

# Données lithologiques et structurales relatives à un bloc précambrien surélevé de la Cordillère andine orientale (Pérou central). Les corps de roches ultrabasi- ques qui y sont présents

par ROLAND AUMAITRE \*, GEORGES GRANDIN \* et JEAN-HUGUES GUILLON \*

*Mots clés.* — Roche métamorphique, Métamorphisme poly, Sill, Ultrabasite, Serpentine, Protérozoïque, Orogénie antécambrienne, Prospection, Ni, Cu.  
Pérou.

*Résumé.* — La présente note précise les faits généraux relatifs à la géologie et à la structure des formations métamorphiques, d'âge précambrien, de la Cordillère andine orientale du Pérou. L'accent est mis sur la fréquence de sills ultrabasi-ques, encaissés dans deux horizons lithologiques présentant un degré différent de métamorphisme : d'une part un ensemble de faciès schistes verts, d'autre part une formation amphibolitique sous-jacente, d'origine volcano-sédimentaire. Il est fait état des caractères et des conditions géologiques de gisement de ces corps de roches ultrabasi-ques ainsi que des minéralisations sulfurées primaires à Ni-Cu qui sont associées à certains d'entre eux.

*Abstract.* — This paper leads to specify the general outline according to the geology and structure of the precambrian metamorphic complex appearing in the eastern Andean cordillera of Peru. A special mention is made to the frequency of ultramafic bodies which occur in two lithologic units : an upper unit of greenschists facies on the one hand, an underlying amphibolite formation of volcano-sedimentary origin on the other. Characteristics and geological setting of the ultramafic bodies are described as well as Ni-Cu primary disseminated sulphides associated with some of them.

## INTRODUCTION.

La première hypothèse concernant l'existence de Précambrien parmi les terrains métamorphiques des Andes orientales péruviennes fut émise par Broggi [1920] pour les formations de micaschistes à intercalations de quartzites de la région de San Rafaël, au Sud de la ville de Huanuco. Vers Huanuco, Broggi signalait l'existence, outre d'intrusions pré-mésozoïques alcalines, de masses dioritiques et quartzo-dioritiques étendues, métamorphisées à l'Hercynien.

Steinmann [1929] notait la présence, entre San Rafaël et Huanuco, de formations phylliteuses et quartzitiques, situées sous des schistes à Graptolites d'âge Ordovicien. Bien qu'il n'ait pas observé de discordance, il admettait que ces formations appartenaient à un socle précambrien, fortement plissé lors de l'orogénèse « *Maranonische faltung* », puis érodé avant le dépôt des séries ordoviciennes.

De plus cet auteur signalait, pour la première fois, la présence de roches ultrabasi-ques serpentinisées, notamment près de Huanuco et plus au Sud (région de Tarma).

Les études de Harrison [1940-1943] ont contribué à une connaissance plus approfondie de la pétrographie de ces formations et des roches intrusives associées. Il signalait l'existence d'autres affleurements de roches ultrabasi-ques, sans apporter, toutefois, de précisions sur l'âge des terrains encaissants. Il fallut attendre les travaux de Dalmayrac [1970]

\* Mission O.R.S.T.O.M. au Pérou, la Mariscala 115, Lima 27-Pérou, et O.R.S.T.O.M., 24, rue Bayard, 75008 Paris.  
Note présentée le 16 mai 1977 ; manuscrit définitif remis le 5 septembre 1977.

Les travaux présentés dans cette note, ont été réalisés dans le cadre d'une action conjointe entre l'O.R.S.T.O.M. et l'Institut de la géologie et des mines du Pérou, avec la participation de géologues de ce dernier organisme : A. Huaman, C. Vilca et J. Zegarra.



pour que soit mise en évidence la discordance existant entre les formations ordoviciennes et les phyl-lades du complexe métamorphique basal, considéré par cet auteur comme précambrien.

Toutefois l'âge de ce socle métamorphique n'était pas déterminé avec précision. Les essais de datation absolue, qui ont été tentés n'ont, jusqu'à présent, pas abouti à des résultats décisifs. Une approche indirecte de l'âge de ce socle peut être faite par comparaison avec les données d'une étude réalisée sur la côte méridionale du Pérou où apparaît un second nucleus métamorphique préordovicien. Celle-ci a permis de mettre en évidence un orogène à 2 000 Ma, repris par une phase datée de 600 Ma [Stewart *et al.*, 1974 ; Dalmayrac *et al.*, 1977]. Il faut, en outre, signaler que des roches granulitiques de 1 000 Ma ont été découvertes dans la zone sub-andine, au Nord-Ouest de la Cordillère de Vilcabamba. Ce complexe précambrien formerait, en prolongement du bouclier brésilien, le soubassement de la Cordillère des Andes [cf. notamment Marocco *et al.*, 1977].

Différents travaux récents [Dalmayrac, 1973 ; Mégard, 1973 ; Wilson *et al.*, 1967] ont montré que le Précambrien de la Cordillère orientale renferme de nombreuses intercalations de roches basiques et ultrabasiqes métamorphisées. Un projet d'étude des massifs ultrabasiqes de la Cordillère orientale fut entrepris en 1974, dans le but de déterminer leurs possibilités minières. Ce sont les résultats préliminaires de cette étude que nous présentons ici.

#### I. — APERÇU GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DE HUANUCO (fig. 1).

Les formations précambriennes constituent la moitié septentrionale de la Cordillère orientale des Andes péruviennes. Elles s'étendent, sur près de 35 000 km<sup>2</sup>, entre les vallées du rio Marañon et du rio Huallaga, à l'Est (fig. 1). L'axe de la Cordillère culmine, dans cette zone, à une altitude de 4 500 m.

Dans la Cordillère orientale, le Précambrien apparaît comme un bloc surélevé, sur lequel reposent localement, en discordance, les terrains paléozoïques. Il est limité à l'Ouest par les séries plissées permomésozoïques et tertiaires et à l'Est par une grande faille inverse qui marque le contact entre les terrains précambriens et le Permo-Trias de la zone sub-andine (fig. 1). Au Sud s'étend un complexe intrusif acide.

Les formations métamorphiques précambriennes peuvent être subdivisées en trois ensembles. De haut en bas on reconnaît :

— des métapélites, quartzites et schistes sériciteux, avec quelques intercalations volcaniques acides,

dérivant d'une série grésopélitique. Cet ensemble ne renferme pas de manifestations ultrabasiqes ;

— un ensemble épais et monotone composé de schistes sériciteux et chloriteux dans lesquels s'interposent quelques niveaux de grauwackes et de quartzites. Il comporte de nombreuses intercalations de roches basiques et ultrabasiqes ;

— un ensemble de gneiss et amphibolites dérivant d'une épaisse série volcano-sédimentaire, dans laquelle une forte proportion de roches basiques (gabbros, diorites, coulées basaltiques...) et ultrabasiqes s'associait aux produits terrigènes, grésosarkosiques, provenant du démantèlement d'un socle sialique.

Dans la région de Chinchao les amphibolites coiffent (fig. 3) de petits pointements de gneiss granulitiques qui s'apparentent aux faciès kinzigitiques des vieux socles. Signalons enfin que les formations précambriennes sont injectées par des batholites granitiques. Ceux-ci renferment de grands septas dioritiques qui apparaissent anté ou syntectoniques.

Le Précambrien est un ensemble polymétamorphique avec une première phase à pression intermédiaire reprise par une phase à basse pression. Les faciès vont de l'anchizone à la mésozone, voire à la catazone (pointements granulitiques). Il est à noter que les faciès les plus métamorphiques se distribuent dans la partie orientale de la Cordillère [cf. également Audebaud *et al.*, 1971].

Une légère rétro-morphose s'est manifestée néanmoins, particulièrement dans les amphibolites et leur soubassement granulitique.

Les terrains précambriens ont été affectés par une tectonique polyphasée. Nous avons confirmé, à ce propos, le schéma établi par Dalmayrac [1973] et reconnu l'existence de quatre phases superposées, dont les deux plus récentes sont postérieures au second métamorphisme. La dernière, qui est peut-être attribuable à l'orogénèse andine, a ployé les structures antécédentes en ondulations amples, d'axe NNW-SSE.

Comme nous l'avons vu antérieurement, les corps de roches ultrabasiqes se répartissent dans deux ensembles des formations précambriennes : d'une part dans la série schisteuse, d'autre part dans la formation amphibolitique sous-jacente. Dans les deux cas il s'agit de lentilles allongées parallèlement à la foliation et disposées conformément aux structures. Leurs dimensions varient de 100 m à 7 km et de 10 à 400 m selon la direction transverse. Leur plus forte concentration apparaît dans la région de Huancapallac (fig. 1) où un chapelet d'une quarantaine de corps ultrabasiqes, dont certains sont accompagnés de masses de gabbros de type euphotide, a été mis en évidence, ainsi qu'à l'Est, dans la zone de Chinchao. Entre ces deux alignements de



lentilles ultrabasiques s'étend l'épaisse série grésopélitique qui en est exempte.

Les corps de roches ultrabasiques sont très serpentinisés. De plus, ils montrent parfois une altération de type « talc-carbonate ». Leur transformation, lorsqu'elle est incomplète, laisse apparaître la nature pétrographique initiale : on reconnaît notamment des dunites et des harzburgites pauvres en pyroxène, ainsi que, mais en une moindre part, des pyroxénites.

On remarquera que les ultrabasites se distribuent dans deux horizons des formations précambriennes, présentant un degré différent de métamorphisme. Dans la série schisteuse elles donnent lieu à des sills très serpentinisés et non différenciés, mais parfois accompagnés de gabbros de type euphotide. Dans la formation amphibolitique sous-jacente, coexistent des sills serpentineux de dimensions restreintes et des corps évolués, à roches basiques et ultrabasiques, de grande taille. Certains d'entre eux offrent la particularité de renfermer des disséminations sulfurées à nickel-cuivre, dont l'intérêt économique reste à déterminer. Jusqu'à présent celles-ci n'ont pas été mises en évidence dans les sills ultrabasiques de la série schisteuse.

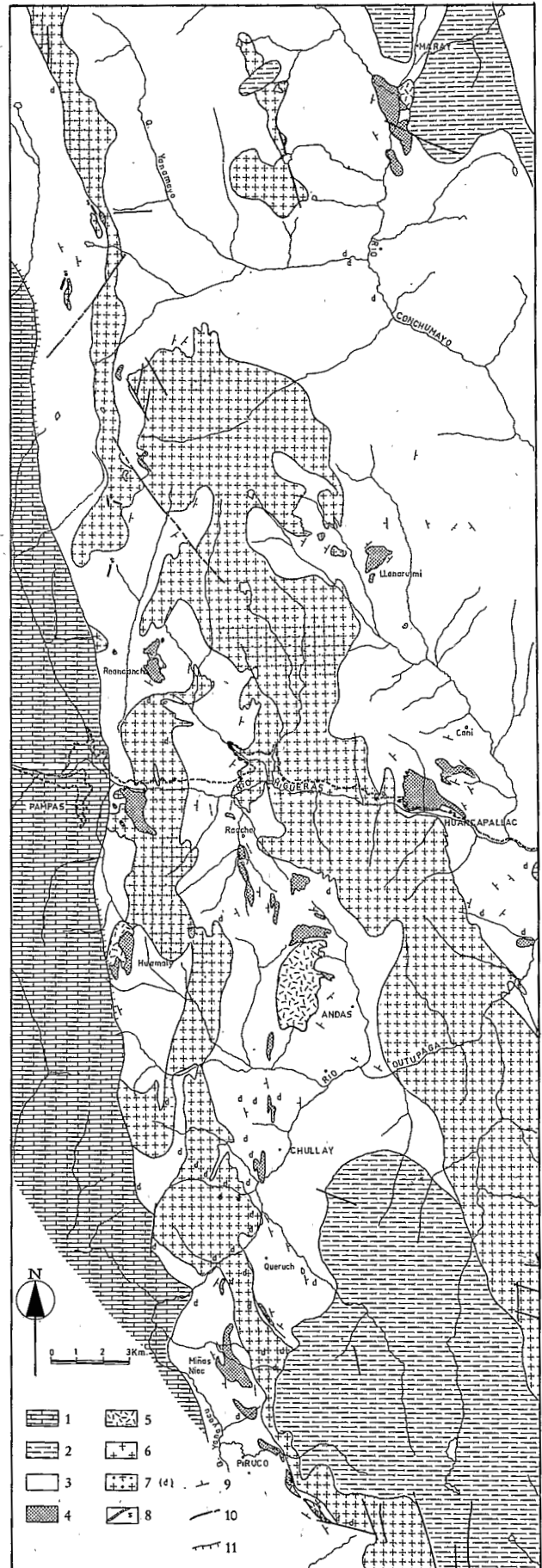
## II. — LA ZONE DE HUANCAPALLAC (fig. 2).

La zone de Huancapallac est située au cœur de la chaîne précambrienne, dans un secteur de forte altitude. Des batholites granitiques isolent des couloirs schisteux, allongés selon une direction NNW-SSE. Le Précambrien porte des synclinaux perchés où apparaissent les séries sédimentaires paléo- et mésozoïques.

Le Précambrien se limite donc essentiellement à la série schisteuse. Celle-ci se présente, dans cette zone, comme un ensemble très puissant de schistes sériciteux et chloriteux, au milieu desquels apparaissent quelques niveaux de quartzites ainsi que des intercalations lenticulaires de métavolcanites basiques à cœur grenu. Dans cette série s'allonge un chapelet de corps ultrabasiques, intensément serpentinisés. Il s'agit de masses silliformes allongées conformément à la foliation de leur encaissant ; des mouvements de translation limités se sont cependant produits dans les plans de contact. La

FIG. 2. — Schéma géologique du secteur de Huancapallac.

1 : séries « Mitu » et « Pucara » (Permien à Jurassique inférieur) ; 2 : Paléozoïque inférieur (Ordovicien-Silurien) ; 3 : Précambrien : schistes séricite-chloriteux, métaquartzites, micascistes, gneiss, amphibolites ; 4 : sills ultrabasiques ; 5 : gabbros ; 6 : granites ; 7 : diorites (d : affleurements de diorite dans les schistes ou les granites) ; 8 : dykes doléritiques ; 9 : direction et pendage de la foliation ; 10 : faille ; 11 : faille inverse.



roche est tectonisée et présente une foliation grossière dont les plans ont contrôlé le développement des produits de transformation des ultrabasites (talc, chlorite, magnétite...). De plus on note, généralement, une silicification et une chloritisation des zones de contact.

Les corps ultrabasiques que l'on observe au sein de la série schisteuse peuvent atteindre 2 à 3 kilomètres de longueur, quelques centaines de mètres à 1 kilomètre selon la direction transverse. Cependant la grande majorité d'entre eux a une longueur qui n'excède pas un kilomètre.

Bien que la serpentinisation soit toujours accusée, on peut reconnaître parfois des faciès de dunités ou plus rarement de harzburgites, dans lesquelles subsistent de minces niveaux de pyroxénites. Très exceptionnellement, une association de ces différents termes a pu être notée dans un même sill. Le plus souvent, cependant, les corps ultrabasiques ne montrent aucune différenciation interne. Certains d'entre eux sont accompagnés de masses de gabbros à texture pegmatoïde, peu métamorphisés. Ces roches forment des massifs indépendants de grande taille, contigus aux sills ultrabasiques; elles s'observent également en passées lenticulaires au sein des corps serpentineux eux-mêmes. Il est à noter que les corps ultrabasiques accompagnés de masses gabbroïques se présentent, le plus souvent, au sein de séries légèrement plus métamorphiques, à tendance gneissique et qui représentent peut-être un équivalent de la formation amphibolitique de Chinchao (voir plus loin).

Les ultrabasites de la zone de Huancapallac sont pauvres en chromite (absence d'amas chromifères) mais renferment toujours une forte proportion de magnétite. De fines inclusions sulfurées ont, en outre, été observées. Il s'agit de grains composites, formés de pyrite, de pyrrhotite, de chalcopyrite et de pentlandite, partiellement transformée en bravoïte et en violarite; des traces de blende sont, de plus, présentes dans l'un des sills serpentineux de cette zone. Les minéralisations sulfurées n'ont, cependant, aucun caractère économique.

La zone de Huancapallac est caractérisée par l'existence de ces chapelets de corps ultrabasiques qui s'allongent sur une distance de plus de trente kilomètres, mais aussi par la présence de dômes granitiques étendus. Bien que l'allongement de ces dômes de granites soit conforme à la foliation de l'ensemble schisteux, ils se révèlent, dans le détail, sécants par rapport à celui-ci. De plus les granites renferment des enclaves de dimensions variables, des roches précambriennes (schistes, quartzites, mais aussi roches ultrabasiques). Il s'agit donc bien d'un ensemble intrusif, postérieur à l'édification de la chaîne précambrienne. Les masses granitiques renferment cependant de volumineux septas dioritiques

avec lesquels elles présentent des relations intrusives. Les diorites étant présentes également dans les formations précambriennes en petits corps indépendants, il peut parfaitement s'agir de reliques ayant échappé à l'envahissement des granites et non pas d'un terme de différenciation de ceux-ci. Aucune relation n'a cependant été mise en évidence à cette date entre les diorites et les masses de roches basiques et ultrabasiques. Il est probable qu'elles représentent des épisodes magmatiques distincts.

### III. — LA ZONE DE CHINCHAO (fig. 3).

Celle-ci s'étend sur le flanc oriental de la chaîne précambrienne, en bordure de la couverture sédimentaire sud-andine. Une part importante du substrat est représentée par la série schisteuse, tout à fait semblable à celle présente dans la région de Huancapallac, à cette exception près que les corps ultrabasiques y soient peu fréquents. Cette épaisse série, composée de séricite et chloritoschistes dans lesquels s'intercalent quelques minces niveaux de quartzites et de schistes porphyroïdes d'origine tufacée, est relayée à l'Ouest par la série grésopélitique. Il est à noter que les grands batholites granitiques qui, dans la région de Huancapallac, injectent la série schisteuse ne sont pas présents ici.

Sous les schistes apparaît la formation amphibolitique. Celle-ci constitue des boutonnières allongées Nord-Sud. La principale s'étend dans la partie inférieure du rio Chinchao et se moule au Nord sur un petit pointement de gneiss granulitiques à graphite et grenats.

Cette formation est composée de gneiss leucocrates, de schistes amphibolitiques à minéraux détritiques et d'amphibolites rubanées, caractérisées par l'alternance régulière de niveaux plagioclasiques et amphibolitiques. Il apparaît que les amphibolites sont, en plus grande part, orthodérivées, certains faciès évoquant incontestablement, outre des basaltes doléritiques à grain fin, des métadiorites et des métagabbros. Les gneiss auraient, quant à eux, pour origine, des niveaux grésosarkosiques grossiers provenant du démantèlement d'un socle sialique.

Les amphibolites encaissent plusieurs corps ultrabasiques. Il s'agit, le plus généralement, de sills serpentineux de petite taille, allongés conformément à leur foliation. Ceux-ci sont d'origine dunitique. Il ne montrent aucune différenciation interne et ne sont pas accompagnés de roches feldspathiques. On note, de plus, l'existence d'un corps ultrabasique (massif de San Luis) de 7 km de longueur et de 350 m de largeur moyenne. Cette grande masse ultrabasique présente la structure d'un anticlinal pincé à déversement est. Elle est formée, dans sa partie centrale, de harzburgites massives très serpentinisées, passant sur ses deux marges à une alternance de dunités

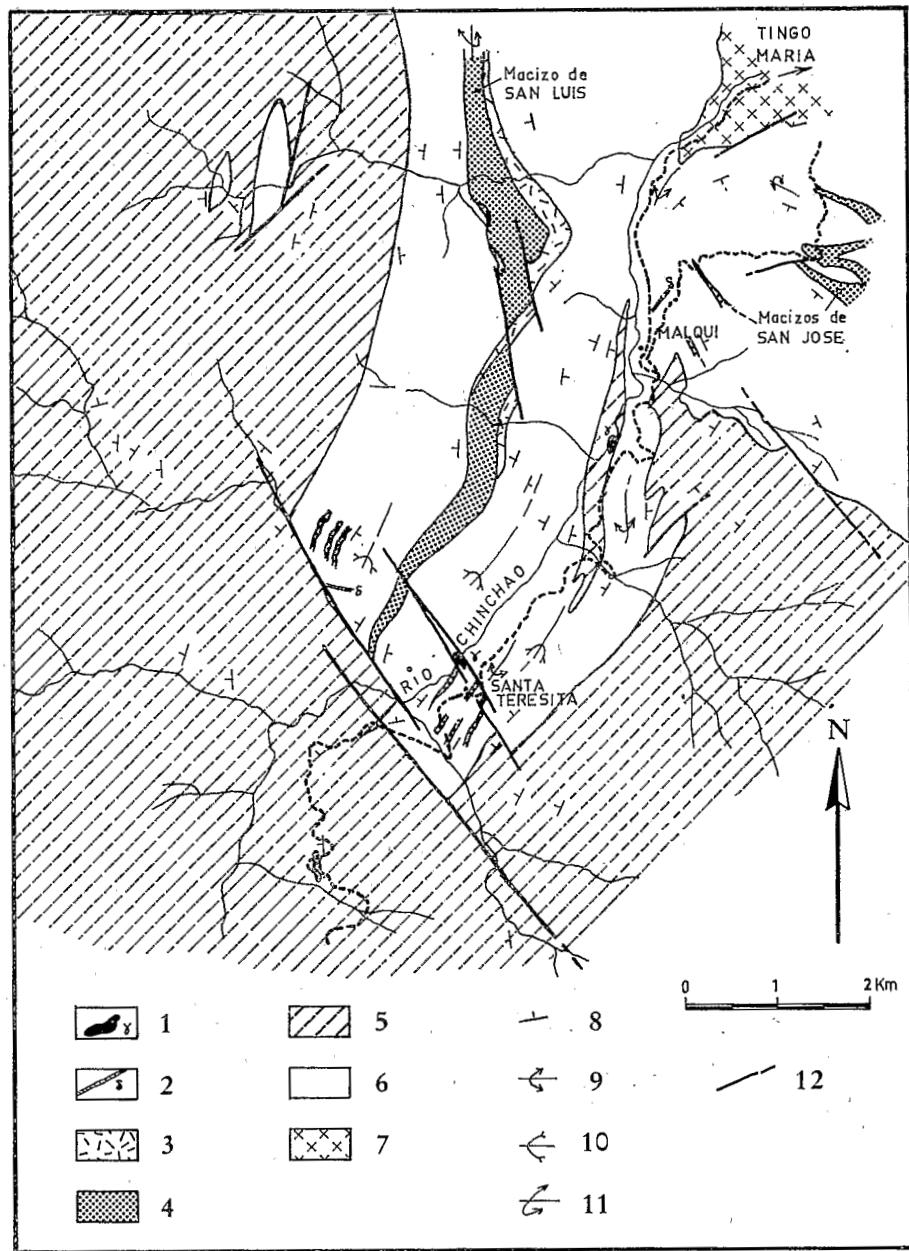


FIG. 3. — Schéma géologique de la zone de Chinchao.

1 : granites ; 2 : dykes de dolérites ; 3 : norites et anorthosites ; 4 : sills ultrabasiques ; 5 : schistes séricito-chloriteux et graphiteux ; 6 : gneiss et amphibolites ; 7 : granulites kinzigitiques ; 8 : direction et pendage de la foliation ; 9 : axe anticlinal ; 10 : axe synclinal ; 11 : anticlinal déversé ; 12 : faille.

et de pyroxénites, dans lesquelles apparaît du clinopyroxène, ainsi que, parfois, une faible proportion de plagioclase. Les roches ultrabasiques sont flanquées, de part et d'autre, de norites et d'anorthosites qui semblent leur être intimement associées. En outre sur le flanc oriental du massif de San Luis s'observent localement des amphibolites à grain fin présentant

le faciès de metabasaltes. Il faut noter que les roches gabbroïques s'observent également dans la masse ultrabasique, sous la forme de passées lenticulaires, allongées conformément à ses structures internes.

L'analyse structurale révèle que tous les corps ultrabasiques, qu'il s'agisse des lentilles serpenteuses ou de ce grand massif différencié à roches



basiques et ultrabasiques, pourraient être disposés dans un même niveau de la formation amphibolitique. Ils apparaissent impliqués dans des plis isoclinaux serrés à déversement est ou nord-est.

Certains sillons serpentiniteux ainsi que le massif différencié de San Luis présentent des minéralisations sulfurées cupro-nickelifères. Dans cette région celles-ci atteignent un développement particulier. Il s'agit de disséminations de sulfures primaires à pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite et pentlandite qui se distribuent selon plusieurs bandes parallèles, de 100 à 250 m de longueur et de quelques dizaines de mètres de largeur, et disposées préférentiellement sur les flancs des corps ultrabasiques. Dans certains d'entre eux (sill de San José notamment) une minéralisation secondaire arsénifère et arsénio-sulfurée à nickel-cobalt, se surimpose localement aux sulfures primaires. Deux stades de minéralisation ont donc été reconnus. Seul le premier, contemporain de la phase de cristallisation des silicates, pourrait éventuellement offrir un intérêt économique.

#### IV. — COMMENTAIRES GÉNÉRAUX.

La fréquence des manifestations ultrabasiques constitue le trait géologique dominant des formations précambriennes de la Cordillère andine orientale. Cependant la distribution des corps serpentiniteux,

auxquels s'associent parfois des masses différenciées à roches basiques et ultrabasiques, dans deux horizons des lithoséquences de ce complexe métamorphique, ne peut être aisément interprétée en termes géodynamiques. On doit remarquer que les alignements de lentilles ultrabasiques ne jalonnent pas des accidents structuraux. Ils n'appartiennent donc pas à des écaillés tectoniques. Tout au contraire les sillons ultrabasiques semblent faire partie intégrante des ensembles métamorphiques dans lesquels ils sont encaissés. Avec eux ils participent aux plissements intenses et serrés qui les affectent. Ils sont donc antérieurs à la phase majeure de déformation. On peut donc envisager que ces corps ultrabasiques se soient mis en place sous la forme d'intrusions ou d'épanchements semi-solides dans des sillons sédimentaires, sculptés dans un socle ancien. Si dans cette chaîne précambrienne ne se vérifie pas la disposition des « belts » archéennes, c'est-à-dire de guirlandes orogéniques intracratoniques, caractérisées par de fortes accumulations de matériel volcanique où apparaissent des roches komatiitiques, par contre un rapprochement peut être tenté avec les ceintures plissées péricratoniques et, en particulier, celles qui s'étendent sur le pourtour des boucliers canadien et sud-africain. Ceci et l'âge supposé de cette chaîne ne laissent subsister qu'un espoir limité quant à l'intérêt minier des manifestations ultrabasiques qui y sont présentes.

### Références

- AUDEBAUD *et al.* (1971). — Le métamorphisme précambrien de basse pression des Andes orientales du Pérou. *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 273, p. 450-453.
- BROGGI J. A. (1920). — Apuntes sobre la geologia de Huanuco. *Ann. 1<sup>er</sup> Congr. Nac. Ind. Miner.*, t. VIII, p. 47-66.
- DALMAYRAC B. (1970). — Mise en évidence d'une chaîne anté-ordovicienne et probablement précambrienne dans la Cordillère Orientale du Pérou Central (région de Huanuco). *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 270, p. 1088-1091.
- DALMAYRAC B. (1973). — Estudio geologico preliminar de la Cordillera oriental. S.G.M. - O.R.S.T.O.M., rapp. multigr., 97 p., Lima.
- DALMAYRAC B., LANCELOT J. R. et LEYRELOUP A. (1977). — 2 000 m.y. granulites in the late precambrian metamorphic basement along the Southern Peruvian coast. *Sciences* (à paraître).
- HARRISON J. V. (1940). — Nota preliminar sobre la geologia de Los Andes centrales del Peru. *Bol. Soc. Geol. Peru*, 10, 53 p.
- HARRISON J. V. (1943). — Geologia de los Andes Centrales en parte del Departamento de Junin, Peru. *Bol. Soc. Geol. Peru*, 16, 97 p.
- MAROCCHO R., DALMAYRAC B. et LAUBACHER G. (1977). — Caractères généraux de l'évolution géologique des Andes péruviennes. Thèse U.S.T.L., Montpellier (édition en cours).
- MEGARD F. (1973). — Étude géologique d'une transversale des Andes au niveau du Pérou central. Thèse U.S.T.L. Montpellier, 263 p.
- STEINMANN G. (1929). — Geologie von Peru. Heidelberg, Karl Winter edit., 448 p.
- STEWART J. W., EVERDEN J. F. et SNELLING N. J. (1974). — Age determinations from Andean Peru. A reconnaissance Survey. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol 85, p. 1107-1116.
- WILSON J., REYES L. et GARAYAR J. (1967). — Geologia de los cuadrangulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari. *Bol. Ingeomin Lima* n° 16, 95 p.