

TECTONIQUE. — *Précisions sur la tectonique tangentielle des terrains secondaires du massif de Pirin (Nord-Ouest du lac Titicaca, Pérou)*. Note (*) de MM. Gustavo Chanove, Maurice Mattauer et François Megard, présentée par M. Louis Glangeaud.

Le massif de Pirin s'allonge sur une trentaine de kilomètres en bordure du lac Titicaca (3 814 m) qu'il domine de quelques centaines de mètres.

Il fut rendu célèbre, au début du siècle, par un petit champ pétrolier, qui se trouve être le plus haut du monde (3 900 m environ). Par suite de son intérêt économique, plusieurs études géologiques furent consacrées à ce massif; ce furent d'abord, il y a une vingtaine d'années, celles de A. Heim ⁽¹⁾ et de N. D. Newell ⁽²⁾. Plus récemment, entre 1962 et 1966, l'« Empresa Petrolera Fiscal » a réalisé l'étude détaillée (inédite) de toute la région du lac Titicaca et en particulier celle du massif de Pirin; c'est grâce à ce travail qu'il nous a été possible, à la suite de tournées communes, de proposer une nouvelle interprétation tectonique de ce massif.

LES CONCEPTIONS TECTONIQUES ANTÉRIEURES. — La tectonique du massif fut interprétée de façons diamétralement opposées :

— N. D. Newell y décrit et cartographia des plis couchés, des séries renversées et des chevauchements importants; pour lui, tout le massif correspondait à des structures de direction *Nord-Ouest - Sud-Est* et à un empilement d'unités charriées du *Sud-Ouest vers le Nord-Est*.

— A. Heim s'opposa catégoriquement à cette conception et affirma que les charriages n'existaient pas; il ne voyait pour sa part que des plis assez simples et des failles assez redressées. Ceci l'amenait notamment à considérer comme tertiaires et discordants sur l'ensemble des autres formations les calcaires « Sipin », élément important des structures charriées de N. D. Newell, attribués à juste titre par ce dernier au Crétacé inférieur.

A la suite de la polémique qui en résulta, on pouvait se demander quelle était vraiment la structure de cette région.

L'INTERPRÉTATION TECTONIQUE NOUVELLE. — A la suite d'une cartographie détaillée, il nous est possible d'affirmer qu'il existe effectivement, comme le proposait N. D. Newell, *de grands plis couchés, des séries inverses et d'importants chevauchements*. La carte de la figure, qui correspond à une zone particulièrement compliquée du massif et qui complète et corrige celle de Newell, nous en fournit d'excellents exemples; là, il est impossible de ne pas admettre des charriages et des flancs inverses de plusieurs kilomètres: la succession stratigraphique parfaitement claire et les critères de polarité dans les grès (stratifications entrecroisées) le démontrent sans discussion.

Mais contrairement à ce que pensait N. D. Newell, les structures n'ont pas une

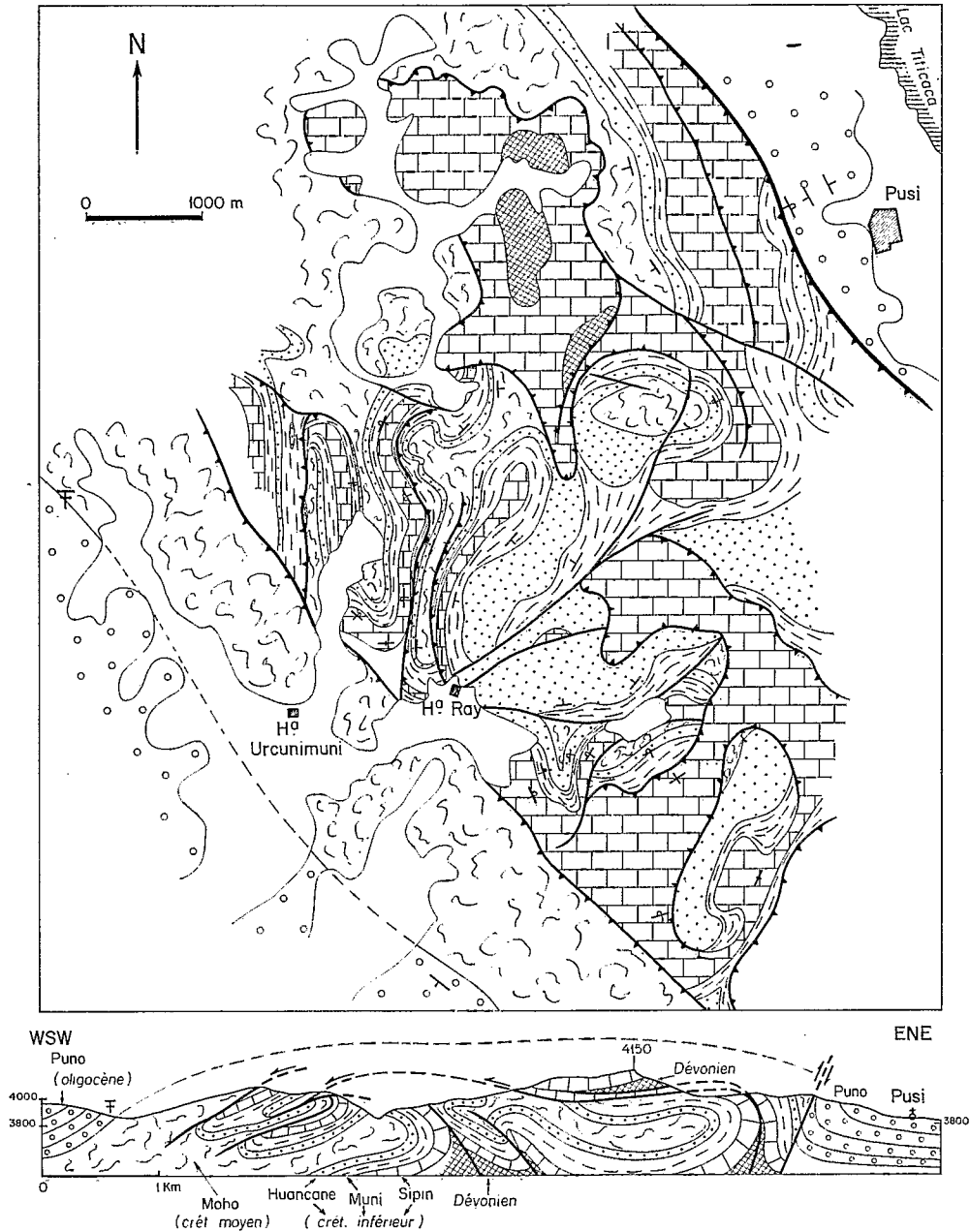
O. R. S. I. O. M.

- 5 MAI 1970

Collection de Référence

n° 14000ex1

direction Nord-Ouest - Nord-Est et surtout ne sont pas déversées du Sud-Ouest vers le Nord-Est ; on voit en effet sur la figure que les plis ont en moyenne une direction Nord - Nord-Est et qu'ils sont déversés vers l'Ouest - Nord-Ouest.



On peut dès lors se demander quels sont les rapports de ces structures tangentielles, très énergiquement déversées vers l'Ouest, avec la « faille de Pirin », qui correspond incontestablement à un chevauchement vers le Nord-Est ; celui-ci ne présente cependant pas un pendage faible comme le dessinait Newell, mais un pendage fort comme l'avait, cette fois-ci, bien noté Heim.

L'explication en est aisée : *il existe dans le massif de Pirin 2 phases tectoniques distinctes caractérisées chacune par un style différent.* La première correspond aux plis couchés et chevauchements qui ont principalement attiré l'attention de Newell ; elle est antérieure au Tertiaire (formation Puno) qui recouvre ces structures en discordance. Comme la base de ce Tertiaire appartient en fait à la base de l'Oligocène ⁽³⁾ cette phase s'est produite à la fin du Crétacé ou à l'Eocène. La deuxième, postérieure à cet Oligocène et probablement antérieure au Mio-pliocène, correspond à des structures beaucoup plus simples, avec en particulier des plans de chevauchement très redressés ; A. Heim ne s'intéressa guère qu'à ses effets.

Ainsi, pour n'avoir pas reconnu l'existence de ces deux phases et n'avoir chacun étudié que l'une d'entre elles, N. D. Newell et A. Heim ne purent se comprendre.

STYLE DE LA PREMIÈRE PHASE TECTONIQUE. — Les structures sont remarquablement souples ; on rencontre des plis dont les flancs inverses, très développés peuvent dépasser 4 km ; on passe en général très brutalement des flancs normaux sub-verticaux aux flancs inverses ; on peut voir dans certains cas un anticlinal de plan axial vertical Nord - Nord-Est se déverser brusquement et son flanc inverse former une grande lame chevauchante vers l'Ouest - Nord-Ouest ; ce type d'enracinement semble assez fréquent dans le massif. Dans les flancs normaux aussi bien que dans les flancs inverses, les strates ne sont pas étirées et tous les détails de sédimentation sont conservés : on est en présence de *plis isopaques*. Des contacts anormaux parallèles ou obliques à la stratification générale se rencontrent souvent ; n'étant pas jalonnés par des brèches tectoniques, ils ne peuvent être mis en évidence que grâce aux superpositions stratigraphiques anormales.

Les plis montrent des terminaisons axiales et des torsions très brutales ; enfin, le mécanisme du plissement a dû être complexe, puisqu'on trouve des flancs inverses replissés en faux anticlinaux ou réécailés.

Les grandes lames de recouvrement comportent essentiellement les calcaires Sipin (base du Crétacé inférieur) souvent à l'envers, qui ont parfois entraîné avec eux des lambeaux de Dévonien schistogréseux qu'ils recouvrent en discordance. Dans les anticlinaux couchés de moindre dimension, dont le flanc normal manque souvent, les séries schistogréseuses et les grès rouges du Crétacé inférieur (formations Muni et Huancane) continuent en général à adhérer au Sipin.

Dans tous ces terrains, à l'échelle de la centaine de mètres, les structures restent relativement bien réglées, mais dans le Moho (Crétacé moyen) apparaît une tectonique chaotique qui est parfaitement bien soulignée par l'allure désordonnée que prennent les intercalations calcaires (dites calcaires Ayabacas).

La présence de niveaux compétents relativement minces (calcaires Sipin et Ayabacas, grès Huancane) dans une série en moyenne très plastique a rendu possible ces complications, qui d'autre part se sont vraisemblablement produites sous une faible charge. Il semble en effet que les niveaux rouges et verts grés-argileux du Crétacé supérieur (formation Cotacucho, Vilquechico et Muñani) n'aient eu dans cette zone qu'une épaisseur réduite ; en tous cas, on n'arrive pas à les identifier dans le massif de Pirin, alors qu'on les retrouve plus au Sud-Est dans la péninsule de Capachica.

Il n'en reste pas moins que cette tectonique extraordinairement compliquée implique un rétrécissement notable.

STYLE DE LA SECONDE PHASE TECTONIQUE. — Il est caractérisé par des failles chevauchantes raides et des plis amples, tous de direction Nord-Ouest - Sud-Est ; la faille de Pirin et les plis simples d'axe Nord-Ouest qui reprennent les plis couchés à la première phase au Sud-Ouest de Pusi en sont de bons exemples. Cette seconde phase affecte la formation Puno désormais datée ⁽³⁾ et dont l'épaisseur selon Newell, peut atteindre 7 000 m. Son style s'explique notamment par la compétence et l'énorme puissance de ces dépôts.

CONCLUSIONS. — Les structures tangentielles que nous venons de mettre en évidence ne sont pas limitées au massif de Pirin. Elles restent cependant localisées à la rive ouest du lac Titicaca. C'est ainsi que les épaisses séries de Crétacé continental rouge qui affleurent largement entre le lac Titicaca au Sud-Ouest et la cordillère paléozoïque orientale au Nord-Est, montrent un plissement de couverture beaucoup moins intense et souvent relativement simple.

Mais un style tectonique comparable, et même encore plus compliqué, se retrouve à environ 200 km plus au Nord-Est (sur les feuilles de Sicuani et Ocongate) où E. Audebaud ⁽⁴⁾ a mis en évidence d'importants chevauchements et plis couchés affectant une épaisse série de Crétacé continental.

Cette partie des Andes péruviennes, située à l'Ouest de la cordillère orientale, offre ainsi deux caractères intéressants qui sont d'une part l'existence d'un plissement intense affectant le Crétacé et allant jusqu'à former de petites nappes, d'autre part le déversement général vers le Pacifique et non vers le bouclier amazonien de toutes les structures.

(*) Séance du 24 mars 1969.

(1) A. HEIM, Estudios tectonicos en la region del campo petrolifero de Pirin, *Bol. Oficial de la Direccion de Minas y Petroleo*, Año 26, n° 79, 1947, 47 pages.

(2) N. D. NEWELL, Geology of the lake Titicaca region, Peru and Bolivia, *Geol. Soc. Amer.*, Memoir 36, 1949, 111 pages.

(3) L'un de nous (M. M.) a en effet trouvé à la base de la formation Puno (à l'Est de l'Hacienda Urcunimuni), des Charophytes dont L. Grambast (Fac. Sc. Montpellier) a donné la diagnose suivante : « les Charophytes appartiennent toutes au genre *Chara sensu stricto* ce qui indique un âge post-Eocène moyen ; ces formes, certainement nouvelles, n'ont pas l'aspect des Charas les plus anciens de l'Eocène ; elles s'éloignent encore d'avantage des formes récentes du Miocène supérieur-Pliocène ; elles évoquent par contre les formes de l'Oligocène, peut-être moyen ».

(4) E. AUDEBAUD, Etude géologique de la région de Sicuani et Ocongate (Cordillère orientale sud-péruvienne), *Thèse 3^e cycle*, Grenoble, 1967.

(G. C., *Empresa Petrolera fiscal, Lima* ;

M. M., *Laboratoire de Géologie structurale, Faculté des Sciences,*
place Eugène-Bataillon, 34-Montpellier, Hérault ;

F. M., *O. R. S. T. O. M.-C. N. R. S. et Servicio de Geologie y Minería, Lima.*)