

MISE EN EVIDENCE DE STRUCTURES TANGENTIELLES ANDINES DANS LE SUD DE LA BOLIVIE (REGION DE TICA TICA, DEPARTEMENTO DE POTOSI) PAR SPOT.

LAUBACHER, G.* Institut Francais de Recherche pour le Développement en Coopération (ORSTOM) , B.P. 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France.

Abstract.

Spot imagery was used for mapping and analyzing the stratigraphy and tectonism of an area of 60 km x 60km in the eastern Cordillera of southern Bolivia. Paleozoic, Cretaceous and Tertiary rocks crop out and could be subdivided into units using spectral and morphological criterias. Tertiary tectonics look very spectacular and complexe, and large scale tangential movements from west to east are inferred .

Mots-clés: *Image Spot, stratigraphie, tectonique tangentielle, Cordillère orientale, sud Bolivie*

Introduction

Une bande Spot multispectrale (3 canaux dans le visible, pixel de 20m), couvrant une zone d'environ 60 x 60km et située au SW de Potosi (Fig.1), centre de la scène: 20°01' S et 66°18' W), a été acquise pour réaliser une cartographie stratigraphique et tectonique préliminaire. L'interprétation a été entreprise sans connaissance de la région de laquelle on ne disposait que d'une cartographie à grande échelle (carte géologique au 1/1000000^e de GEOBOL).

L'utilisation du logiciel STIMDI, couplé à une imprimante VERSATEC (Centre National Universitaire Sud de Calcul), permet de réaliser des tirages de compositions colorées à haute résolution (RVB, ACP) optimales à l'échelle du 1/75000^e. L'interprétation a été faite visuellement en utilisant les critères morphologiques et spectraux (les compositions colorées RVB fournissant une excellente image morphologique, alors que les tirages à partir de l'ACP permettent une bonne discrimination lithologique). Un travail sur écran (logiciel PLANETES, Centre ORSTOM de Montpellier) avec d'autres traitements (rehaussement, ratio,...) permet souvent d'affiner l'interprétation. La taille des objets et du pixel sont des facteurs limitants et les structures petites, même encore visibles, sont difficiles à interpréter. Quelques photos aériennes ont également été utilisées.

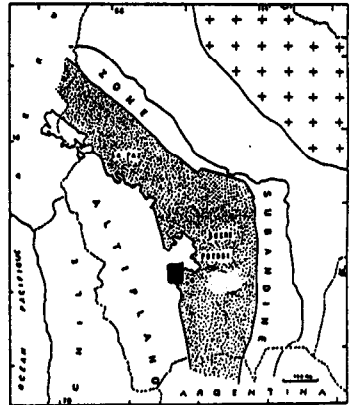


Fig.1

La qualité des données Spot et les conditions d'affleurement particulièrement favorables (pratiquement pas de végétation, lithologie souvent contrastée, érosion profonde ayant largement dégagé les structures tectoniques) ont facilité l'interprétation et permis une cartographie géologique préliminaire relativement détaillée.

Les grands ensembles lithologiques (Fig.2)

Le nord et l'ouest de la scène sont occupés par un massif volcanique, d'âge Néogène (Schneider & Halls, 1985) dont les sommets dépassent 5000m (présence de glaciers résiduels et d'une morphologie glaciaire marquée avec vallées glaciaires et arcs morainiques). Au nord, le plateau Ignimbritique de Los Frailes, encore peu incisé, recouvre directement les structures du Paléozoïque et du Crétacé, alors qu'à l'ouest s'intercale une formation volcanique (Tertiaire moyen ?) affectée par un modelé glaciaire (vallées en auges, arcs morainiques). Des placages discontinus constituent des affleurements dans la partie SW de la scène: il s'agit d'ignimbrites et de cendres dont dérivent de grandes quantités de sables éoliens formant par endroit des systèmes dunaires. Enfin, dans le coin NW de la scène, les Ignimbrites sont surmontées par deux affleurements de volcanites dont la morphologie suggère des coulées basaltiques.

Le substratum pré-volcanique affleure principalement dans la partie centrale et méridionale de la scène. Les caractéristiques morphologiques et spectrales des images permettent généralement de séparer aisément le Paléozoïque du Crétacé et même de délimiter, à l'intérieur de chacun de ces grands ensembles, des sous-ensembles lithologiques souvent corrélables avec des formations reconnues au niveau régional.

L'Ordovicien, épais de plusieurs milliers de mètres, semble être représenté par plusieurs séquences lutitiques et grésolutitiques, avec une stratification soulignée par des bancs de quartzites intercalés dans les lutites. Ces séquences sont surmontées par des lutites gréseuses (400-700m d'épaisseur) à stratification peu marquée (diamictite Cancaniri du Silurien inférieur ?, carte géologique de Bolivie au 1/1000000^e), puis par une séquence de grès-quartzites (200-500m), en gros bancs durs, soulignant les structures tectoniques, et qui pourraient correspondre à du Silurien supérieur et/ou du Dévonien (fm Llallagua ?). Le Siluro-Dévonien semble en continuité stratigraphique, mais il n'est pas certain qu'il en soit de même entre l'Ordovicien et le Silurien.

Le Crétacé présente la série la plus complète de la scène dans le synclinal du rio Totora au sud de Tica Tica. En tenant compte, bien sûr, de leur ordre de superposition, les contrastes morphologiques et spectraux permettent de distinguer plusieurs unités lithologiques. Nous avons essayé de retrouver les séquences définies par Sempere (1986). Il est parfois difficile, voire impossible, de séparer les grès et conglomérats rouges de la base du Crétacé, à épaisseur très variable (Fms Condo et Macha), des grès-quartzites du Dévono-Silurien, les réponses spectrales et l'aspect morphologique étant très similaires. Par contre, cela fût possible pour les formations Arofilla et Chaunaca (Turonien à Campanien), El Molino (Campano-Maestrichtien) et Santa Lucia (Paléocène) où les intercalations carbonatées et gréseuses blanchâtres constituent des niveaux repères.

Structures tectoniques

Dans la région centrale et méridionale de la scène, les structures tectoniques (plis, chevauchements, décrochements), affectant le substratum paléozoïque (Ordovicien à Dévonien?) et sa couverture de Crétacé (à Paléocène ?) ont été bien dégagées par l'érosion post-tectonique. Ces déformations, antérieures aux formations volcaniques de Los Frailes sont extrêmement complexes et spectaculaires. Deux grands domaines structuraux sont distingués:

- à l'est, un domaine A (Fig 3), où des anticlinaux et synclinaux orientés NNW-SSE, à flancs raides, affectent le Paléozoïque. Ils impliquent également du Crétacé (Fms Condo et Macha) présent dans des synclinaux très pincés (au nord-ouest de Yura) et des écailles liés à des failles raides à vergence ENE (au sud de Yura);

- au centre de la scène, un domaine B (Fig 3) à vastes plis ouverts représentés principalement par des synclinaux perchés de Paléozoïque à coeur souvent Crétacé. La géométrie de ces plis non cylindriques suggère des déformations complexes, sans doute polyphasées puisque leur direction axiale varie considérablement entre le nord-est et le nord-ouest.

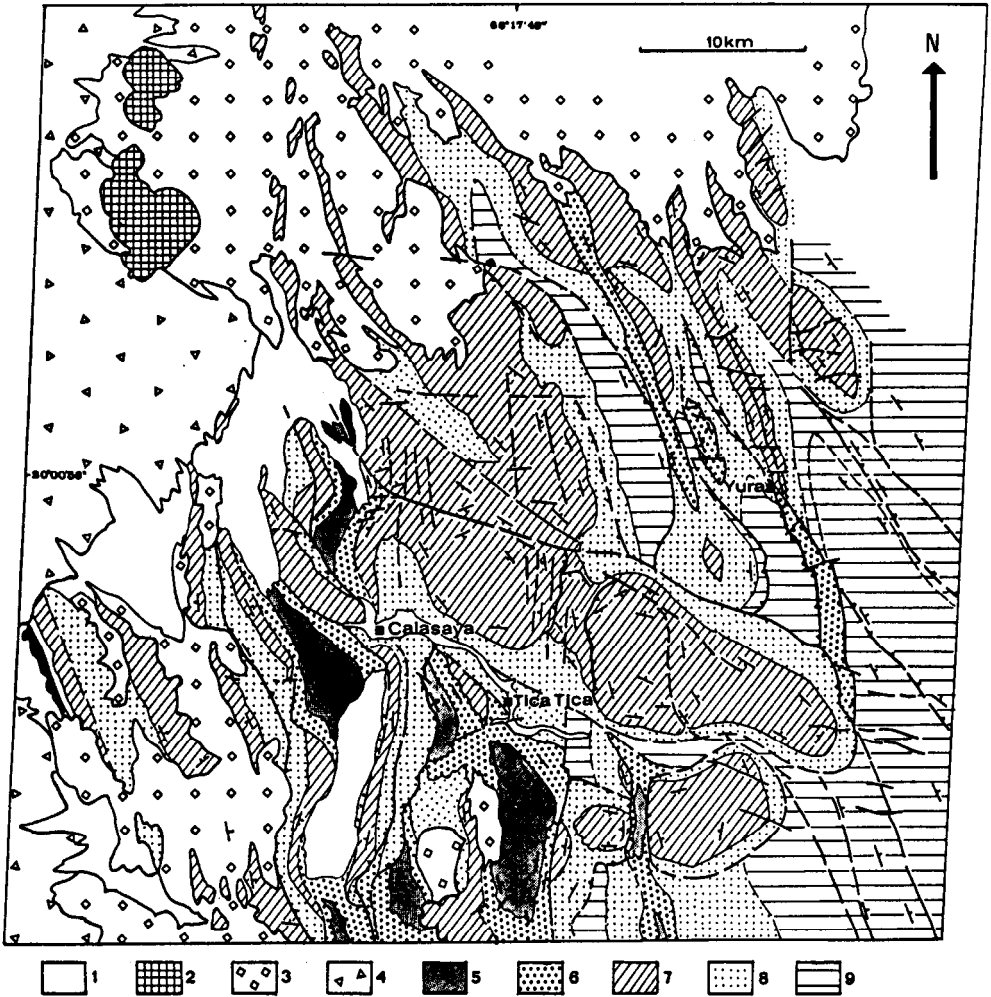


Fig. 2 : carte géologique et structurale faite à partir de Spot.

1, Quaternaire alluvial et fluvioglaciare; 2, coulées basaltiques; 3, ignimbrites et cendres volcaniques et 4, volcanites néogènes (Los Frailes) discordants sur les structures andines; 5, Crétacé terminal et Paléocène; 6, Crétacé inférieur et supérieur; 7, Siluro-Dévonien; 8, Silurien (Fm Canacani); 9, Ordovicien.

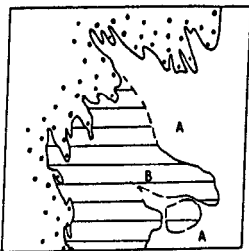


Fig. 3

Au sud de Calasaya et à l'ouest de Tica Tica, le Paléozoïque (formation Cancaniri) surmonte la série complète du Crétacé par un chevauchement à vergence E. Sa trace NS se suit sur l'image sur plus de 10 km avec des pendages estimés allant de 30° à 60°W. Dans sa prolongation vers le sud et le sud-sud-ouest, d'autres chevauchements, dont un très plat, sont repérés.

A l'est et au sud-est de Tica Tica, le front du domaine B déborde largement vers l'est, dans/ou sur le domaine A (Fig. 2). Il s'agit de grands synclinaux formés de quartzites et lutites de Siluro-Dévonien. Le style et la direction de la déformation, qui les caractérisent, contraste avec ceux de l'Ordovicien qui les borde au nord et au sud. L'Ordovicien, mais aussi des écailles de Crétacé semblent passer sous les synclinaux, apparemment par l'intermédiaire d'un contact tectonique plat. Une telle disposition (klippe ?) impliquerait des déplacements tangentiels importants, avec un domaine B au moins en partie allochtone et décollé au niveau du Silurien lutitique (formation Cancaniri) et chevauchant le domaine A autochtone ou subautochtone.

Enfin, ce domaine B est affecté par de grands accidents raides NW-SE, ayant apparemment eu un jeu sénestre souligné par la torsion à grande échelle, très spectaculaire, du synclinal de Crétacé qui affleure au NNW de Calasaya avec une composante chevauchante. Ces accidents délimitent de grands panneaux à l'intérieur desquels le raccourcissement se traduit par des chevauchements. Ce sont peut-être ces accidents, jouant comme des rampes latérales, qui ont permis d'absorber en partie les variations de l'ampleur du chevauchement frontal du domaine B. C'est sans doute à eux que l'on doit la forme atypique des grands synclinaux, en particulier la forme en poire allongée suivant une direction WNW-ESE, que présente celui qui est situé à l'est de Tica Tica. Ces décrochements ne semblent pas affecter le domaine A dans la partie est de l'image; il est donc possible que leur fonctionnement soit lié à la mise en place de l'unité allochtone B.

Conclusion

Les structures tectoniques observables sur la scène Spot de la région de Tica Tica suggèrent l'existence de déplacements tangentiels de grande ampleur à vergence est. En effet, le front oriental du domaine B surmonte, apparemment par un contact tectonique plat, le domaine oriental A sur plus de 10 km. D'autres contacts plats, qui ont été repérés sur les images à l'ouest et au sud-est de Tica-Tica, impliquent également des déplacements horizontaux importants. Cependant, on ne voit pas clairement, sur l'image, de relations entre le contact plat frontal et ces chevauchements situés plus en arrière. Ces relations conditionnent l'ampleur des déplacements : faut-il parler de chevauchements de grande ampleur ou sommes nous en présence de véritables nappes?

Des travaux de terrain récents amènent Baby et al. (ce Symposium) à proposer, dans cette même région de Tica Tica, l'existence d'une vaste nappe (nappe de Calasaya) dont ils estiment la flèche à 42 km. Nos résultats, obtenus à partir de l'imagerie Spot, ne permettent ni d'infirmer ni de confirmer une telle ampleur des déplacements tangentiels. Cependant, cette étude montre que les données satellitaires modernes sont maintenant susceptibles d'apporter une aide efficace à la cartographie stratigraphique et structurale surtout dans des régions mal connues.

Références

- Baby P., Sempere T., Oller J., Blanco J., Zubieta D., Hérail G. - Evidence for major shortening on the eastern edge of the bolivian Altiplano : the Calazaya Nappe. (this Symposium).
- Schneider A., Halls C., 1985 - Chronology of eruptive processes and mineralization of the Frailes Karikari volcanic field; eastern Cordillera, Bolivia. Comunicaciones, 35, 217-224., Univ. de Chile, Santiago.
- Sempere T., 1966 - Contribución a la estratigrafía del Mesozoico boliviano en el dominio andino. Publication Mission ORSTOM Bolivie, 1, 34p., La Paz.
- Sempere T., Oller J., Barrios L., 1988 - Evolución tectonosedimentaria de Bolivia durante el Cretácico. Vto Congreso Geol. Chileno, t.III, H37-H65.
- Vargas E. 1981 - Comparación entre la interpretación geológica de la imagen Landsat I y fotografías aéreas del área Potosí -Tazna. Rev. Geoc. UMSA, 1, 57-91.