

La structure et l'orogénèse des Andes chileno-argentines

Claude Laugenie

Volume 15, numéro 35, 1971

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/020960ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/020960ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Département de géographie de l'Université Laval

ISSN

0007-9766 (imprimé)

1708-8968 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Laugenie, C. (1971). La structure et l'orogénèse des Andes chileno-argentines. *Cahiers de géographie du Québec*, 15(35), 267–287.
<https://doi.org/10.7202/020960ar>

LA STRUCTURE ET L'OROGENÈSE DES ANDES CHILÉNO-ARGENTINES

par

Claude LAUGENIE

Université de Concepcion, Chili

Nos connaissances sur les Andes chiléno-argentines se renouvellent chaque jour tant dans le domaine de la géographie que de la géologie. La publication de deux thèses de géomorphologie consacrées aux Andes chiliennes et de nombreux travaux géologiques qui éclairent d'un jour nouveau les problèmes orogéniques andins invitent à faire un bilan ¹.

¹ Nous nous bornerons ici à citer les travaux les plus récents. Un compte-rendu de R. PASKOFF fait le point des publications chiliennes en 1966 : « Aspects nouveaux de la géologie du Chili », *An. de géo.*, 1967, N° 416, p. 500 - 505. On consultera aussi le chapitre II de la thèse de J. BORDE : *Les Andes de Santiago et leur avant-pays*, Bordeaux, 1966, 559 p. Du côté chilien un ouvrage collectif sous la direction de C. RUIZ avait déjà renouvelé les travaux pionniers de J. BRUGGEN et L. MUNOZ CRISTI. La synthèse de W. ZEIL : *Geologie von Chile*, Berlin, 1964, 233 p., reste l'ouvrage le plus complet sur les Andes chiliennes. Les Bulletins de l'Institut de géologie de l'Université du Chili constituent une source essentielle de documentation. On y trouvera en particulier les travaux de O. GONZALES, Y. KATSUI et M. VERGARA qui renouvellent les données sur le volcanisme. L'instituto de Investigaciones geologicas (I.I.G.) poursuit la publication des feuilles géologiques principalement dans les secteurs miniers du Norte Chico et du grand nord. La mise à jour de la carte géologique du Chili au 1/1 000 000 (I.I.G. 1969) tient compte des recherches récentes. Elle révèle encore beaucoup de régions extrapolées voire inexplorées mais constitue néanmoins un document de premier ordre plus détaillé que la carte argentine. Il n'existe malheureusement aucune cartographie qui harmonise les travaux des géologues chiliens et transandins et seule la carte géologique de l'Amérique du Sud (Rio de Janeiro, 1964) donne une image complète mais à petite échelle de l'ensemble de la cordillère. On s'y reportera toujours avec fruit. Les travaux de J. AUBOIN et ses disciples renouvellent singulièrement les problèmes des structures et de l'orogénèse andine : J. AUBOIN et A. ORELO : « chaînes andines et chaînes alpines : regards sur la géologie de la cordillère des Andes au parallèle de l'Argentine moyenne », *Bull. Soc. Géol. France*, 1966, (7), VIII, p. 1050-70. Sous presse : « Regards sur la géologie de la cordillère des Andes : relais tectoniques et cycles orogéniques superposés : le Nord argentin ». J. C. VICENTE : « Reflexiones sobre la porción meridional del sistema peripacífico oriental : la tectónica de los Andes argentino-chileno centrales », *1st Latinoamerican Geol. Congr.*, Lima, 1970 ; (sous-presses). J. DAVIDSON et J. C. VICENTE : « Paleogeografía de los Andes liminares argentino-chileno centrales. » id. Lima 1970 ; sous presse. P. CHOTIN : *Présentation de la chaîne andine à la latitude de Concepcion*, Publications du Département de géologie de l'Université de Concepcion, 1970, 47 p.

On ajoutera à ces vues d'ensemble l'important petit ouvrage de G. CECIONI : *Esquema de paleogeografía chilena*, Santiago, Editorial Universitaria, 1970, 143 p.

Enfin, trois thèses de géomorphologie ont été consacrées aux Andes ces dernières années. Après O. DOLLFUS, *Les Andes centrales du Pérou et leurs piémonts*, Paris, 1965, 404 p., celle de J. BORDE (*op. cit.*) éclaircit d'un jour nouveau les problèmes des Andes centrales chiliennes. La récente publication de la thèse de R. PASKOFF dédiée aux problèmes côtiers du Chili semi-aride complète et confirme à beaucoup d'égards les travaux précédents : R. PASKOFF, *Le Chili semi-aride, recherches géomorphologiques*, Bordeaux, 1970, 420 p.

I — LES CARACTÈRES ORIGINAUX DES ANDES CHILÉNO-ARGENTINES

Si l'unité de la cordillère andine s'impose à l'échelle continentale, ne serait-ce que par sa position « liminaire » et son style orogénique, on n'y discerne pas moins plusieurs domaines structuraux. Plusieurs cordillères se succèdent en effet du nord au sud, possédant chacune leur propre style structural et tectonique. Aux deux extrémités de l'édifice, deux chaînes arquées se poursuivent et se relient à des arcs insulaires : les Andes du Venezuela au nord, les Andes de Magellan au sud. Chacune de ces chaînes se situe entre deux aires continentales et l'on y retrouve certains des caractères des orogènes inter-continentaux et notamment des chaînes alpines : le métamorphisme des zones internes, les faciès flysch et surtout les tectoniques de serrage en forte compression qui se manifestent par des complications structurales pouvant aller jusqu'aux charriages. Ces deux cordillères encadrent un domaine plus rigide, en bordure des boucliers brésiliens et patagoniens, un domaine où la tectonique en compression devient plutôt timide, où s'imposent le volcanisme et les intrusions batholitiques. Ce sont les Andes « liminaires » (au sens d'Argand repris par J. Auboin). On peut y opposer les Andes péruvo-boliviennes qui se moulent sur des directions hercyniennes NW-SE aux Andes chiléno-argentines de direction franchement nord-sud ².

Le secteur chiléno-argentin se distingue en effet par sa rigidité méridienne : une chaîne massive et dissymétrique qui incorpore sur sa bordure orientale des panneaux d'avant-pays qui viennent se souder en relais à un édifice chaque fois plus large et plus imposant vers le nord. La sédimentation géosynclinale, peu différenciée, y est réduite à d'étroits sillons, volcaniques dans les zones internes consolidées par des intrusions dioritiques, essentiellement détritiques dans les zones externes. Point de métamorphisme, des plissements discrets, une tectonique de socle en plis de fond, imposante, un volcanisme syn- et post-orogénique puissant. Tels sont les caractères de ce secteur original des Andes, sans doute le domaine le plus « andin » de la cordillère.

Le géographe européen y cherchera vainement les paysages familiers des montagnes plissées alpines ou jurassiennes. Les Andes s'imposent ici, par la vigueur des architectures d'ensemble, par l'agencement général des volumes plus que par les combinaisons de formes structurales. Les coupes transversales révèlent toujours le même thème : un dispositif, somme toute monoclinale, simple et grandiose, incorporant des terrains toujours plus anciens vers le continent, affecté de puissants plis de fond et découpé par une tectonique en extension en horsts et fossés parallèles.

² C'est précisément à l'étude des « relais » paléogéographiques entre chacune de ces unités structurales de la chaîne qu'une équipe de chercheurs, sous la direction de J. Auboin, consacre une grande partie de ses travaux.

Ce schéma connaît du sud au nord des variantes sensibles. Moyenne montagne, à la hauteur de Puerto-Montt, la cordillère prend de la vigueur et s'épanouit vers le nord jusqu'aux latitudes boliviennes où elle atteint une amplitude inégalée en incorporant progressivement sur ses marges orientales les unités sub-andines qui se soudent en échelons à l'édifice. C'est ainsi que le massif paléozoïque de San-Rafael pénètre dans la cordillère et constitue une cordillère « frontale » accolée à la cordillère « principale ». La précordillère de Mendoza et San Juan, isolée par la série de bassins de Calingasta, rejoint la cordillère frontale à la hauteur de La Rioja. Enfin, les Sierras Pampeennes, annexe du massif de Cordoba, s'incorporent, en relai à l'édifice à partir de Tucuman et constituent la cordillère « orientale ». Inversement, du nord au sud on voit apparaître au sein de la cordillère des séries de longs bassins qui s'ennoient peu à peu dans les plaines de piémont en laissant sur leurs marges orientales des horsts sub-andins successifs.

Le versant chilien, commandé par les effondrements pacifiques, est plus simple. Il se décompose en deux grandes unités séparées par des dépressions médianes : une cordillère « côtière » — ou plus exactement un massif côtier qui n'atteint les dimensions d'une cordillère que dans les Andes centrales et la chaîne de Nahuelbuta au sud de Concepcion —, une cordillère « andine » qui n'est autre que le puissant et vertigineux versant des Andes occidentales. À ce dispositif de grabens intermédiaires correspond toujours un imposant volcanisme tertiaire et quaternaire dans la cordillère occidentale. Une seule exception, le « Norte Chico », qui présente un versant continu affaissé en gigantesques marches d'escalier vers l'océan. L'absence de dépression centrale, l'absence de volcanisme en fait un domaine exceptionnel dans l'ensemble occidental.

C'est donc sur la trame des volumes montagneux que s'ordonne l'architecture régionale des Andes. Les formes structurales de détail y sont en effet banales et massives : grandes *cuestas* de montagne qui limitent de lourds plateaux à peine ondulés mais disloqués, interrompus par des massifs granitiques modelés en coupoles ou plus souvent en alvéoles ; peu ou pas de plis sinon des ondulations à grands rayons de courbures, des flexures ou des plis en genoux résultantes de plis de fond plus que d'une tectonique de serrage, compromis entre le plissement et la tectonique cassante. Les seules complications structurales sont étroitement liées à la présence de gypse. On comprend que beaucoup d'auteurs aient hésité à ranger les Andes chiléno-argentines dans la catégorie des montagnes plissées, *tant l'orogénèse y éclipse la tectogénèse*. C'est à celle-là que s'intéressera avant tout le géographe.

L'analyse structurale confirme et explique ces impressions générales. La stratigraphie des Andes est aujourd'hui mieux connue et permet aux géologues de se risquer à des reconstitutions paléogéographiques et tectoniques³. On a pu ainsi décomposer l'histoire andine en plusieurs « cycles

³ J. AUBOIN, A. BORELO, G. CECIONI, J. C. VICENTE, *op. cit.*

orogéniques superposés » de directions différentes (J. Auboin, A. Borelo). Il faut, avec J. Auboin, réserver la dénomination de cycle « andin » à la genèse de la chaîne à partir du mésozoïque. C'est, en effet, seulement au mésozoïque que s'affirment les caractères qui feront l'originalité de la sédimentation et de la tectonique andine : prédominance des sédiments détritiques et volcaniques continentaux, absence de métamorphisme, importance des intrusions granitiques. Les cycles orogéniques anciens présentent des caractères différents.

II — LES CYCLES OROGÉNIQUES ANCIENS : LA PRÉPARATION ET LA CONSOLIDATION DU BÂTI PRÉ-ANDIN

Le cycle andin a été précédé de deux orogénèses de direction oblique par rapport à la cordillère actuelle. La première, datant d'un précambrien supérieur, est à peu près inconnue. Elle se manifeste essentiellement par la présence d'immenses intrusions granitiques sans doute post-orogéniques qui affectent les séries précambriennes des Sierras Pampéennes, du massif de Cordoba et constituent une partie du soubassement du Chaco. La seconde, d'âge hercynien, a fait l'objet de travaux récents⁴.

C'est dans le nord-ouest argentin et l'est bolivien, où les sédiments primaires incorporés à la cordillère frontale et orientale affleurent largement, que l'on peut reconstituer le plus aisément l'histoire des chaînes paléozoïques. On a pu y distinguer deux ensembles de part et d'autre d'une dorsale précambrienne, de direction NW-SE, située à la hauteur de Catamarca et qui se soude au massif de Cordoba. Les ignimbrites du tertiaire supérieur qui couvrent la puna ne permettent pas de suivre le prolongement de cette dorsale du côté occidental, mais il n'est pas impossible qu'elle se relie au précambrien du nord chilien et sud-péruvien (J. Auboin et A. Borelo). Les cartes paléogéographiques de G. Cecioni ne contredisent pas cette manière de voir.

Au sud de cette dorsale, entre San Rafael et Catamarca s'individualise un premier couple tectogène montrant le passage à des faciès progressivement néritiques vers le nord-est. J. Auboin propose de donner le nom de « Cuyanides » à ce premier ensemble. Au nord de Catamarca et suivant les mêmes directions réapparaissent des sédiments marins qui appartiennent à un nouveau couple géosynclinal « bolivien » appuyé sur le socle brésilien.

⁴ BORELO, A., « Los rasgos morfoestructurales de la provincia de La Rioja y sus relaciones con el desarrollo de los geosinclinales en el Oeste argentino », *Rev. Mus. La Plata*, 1964, V, N° 34 p. 219-38.

Du même auteur : « Los geosinclinales de la Argentina », Buenos Aires, *Anales Dir. Nac. Geol. y Min.*, XIV, 1969, 188 p.

SCHLATTER, L.E. et NEDERLOF, M., « Bosquejo de la geología y la paleogeografía de la Bolivia », *Serv. Geol. Bolivia*, 1966, Bol. N° 8.

Sur la géologie de la Bolivie, une synthèse commode, celle de F. AHSFELD et L. BANISA : *Geología de Bolivia*, La Paz, 1960.

On y relève quelques dalles quartzitiques qui surmontent des pélites schisteuses et se prêtent à l'érosion différentielle, soulignant les détails de la structure, un peu à la manière des « sagettes » pyrénéennes.

Le paroxysme tectonique hercynien est marqué par la mise en place de plutons granitiques dans les zones internes qui achèvent de consolider l'ensemble. La position externe des molasses permo-carbonifères discordantes sur l'avant-pays indique bien dans les deux cas la polarité de la chaîne et confirme les directions orogéniques NW-SE. C'est sur ces directions hercyniennes que se moule l'édifice andin, au nord de Selta. Au Pérou et en Bolivie, l'obliquité des directions tectoniques hercyniennes et andines disparaît et il devient difficile de faire la part de l'une et de l'autre.

On dispose de peu de données sur le volume montagneux acquis par les Andes paléozoïques orientales. L'étude des molasses permo-carbonifères n'a pas été faite en ce sens. On connaît plus mal encore les conditions de leur démolition et les surfaces post-hercyniennes n'ont jamais été recensées. On soulignera seulement qu'après les derniers soulèvements permo-carbonifères qui reporteront, en raison de leur obliquité, les fosses andines beaucoup plus à l'ouest, ces chaînes arrasées connaîtront une stabilité tectonique remarquable. *Elles constitueront pendant presque tout le mésozoïque un avant-pays rigide qui ne sera atteint par l'orogénèse et incorporé à l'histoire andine qu'à partir du crétacé supérieur.* Cette très longue période a probablement favorisé l'achèvement des surfaces ébauchées dès le permien.

On retrouve aussi du côté occidental des sédiments paléozoïques métamorphisés. L'analyse des unités structurales y est plus délicate car les affleurements s'interrompent et se perdent dans la cordillère andine. Au sud de la dorsale précambrienne du grand nord chilien, on discerne deux bassins obliques séparés par les hauts-fonds de Los Vilos (G. Cecioni). Une première frange de terrains métamorphiques affleurent dans le Norte Chico, au sud de Chañaral. Ils sont relativement tendres. Facilement arrasés par les mers pliocènes, ils ont bien enregistré les variations quaternaires du niveau marin (R. Paskoff). On peut y voir hypothétiquement un prolongement des Cuyanides. Le deuxième ensemble est beaucoup plus vaste. Il affleure au sud de Valparaiso et constitue l'essentiel du bâti de la cordillère côtière chilienne au moins jusqu'à la péninsule de Taitao⁵. De Valparaiso à Traiguén, un immense batholite recoupe les zones isopiques et ne laisse qu'une étroite frange de terrains métamorphiques en bordure de la côte. Une série de cornéennes résistantes ourlent les marges de l'intrusion dont les modelés en alvéoles ou en collines à versants convexes séparés par des vallées à fonds plats s'opposent aux bourrelets métamorphiques résistants qui constituent les reliefs principaux. Vers le sud, les séries monotones de schistes verts, tranchées par des surfaces d'aplanissement disloquées, ne donnent lieu à aucune

⁵ GONZALES BONORINO, F. « Series metamórficas del basamento cristalino de la cordillera de la costa. Chile central », *Bol. Dep. Geol. U. de Chile*, Santiago, N° 37, 1970, 80 p.

forme d'érosion différentielle. Elles s'infléchissent vers le sud-est et pénètrent dans la cordillère andine à la hauteur du Chili des lacs. Les directions orogéniques principales demeurent donc NO-SE mais l'apparition de directions N-S — celle du batholite en particulier — laisse entrevoir la complexité de la tectonique hercynienne dans ce secteur (G. Bonorino). Ce domaine occidental constituera l'arrière-pays continental des fosses géosynclinales andines et sera affecté sur ses marges par les intrusions granitiques secondaires.

S'il manque encore beaucoup de jalons pour reconstituer l'histoire des édifices hercyniens, on n'en pressent pas moins leur originalité par rapport au cycle andin. Le permo-trias représente une coupure majeure qui sépare sans solution de continuité deux histoires, deux styles tectoniques, deux directions orogéniques. On ne retrouvera plus durant le mésozoïque, les faciès flysch, le métamorphisme, la vigueur des structures plissées associées à des fosses marines profondes. Deux traits seulement annoncent durant le paléozoïque le style orogénique andin : le dispositif paléogéographique des bassins en doigts de gants ou en échelons séparés par des dorsales, l'importance des phénomènes intrusifs lors des paroxysmes tectoniques.

Ainsi les deux bandes d'affleurements paléozoïques qui encadrent obliquement les sédiments secondaires sont les témoins de vieilles chaînes érodées, métamorphosées et granitisées. *C'est ce bâti continental consolidé qui servira de cadre à l'orogénèse andine.* Il faudra revenir sur cette donnée essentielle.

III — LE CYCLE ANDIN : LE MATÉRIEL

Une échelle stratigraphique même simplifiée (figure 1) révèle amplement l'originalité des dépôts pendant le cycle géosynclinal andin. *Deux transgressions marines seulement interrompent une sédimentation essentiellement continentale et détritique, uniforme et monotone.*

Précédée par une timide incursion triasique, la transgression du jurassique inférieur inaugure la sédimentation marine. Jusqu'au jurassique moyen se déposent à l'ouest de très épaisses séries volcaniques, à l'est des marno-calcaires.

Ces séries marines sont surmontées de dépôts de gypses oxfordiens. C'est au niveau de ces couches gypseuses, particulièrement incompetentes que se situent les rares manifestations de tectonique de couverture qu'il soit donné d'observer dans les Andes. On les trouve dans le secteur des crêtes frontières du Chili central. Elles atteignent d'ailleurs une telle complexité que les formes structurales manquent de vigueur et de netteté. Reliefs confus mais paysages d'une singulière beauté ; véritables symphonies de couleurs orchestrées par les taches blanchâtres des diapirs de gypse tarodés de dolines (J. Borde) traversant les écaïlles rouges du kimméridgien ou les barres marno-calcaires bleues qui émergent des éboulis et des glaciers rocheux multicolores.

Cette série gypseuse marque la fin du premier cycle marin. Durant presque tout le jurassique supérieur, se déposent de très puissantes formations détritiques continentales rouges (kimméridgien). La deuxième invasion

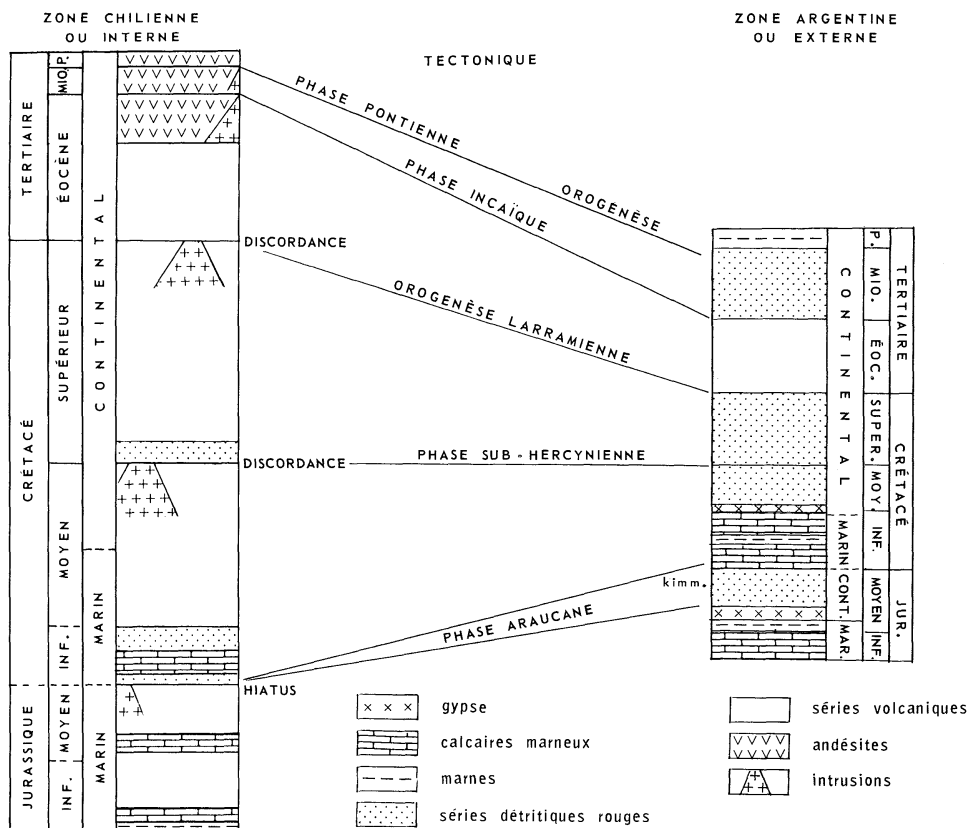


Figure 1 La dissymétrie lithologique des Andes (d'après J.-C. Vicente).

marine est plus brève. Elle se situe au tithonique, néocomien. À l'ouest, au milieu d'épaisses formations volcaniques apparaissent quelques bancs calcaires. Vers l'est, par contre, se déposent seulement des marno-calcaires. Au barrémien, les bassins andins émergent définitivement. Une deuxième série de gypses, plus mince et plus discontinue, annonce le style continental de la fin du mésozoïque et du tertiaire : séries rouges détritiques du crétacé moyen et supérieur recouvertes en discordance par des laves paléogènes. Ces dernières constituent les énormes dalles grises qui arment les lourds plateaux disloqués du versant chilien.

Au total, une imposante accumulation de matériaux continentaux, volcaniques et détritiques peu différenciés où manquent en particulier les couches tendres. On comprend que la stratigraphie du cycle andin ait été longtemps incertaine et que les anciens auteurs aient englobé l'ensemble de cette sédimentation sous le vocable de « formation porphyritique ». Cette dénomination, trop générale, est aujourd'hui abandonnée. La distribution spatiale des sédiments n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît.

La distribution des zones isopiques

On discerne en effet d'ouest en est une double dissymétrie des dépôts andins : alors même que l'épaisseur des sédiments diminue sensiblement vers l'est, les faciès occidentaux essentiellement volcaniques font place à des faciès chaque fois plus détritiques et néritiques : on ne retrouve jamais de dépôts volcaniques du côté argentin. En d'autres termes, *les puissantes séries volcaniques chiliennes ont des caractères internes par rapport aux séries argentines plus minces et de type externes* (J. Auboin ; A. Borelo). Les transgressions marines qui vont mourir à l'ouest, sur le continent, confirment cette distinction. La paléogéographie du bassin andin permet donc de déceler deux zones isopiques⁶ qui déterminent deux familles de provinces lithologiques.

Les reconstitutions cartographiques de G. Cecioni donnent une image de la distribution des fosses de sédimentation. Il s'agit d'ailleurs de sillons plus que de bassins. Ils ne dépassent guère plus de 200 km dans leur plus grande largeur et s'allongent en doigts de gants échelonnés de direction oblique par rapport aux axes orogéniques tertiaires. C'est ainsi que les zones externes, toutes entières contenues dans le Chili du nord passent en Argentine entre le Norte Chico et le Chili central. Elles se dilatent au sud de San Rafael pour constituer la totalité du versant argentin dans la région du Neuquen. Là, elles semblent s'interrompre sur les bords du massif patagonien. La disparition des sédiments mésozoïques sur la dorsale paléozoïque de Concepcion — Loncoche qui se soude au massif patagonien laisse supposer que le bassin andin venait s'appuyer sur le socle. Plus au sud commencerait le bassin de Magellan. En tous cas la prédominance des directions structurales NO-SE voire même E.O. dénoncent la présence du soubassement proche. Le problème de ces « relais » paléogéographiques n'est pas encore résolu⁷. Vers le nord, la dorsale d'Antofagasta et Catamarca isole les bassins chiliens, péruviens et boliviens. L'accord n'est pas fait non plus sur la terminaison septentrionale du bassin chilien. J. Auboin suppose au Pérou et en Bolivie, l'existence d'un nouveau couple géosynclinal tandis que J. Debelmas et G. Trottereau⁸ considèrent le bassin oriental péruvo-bolivien comme une simple avant-fosse. Il est vrai que celui-ci ne fonctionne qu'à partir du crétacé supérieur. De toute manière, il semble qu'il n'y ait pas continuité absolue entre les fosses chiliennes et péruviennes, tout au moins sur leurs franges externes. Vers le nord du Chili, les provinces lithologiques n'ont pas la simplicité du Chili central ou du Norte chico⁹.

⁶ Le problème du passage de l'une à l'autre zone n'est pas encore bien défini. On n'a encore trouvé aucun indice prouvant l'existence d'une ride entre le bord interne du bassin et ses marges externes (J. C. Vicente).

⁷ CHOTIN, P., « Le jurassique de Lonquimay (Chili). Ses relations avec le jurassique du Neuquen (Argentine) », *Bull. Soc. Géol. de France*, (7), XI, 1969, p. 710-716. Cette dorsale de hauts-fonds mésozoïque résistera à la subsidence pendant tout le tertiaire. La virgation des affleurements primaires s'accompagne de venues volcaniques miocènes qui signalent l'existence d'un accident profond. La dépression centrale chilienne s'interrompt précisément dans ce même secteur où les directions structurales NO-SE s'imposent et guident le tracé des principales vallées.

⁸ DEBELMAS, J. et TROTTEREAU, C. « Essai sur les grands traits structuraux et l'évolution des Andes du Pérou », *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, Oct. 1964, vol. VI fasc. 4 p. 259-269.

⁹ La mise au point de F. GARCIA renouvelle les connaissances sur le Chili du Nord : *Geologia del Norte Grande de Chile*, Soc. Geol. de Chile, Santiago, 1967, 138 p.

Ces reconstitutions paléogéographiques, encore incertaines, ont le mérite de souligner l'obliquité des directions andines par rapport aux axes orogéniques tertiaires. Elles intéressent le géographe dans la mesure où elles permettent de définir des provinces lithologiques.

Les provinces lithologiques andines

Au nord, les zones isopiques sont incorporées dans un ensemble beaucoup plus vaste et ne constituent qu'une infime partie de l'édifice. Elles ne possèdent même pas leur propre style structural. Mais à partir du Norte Chico, la ligne limite entre faciès internes et faciès externes longe généralement la crête frontière de sorte qu'elle accuse l'opposition des versants chiliens et argentins.

À l'est, bien que médiocres, les formes structurales sont mieux venues, soulignées par quelques dalles calcaires qui surmontent des grès ou des marno-calcaires plus tendres. Les calcaires de l'aalénien dessinent de beaux chevrons (las bardas blancas) sur les accidents qui marquent le contact avec les piémonts argentins, au sud de Mendoza. Vers l'intérieur de la chaîne, quelques crêtes ou barrières néocomiennes émergent des ennoyages volcaniques néogènes. Plus au sud, en Neuquen, en l'absence de couches franchement tendres, les chaînons jurassiens au style lâche, à peine écorchés, maintiennent un relief conforme ¹⁰.

Médiocres au regard des chaînes méditerranéennes ou alpines, ces reliefs structuraux n'en sont pas moins remarquables pour qui vient du versant chilien. Les paysages des zones internes sont, en effet, ceux d'une montagne massive, taillée dans des séries épaisses, homogènes et monotones. Du haut d'un avion, à bonne altitude, particulièrement dans les zones arides, on lit pourtant aisément la structure. Le jeu contrasté des couleurs des couches lithologiques souligne les chevrons qui ourlent de longs plis anticlinaux ou synclinaux, en ordre lâche. Mais au sol, on cherche en vain la trace de toute organisation structurale. Pas le moindre abrupt monoclinale, pas le moindre ressaut. Il ne reste que les taches bariolées des affleurements sur des reliefs massifs et monotones disloqués par la tectonique cassante du néogène. *Dans les Andes, c'est plus par le jeu des chromatismes lithologiques que par les formes que l'on discerne les structures plissées.* Si l'on ajoute que les axes de granitisation correspondant à chaque paroxysme tectonique se localisent essentiellement dans les zones internes, c'est-à-dire du côté chilien, on prendra la mesure de la *dissymétrie structurale qui oppose les deux versants.*

C'est vers l'histoire de l'orogénèse qu'il faut se tourner pour saisir plus précisément les données de cette dissymétrie.

¹⁰ VIERS, G. « Les paysages naturels du nord-ouest de la province de Neuquen (République Argentine) », *Rev. Géog. Pyr. S. O.* 1967, 3, p. 213-230.

IV — LE PROBLÈME DE L'OROGENÈSE ANDINE

On sait les difficultés de la chronologie de l'orogénèse andine (J. Borde). L'instabilité constante, la fréquence des discordances dans une sédimentation essentiellement continentale, la médiocrité des compressions n'en favorisent guère l'analyse. Reconstituer le rythme des soulèvements est une entreprise plus délicate encore et les seuls arguments géologiques n'y suffisent pas. On peut distinguer trois étapes essentielles dans l'histoire orogénique des Andes. La première concerne les bassins géosynclinaux. La seconde se caractérise par l'apparition des fosses molassiques péri-andines, incorporées par la suite à l'édifice. Elle précède les mouvements ascensionnels, c'est-à-dire la période orogénique proprement dite.

1 — *La tectonique géosynclinale**La médiocrité des plissements et la granitisation des zones internes*

La chronologie des mouvements secondaires est aujourd'hui mieux connue. Les paroxysmes tectoniques mésozoïques se manifestent en effet par la mise en place d'importantes intrusions granitiques. Les datations absolues de ces intrusions ont clarifié un débat qui s'enlisait dans l'analyse des discordances, de valeur souvent locale ou dans celle des structures plissées qui sont toujours trop médiocres pour permettre la reconstitution de chaque moment tectonique ¹¹.

Le « batholite andin » dérive de plusieurs cycles de granitisation dont les axes, localisés dans les zones internes, recourent les directions isopiques et migrent vers l'est en même temps que l'onde orogénique. C'est ainsi que les plus récents frôlent les zones externes. L'étude morphologique des modelés de ces plutons d'âges différents reste à faire. Les premiers indices de tectogénèse andine sont précoces. On les situe au kimméridgien. Un violent soulèvement des zones les plus internes s'accompagne, à l'est, de dépôts syn-orogéniques détritico-volcaniques. C'est la *phase araucane ou névadienne*. Elle s'individualise bien dans le nord du Chili où deux grands batholites traversent les laves jurassiques de la cordillère côtière (F. Garcia). Au crétacé moyen, une tectonique albo-sénomaniennne suit de peu la régression néocommienne. C'est la *phase sub-hercynienne ou autrichienne*. Jusqu'au crétacé moyen, la tectonique andine se caractérise donc par la médiocrité des compressions et l'importance des phénomènes intrusifs. Elle affecte essentiellement le domaine des bassins géosynclinaux.

¹¹ RUIZ, C. et al. « Edades plomo-alfa y marco estratigráfico de granitos chilenos », *Bol. I. I. G.*, N° 7, 1960.

LEVI, B. et al. « Edades radiométricas y petrografia de granitos chilenos », *Bol. I. I. G.*, n° 12, 1963.

Les résultats de ces datations ont été discutées par J. BORDE (*op. cit.*) p. 87.

Le crétacé supérieur : l'apparition des fosses molassiques péri-andines

Au sénonien inférieur, les *mouvements larramiens* marquent une étape importante dans l'histoire de la chaîne. C'est la phase essentielle des plissements andins. J.C. Vicente lui attribue le grand accident de la crête frontière du Norte Chico qui court à la limite des zones internes et externes et prend localement l'allure d'un décollement à partir des couches gypseuses, voire même d'un chevauchement. C'est aussi la dernière phase majeure du processus de granitisation des zones internes. Enfin et surtout, la tectonique larramienne s'accompagne d'effondrements compensatoires marginaux, prélude à l'extension du domaine andin :

— Sur l'arrière pays, une transgression pacifique sénonienne qui ne dépasse guère le rebord occidental de la cordillère côtière, dépose des grès verts, principalement dans le secteur de Concepcion — Arauco. Le bourrelet côtier est définitivement émergé¹².

— Vers l'est, en Bolivie et au Pérou, le domaine de sédimentation s'élargit à l'avant-pays, stable depuis le paléozoïque. Des molasses rouges reposent en pseudo-concordance sur les terrains métamorphiques primaires voire même précambriens. C'est au crétacé supérieur que s'initient les cycles molassiques orientaux qui se poursuivront pendant tout le tertiaire.

— Enfin, dans l'axe médian de la cordillère — à la hauteur de la Puna, dans le Chili central et un peu plus tard, dans le bassin de Lonquimay, au sud — s'ébauchent des fosses ou de longues gouttières discontinues qui seront comblées par des molasses détritiques ou volcaniques.

On peut donc considérer que la phase larramienne marque un tournant majeur dans l'histoire de la cordillère, et que dès la fin du crétacé les grandes lignes du schéma orogénique andin sont déjà esquissées. La ligne de rivage pacifique s'ébauche en effet dès le sénonien. Les effondrements occidentaux se poursuivront pendant tout le tertiaire, jalonnés et rythmés par des transgressions marines. Quant à l'apparition des fosses molassiques péri-andines, elles annoncent la migration de l'onde orogénique vers l'est et préparent à l'incorporation de l'avant-pays. C'est au cours de ce processus qu'apparaîtront jusqu'au tertiaire supérieur les structures plissées isoclinales des marges orientales. Par contre, à l'ouest, la granitisation des zones internes est pratiquement achevée. Elle aboutit à une consolidation du versant chilien qui se comportera désormais comme un domaine rigide. On n'y retrouvera jamais l'équivalent des structures plissées orientales. *Les données de la dissymétrie structurale de l'édifice andin sont donc esquissées dès la phase larramienne.*

2 – L'orogénèse tertiaire

Ces caractères s'affirmeront pendant tout le tertiaire. Reste à savoir selon quel rythme. La chronologie des mouvements tertiaires n'est pas facile

¹² CHOTIN, P. : « Sur la géologie de la province de Concepcion (Chili), la région de Tome », *Bull. Soc. géol. de France*, (7), XI, 1969, p. 556-560. C'est aussi le moment où apparaissent les transgressions atlantiques sur le socle patagonien. Il est probable que les deux océans se sont rejoints.

à débrouiller. Les molasses andines sont exclusivement continentales et leur datation est souvent bien imprécise. Surtout il n'est pas toujours aisé de définir les rapports chronologiques entre les dernières phases de tectonique plissée et les mouvements orogéniques proprement dits.

Les derniers plissements andins et l'incorporation de l'avant-pays

Ce n'est pas, en tout cas, sur le versant chilien qu'il faut chercher les indices des derniers plissements andins. Les mouvements tertiaires s'y manifestent fondamentalement par une tectonique cassante. Les grandes cuésta de montagne de laves du crétacé supérieur, du paléogène, voire du néogène à peine ondulées par des plis à grands rayons de courbure sont surtout disloquées. La tectonique plissée y est discrète, éclipsée par les grands accidents postérieurs associés à l'ultime soulèvement de l'édifice. Le versant chilien s'est comporté durant le tertiaire comme un môle résistant aux efforts de compression. Il est difficile d'y faire la part de chaque paroxysme dont les effets étaient amortis par la rigidité du bâti. On peut y individualiser cependant deux phases principales : l'une à la fin de l'éocène – la phase *incaïque* que l'on retrouve au Pérou (Steinmann) – l'autre sans doute d'âge *pontien* (J. C. Vicente).

C'est en réalité sur le versant oriental que s'éclaire la chronologie des derniers plissements andins. Les molasses éogènes et néogènes sont en effet incluses dans des plis serrés, parfois pincées entre des écaillés de socle. On y trouve des plis en genoux mais surtout des failles inverses, des plis isoclinaux déversés vers l'avant-pays, des rebroussements aux marges de blocs rigides. Le style de ces plissements indique donc une *structure de socle incorporé à l'édifice* par un violent pli de fond en compression. C'est sur le bord oriental que ces structures atteignent leur plus grande complexité. Elles se développent largement, au nord de Mendoza où elles caractérisent toutes les sierras orientales et sub-andines boliviennes jusqu'au contact du Chaco. C'est là que l'on extrait le pétrole bolivien et argentin. On les trouve aussi au sud, plus discrètes peut-être, en particulier dans le Neuquen où elles ont été signalées par C. Picart. La jeunesse de ces plissements ne fait guère de doute. Ils précèdent de peu le grand soulèvement andin et affectent des molasses que l'on peut attribuer au miocène¹³. On s'accorde à leur donner un âge pontien (J. Auboin, J.C. Vicente, G. Viers). *Ainsi la migration de l'onde orogénique, au cours du tertiaire, se traduit par une incorporation tardive de l'avant-pays, plissé sur ses bordures tandis que le versant chilien plus rigide n'enregistre que des structures cassantes.*

Les effondrements pacifiques

Alors que les efforts orogéniques se déplacent vers l'est, le secteur pacifique connaît une série d'effondrements successifs qui préludent à la

¹³ VIERS, G. « La dépression de Potrerillos dans les Andes de Mendoza (Argentine). étude morphologique », *Ann. Géogr.*, n° 395, 1964, p. 21-45. Cet auteur fait avec juste raison la distinction entre les molasses plissées qu'il rapporte au miocène et les molasses disloquées et faillées qu'il attribue au pliocène.

configuration actuelle de la côte. Le rythme des transgressions marines occidentales rend bien compte de l'évolution de l'escarpement de la cordillère côtière chilienne¹⁴. Il fournit des éléments essentiels de la chronologie des mouvements tertiaires.

Le cycle de sédimentation initié au sénonien se poursuit au paléocène. Mais il s'interrompt pendant tout l'oligocène jusqu'au miocène inférieur. L'oligocène andin reste une des énigmes de l'histoire géologique de la chaîne. Il faut y situer sans doute des mouvements importants mais aucun dépôt molassique daté ne permet d'en préciser la nature. Avec G. Cecioni et R. Garcia il faut peut-être attribuer à cette période les effondrements majeurs de l'arrière-pays continental¹⁵. À l'appui de cette hypothèse, on note que la transgression miocène se rapproche plus encore que celle du sénonien de la ligne de rivage pacifique actuelle (figure 2). On la suit depuis Valdivia, au sud, où la mer pénètre dans des bassins qui esquissent la future dépression centrale chilienne (R. Garcia), jusqu'aux abords du Norte chico. En tout cas, c'est avec le pliocène supérieur que s'achève le processus. La distribution des sédiments du sud au nord de la côte montre clairement que ceux-ci viennent buter sur les grands escarpements de failles qui limitent le rebord pacifique et recourent à l'emporte-pièce les vieilles directions paléozoïques et andines.

On retiendra ainsi de l'histoire des transgressions pacifiques, la mobilité du bourrelet côtier, tantôt soulevé pendant de longues périodes, tantôt affecté de grands effondrements préluant aux invasions marines. On retiendra surtout que c'est entre le miocène supérieur et le pliocène moyen que la côte pacifique acquiert sa configuration actuelle. *L'histoire de l'orogénèse andine – au sens propre du terme – commence donc dès le miocène supérieur et au moins au pliocène inférieur.*

L'orogénèse proprement dite

L'ancienneté de l'orogénèse andine est, en effet, maintenant une donnée acquise. On aurait d'ailleurs bien du mal à admettre que les énormes panneaux portés en plis de fond à 5 ou 6 000 mètres d'altitude, limités par des failles de plusieurs kilomètres qui recourent les anciennes directions struc-

¹⁴ Le tertiaire marin et continental chilien est maintenant mieux connu en partie grâce aux recherches pétrolières. Une publication collective sous la direction de G. CECIONI présente les résultats d'un symposium sur le problème : *El terciario de Chile*, Soc. Geol. de Chile, Santiago, 1968, 280 p. Cf. en particulier les articles de R. MARTINEZ et F. GARCIA.

On y ajoutera sur le miocène du sud les travaux de ILLIES, H., « Geologie der Gegend von Valdivia », *Neues Jahrb. Geol. Pal.*, 1960, Bd 11, p. 30-110, et ceux (inédits) de J. FRUTOS sur la région d'Arauco (Mémoires de l'École de géol. de l'U. du Chili). Enfin sur le pliocène, la thèse fondamentale de D. HERM qui constitue le pendant géologique de celle de R. PASKOFF : HERM, D. « Marines Pliozän und Pleistozän in Nord-und Mittel-Chile, unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen », *Zitterliana*, 2, 1969, 159 p.

¹⁵ C'est en ce sens que le Pacifique oriental serait un océan néoformé (J. Auboin).

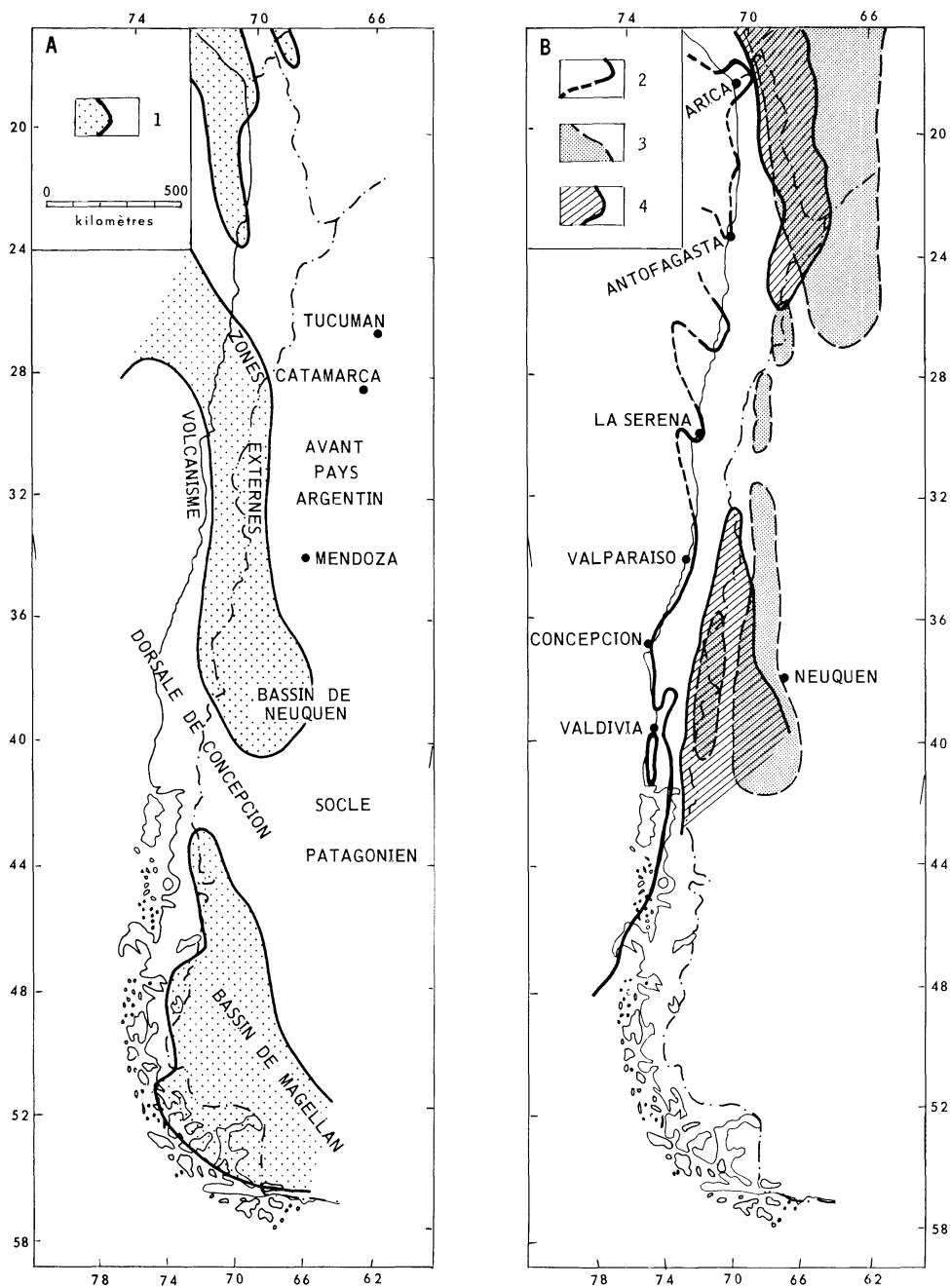


Figure 2 Paléogéographie des Andes (en partie d'après C. Cecioni)

A : au crétacé inférieur

B : au tertiaire

1— Limites externes et mers du tithonique-néocomien 2— Transgression miocène 3— Principales fosses molassiques tertiaires 4— Le domaine du volcanisme synorogénique du tertiaire supérieur

turales aient acquis leur volume pendant le seul quaternaire. On a pourtant longtemps hésité sur la chronologie de cette orogénèse qui demeure encore bien incertaine. Il est vrai que l'analyse n'en est pas facile. Sur le versant chilien, entre la cordillère occidentale et les massifs côtiers s'interposent les structures subsidentes des dépressions centrales où les accumulations quaternaires masquent les molasses syn-orogéniques. Les grandes vallées épigéniques qui traversent en couloir la cordillère côtière n'ont pas conservé les dépôts qui pourraient attester de l'évolution des volumes et des étapes de leur démolition. *Les Andes chiliennes sont donc des montagnes sans piémonts*. Quant aux piémonts argentins, leur datation est souvent délicate. Les dépôts sont exclusivement continentaux et les macro-faunes sud-américaines n'apportent guère d'éléments chronologiques décisifs ¹⁶.

Les arguments morphologiques plaident en faveur de l'ancienneté des mouvements orogéniques andins. À supposer un soulèvement récent de la cordillère – comme on l'a soutenu pendant longtemps – on devrait y trouver d'amples restes de surfaces épargnées par l'érosion quaternaire, au moins dans les secteurs arides ou semi-arides. Il n'en est rien. Les deux versants se caractérisent au contraire par la vigueur de la dissection et il faut beaucoup d'obstination pour débusquer les rares témoins de hautes surfaces (J. Borde, G. Viers, R. Paskoff). Or, pendant tout l'éogène et peut-être même jusqu'au miocène moyen, les Andes ont connu de longues phases d'érosion au cours desquelles elles ont été vraisemblablement nivelées, au moins localement. L'extraordinaire ampleur des vallées andines témoigne donc de l'ancienneté des phases d'érosion qui ont démantelé ces surfaces.

C'est dans le Norte chico, domaine privilégié où disparaît la dépression centrale, que l'on peut sérrier le problème. Les grandes vallées de ce secteur sont en effet comblées à l'aval de sédiments molassiques – baptisés elquien et limarien par R. Paskoff – *qui passent latéralement aux dépôts marins du pliocène supérieur*. Le creusement des grandes vallées andines est donc daté – a posteriori – par la transgression du pliocène supérieur (R. Paskoff). Il est à mettre en relation avec la phase orogénique majeure qui se situerait au miocène supérieur-pliocène inférieur ¹⁷.

¹⁶ Les recherches de micropaléontologie apportent depuis quelques années des données nouvelles. R. MARTINEZ (*op. cit.*) a pu ainsi reposer le problème de la stratigraphie des dépôts tertiaires dans le bassin d'Arauco.

¹⁷ Sans disposer de preuves aussi évidentes, J. BORDE était parvenu aux mêmes conclusions. D'autres éléments confirment cette datation. Dans le sud du Pérou et le nord du Chili, l'orogénèse s'accompagne de formidables épanchements de rhyolites. Les datations absolues au K/A situent les premières émissions au miocène supérieur : HOLLINGWORTH, S.P., « Dating the Uplift », *Nature*, 1965, n° 5011, p. 677-678. RUTLAND, R., et al., « Isotopic Ages and Andean Uplift », *Nature*, 1965, n° 5011, p. 677-678.

CLARK, A.H. et al., « Implications of the Isotopics Ages of Ignimbrite Flows, Southern Atacama Desert, Chile », *Nature*, 1967, n° 5102 p. 723-724. Enfin l'étude des migrations de macrofaunes et les données de la micropaléontologie ajoutent des arguments en ce sens (R. MARTINEZ, *op. cit.*).

L'ampleur et l'ancienneté de ces grands modelés de dissection a de quoi surprendre. On peut en effet se demander pourquoi l'érosion linéaire s'est maintenue avec autant de vigueur pendant tout le pliocène et n'a pas fait place à des aplanissements au moins à l'état d'ébauche. Sans doute faut-il faire appel aux systèmes d'érosion anciens peu favorables aux aplanissements, sans doute aussi au style même du soulèvement. La réalisation d'une surface exige une longue période de stabilité. Le soulèvement andin s'est probablement produit par saccades qui ont entraîné continuellement des reprises d'érosion au fond des talwegs dessinés en fonction des mouvements antérieurs. *Le rythme des mouvements ascensionnels qui se sont poursuivis pendant toute la durée du pliocène inférieur et moyen n'a pas laissé à l'érosion la possibilité de développer des aplanissements.* On pourrait ainsi expliquer certaines aberrations des tracés par une constante antécédence des rivières aux soulèvements successifs. Les directions des grandes vallées andines n'obéissent pas toujours aux lignes de plus grandes pentes actuelles. Prisonnières des directions structurales N.S., elles rejoignent parfois le Pacifique au prix de tracés complexes. Ce sont donc les mouvements les plus récents qui soulèvent la crête frontière et déterminent le système de pentes actuelles.

Le rythme saccadé des mouvements orogéniques est bien en accord avec la mobilité structurale des Andes. Il explique aussi, sans doute, la rareté des véritables escarpements de failles. Les accidents qui limitent les différents panneaux affectent plus souvent des zones que des plans et la trituration tectonique de ces zones de broyage n'a pas permis la conservation des escarpements¹⁸. Ceux-ci n'acquiescent quelque netteté que localement et lorsqu'ils ont joué récemment (J. Borde).

Pourtant, *la transgression du pliocène supérieur, sur la côte occidentale, semble marquer une pause dans l'histoire orogénique.* Sur les panneaux affaissés du littoral qui avaient échappé au soulèvement, on suit de belles surfaces d'érosion ; ce sont les *rasas* du Norte Chico (R. Paskoff) ; elles prennent plus l'ampleur dans le Chili central où elles constituent les *plans côtiers*. J. Borde avait montré que ces surfaces se développent aux dépens des modelés de dissection du ponto-pliocène qui en émergent à la manière des inselbergs. R. Paskoff prouve que leur élaboration correspond, au moins initialement, au travail d'abrasion des mers du pliocène supérieur. La réalisation de ces surfaces suppose donc une certaine stabilité tectonique. Il est probable, cependant, que l'affaissement des grabens intermédiaires s'est poursuivi pendant le pliocène supérieur. Ces derniers sont parfois postérieurs aux formes de dissection ponto-pliocène dont ils recourent les directions. La chronologie des subsidences est d'ailleurs plus délicate à établir et il n'est pas prouvé qu'elle soit en phase avec celle des soulèvements.

¹⁸ P. BIROT et O. DOLLFUS avaient déjà insisté, à propos des Andes péruviennes, sur le rôle de cette trituration tectonique sur les modelés, *Ann. de géogr.*, 1961, n° 378 p. 162-178.

Les déformations de ces surfaces littorales permettent de juger des étapes finales des mouvements orogéniques. *Un deuxième paroxysme semble se situer à l'extrême fin du pliocène, peut-être même au tout début du quaternaire.* Cette tectonique est éclatante dans le désert du Nord où elle disloque les calcaires du pliocène déposés dans les dépressions centrales¹⁹. Elle ne l'est pas moins dans le Norte Chico, où elle soulève parfois les plate-formes d'abrasion marine de 2 à 300 mètres. L'apparition de horsts côtiers détermine des épigénies remarquables : antécédences du Rio Limari, des grandes vallées du Chili central qui s'enfoncent en gorges dans les plans côtiers, dissection vigoureuse des bordures pacifiques, plus au sud. Cependant, la tectonique plio-quaternaire n'atteint pas l'ampleur des mouvements ponto-pliocènes. Elle affecte certains panneaux et en épargne d'autres²⁰. Il est bien difficile d'apprécier ses effets dans la cordillère andine. Elle est sûrement responsable d'importants soulèvements dans certains secteurs. L'ampleur des piémonts du quaternaire ancien ne saurait s'expliquer par la seule agressivité des systèmes morphoclimatiques. Cette tectonique s'accompagne d'ailleurs d'une recrudescence du volcanisme dans la cordillère.

Il est en tout cas incontestable que les derniers mouvements importants se situent à la charnière pliocène quaternaire. *La néotectonique andine, proprement quaternaire est plus modeste qu'on ne l'a souvent dit* (R. Paskoff). Il n'est pas question de la nier²¹. Elle se manifeste par des gauchissements, des subsidences, dans les grabens intermédiaires, mais les mouvements ascensionnels sont négligeables.

Il faut donc retenir de l'histoire orogénique andine son ancienneté. C'est une donnée capitale. Elle explique l'originalité des modelés andins qui procèdent d'un schéma d'évolution inverse des schémas traditionnels. Il ne faut pas chercher ici, les classiques « surfaces ponto-pliocènes » à partir desquelles s'inscrit le modelé en creux. *Dans les Andes, il ne reste pratiquement aucune trace de surfaces ante-miocènes ; les modelés de dissection sont anciens, les surfaces sont récentes et limitées aux panneaux marginaux occidentaux ; modelés de dissections et surfaces sont antécédents aux derniers mouvements plio-quaternaires.*

Les styles orogéniques

On ne saurait pourtant englober l'ensemble de la cordillère dans le même moule évolutif. Les deux temps de l'orogénèse n'ont pas eu partout les mêmes effets. C'est au jeu différentiel des diverses phases que répondent

¹⁹ Les recherches encore inédites de M. PREUILH permettront d'affiner singulièrement la chronologie dans le grand nord chilien.

²⁰ R. PASKOFF tire argument de la relative stabilité de certains de ces panneaux pour attribuer essentiellement aux variations du niveau marin la réalisation des terrasses marines du Norte Chico.

²¹ Nous en avons trouvé de beaux exemples dans les piémonts chiliens méridionaux : terrasses faillées et même piémonts disloqués par des champs de failles. L'ampleur des accidents s'atténue cependant au cours du quaternaire.

les styles orogéniques qui rythment les volumes andins. S'il est encore bien prématuré de tenter une classification des provinces structurales andines – il manque pour cela beaucoup d'études monographiques, particulièrement sur le versant argentin – on peut cependant esquisser les grands principes de différenciation régionale.

En premier lieu, l'ampleur des mouvements ascensionnels diminue sensiblement vers le sud. C'est sans doute à une orogénèse ponto-pliocène chaque fois plus discrète, plus qu'aux épisodes du pliocène supérieur qu'il faut attribuer l'abaissement général de la cordillère. On voit d'ailleurs progressivement disparaître, au sud du Chili central, les modelés de dissection qui lui sont associés et s'y substituer des surfaces d'érosion probablement d'âge pliocène. Dans la cordillère, les vieilles surfaces, plombées par des coulées de lave, sont moins démantelées. Il en résulte que le jeu des mouvements plio-quadernaires prend comparativement plus d'ampleur. Il n'est d'ailleurs pas improbable qu'à l'atténuation des mouvements vers le sud s'ajoute un certain déphasage chronologique par migration de l'onde orogénique dans le sens méridien.

Inversement, on peut se demander si le volume imposant de la cordillère septentrionale ne procède pas de l'accumulation de plusieurs mouvements dont certains seraient antérieurs au ponto-pliocène. Les plis de fond en compression qui ont plissé les bordures orientales à la fin du miocène n'avaient-ils pas déjà conféré à la cordillère un certain volume ? On s'expliquerait ainsi que les surfaces éogènes aient été détruites dès le miocène et que les premières grandes coulées d'ignimbrites du miocène supérieur fossilisent des reliefs déjà très différenciés. On pourrait alors douter que l'orogénèse – sens propre du terme – soit seulement le fait de structures « en extension » (J. Auboin).

Le volcanisme sinorogénique est un second facteur fondamental de différenciation régionale. On sait que l'orogénèse andine se manifeste du côté occidental par un formidable volcanisme diffus. (les volcans qui ponctuent l'axe de la chaîne appartiennent pour leur part aux phases post-orogéniques quadernaires.) Ce volcanisme est toujours associé aux grabens occidentaux et semble donc lié aux structures en extension du versant occidental. Inversement, dans le Norte Chico où manquent les dépressions centrales, le volcanisme du tertiaire supérieur fait défaut. On y note une structure en failles inverses qui délimitent de grands blocs en marches d'escalier, dispositif que l'on ne retrouve pas dans les autres provinces andines²². On peut donc opposer d'un point de vue structural, les Andes volcaniques aux Andes sans volcanisme.

Encore les deux provinces volcaniques qui encadrent le Norte Chico sont-elles fort différentes. Dans les Andes arides, le volcanisme est toujours

²² PEREZ, L. et AGUIRE, L. « Relación entre estructura y volcanismo cuaternario andino en Chile », *Pan-American Symposium on the Upper Mantle, Mexico, 1968*, p. 39-46.

acide. À travers les fissures de la voûte qui borde la puna, d'énormes accumulations de rhyolites et ignimbrites ont accompagné les premiers mouvements d'ascension. Ces plateaux rhyolitiques sont découpés en escarpements de failles et gigantesques flexures²³. Dans le sud, au contraire, le volcanisme diffus est toujours plus basique. Ces différences sont sans doute liées à l'abaissement de la cordillère. Les données gravimétriques montrent en effet une diminution des anomalies de Bouguer vers le sud²⁴ indiquant un amincissement des croûtes sialitiques. Les contaminations supra-crustales y sont moins poussées et ceux-ci conservent un caractère plus basique²⁵. Les Andes centrales constituent de ce point de vue un domaine de transition.

CONCLUSION

Il faut revenir en conclusion sur le style général de l'ensemble du cycle andin. Nombreux sont les auteurs qui ont pressenti que les schémas classiques des couples géosynclinaux s'appliquaient mal aux Andes. Après C. Picart, J. Borde, J. Debelmas, G. Trottereau, J. Auboin et A. Borelo ont défini les caractères particuliers de l'orogénèse andine, proposant une terminologie qui éclaire le débat sur le « géosynclinal » andin. La sédimentation essentiellement continentale, liée à des fosses étroites, peu profondes et instables, les épanchements volcaniques à tendance acide, des phénomènes plutoniques supra-crustaux indiquent la permanence d'une croûte sialitique à la base des sillons géosynclinaux et suggèrent *le caractère continental de la tectogénèse andine*. C'est donc sur le bourrelet continental en position *liminaire* et non en marge du continent que s'est édifiée la chaîne. On saisit mieux, dans ces conditions, l'originalité de l'orogénèse. Durant les phases géosynclinales, les fosses sont des sortes de grabens, étroits, peu profonds et subsidents, insuffisamment distendus pour qu'il s'y opère des compressions importantes. Ce sont de médiocres tectogènes. On n'y trouve point de flysch mais des sédiments volcaniques et détritiques. En ce sens, on a pu définir lithologiquement les Andes comme une *chaîne à molasses* (au sens large). L'expression rend bien compte, par ailleurs, de la médiocrité des formes structurales de détail. Pendant les paroxysmes orogéniques, la tectonique de socle, accompagnée de montées batholitiques, s'impose sur la tectonique de serrage. Ces plis de fond débordent progressivement le cadre des fosses liminaires, incorporant indifféremment des

²³ ZEIL, W. et PICHLER, H. « Die Känozoische Rhyolith Formation im mittleren Abschnitt der Anden », *Geol. Rund.*, 1967, p. 48-80.

²⁴ DRAGICEVIC, M., *Carta gravimétrica de los Andes meridionales e interpretación de las anomalías de gravedad en Chile Central*, Faculté des Sciences de l'Université du Chili, Publ, n° 93, 1970, 42 p.

²⁵ KATSUI, Y. et GONZALEZ, O. « Geología del área neovolcánica de los Nevados de Payachata con consideraciones acerca del volcanismo cenozoico superior en los Andes chilenos », *Bol. Dep. Geol. U. de Chile*, n° 29, 1968.

panneaux d'avant-pays ou arrière-pays. Au cours de son histoire, la migration de l'onde orogénique construira et amplifiera constamment l'édifice aux dépens de ses marges externes. C'est ainsi que, plus qu'ailleurs, le « géanticlinal » andin est sans commune mesure avec les maigres sillons qui initient le cycle.

RÉSUMÉ

LA STRUCTURE ET L'OROGENÈSE DES ANDES CHILÉNO-ARGENTINES

L'auteur définit d'abord les caractères originaux des Andes chileno-argentines dans lesquelles l'orogénèse éclipse la tectogénèse. Les cycles orogéniques anciens ont préparé et consolidé le bâti pré-andin. Pendant le cycle géosynclinal andin, deux transgressions marines interrompent une sédimentation essentiellement continentale et détritique, uniforme et monotone. Les directions andines sont obliques par rapport aux axes orogéniques tertiaires et la limite entre faciès internes et externes accuse l'opposition des versants chiliens et argentins.

On distingue trois étapes dans l'orogénèse andine. D'abord les bassins géosynclinaux caractérisés par la médiocrité des plissements et la granitisation des zones internes durant la phase sub-hercynienne, et l'apparition des fosses molassiques péri-andines au crétacé supérieur. Le tertiaire est témoin des derniers plissements andins et de l'incorporation de l'avant-pays, ainsi que des effondrements pacifiques. L'histoire orogénique andine est ancienne. Il ne reste aucune trace de surfaces récentes et limitées aux panneaux marginaux occidentaux. En ce qui concerne les styles orogéniques, l'ampleur des mouvements ascensionnels diminue sensiblement vers le sud ; le volcanisme sinorogénique est associé aux grabens occidentaux.

En conclusion, l'auteur insiste sur le caractère continental de la tectogénèse andine et sur le fait que les Andes sont une chaîne à molasses.

ABSTRACT

THE STRUCTURE AND OROGENESIS OF THE CHILEAN-ARGENTINIAN ANDES

The author first defines the original nature of the Chilean Argentinian Andes in which orogenesis eclipsed tectogenesis. The old orogenic cycles prepared and consolidated the pre-Andean structure. During the Andean geosynclinal cycle, two marine transgressions interrupted an essentially continental, detritic and uniform sedimentation. The Andean dips are oblique in relation to the tertiary orogenic axes and the limit between internal and external facies indicates the contrast between the Chilean and Andean mountains. There are three stages in the Andean orogenesis. First there are the geosynclinal basins characterized by minor foldings and the granitization of internal zones during the sub-hercynian phase and the appearance of peri-Andean molassic deeps of the upper cretaceous strata. The tertiary period witnessed the last Andean folding and inclusion of the foreland as well as slow subsidence. The Andean orogenic history is very old : there remain no ante-miocene surface traces. The dissected relief is old, and the surface recent and limited to western and marginal areas. The amplitude of the ascending orogenic movements diminishes somewhat towards the south. The sinorogenic volcanism is associated with the western grabens.

In conclusion, the author emphasizes the continental nature of the Andean tectogenesis and the molassic nature of the Andean chain.

RESUMEN

LA ESTRUCTURA Y LA OROGÉNESIS DE LOS ANDES CHILENO-ARGENTINOS

El autor define desde luego los caracteres originales de los Andes chileno-argentinos en los cuales la orogénesis eclipsa la tectogénesis. Los ciclos orogénicos antiguos han preparado y consolidado el armazón pre-andino. Durante el ciclo geosinclinal andino, dos transgresiones marinas interrumpen una sedimentación esencialmente continental y detrítica, uniforme y monótona. Las direcciones andinas son oblicuas en relación a los ejes orogénicos terciarios y el límite entre las caras internas y externas acusa la oposición de las vertientes chilenas y argentinas.

Se distinguen 3 etapas en la orogénesis andina. Desde luego las fosas geosinclinales caracterizadas por la mediocridad de los plegamientos y la granitización de las zonas internas durante la fase sub-hercínica y la aparición de fosas molásicas (molassiques) peri-andinas del cretáceo superior. El terciario es testigo de los últimos plegamientos andinos y de la incorporación del ante-país, como así también de hundimientos pacíficos. La historia orogénica andina es antigua. No queda ningún rastro de superficies ante-miocenas. Los modelados de dissección son antiguos, las superficies recientes limitadas por paneles marginales occidentales. En lo que concierne a los estilos orogénicos, la amplitud de los movimientos de ascenso disminuye sensiblemente hacia el sur; el vulcanismo sinorogénico está asociado a las fosas tectónicas (grabens) occidentales.

En conclusión, el autor insiste sobre el carácter continental de la tectogénesis y sobre el hecho que los Andes son una cadena de molasas (à molasses).