U336.

EXTRAIT DES ANNALES DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD
LILLE
T. XCI, Séance du 4 Mars 1970, p. 79

BIBLIOTECA IREN

Présentation de la chaîne andine à la latitude de Concepción (Chili) (*)

par Pierre CHOTIN (**)

Sommaire. — L'auteur analyse les problèmes relatifs à la Cordillère des Andes s. l. au parallèle de Concepción (Chili). Après une description des séries stratigraphiques du domaine interne et du domaine externe du bassin liminaire andin et une analyse de la tectonique, il pose le problème du relai entre le système andin et le système de Magellan.

Summary. — The auther analyses problems concerning the Andean Cordillera s. l. in the latitude of Concepción (Chile). After a description of the stratigraphic series of the internal and external zones of the " liminar " furrow of the Andies and an analysis of the tectonic, he sets the problem of the relay betwen the andean system and the Magellan system.

I. — INTRODUCTION

Bordant le rivage Est-pacifique, une chaîne majestueuse longe le continent Sud-américain : les Andes, dont un des points culminants, l'Aconcagua, domine la partie située face à Santiago.

Les deux éléments les plus frappants pour le géologue sont, d'une part, l'extrême importance du volcanisme et, d'autre part, le découpage en grands blocs de la cordillère par un réseau de failles très dense.

La partie située face à Concepción (Lat. 36° à 40°) n'échappe pas à ces particularités. Néanmoins, notons qu'à cette latitude, la cordillère ne se présente plus comme une barrière infranchissable, aux sommets très élevés, telle qu'elle apparaît dans le Nord (Aconcagua, 7 021 m ; Tupungato, 6 584 m ; Paso del Cristo Redentor, 4 150 m). Du Nord au Sud, elle s'abaisse considérablement, de telle sorte que dans le Lonquimay elle ne présente plus qu'une altitude moyenne de 2 500 m (Lonquimay, 1 000 m ; Paso de Pino Hachado, 2 000 m ; Cerro Los Lajas, 2 650 m). Ce phénomène s'accentue encore quand on passe au Sud, dans la région de Bariloche (Port Constancia, 1 354 m ; Cerro Crespo, 2 273 m). Les seuls points hauts de la cordillère sont les volcans (Vn. Lonquimay, 2 822 m ; Vn. Villarica, 2 840 m ; Vn. Osorno, 2 661 m).

Dans cet exposé, je précise que je me limiterai à la description des Andes dans sa partie Sud, comprenant les zones de Concepción, Lonquimay et Neuquén.

II. — LES GRANDS EDIFICES GEOGRAPHIQUES

Considérant les Andes dans leur ensemble, telles qu'elles se présentent actuellement, c'est-à-dire en volumes acquis lors du dernier mouvement tectonique plio-quaternaire, il est possible de distinguer trois éléments structuraux fondamentaux de direction N-S qui sont, d'Est en Ouest :

1) La Cordillère côtière qui borde l'Océan Pacifique. Bien que d'altitude peu élevée (les points culminants entre le 37me et le 40me parallèle sont le Cerro Mirador, 601 m et le Cerro Puralaco, 792 m), elle n'en forme pas moins un obstacle aux rivières qui descendent de la Haute Cordillère ; seules, de place en place, les plus grandes d'entre elles se sont formé un passage vers le Pacifique. Ainsi en est-il pour les rios Ñuble, Bío-Bío, Cautín, Toltén, Cruces, Bueno, qui drainent vers le Pacifique tous les torrents andins (fig. 1).

2) La Vallée centrale chilienne, grande dépression d'origine tectonique, large de 60 km en moyenne, dont le contact par faille, d'un côté avec la Cordillère côtière, et de l'autre avec les Andes *s. str.*, est bien évident.

(*) Cette communication écrite a été présentée lors de la séance du 4 mars 1970.

(**) Département de Géologie. Faculté des Sciences. Departemento de Geologia. Concepción. Chili.

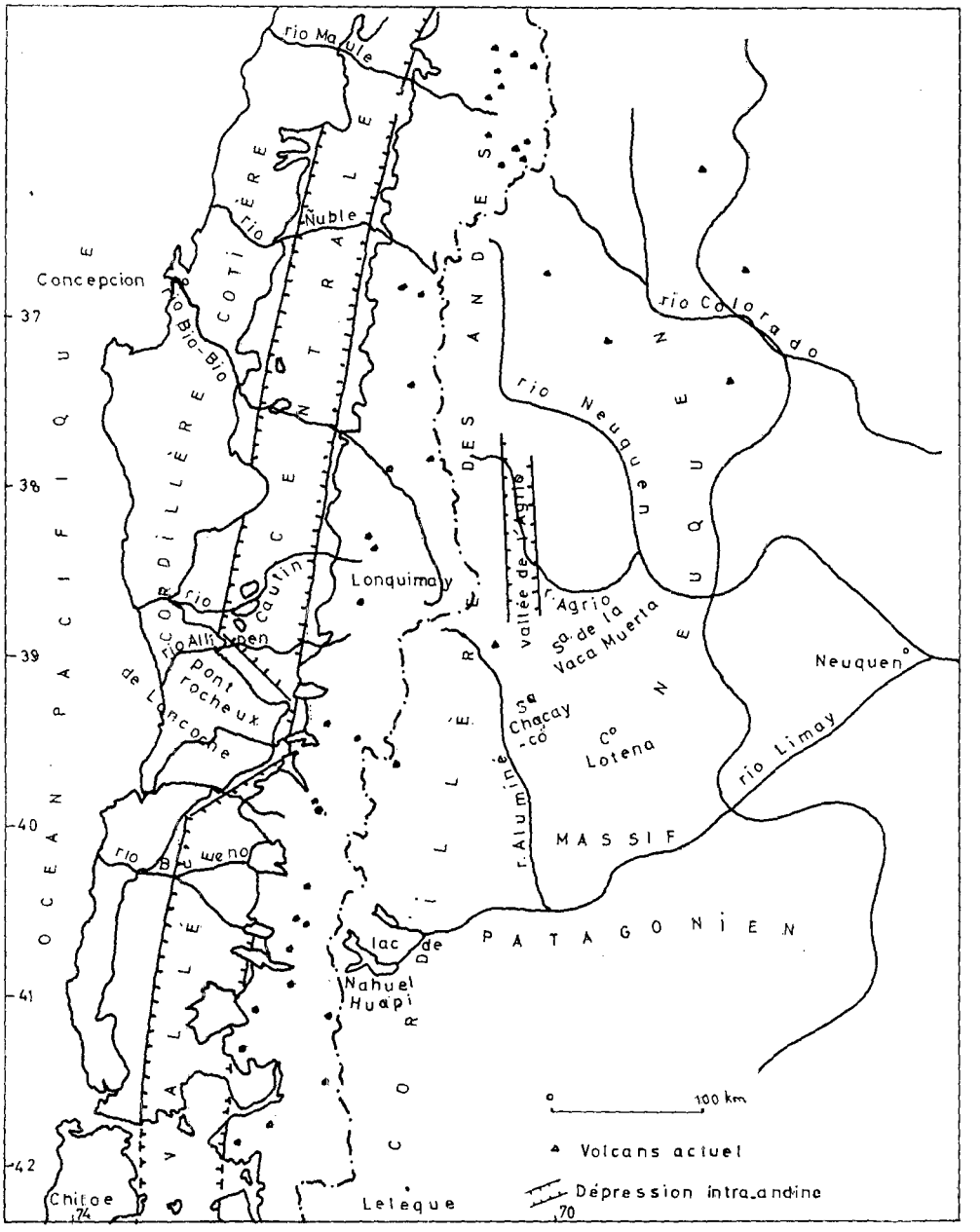

FIG. 1. — Carte de situation

3) La Cordillère des Andes, d'altitude basse dans cette partie, bordée à l'Ouest par un piémont très étroit et qui, au contraire à l'Est, descend doucement vers la pampa argentine.

Jusqu'ici, nous avons vu que la direction N-S des trois édifices structuraux principaux, Andes *s. str.*, Vallée centrale et Cordillère côtière, était imposée par la tectonique de failles plio-quaternaire. Mais les terrains métamorphiques paléozoïques de la région de Concepción, sur le bord pacifique de la Cordillère de la côte (Lat. 36° 30) vont prendre, vers le Sud, une direction oblique NNW-SSE à partir de Loncoche (Lat. 39° 30) et

passer au Massif Patagonien. De ce fait, la Vallée centrale est actuellement interrompue sur une centaine de kilomètres dans la région de Loncoche. En première approximation, on peut penser qu'il s'agit là d'une sorte de dorsale appelée " Dorsale de Chubut " (3) (du nom de la province qui se trouve située en Argentine, au Sud du 42^{me} parallèle), ou bien "Dorsale de Concepción ".

Nous verrons donc par la suite que, paléogéographiquement, le bassin andin était un engolfement du Pacifique sur le craton Sud-américain, de direction NNW-SSE, limité au SW par cette dorsale qui allait de la région de Concepción à celle de Nahuel-Huapi. Il était fermé au Sud sur le Massif Patagonien, au moins pendant une partie de son existence.

En outre, l'existence d'une telle dorsale traversant obliquement la Cordillère des Andes peut nous apporter beaucoup d'éclaircissements sur le relai entre le système andin et celui de Magellan.

Dans l'étude stratigraphique qui suit, il sera décrit ensemble, Cordillère côtière et Massif Patagonien.

III. — SCHEMA STRATIGRAPHIQUE

Nous allons distinguer successivement, la Cordillère côtière et le Massif Patagonien, la Vallée centrale et enfin les Andes *s. str.*

A) Cordillère de la côte et Massif Patagonien.

1) Le socle métamorphique.

Il est composé de roches métamorphiques et forme une frange côtière qui va de Valparaíso à Chiloé et passe, à la hauteur de Loncoche, au Massif Patagonien. Les roches les plus fréquentes qui le composent sont des schistes, des quartzites, des phyllites, des micaschistes à séricite, à andalousite et des roches cornéennes au contact avec la granodiorite. Le faciès est celui des schistes verts (au sens d'Eskola).

Du point de vue sédimentologique, ces séries sont monotones, épaisses et dérivent d'un sédiment originel pélitique et gréseux ; on reconnaît facilement des structures sédimentaires telles que stratification laminaire, entrecroisée, classement vertical, marques de courant, figures de glissement, etc...

L'âge de ces formations reste très problématique, car on ne possède aucun critère de datation. Néanmoins, il faut séparer nettement ce qui est, d'une part cycle hercynien et, d'autre part, cycle andin. Il est possible de considérer ainsi les séries métamorphiques de la côte et le batholite granodioritique comme le socle du bassin liminaire andin, celui-ci étant anté-triasique par les faits que :

a) Le Trias supérieur marin de la côte est transgressif sur ces séries (faciès marin).

b) Le Trias volcanique est discordant sur le Carbonifère dans les Andes (faciès continental et volcanique du Trias).

c) Le Jurassique inférieur est transgressif sur ce socle dans le Sud des Andes au contact avec le Massif Patagonien.

d) Le conglomérat basal du Trias de Concepción contient de nombreux galets de roches métamorphiques et de granodiorites extraits au socle sous-jacent.

e) L'âge du batholite granodioritique qui traverse les séries métamorphiques, calculé par les méthodes de la radiométrie, est permo-carbonifère (17).

2) Le batholite granodioritique.

Au travers du socle métamorphique s'est mis en place un batholite qui forme la majeure partie de la Cordillère côtière entre Valparaíso et Concepción et qui apparaît aussi au travers des séries métamorphiques du Massif Patagonien.

La majeure partie des roches qui composent ce batholite sont des granodiorites. Elles se présentent comme des roches à texture grenue, la taille des grains pouvant atteindre 1 à 2 cm ; le pourcentage de quartz est élevé, l'orthose est en faible quantité, parfois absente, les plagioclases présentent des pourcentages variables, les ferromagnésiens sont la biotite et la hornblende verte. Mais il est évident que la composition du batholite, bien que d'apparence homogène, présente des variations importantes, les différentes roches qui le composent allant du granite à la diorite quartzifère.

La mise en place de ce batholite est, elle aussi, très problématique. Il traverse les séries métamorphiques et est couvert en transgression par le Crétacé supérieur et ne semble pas affecter le Trias. Il serait d'âge permo-carbonifère, toute réserve faite sur la détermination de cet âge (17).

3) La couverture sédimentaire.

a) *Le Trias.*

Dans la zone de Concepción, l'affleurement de Trias marin (Lutites à *Halobia*) semble être le plus austral connu. Il est composé de sédiments clastiques (arkoses et lutites) semi-marins, semi-continentaux. Il représente une transgression timide du Pacifique sur le continent Sud-américain qui a dû se faire par paliers et se déplacer lentement du NW au SE. C'est pourquoi, actuellement, on ne rencontre le Trias supérieur et le Lias inférieur que de place en place sur le bord oriental de la Cordillère côtière (Curepto-Concepción) (22-21) et que la transgression jurassique dans les Andes se fera générale, plus à l'Est, à partir du Sinémurien supérieur.

b) *Le Jurassique.*

On est de nouveau amené à considérer la dorsale de Concepción, car il paraît ne pas y avoir eu de dépôts jurassiques marins sur le flanc SSW du bassin andin, c'est-à-dire dans la région qui s'étend de Concepción à Nahuel Huapi. Les derniers affleurements du Jurassique inférieur se trouvent situés dans le bassin du Neuquén, au contact avec le Massif Patagonien (Lat. 40° 20) et les premiers affleurements du Jurassique du bassin de Magellan se trouvent situés sur le bord S du Massif Patagonien, à la hauteur du parallèle 42° 40 (région de Leleque). Dans l'état actuel de nos connaissances sur les Andes, il faut tout de même faire une réserve sur cette interruption de quelques 200 km de la sédimentation du Jurassique, interruption qui peut être paléogéographique et, dans ce cas, correspondre à la dorsale de Concepción ou qui peut être due au cycle d'érosion intensif post-orogénique qui aurait dénudé totalement le Massif Patagonien.

c) *Le Crétacé supérieur et le Tertiaire.*

Donc, dans la région de Concepción, après une grande période qui va du Trias au Crétacé supérieur, pendant laquelle toute trace de sédimentation disparaît, une série de transgressions et de régressions ont permis le dépôt, dans quelques bassins isolés de la côte pacifique, d'épaisses séries argilo-arkosiques. La transgression du Pacifique sur la côte se fait hésitante à partir du Maestrichtien [zone à *Eubaculites vagina* Forbes et *Cardium* (*Ringicardium*) *acuticostatum* Phil.].

Dans ces mêmes bassins côtiers, des séries arkosiques identiques se déposeront pendant l'Eocène, puis le Miocène. Ces sédiments seront, soit marins, soit continentaux, en fonction des mouvements d'avancée et de recul de la mer.

B) La Vallée centrale.

La Vallée centrale chilienne, qui s'étend depuis la région de Santiago au Nord jusque celle de Chiloé, au Sud, où elle se perd sous les eaux du golfe d'Ancud, présente une direction N-S, c'est-à-dire oblique par rapport aux directions paléogéographiques andines. Elle se doit manifestement à la tectonique de faille post-liminaire qui a affecté les Andes au Plio-Quaternaire.

Grande vallée au fond relativement plat, large de 60 km en moyenne, elle est bordée à l'Est par les Andes *s. str.* (le caractère faillé se note par le piémont étroit et par le fait que les Andes forment une barrière brutale dominant la vallée centrale), et bordée à l'Ouest par la Cordillère côtière. Cette dernière ne présente pas une structure faillée nette sur la longueur de son parcours et les formes adoucies des monts qui dominent la Vallée centrale prouvent que cette tectonique de failles est assez ancienne.

Sur le bord occidental de la Cordillère des Andes, la Vallée centrale est bordée par de nombreux volcans quaternaires qui s'alignent dans une direction N-S, c'est-à-dire la direction principale des grandes failles. Ces volcans ont contribué, en sus de la sédimentation terrigène normale continentale, à combler la Vallée centrale. Il est courant, à l'heure actuelle, de noter, par les forages entrepris pour la recherche du pétrole, la présence de plusieurs milliers de mètres de sédiments volcano-sédimentaires.

La continuité de la Vallée centrale est interrompue au niveau de Loncoche par le pont rocheux qui fait la liaison entre la Cordillère côtière et le Massif de Nahuel-Huapi et marque justement la direction NNW-SSE de la paléogéographie andine. Il est très certain que cette région a rejoué récemment avec les mouvements en tension plio-quaternaires.

Une seconde interruption est marquée par le volcanisme tertiaire qui a affecté la Vallée centrale. On remarque en effet qu'une certaine activité volcanique a eu lieu pendant le Miocène (?) (10). Et ceci peut se mettre en parallèle avec la recrudescence de l'activité volcanique du Miocène dans la Cordillère andine (Premiers basaltes). Il

est donc possible de penser que la tectonique en tension finale (Post-liminaire) a pu commencer à jouer au Miocène supérieur.

Et si nous revenons au problème de la sédimentation dans la Vallée centrale, on note que, dès le Miocène, il s'y accumulait déjà des séries détritiques (Marines), lutites et grès à *Siphogenerina* sp., *Nodosaria spinocostata* D'ORB., *Bolivina* sp., *Cibicides* sp., *Anomalina* sp., *Gyroidina* sp., *Cristellaria calcar*, *Pseudoglandulina* cf. *P. galloway*, *Globigerina* sp. (10). En fait, la zone côtière devait déjà faire barrière à ce moment au cheminement des sédiments détritiques des Andes au Pacifique.

Enfin, actuellement, les failles qui affectent la Vallée centrale et la Cordillère côtière continuent de jouer ; il n'est que d'étudier les tremblements de terre au Chili pour se rendre compte de l'amplitude du phénomène.

C) La Cordillère des Andes.

Ce qui attire l'attention dans les Andes est l'ertrême importance du volcanisme depuis le Trias jusqu'à nos jours. Les terrains sédimentaires marins et continentaux se rencontrent (à la latitude Concepción) plutôt dans la partie argentine de la Cordillère. Il est donc possible, déjà, de faire une distinction entre une zone argentine sédimentaire et une zone chilienne volcanique. Cette polarité se note aussi dans la tectonique qui affecte ces régions, celle-ci paraissant plus intense côté chilien.

1) STRATIGRAPHIE.

Une coupe stratigraphique des Andes, faite au niveau de Lonquimay-Neuquén, me permettra de décrire les formations sédimentaires et volcaniques. Je décrirai successivement la partie chilienne de la Cordillère (zone interne) puis la partie argentine (zone externe).

Dans la première, on distingue les séries suivantes :

a) *Trias.*

Dans la région de Lonquimay, le Trias n'existe pas à l'affleurement. Celui-ci est représenté (cf. chap. précédent) dans la Cordillère de la côte, par des séries transgressives détritiques, semi-marines, semi-continentales et dans la Cordillère andine, côté argentin, par des séries effusives acides. En première approximation, il est donc possible de mettre en évidence, au Trias supérieur (zone à *Halobia neumayri* BITTN.), un bassin, le protobassin andin, volcanique dans sa majeure partie, dans lequel, à partir du NNW, se fera une transgression lente et épisodique du Pacifique qui atteindra son maximum au Sinémurien supérieur.

b) *Jurassique inférieur et moyen.*

La base n'est pas représentée dans le Lonquimay ; il s'agit d'une série épaisse, dépassant les 800 m, monotone, de pélites gréseuses et calcaires alternant avec des grès, conglomérats et argiles. On y rencontre fréquemment des brèches de flanc et des figures sédimentaires telles que figures de courant, figures de charges, figures de glissement, témoignant d'une certaine instabilité sinon d'une forte pente du milieu de sédimentation. Dans la base, s'intercalent quelques bancs de tufs, voire même d'andésites, prouvant que l'activité volcanique triasique n'a pas cessé brusquement avec la transgression dans le bassin andin.

Les quelques rares fossiles trouvés dans ces séries n'ont pas été très utiles quant à la détermination de leur âge. Il s'agit de *Soninia* sp. que l'on peut rapporter au Jurassique moyen.

c) *Jurassique supérieur.*

Ces argiles, pélites et grès passent vers le haut et sans interruption à une série argileuse d'une centaine de mètres, où j'ai pu trouver la faune suivante (8) : *Macrocephalites* (*Eurycephalites*) aff. *rotundus* TORNQUIST, *M.* (*Indocephalites*) *chrysooliticus* WAAG., *M. araucanus* BURCK., *M.* aff. *lamellossus* WAAG., *M.* aff. *noetlingi* BURCK., *M.* (*Dolikocephalites*) aff. *tyticus* BLAKE, *Oppelia* (*Oxycerites* ?) *exotica* STEIN., *Inoceramus galoi* BOEHM. Cette faune indique un âge Callovien inférieur.

Au-dessus et en concordance de stratification, repose une série à faciès totalement différent : il s'agit des calcaires à *Cidaris* de l'Oxfordien. Ces calcaires, toujours très gréseux, d'une trentaine de mètres d'épaisseur, indiquent une tendance à l'émersion qui se manifestera quelque temps après. Il s'agit en effet de la dernière formation marine s'étant déposée dans les zones internes. Ce mouvement, qui affecte toute la Cordillère (formation du gypse dans les zones externes), est plus intense ici car il évoque l'émersion définitive de ces zones.

Au-dessus donc, se déposeront les séries volcaniques du Jurassique supérieur. Il s'agit d'andésites, de brèches andésitiques, de tufs, dont la puissance, difficilement mesurable, doit être assez forte (plus de mille mètres visibles).

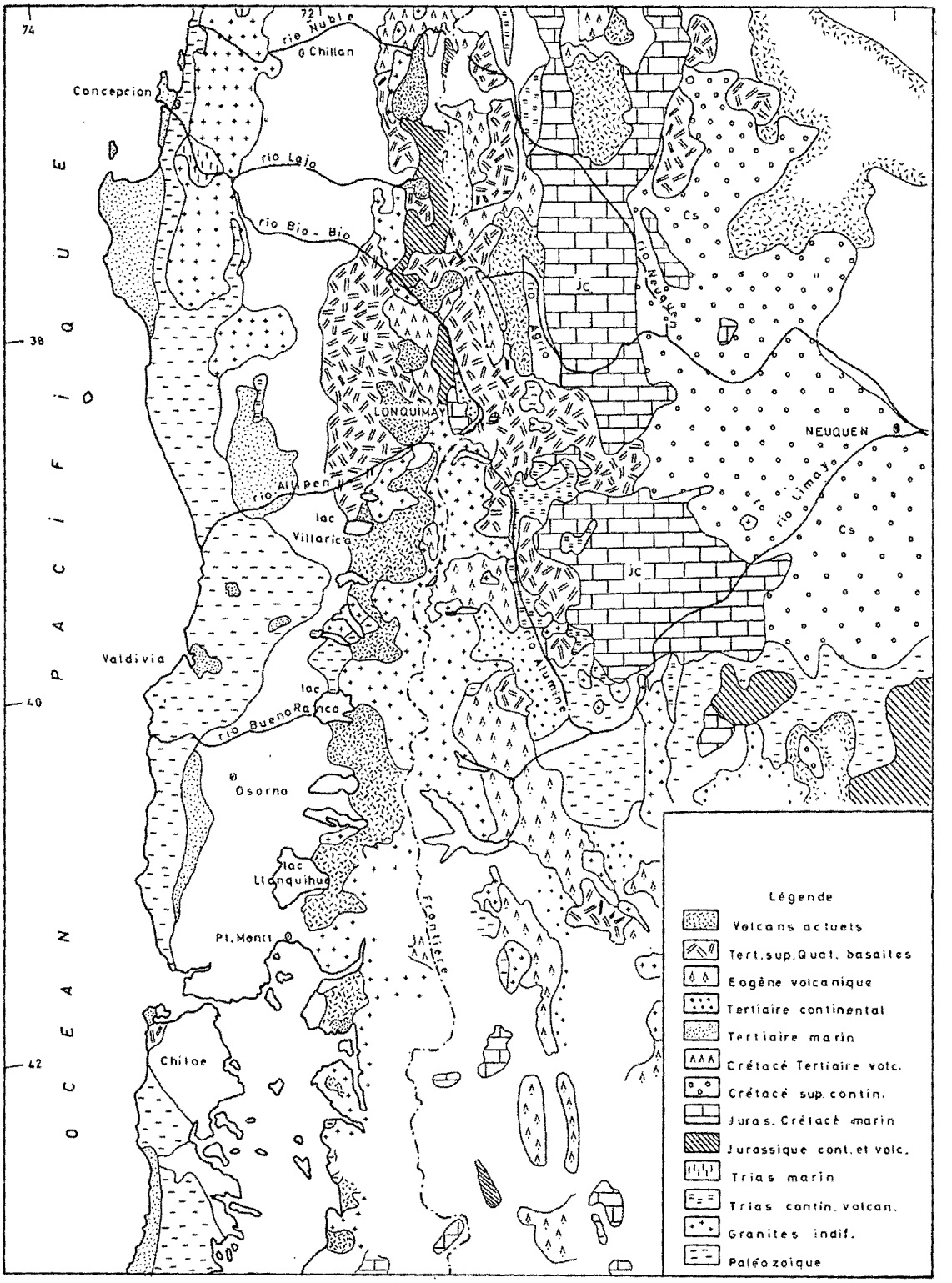

FIG. 2. — Carte géologique schématique des Andes à la latitude de Concepción

Ce volcanisme a continué ensuite pendant tout le Crétacé mais il m'a été impossible de fixer une limite, si bien que s'il y a eu un mouvement quelconque pendant ce temps, il n'a pas été mis en évidence.

Par contre, après cet épisode volcanique du Jurassique supérieur, éventuellement du Crétacé inférieur et avant le dépôt des séries détritiques de l'Eocène, un mouvement tectonique général dans les Andes mettra en place des structures telles que l'Eocène sera nettement discordant sur les séries antérieures.

d) *Eocène.*

En discordance sur le Mésozoïque, on trouve dans le Lonquimay une formation lacustre éocène de quelques centaines de mètres d'épaisseur, que l'on nomme " schistes bitumineux " pour contenir des intercalations de lutites chargées de bitume. Ces schistes argileux contiennent une faune lacustre datée de l'Eocène par Mayer Eymar (13). Il s'agit de la faune suivante : *Unio burckhardti* M.E., *Ancylus humbolti* M.E., *Bythinia* (*Assiminea*) *capitata* M.E., *Acteonina* (*Douvilleia*) *fischeri* M.E. Des intercalations de roches andésitiques nous montrent que l'activité volcanique recommence pendant l'Eocène pour se développer ensuite intensément après cette période.

En discordance sur les séries antérieurement citées, vont se déposer pendant tout le Tertiaire supérieur des séries andésitiques puis basaltiques, qui forment de grandes nappes couvrant le paysage, masquant les couches plus anciennes de telle sorte que l'on ne dispose que de peu d'affleurements pour étudier le Mésozoïque.

A une époque plus récente (Quaternaire), des volcans ont pris naissance sur les zones de fractures dues à la dernière tectonique en extension générale dans les Andes. On distingue ainsi dans la coupe (fig. 3) le volcan Lonquimay qui est un des nombreux volcans qui jalonnent la Cordillère tout au long de son parcours.

2) Tectonique et magmatisme.

a) La Cordillère des Andes doit en partie son relief actuel à la tectonique de failles, plio-quaternaire, qui a eu pour effet de la diviser géographiquement en trois grandes zones : Cordillère côtière, Vallée centrale et Cordillère des Andes. Le réseau de failles le plus important semble donc avoir une orientation à peu près N-S et il existe un réseau

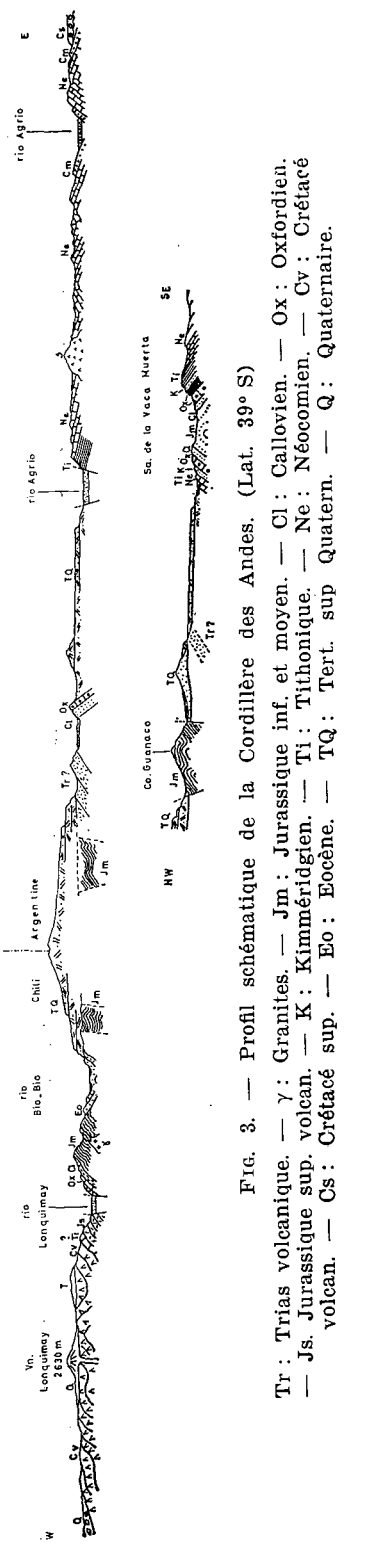

Fig. 3. — Profil schématique de la Cordillère des Andes. (Lat. 39° S)

Tr : Trias volcanique. — γ : Granites. — Jm : Jurassique inf. et moyen. — Cl : Callovien. — Ox : Oxfordien. — Js. Jurassique sup. volcan. — K : Kimméridgien. — Ti : Tithonique. — Ne : Néocomien. — Cv : Crétacé volcan. — Cs : Crétacé sup. — Eo : Eocène. — TQ : Tert. sup Quatern. — Q : Quaternaire.

secondaire recoupant le premier, selon des directions grossièrement E-W.

Dans la Cordillère principale, du côté de Lonquimay, c'est à cette tectonique qu'est dû le soulèvement de grands panneaux montagneux qui font apparaître à l'affleurement le Jurassique, malgré les épaisseurs énormes de basaltes qui le couvrent partout ailleurs.

b) Dans le Lonquimay, il existe une formation lacustre de l'Eocène (décrite ci-avant), formant un grand synclinorium allongé N-S, dans le fond duquel passe l'actuel Bío-Bío (fig. 3). Les couches de tufs, grès et argiles schisteuses présentent des plis assez marqués, généralement de direction N-S. Au-dessus, reposent des séries andésitiques discordantes, subhorizontales à horizontales, non datées, mais qui, probablement, de par leur position et leur nature (andésite à basaltes), représentent les premiers épanchements de la phase volcanique andine finale.

Cette phase tectonique en compression est donc post-éocène et correspond à la phase qui a déformé les séries du Paléogène dans les Andes au parallèle de Mendoza. Elle peut être aussi responsable de la mise en place de certains grands volumes montagneux par formation de grands plis de fond.

Le manque d'éléments de comparaison et de datation fait qu'il est très difficile de faire la part de cette tectonique dans la formation de l'édifice andin au parallèle de Lonquimay.

c) Enfin, les séries argilo-gréseuses et calcaires du Jurassique inférieur et moyen, les séries volcaniques du Jurassique supérieur et du Crétacé sont déformées par une tectonique en compression antérieure à l'Eocène, lequel repose en discordance sur le Mésozoïque.

Il s'agit de la tectonique andine principale (phase laramienne) qui a mis en place les différentes structures tant dans le domaine interne que dans le domaine externe (fig. 3). Elle était annoncée par deux mouvements antérieurs : l'un, au Jurassique supérieur (phase Araucana des auteurs argentins (19) responsable de l'émersion définitive des zones internes, et l'autre, au Crétacé moyen (phase sub-hercynienne) responsable de l'émersion définitive des zones externes.

Au parallèle de Mendoza (Argentine) les structures sont nettement déversées vers l'avant-pays argentin et les formations volcano-sédimentaires du domaine interne chevauchent les formations sédimentaires du domaine externe (1). Le front de cet accident majeur est marqué par des écaillages au niveau du gypse oxfordien. Dans le Lonquimay, c'est-à-dire dans la zone faisant l'union entre domaine interne et domaine externe, il n'y a aucune évidence d'un tel phénomène si ce n'est quelque accident inverse de faible amplitude. Mais il faut bien dire que les affleurements des séries mésozoïques n'abondent pas, celles-ci ayant été recouvertes par les accumulations d'andésites et de basaltes depuis le Miocène (fig. 3).

Sur le plan du magmatisme, notons que des granites supracrustaux se rencontrent dans l'axe de la Cordillère principale où certains d'entre eux sont intrusifs dans les séries sédimentaires du Jurassique moyen où ils produisent des auréoles de métamorphisme de contact (roches indurées et minéralisation de pyrite). Ces granites post-tectoniques qui recoupent les structures du Jurassique du Lonquimay n'ont actuellement pas été mis en évidence au travers des séries volcanogènes du Crétacé. Mais l'étude radiométrique d'un échantillon de Paso Mallin de Icalma, Province de Malleco, a donné un âge de 90 $\pm$ 10 m.a (24).

Le Lonquimay-Neuquén se trouve situé au N de la dorsale de Chubut, qui est caractérisée par des séries métamorphiques granitisées sur lesquelles le Lias est bien discordant. De telle sorte qu'à cette latitude, le problème de la reconnaissance des diverses intrusions n'est pas des plus aisés ; ainsi, les granites furent datés du Crétacé, puis du Paléozoïque ou vice versa. De nos jours encore, certains auteurs ont tendance à généraliser ces intrusions et les considérer comme permiennes ou laramiennes selon leur convenance. Le problème sera résolu le jour où il sera fait des mesures radiométriques générales dans tout le batholite andin.

Néanmoins, qu'ils soient jurassiques ou laramiens, les granites se sont bien mis en place dans le domaine interne qu'ils caractérisent tout au long des Andes.

D) La partie argentine de la Cordillère.

Dans la partie argentine de la Cordillère, les séries géologiques sont très différentes et ont un caractère de séries de zones externes au sens alpin du terme :

— Ce sont des séries généralement marines, calcaro-marneuses, de type " terres noires " de la zone dauphinoise alpine.

— Il n'y a pas d'intrusions granitiques.

— Le volcanisme y est absent pendant les périodes liminaires et tardi-liminaires.

1) STRATIGRAPHIE.

Nous allons distinguer successivement :

a) *Trias.*

Dans le Neuquén, une série de " porphyres quartzifères et de tufs " a été attribuée au Trias supérieur (12, 14, 23). Elle repose en discordance sur le socle métamorphique et granitique. Dans la région d'Aluminé (Neuquén Sud), elle est représentée par quelque 600 m d'andésites, de brèches volcaniques et de tufs de même composition. Parfois on note la présence de niveaux de conglomérats et de grès à bois fossile (23). Ce Trias est connu actuellement comme formation Choiyoi (12).

Dans la région de Paso Flores (Neuquén Sud, sur le bord du Massif Patagonien), le Trias est représenté par plus de 200 m de conglomérats et grès à flore du Trias supérieur (12).

Pendant cette période donc, le bassin andin s'organise. La transgression jurassique se fera dans le Lonquimay-Neuquén à partir du Lias (Sinémurien supérieur - Lotharingien, zone à *Oxynoticeras oxynotum* QUENS).

b) *Jurassique inférieur et moyen.*

Les faciès du Jurassique inférieur et moyen sont, dans le centre du Neuquén, de type " terres noires ", faciès à ammonites. Ceci correspond à la plus grande profondeur du bassin mio-liminaire andin. Dans la partie située au Nord de la région étudiée, il s'agit de lutites noires avec des intercalations de calcaires et de grès.

Dans la Sierra de la Vaca Muerta, située au centre du Neuquén Sud, il existe, sous les calcaires néritiques oxfordiens [mis en relation par P. Stipanicic (19) avec la formation La Manga oxfordienne de Vega de la Veranada, à *Ochetoceras canaliculatum*], une série gréseuse de quelque 400 à 500 m d'épaisseur, représentant en partie le Callovien, et à la base, le Bathonien à *Trigonia crassiope* D'ORB. (15).

Un peu plus au Sud, dans la région de Cerro Lotena (20), le Lias est représenté par :

1° un conglomérat de base ;

2° des calcaires et argiles et surtout des grès.

Le Jurassique moyen est essentiellement gréseux.

Dans la région de Chacay-có, Lambert (15) décrit la succession suivante :

c) *Lias :* conglomérat de base de 40 m.

Grès, schistes calcareux et calcaires marno-gréseux du Sinémurien supérieur à *O. oxynotum.*

100 m de schistes marneux à *Harpoceras subplanatum* OPPEL.

d) *Dogger* (et Callovien) : plus de 500 m de grès, schistes et argiles gréseuses à *Sphaeroceras sauzei* D'ORB.

Grès grossiers.

La transgression marine jurassique sur le Massif Patagonien est marquée par un conglomérat de base. Au-dessus, selon la région considérée et selon que l'apport détritique ait été important ou non, suivront des séries gréseuses, pélitiques et argileuses.

On voit donc que les faciès sont très différents en ce qui concerne le Lias et le Dogger, entre le centre du bassin et sa partie Sud au contact avec le Massif Patagonien. Et rappelons une fois de plus que, dans le Lonquimay, c'est-à-dire en position beaucoup plus interne, les séries du Jurassique inférieur et moyen sont représentées par plus de 1 000 m (base inconnue) de pélites, pélites gréseuses et argiles, ressemblant d'ailleurs un peu aux séries de même âge de la Sierra de Chacay-có décrites ci-avant, mais moins grossières.

e) *Callovien-Oxfordien.*

Il existe une différence nette entre les séries argileuses à ammonites et les calcaires à *Cidaris* du Lonquimay et le Callovien-Oxfordien du Neuquén.

Au Nord du Neuquén, les faciès sont marneux.

Dans le centre du Neuquén Sud, le Callovien est représenté par des grès et l'Oxfordien par des calcaires néritiques.

Sur le bord Nord du Massif Patagonien, on trouve des séries gréseuses qui vont depuis la zone à *O. sauzei* jusqu'au Tithonique (20).

A l'Oxfordien, un mouvement provoque la première grande émersion des zones externes, à peu près contemporaine de celle des zones internes,

mais qui sera de plus courte durée. Pendant ce laps de temps, le gypse de la formation Auquilco se déposera.

f) *Kimméridgien.*

Alors que dans les zones internes un volcanisme intense a lieu, dans les zones externes il va se déposer une formation continentale de grès rouges, conséquence de l'orogenèse qui vient de soulever les Andes entièrement et surtout les zones internes. Il s'agit en quelque sorte d'une molasse intra-andine, postérieure à la première phase tectonique andine. Ces séries gréseuses se développent avec à peu près les mêmes caractères sédimentologiques dans tout le sillon externe.

g) *Tithonique-Néocomien.*

A partir du Tithonique s'opère la seconde transgression dans les zones externes andines. Alors que, dans les zones internes, le volcanisme continue à se développem, le sillon externe est soumis à un régime marin et là, vont se déposer des séries monotones (terres noires) de marnes et de calcaires à ammonites jusqu'à l'Hauterivien-Barrémien. Néanmoins, par périodes, les alimentations détritiques seront importantes, surtout dans la partie Sud, au contact avec la Patagonie ; ceci peut être un reflet d'une période de soulèvement qui, commençant d'abord dans les zones internes, finit par affecter les zones externes qui seront émergées au Barrémien. Enfin, on peut penser aussi que ceci marque la terminaison du bassin externe argentin sur le Massif Patagonien. En outre, il n'est pas impossible que cette grande transgression de la mer au Tithonique ait atteint la région du Lonquimay, de position plus interne, car il existe une série argilo-tufo-calcaire intercalée dans les andésites du Jurassique supérieur mais qui, malheureusement, n'a pas fourni de faune. Néanmoins, c'est un indice qu'il ne faut pas rejeter a priori, ces séries pouvant marquer le bord interne de la zone externe et montrent ainsi que les zones internes étaient bien émergées.

Là encore, le problème du relai avec le bassin de Magellan reste entier. Il semble néanmoins que le bassin andin se terminait sur le bord Nord du Massif Patagonien, à en juger par les faciès toujours détritiques, souvent continentaux de cette partie des Andes externes.

h) *Barrémien, Crétacé moyen et supérieur.*

Il se développe dans tout le bassin un régime lagunaire avec dépôt de gypse, qui marquera la dernière récession marine. Dès lors, l'histoire des Andes sera continentale et de là vient le problème de la datation de l'orogenèse andine qui n'est pas résolu encore actuellement par les procédés classiques utilisés en chronologie.

Du côté interne, le régime volcanique continue de se développer et du côté externe, à partir de ce moment, des séries détritiques continentales vont se déposer après le Barrémien, séries qui peuvent être considérées comme des molasses intra-andines liminaires. Elles témoignent d'une certaine polarité : les premières, post-barrémiennes, concordantes sur le Néocomien marin, se développent dans toute la partie externe et sont une conséquence de la tectonisation des zones internes ; les secondes, du Crétacé supérieur, discordantes sur les antérieures, se développent plus à l'Est et sont une conséquence de la tectonisation des zones externes.

En même temps, sur la côte pacifique et plaquées contre la Cordillère de la côte, se développent des séries gréseuses du Crétacé supérieur (décrites précédemment) qui pourraient être considérées comme des molasses extra-andines. (Il est évident que le terme de molasse n'a pas la même signification que dans les Alpes, car la Cordillère des Andes ne possède pas de flysch, c'est un terme qu'il faudra redéfinir). Mais si nous regardons la disposition du système andin, comme le font remarquer J. Aubouin et A. Borrello (3), à savoir : « un système disposé " en échelons " selon des directions paléogéographiques NNW-SSE, obliques par rapport à la direction de la chaîne actuelle, grâce aux relais sud-argentin et nord-argentin, au niveau desquels des portions d'avant-pays (dorsale de Chubut, dorsale de Calchaqui) " rentrent " vers le Nord dans la Cordillère, séparant des bassins nouveaux qui se terminent en " doigt de gant " vers le Sud (*op. cit.*), alors, dans ce cas, les séries détritiques du Crétacé supérieur et du Tertiaire de la côte à Concepción doivent alors être considérées comme des molasses extra-Magellan. Mais ceci pose de graves problèmes au point de vue de la tectonique et du magmatisme qui semblent continus du Nord au Sud dans les Andes. Et nous serions ainsi obligés de considérer comme deux phénomènes à évolution différente, la tectonique et la paléogéographie du ou des bassins liminaires et géosynclinaux, andins du Nord, andins centraux et de Magellan ».

2) Tectonique.

a) A l'inverse, du côté chilien de la Cordillère, la tectonique de failles (plio-quaternaire) n'est pas

la plus évidente du côté argentin. Cette tectonique affecte tout de même la région du Neuquén et surtout sa partie haute montagne. Ainsi, tout comme au Chili, il existe quelques bassins d'effondrement, mais de faible extension, comme celui de la vallée de l'Agrio (fig. 3).

Cette tectonique de failles se superpose à des tectoniques antérieures, en compression qu'il est difficile de dater avec précision, comme nous le verrons plus loin.

b) La tectonique en compression la plus récente qui affecte les séries volcaniques du Paléogène dans la Cordillère à la hauteur de Santiago, a été mise en évidence dans la région du Lonquimay-Neuquén par le plissement des schistes bitumineux du Lonquimay et la discordance des séries volcaniques postérieures, sur ceux-ci. Mais ce n'est là que le seul indice que l'on possède, car il est très difficile de faire, dans les zones externes, la part de chacun des mouvements, pos-paléogène et crétacé.

c) Une tectonique en compression, plus importante et beaucoup plus visible côté argentin de la Cordillère, va affecter l'ensemble des terrains mésozoïques andins. Ceux-ci vont former des plis de style sub-alpin dans le Neuquén, en général déversés vers l'avant-pays (1).

Mais dans le Sud du Neuquén, les grands axes synclinaux et anticlinaux ont une tendance à prendre une direction transversale (E-W), devenant en quelque sorte parallèles au bord Nord du Massif Patagonien (cf. Anticlinal de la Sierra de la Vaca Muerta ; anticlinal Cerro Lotena) ; ces axes doivent probablement être en relation directe avec des accidents qui affectent le socle, celui-ci apparaissant parfois à l'affleurement au cœtr des anticlinaux (Cerro Lotena).

Néanmoins, la tectonique en compression qui affecte ces séries dans le Sud du Neuquén, est beaucoup moins évidente que dans le Nord. En outre, le fait que le gypse au niveau duquel se font les décollements de couverture dans le centre du Neuquén soit absent dans le Sud, a une certaine importance dans le style tectonique de ces séries.

Ainsi, les grands faits observés qui caractérisent les zones externes sont les suivants :

1° Une sédimentation calcaro-gréso-marneuse pendant le stade d'état liminaire.

2° Une tendance marquée à l'émersion et ceci surtout dans la partie Sud du bassin, prouvant la présence proche du socle et la terminaison possible des zones externes sur le socle patagonien.

3° Un séjour plus long de la mer dans le bassin externe que dans les zones internes.

4° Une tectonique moins marquée.

5° L'absence totale d'un magmatisme granitique intrusif.

6° L'absence de volcanisme pendant les périodes liminaire et tardi-liminaire.

CONCLUSIONS

Si nous nous reportons au schéma donné par J. Aubouin et A. Borrello (1) sur les Andes argento-chiliennes, le développement liminaire des Andes est caractérisé par :

1° Une période liminaire pour le Mésozoïque ; le développement des séries mésozoïques est différent d'un versant à l'autre, sédimentaires et d'une puissance modeste sur le versant argentin, volcano-sédimentaires et d'une puissance énorme sur le versant chilien, traversées par des granites d'âge Crétacé supérieur sur le versant chilien. Ces formations sont déformées par une tectonique en compression intense telle que les formations du versant chilien chevauchent celles du versant argentin elles-mêmes déformées en plis très marqués.

2° Une période tardi-liminaire pour l'Eocène, Oligocène, Miocène, marquée par d'épaisses formations terrigènes déformées par des plis à grand rayon de courbure, accompagnée par un volcanisme andésitique dans les zones internes et la mise en place de granites.

3° Une période post-liminaire pour le Plio-Quaternaire, caractérisée par la formation d'épaisses séries terrigènes accumulées dans des bassins faillés, contemporaines d'importants épanchements basaltiques.

Nous avons vu qu'effectivement le développement des Andes à la latitude de Lonquimay correspondait sensiblement à ce schéma, c'est-à-dire à une évolution en trois périodes : liminaire, tardi et post-liminaire. Néanmoins, dans le détail, les faits semblent varier et parfois être totalement différents dans cette partie Sud des Andes.

1) La paléogéographie.

Le problème majeur des Andes au niveau du Lonquimay-Neuquén est celui du relai avec la Cordillère de Magellan qui présente, à l'inverse des Andes, des caractères géosynclinaux beaucoup plus marqués (1).

Si l'on suit l'évolution de la transgression Jurassique dans les Andes, on s'aperçoit que le Trias marin est limité au bord interne du sillon euliminaire, pratiquement sur l'arrière-pays et sa limite la plus australe est Concepción. La transgression devenant plus franche, la mer envahit le bassin interne andin et partie du bassin externe ou mio-liminaire, au Sinémurien supérieur. Les derniers affleurements connus du Jurassique se trouvent situés justement sur le bord Nord du Massif Patagonien dans les régions de Chacay-có, Cerro Lotena, Piedra de Aguila, etc... Au Chili, dans le Lonquimay, là où apparaît la limite méridionale connue des séries du Jurassique, la base est inconnue (8).

Il existe donc toute une zone entre les parallèles 40° et 42° S où le Jurassique marin est inconnu. Le Massif Patagonien sépare les derniers affleurements du Neuquén et les premiers affleurements du Jurassique marin de Magellan.

Il en est de même pour les séries du Tithonique-Néocomien qui se sont développées dans le sillon

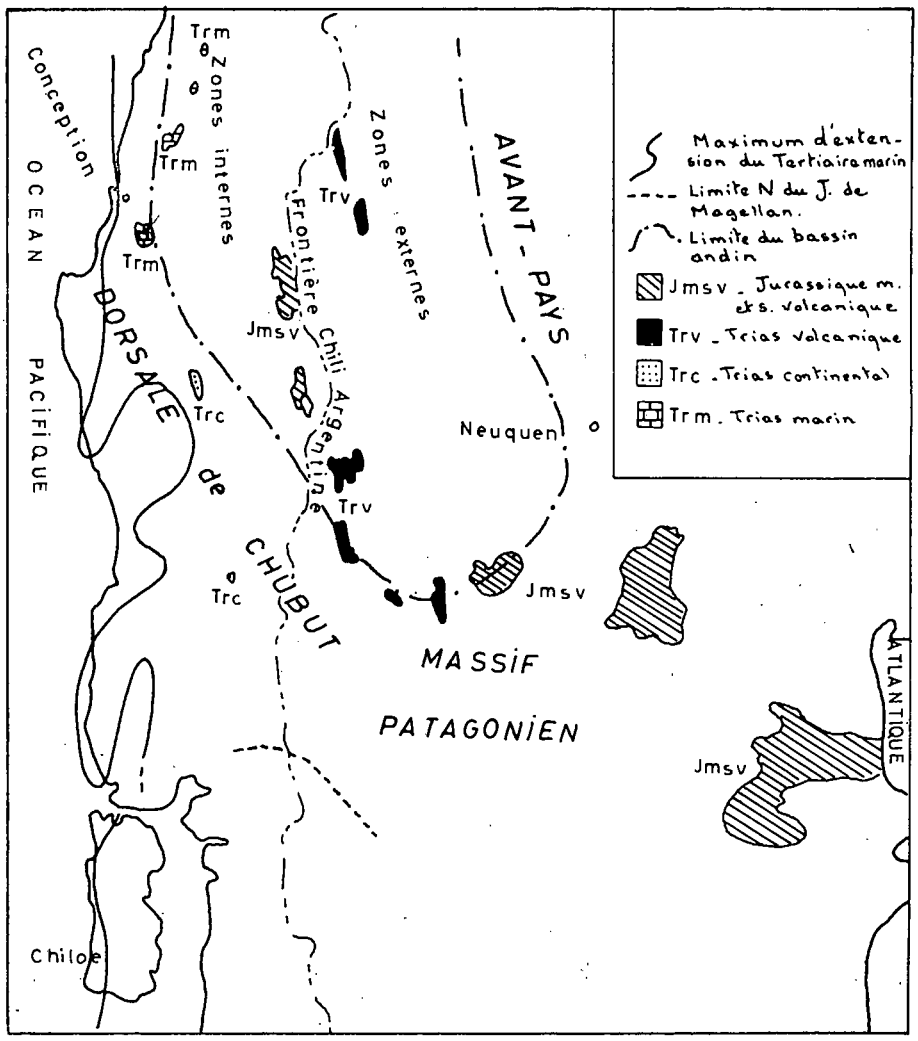

Fig. 4. — Schéma paléogéographique

mio-liminaire andin qui se terminait en " doigt de gant " sur le Massif Patagonien (3).

Il existe donc une zone, composée de séries métamorphiques paléozoïques granitisées, où il semble y avoir eu lacune de sédimentation. Elle possède une direction NNW-SSE, depuis la côte au Nord de Concepción et passe au Massif Patagonien à la hauteur de Loncoche, Villarrica. Il s'agit là de la dorsale de Chubut que l'on pourrait considérer comme l'arrière-pays du bassin andin. Mais, nous avons vu que le domaine interne (chilien) était caractérisé par une prédominance des formations volcaniques et le domaine externe (argentin) l'était par ses formations sédimentaires non volcanogènes.

Or, si l'on observe la carte géologique des Andes, on s'aperçoit que :

a) les séries volcaniques du Jurassique passent au Massif Patagonien selon une direction NNW-SSE ;

b) il semble en être de même pour les séries volcaniques crétacées et tertiaires ;

c) seuls les granites laramiens passent en continuité du Nord au Sud, des Andes à Magellan.

Est-ce à dire que le bassin andin se termine sur le Massif Patagonien et qu'il possédait à cette latitude une direction oblique par rapport à la chaîne andine actuelle ? Mais alors, il faut considérer que l'arrière-pays du bassin andin est l'avant-pays du bassin de Magellan. Cette discontinuité paléogéographique paraît en désaccord avec la continuité tectonique telle que les structures andines paraissent continues et d'orientation N-S et que les granites laramiens, caractérisant le domaine interne, passent en continuité à Magellan.

Il nous manque beaucoup de travaux de détail pour pouvoir expliquer de façon satisfaisante le relai Andes-Magellan.

2) Les faciès (dans le Neuquén Sud).

La participation du matériel détritique dans le Sud du bassin du Neuquén (zone externe) est très importante, nous prouvant peut-être, premièrement, une grande mobilité des zones internes qui sont le lieu d'alimentation du bassin andin et, deuxièmement, une terminaison probable du bassin andin sur le bord Nord du Massif Patagonien.

3) La tectonique.

Il y a eu des mouvements, certes, qui ont provoqué la surrection des zones internes pendant le Mésozoïque et on peut noter la dualité entre zone interne et zone externe où les mouvements n'ont pas eu la même intensité. Mais ces mouvements en compression ont été faibles, de telle sorte que le chevauchement du versant chilien sur le versant argentin n'a pas été observé dans la zone étudiée (mais ceci peut être dû à la couverture volcanique qui masque les séries sous-jacentes). En outre, les séries sédimentaires externes témoignent d'une tectonique en compression très faible, ne faisant apparaître dans le Neuquén que des plis anticlinaux peumarqués et peu nombreux. Et je crois que celà doit être dû à la présence proche du socle sous-jacent et la position très proche du Massif Patagonien qui a dû jouer le rôle de butoir, faisant ainsi que la compression ait été moins forte dans ces régions. Les grands axes anticlinaux du Neuquén Sud doivent prendre place sur de grands axes tectoniques du socle (axe anticlinal de la Sierra de la Vaca Muerta ; axe anticlinal du Cerro Lotena).

Ceci prouve une fois de plus la nature intra-continentale de la chaîne des Andes, phénomène très marqué dans le Sud où le bassin andin s'est formé entre l'avant-pays, la Patagonie et l'arrière-pays pacifique à l'Ouest.

BIBLIOGRAPHIE

1) Aubouin J. et Borrello A. (1966). — Chaînes andines et chaînes alpines : regard sur la géologie de la Cordillère des Andes au parallèle de l'Argentine moyenne. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), VIII, p. 1050-1070.

2) Aubouin J. et Borrello A. (1966). — Cadenas andinas y cadenas alpinas : observaciones sobre la geología de la Cordillera de los Andes en el paralelo de la Argentina Central. *Com. Invest. Cien. Prov.* Buenos-Aires, VII, p. 9-36.

3) Aubouin J. et Borrello A. (1970). — Regards sur la géologie de la Cordillère des Andes : relais tectoniques et cycles orogéniques superposés ; le Nord argentin.

4) Borrello A. (1969). — Los geosinclinales de la Argentina. 1 vol., 188 p. Anales XIV, *Dir. Nac. Geol. y Min.*, Buenos-Aires.

5) CECIONI G. (1964). — Ingolfamenti marini giurassici nel Chile settentrionale. *Bol. Soc. dei Natur. in Napoli*, 72.

6) CHOTIN P. (1969). — Perfiles litológicos en el Titónico-Neocomiano y el Cretácico medio de Codihue a Bajada del Agrio (Neuquén). *Tectónica. Rev. Geoandes*, (4), p. 176-190. Universidad de Concepción.

7) CHOTIN P. (1969). — Sur la Géologie de la Province de Concepción (Chili) : la région de Tomé. *B.S.G.F.*, (7), XI, p. 556.-560.

8) CHOTIN P. (1969). — Le Jurassique du Lonquimay (Chili). Ses relations avec le Jurassique du Neuquén (Argentine). *Bull. Soc. Géol. France*, (7), XI, p. 710-716.

9) FUENZALIDA H. (1964). — El geosinclinal andino y el geosinclinal de Magallanes. *An. Fac. Cienc. Fis. y Mat.*, Univ. Chile, N° 5.

10) GARCIA F. (1968). — Estratigrafía des Terciario de Chile Central. In el Terciario de Chile, *Soc. Geol. de Chile*, p. 25-57.

11) GERTH H. (1955). — Bau der Südamerikanischen Kordillere. 1 vol., Borntraeger éd., Berlin.

12) GROEBER P., STIPANICIC P., MINGRAMM A. (1952). — Geografía de la Republica Argentina. Mesozoico. 1 vol., 541 p., Coni éd., Buenos-Aires.

13) HOFFSTETTER R., FUENZALIDA H. et CECIONI G. (1957). — Amérique latine. Chili. *Lex. Strat. Intern.*, fasc. 7, V, C.N.R.S.

14) LAMBERT L. (1946). — Contribución al conocimiento de la sierra de Chacay-có (Neuquén). *S.G. Arg.*, (4), I, p. 231-256.

15) LAMBERT L. (1956). — Descripción geológica de la hoja 35b. Zapala (T.N. de Neuquén). *Dir. Nac. Min.*, Bol. N° 83, Buenos-Aires.

16) PICARD L. (1949). — La structure du Nord-Ouest de l'Argentine avec quelques réflexions sur la structure des Andes. *B.S.G.F.*, (5), VIII, p. 765-846.

17) RUIZ C. (1965). — Geología y yacimientos metalíferos de Chile. *I.I.G.*, 1 vol., 305 p., Santiago.

18) STIPANICIC P., RODRIGO F., BAULIES O. y MARTINEZ C. (1968). — Las formaciones presenonianas en el denominado Macizo Nord-patagónico y regiones adyacentes. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, (2), XXIII, Buenos-Aires.

19) STIPANICIC P. (1969). — El avance en los conocimientos del Jurásico argentino a partir del esquema de Groeber. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, (4), XXIV, p. 367-387.

20) SUERO T. (1951). — Descripción geológica de la Hoja 36c. Cerro Lotena (Neuquén). *Dir. Nac. Miner.*, Bol. 76, Buenos-Aires.

21) TAVERA J. (1960). — El Triásico del valle inferior del rio Bío-Bío. *An. Fac. de Cienc. Fis. y Mat.*, N° 18, p. 321-345.

22) THIELE R. (1965). — El Triásico y Jurásico del Departemento de Curepto en la provincia de Talca. *An. Fac. de Cienc. Fis. y Mat.*, N° 28.

23) TURNER J.C. (1965). — Estratigrafía de Aluminé y adyacencias (Provincia del Neuquén). *S.G. Arg.*, (2), XX, p. 153-184.

24) ZEIL W. (1964). — Geologie von Chile. 1 vol., 233 p., Borntraeger éd., Berlin.

———«»———