Bull. - Inst. Fr. Et. And.

1973, II, Nº 1, p. 1 — 15.

Servicio de Geología y Minería
14 AGO. 1973
BIBLIOTECA

COUPE GENERALE DES ANDES PERUVIENNES (entre 9º Sud et 11º Sud)

B. DALMAYRAC (I)

Resumen. Perfil geológico general de los Andes peruanos (entre 9º Sur y 11º Sur). El estudio de una sección de los Andes centrales del Perú demuestra que la cadena de los Andes se ha constituido durante tres orogenos:
1) Un orogeno precámbrico, con una tectónica polifásica acompañada de un metamórfismos de baja presión y que aflora ampliamente en la Cordillera Oriental, constituye el substrato de los edificios hercínicos y andinos.
2) La cadena hercínica aflora en la parte occidental de la Cordillera Oriental. En la sección estudiada el material paleozóico constituye el borde oriental del edificio hercínico. La cadena hercínica se constituyó durante dos fases de plegamentos:

—una fase eohercínica, bien marcada, caracterizada por pliegues parados, cilíndricos, de rumbo N 130º, acompañados de una esquistosidad de fractura. El conjunto constituye un amplio anticlinorium con plano axial vertical;

—una fase tardihercínica, poco desarrollada sobre esta transversal, se caracteriza por una tectónica por fallamiento.

Su posición entre dos bloques precámbricos y el estilo general de las estructuras sugeren su posición intracratónica.
3) La cadena andina, oblicua respecto a la cadena hercínica, es el resultado de la evolución de dos cuencas epicontinentales, una al Oeste, la otra al Este. La cadena andina está caracterizada por un estilo tectónico cuya intensidad crece desde la costa hasta la parte central donde aflora el nivel estructural inferior para luego disminuir brutalmente en la zona subandina. Una tectónica polifásica ha dado pliegues con planos axiales verticales o en abánico y acompañados de una esquistosidad de fractura.
Las estructuras las más evidentes son debidas a fases de comprensión separadas por largos períodos durante los cuáles los fenómenos de distensión son importantes.
La cadena andina se ha desarrollado de forma simétrica sobre un antiguo continente hercínico-precámbrico; sola la existencia de fallas inversas en el flanco oriental de la Cordillera Oriental indicaría una cierta asimetría, con hechamiento hacia el NE.
La cadena andina debe ser considerada como una cadena intracratónica, ubicada en el borde del continente suramericano.

(1) Chargé de Recherches O.R.S.T.O.M. 24, rue Bayard — Paris 8eme. — FRANCE.

Le materiel qui compose la Cordillere des Andes péruviennes a été affecté par, au moins, trois orogéneses différentes:

— orogénese précambrienne,
— orogénese hercynienne,
— orogénese andine.

Contrairement aux idées généralement admises, nous ne pensons pas que ces orogenes se soient juxtaposés parallelement sur la bordure du continent sud-américain, répondant ainsi au schéma classique de "l'accrétion continentale". Les travaux actuels permettent plutot de penser que ces orogenes se sont superposés obliquement.

La chaine hercynienne s'est développée sur un vieux continent précambrien. La chaine andine, oblique par rapport a la chaine hercynienne, s'est également constituée sur un ancien continent précambrien-paléozoique.

Nous étudierons successivement ces trois orogenes sur une coupe généralisée des Andes Centrales (entre les paralleles 9° et 11° Sud).

L'OROGENESE PRECAMBRIENNE

Sur la transversale étudiée, entre Huánuco et la bordure Est de la Cordillere Orientale, n'affleurent que des terrains précambriens. Légerement plus au Nord ils sont tres largement représentés dans la vallée du Marañon et constituent l'essentiel des affleurements de la Cordillere Orientale.

Le Précambrien comporte une série détritique tres épaisse, avec de rares intercalations carbonatées et une série volcano-sédimentaire tufassée. Ces terrains sont affectés par une tectonique polyphasée (Dalmayrac 1970) et un métamorphisme général d'intensité variable, allant de l'anchizone au facies "amphibolite" profond.

Dans la partie Ouest de la Cordillere orientale, entre Yanahuanca et Parcoy affleure une série azoique tres épaisse (2.000 a 3.000 m.) constituée de conglomérats, de quartzites et de schistes noirs, généralement peu métamorphique. Localement apparait un début de métamorphisme pouvant atteindre l'isograde de la biotite.

Une étude microtectonique de cette zone nous a permis de mettre en évidence l'existence d'une série inverse sur environ 20 km. associée a une schistosité subhorizontale. On serait donc en présence de grands plis couchés déversés vers le N.E.

L'ensemble a été replissé lors des phases postérieures, probablement andines, pour donner de grandes structures anticlinales et synclinales actuellement les plus visibles.

Ces terrains étaient considérés par les auteurs antérieurs comme d'age paléozoique indifférencié.

Il existe une tres grande différence tant dans les facies et l'épaisseur que dans le style tectonique, entre cette série et les terrains paléozoiques inférieurs bien datés qui affleurent a l'Est de Parcoy. Pour cette raison il nous semble plus logique de considérer que ces terrains appartiennent a l'anchi-

zone précambrien, c'est a dire a la zone la plus supérieure non affectée par le métamorphisme.

Légerement plus a l'Est, entre Parcoy et Huánuco, et plus au Nord (vallée du Marañon), affleure essentiellement le facies "schistes verts" (schistes a chlorite, séricite, prasinite), mais localement on observe le début du facies "amphibolite" (isograde de la biotite). Dans la zone Est, entre Huánuco et Tingo María, les isogrades ont été plissés lors des déformations hercyniennes et plus probablement andines. Le facies "amphibolite" profond (muscovite, biotite, grenat, staurotide, andalousite, cordiérite, sillimanite) y affleure en deux zones anticlinales au sein du facies "schistes verts".

Associé a cet ensemble, on trouve un cortege de roches basiques et ultrabasiques (péridotites, serpentinites...), préorogéniques, ainsi que des massifs granitiques peu ou pas déformés (Ouest de Tingo María et région de Huánuco), certainement contemporains ou légerement postérieurs au métamorphisme régional.

Ce complexe métamorphique précambrien se retrouve dans de nombreuses zones de la Cordillere Orientale péruvienne et constitue aussi, a partir de 14º Sud, sur la cote péruvienne, une large bande recouverte localement en discordance par des terrains paléozoiques peu plissée.

De facon générale, il existe une grande similitude dans le matériel, dans les déformations tectoniques et dans le métamorphisme de ces terrains précambriens. D'apres les premiers résultats, le métamorphisme de la chaine précambrienne du Pérou est de type intermédiaire de basse pression pour lequel un age baikalien (600 a 500 M.A.) peut etre envisagé. (Audebaud et al. 1971).

Ce Précambrien constitue le substratum des chaines hercynienne et andine.

OROGENESE HERCYNIENNE

Une publication antérieure (F. Mégard et al. 1971) montre que la chaine hercynienne affleure essentiellement dans la Cordillere Orientale des Andes et constitue a l'Ouest le substratum de la chaine andine comme en témoignent quelques affleurements sur la cote sud péruvienne.

Dans la chaine hercynienne ainsi caractérisée, deux phases de déformations sont connues:
la premiere éohercynienne d'age dévonien supérieur-carbonifere inférieur, la seconde tardihercynienne, d'age permien moyen.

I — LE MATERIEL PLISSE HERCYNIEN:

Sur la coupe étudiée, le matériel hercynien est caractérisé par un Paléozoique inférieur marin peu développé (500 a 1000 m.) et un Paléozoique supérieur néritique et continental pouvant atteindre 2.000 m.; l'ensemble est recouvert transgressivement par des molasses continentales rouges d'age permien supérieur et d'épaisseur tres variable (200 a 2.000 m.).

Le Paléozoique inférieur: les sédiments d'age ordovicien sont les seuls connus; ce sont des lutites parfois gréseuses contenant des graptolithes du

Llanvirnien (Lemon et Granswick 1956). L'ensemble de cette série est peu épais comparé a l'Ordovicien du Sud du Pérou et repose en disocordance angulaire nette sur le Précambrien (Dalmayrac B. 1970). Le Cambrien et l'Ordovicien inférieur (Trémadoc, Arénig) ne sont pas représentés. Dans la zone sub-andine (7°20'S — 75°W) affleurent des schistes Eampélitiques a graptolithes également d'age llanvirnien (Newell et Tafur 1943), au coeur d'un grand anticlinal NW-SE d'age tertiaire. On ne connait pas de sédiments d'age siluro-dévonien dans cette région. Il est vraisemblable que le Dévonien décrit par Steinmann (1930 p. 22) pres de Huánuco, corresponde au Mississipien marin (Dalmayrac B. 1970).

Le Paléozoique supérieur est bien représenté. Il débute par le Mississipien constitué par une série continentale avec intercalations marines. Il repose, par l'intermediaire d'un conglomérat de base, en discordance angulaire nette sur l'Ordovicien ou le Précambrien. En concordance sur les gres et quartzites de ce Mississipien on trouve des calcaires marins du Permien inférieur.

Une épaisse série de molasses rouges associées a des roches volcaniques andésitiques a rhyolitiques d'age permien supérieur recouvre transgressivement tous les termes antérieurs.

II — LA TECTONIQUE HERCYNIENNE:

Des deux phases tectoniques connues dans la chaine hercynienne au Pérou, seul le plissement Eohercynien est bien caractérisé sur cette transversale; la phase tardihercynienne ne se manifeste que par des mouvements verticaux.

a) Les structures hercyniennes:

— Les déformations éohercyniennes: Les structures éohercyniennes sont mises en évidence dans la Cordillere Orientale par la discordance angulaire de l'ensemble Carbonifere-Permien sur l'Ordovicien inférieur plissé.

Les plis sont souples, a plan axial subvertical, accompagnés de schistosité. Ce sont généralement des plis décamétriques accompagnés de microplis. Les plis sont anisopaques dans les niveaux pélitiques ou on observe une schistosité de fracture tres fine qui passe parfois a un début de schistosité de flux. La schistosité de plan axial des plis, dessine des éventails plus ou moins ouverts; son pendage est presque toujours proche de la verticale et on n'observe pas de déversement préférentiel.

Les axes de plis et de microplis, le plan de schistosité ainsi que la linéation d'intersection ont une direction N. 130°.

Des failles normales postérieures, de direction N-S, ont permis l'individualisation de compartiments dans lesquels le Carbonifere discordant s'est déposé soit sur le Paléozoique inférieur soit directement sur le socle précambrien.

Dans la zone subandine (région de Contaya extremité Est de la coupe), les terrains paléozoiques sont peu ou pas plissés et on ne connait pas de discordance.

— **les déformations tardihercyniennes:** Au Permien moyen un soulevement genéral provoque le retrait de la mer. Les molasses rouges volcano-sédimentaires du Permien supérieur (groupe Mitu), se déposent alors sur des niveaux tres variés. Ainsi, sur notre coupe, entre Ambo et Parcoy, le Permien supérieur est concordant sur les niveaux marins du Permien moyen. Par contre, a l'Ouest de la faille de Parcoy, et légerement plus au Nord, dans la région de Chavinillo, les molasses rouges reposent en discorce angulaire, directement sur le substratum précambrien.

La surrection générale précédant le dépot de ces molasses est certainement associée a une phase de distension se traduisant par un bombement d'ensemble de la region et par le jeu de nombreuses failles paralleles a la chaine qui ont permis la montée du matériel volcanique du Permien supérieur.

b) **Le métamorphisme et le magmatisme hercynien:**

Les terrains du Paléozoique inférieur sont localement affectés par un épimétamorphisme (ardoises). On observe alors les minéraux de métamorphisme orientés suivant les plans de schistosité de la phase éohercynienne. Une reprise du matériel précambrien par le métamorphisme hercynien n'est pas encore prouvée d'une façon certaine. Le magmatisme, encore mal connu, est relativement réduit.

III — CONCLUSION:

Si on compare le segment hercynien sur notre transversale avec la Cordillere Orientale du Sud péruvien (Mégard et al. 1971), on constate qu'il existe une grande différence, tant au point de vue stratigraphique (réduction des séries) qu'au point de vue tectonique (plis simples avec schistosité de fracture).

Cette différence est due au fait que sur la transversale de Huánuco, les affleurements paléozoiques de la Cordillére Orientale ne correspondent pas a l'axe meme de la chaine mais a sa bordure orientale.

Ce caractere se précise plus au Nord, dans la région de Pataz (77°30'W 7°30'S) ou le contac Ordovicien-Mississipien est sub-paralléle (Wilson et Reyes 1964).

Compte tenu de ces diverses observations, nous pensons donc que l'axe de la chaine hercynienne oblique a la direction andine devrait se situer plus á l' Ouest de la zone de Huánuco, sous le matériel mésozoique constituant la Cordillére Occidentale.

L'OROGENESE ANDINE

L'ensemble orogénique andin se répartit en deux zones stratigraphiquement et tectoniquement différentes séparées par la Cordillére Orientale:

— A l'Ouest, dans la Cordillere Occidentale, un cycle orogénique polyphasé affecte des séries mésozoiques, soit marines soit continentales. La tectonique andine reprend les orogénes précambriens et hercyniens de la Cordillere orientale.

— A l'Est de la Cordillere Orientale, dans la zone sub-andine, une phase d'age tertiaire supérieur affecte des terrains concordants depuis l'Ordovicien.

I — LE DOMAINE ANDIN OCCIDENTAL ET LA CORDILLERE ORIENTALE

1) Le matériel:

Aprés la pénéplanation de la chaine hercynienne, se constitue un bassin de sédimentation de direction NW-SE, dans lequel deux zones se differencient de l'Ouest vers l'Est. Au niveau de la cote actuelle une zone essentiellement volcanique sépare le Pacifique d'un bassin subsident á sédimentation épicontinentale limité á l'Est par la Cordillére Orientale qui constituait une zone émergée durant le Mésozoique.

a) **La zone cotiére** (zone entre Huacho et Sayán-Churín). Sur la cote centrale du Pérou on ne connait aucun terrain du Trias au Jurasique. Cependant, il est probable, si l'on tient compte des sédiments connus sur la cote Sud et sur la cote Nord, que d'épaisses séries volcano-sédimentaires détritiques de cet age se déposérent également sur la zone cotiére centrale. Durant le Crétacé inférieur se dépose une épaisse série volcano-sédimentaire (formation Casma) oú dominent les coulées volcaniques de composition andésitique et dacitique, présentant parfois des structures en pilow-lavas. Il est généralement admis que cette série est d'age albien supérieur á cénomanien inférieur.

Reposant en discordance angulaire sur ces terrains on trouve une autre série volcanique appelée "volcanisme Calipuy" (Cossio A. 1964). Cette série tres épaisse (2.000 m.) et tres étendue est constituée de coulées volcaniques pyroclastiques de composition andésitique, dacitique et rhyolitique, intercalées avec des grés fins rougeatres et quelques conglomérats. Elle repose en discordance angulaire sur les "couches rouges" d'age crétacé supérieur-éocéne et serait donc postérieure aux deux premiéres phases du plissement andin. En conséquence, on lui attribue un age mio-pliocéne. Enfin, cet ensemble est lui-meme recouvert par un volcanisme ignimbritique non plissé du Pliocéne supérieur.

Conclusion: durant tout le Mésozoique a régné sur la bordure occidentale du domaine andin une importante activité volcanique. Nous pensons que le schéma proposé par Wilson est toujours valable et que cette zone doit etre considérée comme une guirlande d'iles volcaniques a activité essentiellement explosive parfois aérienne, parfois sous-marine qui s' allongeait en bordure du bassin subsident andin.

b) **Le bassin andin épi-continental et la Cordillere Orientale.** Aprés la pénéplanation de la chaine hercynienne, une transgression marine détermine la formation d' un bassin épi-continental subsident de direction N.NW-S.SE. Ce bassin, ouvert aux influences pacifiques, est limité á l'Est par la Cordillére Orientale émergée qui formait une zone positive.

La grande invasion marine débute au Carnien et se poursuit jusqu' au Lias supérieur. La transgression se fait sans discordance angulaire sur les molasses du Permien supérieur. Dans la partie orientale de ce bassin se dépose une importante série carbonatée (groupe Pucará) de l' ordre de 1.500 m. d' épaisseur, alors que plus á l Est, dans la Cordillére Orientale, la série est plus condensée (400 á 500 m.). Durant le Jurassique moyen et supérieur l'allure du bassin est encore mal connue. Au Tithonique, dans la partie occidentale, se dépose une épaisse série (1.000 a 1.500 m.) de grés fins et de lutites noires (formation Chicama). On ne connait pas de séries analogues dans la partie orientale ou les sédiments classiques du Crétacé inférieur reposent directement sur les calcaires du Lias. Il semble donc probable qu' á partir du Jurassique se soient différenciées une zone de plateforme faisant suite a la Cordillere Orientale émergée et une zone plus subsidente a l'Ouest ou se sont déposés des faciés marins plus profonds. Ce dispositif paléogéographique va continuer a conditionner la sédimentation jusqu'au Sénonien. Durant le Néocomien-Aptien se dépose une série essentiellement détritique dans laquelle on peut différencier deux faciés: un faciés oriental deltaique a continental, peu épais, correspondant a la zone de plateforme (groupe Goyllarisquizga) et un facies occidental, marin, plus épais. Une importante transgression marine se produit a l'Albien-Cénomanien; la mer recouvre des régions jusqu'alors émergées et dépose une série carbonatée qui se poursuit dans le centre du Pérou jusqu'a la fin du Sénonien.

Vers la fin du Sénonien, un soulevement contemporain de la premiére phase de plissement provoque le retrait de la mer de la plus grande partie des Andes péruviennes; il se dépose alors une série détritique rouge formée de grés et de conglomérats avec de rares intercalations marines ("couches rouges"). Cette sédimentation détritique se poursuit jusqu'á l'Eocéne moyen ou supérieur.

La phase paroxysmale andine (Eocéne supérieur-Oligocéne inférieur) affecte l'ensemble des séries et est suivie par un dépot d'importantes venues volcaniques, pyroclastiques, andésitiques, intercalées avec quelques niveaux de grés fins et de conglomérats. Ce volcanisme attribué au Mio-Pliocéne atteint 3.000 mètres d'épaisseur. Postérieurement á la derniére phase de plissement on note une importante activité volcanique de composition ignimbritique ou rhyolitique.

II LA TECTONIQUE ANDINE:

a) **Les différentes phases tectoniques; leur age:** En général on différencie trois épisodes dans l'évolution tectonique andine:

— une phase fini-crétacée (problablement fin-sénonien). Elle se manifeste dans certaines régions du Pérou par des mouvements de faible intensité donnant des zones plissées, orientées NW-SE, entre lesquelles subsistent des bassin non plissés. Cette première phase marque surtout la fin de la sédimentation marine et est suivie par le dépot de faciés continentaux ("couches rouges") localement discordants.

— une phase majeure qui se situe dans l'intervalle éocene supérieur-oligocene inférieur, affecte l'ensemble du domaine andin occidental et se traduit suivant les régions par un plissement plus ou moins intense de direction NW-SE.

— une phase pliocene qui replisse mollement les séries volcaniques andésitiques. Cette dernière phase a été suivie d'une pénéplanation générale donnant une importante surface d'érosion dite "surface Puna" qui a du s'établir au début du Pliocene. Cette surface d'erosion a été fragmentée par de nombreuses failles et l'ensemble a été soulevé de plusieurs milliers de mètres au cours du Quaternaire.

Remarque: En pratique, il est tres difficile de différencier sur cette coupe la phase fini-crétacé de la phase majeure; en effet, ceci n'est possible que lorsqu'on peut observer les "couches rouges" discordantes sur les structures de la premiere phase et plissées au cours de la phase majeure.

Pour cette raison, par la suite, nous parlerons de structures andines sans pouvoir préciser si celles-ci sont de la premiere ou de la deuxieme phase.

b) **Les structures:** Les différentes structures correspondant aux trois phases de déformations ont généralement la meme orientation N.NW–S.SE (N. 150°).

Sur la section étudiée on peut distinguer, du Pacifique vers la Cordillere Orientale, quatre unités structurales:

— la zone cotiere,
— la zone centrale,
— la bordure Est de la Cordillere Occidentale.
— la Cordillere Orientale.

— La zone cotiere:

Sur la cote, entre Huacho et Sayan-Churin, les séries volcano-sédimentaires sont affectées par une tectonique peu intense. On observe généralement des plis concentriques a grand rayon de courbure, a plan axiaux toujours redressés; les chevauchements sont absents et, sur la coupe étudiée, la schistosité n'est jamais présente, excepté dans la partie située en-

tre Sayan et Churin ou existe une schistosité de fracture tres grossiere limitée a quelques couloirs. Plus au Sud (region de Lima, Santa María) la schistosité est bien marquée. Il faut signaler un tres grand nombre de filons basiques qui recoupent les séries volcano-sédimentaires du Mésozoique ainsi que le batholite cotier. Cette zone a tectonique simple est oblitérée vers l'Est par l'intrusion du batholite.

— La zone centrale:

A l'Est du batholite cotier, (entre Churin et Oyon), le style tectonique change dans une bande de plusieurs kilometres de large qui se suit sur plus de cent kilometres et qui est localisée au centre et au Nord du Pérou. Les terrains mésozoiques sont affectés par un plissement tres intense qui donne des plis "en chevrons" aigus, hectométriques; a ces méga-structures sont associés de nombreux replis (drag-folds) de type semblable. Ces plis sont accompagnés d'une schistosité de fracture bien développée dans les niveaux tendres. La schistosité, plan-axial des structures, est subverticale ou disposée en éventail de part et d'autre du plan axial des plis et présentant des réfractions dans les bancs compétents. Dans les niveaux pélitiques fins (formation Chicama) du Trias-Jurassique, cette schistosité est tres fine; les microlitons y sont inférieurs au millimetre; par contre, dans les niveaux calcaires, elle est beaucoup plus grossiere, l'intersection schistosité-stratification donnant alors un débit parallélépipédique qui, en section, peut donner l'apparence de nodules.

On n'observe jamais de déversement préférentiel.

— La bordure Est de la Cordillere Occidentale:

A l'Est de la zone a schistosité bien développée fait suite une bande de quelques kilometres de large, caractérisée par des chevauchements vers le NE, accompagnés de plis également déversés vers le NE. La schistosité se manifeste dans les niveaux inférieurs plus plastiques, par contre elle est absente dans les niveaux calcaires du Crétacé supérieur. Cette zone a chevauchements semble correspondre a la ligne de changement de faciès entre le bassin occidental et la plateforme continentale orientale; elle est tres localisée et se poursuit, au Nord et au Sud de la section étudiée, sur plus de 100 km.

A l'Est de la zone de chevauchement (Region de Yanahuanca), on trouve encore des plis légerement déversés vers le NE, puis, progressivement, le style tectonique change pour donner des plis concentriques a grand rayon de courbure accompagnés de failles inverses tres redressées. La schistosité, moins marquée que dans la zone centrale, est encore présente mais tend a disparaitre lorsqu'on aborde la Cordillere Orientale.

— La tectonique andine dans la Cordillere Orientale:

Les terrains du Paléozoique supérieur affleurant dans la Cordillere Orientale sont plissée tout comme quelques lambeaux de calcaire triasico-

liasique, en de vastes anticlinaux et synclinaux de direction N.NW — S.SE. Une schistosité de fracture peu marquée, toujours subverticale et parallele au plan axial des grandes structures affecte les gréso-pélites du Carbonifere et parfois les molasses rouges permiennes. Il est donc logique d'atribuer ces plis et cette schistosité a la tectonique andine.

Enfin, plus a l'Est, sur le versant amazonien de la Cordillere Orientale, lors de la tectonique andine, les niveaux plus profonds du Paléozoique inférieur et du Précambrien ont été soit repris dans de vastes structures replissant les schistosités antérieures, soit affectés par une tectonique de failes inverses. Ces failles ont pu jouer ultérieurement en décrochements comme en témoignent les nombreuses stries horizontales que nous avons observées. Une de ces grandes failles inverses limite a l'Est la Cordillere orientale, faisant chevaucher les terrains précambriens sur les sédiments mésozoiques du bassin subandin.

Sur la transversale Huánuco — Tingo María, dans les schistes verts apparaissent des grands domes de roches a "facies amphibolite"; nous pensons que la tectonique andine est responsable de la formation de ces domes.

Conclusion

Le style tectonique de la chaine andine se caractérise par:

— la présence de plis a plans axiaux verticaux,
— l'existence d'une schistosité de fracture, parallele au plan axial de ces plis et également subverticale,
— l'intensité de la déformation qui se traduit par des plis en chevrons ou des plis semblables,
— l'absence de déversement préférentiel,
— la symétrie, marquée par une zone centrale fortement tectonisée séparant deux zones a plissement moins intense.

La présence de schistosité, comme l'intensité de la déformation, nous permettent de préciser qu'au moins dans la partie centrale de la chaine les caractéristiques du plissement correspondraient a celles de la partie supérieure du niveau structural inférieur.

Dans ces conditions, il nous parait difficile d'accepter que des structures généralement verticales ou disposées symétriquement en éventail, puissent etre provoquées par une tectonique de gravité superficielle (J.J. WILSON et L. REYES, 1964). Nous pensons que les structures décrites sont le résultat de mouvements de compression.

Le raccourcissement est difficilement évaluable, des mouvements postérieurs de distension ayant perturbé les effets de la seule compression. Cependant, étant donné le style tectonique général, il semble raisonnable d'admettre qu'il doit etre de l'ordre de 30%.

Enfin, bien que cela ne soit pas trés visible sur cette coupe, d'autres observations au Sud et au Nord du Pérou permettent de dire que la chaine andine, de direction N. 150º s'est superposée obliquement a la chaine hercynienne qui a une direction moyenne N. 120º.

III — LE MAGMATISME INTRUSIF ANDIN

Il est essentiellement localisé sur la cote et dans la Cordillere Orientale.

Le batholite cotier, large d'environ 50 km., se poursuit sur plus de 1800 km. Il s'agit d'un ensemble intrusif complexe, constitué de tonalites, de granites, de diorites et principalement de granodiorites. Il semble s'etre mis en place au cours de plusieurs phases d'intrusions allant du Crétacé inférieur au Tertiaire inférieur. Il serait donc anté ou syntectonique.

Dans la Cordillere Orientale on connait également de nombreux massifs intrusifs. (2)

LA ZONE SUBANDINE

Entre la Cordillere Orientale a l'Ouest et la plateforme du Bouclier brésilien a l'Est, la zone subandine dont l'évolution sédimentologique et tectonique est trés différente du "domaine andin occidental", peut etre également considérée comme une chaine intracratonique d'age tertiaire.

I — LE MATERIEL

La sédimentation marine ou continentale est continue depuis le Paléozoique inférieur jusqu'au Cenozoique. Le seul afflurement de terrains paléozoiques est celui de Contaya situé au Nord de notre coupe. Au coeur d'un vaste anticlinal tertiaire orienté NW — SE, affleurent des schistes á graptolithes d'age ordovicien moyen (Llanvirnien), faiblement plissés et recouverts en légére discordance angulaire par le Crétacé. Le Paléozoique supérieur, en partie marin, est moins développé que dans la Cordillére Orientale et localement repose en concordance sur le Paléozoique inférieur. tend jusqu'au rio Madre de Dios (Sud du Pérou). Du Jurassique moyen au Néocomien, se dépose une épaisse série continentale qui se termine au Crétacé supérieur, accompagnée de rares intercalations marines. Le Cénozoique est marqué par une sédimentation continentale donnant des couches rouges avec quelques intercalations marines miocenes.

Les différentes phases tectoniques, bien caractérisées dans la Cordillere Occidentale ne se manifestent dans la zone subandine que par des lacunes, des changements de facies ou de tres légeres discordances.

---

(2) Une étude en cours, réalisée dans le cadre de la R.C.P. 132 du C.N.R.S., nous permettra de préciser de nombreux problémes relatifs a ces intrusifs et principalement leur age. D'apres les premieres études de terrain il semble qu'on puisse différencier dans cette région des intrusions précambriennes, hercyniennes et certainement pour la majeure partie andines. Ces dernieres ont provoqué un important métamorphisme de contact accompagné de minéralisations.

II — LA TECTONIQUE

Une seule phase de plissement d'age post-Miocene, peut-etre du début du Pliocene, affecte toute la zone subandine. Elle se caractérise par des plis concentriques, parfois étroits et pouvant se prolonger sur des centaines de kilometres. Ces structures parfois déversées vers le NE, souvent accompagnées de failles inverses sont fréquentes dans la partie Ouest de la zone subandine. Cette tectonique s'amortit rapidement vers l'E ou on passe a des plis concentriques a grand rayon de courbure, on rencontre ensuite une nouvelle zone de failles inverses apres quoi la tectonique s'amortit á nouveau. Dans toute la zone subandine, (Ham et Herrera, 1963) on ne connait pas de schistosité.

Vers l'Est les dernieres structures sont ensevelies sous les sédiments horizontaux plio-quaternaires et, a la frontiere entre la Pérou et le Brésil, existe une nouvelle zone de failles inverses qui localement fait chevaucher le socle precambrien sur les sédiments tertiaires.

CONCLUSIONS

L'étude de cette coupe des Andes péruviennes permet de constater que la chaine des Andes s'est constituée au cours de trois orogéneses.

a) Un orogéne précambrien, a tectonique polyphasée accompagnée d'un métamorphisme de basse pression et affleurant largement dans la Cordillere orientale, constitue le soubassement des édifices hercynien et andin.

b) La chaine hercynienne affleure dans la partie ouest de la Cordillere Orientale. Sur la coupe étudiée elle constitue la bordure orientale de l'édifice hercynien.

Elle s'est formée au cours de deux phases:

— une phase échercynienne bien marquée, caractérisée par des plis droits, cylindriques, de direction N. 130°, accompagnés d'une schistosité de fracture. L'ensemble constitue un vaste anticlinorium a plan axial vertical.
— une phase tardihercynienne peu marquée au niveau de cette transversale, se caractérise par une tectonique cassante.

Comme nous l'avons déja signalé (Mégard et al. 1971), sa position entre deux blocs précambriens et le style général des structures suggerent que la chaine hercynienne serait de type intracratonique.

c) La chaine andine, oblique par rapport a la chaine hercynienne est le résultat de l'évolution de deux bassins épicontinentaux, un a l'Ouest, l'autre a l'Est. Elle est caractérisée par un style tectonique dont l'intensité croit depuis la cote jusque dans la partie centrale oú affleure le niveau structural inférieur, pour décroitre brutalement dans la région subandine. Une tectonique polyphasée a donné des plis a plans axiaux verticaux ou disposés en éventail et accompagnés d'une schistosité de fracture.

Les structures les plus évidentes sont dues a des phases de compression séparées de périodes durant lesquelles les phénomenes de distension ont été importants.

La chaine andine s'est formée symétriquement sur un vieux continent hercynien et précambrien; seule l'existence de failles inverses sur la bordure amazonienne de la Cordillere Orientale pourrait faire penser a une légere asymétrie avec déversement vers le NE.

En conclusion, la chaine andine peut donc etre considérée comme une chaine intracratonique, située a la bordure du continent sud-américain.

Bibliographie consultée

AUDEBAUD (E.), BARD (J.P.), CAPDEVILA (R.), DALMAYRAC (B.), MAROCCO (R.), MEGARD (F.), PAREDES (J.), 1971. Le métamorphisme précambrien de basse pression des Andes orientales du Pérou. C.R. Acad. Sc., t. 273, p. 450-453.

BELLIDO (E.), 1969. Sinopsis de la Geología del Perú — Serv. Geol. Min., Bol. Nº 22, p. 1—54.

COBBING (J.) Cuadrángulo de Oyon. En cours de publication par le Ser. Geol. Min. du Pérou.

COSSIO (A.), JAEN (H.), 1967. Geología de los cuadrángulos de Puemate, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa. — Serv. Geol. Min., Bol. Nº 17 p. 1—141.

DALMAYRAC (B.), 1970. Mise en évidence d'une chaine anté-ordovicienne et probablement précambrienne dans la Cordillere orientale du Pérou Central (région de Huánuco) C. R. Acad. Sc., t. 270, p. 1088-1091.

DALMAYRAC (B.), 1970. Precisiones sobre una sección típica del Paleozoico de los Andes Centrales peruanos, (quebrada de Chaupihuaranga). Comunicación Primer Congreso Latino-americano de Geología, Lima.

HAM (C.K.), HERRERA (L.Y. Jr.), 1963. Role of subandean foult system in tectonics of Eastern Peru and Ecuador. In Backbone of the Americas: a symposium. Am. Ass. Petr. Geol. Mem. 2. p. 47-61 — Tulsa USA.

KOCH (E.), 1961. Perfil tectónico a través de la Cordillera oriental y la faja subandina (Entre Tingo María, Pisqui medio y Contaya,). Bol. Soc. Geol. del Perú, t. 36, p. 131-138.

KOCH (E.), BLISSENBACH (E.), 1962. Las Capas Rojas del Cretaceo superior - Terciario en la región del curso medio del río Ucayali, Oriente del Perú. Bol. Soc. Geol. del Perú, t. 39, p. 7-141.

MABIRE (B.), 1961. La serie de Capas Rojas cretáceo-terciárias en los Andes Centrales del Perú. Bol. Soc. Geol. del Perú. t. 36, p. 151-185.

MEGARD (F.), 1967. Commentaire d'une coupe schématique a travers les Andes centrales du Pérou. Rev. Geogr. Phys. et Geol. Dyn., t. IX (4), p. 335-346, Paris.

MEGARD (F.), 1968. Geología del cuadrángulo de Huancayo. Serv. Geol. Min., Bol. Nº 18, p. 1-128.

MEGAR (F.), DALMAYRAC (B.), LAUBACHER (G.), MAROCCO (R), MARTINEZ (C.), PAREDES (J.), TOMASI (P.), 1971. Cahiers ORSTOM, série géologie. Vol. III, Nº 1, Paris. La chaine hercynienne au Pérou et en Bolivie. Premiers résultats.

MISSIONS GEOLOGIQUES DE L'ORSTOM AU PEROU ET EN BOLIVIE, Caracteres généraux des Orogenes précambriens, hercyniens, et andins au Pérou et en Bolivie. Comptes-rendus du 24 e. Congres Géologique International Montréal 1972.

NEWELL (N.D.), TAFUR (I.), 1943. Ordovicico fosilífero en la Selva Oriental del Perú. Bol. Soc. Geol. del Perú, t. XIV y XV, p. 5-16.

STEINMANN (G.), 1930. Geología del Perú. Heidelberg, 448. p.

WILSON (J.J.), 1963. Cretaceous Stratigraphy of Central Peru. Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol. vol. 47, Nº 1, p. 1-34.

WILSON (J.J.), REYES (L.), 1964. Geología del cuadrángulo de Pataz. Bol. Com. Carta Geol. Nac. Nº 9.

WILSON (J.J.), REYES (L.), GARAYAR (J.), 1967. Geología de los cuadrángulos de Moyobamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Serv. Geol. Min., Bol. Nº 16, p. 1-95.

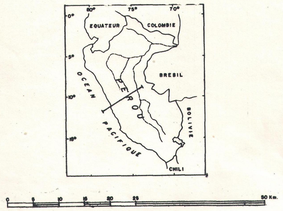
Un certain nombre d'observations ont été faites au cours de tournés communes effectuées avec M.M. J.P. BARD, R. CAPDEVILA, M. MATTAUER (Faculté des Sciences, Montpellier). Grace a l'aide du C.N.R.S. (RCP 132) CAPDEVILA a entrepris une étude pétrographique et géochronologique des roches cristallines de la Cordillere Orientale; J.P. BARD, apres un voyage au Pérou, a commencé l'étude détaillée du métamorphisme des terrains précambriens.

Ce travail entre dans le cadre du programme de coopération technique qui a été établi entre l'ORSTOM et le Service Géologique et Minier du Pérou.

Je remercie vivement le Ministere des Affaires Etrangeres (Service de Coopération Technique) et le "Servicio de Geología y Minería" du Pérou pour l'appui financier qui a permis la réalisation de ce travail.

COUPE GENERALE DES ANDES PERUVIENNES

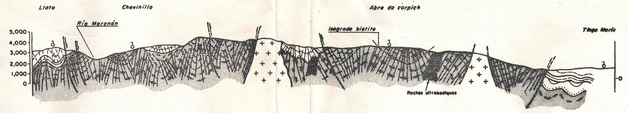
Entre 9° S et 11° S

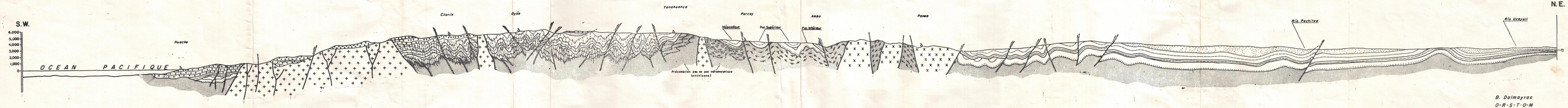


CORDILLERE OCCIDENTALE

CORDILLERE ORIENTALE

ZONE SUBANDINE





- Volcanisme acide (Pliocène ?)
- Volcanisme tertiaire plissé
- Crétacé-tertiaire continental (couches rouges)
- Mésozoïque (Schistosité andine)
- Mésozoïque volcano-sédimentaire côtier
- Paléozoïque supérieur
- Paléozoïque inférieur (Schistosité éohercynienne)
- Précambrien non différencié
- Précambrien facies Schiste vert
- Précambrien facies amphibolite
- Batholite et intrusifs d'âge andin (tardicrétacé)
- Intrusifs de la cordillère orientale (âge non déterminé)

B. Dalmayrac
O-R-S-T-O-M