

Caractères généraux des orogènes Précambriens, Hercyniens et Andins au Pérou et en Bolivie

Les missions géologiques de l'ORSTOM (France) en Bolivie et au Pérou

C. MARTINEZ, P. TOMASI, B. DALMAYRAC,
G. LAUBACHER et R. MAROCCO,

ABSTRACT

The Peru-Bolivian Andean Cordillera, which lies between the Peru-Chile trench and the Brazilian shield, is a complex made up of Precambrian, Hercynian and Andean belts; the latter two present the characteristics of intracratonic orogenic belts.⁴

The Precambrian of the Oriental Andean Cordillera and of the southern Peruvian coast may be parts of the same orogenic belt, characterized by the same lithology, polyphase tectonism and by a low-pressure intermediate metamorphism.

The Peru-Bolivian segment of the Hercynian belt consists of a thick sedimentary sequence with several fold phases. The tectonic style is characterized by symmetrical cylindrical folds with axial planes oriented NW-SE, up to the 18°S parallel, and oriented N-S to the south of this parallel. The deformation is characterized by cleavage and epizonal metamorphism. The shortening in this segment is less important than in the Hercynian belt of west Europe. The magmatism is of little importance and is essentially post-tectonic.

These characteristics and the existence of Precambrian cratons on both sides of the Hercynian belt suggest an intracratonic position.

The Andean belt, oblique to the Hercynian belt, is the result of the evolution of two subsiding basins with epicontinental and continental sedimentation. In the western zone, polyphase tectonism generally produced folds with subvertical axial planes, without any preferential dip. In the sub-Andean zone, the structures dip toward the Brazilian Shield. There is little shortening, and the cleavage and metamorphism are very localized. At every step in the evolution of the belt, the faulting in the basement and in the cover played a very prominent part. The Andean magmatism is characterized by syn- and post-tectonic plutonism which is essentially acid, and by andesitic volcanism.

The Peru-Bolivian segment of the Andean belt presents all the characteristics of an intracratonic marginal belt in the western zone and is even more clearly in the sub-Andean zone.

AU PÉROU ET EN BOLIVIE, la Cordillère des Andes, de direction NW-SE permet d'étudier sur plus de 3000 kilomètres des segments orogéniques précambriens, hercyniens et andins, situés sur la bordure ouest du Bouclier brésilien.

Après avoir décrit le *Précambrien* du Bouclier brésilien et de la Cordillère, nous essayerons de dégager les caractères généraux de la *Chaîne hercynienne*, affleurant dans la Cordillère Orientale et de la *Chaîne andine* qui, de part et d'autre de cette Cordillère Orientale, correspond à deux domaines: la zone subandine à l'est, l'Altiplano et la Cordillère Occidentale à l'ouest (Fig. 1).

Les adresses d'auteurs apparaissent à la fin du volume.

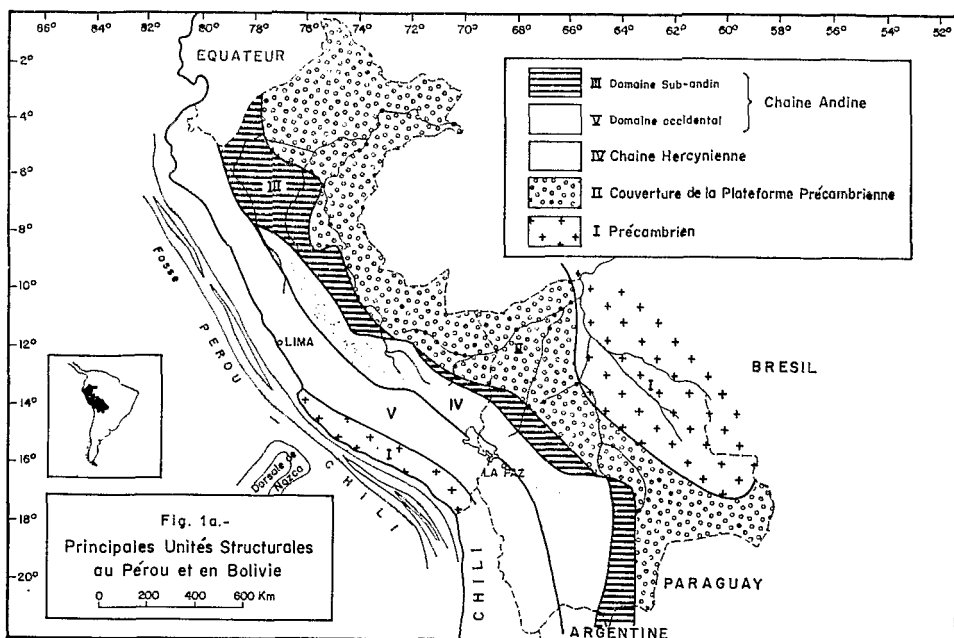


FIGURE 1a — Principales unités structurales au Pérou et en Bolivie.

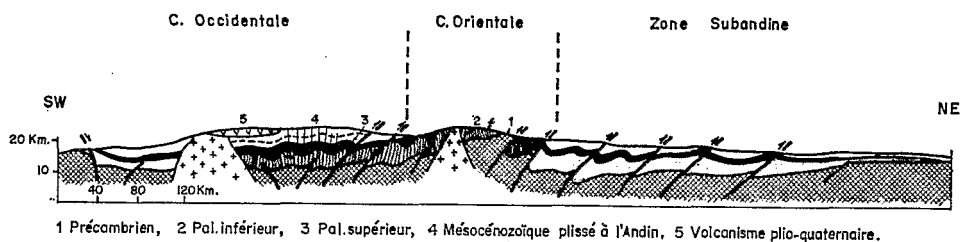


FIGURE 1b — Coupe synthétique de la chaîne des Andes.

LE PRÉCAMBRIEN (Fig. 2)

Il affleure dans le Nord-Est Bolivien où il constitue la bordure Ouest et Sud-Ouest de la plateforme brésilienne non reprise dans les tectoniques hercyniennes et andines, dans le cœur de la Cordillère Orientale du Pérou et du Sud de la Bolivie, sur la côte sud du Pérou où il forme le "Complexe Basal de la Côte".

Le Bouclier Brésilien et sa couverture. — Le Bouclier brésilien du nord-est de la Bolivie est encore mal connu; il est constitué de roches métamorphiques et plutoniques correspondant probablement à des orogénèses précambriennes qui ont été définies au Brésil. Ce bouclier disparaît vers l'ouest et le sud sous une couverture sédimentaire peu épaisse et peu ou pas plissée qui comprend des terrains paléozoïques, mésozoïques et cénozoïques ensevelis sous un épais Quaternaire.

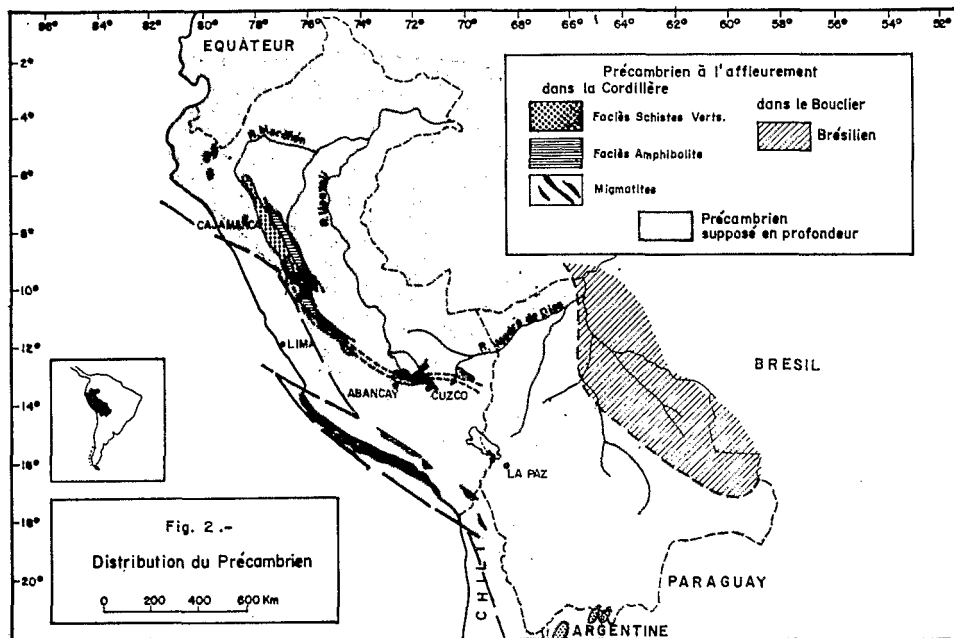


FIGURE 2 — Distribution du Précambrien.

Le Précambrien de la Cordillère Orientale et de la côte du Pacifique. — Dans ces deux zones le Précambrien appartient probablement au cycle orogénique baïkailien (500-600 m.a.) et possède des caractéristiques lithologiques et métamorphiques voisines. La nature des roches cristallophylliennes — paragneiss, micaschistes, ortho et paraamphibolites, cipolins, quartzites — indique qu'elles étaient originellement constituées par des séries pélitiques, calcareuses et volcano-sédimentaires. Une tectonique polyphasée et un métamorphisme progressif précambriens ont affecté l'ensemble; trois zones de métamorphisme, séparées par les isogrades de la biotite et de la sillimanite ont été distinguées. Les associations minéralogiques (présence d'andalousite et de cordiérite, absence de disthène) classent ce métamorphisme dans le groupe de basse pression*.

Dans la Cordillère Orientale du Centre du Pérou et surtout dans le "Complexe Basal de la Côte" se notent les effets d'une fusion anatectique donnant des migmatites.

LA CHAÎNE HERCYNIENNE (Fig. 3)

La Chaîne hercynienne correspond approximativement à la Cordillère Orientale de la Chaîne des Andes et constitue aussi le substratum de l'Altiplano péruano-bolivien.

Le matériel plissé hercynien est constitué par une énorme épaisseur de terrains sédimentaires du Paléozoïque inférieur et supérieur. A l'affleurement, le Paléozoïque inférieur, discordant sur le Précambrien, constitue l'essentiel des terrains

*Un antagonisme existe entre ce métamorphisme de basse pression et le matamorphisme à disthène (haute pression, de même âge du Bouclier brésilien (série de Ceará, Brésil).

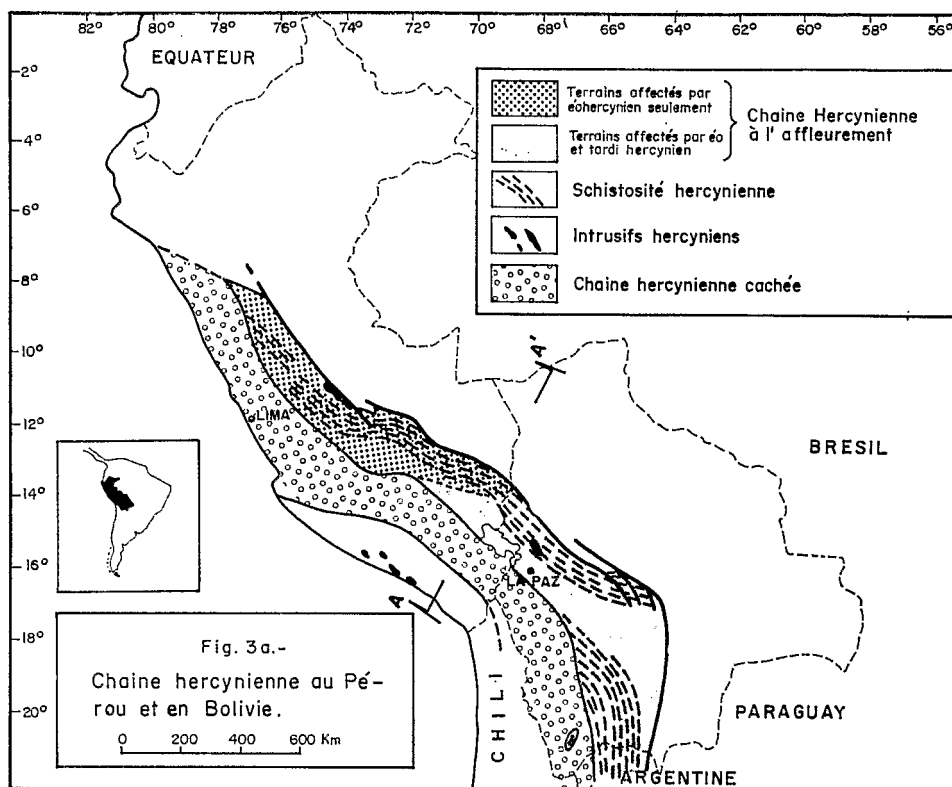


FIGURE 3a — Chaîne hercynienne au Pérou et en Bolivie.

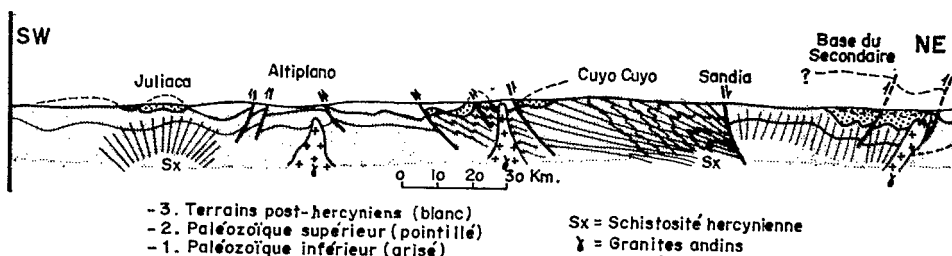


FIGURE 3b — Coupe de la Chaîne hercynienne dans le Sud du Pérou — A-A' (domaine des phases éo- et tardihercyniennes).

hercyniens. Cet ensemble est très puissant (10 000-15 000 m) monotone, avec un faciès schistogréseux de type flysch. Il débute soit par une série cambrienne, mal datée, soit directement par des terrains ordoviciens.

L'Ordovicien est représenté dans toute la chaîne hercynienne. En Bolivie, où il est le mieux connu, tous les termes du Trémadoc au Caradoc ont été différenciés. Au Pérou, l'Ordovicien se poursuit avec les mêmes caractéristiques jusqu'à la région de Cuzco (12°S). Plus au Nord on note une grande diminution d'épaisseur accompagnée d'une lacune de l'Ordovicien inférieur et moyen p.p.

La base du Siluro-Dévonien est marquée par un horizon glacio-marin (Tillite) d'âge wenlockien. Cette tillite a une grande importance par sa position constante, sa grande extension depuis l'Argentine, au Sud, jusqu'au Pérou, au Nord (12°S), et elle souligne une lacune régionale du sommet de l'Ordovicien et de la base du Silurien. Au-dessus le Siluro-Dévonien se développe sauf dans le centre et le nord du Pérou où le Carbonifère est discordant directement sur l'Ordovicien.

Le Paléozoïque supérieur est généralement discordant sur différents termes du Paléozoïque inférieur. Au Pérou tous les termes sont représentés du Mississipien au Permien moyen, ce sont des dépôts marins ou paraliques qui atteignent de grandes épaisseurs, parfois plus de 10 000 m. En Bolivie, par contre, seuls le Pensylvanien et le Permien inférieur et moyen ont pu être caractérisés dans la chaîne hercynienne où ils présentent un faciès Gondwana. Dans l'ensemble le Paléozoïque supérieur présente de grandes variations de faciès qui contrastent avec l'uniformité de Paléozoïque inférieur. Postérieurement à la tectonique hercynienne se dépose une grande épaisseur de molasses volcano-sédimentaires d'âge permien supérieur.

La Tectonique hercynienne. — Deux phases de déformations ont pu être différenciées, la première éohercynienne, d'âge dévonien supérieur-carbonifère inférieur et la seconde, tardihercynienne d'âge permien moyen.

La phase éohercynienne est bien connue dans le centre et le sud du Pérou où elle a une direction générale N120°; elle se manifeste également en Bolivie. Dans les zones où cette phase atteint sa plus grande intensité elle se caractérise par des plis droits avec schistosité et faible métamorphisme régional. Localement (S. du Pérou), elle donne lieu à de grands plis couchés avec des flancs inverses de plusieurs kilomètres accompagnés par une schistosité horizontale.

La phase tardihercynienne définie dans le Sud du Pérou, se manifeste par des plis subverticaux et parfois par une schistosité et un épimétamorphisme qui affecte le Paléozoïque supérieur. Les molasses post-tectoniques du Permien supérieur recouvrent avec une forte discordance cet ensemble plissé. Par contre, plus au Nord, cette phase de déformation n'existe pas, le Permien supérieur étant généralement concordant sur le Permien inférieur et moyen; de simples mouvements épirogéniques s'y sont manifestés, soulignés par des "overlaps" du Permien supérieur sur les terrains plus anciens.

En Bolivie, le matériel paléozoïque a été plissé par les phases éo et tardihercyniennes; cependant l'absence de sédiments du Permien supérieur et de la base du Mésozoïque empêche de préciser l'âge exact de la dernière phase. D'autre part, se pose le problème des relations entre le segment péruano-bolivien de direction moyenne N.120 et le segment sud-Bolivien de direction N.S.; il est possible que la virgation de la chaîne andine dans le centre de la Bolivie (18°S.) corresponde à une virgation hercynienne, elle-même probablement héritée d'une disposition structurale acquise à la fin du Précambrien.

Enfin l'étude des relations entre le Paléozoïque et le matériel mésocénozoïque plissé des bassins intramontagneux montre que la chaîne hercynienne a été affectée par le plissement andin.

Le Magmatisme hercynien se manifeste par des intrusions granitiques ou granodioritiques et par des épanchements volcaniques. Parmi les intrusifs observés dans la chaîne, certains sont syntectoniques (Zongo, Bolivie), d'autres sont post-tectoniques éohercynienne (Pérou, 11°S.) et certains sont post-tectoniques tardihercynienne (Pérou, 11°S.). Le magmatisme effusif, de composition généralement andésitique, apparaît surtout dans les dépôts volcanosédimentaires post-tectoniques d'âge soit Carbonifère inférieur, soit Permien supérieur.

LA CHAÎNE ANDINE (Fig. 4, a, b, c)

Le domaine andin se répartit en deux zones différentes séparées par la Cordillère Orientale. A l'ouest, dans la Cordillère Occidentale et l'Altiplano péruano-bolivien, un cycle andin polyphasé reprend les orogènes précambriens et hercyniens et plisse une série paléozoïque supérieure et mésozoïque soit marine, soit continentale. A l'est, dans la zone sub-andine, une phase de compression déforme au Tertiaire supérieur une série concordante depuis l'Ordovicien. L'édifice hercynien de la Cordillère Orientale a souffert les effets des mouvements andins.

LA ZONE SUB-ANDINE (Fig. 4c). Par sa position géographique entre la plateforme du Bouclier Brésilien et la chaîne hercynienne de la Cordillère Orientale, la zone sub-andine correspond à une chaîne intracratonique andine d'âge tertiaire. La sédimentation, continentale et marine, va du Paléozoïque inférieur au Cénozoïque. Le Paléozoïque supérieur, de faciès Gondwana, est particulièrement bien développé dans la zone sub-andine sud-bolivienne où un bassin post-tectonique s'est nettement individualisé. Dans le nord-bolivien et au Pérou, le Paléozoïque supérieur, en partie marin, est plus réduit. Au Mésozoïque, une transgression de Jurassique marin, venue du nord, ne dépasse pas le rio Madre de Dios (Pérou). A l'opposé, dans l'extrême sud bolivien, des terrains triasiques sont signalés. Dans le sud péruvien et la totalité de la Bolivie, le Jurassique et le Crétacé inférieur ne se sont pas déposés. C'est seulement à partir

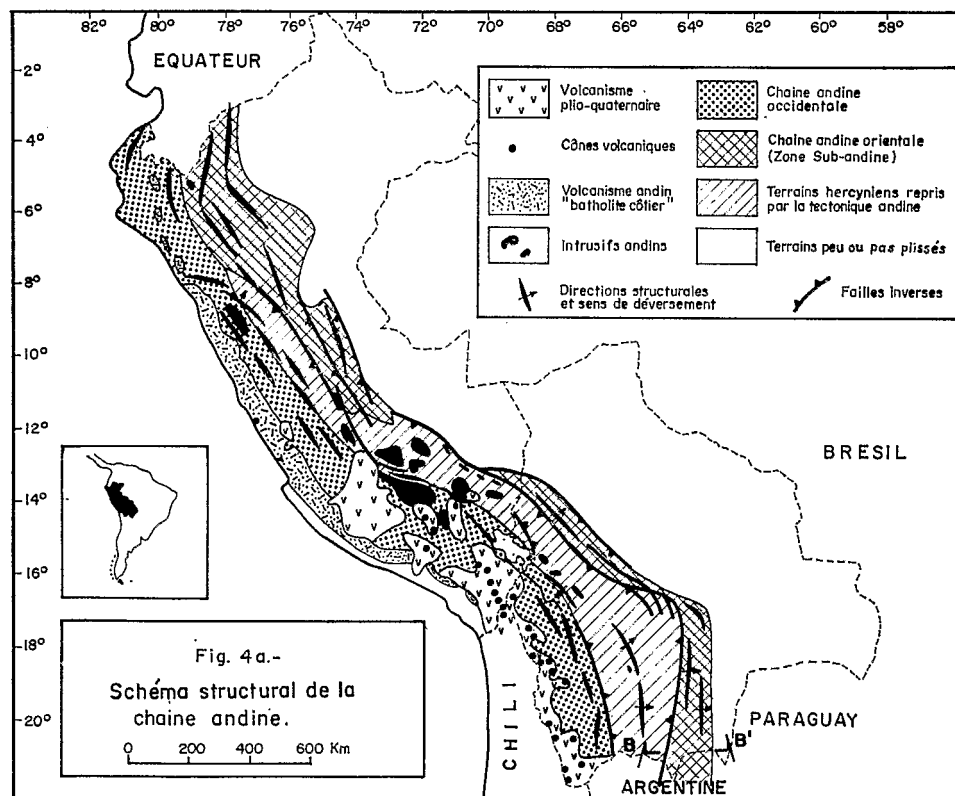


FIGURE 4a — Schéma structural de la chaîne andine.

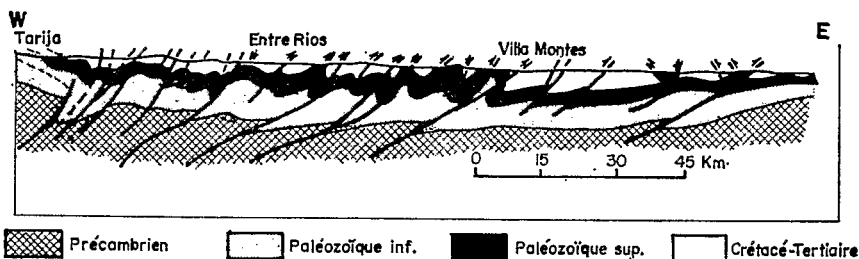
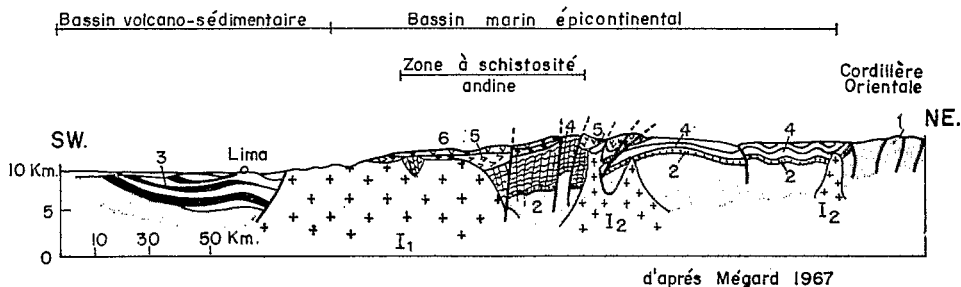


FIGURE 4b — Coupe de la Zone Subandine en Bolivie — B-B'.



- 1 substratum paléozoïque et précambrien, 2 Paléozoïque sup., 3 faciès volcano-sédimentaires-mésozoïques côtiers., 4 méso-cénozoïque plissé au tertiaire inf., 5 volcanisme tertiaire sup., 6 volcanisme plio-pléistocène., I₁ batholite côtier., I₂ Intrusions tertiaires.

FIGURE 4c — Coupe de la chaîne andine — C-C' (domaine occidental du Centre Pérou).

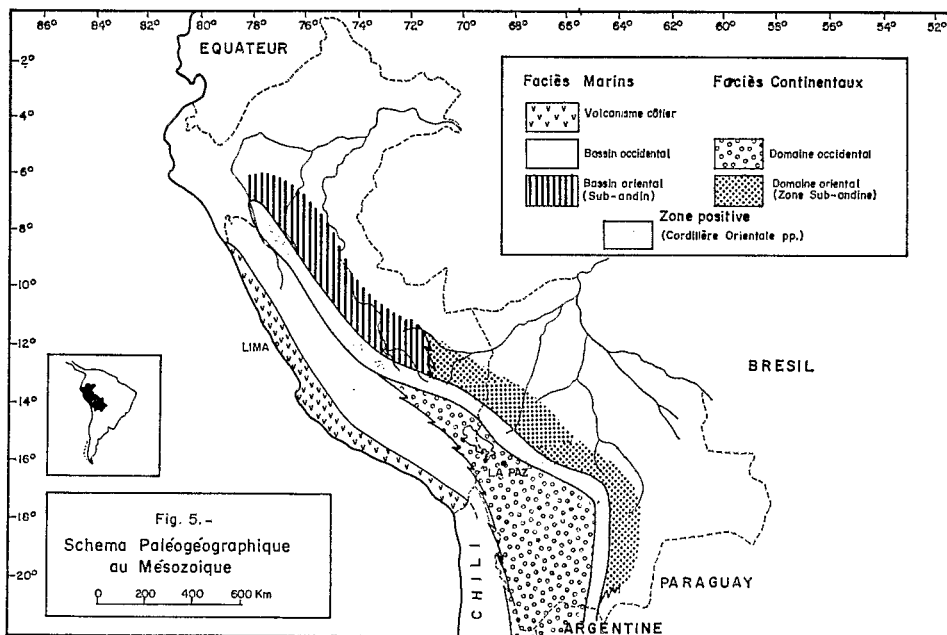


FIGURE 5 — Schéma paléogéographique au Mésozoïque.

du Cénomanién, que la sédimentation du Crétacé supérieur se généralise avec des faciès marins et continentaux qui diffèrent des faciès du Crétacé du domaine andin occidental. Le cénozoïque correspond à des dépôts essentiellement continentaux avec des passées marines d'âge miocène.

Les diverses phases de compression hercyniennes et andines mises en évidence dans la Cordillère Orientale et dans le domaine andin occidental semblent se manifester dans la zone sub-andine uniquement par des lacunes, des changements de faciès et de très faibles discordances. La phase de déformation responsable du plissement est d'âge post-miocène, probablement intra-pliocène. A cette phase correspondent des plis de type concentrique, cylindriques sur des centaines de kilomètres, accompagnés de failles inverses à grand rejet dont certains affectent le substratum précambrien. On ne note jamais de schistosité. Les structures sont déversées vers le Bouclier. Une faille inverse de grande ampleur, à pendage ouest, sépare la zone sub-andine de la Cordillère Orientale. Vers l'est, les dernières structures connues sont ensevelies sous les sédiments horizontaux plio-quatérnaires des plaines de l'Amazonie et du Chaco.

LE DOMAINE ANDIN OCCIDENTAL (Fig. 5). Après la pénéplanisation de la Chaîne Hercynienne, une transgression marine mésozoïque détermine un bassin de sédimentation orienté NNW-SSE dans lequel deux zones peuvent être distinguées d'ouest en est. Au niveau de la côte actuelle un chapelet d'îles où règne pendant le Mésozoïque une intense activité volcanique, sépare le Pacifique (mer ouverte) d'un bassin de sédimentation épicontinental. Ce bassin subsident, ouvert aux influences pacifiques est limité à l'est par la Cordillère Orientale émergée qui forme un géanticlinal. Au sud-est, dans la région de Cuzco et de l'Altiplano péruano-bolivien, se déposait une épaisse série continentale.

1°) *Les faciès marins.* — L'invasion marine mésozoïque débute au Carnien et dépose jusqu'au Lias supérieur une épaisse série carbonatée (jusqu'à 3000 m.). Pendant ce temps, sur la bordure occidentale, une activité volcanique émet des laves andésitiques qui s'intercalent avec des sédiments clastiques (nord) ou des calcaires récifaux (sud). Le bassin est mal connu pendant le Dogger et le Malm. Le Dogger est représenté par des sédiments clastiques au nord et calcaires au sud, tandis que continue l'activité volcanique à l'ouest. La lacune d'une grande partie du Malm, fait penser à des mouvements "Névadiens", mais hormis quelques zones très localisées du sud du Pérou, où a été décrite une discordance angulaire, il semble que l'on ait affaire à des mouvements verticaux. Du Callovien à la fin du Néocomien, alors qu'à l'est du bassin, en bordure de la Cordillère Orientale, alternent des faciès marins et continentaux, à l'ouest, la sédimentation est marine: signalons que c'est à partir du Jurassique supérieur que s'individualise dans le nord et le centre du Pérou le géanticlinal de la Cordillère Orientale (géanticlinal du Marañon) séparant le bassin occidental du bassin subandin. Sur la côte continue l'activité volcanique. De l'Albien au Cénomanién, la transgression Mésozoïque atteint sa plus grande extension. La mer recouvre les régions jusqu'alors émergées (Cuzco-Bolivie) et dépose une série carbonatée. Vers la fin du Sénonien, un soulèvement consécutif de la première étape des plissements andins provoque le retrait définitif de la mer de la plus grande partie des Andes péruano-boliviennes. C'est seulement dans le nord-ouest et la frange côtière du sud du Pérou que l'on connaît des dépôts marins tertiaires et quaternaires. Dans le nord-ouest du Pérou, où elle constitue actuellement la principale source de production pétrolière péruvienne, la série marine tertio-quatérnaire dépasse 8000 m. d'épaisseur; au sud, bien moins épaisse, elle atteint tout de même 1000 m.

2°) *Les faciès continentaux.* — La transition entre les faciès marins et conti-

nements du Mésozoïque, observée dans le sud du Pérou, se réalise par l'intermédiaire de séries d'évaporites (Cuzco). Sur les zones émergées, la sédimentation continentale débute probablement au Néocomien et dépose de 100 à 500 mètres de grés. Le Crétacé moyen et supérieur est représenté par des couches rouges contenant une (au Pérou) ou deux (Bolivie) intercalations de calcaires marins, témoins de l'extension maxima de la transgression mésozoïque au Cénomanién et au Sénonien. Après le soulèvement de la fin du Sénonien, tout le domaine andin connaît une sédimentation continentale (2000-3000 m.) qui se poursuit jusqu'à l'Eocène moyen ou supérieur. La phase paroxysmale andine (Eocène supérieure-Oligocène inférieure) est suivie par le dépôt d'une grande épaisseur de sédiments clastiques continentaux. Au Pérou cette série atteint 7000 m. d'épaisseur et son âge va de l'Oligocène au Miocène (?). Elle est suivie par le dépôt de 3000 m. de laves et pyroclastiques andésitiques attribués au Mio-Pliocène. En Bolivie, la série est sédimentaire de l'Oligocène au Pliocène et elle y est datée par des mammifères fossiles qui confirment les âges radiométriques effectués sur des intercalations de cinérites. Après la dernière manifestation de la tectonique andine (Pliocène), on note une intense activité volcanique qui se manifeste à l'ouest du Pérou et de la Bolivie, surtout au sud du parallèle 12°S.

3°) *La Tectonique andine.* — On distingue trois grands épisodes dans l'évolution tectonique andine:

— vers la fin du Sénonien, des mouvements de faible intensité se manifestent dans certaines parties du Pérou où ils forment des zones plissées, orientées NW-SE entre lesquelles subsistent des bassins non plissés;

— dans l'intervalle Eocène supérieur-Oligocène inférieur, se produit la phase majeure de la tectonique andine qui affecte l'ensemble du domaine andin occidental et la Cordillère Orientale.

— au Pliocène, la dernière étape des mouvements andins est marquée par un plissement qui se manifeste au Pérou par une phase et en Bolivie par deux phases de déformation.

Au Quaternaire se produit une nette distension bien qu'en certaines zones (centre Pérou) on ait pu mettre en évidence des traces de compression.

Les structures andines ont une direction générale NNW-SSE (N150°) depuis le nord du Pérou jusqu'au centre de la Bolivie et sont obliques par rapport aux structures hercyniennes. Dans le nord (Cajamarca) et le sud (Abancay) du Pérou, les directions deviennent localement E-W. Dans l'extrême nord du Pérou et à partir du parallèle 20°S, la chaîne andine devient N-S. Le style tectonique se caractérise en général par des plis concentriques à plans axiaux subverticaux ou disposés en éventail, associés à des failles inverses à pendages opposés. Les charriages sont l'exception dans la chaîne andine; ils sont dus à un comportement disharmonique de la couverture crétacé-tertiaire par rapport à son substratum. Ils ont été observés au sud (Lac Titicaca, Sicuani) et au nord (Cajamarca) du Pérou. Dans ce dernier cas, il semble qu'il faille faire une plus grande part à la compression qu'à la gravité.

Du Pacifique vers la Cordillère Orientale, on peut différencier trois principales unités structurales:

— le long de la côte la tectonique a été peu intense et a donné des plis amples à grands rayons de courbure;

— plus à l'est, une bande de plusieurs kilomètres de large, qui se suit sur plus de 100 kilomètres et localisée au centre et au nord du Pérou, montre les terrains méso-cénozoïques affectés par une schistosité nette, proche de la verticale, plan axial de plis sans déversement net. Cette zone à schistosité doit correspondre en profondeur à un rétrécissement important du socle.

— entre cette zone à schistosité et la Cordillère Orientale, la série méso-cénozoïque est déformée en plis concentriques sans déversements nets accompagnés généralement de chevauchements vers l'est en bordure de la Cordillère Orientale.

Ce schéma, valable dans le centre et le nord du Pérou, se simplifie en Bolivie, où, à l'ouest d'une plateforme hercynienne reprise à l'andin, l'Altiplano montre une épaisse série méso-cénozoïque essentiellement continentale, déformée par des plis simples et des failles inverses, résultat des deux phases de plissement tertiaire.

Les grands accidents qui ont contrôlé la sédimentation méso-cénozoïque ont joué en failles inverses au cours de la tectonique andine. Ils ont ensuite joué en faille normale pendant le Quaternaire. Au moins pendant le Tertiaire, certaines de ces failles ont pu jouer en décrochement. Signalons que beaucoup de ces failles qui bordent à l'ouest la Cordillère Orientale, sont encore actives et jouent au moment des séismes.

4°) *Le Magmatisme andin**. — Le magmatisme andin se caractérise par des intrusions généralement granodioritiques et au Tertiaire supérieur-Quaternaire, par une intense activité volcanique, surtout andésitique. Le trait le plus marquant du magmatisme intrusif andin est l'existence du Batholite Côtier, qui, sur plus de 1800 kilomètres, borde la côte du Pacifique. Il s'agit d'un batholite complexe constitué en plusieurs étapes d'intrusions et dont la composition varie de basique (gabbros) à acide (granites), les roches de composition granodioritique étant les plus répandues. Les différentes phases d'intrusion semblent s'être échelonnées du Crétacé supérieur au Tertiaire inférieur; c'est-à-dire qu'une partie au moins du batholite côtier sera anté- ou syn-tectonique.

L'autre domaine de l'activité plutonique andine est la Cordillère Orientale et sa bordure ouest. Il s'agit d'intrusions contemporaines du plissement anté-oligocène (Abancay) mais surtout de plutons post-tectoniques d'âge probable miocène. La composition de ces intrusions est essentiellement acide.

A l'exception de la côte où le magmatisme effusif est mésozoïque, l'activité volcanique andine commence au Tertiaire supérieur pour se continuer jusqu'à l'époque actuelle. Les produits de cette activité volcanique ont édifié la Cordillère Occidentale, ils sont caractérisés essentiellement par des andésites et des ignimbrites. Le domaine d'extension des ignimbrites dépasse largement vers l'est la zone de la Cordillère Occidentale.

CONCLUSIONS

Les affleurements *précambriens* dans la Cordillère des Andes seraient les témoins d'un même orogène, du fait de leur similitude lithologique et surtout métamorphique. Le métamorphisme régional est de type intermédiaire de basse pression.

Le segment péruano-bolivien de la chaîne hercynienne montre une épaisse série sédimentaire déformée par une tectonique polyphasée (éo et tardihercynienne). Le style tectonique souple est caractérisé par des plis droits, cylindriques, de direction NW-SE (jusqu'au parallèle 18°S.) et NS au delà. La déformation est accompagnée de schistosité et de métamorphisme épizonal. Le raccourcissement dans ce segment est moins important que dans la chaîne hercynienne de l'Europe Occidentale. Le magmatisme, peu important, est essentiel-

*Nous ne rattachons pas au magmatisme andin les syénites néphéliniques du sud du Pérou qui seraient atectoniques.

lement post-tectonique. Ces caractères et la présence du socle précambrien de part et d'autre de la chaîne hercynienne suggèrent une position intracratonique.

La chaîne andine, oblique par rapport à la chaîne hercynienne, est le résultat de l'évolution de deux bassins subsidents à sédimentation épicontinentale et continentale. Dans le domaine occidental, une tectonique polyphasée a donné des plis généralement subverticaux sans déversements préférentiels. Dans la zone subandine, les structures sont déversées vers le Bouclier Brésilien. Le raccourcissement est faible, la schistosité et le métamorphisme très localisés. A tous les stades de l'évolution de la chaîne, la tectonique cassante, tant dans le socle que dans la couverture, a joué un rôle prédominant. Le magmatisme andin est caractérisé par un plutonisme syn et posttectonique essentiellement acide, et par un volcanisme andésitique. Le segment péruano-bolivien de la chaîne andine présente les caractères d'une chaîne intracratonique bordière pour sa partie occidentale et plus franchement intracratonique pour la zone subandine. D'une manière générale, la disposition des orogènes hercyniens et andins en relation avec le socle précambrien montre que le schéma classique d'accrétion continentale ne s'applique pas dans la Chaîne des Andes.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- Ahlfeld, F., 1970. *Geologische Rundschau*, 59(3), p. 1124-1140.
Ahlfeld, F., et Branisa, L., 1960. *Geologia de Bolivia*. Inst. Boliv. Petrol., 245 p., I carte h-t. La Paz.
Auboin, J., et Borrello, A., 1967. *Bul. Soc. Géol. France*, 7° série, t. VIII, p. 1050-1070.
Audebaud, E., 1967. Thèse 3° Cycle, Fac. Sciences Grenoble, France.
Audebaud, E., et Laubacher, G., 1969. *C. R. Acad. Sc.*, 269, p. 2163-2166, Paris.
Audebaud, E., Bard, J. P., Capdevila, R., Dalmayrac, B., Marocco, R., Megard, F., et Paredes, J., 1971. *C. R. Acad. Sc.*, 273, p. 450-453, Paris.
Bellido, E., 1969. *Serv. Geol. y Min., Bol.* 22, 54 p., I carte h-t, Lima.
Benavides, V., 1956. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 108, p. 357-493.
Chanove, G., Mattauer, M., et Megard, F., 1969. *C. R. Acad. Sc.*, 268, p. 1698-1701, Paris.
Dalmayrac, B., 1970. *C. R. Acad. Sc.*, 270, p. 1088-1091, Paris.
Debelmas, J., et Trottereau, G., 1964. *Rev. Géog. Phys. et Géol. Dyn.*, (2), VI, fasc. 4, p. 259-268, Paris.
Egeler, C. G., et de Booy, T., 1961. *Geol. en Mijnb.*, 40, p. 319-326.
Harrington, H. J., 1962. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 46(10), p. 1773-1814.
Katz, H. R., 1959. *Ecl. Geol. Helv.*, 52(2), p. 721-734.
Ljunggren, P., et Radelli, L., 1964. *Att. Soc. Ital. Sci. Nat. e Mus. Civico Stor. Nat. Milano*, C III (II), p. 101-114.
Lohman, H. H., 1970. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 54(5), p. 735-757.
Marocco, R., 1971. *Cahiers ORSTOM, Série géologie*, III, Paris.
Martinez, C., et Tomasi, P., (1971). *Rev. Tecn. Y.P.F.B.*, 2, La Paz.
Megard, F., 1967. *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, IX(4), p. 335-346, Paris.
Megard, F., Dalmayrac, B., Laubacher, G., Marocco, R., Martinez, C., Paredes, J., et Tomasi, P., 1971. *Cahiers ORSTOM, série géologie*, III, Paris.
Newell, N. D., 1949. *Geol. Soc. Am., Memoir* 36.
Steinmann, G., 1929. *Geologie von Peru*, 448 p., I carte h-t, Heidelberg.
Stewart, J. W., 1968. *Rocas intrusivas del cuadrángulo de la Joya*, in *Bol 19 Serv. Geol. y Min.*, p. 43-78, Lima.
Wilson, J. J., 1963. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 47, N° I, p. 1-34.