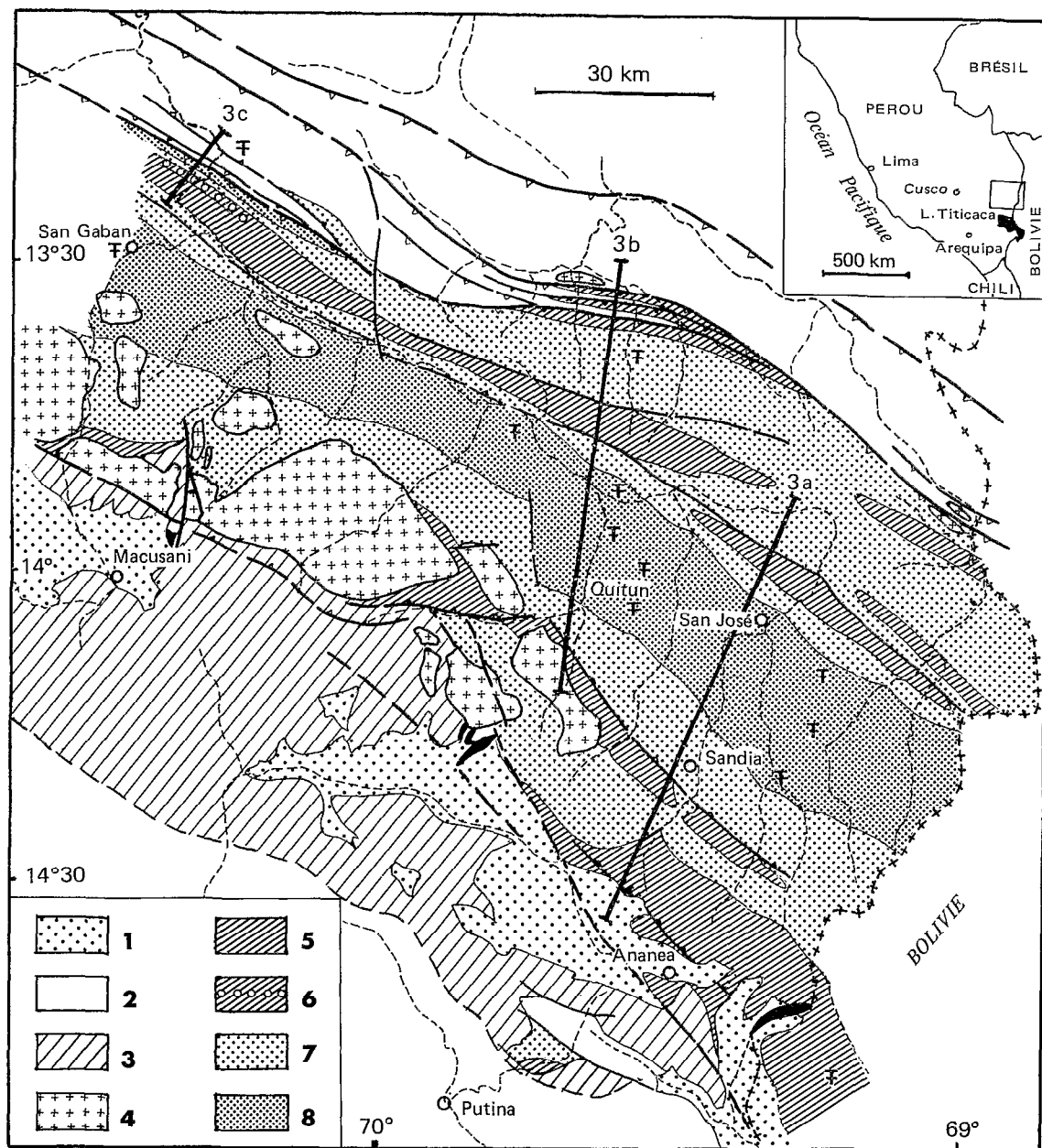


FIG. 2. — Schéma géologique de la Cordillère Orientale au niveau du 14° parallèle sud.

(1) Plio-quarternaire, (2) Méso-cénozoïque, (3) Paléozoïque supérieur, (4) Intrusifs non différenciés, (5) Formation Ananea, (6) Formation Zapla, (7) Formation Sandia, (8) Formation San José, gisement fossilifère : ± ; 3a, 3b et 3c : situation des coupes fig. 3.

Le Paléozoïque inférieur comprend :

— l'Ordovicien qui forme la majeure partie des affleurements ;

— le Siluro-Dévonien, peu fossilifère et encore mal connu.

Il s'agit d'épaisses accumulations de sédiments marins dont le lithofaciès très monotone correspond essentiellement à des lutites ou des schistes, à des grès ou des quartzites. Les fossiles sont rares et confinés surtout au Llanvirnien. L'ensemble des terrains a été plissé à la fin du Dévonien par la phase éohercynienne (MÉGARD *et al.*, 1971). Les plis de cette phase qui peuvent parfois être couchés, sont accompagnés d'une schistosité de flux ou de fracture. Le métamorphisme est faible et le magmatisme associé pratiquement inexistant.

### 1. L'Ordovicien

Dans le sud-est du Pérou, l'existence de terrains ordoviciens a été reconnue par J.A. DOUGLAS (1920) qui ramena de la vallée du rio San Gaban une faune de Graptolites d'âge llanvirnien. Dans la région étudiée présentement, la base de l'Ordovicien n'affleure pas. Sa limite supérieure par contre a été reconnue : elle est marquée par un niveau glaciaire d'âge silurien appelé *Formation Zapla*. Nous avons différencié dans les terrains ordoviciens de bas en haut deux séquences lithologiques :

- la *Formation San José*,
- la *Formation Sandia*.

#### (a) La *Formation San José* (Arénigien à Caradocien)

Cette formation lithologique a été ainsi nommée du nom de la localité de San José, située à quelques 30 km en aval de Sandia, où affleure le faciès typique. Entre Sandia et San José, la route qui suit la vallée recoupe la *Formation San José* sur plus de 20 km. Elle constitue une grande structure anticlinale, qui affleure sur une largeur de 15 à 25 km et qui s'étend, selon une direction NW-SE, depuis le rio San Gaban jusqu'à la frontière avec la Bolivie.

Au point de vue lithologique (fig. 4), la *Formation San José* est essentiellement silico-alumineuse et comprend des schistes noirs souvent ampélitiques et des sédiments rythmiques à aspect de micro ou cryptoflysch. Le faciès flyschoidé est représenté par de minces niveaux de matériel fin, épais de 5 à 10 cm, très régulièrement stratifiés. A l'échelle du banc, on note un granoclasement très net et le passage d'un fin liseré de matériel gréseux clair à des lutites fines et noires. La pyrite se retrouve partout, mais elle est

plus abondante dans les schistes ampélitiques. Ce lithofaciès, remarquablement constant dans tout le sud-est du Pérou, se retrouve également plus au nord-ouest vers Marcapata (DOUGLAS, 1932) et jusque dans la Cordillère de Vilcabamba (MAROCCO *in* MÉGARD *et al.*, 1971, MAROCCO, 1973). Dans le nord de la Bolivie, on retrouve une série d'âge arénigien à caradocien inférieur avec ce même lithofaciès (MARTINEZ *et al.*, 1971).

L'épaisseur de la *Formation San José* est de l'ordre de 3 500 m dans la vallée de Sandia. Cependant dans le canyon de Carcelpuncco la *Formation San José*, qui paraît comprendre tous les étages depuis l'Arénigien au Caradocien, n'est représentée que par 800 m de schistes noirs.

Des découvertes de fossiles en différents endroits de la Cordillère Orientale ont permis de préciser l'âge de la *Formation San José*. DOUGLAS (1920), BULMAN (1931), HUGHES et WRIGHT (1970) et DAVILA et PONCE DE LEÓN (1971) ont décrit des faunes d'âge llanvirnien dans les schistes de la Cordillère Orientale. Il a été possible de compléter ces descriptions grâce à la découverte de quelques nouveaux gisements que nous allons maintenant décrire.

*Gisement du canyon de Carcelpuncco* (fig. 1 et 3 c). Le gisement fossilifère est situé dans la grande courbe que forme le rio Inambari à quelques 300-400 m en amont de la faille subandine qui sépare la Paléozoïque inférieur des terrains méso et cénozoïques de la zone subandine. Il contient des Trilobites, Brachiopodes, Graptolites, Cephalopodes, Gastéropodes, Lamellibranches, Crinoïdes, etc.

W.T. DEAN (\*) a déterminé les Trilobites *Triarthrus* sp., *Nesuretus* sp. nov., *Hypermeaspis* sp. (probabl. nov.), *Megalaspidella* sp., et attribue à cette faune un âge arénigien à llanvirnien inférieur (\*\*).

Les Graptolites déterminés par B.N. BERRY (\*\*\*) ont donné un âge arénigien à llandeilien : *Cryptograptus tricornis*, *Didymograptus* sp., *Glyptograptus* sp., et des fragments de Dichograptidae.

Quelques échantillons du même gisement avaient été envoyés à R. SUAREZ SORUCO (\*\*\*\*) dont voici les déterminations : *Triarthrus* sp (aff. *T. fischeri* Billings), *Hypermeaspis bulmani* Harrington et Leanza Asaphidae gen. et sp. indet., *Phyllograptus angus-*

(\*) DEAN (W.T.). Geological Survey of Canada, Eastern Paleontology section, Ottawa.

(\*\*) Une partie de cette faune a été aimablement transmise par H.R. KATZ.

(\*\*\*) BERRY (W.B.N.). Department of Paleontology. University of California, Berkeley California, U.S.A.

(\*\*\*\*) SUAREZ-SORUCO (R.). Yac. Petrol. Fisc. Boliv., Santa Cruz, Bolivia.

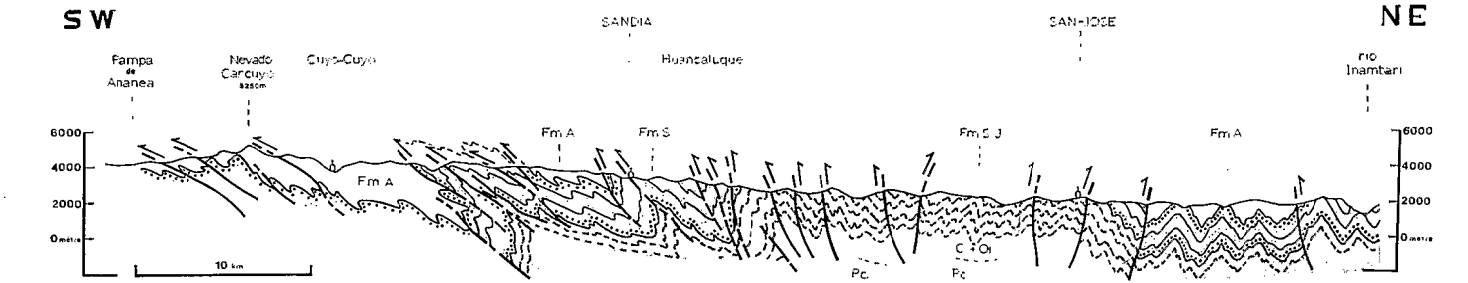


FIG. 3a.

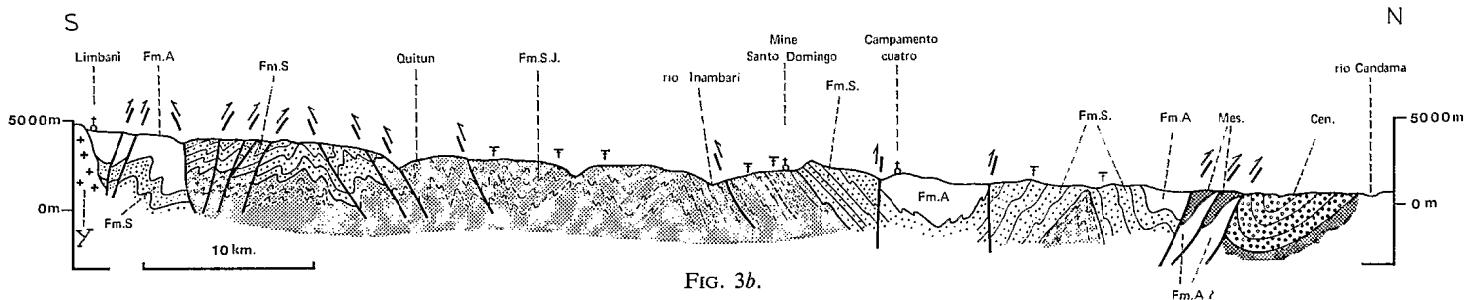


FIG. 3b.

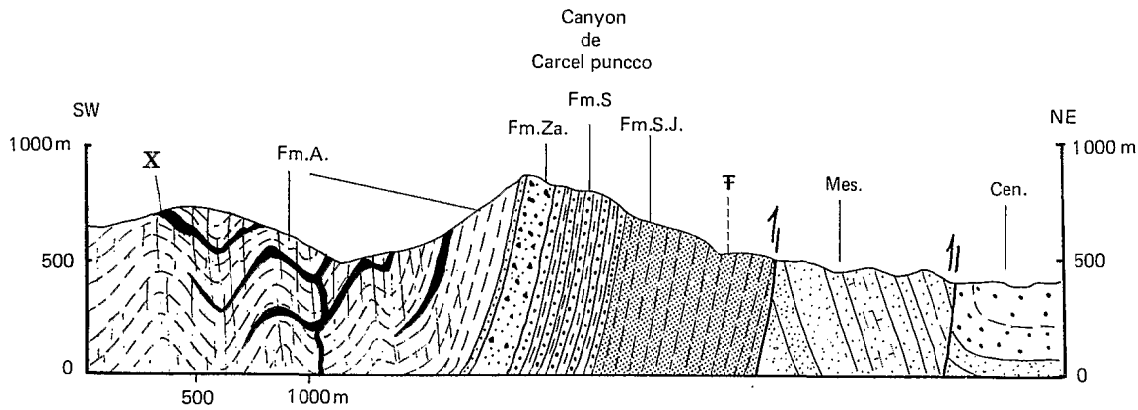


FIG. 3c.

FIG. 3. — Coupes géologiques à travers la Cordillère Orientale.

3a. Coupe Ananea-Sandia-San José - rio Inambari.

3b. Coupe Limbari - rio Inambari - Santo Domingo - rio Candamo.

3c. Coupe du canyon de Carcelpuncco.

Légende : FmA = Formation Ananea ; FmZa = Formation Zapla ; FmS = Formation Sandia ; FmS J = Formation San José ; C+Oi = Cambrien + Ordovicien inférieur ; Pc = Précambrien ; Mes = Mésozoïque ; Cen. = Cénozoïque ; Y = batholite granitique de Limbari ; X = sills basiques.

*tifolius* var. *elongatus* Bulmani, *Glyptograptus dentatus* Brongniart, *Caryocaris* sp., Orthidae sp., Cephalopidae gen. et sp. indet. Cette faune correspondrait au Llanvirnien supérieur.

*Vallée de Limbani* (fig. 1 et 3 b). Un certain nombre de Graptolites ont été recueilli entre la Hacienda Quitun et le rio Inambari, notamment *Didymograptus murchinsoni* var. *geminus* His, *Glyptograptus dentatus* Brongniart, *Phyllograptus angustifolius* var. *elongatus* Bulmani, *Glossograptus* sp. Ils ont été déterminés par R. SUAREZ SORUCO qui attribue à cette faune un âge Llanvirnien supérieur.

*Mine d'or de Santo Domingo* (fig. 1 et 3 b). Sur le chemin qui va de Paco Pacuni à l'ancienne mine d'or de Santo Domingo, nous avons trouvé dans des schistes noirs situés à quelques 150 ou 200 m sous les quartzites de la *Formation Sandia*, les Graptolites suivants : *Climacograptus scharenbergi*, *Glyptograptus* cf. *G. teretiusculus*, *Hallograptus* cf. *H. mucronatus*, *Leptograptus* ou *Nemagraptus*, *Orthograptus*. B.N. BERRY qui a déterminé cette faune, admet un âge caradocien inférieur.

*Route de Sandia à San Juan del Oro* (fig. 1 et 2). Entre San José et San Juan del Oro, à 1 km à l'ouest du col de Yanacocha nous avons recueilli quelques graptolites : *Didymograptus stabilis* et *Glossograptus* sp. B.N. BERRY (det. 1972) qui les a déterminés leur attribue un âge Llanvirnien supérieur.

Une autre collection qui a également été recueillie entre San José et le col de Yanacocha (\*) comporte les Graptolites suivants :

— branches de Dichograptidae indet. ; *Didymograptus acutidens* Lapworth ; *Didymograptus artus* Elles et Wood ; *Didymograptus miserabilis* Bulman ; *Didymograptus pandus* Bulman ; *Cryptograptus tricornis* var. *schäferi* Lapworth ; *Glossograptus* sp. dont *G. Hincksi* mut. *bispinatus* Bulman ; *Amplexograptus* sp. : soit *A. cf. confertus* (Lapw.) selon BULMAN (1930), soit *A. recurrens* Reedman ; *Glyptograptus dentatus* (Brongniart) mut. ; *Lasiograptus* sp. cf. *L. (Nymphograptus) velatus* Elles et Wood ; des Lingulidae ; un Brachiopode cf. *Schizocrania aff. filosa* (Hall) d'après BULMAN.

Cette faune déterminée et étudiée par S. WILLEFERT (\*\*), se place dans la partie inférieure du Llan-

virnien supérieur et correspond à la zone à *Cryptograptus schäferi* avec passage vers le haut à la zone à *Glyptograptus hincksi* et peut-être avec passage vers le bas aux « Transition beds » de O.M.B. BULMAN (1931). En conclusion, l'ensemble des faunes déterminées montre que la *Formation San José* est une série lutitique, vraisemblablement continue, qui s'est déposée depuis l'Arenigien jusqu'au Caradocien inférieur. Ceci est en accord avec les observations faites dans le nord de la Bolivie (MARTINEZ *et al.*, 1971) et dans la Cordillère de Vilcabamba (MAROCCO, 1973). Au point de vue paléogéographique, le Pérou ferait partie, au Llanvirnien au moins, d'une province australe comprenant l'Amérique du Sud et la Nouvelle Zélande, domaine qui est relié par le nord (Colombie et Venezuela) aux provinces nord américaine et nord européenne (BURRET, 1973). Cette relation avec l'hémisphère nord ne se rétablit pas après l'émergence de la période asghill-Illovery, et les faunes siluro-dévonniennes du Pérou seront caractéristiques du domaine austral « Malvino-Cafrique » (BERRY et BOUCOT, 1972).

(b) *La Formation Sandia* (Caradocien moyen et supérieur).

Nous avons donné le nom de *Formation Sandia* à une puissante série détritique de type flysch, constituée de bancs de quartzites en alternance avec des passées plus ou moins épaisses de schistes, dont le faciès typiqueaffleure près de la localité de Sandia. La *Formation Sandia* surmonte en concordance la *Formation San José* et est recouverte à son tour par les terrains du Siluro-Dévonien.

Au point de vue lithologique (fig. 4), la *Formation Sandia* se différencie essentiellement de la *Formation San José* par une sédimentation nettement plus détritique qui marque un changement important dans le contexte paléogéographique de l'ensemble du bassin paléozoïque. A la base de la séquence, on note surtout des bancs de quartzites épais de 0,2 à 6 m et de fines intercalations de schistes. Par contre vers le milieu et le sommet de la séquence, le matériel schisteux devient plus abondant : on peut alors avoir soit des microflyschs, soit des schistes noirs avec de fines intercalations de quartzites. Les bancs de quartzites présentent des figures de base de bancs : stratifications entrecroisées, nombreux ripples marks, slump-balls énormes atteignant parfois 4 à 5 m de diamètre (photos 2 et 3).

La *Formation Sandia*affleure largement dans la Cordillère Orientale. Dans la vallée de Sandia, où la route la recoupe sur près de 20 km entre Cuyo-

(\*) Collection de M. MATTAUER, recueillie en 1965 à 1 ou 2 km à l'ouest du col de Yanacocha : il s'agit donc de fossiles collectés près du gisement cité un peu plus haut.

(\*\*) Détermination S. WILLEFERT, 1968, Rabat, Service Géologique du Maroc, d'après South American Graptolites with special reference to the Nordenskjöld collection de OMB BULMAN, 1931.

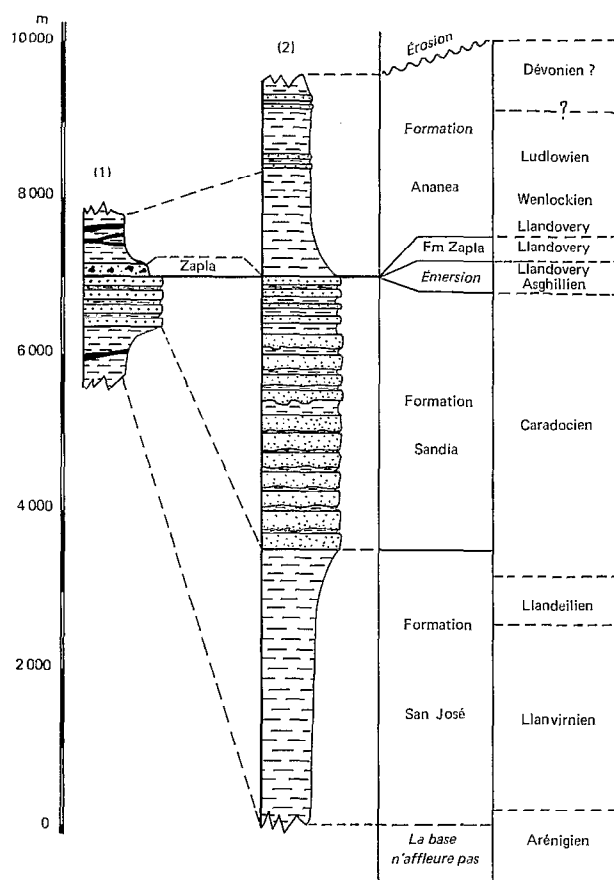


FIG. 4. — Colonnes stratigraphiques du Paléozoïque inférieur de la Cordillère Orientale. (1) section de Carcelpuncco ; (2) section de la vallée de Sandia.

Cuyo et Huancaluque, elle est déformée en grands plis couchés et déversés vers le sud-ouest. Sur le rio Inambari, dans le canyon de Carcelpuncco, on relève environ 500 m de flysch gréseux, correspondant à la *Formation Sandia*, qui surmontent en concordance parfaite les schistes de la *Formation San José*. A l'est du rio Inambari, entre l'ancienne mine d'or de Santo Domingo et le rio Tambopata, dans le lit du rio La Pampa, nous avons trouvé dans une épaisse série de quartzites une faune à Trilobites, Brachiopodes, Cephalopodes, etc. d'âge caradocien (\*).

Le sommet de la *Formation San José* étant daté du Caradocien inférieur, la *Formation Sandia* qui la

surmonte aurait un âge caradocien moyen à supérieur comme semblent le confirmer les fossiles du rio La Pampa.

Le Caradocien bien connu en Bolivie (AHLFELD y BRANISA, 1960 ; SCHLATTER et NEDERLOFF, 1966), n'a finalement été identifié que très récemment au Pérou, près de Juliaca au NW du Lac Titicaca (BOUCOT, MÉGARD, 1972). Depuis lors, de nouveaux travaux sur le Paléozoïque inférieur (LAUBACHER, 1973 ; MAROCCO, 1973), font ressortir la grande extension du Caradocien qui, depuis la Bolivie, se prolonge vers le nord-ouest jusqu'au delà de la Cordillère de Vilcabamba.

## 2. La limite Ordovicien-Silurien

En Bolivie et en Argentine l'Asghillien et le Llandoverien n'ont pas été reconnus et on admet une émergence générale du bassin paléozoïque durant cette période. Ce serait là une manifestation de l'orogénèse calédonienne ? Cependant la présence de Llandoverien au Paraguay (HARRINGTON, 1972) et d'Asghillien ou de Llandoverien sur l'Altiplano péruvien (\*\*), montre qu'il faut nuancer cette interprétation : ces découvertes reposent le problème de la durée de l'émergence et de l'importance de l'érosion pré-silurienne. Dans la Cordillère Orientale du sud-est du Pérou, l'absence d'Asghillien et de Llandoverien paraît probable car aucun fossile correspondant à ces étages n'a encore été trouvé.

## 3. Le Siluro-Dévonien

Dans la Cordillère Orientale du sud-est du Pérou, les terrains attribués au Siluro-Dévonien sont encore mal connus. Il s'agit pour l'essentiel d'une série silico-alumineuse qui surmonte l'Ordovicien en concordance. Nous avons distingué deux formations lithologiques :

— la *Formation Zapla* ou *Cancañiri* d'âge silurien moyen,

— la *Formation Ananea* qui surmonte la précédente et à laquelle on attribue un âge silurien moyen à dévonien.

(a) *La Formation Zapla* (Llandoverien supérieur à Wenlockien).

Le nom de *Formation Zapla* a été donné en Argentine (SCHLAGINTWEIT, 1943) à un horizon de sédiments considérés comme étant des tillites. En Bolivie où

(\*) Détermination préliminaire par A.J. BOUCOT (1972). Department of Geology, OSU, Corvallis, Oregon, 97331.

(\*\*) Silurian of Peru and Bolivia. BOUCOT (A.J.), BRANIŠA (F.), GRAY (J.), LAUBACHER (G.), à paraître.



son extension est vaste également, cet horizon est connu sous le nom de « *Graunacke Cancañiri* ». Sa lithologie très particulière en fait un excellent niveau repère. On considère que ce niveau tillitique, de par sa microfaune (Chitinozoaires), s'est déposé en ambiance marine. Son âge est encore discuté ; pour certains il est llandovertien supérieur à wenlockien (BRANISA *et al.*, 1972) pour d'autres un âge pré-llandovertien supérieur est probable (BERRY et BOUCOT, 1972). Une hypothèse intéressante consiste à rapprocher la *Formation Zapla* avec les traces de l'importante glaciation de la limite Ordovicien-Silurien qui est maintenant bien connue au Sahara (BEUF *et al.*, 1971), en Afrique du Sud (COCKS *et al.*, 1970) et en Europe (ARBÉY et TAMAIN, 1971, DORE et LE GALL, 1972). Néanmoins l'origine glaciaire de la *Formation Zapla* est mise en doute par certains géologues qui y voient la conséquence de courants de turbidité (TURNER, 1972).

Au Pérou, la *Formation Zapla* n'affleure pas sur l'Altiplano. Dans la Cordillère Orientale par contre elle a été retrouvée dans le canyon de Carcelpuncco sur le rio Inambari (DAVILA et PONCE DE LEON, 1971) et aussi dans la Cordillère de Vilcabamba (MAROCCO *in* MÉGARD *et al.*, 1971).

Dans le canyon de Carcelpuncco (fig. 3 c), les quartzites de la *Formation Sandia* sont surmontés par une série tillitique, épaisse de 150 à 200 m, qui à son tour est recouverte par 20 m de quartzites massives puis par des schistes noirs attribués à la *Formation Ananea*. Au point de vue lithologique cet horizon tillitique, généralement massif, ne présente pas de stratification sauf dans quelques petites intercalations gréseuses d'aspect varvé. Dans l'ensemble il correspond à une microbrèche à matrice très quartzreuse, de couleur gris-verdâtre, sans aucun granoclassement, dans laquelle flotte des éléments anguleux de quartz, granite, gneiss et schiste dont la taille peut atteindre 20 cm. Le contenu micropaléontologique indique un âge silurien (DAVILA et PONCE DE LÉON, 1971), ce qui permet de corréliser ce niveau avec la *Formation Zapla* ou *Cancañiri*.

(b) *La Formation Ananea* (Silurien moyen à Dévonien).

Nous avons donné le nom de *Formation Ananea* à une épaisse série de schistes ardoisiers noirs qui affleure tout au long de la route entre Ananea et Cuyo-Cuyo. Au point de vue stratigraphique, la *Formation Ananea* surmonte la *Formation Sandia*. Cependant, le niveau glaciaire correspondant à la *Formation Zapla* n'a pas été retrouvé à la base de la *Formation Ananea* : peut

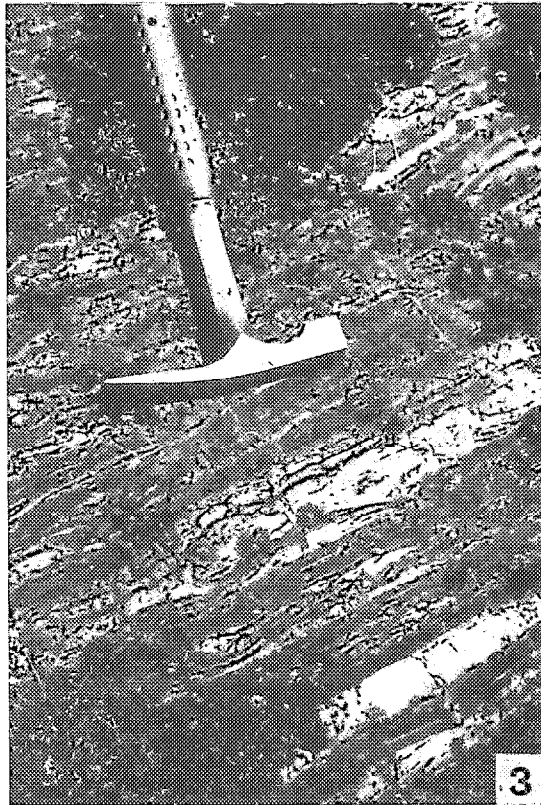
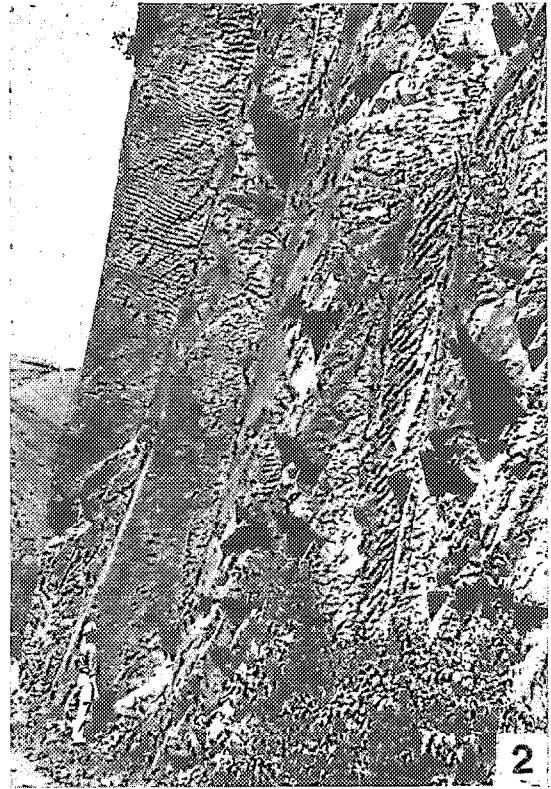
être est-il réduit ou absent ou encore aura-t-il été escamoté par une faille ! La limite supérieure est constituée par la discordance du *Paléozoïque supérieur* sur les schistes de la *Formation Ananea*, discordance observable au Sud d'Ananea près de la Hacienda Trapiche. Il n'a pas été possible d'établir une succession stratigraphique correcte à cause de l'intense plissement et de la troncature d'une partie des sédiments par l'érosion pré-paléozoïque supérieur. L'épaisseur, difficile à évaluer, semble être supérieure à 2 500 m. Dans l'ensemble, la lithologie est assez comparable à celle de la *Formation San José*. Il s'agit de lutites fines, souvent sans stratification visible, transformées en belles ardoises lors du plissement éohercynien. Cependant on note également à certains niveaux la présence de petits bancs de quartzites intercalés dans les schistes. La schistosité primaire est de flux et souvent elle efface totalement la stratification.

Au sud d'Ananea, les schistes ont livré quelques empreintes de Lingules et de Brachiopodes non déterminables. L'âge de la *Formation Ananea* est déduit de sa position stratigraphique et également du fait que les schistes de la *Formation Ananea* se prolongent directement en Bolivie au sud du Lac Suches, où a été trouvée une faune silurodévonienne (*com. orale* de Cl. MARTINEZ).

A Carcelpuncco (fig. 3 c et 4), 20 m de quartzites et 500 m et plus de schistes noirs, équivalent à la *Formation Ananea*, surmontent en concordance angulaire la *Formation Zapla*. Ici, la succession stratigraphique et l'âge de la *Formation Ananea* est clairement établi : les schistes noirs ont été datés du Silurien moyen et supérieur par des Histrychosphères et des Chitinozoaires (DAVILA et PONCE DE LÉON, 1971). De nombreux sills basaltiques s'intercalent dans les schistes. Les lutites noires, ainsi que les sills, ont été plissés et affecté par une schistosité de fracture N. 100-110 sub-verticale.

Dans la région de la Cordillère Orientale étudiée, la présence de Dévonien n'est pas encore prouvée.

Le Dévonien est pourtant bien connu et étudié dans le nord de la Bolivie (RIVAS, 1968 ; MARTINEZ *et al.*, 1971) et également au Pérou entre le Lac Titicaca et la région de Cuzco (DOUGLAS, 1920 ; NEWELL, 1953 ; LAUBACHER, 1973 ; MAROCCO, 1973). Il semble donc probable que des terrains dévoniens non encore identifiés puissent également affleurer dans la Cordillère Orientale du sud-est du Pérou et dans ce cas ils constituent vraisemblablement les termes supérieurs de la *Formation Ananea* fortement érodée à la suite du plissement éohercynien.



1. Village de Cuyo-Cuyo (3 700 m) dans la vallée de Sandia. Les schistes de la *Formation Ananea* qui affleurent de part et d'autre de la vallée sont surmontés en haut et à gauche de la photo par les quartzites de la *Formation Sandia*.
2. Ripple-marks à la base des bancs de quartzites de la *Formation Sandia* en aval de Sandia.

3. Faciès « microflysch » de la *Formation Sandia*, à l'est de Limbani.
4. Séquence flyschôide dans la *Formation San José* entre Sandia et San José.

## CONCLUSIONS

Ce court aperçu de la stratigraphie du Paléozoïque inférieur, de la Cordillère Orientale du sud-est du Pérou permet de dégager quelques remarques générales

Au point de vue stratigraphique, les épais dépôts marins du Paléozoïque inférieur sont le résultat de deux grandes périodes de sédimentation :

— une période ordovicienne caractérisée par une sédimentation silico-alumineuse à la base (*Formation San José*) et gréseuse vers le sommet (*Formation Sandia*). La sédimentation a été continue de l'Arenigien jusqu'au Caradocien inclus.

— une période siluro-dévonienne, à sédimentation essentiellement silico-alumineuse (*Formation Ananea*), débutant par un horizon glacio-marin (*Formation Zapla*) concordant sur l'Ordovicien.

Il faut souligner l'importante extension du Caradocien et du Silurien, dans tout le sud du Pérou entre la Bolivie et la région de Cuzco.

Les dépôts de l'Asghillien et du Llandoveryen n'ont pas été reconnus dans la Cordillère Orientale et leur absence correspond vraisemblablement à une période d'émersion.

L'épaisseur totale des dépôts est considérable : elle est supérieure à 10 000 m dans la vallée de Sandia. Il faut noter l'absence de conglomérats, de dépôts carbonatés et également le peu d'importance du volcanisme synsédimentaire.

D'autre part, la concordance qui règne entre tous les dépôts du Paléozoïque inférieur, montre claire-

ment qu'aucun plissement n'a affecté le Paléozoïque inférieur entre l'Arenigien et le Dévonien dans le sud du Pérou. Ce n'est qu'au Dévonien supérieur ou au Mississipien inférieur que l'ensemble des terrains ordoviciens et siluro-dévoniens a été plissé et schistosé par la phase éohercynienne (MÉGARD *et al.*, 1971), puis recouvert en discordance par les dépôts du Paléozoïque supérieur.

En replaçant maintenant nos observations dans le contexte paléogéographique plus vaste du sillon subsidant péruano-bolivien on constate que la Cordillère Orientale a été durant le Paléozoïque inférieur la Zone la plus subsidente du bassin. Le matériel fin, bien classé, prédomine, contrairement à ce que l'on observe plus à l'ouest sur l'Altiplano. Vers l'est, dans la Zone Subandine, la sédimentation paraît aussi se réduire comme en témoigne la coupe de Carcelpuncco (fig. 3 c et 4). De ces observations nous concluons que la Cordillère Orientale a été durant le Paléozoïque inférieur une zone mobile, correspondant à la zone axiale du sillon paléozoïque qui a également constitué par suite la zone axiale de la chaîne hercynienne.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la Direction Générale de la Coopération Technique du Ministère des Affaires Étrangères de France et le Service de Géologie et des Mines du Pérou, dont le concours a permis la réalisation du présent travail. Nous sommes par ailleurs particulièrement reconnaissant à Mlle S. WILLFERT et à MM. W.B.N. BERRY, A.J. BOUCOT, W.T. DEAN, R. SUAREZ-SORUCO qui se sont chargés de la détermination des fossiles et à mes compagnons E. OLCHAUSKI et O. PALACIOS du Service de Géologie et des Mines du Pérou qui m'ont accompagné sur le terrain.

## BIBLIOGRAPHIE

- AHLFELD (F.) et BRANISA (L.), 1960. — Geología de Bolivia, 245 p., 1 carte h.t., *Inst. Bol. Petrol.*, La Paz.
- ARBÉY (F.) et TAMAIN, 1971. — Existence d'une glaciation siluro-ordovicienne en Sierra Morena (Espagne). *C.R. Acad. Sci.*, t. 272 : 1721-1723.
- AUDEBAUD (E.), 1967. — Etude géologique de la région de Sicuani et Ocongate (Cordillère Orientale du sud Péruvien). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Grenoble, 59 p., inédit.
- BALTA (E.), 1898. — Más fósiles de Carabaya. *Bol. Min. Ind. Constr.*, n° 3 : 19-21, Lima.
- BERRY (W.B.N.) and BOUCOT (A.J.), 1972. — Correlation of the South American Silurian rocks. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper 133*, 54 p.
- BEUF (S.) *et al.*, 1971. — Les grès du Paléozoïque inférieur du Sahara. *Inst. Fr. Petrol. Ed. Technip.*, 464 p., 1 carte h.t.
- BRANISA (L.), CHAMOT (G.), BERRY (W.B.N.) et BOUCOT (A.J.), 1972. — Silurian of Bolivia, in : Correlation of the South American Silurian rocks. *Geol. Soc. Amer., Spec. paper 133* : 21-31.
- BOUCOT (A.J.), MEGARD (F.), 1972. — Silurian of Peru, in : Correlation of the South American Silurian rocks. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper*, 133 : 51.
- BULMAN (O.M.B.), 1931. — South american graptolites with special reference to the Nordenskjöld collection. *Arkiv for Zool. Kon. Svenska Vetenskapakad.*, 22A, n° 3.
- 1932. — Report on the graptolites from the Quitari area, *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, vol. 89 : 348-353.
- BURRET (C.), 1973. — Ordovician biogeography and continental drift. *Paleogeogr., Paleoclimat., Paleoecol.*, Elsevier, 13 : 161-201.

- COCKS (L.R.M.) *et al.*, 1970. — The first Lower Paleozoic fauna proved from South Africa. *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, vol. 125 : 583-603.
- DAVILA (J.J.), PONCE DE LEON (V.), 1971. — La sección del río Inambari en la faja Subandina del Perú y la presencia de sedimentitas de la Formación Cancañiri (Zapla) del Silúrico. *Rev. Tec. Yac. Petrol. Fisc. Bol.*, I, (1) : 67-85.
- DORÉ (F.) et LE GALL (J.), 1972. — Sédimentologie de la « Tillite de Feuguerolles » (Ordovicien supérieur de Normandie). *Bul. Soc. Géol. Fr.* (7), t. 14 : 199-211.
- DOUGLAS (J.A.), 1920. — Geological section through the Andes of Peru and Bolivia : II - From the Port of Mollendo to the Inambari River. *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, vol. 76 : 1-61.
- 1932. — The Geology of the Marcapata valley in eastern Peru. *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, vol. 89 : 308-347.
- EGELER (C.G.) and de BOOY (T.), 1961. — Preliminary note on the Geology of the Cordillera Vilcabamba (SE Peru), with special emphasis on the essentially pre-Andean origin of the structure. *Geol. en Mijnb.*, 40 : 319-326.
- FABRE (J.). — Le Sahara : un musée géologique. *La Recherche*, n° 42 : 140-152.
- HARRINGTON (H.J.), 1972. — Silurian of Paraguay, in : Correlation of the the South American Silurian rocks. *Geol. Soc., Spec. Paper 133* : 41-50.
- HUGHES (C.P.), WRIGHT (A.J.), 1970. — The Trilobites *Incaia Whittard and Anebolithus* gen. nov., *Paleontology*, vol. 13 : 677-690.
- KATZ (H.R.), 1959. — Zur Geologie des Paläozoikums in dem Südöstlichen Anden von Peru. *Ecl. Geol. Helv.*, 52, 2 : 721-734.
- LAUBACHER (G.) 1973. — Estudio del Paleozoico en la Cordillera Oriental entre los paralelos 13°30' y 15° S y en el Altiplano al NW del Lago Titicaca. *Serv. Geol. Min. Pery y ORSTOM*, Inédit 80 p.
- MAROCCO (R.), 1973. — Estudio Geológico del Bloque D. Dptos Apurimac y Cuzco. *Serv. Geol. Min. Peru y ORSTOM*, rapport inédit, 74 p.
- MARTINEZ (Cl.), SUAREZ (R.S.), SUBIETA (T.), 1971. — La Cadena Hercinica en la parte septentrional de la Cordillera Oriental de los Andes Bolivianos (perfil La Paz-Alto Beni). *GEOBOL, Bol.*, 15, 3 pl. h.t. : 26-35, La Paz.
- MEGARD (F.), DALMAYRAC (B.), LAUBACHER (G.), MAROCCO (R.), MARTINEZ (Cl.), PAREDES (J.), TOMASI (P.), 1971. — La Chaîne Hercynienne au Pérou et en Bolivie. Premiers résultats. *Cah. ORSTOM, Sér. Géol.*, III, 1, : 5-44.
- NEWELL (N.D.), 1949. — Geology of the Lake Titicaca region, Peru and Bolivia. *Geol. Soc. Amer. Mem.* 36, 104 p., 4 pl. h.t.
- RIVAS (S.), 1968. — Geología de la región norte del Lago Titicaca. *GEOBOL, Bol.* 2, 88 p., 1 carte et 1 pl. h.t., La Paz.
- SCHLAGINTWEIT (O.), 1943. — La posición estratigráfica del yacimiento de hierro de Zapla y la difusión del horizonte glacial de Zapla en la Argentina y Bolivia. *Rev. Min.*, vol. 13 : 115-127.
- SCHLATTER (L.E.) et NEDERLOFF (M.H.), 1966. — Bosquejo de la geología y paleogeografía de Bolivia. *GEOBOL, Bol.* 8, 49 p., 1 pl. et 1 carte h.t., La Paz.
- STEINMANN (G.), 1929. — Geologie von Peru, 448 p., Karl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.
- TURNER (J.C.M.), 1972. — Silurico. *Act. Cuart. Jorn. Geol. Argentinas*, t. 3 : 211-224, Mendoza.