

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE LA CHAÎNE ANDINE AU NIVEAU DE LA DÉFLEXION D'ABANCAY (PÉROU)

RENÉ MAROCCO

Mission Géologique de l'ORSTOM au Pérou

RÉSUMÉ

Au niveau de la « Déflexion d'Abancay », la Cordillère des Andes du Pérou dont la direction générale est NW-SE prend sur 200 km une direction E-W.

Dans la région d'Abancay le bassin de sédimentation marine du Mésozoïque se termine et les faciès marins du Nord et du Centre du Pérou passent aux faciès essentiellement continentaux du Sud :

— le Lias marin connu jusqu'aux environs de la ville d'Abancay s'amenuise et passe à une série d'évaporites vers l'est, puis disparaît à l'est de Limatambo ;

— les shales et grès du Jurassique supérieur Néocomien passent à des grès continentaux ;

— le Crétacé moyen et supérieur calcaire passe à des faciès saumâtres dans la région de Cuzco, puis plus à l'est et SE à des faciès continentaux.

La tectorogénèse andine qui débute au Sénonien (phase péruvienne) vient clore la sédimentation marine mésozoïque. Une épaisse série de Couches Rouges se sédimente sur la région, elle est affectée par la phase paroxysmale andine (phase incaïque) d'âge éocène moyen ou supérieur.

Des molasses post-tectoniques, dont le matériel clastique (groupe Puno) s'enrichit vers le haut en matériel volcanique (groupe Tacaza), se déposent. Elles sont affectées par l'intrusion d'un batholite granodioritique et par la dernière phase du cycle tectonique andin (phase quechua).

RESUMEN

A la latitud de la « Deflexión de Abancay », la Cordillera de los Andes del Perú, cuya dirección general es NW-SE, se enrumba en una dirección W-E a lo largo de 200 km.

La región de Abancay corresponde al margen meridional de la cuenca de sedimentación marina del Mesozoico, donde las facies marinas del Norte y Centro del Perú pasan a las facies mayormente continentales típicas del Sur :

— el Liásico marino conocido hasta los alrededores de Abancay se adelgaza y pasa a evaporitas hacia el Este, y luego desaparece al Este de Limatambo ;

— los shales y areniscas del Jurásico superior-Neocomiano pasan a areniscas continentales ;

— el Cretáceo medio y superior calcáreo pasa a facies salobres en la región del Cuzco, y luego a facies continentales más al Este y SE.

Con la tectogenesis andina que comienza en el Senoniano (fase peruana) se termina la sedimentación marina mesozoica. Una serie espesa de Capas Rojas se deposita en la región, y ella a su vez es afectada por la fase paroxismal andina (fase incaica) durante el Eoceno medio o superior.

Luego se sedimentan molasas post-tectónicas, cuyo material clástico (grupo Puno) se enriquece en material volcánico (grupo Tacaza) hacia la parte superior de la serie. Posteriormente están afectadas por la intrusión de un batolito granodiorítico y por la última fase del ciclo tectónico andino (fase quechua).

ABSTRACT

Along the Abancay Deflection the Andean Belt of Peru changes its general NW-SE direction into an E-W direction over 200 km.

The marine sedimentary basin of the Mesozoic ends in the Abancay region and the marine facies of Northern and Central Peru transform into the essentially continental facies of Southern Peru :

— the marine Lias found until the neighbourhood of the town Abancay reduces its thickness eastward and grades into evaporites which thins out east of Limatambo.

— the shales and sandstones of Upper Jurassic to Neocomian age change to continental sandstones.

— the Middle and Upper Cretaceous limestones turn to brackish series in the region of Cuzco, and farther east and S-E to continental shales and sandstones.

The Andean tectogeny which began in Senonian time (Peruvian phase) ended the marine sedimentation and a thick series of continental Red Beds was deposited on the region. Later they were folded during the main Andean phase (Incaic phase) of the Middle or Upper Eocene.

The Incaic phase was followed by the deposition of a post-tectonic molassic series which is divided into i) a lower clastic part called Puno group and ii) an upper volcanic part called Tacaza group. This molasse was intruded by a granodioritic batholith and folded during the last phase (Quechua) of the Andean tectonic cycle.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Kordillere der Anden, deren Hauptrichtung NW-SO ist, nimmt in Höhe der « Abancay-ablenkung » für 200 km eine O-W-Richtung an. Im Abancaygebiet hört das Meeressedimentationsbecken des Mesozoikums auf und die Meeresfazies Nord- und Mittelperus werden zu hauptsächlich kontinentalen Fazies des Südens :

— der marine Lias, der bis in die Nähe der Stadt Abancay bekannt ist, wird dünner und geht gegen Osten in eine Evaporitserie über, die die dann östlich von Limatambo verschwindet.

— die Schiefertone und Sandsteine des oberen Juras und des Neokoms gehen in Festlandssandsteine über.

— die kalkhaltige mittlere und obere Kreide geht im Cuzcogebiet in brackische Fazies und weiter östlich und südöstlich in Festlandsfazies über.

Die Tektorogenese der Anden, die im Senon (peruanische Phase) beginnt, stoppt die Meeressedimentation des Mesozoikums. Eine dicke Serie von « roten Schichten » lagert sich in dem Gebiet ab und wird später durch die paroxysmale Phase der Anden (inkaische Phase) des mittleren oder oberen Eozäns betroffen.

Posttektonische Molassen, deren klastisches Produkt (Punogruppe) sich nach oben hin mit vulkanischen Produkt (Tacazagruppe) anreichert, lagert sich ab. Sie sind durch die Intrusion eines granodioritischen Batholithen und durch die letzte Phase des tektonischen Andenzyklus (quichuanische Phase) betroffen.

РЕЗЮМЕ

На уровне « Аванкайского отклонения » Андийские Кордильеры, общее направление которых СЗ-ЮВ, принимает, на протяжении 200 километров, направление В-З.

В аванкайской области, мезозойский бассейн морских отложений кончается и морские фашии на севере и в центре Перу переходят к южным, существенно континентальным фашиям :

— Морской лиас, наблюдаемый до окрестностей города Аванкай, убывает, переходя в ряд эвапоритов к востоку, и наконец исчезает на востоке от Лиматамбо.

— Сланцы и песчаники позднего, Некомского, юрского периода переходят в континентальные песчаники.

— Средний и поздний, известковый, мел переходит к солоноватым фациям в районе Куско, и затем, дальше на восток и на Ю-В, к континентальным фациям.

Андийский тектогенез, начавшийся в Сенонском периоде (перуанская фаза), заканчивает мезозойское, морское осаждеие. Мощная серия Красных Пластов осаждается в этой области; она подвергается действию андийской (инкской) фазы, на её крайней степени, в среднем или позднем эоцене.

После-тектонические молассы, кластический материал которых (группа Пуна) обогащается кверху вулканическим материалом (группа Таказа), осаждаются. Они подвергаются действию интрузии гранодиоритового батолита и последней фазы андийского тектонического цикла (фаза квешуа).

INTRODUCTION

La région étudiée est située entre les méridiens 72° et 73°30' W et les parallèles 13°30' et 14° S, et couvre une surface de plus de 9 000 km². Elle constitue la bordure méridionale de la Cordillère de Vilcabamba (segment de la Cordillère Orientale au niveau de notre région). La Cordillère de Vilcabamba est un grand massif de direction orographique E-W, couronné de glaciers et de pics dépassant souvent 6 000 m d'altitude (Salcantay 6 372 m, Pumasillo, Cara Cruz, etc.), et constitué essentiellement de terrains précambriens et paléozoïques.

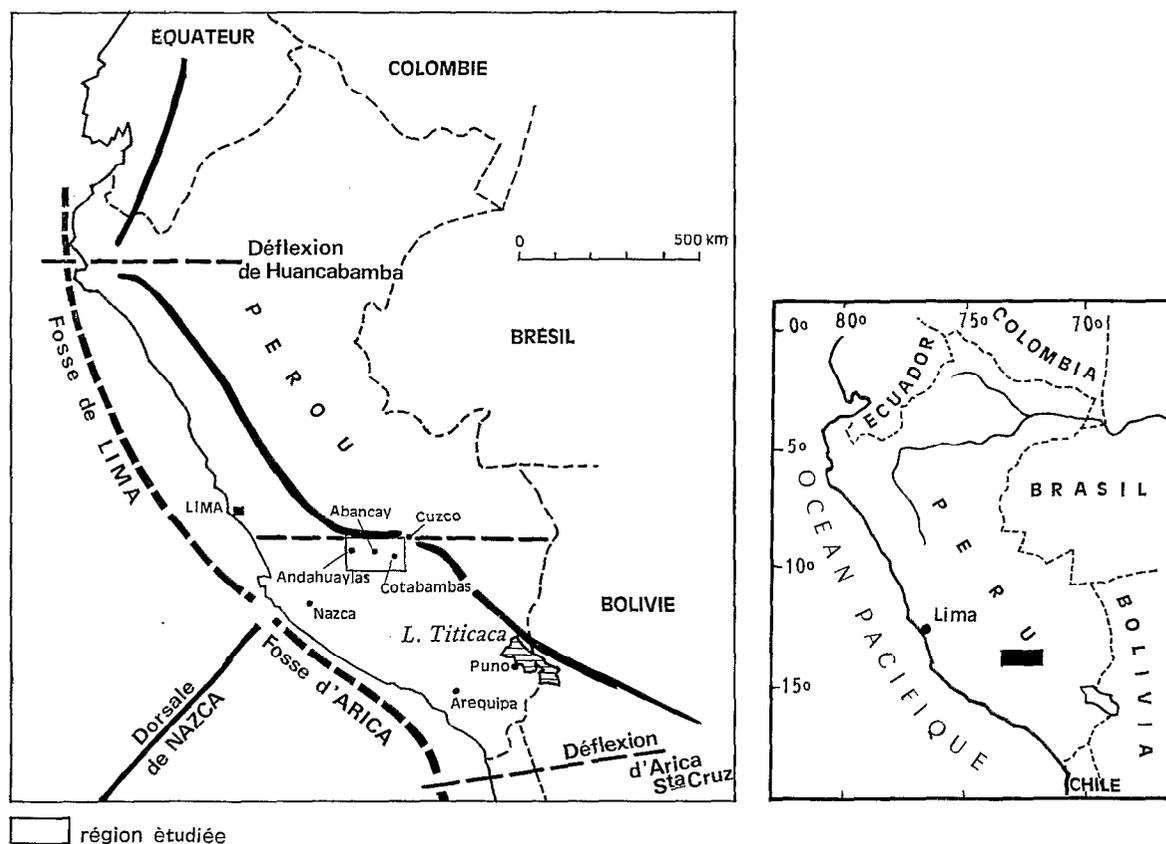


FIG. 1. — Variations des directions orographiques et structurales des Andes Orientales péruviennes.

Dans la région qui nous intéresse ici, les principaux reliefs et la plupart des structures prennent une direction E-W qui contraste notablement avec la direction générale NW-SE qui est celle des Andes sur près de 2 000 km, entre les déflexions du nord du Pérou (fig. 1) et du centre de la Bolivie. Nous utiliserons le terme de « déflexion d'Abancay » (1) pour désigner ce net changement de direction que l'on observe sur 200 km le long d'une ligne passant par les villes d'Andahuaylas-Abancay-Cuzco.

L'étude stratigraphique nous montre qu'au niveau de cette déflexion, le Mésozoïque marin que l'on suit depuis le nord et le centre du Pérou, passe aux faciès essentiellement continentaux du Pérou méridional et de Bolivie. Autrement dit, *l'aire de sédimentation mésozoïque*, appelée classiquement géosynclinal andin, qui fonctionne du Trias au Crétacé supérieur, se termine au niveau d'Abancay. C'est donc une région remarquable du point de vue paléogéographique.

C'est aussi une région remarquable du point de vue tectonique puisque *les directions structurales sont E-W*, ce qui est une anomalie dans les Andes péruviennes.

En raison de ses particularités, il nous a semblé utile de donner une description géologique de la région de la déflexion d'Abancay.

STRATIGRAPHIE

Le paléozoïque

Nous ne reviendrons pas longuement sur les événements paléozoïques dont traite dans ce cahier un article général sur la chaîne hercynienne. Rappelons seulement les grands traits de l'évolution paléozoïque de notre région.

Sur un substratum précambrien s'établit de l'Ordovicien au Dévonien moyen une sédimentation marine de type géosynclinal. Ce cycle sédimentaire se termine au Dévonien supérieur-Carbonifère inférieur par la première phase de plissement hercynienne (phase éohercynienne). Ce plissement est suivi par une sédimentation de type molassique, d'abord marine puis continentale pendant le Paléozoïque supérieur. La phase tardihercynienne (Permien moyen), suivie du dépôt des molasses post-tectoniques volcano-sédimentaires du Permien supérieur (groupe Mítu), affecte peut-être la Cordillère Orientale (Cordillère de Vilcabamba); elle ne se manifeste pas dans les limites de la carte (fig. 5) où le Permien supérieur continental repose en concordance sur le Permo-Carbonifère marin.

La sédimentation marine du Lias au Crétacé supérieur

Au Mésozoïque s'individualise un bassin de sédimentation marin, souvent appelé *géosynclinal andin* (STEINMANN, 1929) connu depuis le nord du Pérou jusqu'au parallèle d'Abancay où il se termine en doigt de gant. En effet, plus à l'est et au sud-est, les faciès mésozoïques deviennent saumâtres ou continentaux, exception faite de deux minces intercalations marines, l'une vraisemblablement néocœnomienne et connue seulement dans la région du lac Titicaca (calcaire Sipin de NEWELL, 1949), l'autre albocœnomienne (calcaires Ayavacas du même auteur) et présente depuis notre région d'étude jusqu'au-delà de la frontière bolivienne. Dans la région étudiée, ce « géosynclinal » mésozoïque était limité au nord par la Cordillère Orientale, appelée Cordillère de Vilcabamba à ce niveau. A l'ouest, c'est-à-dire vers le Pacifique actuel, la mer était ouverte.

Les failles responsables de la subsidence du Paléozoïque supérieur, dont l'épaisseur — 8 000 m — est la plus forte du Pérou, ont également contrôlé la subsidence mésozoïque.

(1) Ce terme est à peu près équivalent à celui de « déflexion de Pisco » utilisé par HAM et HERRERA (1963).

Le Lias

L'invasion marine mésozoïque, qui dans le nord et le centre du Pérou débute au Norien, n'atteint la région étudiée qu'au Lias inférieur.

Le Lias est nettement marin à l'ouest, vers Andahuaylas, où il est représenté par environ 1 000 m de calcaires de faciès néritique ; vers l'est à partir d'Abancay, la série s'amenuise et se charge en évaporites, gypse et sel. A l'est du méridien 72°30' on ne connaît plus d'affleurements de Lias : dans la région d'Urubamba, au nord de Cuzco, des grès continentaux attribués au Néocomien reposent directement sur les molasses volcano-sédimentaires du Permien supérieur.

La disposition des faciès du Lias évoque un domaine marin se terminant dans la région d'Abancay et bordé, entre Abancay et Cuzco, de lagunes côtières où régnait une intense évaporation.

On ne retrouve du Lias marin que dans la région d'Arequipa, 350 km au SSE du Cuzco, où il est constitué par des coulées andésitiques associées à des lentilles de calcaires récifaux (JENKS, 1948 ; BENAVIDES, 1962). La région située entre Cuzco et la Bolivie était émergée. La grande extension du volcanisme plio-quadernaire ne permet pas de voir si le géosynclinal andin était simplement décalé vers le sud à partir de Cuzco, ou si au contraire le bassin d'Arequipa était indépendant.

Le Jurassique-Néocomien

On ne connaît pas de dépôts entre le Lias supérieur et le Callovien. Cette lacune pourrait faire supposer l'existence de *mouvements névadiens*, mais on ne note aucune discordance angulaire du Callovien sur le Lias. Peut-être ces mouvements, signalés par RÜEGG à Nazca sur la côte Pacifique (1957) ne se traduisent ici que par des déplacements verticaux.

La mer envahit à nouveau la région étudiée au Callovien et la sédimentation marine se poursuit jusqu'au Néocomien. La série est constituée par 1 500 m de shales noirs surmontés de 1 000 m de quartzites marins. Dans les shales noirs, on rencontre *Posidonia escuttiana* du Callovien. Les quartzites supérieures sont azoïques mais ils sont surmontés en concordance par l'Albo-Cénomaniens. On peut donc en première approximation donner un âge callovien à néocomien à cette série de shales et quartzites.

Plus à l'est, dans la région de Cuzco, il y a lacune du Trias, du Lias, du Dogger et du Malm, aussi le Mésozoïque débute le plus souvent directement par des grès continentaux qui constitueraient un équivalent latéral du groupe Huancané (NEWELL, 1949). Des considérations régionales permettent de penser que ces grès sont néocomiens et équivalents des quartzites supérieurs de la région d'Abancay.

Les limites de la mer, au Jurassique et au Néocomien, étaient approximativement les mêmes qu'au Lias dans cette région d'Abancay ; au nord la Cordillère de Vilcabamba était encore émergée.

Plus au SE par contre, dans la région du lac Titicaca, on retrouve des calcaires jurassiques (fm. Lagunillas de NEWELL, 1949) qui s'étendent au SW du lac et atteignent sa rive sud, puis un mince niveau calcaire jurassique terminal ou néocomien (fm. Sipin du même auteur) encore présent 60 km au nord du lac, recouvert par des pélites rouges puis par les grès résistants du groupe Huancané. En Bolivie, la séquence ressemble à nouveau à celle de la région de Cuzco.

Conditions de dépôt. On pourrait imaginer ainsi les deux aspects successifs du bassin de sédimentation :

— pendant le Malm et peut-être le tout début du Crétacé, sur l'emplacement de la mer liasique s'établit un bassin paralique où se déposent des sédiments terrigènes fins. Le continent émergé n'était jamais très éloigné, mais cette période devait correspondre à un état d'équilibre morphologique du continent, expliquant l'absence de dépôts détritiques grossiers arrivant à la mer ;

— au début du Néocomien, le continent émergé se soulève, probablement par jeu de failles normales. L'équilibre morphologique est rompu, l'érosion reprend et arrivent à la côte des apports détritiques qui composent le matériel des quartzites supérieurs de la série.

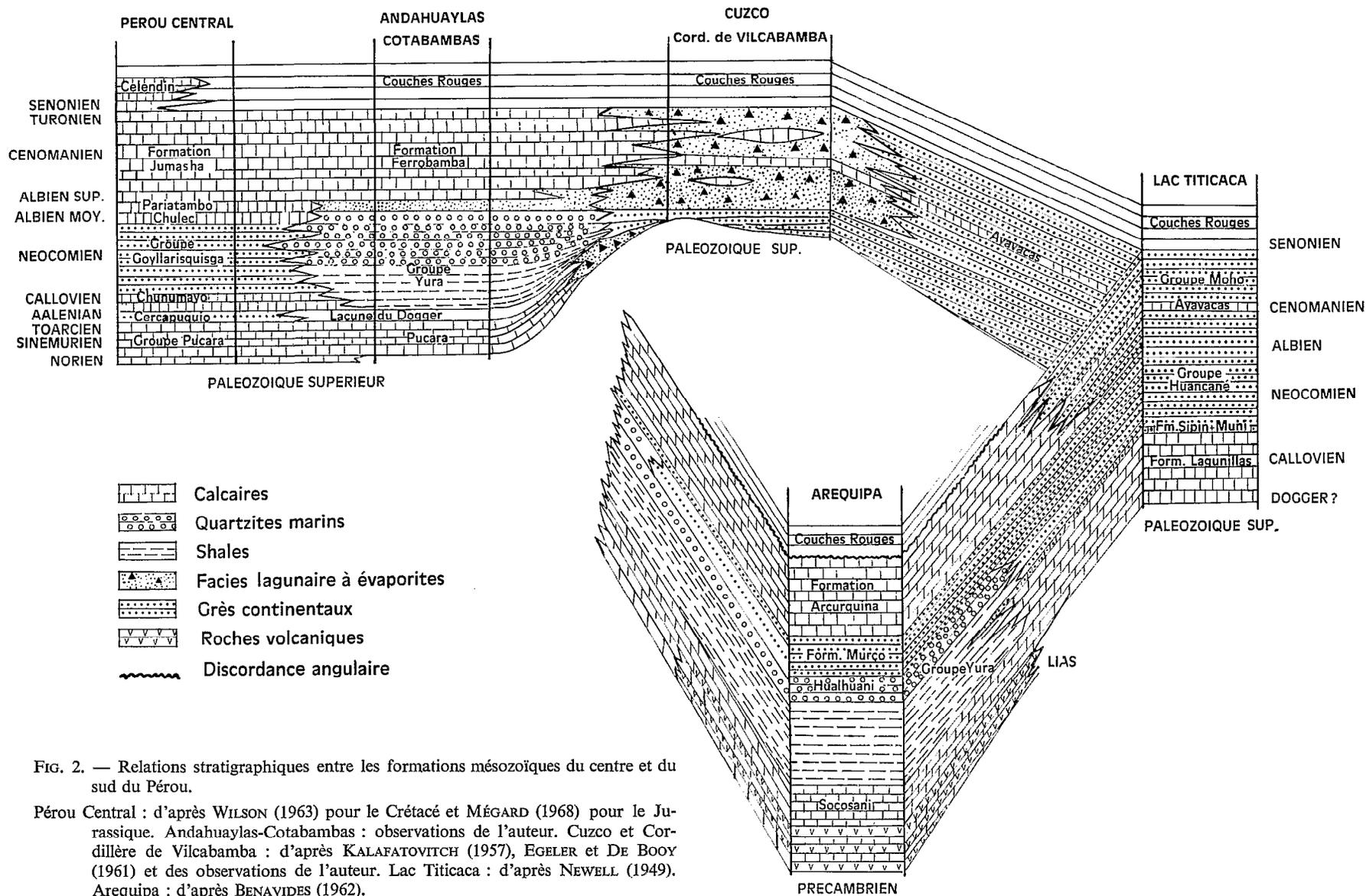


FIG. 2. — Relations stratigraphiques entre les formations mésozoïques du centre et du sud du Pérou.

Pérou Central : d'après WILSON (1963) pour le Crétacé et MÉGARD (1968) pour le Jurassique. Andahuaylas-Cotabambas : observations de l'auteur. Cuzco et Cordillère de Vilcabamba : d'après KALAFATOVITCH (1957), EGELER et DE BOOY (1961) et des observations de l'auteur. Lac Titicaca : d'après NEWELL (1949). Arequipa : d'après BENAVIDES (1962).

Le Crétacé moyen et supérieur

C'est entre l'Albien moyen et le Sénonien que la transgression marine mésozoïque atteint sa plus grande extension. Des régions comme celle de Cuzco qui depuis le Permien moyen n'avaient pas connu de sédimentation marine sont recouvertes par la mer.

Dans la région étudiée, le Crétacé moyen et supérieur est représenté par 700 m de calcaires fossilifères, reposant en concordance sur le Néocomien par l'intermédiaire de 20 à 50 m d'argilites et de grès rouges. A l'est de Cotabambas, cette intercalation continentale atteint plusieurs centaines de mètres (S. MENDIVIL, communication orale).

Les fossiles, surtout des oursins et des huîtres, récoltés dans la partie inférieure de la série et déterminés par A. PARDO, indiquent un âge albien supérieur à cénomanien inférieur. Cette série calcaire a donc approximativement le même âge que la formation Jumasha du centre du Pérou (WILSON, 1963) et que les calcaires Arcurquina de la région d'Arcuipa (BENAVIDES, 1962), c'est-à-dire albo-turonien.

Dans la région de Cuzco, ces calcaires du Crétacé moyen et supérieur passent à une série saumâtre (éaporites, argilites bigarrées) intercalée de lentilles calcaires contenant *Neolobites sp.* du Cénomanien (formation Yuncaypata ; KALAFATOVICH, 1957). Pour la première fois depuis le début du Mésozoïque, la Cordillère de Vilcabamba est recouverte par la mer, ou du moins par des lagunes côtières où se déposent aussi des évaporites (EGELER et DE BOOY, 1961).

Plus à l'est et au SE ces faciès saumâtres passent à une série continentale (groupe Moho, NEWELL, 1949), contenant une intercalation marine (calcaires Ayavacas au Pérou, calcaires Miraflores en Bolivie) qui est le témoin de la période d'extension maximum de la transgression mésozoïque.

La sédimentation continentale et le volcanisme de la fin du crétacé au quaternaire

Vers la fin du Sénonien la mer se retire de la majeure partie du Pérou actuel. Cette émergence marque la fin de l'histoire marine des Andes péruviennes ; elle est consécutive de la « phase péruvienne » (STEINMANN, 1930), première manifestation de la tectogenèse andine, qui ne se traduit que par un soulèvement dans la région étudiée.

Les Couches Rouges du Crétacé terminal

L'émergence sénonienne est suivie du dépôt d'une épaisse série de couches rouges, dont la puissance dépasse 2 000 m au sud de Cuzco et qui sont concordantes sur les calcaires du Crétacé moyen et supérieur. Ce sont des grès et pélites rouges, au sein desquels on note des intercalations de gypse qui dans certains secteurs ont favorisé des glissements par gravité.

Nous avons découverts des Charophytes, dans ces Couches Rouges, notamment *Porochara sp.*, qui indique un âge crétacé terminal (2). Il est logique de mettre ces Couches Rouges en corrélation avec celles du centre du Pérou dont l'âge est mieux connu (Crétacé supérieur-Eocène). D'autre part, les Couches Rouges de notre région constituent la terminaison septentrionale d'un immense affleurement qui se suit vers le SE sur plus de 400 km jusqu'au lac Titicaca et en Bolivie.

Le dépôt des Couches Rouges est interrompu par la phase principale de la tectonique andine qui s'accompagne de la mise en place d'un intrusif syntectonique ; elle serait d'âge éocène moyen (cf. MÉGARD 1967).

(2) Détermination de Mme H. DALMAYRAC confirmée par L. GRAMBAST.

L'Oligocène

Cette phase est suivie de la sédimentation d'une série clastique continentale (groupe Puno de NEWELL, 1949) épaisse de 2 000 m environ. Ce sont des conglomérats et des grès rouges, qui reposent en discordance sur les couches rouges plissées.

Ces dépôts ont la même signification géologique (molasses post-tectoniques) et la même position stratigraphique que là où ils furent définis par NEWELL (lac Titicaca). Des Charophytes découverts par MATTAUER (*in* CHANOVE *et al.*, 1967) dans le groupe Puno du lac Titicaca indiquent un âge oligocène. C'est l'âge que nous attribuons aux molasses de notre région en l'absence de fossiles.

Le volcanisme du Mio-Pliocène

Les séries rouges de l'Oligocène passent en concordance à une séquence qui mesure au moins 2 000 m ; elle est conglomératique à la base puis passe rapidement à de gros bancs de tufs andésitiques. Les conglomérats contiennent notamment des galets de la granodiorite post-tectonique (*cf. infra*).

Nous mettons ce volcanisme en corrélation avec le « groupe Tacaza » de la région du lac Titicaca (NEWELL, 1949) et nous lui attribuons un âge mio-pliocène.

Le Quaternaire

Les dépôts quaternaires sont essentiellement morainiques et alluviaux. On note aussi un volcanisme explosif, dont les points de sortie sont localisés sur les failles E-W et qui donne des tufs acides peu épais qui se déposent dans les vallées et recouvrent les terrasses alluviales.

TECTONIQUE

Les structures

Toutes les structures de la région étudiée sont andines, c'est-à-dire d'âge crétacé supérieur à tertiaire supérieur. On note la prépondérance des directions E-W aussi bien dans le domaine de la tectonique souple que dans celui de la tectonique cassante.

Tectonique souple

Les *plis E-W*, qui peuvent passer localement à des *plis E-SE - W-NW*, sont les plus nombreux ; ce sont des anticlinaux et synclinaux concentriques, symétriques ou légèrement déversés vers le nord. Les anticlinaux sont lourds car les quartzites massifs du Crétacé inférieur forment leur cœur. Les synclinaux par contre montrent des replis disharmoniques qui se développent dans les calcaires en petits bancs du Crétacé moyen et supérieur et sont parfois complexes, comme vers Tambobamba (partie SE de la carte).

Dans la partie nord de la région étudiée, des *plis N-S* qui ne sont pas représentables à l'échelle de la carte replissent les *plis E-W* ; ils se matérialisent notamment par les plongements axiaux des *plis E-W*. Le fait que ces *plis* ne soient pas présents partout et se localisent de préférence à proximité des failles E-W, fait penser à une réaction souple de la couverture à un jeu en décrochement de ces grandes failles, dont nous précisons plus loin les caractéristiques. Les *plis N-S* du secteur situé au sud d'Andahuaylas pourraient être liés à la faille E-W qui existe dans ce secteur.

Les *plis* que nous venons de décrire affectent l'essentiel de la colonne stratigraphique, couches rouges comprises. On note encore quelques *plis E-W* dans l'Oligocène « Puno » et les volcanites du Mio-Pliocène, mais là les pendages dépassent rarement 25° et les axes des *plis* sont plus espacés (fig. 3, coupe B).

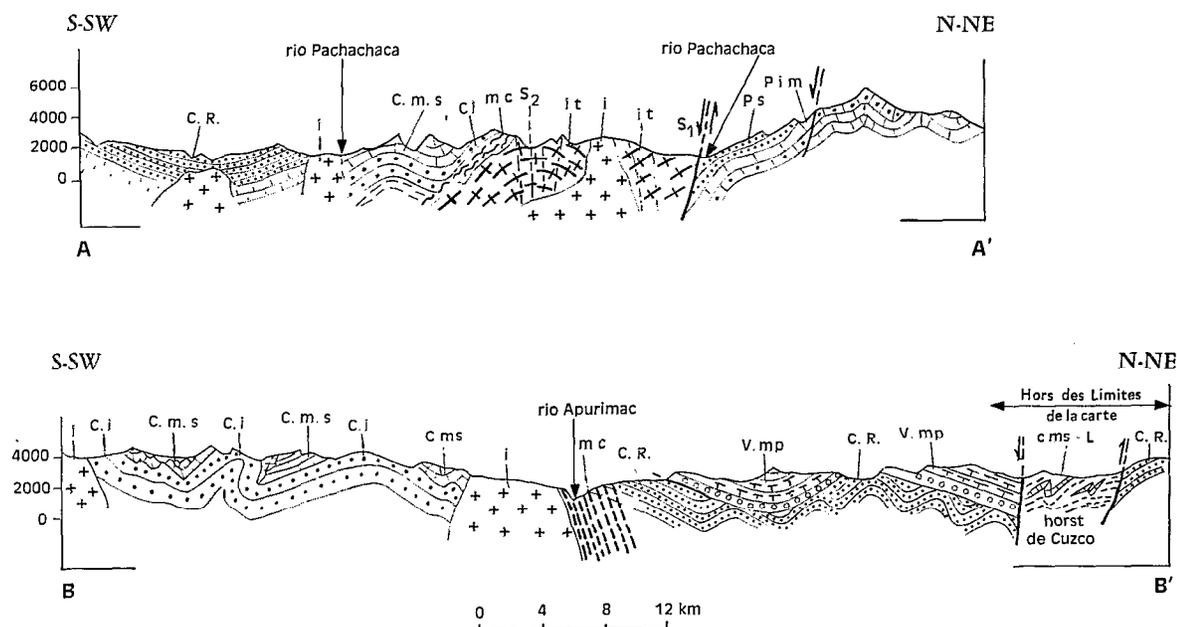


FIG. 3. — Coupes S-SW - N-NE à travers les feuilles d'Andahuaylas, Abancay et Cotabambas (ces coupes sont localisées sur la carte hors texte jointe à cet article, fig. 5).

V. mp : volcanique Mio-Pliocène ; C.R. : couches rouges Crétacé terminal Eocène ; C. ms : Crétacé moyen et supérieur marin ; C. ms. L : Crétacé moyen et supérieur saumâtre ; Ci : quartzites Crétacé inférieur ; Ps : molasses post-tectonique hercynienne (Permien sup.) ; P. im : calcaires Permien inférieur et moyen ; i : intrusif post-tectonique ; i.t : intrusif syntectonique ; me : métamorphisme de contact ; S₁, S₂ : schistosités du massif intrusif syntectonique.

Les Couches Rouges de la partie NE de la carte montrent des *structures chevauchantes intraformationnelles*. Ce sont des lames d'épaisseur variable (100 à 500 m) se chevauchant les unes les autres par l'intermédiaire de contacts anormaux qui pendent de 15° à 20° vers le nord et que l'on suit parfois sur plus de 6 km.

La base des lames chevauchantes montre parfois du rabotage basal, mais le plus souvent les contacts anormaux sont sub-parallèles à la stratification, ce qui rend leur identification difficile. La présence de gypse dans les contacts anormaux, le style très souple des structures, le rabotage basal, le déversement vers le sud, font penser à une *tectonique de gravité*. Ces structures sont probablement dues à la dénudation du horst de Cuzco, peut-être postérieurement à la phase éocène (MAROCCO, 1970). Si tel est le cas, la flèche de ces chevauchements doit atteindre 5 à 6 km, bien que leur flèche observée sur le terrain ne soit que de l'ordre du kilomètre.

Tectonique cassante

Du lac Titicaca jusqu'à notre région, la Cordillère Orientale est limitée sur son bord ouest par une zone de failles parallèles aux structures andines. Sa direction est NW-SE du lac Titicaca à Cuzco et EW dans la région étudiée. Plus au nord, cette zone de faille se continue vers le Pérou central.

La carte (fig. 5) et la figure 4 montrent l'aspect de cette zone de faille. Elle peut être soit complexe, composée de plusieurs failles plus ou moins parallèles (région d'Andahuaylas, W de la carte), soit formée d'une seule cassure comme vers Abancay, où on peut parler d'une *faille d'Abancay* (fig. 4). Des basculements superficiels locaux du plan de faille peuvent se produire. C'est le cas quelques kilomètres à l'est du pont sur la rivière Apurimac (puente Cunyac) où la faille devient inverse (Lias sur Jurassique et Crétacé) en prenant un pendage vers le nord. Enfin des failles N-S recouperont cette zone de faille E-W.

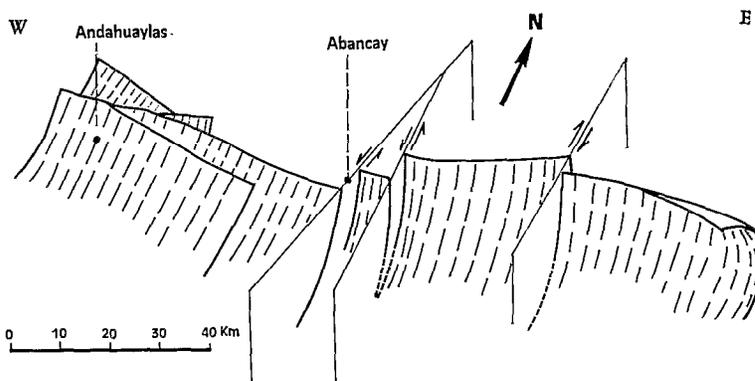


FIG. 4. — Vue simplifiée dans l'espace de la faille d'Abancay.

Ce système de failles E-W, probablement vestige de la tectogenèse hercynienne, a joué en faille de subsidence au cours de la sédimentation mésozoïque.

L'observation des miroirs et des stries prouve que ces failles ont joué non seulement en failles normales mais aussi en failles inverses et en décrochements.

Le jeu en faille inverse est essentiellement contemporain des plis E-W.

Le jeu en décrochement, visible à l'échelle de l'affleurement, l'est aussi à l'échelle de la carte. La localisation fréquente des plis N-S en bordure de la zone faillée E-W et surtout la torsion des couches et des axes des plis qu'on y observe témoignent de ce jeu en décrochement. Son sens semble être sénestre, comme le suggère la torsion des couches, à valeur de crochon, que montre la partie NE de la région cartographiée, où les Couches Rouges de direction NS prennent à proximité immédiate de la faille une direction W-NW - E-SE. Tous les terrains, jusqu'à l'Oligocène inclus, sont affectés par ces failles et en particulier par leur jeu en décrochement. Par contre les granodiorites post-tectoniques, d'âge vraisemblablement miocène, recoupent les failles E-W, aussi pensons-nous que le jeu en décrochement sénestre de ces failles a eu lieu essentiellement à l'Oligo-Miocène.

Des failles NE-SW à NW-SE, qui souvent ont joué en décrochement, recoupent les axes des plis, les déplaçant souvent et les tordant parfois. Certaines recoupent les failles E-W, les stocks granodioritiques post-tectoniques, et même le Mio-Pliocène : c'est le cas à l'est de Chinchapuquio où elles ont un fort rejet et mettent les roches volcaniques mio-pliocènes en contact direct avec le Crétacé.

Nombre de failles ont participé à la surrection de la Chaîne des Andes qui a commencé au Tertiaire et s'est poursuivie au Quaternaire, comme en témoigne le profond encaissement récent des vallées. La zone faillée E-W du nord de la carte a rejoué en faille normale au Quaternaire : le compartiment nord, aux reliefs plus aigus, plus hauts, plus jeunes que ceux du compartiment sud, a subi un soulèvement plus important. Le jeu de cette zone de faille continue encore actuellement ; les tremblements de terre sont fréquents dans cette région, ils sont toujours superficiels (5 à 10 km de profondeur) et leurs épicentres s'alignent sur cette zone de faille.

La chronologie des mouvements andins

La rapide étude stratigraphique et structurale que nous avons effectuée permet de situer approximativement dans le temps les événements tectoniques andins.

Nous ne retrouvons dans la région étudiée que deux des trois phases de compression classiques définies par STEINMAN (1930). En effet, la phase « péruvienne » intrasénonienne ne se traduit que par l'émersion de la région et il n'y a pas de discordance entre le Crétacé marin et les Couches Rouges du

Crétacé terminal-Tertiaire inférieur, à l'inverse de ce qu'on a décrit dans de nombreux secteurs du nord, du centre et du SW du Pérou.

La phase « incaïque », qui se placerait à l'Eocène moyen (cf. MÉGARD, 1967), est la phase principale : elle se traduit par les plis d'axe E-W, par des mouvements inverses au long des failles de même direction et par la mise en place du stock syntectonique d'Abancay. Sur le plan stratigraphique, elle cause la seule discordance nette de la région, qui fait reposer l'Oligocène sur l'ensemble plissé Mésozoïque. Couches Rouges.

La phase « quechua », responsable des plis ouverts E-W qu'on observe dans l'Oligocène et le Mio-Pliocène, est vraisemblablement d'âge pliocène.

PLUTONISME

Les affleurements de produits plutoniques de composition acide ou intermédiaire constituent plus du quart de la région étudiée.

Ces produits peuvent être subdivisés, en fonction de critères chronologiques et pétrographiques, en deux ensembles distincts :

- le massif syntectonique, de composition essentiellement dioritique, d'Abancay ;
- et les divers massifs post-tectoniques, de composition essentiellement granodioritique, dont celui de Cotabambas constitue le type.

Le massif syntectonique

C'est un massif de 150 km² environ. Dans sa bordure sud il est intrusif dans la série mésozoïque, au nord il est limité par une faille, à l'est et à l'ouest il est recoupé par des granitoïdes post-tectoniques.

Le faciès commun de ce massif est constitué par une quartz-diorite à hornblende et biotite, de grain moyen. Il est recoupé par des produits pegmatitiques plus acides (en particulier plagiogranites à biotite) et renferme des enclaves homogènes de diorite à grain fin.

Le caractère syntectonique de la mise en place de ce massif est prouvé par les observations suivantes (fig. 3) :

les structures de flux, planaires, de la diorite, très apparentes, sont parallèles à la schistosité primaire de l'encaissant.

les roches de métamorphisme de contact, qui ne se développent que sur quelques dizaines de mètres, ont une apparence de micaschistes et d'amphibolites et elles admettent pour foliation la schistosité primaire.

Postérieurement à sa mise en place et alors qu'il était déjà refroidi, le massif d'Abancay a été affecté par une deuxième déformation se traduisant par l'apparition d'une schistosité fruste, en divers endroits du massif.

Etant donné ses relations avec les phases tectoniques, l'âge de la mise en place du massif d'Abancay est estimé éocène.

Les massifs post-tectoniques

Les produits post-tectoniques forment de nombreux affleurements, généralement allongés dans le sens E-W et distribués sur près de 150 km de long.

Le faciès commun correspond à une granodiorite leucocrate à hornblende et biotite, de grain gros à moyen, généralement isotrope. Le mode habituel comprend 20 % de quartz, 30 % d'orthose, 40 % de plagioclase (oligoclase-labrador) et 10 % de hornblende, biotite et accessoires. Par endroits, et surtout en bordure, les massifs renferment des enclaves homogènes de diorite à grain fin.

Le caractère post-tectonique de ces massifs est prouvé par le fait qu'ils recoupent à l'emporte pièce les structures andines en développant un métamorphisme de contact dans l'encaissant.

En général cependant ce métamorphisme se développe de façon irrégulière, l'auréole variant de zéro à quelques kilomètres. Lorsque ces massifs sont intrusifs dans des calcaires du Crétacé moyen et supérieur ils déterminent la formation de skarns dans lesquels se trouvent des gîtes exploitables de magnétite.

Dans la partie orientale de la région étudiée les granodiorites recoupent les mollasses oligocènes « Puno » et on les retrouve en galets dans les conglomérats situés à la base de la formation volcanique mio-pliocène. Nous attribuons donc à ces granodiorites un âge miocène.

CONCLUSION

Un problème reste posé, celui de la genèse de la déflexion d'Abancay. Pourquoi entre Cuzco et Andahuaylas, soit sur 200 km environ, la Cordillère des Andes péruviennes prend-elle une direction EW ? L'état actuel des connaissances nous permet seulement d'émettre des hypothèses.

Les premiers résultats des études que l'auteur a entreprises dans la Cordillère Orientale (Cordillère de Vilcabamba) montrent l'existence de chaînes précambriennes et hercyniennes de directions structurales voisines de EW (EW à N 120°). Les terrains plissés au cours des tectoniques andines (Tertiaire) se sont peut-être moulés sur ce « noyau ancien » EW.

Toutefois il est curieux de noter qu'au niveau de la « déflexion d'Abancay », existe dans l'Océan Pacifique une grande structure sous-marine de direction NE-SW : « la dorsale de Nazca » (RÜBGG 1962 ; fig. 1).

On ne peut écarter l'hypothèse que la dorsale de Nazca, longue de 2 000 km et s'élevant de 4 000 m au-dessus des fonds sous-marins ait pu jouer un rôle dans la genèse de la déflexion d'Abancay. La dorsale de Nazca a pu être pendant le cycle tectonique andin (Crétacé et Tertiaire) une zone de part et d'autre de laquelle la vitesse d'expansion des fonds océaniques (sea-floor spreading) a été différente. Dans l'hypothèse envisagée ici, une vitesse plus grande au sud qu'au nord de la Dorsale de Nazca aurait pu provoquer la torsion de la Cordillère des Andes au niveau d'Abancay.

Malheureusement, à part sa topographie, on ne connaît rien de la Dorsale de Nazca. Tant que ses particularités lithologiques, magnétiques, sismiques, calorifiques, etc., ne seront pas connues, toute hypothèse sur les possibles relations entre Dorsale de Nazca et Déflexion d'Abancay ne sera que pure spéculation.

Cet exposé et la carte géologique à 1/400 000 qui l'accompagne, sont le résultat de sept mois d'études de terrain réalisés en 1968-69-70 dans le cadre d'une mission d'Assistance Technique auprès du Service Géologique et Minier du Pérou. Je remercie vivement le Ministère des Affaires Etrangères (Service de la Coopération Technique) et le « Servicio de Geología y Minería » du Pérou, pour l'appui financier qui a permis la réalisation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- AUDEBAUD (E.), 1967. — Etude géologique de la région Sicuani-Ocongate (Cordillère Orientale du Sud péruvien). Thèse 3^e cycle Fac. Sc. Grenoble.
- AUDEBAUD (E.) et LAUBACHER (G.), 1969. — Sur une discordance tardi-hercynienne dans la Cordillère Orientale du Sud du Pérou. *C.R. Acad. Sc.*, t. 269, pp. 2163-2166.
- BENAVIDES (V.), 1962. — Estratigrafía Pre-Terciaria de la region de Arequipa. *Bol. Soc. Geol. del Peru.*, t. 38, pp. 5-63.
- BRAUN (E. VON), 1967. — Geologie und Lagerstätten im Gebiet von Vilcabamba (S-Peru). *Geol. Jb.* 84.

- CHANOVE (G.), MATTAUER (M.) et MÉGARD (F.), 1969. — Précision sur la tectonique tangentielle des terrains secondaires du massif de Pirin (NW du Lac Titicaca, Pérou). *C.R. Acad. Sc.*, t. 268, pp. 1698-1701.
- DALMAYRAC (B.), 1970. — Mise en évidence d'une chaîne anté-ordovicienne et probablement précambrienne, dans la Cordillère Orientale du Pérou Central (région de Huànuco). *C.R. Acad. Sc.*, t. 270, pp. 1088-1091.
- EGELER (C.G.) et DE BOOY (T.), 1961. — Preliminary note on the geology of the Cordillera Vilcabamba (SE Peru), with emphasis on the essentially Pre-Andean origin of the structure. *Geol. en Mijnbouw* 40 Jaargang, pp. 319-325.
- FRICKER (P.), 1960. — Zur Geologie der Cordillera Vilcabamba. *Die Alpen*, 36 (1), pp. 56-66.
- FRICKER (P.) et WEIBEL (M.), 1960. — Zur Kenntnis der Eruptivgesteine in der Cordillera Vilcabamba (Peru). *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 40 (2), pp. 359-382.
- HAM (C.K.) et HERRERA (L.J.), 1963. — Role of subandean fault system in tectonics of eastern Peru and Ecuador. In *Backbone of the Americas*, ed. Childs O. E. and Beebe B. W. *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Mem.* 2, pp. 47-61.
- JENKS (W.F.), 1948. — Geologia de la hoja de Arequipa al 1/200 000. *Bol. Inst. Geol. Peru*, n° 9.
- KALAFATOVICH (V.), 1957. — Edad de las calizas de la formación Yuncaypata. Cuzco. *Bol. Soc. Geol. del Peru*, t. 32.
- MAROCO (R.), 1970. — Tectonique de gravité dans les Couches Rouges de la région de Cuzco (Sud du Pérou). *Revue de Photointerprétation*.
- MÉGARD (F.), 1967. — Commentaire d'une coupe schématique à travers les Andes Centrales du Pérou. *Rev. Géogr., Phys. et Géol. Dyn.*, Vol. IX, fasc. 4, pp. 335-346.
- NEWELL (N.D.), 1949. — Geology of the Lake Titicaca region Peru-Bolivia. *Geol. Soc. Amer. Mem.* 36.
- NEWELL (N.D.), CHRONIC (J.) et ROBERTS (T.G.), 1953. — Upper Paleozoic of Peru. *Geol. Soc. Amer. Mem.* 58.
- RÜEGG (W.), 1957. — Geologie zwischen Cañete-San Juan, 13°-15°24', Südperu. *Geol. Rdsch.*, 45 (3), pp. 775-858.
- RÜEGG (W.), 1962. — Rasgos morfológicos-geológicos intramarinos y sus contrapartes en el suelo continental peruano. *Bol. Soc. Geol. del Peru*, t. 38, n° 3.
- STEINMANN (G.), 1930. — Geología del Perú. Heidelberg.
- WILSON (J.J.), 1963. — Cretaceous stratigraphy of the Central Andes of Peru. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 47 (1), pp. 1-34.

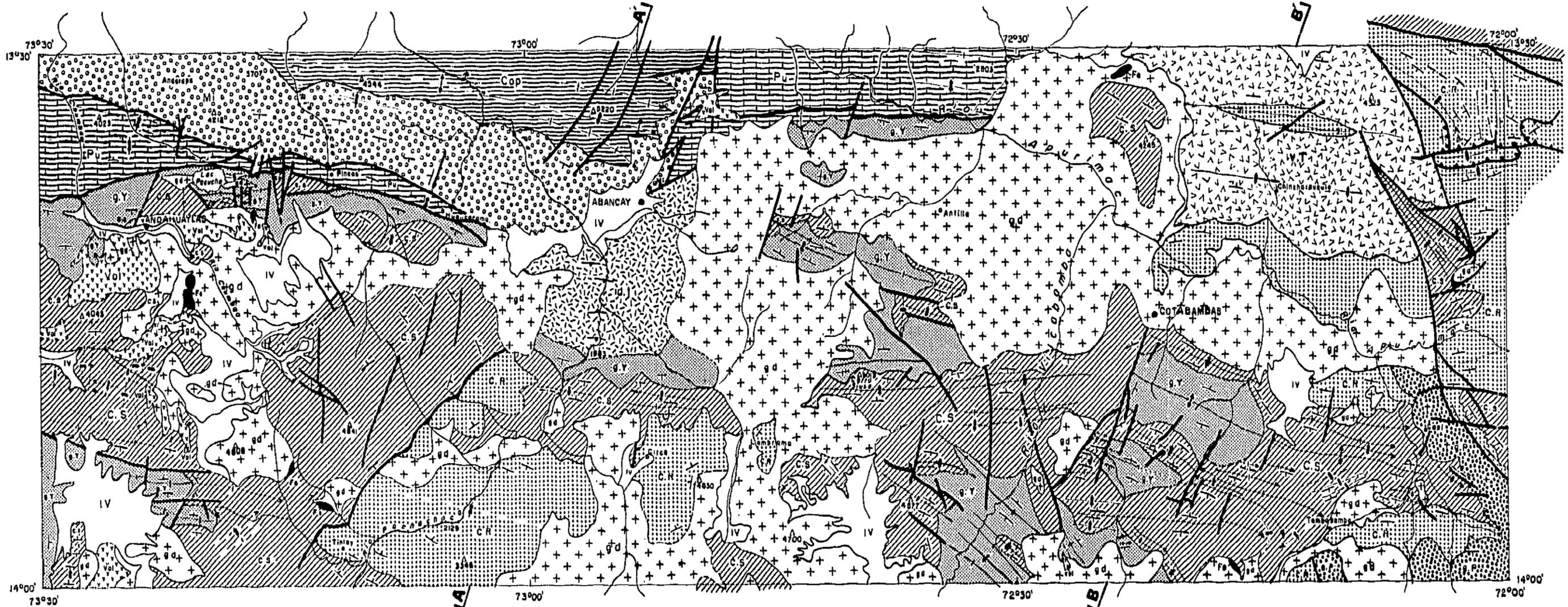
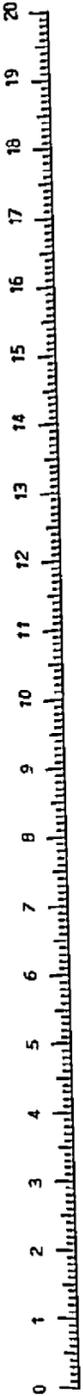
Lette mire doit être lisible dans son intégralité

Pour A0 et A1: ABERPF THLJDGCGUUV MNSZXXKY

ZSAEOCMUVNWXIRFKHBDPQGGJIT 7142385690

Pour A2A3A4: ABERPF THLJDGCGUUV MNSZXXKY

ZSAEOCMUVNWXIRFKHBDPQGGJIT 7142385690



- | | | | | |
|--|---|--|---|--|
| IV sédiments quaternaires
sedimentos cuaternarios | CS calcaires du Crétacé moyen
calizas del Cretaceo medio | + ga+ intrusifs post-tectoniques (Miocène)
intrusivos post-tectónicos (Mioceno) | T pendages des couches
buzamientos de las capas | / failles
fallas |
| Vol produits volcaniques quaternaires
volcanicos cuaternarios | qY groupe Yura (Jurassique supérieur-Crétacé inférieur)
grupo Yura (Jurásico superior-Cretaceo inferior) | Fe gisements de Fer
yacimientos de hierro | + couches horizontales
capas horizontales | ≡ chevauchements
cabalgamientos |
| Tucuz produits volcaniques «Tucaza»
volcanicos Tucaza | Pu groupe Pucara (Lias)
grupo Pucara (Liasico) | d.t. intrusif syntectonique (Eocène)
intrusivo sintectónico (Eoceno) | V couches verticales
capas verticales | ~~~~~ axe anticlinal
eje anticlinal |
| qP groupe Puno (Oligo-Miocène)
grupo Puno (Oligo-Mioceno) | Mi groupe Mitu (Permien supérieur)
grupo Mitu (Permiano superior) | 0 4 8 12 16 20 Km
ECHELLE
Escala | I couches renversées
capas invertidas | ~~~~~ axe synclinal
eje sinclinal |
| CR Couches Rouges (Crétacé supérieur à Eocène)
Capas Rojas (Cretaceo superior à Eoceno) | Cop groupe Copacabana (Permien inférieur et moyen)
grupo Copacabana (Permiano inferior y medio) | | ~~~~~ pendages des foliations et schistosités
buzamientos de foliaciones y esquistosidades | A A' localisation des coupes de la figure 3
ubicación de las secciones de la figura 3 |

CARTE GÉOLOGIQUE DES FEUILLES D'ANDAHUAYLAS, ABANCAY ET COTABAMBAS A 1/400 000.