

674.



J. AUBOUIN, A. V. BORRELLO, G. CECIONI, R. CHARRIER, P. CHOTIN,  
J. FRUTOS, R. THIELE et J.-C. VICENTE

---



# ESQUISSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE ET STRUCTURALE DES ANDES MÉRIDIONALES

---

*Extrait de la*  
« REVUE DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE  
ET DE  
GÉOLOGIE DYNAMIQUE »

Vol. XV, fasc. 1-2 - Janvier-Avril 1973



## ESQUISSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE ET STRUCTURALE DES ANDES MÉRIDIONALES <sup>(1)</sup>

par Jean AUBOUIN\*, Angel V. BORRELLO\*\*, Giovanni CECIONI\*\*, Reynaldo CHARRIER\*\*\*,  
Pierre CHOTIN\*\*\*\*, José FRUTOS\*\*\*\*\*, Ricardo THIELE\*\*\*\*\* et Jean-Claude VICENTE\*\*\*\*\*

RESUME. — L'étude porte sur les Andes méridionales du Chili et d'Argentine, au Sud du coude de Santa Cruz où elles prennent la direction N-S.

Deux cycles préandins sont reconnus : l'un précambrien qui s'achève vers 600 millions d'années; l'autre hercynien caractérisé par deux bassins sédimentaires : le bassin de Cuyo, dans le Nord-Ouest de l'Argentine et le Nord du Chili, le bassin bolivien sur les confins de l'Argentine et du Chili. Les directions structurales de chacun de ces deux cycles sont indépendantes et différentes de celles du cycle andin.

Du point de vue du cycle andin, le secteur étudié comporte les Andes méridionales proprement dites, du 25° au 40° parallèle; un relais nord-argentin qui fait le passage aux Andes centrales au Nord du 25° parallèle; un relais patagonien qui fait le passage à la Cordillère de Magellan, au Sud du 40° parallèle.

Les Andes méridionales se caractérisent par des paléogéographies superposées : un bassin andin, du Trias supérieur au Crétacé moyen; des bassins tardi-andins, respectivement Crétacé supérieur, Paléogène, Miocène; des fossés plio-quadernaires enfin. Les terrains correspondants sont déformés lors de phases orogéniques qui se placent respectivement au Jurassique supérieur, au Crétacé moyen-supérieur, à la fin du Crétacé, à la fin de l'Éocène, à la fin du Miocène; chacune est accompagnée de granodioritisations de plus en plus externes dans la chaîne qui témoigne ainsi d'une remarquable polarité.

Du point de vue structural, la phase la plus importante est celle du Crétacé moyen-supérieur pour les zones occidentales, celle de la fin du Miocène pour les zones orientales. L'accident le plus important est, pour la première phase, le chevauchement des formations volcanogènes de la partie occidentale du bassin andin sur les formations non volcanogènes de la partie orientale; la phase fini-Miocène se traduit par diverses déformations dont les plus importantes sont des chevauchements de socle sur le bord oriental de la Cordillère. L'ensemble de ces caractères permet de définir la partie occidentale comme interne et la partie orientale comme externe.

Du point de vue du relief, la phase la plus importante correspond à un bombement de l'extrême fin du Miocène suivi d'un découpage par failles au cours du Plio-Quaternaire; de la sorte, les grandes unités morphologiques de la Cordillère sont dues à la Néotectonique et se trouvent ainsi obliques par rapport aux directions paléogéographiques antérieures.

Le relais nord-argentin se caractérise par le développement d'un bassin subandin à partir du Crétacé moyen, qui demeure séparé du bassin andin proprement dit par une dorsale de socle, dite Dorsale Calchaqui; de telle sorte que le bassin andin proprement dit passe dans la seule Cordillère occidentale du Pérou.

Le relais patagonien est essentiellement marqué par la terminaison axiale du bassin andin, tandis qu'une dorsale de socle, dite Dorsale de Concepcion ou du Chubut, traverse la Cordillère et vient s'épanouir dans l'avant-pays patagonien.

Chacun de ces relais se caractérise donc essentiellement par l'entrée de dorsales de socle dans la Cordillère, Dorsale Calchaqui au Nord, Dorsale de Concepcion ou du Chubut au Sud.

La Cordillère de Magellan correspond à un bassin marin qui se développe à partir du Jurassique supérieur et comporte des faciès variés au Crétacé inférieur avec des roches vertes dans la partie occidentale, des faciès flyschs au Crétacé supérieur, des molasses ensuite. Ces caractéristiques, auxquelles s'ajoute un déversement général vers l'Est dans la partie continentale, vers le Nord en Terre de Feu, permettent de définir le côté océanique comme interne et le côté patagonien comme externe. Le trait structural majeur est dans le chevauchement des zones internes sur les zones externes, celles-ci faiblement déformées.

La Cordillère de Magellan, qui apparaît comme la branche nord de l'arc des Antilles australes, a des affinités avec les chaînes géosynclinales. Au contraire, les Andes méridionales définissent le type des chaînes liminaires.

\* Département de Géologie Structurale, Université de Paris, France.

\*\* Département de Géologie et Musée de La Plata, Argentine.

\*\*\* Département de Géologie, Université du Chili, Santiago, Chili.

\*\*\*\* Département de Géologie, Université de Concepcion, Chili; et Département de Géologie Structurale, Université de Paris, France.

\*\*\*\*\* Service Géologique du Chili, Antofagasta, Chili.

\*\*\*\*\* Département de Géologie, Université du Chili, Santiago, Chili; et Département de Géologie Structurale, Université de Paris, France.

1. Note présentée oralement lors d'une séance spéciale consacrée à la Cordillère des Andes, par la Société Géologique de France, le 29 mai 1972.

*En conclusion*, il est insisté :

— sur la nécessité de distinguer les cycles orogéniques superposés, seul le cycle andin étant original dans les Andes; les cycles antérieurs présentent des faciès et des déformations classiques dans les autres édifices de même âge;

— sur l'importance des relais paléogéographiques et structuraux marqués par l'entrée de dorsales de socle dans la Cordillère; le plus important est le relai patagonien par lequel la chaîne géosynclinale de Magellan relaie la chaîne liminaire andine *par l'arrière*, c'est-à-dire par le côté actuellement océanique;

— sur les différences existant entre les chaînes liminaires et les chaînes géosynclinales : les premières, péricontinentales, sont cependant entièrement dans les limites mêmes du continent; tandis que les autres comportent une partie (interne) extra-continentale, océanique; ce qui est en accord avec le relai géosynclinal par l'arrière;

— sur la polarité des granitisations de plus en plus récentes vers l'extérieur et sur leur relative indépendance par rapport à la paléogéographie et sur la relative indépendance de la tectonique par rapport à la paléogéographie;

— sur l'importance de la Néotectonique qui, par des jeux de failles extensifs, détermine l'essentiel des reliefs; de telle sorte que l'état actuel de la Cordillère en surface est l'extension;

— sur différents problèmes d'actualité : l'origine du Pacifique du Sud-Est, qui naît au Trias comme l'Atlantique en recoupant les structures hercyniennes, et finit au Plio-Quaternaire comme la Méditerranée par jeux de failles extensifs; les décrochements péripacifiques que rien n'indique particulièrement; la doctrine classique de l'accroissement des continents, que seules assurent les chaînes géosynclinales, tandis que les chaînes liminaires, déjà dans les limites du continent, n'ajoutent rien à celui-ci; l'expansion océanique, la théorie des plaques et la tectonique globale, envisagées sous différents aspects, notamment le fait que l'état extensif actuel de la Cordillère est nouveau et non représentatif des phases de compression antérieures.

ABSTRACT. — The study concerns the South Andes of Chile and Argentina to the South of Santa-Cruz elbow where they take a N-S direction.

Two pre-andean cycles are acknowledged : one is precambrian and ends at about 600 million years; the other is hercynian and characterized by two sedimentary basins : Cuyo basin, to the North-West of Argentina and to the North of Chile, the Bolivian basin on the confines of Argentina and Chile. The structural directions of each of those two cycles are independant and differ from the Andean cycle ones.

From the standpoint of the Andean cycle, the studied district comprises the southern Andes proper, from the 25° to the 40° parallel; a North-argentine relay making the passage into the central Andes to the North of the 25° parallel; a patagonian relay making the passage into Magellan Cordillera, to the South of the 40° parallel.

The South Andes are characterized by superposed paleogeographies : an Andean basin, from the upper Triassic to the middle Cretaceous; tardy-andean basins, respectively from the upper Cretaceous, the Paleogenic, the Miocene; finally, plio-quaternary trenches. The corresponding soils are deformed in the course of orogenic stages occurring respectively during the upper Jurassic, middle-upper Cretaceous, end of the Cretaceous, end of the Eocene, end of the Miocene; each is accompanied by granodioritizations more and more external to the chain which thus testifies for a remarkable polarity.

From the structural point of view, the most important phase is the middle-upper Cretaceous for the western zones, the end of the Miocene for the eastern zones. The most important accident is, as regards the first stage, the overlapping of volcanogenic formations in the western part of the Andean basin on the non-volcanogenic formations of the eastern part; the late Miocene stage shows various distortions, the most important ones consisting of basement overlapping on the eastern of the Cordillera. From all these characters it is possible to define the western part as the inner one and the eastern part as the outer one.

From the standpoint of the relief, the main phase corresponds to a bulge at the extreme end of the Miocene age, followed by a fault cutting during the Plio-Quaternary; in this way, the great morphological units of the Cordillera are due to Neotectonics and thus finds themselves in an oblique position compared with the anterior paleogeographic directions.

The North-argentine relay is characterized by the development of a sub-andean basin from the mid-Cretaceous forward, and which remains severed from the Andean basin itself by a basement dorsal, named Calchaqui dorsal; so that the Andean basin proper goes only through the western Cordillera of Peru.

The patagonian relay is principally marked by the axial ending of the Andean basin, whereas a basement dorsal, named Concepcion or Chubut dorsal, goes through the Cordillera and comes to open out in the foreland of Patagonia.

Each of those relays is therefore essentially characterized by the entering of basement dorsals into the Cordillera, Calchaqui Dorsal to the North, Concepcion or Chubut Dorsal to the South.

Magellan Cordillera corresponds to a marine basin which develops since the upper Jurassic and comprises various faciès with green rocks at the lower Cretaceous in the western part, flysch faciès at the upper Cretaceous, then molasses. The characteristics, together with a general overflow toward East in the continental part, toward North in Tierra del Fuego, allow us to define the oceanic side as the inner one and the Patagonia side as the outer one. The major structural feature consists in the overlapping of the inner zones on the outer zones, the latter being slightly deformed.

Magellan Cordillera, appearing as the northern branch of the austral Antilles, presents some affinities with the geosyncline chains. Contrarily, the meridional Andes define the type of liminal chains.

*In conclusion*, it is insisted :

— on the necessity to distinguish superposed orogenic cycles, the Andean cycle alone being original in the Andes; the previous cycles present faciès and deformations classical in the other structures of the same age;

— on the importance of paleogeographic and structural relays, marked by the entering of basement dorsals into the Cordillera; the most important relay is the patagonian one through which the geosyncline chain of Magellan relays the liminal andean chain by the back, that is by the now oceanic side;

— on the differences between the liminal chains and the geosynclinal chains : the former, precontinental, are yet completely within the very limits of the continent; whereas the latter include an extracontinental, oceanic (inner) part; which is in concordance with the geosynclinal relaying *by the back*;

— on the polarity of the granitizations, more and more recent towards the exterior and on their relative independance with respect to paleogeography and the relative independance of the tectonics with respect to paleogeography;

— on the importance of Neotectonics which, by extensive play of faults, mainly determines the reliefs; so that the present state of the Cordillera is extension;

## ESQUISSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE ET STRUCTURALE DES ANDES MÉRIDIONALES

— on various problems of the moment : the origin of the South-East Pacific, which was born at the Triassic like the Atlantic by cutting the hercynian structures again, and which ends at the Plio-Quaternary like the Mediterranean by an extensive play of faults; the peri-pacific transcurrent faults that nothing particularly indicates; the classical doctrine of continental growth, solely insured by the geosyncline chains, whereas the liminal chains, already in the limits of the continent, add nothing to it; the oceanic spreading, the theory of plates and global tectonics, considered under different aspects, especially the fact that the present extensive state of the Cordillera is new and non-representative of the previous compression phases.

RESUMEN. — El estudio trata sobre los Andes meridionales de Chile y Argentina, al sur del codo de Santo Cruz, a partir del cual toman dirección N-S.

Se reconocen dos ciclos preandinos : un ciclo precámbrico que se termina hace 600 m.a. y un ciclo hercínico caracterizado por dos cuencas sedimentarias : la cuenca de Cuyo, en el noroeste de Argentina y el norte de Chile, y la cuenca boliviana ubicada en los confines de Argentina y de Chile. Las direcciones estructurales de cada uno de estos dos ciclos son independientes y diferentes de aquellas del ciclo andino.

Del punto de vista del ciclo andino, el sector estudiado comprende los Andes meridionales propiamente dichos, del paralelo 25° Ls. al 40° Ls.; un sector norargentino que hace de relevo hacia los Andes centrales al norte del paralelo 25° Ls.; un sector de la Patagonia que sirve de unión con la Cordillera de Magallanes, al sur del paralelo 40° Ls.

Las *Andes meridionales* se caracterizan por paleogeografías superpuestas : una cuenca andina del Triás superior al Cretácico medio; cuencas tardiandinas respectivamente del Cretácico superior, Paleógeno y Mioceno; y finalmente fosas plio-cuaternarias. Los terrenos correspondientes son deformados por la acción de fases orogénicas que se ubican durante el Jurásico superior, Cretácico medio-superior, fin del Eoceno y fin del Mioceno; cada una va acompañada de granodioritización que se sitúa en posición cada vez más externa en la cadena lo que atestigüa de este modo una importante polaridad.

Del punto de vista estructural, la fase más importante es la del Cretácico medio-superior para las zonas occidentales y la del fin del Mioceno para las zonas orientales. El accidente más importante es, para la primera fase, el cabalgamiento de las formaciones volcánicas de la parte occidental de la cuenca andina, sobre las formaciones no volcánicas de la parte oriental. La fase fin-Mioceno se traduce por diversas deformaciones de las cuales las más importantes son los cabalgamientos del zócalo sobre el borde oriental de la Cordillera. Todas estas características permiten definir la parte occidental como interna y la parte oriental como externa.

Del punto de vista del relieve, la fase más importante corresponde a un bombeamiento fin-Mioceno seguido de un disecamiento por fallas durante el Plio-Cuaternario. Es así como las grandes unidades morfológicas de la cordillera se deben a la Neotectónica y se presentan oblicuas con respecto a las direcciones paleogeográficas anteriores.

El sector de relevo *nor-argentino* se caracteriza por el desarrollo de una cuenca subandina a partir del Cretácico medio que permanece separada de la cuenca andina sensu stricto por una dorsal de zócalo, denominada Dorsal Calchaquí; de manera tal que la cuenca andina solamente pasa a la Cordillera occidental de Perú.

El sector de relevo *patagónico* está esencialmente marcado por la terminación axial de la cuenca andina, mientras que una dorsal de zócalo, llamada dorsal de Concepción (o de Chubut), atraviesa la Cordillera y viene a desaparecer en el ante-país patagónico.

Cada uno de estos relevos, se caracteriza fundamentalmente por lo tanto, por la entrada de dorsales de zócalo en la Cordillera, Dorsal Calchaquí al norte, Dorsal de Concepción o de Chubut al sur.

La *cordillera de Magallanes*, corresponde a una cuenca marina que se desarrolla a partir del Jurásico superior y que comporta facies variadas durante el Cretácico inferior con rocas verdes en la parte occidental, facies flysch en el Cretácico superior y enseguida molasas. Estas características, a las cuales se suma un volcancamiento general, hacia el Este en la parte continental, hacia el Norte en Tierra del Fuego, permiten definir el borde oceánico como interno y el borde patagónico como externo. El trazo estructural mayor se sitúa en el cabalgamiento de las zonas internas sobre las zonas externas, las que se presentan deformadas débilmente.

La cordillera de Magallanes que aparece como la rama norte del arco de las Antillas australes, tiene afinidad con las cadenas geosinclinales. Por el contrario los Andes meridionales definen el tipo de cadenas liminares.

En conclusión, se insiste :

— en la necesidad de distinguir los ciclos orogénicos superpuestos, siendo solamente el ciclo andino original en los Andes; los ciclos anteriores presentan facies y deformaciones clásicas en otros edificios de misma edad;

— en la importancia de las zonas de relevo paleogeográficas y estructurales, marcadas por la entrada de dorsales de zócalo en la cordillera; la más importante es la zona de relevo patagónica, mediante la cual la cadena geosinclinal de Magallanes releva la cadena liminar andina *por atrás*; es decir por el lado actualmente oceánico;

— en las diferencias existentes entre las cadenas liminares y las cadenas geosinclinales : las primeras, pericontinentales, están no obstante limitadas al borde del continente; mientras que las otras presentan una parte (interna) extracontinental, oceánica; esto último de acuerdo con el relevo geosinclinal *por atrás*;

— en la polaridad de la granitización, cada vez más reciente hacia el exterior y relativamente independiente con respecto a la paleogeografía y la independencia relativa de la tectónica con respecto a la paleogeografía;

— en la importancia de la Neotectónica, que, mediante juegos de fallas extensivas, determina lo esencial de los relieves; de manera tal que el estado actual de la cordillera en superficie es la extensión;

— en los diferentes problemas de actualidad : el origen del Pacífico sur-oriental que nace en el Triásico como el Atlántico recortando las estructuras hercínicas, y termina en el Plio-cuaternario como el Mediterráneo por juego de fallas extensivas; los desgarres peripacíficos que no indican nada en particular; la doctrina clásica del desarrollo de los continentes, que solo aseguran las cadenas geosinclinales, mientras que las cadenas liminares, ya en los límites del continente nada agregan a éste; la expansión oceánica, la teoría de placas y la tectónica global, consideradas bajo diferentes aspectos, notablemente el hecho que el estado extensivo actual de la Cordillera es nuevo y no representativo de las fases de compresión anteriores.

INTRODUCTION .....	3	2. le Paléogène : le problème du bassin tardi- andin de l'Altiplano .....	46
I. — LES CYCLES PRÉ-ANDINS .....	18	3. le Miocène : le bassin tardiandin de l'Alti- plano et le bassin périandin .....	46
A. <i>Le Précambrien</i> .....	18	4. le Pliocène .....	48
a) les affleurements .....	18	5. conclusion .....	48
b) le Nord-Ouest argentin .....	18	b) Le relais tectonique .....	49
B. <i>Le Paléozoïque</i> .....	19	c) Conclusions .....	50
a) les affleurements .....	19	C. <i>Le relais patagonien : le passage au système austral</i> <i>(ou de Magellan)</i> .....	51
b) les édifices .....	20	a) Aperçu sur le système austral (ou de Magellan) .....	51
1. le bassin bolivien .....	20	1. les zones externes .....	51
2. le bassin de Cuyo .....	21	2. les zones internes .....	53
II. — LE CYCLE ANDIN .....	23	3. tectonique .....	55
A. <i>Les Andes méridionales proprement dites</i> (du 25° au 40° parallèle) .....	24	4. conclusion .....	56
a) Stratigraphie et paléogéographie .....	24	b) La Cordillère patagonienne : le relais des Andes par le système austral (ou de Magellan) .....	56
1. du Trias supérieur au Crétacé moyen : le bassin andin .....	24	1. le relais paléogéographique .....	56
2. du Crétacé supérieur au Miocène : les bas- sins tardi-andins .....	31	2. le relais tectonique .....	58
2a. le Crétacé supérieur et le Paléogène : les bassins épiandins et rétro-andins .....	31	3. conclusion .....	58
2b. le Miocène : les bassins périandin et rétro-andin .....	33	III. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES .....	59
2c. Conclusion .....	35	1. Les cycles orogéniques superposés .....	59
3. du Pliocène au Quaternaire : les fossés néo-andins .....	35	2. Les relais paléogéographiques et structuraux : le relais géosynclinal par l'arrière .....	59
b) Tectonique .....	36	3. Chaînes géosynclinales et chaînes liminaires ..	60
1. le Plio-Quaternaire .....	36	4. L'indépendance (relative) de la granitisation (et de la tectonique) par rapport à la paléo- géographie .....	63
2. le Miocène .....	38	5. L'importance de la Néotectonique : l'originalité tectonique de l'époque actuelle .....	63
3. le Paléogène .....	39	6. Les Andes méridionales et quelques problèmes d'actualité .....	65
4. le Secondaire .....	40	— l'origine du Pacifique .....	65
c) Conclusions .....	42	— les décrochements péripacifiques .....	65
B. <i>Le relais nord-argentin : le passage aux Andes cen- trales</i> .....	44	— l'accroissement des continents .....	65
a) Le relais paléogéographique .....	44	— l'expansion océanique, la théorie des plaques et la tectonique globale .....	66
1. le Crétacé (moyen) supérieur (et Paléogène p-p) .....	45		

Géologiquement, la Cordillère des Andes n'est qu'une partie de l'édifice montagneux qui borde à l'Ouest le continent sud-américain. La Cordillère Caraïbe au Nord (Venezuela) et la Cordillère de Magellan au Sud (Chili-Argentine) sont en effet des chaînes d'affinités géosynclinales (ou de type alpin), partie de l'arc des Antilles tropicales pour la première, de l'arc des Antilles australes pour la seconde.

Les Andes proprement dites forment une chaîne originale qui donne l'exemple des chaînes liminaires (ou de type andin). A ce titre, elles ont valeur exemplaire tout autant que les chaînes méditerranéennes.

En vérité, trois transversales particulières, marquées par d'importants changements axiaux, celle de *Huancabamba* (relais équatorial) au Nord du Pérou, de *Salta* dans le Nord-Ouest argentin (relais nord-argentin), de *Bariloche*

dans le Sud-Ouest argentin (relais patagonien), permettent d'y reconnaître (fig. 1) :

— une cordillère de Colombie et d'Equateur (Andes septentrionales) dont les caractères annoncent déjà ceux de la Cordillère Caraïbe à laquelle elle fait transition;

— une cordillère de Pérou et de Bolivie que l'on dit généralement « Andes centrales »;

— une cordillère de Chili et d'Argentine (Andes méridionales) <sup>2</sup>.

2. En fait, la distinction Cordillère péruvo-bolivienne et Cordillère chilo-argentine ne tient pas compte de la disposition exacte des frontières : il y a un décalage entre la limite nord de l'Argentine et celle du Chili, de telle manière que la partie septentrionale du Chili — le Norte Grande — se trouve en face de la Bolivie méridionale. Le Nord du Chili sera donc envisagé essentiellement à l'occasion du relais entre le système chilo-argentin et le système péruvo-bolivien : c'est en effet au Sud de la transversale de Salta que se situent les véritables Andes méridionales; aux réserves près faites dans le texte sur la signification de cette expression.

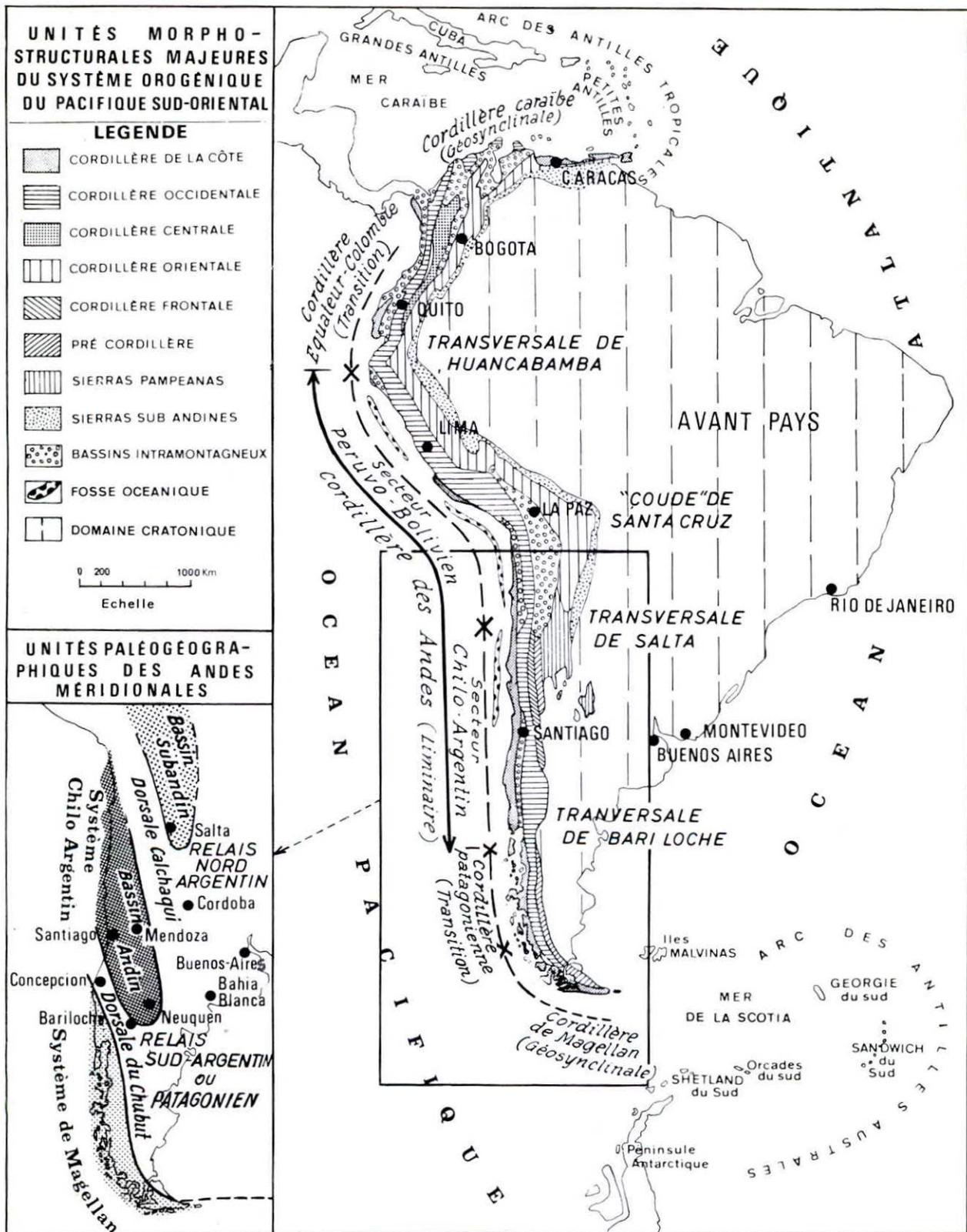


FIGURE 1

Schéma d'ensemble des Cordillères sud-américaines.

La carte générale des unités morphostructurales est adaptée de J.C. Vicente (1970); la carte de détail des unités paléogéographiques des Andes méridionales est adaptée de J. Aubouin et A.V. Borello (1970).

La comparaison des deux cartes, pour les Andes méridionales, montre la relative indépendance des unités géographiques par rapport aux paléogéographies antérieures.

1. Habituellement, on désigne par *Andes méridionales* l'ensemble de la Cordillère chilo-argentine avec, donc, trois secteurs différents :

— le secteur compris entre les transversales de Salta et de Bariloche, de caractère typiquement andin (liminaire) du 25° au 40° parallèle;

— la Cordillère patagonienne qui fait transition à celle de Magellan;

— la Cordillère de Magellan de caractère géosynclinal (alpin) au-delà du 50° parallèle.

C'est donc un ensemble complexe dont seul le premier secteur peut être mis en parallèle avec les Andes du Pérou et de la Bolivie : à la vérité, ce sont là les vraies Andes (chaîne liminaire) et l'on devrait limiter les Andes méridionales au secteur du Nord et du Centre chilo-argentin, et par voie de conséquence, appeler Andes septentrionales celles du Pérou et de Bolivie. *La Cordillère patagonienne et la Cordillère d'Equateur-Colombie se répondent symétriquement et font transition respectivement au système de Magellan et au système Caraïbe, chaînes géosynclinales également symétriques, de part et d'autre des Andes liminaires.*

Mais l'usage en a décidé autrement, dû en partie aux frontières politiques : l'ensemble de la Cordillère chilo-argentine, Magellan compris, est rangé dans les Andes méridionales. Ce sont celles-ci que nous étudierons dans leur ensemble, en mettant cependant l'accent sur la partie proprement andine.

2. Par le jeu de failles pliocènes et quaternaires, les Andes méridionales sont divisées en un certain nombre de chaînes sensiblement N-S (N 10° E), qui s'ajoutent progressivement les unes aux autres du Sud au Nord, élargissant ainsi progressivement l'édifice (fig. 2 B) :

— la *Cordillère côtière*, d'altitude modeste (moins de 3 000 m), borde le Pacifique souvent brusquement; elle s'abaisse régulièrement vers le Sud pour passer à l'archipel chilien;

— la *Cordillère principale* porte les sommets et forme la frontière entre le Chili et l'Argentine; elle s'abaisse du Nord au Sud de plus de 6 000 m à moins de 3 000 m, phénomène d'autant plus net qu'au Nord les hautes altitudes sont atteintes par des niveaux structurellement profonds (Paléogène de l'Aconcagua, 7 040 m, ou même Permo-Trias du Mercedario, 6 750 m) tandis qu'au Sud les hauts sommets sont tous des volcans récents.

Cordillères côtière et principale sont séparées par la *vallée centrale* chilienne (dite aussi *vallée longitudinale*), plaine d'effondrement plio-quaternaire en forme de ruban de largeur variable (de moins de 1 km à 30 km environ) interrompue par des « ponts » de substratum rocheux formant de modestes reliefs. Celui du *Norte Chico* (du 33° au 27° latitude sud), au Nord de Santiago, sépare la vallée centrale en deux, une partie nord, désertique (c'est la Pampa del Tamarugal du Norte

Grande), une partie sud, tempérée, qui est la richesse agricole du Chili. D'autres ponts existent de moindre dimension, tel celui de *Loncoche*, entre Temuco et Valdivia. Tous ont l'intérêt de rétablir la continuité d'affleurement dans l'édifice cordilléraire et d'en permettre l'analyse;

— la *Cordillère frontale*, qui porte encore des sommets de 6 000 m, s'abaisse rapidement vers le Sud et se termine au niveau de San Rafael dans les pittoresques reliefs de la Sierra Pintada; elle n'est pas toujours clairement distincte de la Cordillère principale dont elle n'est séparée que par des couloirs de faille qui ne déterminent pas de vrais bassins; son individualité est d'ailleurs très brève;

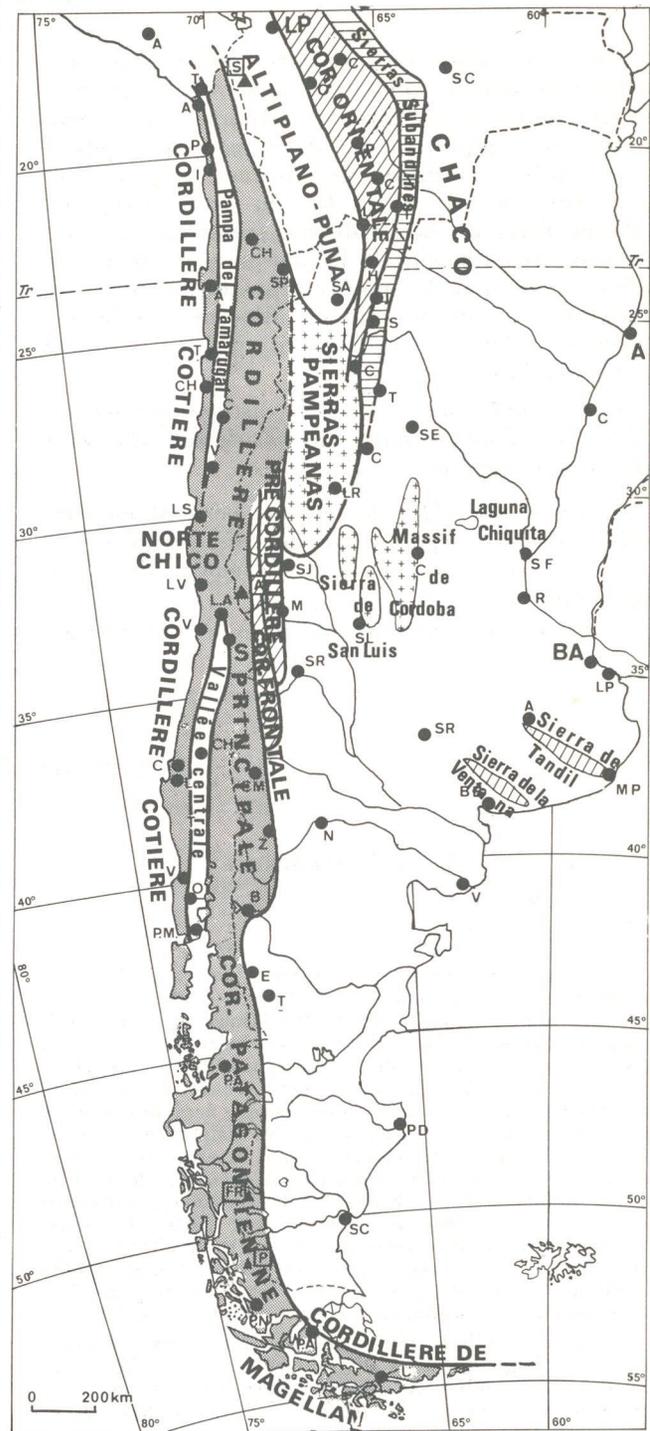
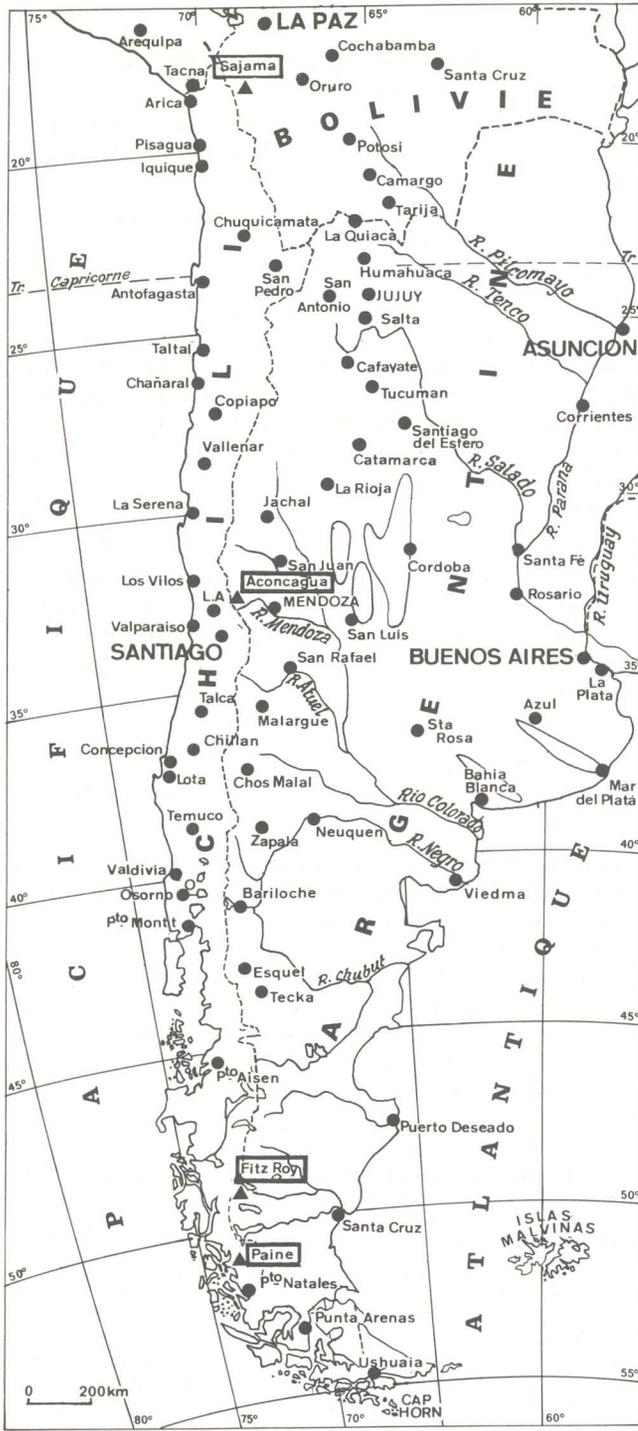
— la *Précordillère*, qui atteint 4 000 m, se termine plus tôt encore, au niveau de Mendoza. Elle est séparée de la Cordillère frontale par une suite de bassins faillés plio-quaternaires, d'altitude moyenne, du Nord au Sud, ceux de Calingasta, Uspallata, Tupungato, ce dernier rejoignant celui de Mendoza au pied même de la Précordillère qui se termine ainsi;

— les *Sierras Pampeanas*, plis de fond de l'avant-pays qui se relie au massif de Cordoba et bordent la Cordillère plus au Nord (province de La Rioja, Catamarca) où elles atteignent jusqu'à 6 000 m d'altitude;

— la *Cordillère orientale*, qui apparaît dans le Nord argentin où elle atteint déjà 5 000 m d'altitude mais s'épanouit surtout en Bolivie — où elle prend le nom de Cordillère royale culminant à l'Ancohumá, 7 014 m — et au Pérou; elle y est alors séparée du reste de la Cordillère située plus à l'Ouest par les vastes étendues de l'*Altiplano* d'une altitude moyenne de 4 000 m, dispositif qui commence dans le Nord argentin avec la *Puna*;

— les *Sierras subandines* qui apparaissent également dans le Nord argentin et, de là, se développent continuellement en Bolivie et au Pérou; c'est une suite de chaînons allongés, d'altitude moindre (en général, moins de 3 000 m) qui jouxtent la plaine du Chaco — et, de là, la suite de plaines du piedmont andin — qui les sépare des modestes hauteurs du bouclier brésilien.

L'ensemble donc se rétrécit et s'abaisse vers le Sud; l'effet de latitude jouant, les traces glaciaires jusqu'alors limitées en altitude (au-dessus de 3 500 m environ), s'abaissent en augmentant d'importance; on accède ainsi au pays des lacs dont la morphologie s'accroît dans la Cordillère patagonienne tandis que la transgression postglaciaire envahit la partie sud de la vallée centrale chilienne, transformant la Cordillère côtière en archipel.



a

b

FIGURE 2

**Croquis géographique des Andes méridionales.**

Ce croquis servira de fond aux différentes cartes paléogéographiques et structurales des figures 3, 5, 7, 8, 9 et 10.

2a principales localités

2b principales entités géographiques, chaînes, massifs, bassins.

Sur la figure 2b, les localités de la figure 2a sont repérées par leurs initiales; c'est le fond de la figure 2b qui sera réutilisé dans les figures 3, 5, 7, 8, 9 et 10.

En vérité, seules la Cordillère côtière et la Cordillère principale comportent des terrains proprement andins (secondaire et tertiaire). Les autres parties ne comportent que des terrains pré-andins, précambriens et primaires (Sierras Pampeanas et Précordillère) ou de la fin du cycle hercynien (Permo-Trias de la Cordillère frontale). Ce sont en fait des panneaux de l'avant-pays qui n'ont été affectés que par les mouvements compressifs andins les plus ultimes (fin du Miocène), et la tectonique de faille plio-quadernaire qui leur a donné leur individualité.

Il ne s'agit donc là que de distinctions géographiques, classiques, qui n'ont pas de sens du point de vue géologique.

3. Trois ensembles de terrains peuvent en effet être reconnus, séparés par des discordances majeures caractéristiques de l'achèvement de cycles orogéniques :

— le Précambrien qui se termine par l'orogène

nèse assyntique (brésilien) soulignée par la discordance du Cambrien;

— le Paléozoïque qui s'achève par l'orogène hercynienne marquée par la discordance du Trias-Lias<sup>3</sup> ;

— le Secondaire et le Tertiaire qui mettent en place la Cordillère des Andes telle qu'elle apparaît actuellement et qui représentent le cycle andin (alpin).

Précambrien et Paléozoïque définissent donc des cycles pré-andins. Les caractéristiques de ceux-ci sont très différents du cycle andin et proches au contraire de celles des édifices orogéniques de même âge connus ailleurs : les Andes sont originelles par leur seul cycle andin.

D'ailleurs, les directions paléogéographiques et structurales des cycles pré-andins sont différentes du cycle andin : le cycle andin n'hérite pas directement des cycles pré-andins; ceux-ci ont contribué à l'édification du socle de la Cordillère sans plus.

## I. — LES CYCLES PRÉ-ANDINS

### A. LE PRÉCAMBRIEN

#### a) les affleurements.

D'une manière générale, on attribue au Précambrien le socle de l'avant-pays andin. Si le fait est confirmé par les mesures radiométriques dans le Nord-Ouest de l'Argentine, dans ce qui est le bord du bouclier brésilien, il n'en va pas toujours de même dans les Sierras Pampeanas et le « bouclier » patagonien où, à côté d'âges précambriens récents (autour de 550 MA), existent des âges franchement hercyniens (340 et 250 MA environ; M. Halpern *et al.*, 1968, 1970; E. Linarès et C. Latorre, 1969). Il est vrai qu'on se trouve pour ce dernier à l'arrière des Sierras de la Province de Buenos-Aires (Sierras de la Ventana) précisément d'âge hercynien; peut-être s'agit-il pour partie des zones internes de cet édifice hercynien de direction NW-SE, zones internes qui chevauchent vers le NE (chevauchement visible à l'Estancia La Lola, près d'Azul). Cette question de l'âge du « bouclier » patagonien est ainsi en pleine évolution.

Dans la Cordillère elle-même, on a longtemps attribué au Précambrien de vastes affleurements métamorphiques de la Cordillère côtière méridionale. Mais on y connaît des terrains primaires datés (Carbonifère, H. Fuenzalida, 1940; Dévonien, G. Cecioni, 1962) et, de surcroît, les plutons granitiques qu'on y rencontre donnent des âges radiométriques correspondant (280 MA environ) (J. Munoz Cristi, 1962; B. Levi *et al.*, 1963). La part n'est pas encore faite, dans ces régions, de ce qui est Précambrien et Primaire.

#### b) le Nord-Ouest argentin.

C'est dans le Nord-Ouest argentin que le Précambrien est le plus clair : il constitue là l'essen-

tiel des Sierras Pampeanas et de la dorsale qui, à partir d'elles, pénètre dans la Cordillère et qu'on peut appeler « dorsale pampéenne »<sup>4</sup>. Son âge est attesté par la discordance du Cambrien (T. Keidel, 1960) du bassin bolivien au Nord (cf. *infra*); et par les âges radiométriques de 550 MA environ (M. Halpern *et al.*, 1970) des roches métamorphiques des Sierras de San Luis et Cordoba, et de 500 MA des granites qui les traversent, ce qui per-

3. Comme il sera discuté plus avant, l'éventualité d'une orogène calédonienne reste en grande partie à démontrer, malgré quelques indices dans la Précordillère de San Juan, Mendoza et l'Altiplano d'Antofagasta.

4. La dorsale pampéenne a, comme nous le verrons, la signification d'une dorsale de socle précambrien séparant deux bassins paléozoïques : c'est un élément de la paléogéographie hercynienne. Au cours du cycle andin, elle se trouve réincorporée en partie dans la dorsale Calchaqui qui sépare le bassin andin du bassin subandin; cette dorsale Calchaqui comprend en outre de vastes affleurements de terrain paléozoïque appartenant soit au bassin bolivien, soit au bassin de Cuyo : c'est un élément de la paléogéographie andine de la Cordillère.

Dorsale pampéenne et dorsale Calchaqui ne sont donc pas synonymes; même si l'une reprend en partie l'autre.

En créant le concept de dorsale Calchaqui (J. Aubouin et A.V. Borrello, 1970), nous n'avions pas clairement fait cette distinction, nous croyons donc nécessaire de la préciser.

Enfin, rappelons que cette dorsale pampéenne coïncide en partie avec le Néocraton pampéen de H.J. Harrington (1962).

met ainsi de les rapporter à un Précambrien récent (« Infracambrien » déformé par l'orogénèse assynitique du cycle dit « Brésilien »).

La constitution de ce Précambrien n'est pas quelconque. Au Nord, dans les provinces de Jujuy, Salta, il s'agit d'une puissante série rythmique de grès et de schistes, ayant l'aspect d'un flysch (A. V. Borello, 1969). Vers le Sud, les premiers granites assynitiques à bords circonscrits la traversent sur les confins des provinces de Salta et de Tucuman (région de Cafayate), tandis que se développe un métamorphisme général croissant : dans les provinces de Catamarca et La Rioja, les plus méridionales de ce secteur, il s'agit d'une puissante série de gneiss et de micaschistes associés à des granites à bords diffus.

L'ensemble dessine ainsi un édifice assynitique dont les zones externes pourraient être (?) au Nord et les zones internes au Sud.

Le Précambrien constitue le socle le plus profond de la Cordillère, au sens historique du terme. Il n'a pas orienté le développement de celle-ci.

## B. LE PALÉOZOÏQUE (fig. 3)

### a) les affleurements.

Les affleurements de Paléozoïque certain ne sont pas constants dans la Cordillère : ils sont séparés :

— soit par de vastes régions de couverture secondaire et tertiaire; tel est le cas notamment entre les affleurements argentins et chiliens dont ainsi la comparaison est délicate; mais il ne s'agit là que d'interruption d'affleurements;

— soit par des zones plus limitées où affleure le Précambrien sous-jacent comme celui de la dorsale pampéenne entre le Paléozoïque du bassin de Cuyo et celui du bassin bolivien dans le Nord-Ouest argentin; sous réserve de vérification, il peut s'agir d'interruption d'édifices.

On connaît du Paléozoïque certain :

#### — en Argentine

- au Nord; dans les provinces de Salta et Jujuy, la série va du Cambrien au Carbonifère; dans les provinces de Catamarca et La Rioja, elle va de l'Ordovicien inférieur au Carbonifère;
- au Nord-Ouest, dans les provinces de San Juan et Mendoza, du Cambrien au Permo-Carbonifère;
- au Sud-Ouest, dans la province du Chubut (région de Tecka, Nueva Lubecka); il s'agit là de Carbonifère marin (T. Suero, 1952), puissant (5 000 m environ), reposant sur un socle métamorphique, peu tectonisé, cependant traversé de granites permo-triasiques, recouvert en transgression mais concordance par du Lias marin.

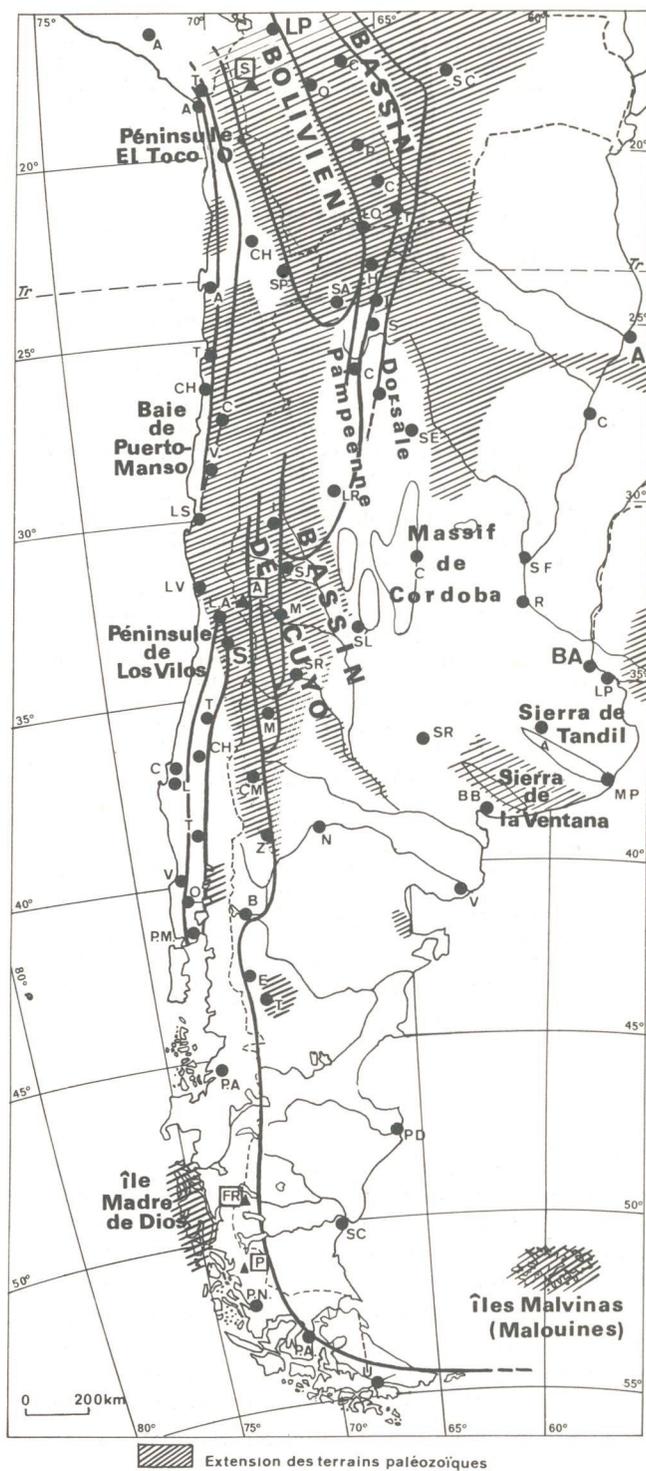


FIGURE 3

### Croquis de répartition des terrains préandins dans les Andes méridionales.

Seuls le bassin bolivien et le bassin de Cuyo ont été représentés. Comme il a été dit dans le texte, la répartition des affleurements du Paléozoïque dans la partie méridionale est connue trop sporadiquement pour pouvoir faire l'objet d'un croquis cartographique.

A cela s'ajoute le problème des nombreux cycles plutoniques paléozoïques (Ordovicien supérieur, Dévonien supérieur et Carbonifère supérieur) reconnus et datés au sein des Sierras pampeanas (E. Linares et C. Latorre, 1969, 1972; M. Halpern *et al.*, 1970) et des granites patagoniens dont nombre ont été datés du Carbonifère (M. Halpern *et al.*, 1971).

Il conviendrait d'y ajouter les affleurements des Sierras de la province de Buenos-Aires (Sierra de la Ventana, Sierra de Tandil), dans l'avant-pays andin, qui dessinent un édifice hercynien orienté SE-NW, déversé vers le NE (Sierra de la Ventana); et les affleurements des îles Malouines. Les relations de ceux-ci avec l'Afrique du Sud (?), en raison des faunes, posent le problème de la disjonction du Gondwana et de l'ouverture de l'Atlantique sud.

— au Chili

- dans le Norte Grande, des faciès marins sur les confins boliviens et argentins (Ordovicien de Aguada de la Perdiz, F. Garcia *et al.*, 1962; Carbonifère de Juan de Morales, C. Galli, 1956) et continentaux (?) plus au Sud (« Terre des Psilophytales » de G. Cecioni à laquelle succède une « péninsule El Toco » du Paléozoïque supérieur);
- dans le Norte Chico, et au-delà, entre Santiago et Copiapo, des faciès marins du Carbonifère supérieur (« Baie » de Puerto Manso de G. Cecioni) s'appuyant sur du Dévonien terrigène à plantes caractérisant peut-être une seconde « Terre » des Psilophytales plus méridionale (ex. : « Flabellites land » de Schartz) à laquelle succède, dans le temps, une « péninsule » de Los Vilos;
- dans le Sud du Chili, des affleurements plus sporadiques : dans la Cordillère côtière, schistes sans fossiles, attribués parfois au Précambrien, mais traversés par des granites d'âge radiométrique, silurien d'une part, carbonifère d'autre part; Dévono-Carbonifère du « Pont de Loncoche » dans la province de Valdivia (formation Panguipulli des lacs Calafquen et Ranco, L. Aguirre et B. Levi, 1964); Dévonien (?) à Trilobites du Chiloe continental (B. Levi *et al.*, 1966); Permo-Carbonifère à Fusulines de l'archipel Madre de Dios dans l'Ouest de la province de Magallanes (G. Cecioni, 1955-1956).

b) les édifices.

Les affleurements méridionaux sont trop sporadiques pour qu'on tente une synthèse. On notera seulement la présence de Fusulines dans l'archipel Madre de Dios à grande proximité de dépôts glaciaires de Gondwana (G. Cecioni, 1955-1956).

Par contre, les affleurements du Nord de la ligne Santiago-Mendoza semblent rentrer dans un cadre paléogéographique et structural mieux défini, bien que toute synthèse précise soit encore prématurée.

Allant du Nord vers le Sud, on distingue (J. Aubouin et A. V. Borello, 1970) :

- un bassin paléozoïque bolivien;
- un bassin paléozoïque de Cuyo;
- la dorsale pampéenne faite de Précambrien.

Cependant, des travaux récents effectués sur la Puna de Salta et de Catamarca ont montré l'âge Ordovicien (F. Acenolaza et A.J. Tossili, 1971; F.G.

Acenolaza, 1972; R. Auriemma *et al.*, 1972) d'affleurements considérés jusqu'alors comme précambriens (J.C.M. Turner, 1970). Il est donc possible que la dorsale pampéenne ne sépare pas complètement le bassin bolivien du bassin de Cuyo (fig. 3).

1) *Le bassin paléozoïque bolivien*, qu'on pourrait appeler « bassin de Jujuy » dans le Nord-Ouest argentin, s'appuie : à l'Est sur le Précambrien du bouclier brésilien sur lequel s'avance, en s'amenuisant progressivement, le Paléozoïque du Chaco, subhorizontal; à l'Ouest sur la « dorsale pampéenne », prolongement des Sierras pampeanas. Il se développe largement vers le Nord, en Bolivie puis au Pérou, essentiellement dans la Cordillère orientale (cf. article E. Audebaud *et al.* dans le même volume).

Son orientation NNW-SSE est ici oblique par rapport à la direction N-S de la Cordillère<sup>5</sup> : ainsi les terrains paléozoïques, après avoir contribué à l'édifice des Sierras subandines et de la Cordillère orientale en Argentine, vont-ils se développer en outre en Bolivie et au Pérou sous les formations récentes de l'Altiplano, prolongement de la Puna du Nord argentin, elle-même superposée pour partie (Ouest) au Précambrien de la dorsale pampéenne, pour partie (Est) au Paléozoïque. *L'ensemble Puna-Altiplano est oblique par rapport au bassin paléozoïque péruvo-bolivien*; cette obliquité ne vaut que pour le Nord argentin et le Nord chilien, car, au-delà, en Bolivie et au Pérou, les directions andines deviennent sensiblement parallèles aux directions hercyniennes. *Les rapports entre cycle hercynien et cycle andin n'en sont que plus clairs dans le Nord argentin.*

Cependant, une grande partie des terrains paléozoïques du Nord-argentin n'ont que faiblement été affectés par l'orogénèse hercynienne : dans les Sierras subandines et la Cordillère orientale, le Crétacé supérieur vient directement en concordance sur le Paléozoïque; il est lui-même recouvert de Miocène concordant; la seule tectonique importante qui s'observe affecte le Miocène : c'est une tectonique andine tardive (cf. *infra*). C'est plus à l'Ouest, dans le substratum de la Puna que commence de s'observer la nette discordance du Crétacé supérieur sur les terrains sous-jacents, indice d'une tectonique importante (Ph. 4) : la Cordillère orientale et les Sierras subandines se plaquent ainsi dans la partie externe du bassin bolivien, là où il s'épanouit sur le bouclier brésilien qui lui sert d'avant-pays.

5. En fait, le « Coude de Santa Cruz » (fig. 1) est marqué dans les directions tectoniques, franchement SSE-NNW au Nord, plus proche de N-S au Sud. Une analyse structurale précise de ce coude reste à faire.

A titre d'exemple, les terrains qu'on rencontre dans la partie sud du bassin bolivien comprennent :

— le Cambrien supérieur probable sous forme de grès et schistes bariolés qui peuvent atteindre quelques centaines de mètres (groupe Meson);

— l'Ordovicien représenté par environ 1 000 m de schistes et marnes vert-olive intercalés de quelques bancs de grès (formation Santa Vitoria);

— le Silurien sous forme d'environ 1 000 m de grès alternant avec des marnes (formation Lipeon); à la base de celle-ci, à la limite avec l'Ordovicien et après lacune du Llandovery, se situe le célèbre conglomérat de Zapla, d'âge Wenlockien, considéré comme une tillite glaciaire mais qui n'est peut-être qu'un niveau d'olistostromes;

— le Dévonien représenté par environ 2 000 à 3 000 m de faciès gréseux à grésopélimitique (formation Baritu);

— après une lacune du Dévonien supérieur et Mississippien inférieur et en discordance, le Carbonifère, représenté dans les Sierras subandines par des grès continentaux épais d'environ 1 000 m, dans lesquels on reconnaît le Mississippien supérieur à la base (formation Tupambi de grès et conglomérats avec niveaux de tillites?) et plus constamment le Pennsylvanien (formation Tanja qui marque l'apogée des faciès à Tillites? et le groupe Mandiyuti avec les formations Tuyunti et Sn. Telmo);

— après une lacune et en faible discordance, le Permo-Trias seulement représenté dans les Sierras subandines par moins de 1 000 m de grès, calcaires à silex, gypse et anhydrite (150 m), sel (25 m), grès rouges, basaltes enfin (groupe Vitiacua).

L'ensemble de ces faciès connaîtra un développement beaucoup plus puissant en Bolivie où le bassin paléozoïque prendra toute son ampleur.

On notera que la réduction voire l'absence des niveaux les plus récents, Carbonifère et Permo-Trias dans la Cordillère orientale, témoigne de la surrection précoce (fin

du Dévonien) de celle-ci, donc de sa position relativement interne<sup>6</sup> et confirme ainsi l'organisation de l'édifice hercynien du secteur bolivien dont l'avant-pays se trouvait à l'Est (cf. supra).

2) *Le bassin paléozoïque de Cuyo* (fig. 3, 4), du nom régional des trois provinces de San Luis, Mendoza et San Juan qui constituent une entité originale dans l'Ouest argentin, est bien représenté dans la Précordillère de La Rioja, San Juan et Mendoza ainsi que dans la Cordillère frontale et son prolongement austral, les Sierras Pintadas :

— au Nord-Est, il s'appuie sur la dorsale pampéenne; dans cette direction, les faciès tardihercyniens s'amenuisent et deviennent continentaux, Carbonifère et Permo-Trias, tous deux à faciès de molasses rouges qui transgressent divers niveaux du Paléozoïque (Carbonifère sur Dévonien dans la vallée du Rio San Juan; sur Ordovicien dans la Sierra de Huaco, près de San José de Jachal, dans la Sierra de Guandacol et dans la Sierra de Famatina, etc.);

— au Sud-Ouest, au Chili, la « baie de Puerto Manso », qui paraît le prolongement du bassin de Cuyo, présente des apports terrigènes qui font supposer l'existence d'une terre émergée plus à

6. En Bolivie; car, dans le Nord-argentin, la Cordillère orientale est donc la partie externe du bassin bolivien; la surrection andine de la Cordillère orientale (cf. infra) est oblique par rapport au bassin bolivien.

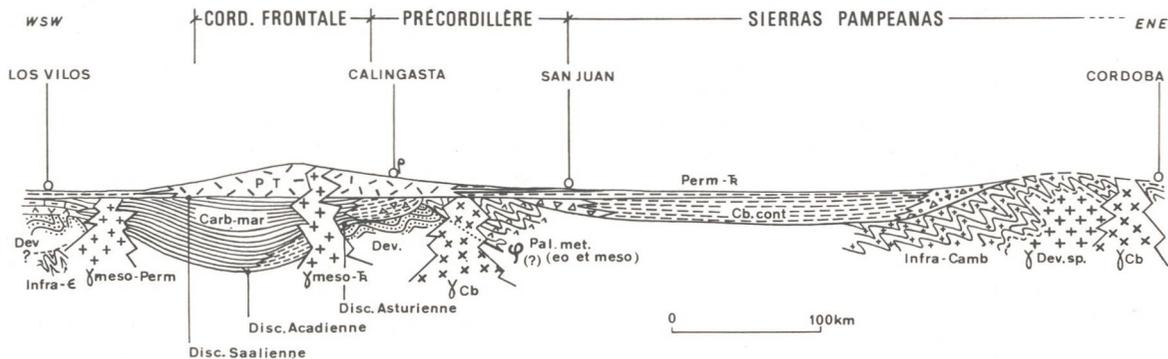


FIGURE 4

**Profil paléogéographique schématisé des Cuyanides.**

Dans la partie Est-Nord-Est, vient la dorsale pampéenne, formée de terrains infra-cambriens (Infra-Camb.) traversés de granites hercyniens, dévonien supérieur ( $\gamma$  Dév. sup.) et carbonifère ( $\gamma$  Cb). Le Carbonifère à faciès de molasse continentale (Cb. cont.) s'appuie directement sur elle; il est surmonté de Permo-Trias (Perm-Tr.) de même faciès.

Vers l'Ouest-Sud-Ouest, les terrains paléozoïques se complètent et deviennent marins, d'abord métamorphiques (Précordillère - Pal. mét. éo et méso), puis non (Cordillère frontale et au-delà); tandis que se dégagent les différentes discordances hercyniennes et que les plutons granitiques sont plus tardifs ( $\gamma$  méso-Perm., mésopermien;  $\gamma$  méso-Tr., mésotriasien).

Du point de vue structural, on a schématisé le chevauchement des formations (épi)-métamorphiques — accompagnées notons-le de roches basiques et ultrabasiques — sur les formations non métamorphiques sans que l'accident représenté corresponde à un accident particulier. Aucune autre structure n'a été représentée.

L'ensemble peut correspondre à une chaîne élémentaire dont l'arrière-pays (dorsale pampéenne) et les zones internes sont à l'Est; les zones externes — dont une partie manquerait — et par conséquent l'avant-pays (!) seraient à l'Ouest.

Cependant, l'état actuel des connaissances ne permet pas d'être affirmatif et ce point de vue reste une hypothèse.

l'Ouest. On y connaît : des faciès flyschs siluro(?) - dévoniens (schistes de l'Arrayan et de Puerto Manso); des faciès continentaux discordants, de brèches (Tillites ?) et conglomérats (formation Los Vilos) du Carbonifère inférieur (?); des faciès marins côtiers (formations Huentelauquen) du Carbonifère supérieur (calcaires à coraux et lutites).

*La structure hercynienne des Cuyanides est très mal connue* : en effet, la plupart des accidents qu'on y observe en première approximation sont andins; tel est le cas, par exemple, des chevauchements en forme de faille inverse dont les plus externes, en Argentine, affectent le Miocène; ou des failles normales qu'on rencontre partout, notamment sur le versant chilien, qui affectent le Pliocène, voire le Quaternaire. Mais l'intense microplissement traduit une tectonique propre dont les axes structuraux sont orientés NNW-SSE; les discordances du Carbonifère et du Permo-Trias confirment d'ailleurs ce sentiment. Jusqu'à maintenant cependant, cette tectonique hercynienne n'a guère été étudiée pour elle-même; elle est probablement remarquable et les charriages ne doivent pas y manquer.

Dans la Quebrada de Santa Helena, au Sud-Est d'Uspallata, s'observe la superposition tectonique d'une nappe de schistes métamorphiques, lubrifiée à sa base par un niveau de serpentine, sur des faciès sédimentaires non métamorphiques du Paléozoïque; le tout recouvert en transgression et discordance par le Permo-Trias et haché de failles plio-quaternaires sur la bordure du bassin d'Uspallata. Dans la Sierra de Tontal, à l'Est de Calingasta, B. Quartino *et al.* (1971) décrivent le charriage (Alto de los Pajaritos) du complexe volcano-sédimentaire à pillow-lavas et dolérites de la formation Alcaporrosa (Ordovicien ?) sur le Dévonien de la formation El Planchon. Mais ce ne sont là que des observations isolées qu'il conviendrait de généraliser. Ainsi s'expliquerait le point de vue tectonique que dans la Pré-cordillère se côtoient des terrains paléozoïques métamorphiques et non métamorphiques.

Dans l'état actuel des connaissances, il n'est pas facile « d'organiser » les Cuyanides.

On a pu penser (J. Aubouin et A.V. Borrello, 1970) que la dorsale pampéenne représente l'avant-pays de cet édifice, sur le Précambrien duquel transgressent des faciès molassiques externes du Permo-Carbonifère; tandis que les faciès plus internes (au SW, en tenant compte de l'orientation des structures), sont à la fois plus complets et marins.

Cependant, dans la partie sud de la dorsale pampéenne, la présence d'un métamorphisme hercynien (350-380 MA) superposé au métamorphisme précambrien, de granodiorites — tonalites — du Dévonien supérieur (M. Halpern *et al.*, 1970; E. Linares et C. Latorre, 1969, 1972), conduit à se demander si la dorsale pampéenne ne serait pas plutôt un arrière-pays intermédiaire, précocement métamorphisé et granitisé. Dans ce cas, les zones internes des Cuyanides se trouveraient dans la Précordillère, aux phases tectoniques superposées nombreuses (bretonne, sudète, saalienne et palatine) et précoces (une « protoprécordillère » — E. Rollet et B. Baldi, 1969 — mise en place par l'orogénèse bretonne ayant rejeté la mer carbonifère plus à l'Ouest).

Tandis que les zones externes seraient à l'Ouest, du côté du Pacifique, en partie dans des régions occupées aujourd'hui par celui-ci; dans cette optique, le batholite méso-permien de la Cordillère côtière, plus tardif, pourrait marquer la limite externe de la granitisation dans les Cuyanides.

A ce moment, il n'est guère possible de trancher, l'essentiel des études restant à faire. A titre indicatif, la figure 4 a choisi la deuxième interprétation qui est développée en légende.

De toute façon Bolivianides et Cuyanides sont séparées par la dorsale pampéenne. Vers le Nord, les premières se poursuivent au Pérou, tandis que les secondes passent au Chili septentrional où elles sont coupées très obliquement par la côte pacifique. Vers le Sud, outre que le Paléozoïque bolivien a été reconnu en sondage dans le sous-sol du Chaco de Salta et Santiago del Estero (Padula et Mingramm, 1966), se pose le problème des liaisons avec les Sierras de la province de Buenos-Aires, notamment la Sierra de la Ventana, très fortement tectonisée au cours du Permien, selon des axes NW-SE et de forts déversements NE.

Plusieurs solutions sont possibles :

— les Sierras de la Province de Buenos-Aires forment une chaîne intracontinentale indépendante (H.J. Harrington, 1962);

— les Sierras de la Province de Buenos-Aires sont en relation avec l'un des édifices hercyniens de l'actuelle Cordillère :

● s'agit-il des Bolivianides ? L'âge de la tectonique correspondrait bien avec celui de la phase tardihercynienne du bord oriental de celles-ci; mais le style tectonique, isoclinal, de la Sierra de la Ventana n'est guère comparable; outre qu'on ne connaît pas, à l'affleurement du moins, la prolongation du bassin bolivien qui pourrait donc se terminer en doigt de gant;

● s'agit-il des Cuyanides ? Si les directions tectoniques (NW-SE) sont plus conformes, rien n'indique à l'affleurement la liaison des deux édifices : au contraire, la reconnaissance de roches métamorphiques hercyniennes dans la Sierra de San Luis (M. Halpern *et al.*, 1970) est en opposition avec cette idée.

On en vient donc à se demander si la dorsale pampéenne, décidément à signification d'arrière-pays intermédiaire, ne se prolonge pas en Patagonie, séparant : à l'Est les Bolivianides et les Sierras de la Province de Buenos-Aires reliées entre elles ou non; à l'Ouest les Cuyanides dont la prolongation est peut-être à rechercher, au-delà des affleurements de Tecka, dans les îles Malouines avec leurs 3 000 m de flysch dévonien. Mais au-delà, quel est celui des deux édifices qui se poursuit dans les montagnes du Cap, en un géosynclinal du Samfrau (A.L. Du Toit, 1937), rompu

ensuite par l'ouverture mésozoïque de l'océan Atlantique ?

A titre d'exemple, les terrains qu'on rencontre dans le bassin de Cuyo comprennent :

— le Cambrien représenté par une puissante série de calcaires et dolomies avec de nombreux niveaux de brèches (formation La Loja) ;

— l'Ordovicien, représenté par des calcaires dans la partie orientale (formation San Juan), passe à des formations grésopélitiques, rythmiques, de faciès flyschoides vers l'Ouest ; on y rencontre alors des pillow-lavas (près de Calingasta, dans la haute vallée du Río San Juan) ;

— le Silurien, sous forme de schistes noirs (formation Calingasta), terminé par un niveau grésopélitique rouge ;

— le Dévonien représenté par une série grésopélitique d'aspect flysch (série de Villavicencio) ;

— après discordance, le Carbonifère, marin à l'Ouest (formation Hoyada Verde du groupe San Eduardo de la région de Barreal et formation Jarillal des environs d'Uspallata), continental à l'Est (molasse rouge que représente la formation Panacan des provinces de San Juan et La Rioja).

Le Permo-Trias, continental, intercalé de rhyolites et granitiques dans l'intérieur, limité à des grès rouges (Paganzo II) terminés par des basaltes dans l'extérieur, recouvre le tout.

D'abondantes faunes et flores caractérisent ces différents niveaux (A.V. Borrello, 1954, 1972 ; A.J. Amos, 1954, 1972, etc.), Graptolites, Trilobites, Brachiopodes, etc. dans les faciès marins, plantes dans les faciès continentaux.

Qu'il s'agisse des Bolivianides ou des Cuyanides, nous n'avons parlé que de la chaîne hercynienne. A la vérité, la question se pose d'éventuels mouvements calédoniens suggérés par l'existence : d'une discordance entre les couches ordoviciennes et siluriennes dans la Sierra de Talacasto (E.O. Roller, 1947) ; d'ophiolites (serpentes, dolérites, pillow-lavas, etc.) dans l'Ordovicien (Cuyanides) ; d'un horizon glacio-marin (niveau de Zapla) wendocien avec lacune du Llandovery dans le Nord argentin ; de faciès évoquant le flysch dans l'Ordovicien et le Silurien (bassin bolivien et Puna) ; de niveaux rouges au sommet du Silurien (émersion ? — bassin de Cuyo —) équivalents des niveaux deltaïques dowtoniens de la Sierra de Zapla ; de plutons de 415 MA dans les Sierras pampeanas (M. Halpern *et al.*, 1970) et siluriens dans la Puna (J.C.M. Turner, 1970). Mais jusqu'à

maintenant, aucun argument plus déterminant n'est venu s'ajouter à ceux-ci. La question du cycle calédonien dans les Andes méridionales reste ouverte<sup>7</sup>.

En conclusion, les terrains paléozoïques des Andes méridionales procèdent d'un édifice orogénique double regroupant Cuyanides et Bolivianides qui traverse probablement la totalité du continent sud-américain du Pacifique à l'Atlantique.

On retiendra l'obliquité de cet édifice, aux directions structurales fondamentalement NNW-SSE par rapport aux directions andines presque N-S ; ce qui, d'une manière simple, confirme leur nature de socle de la chaîne andine. En fonction du changement de direction andin au niveau du « coude de Santa Cruz »<sup>8</sup>, les directions hercyniennes et andines deviennent parallèles en Bolivie et au Pérou ; pour être moins facile, la distinction n'en demeurera pas moins : l'Hercynien est — avec le Précambrien — le socle de l'Andin.

On notera en outre que la longue côte pacifique des Andes méridionales tronque les Cuyanides : quelle que soit son évolution ultérieure le Pacifique sud-oriental naît donc comme l'Atlantique au début des temps secondaires<sup>9</sup>.

7. En vérité, la question se pose plus pour le bassin bolivien : c'est là que sont les faciès flysch franc de l'Ordovicien-Silurien, tandis que les déformations hercyniennes y semblent faibles. On verrait ainsi se succéder dans l'espace en partant du bouclier brésilien, l'édifice calédonien et l'édifice hercynien selon un dispositif classique d'accroissement continental ; l'édifice andin recoupant le tout.

8. En fait, le « Coude de Santa Cruz » (fig. 1) est marqué dans les directions tectoniques, franchement SSE-NNW au Nord, plus proche de N-S au Sud. Une analyse structurale précise de ce coude reste à faire.

9. On notera que, s'il se confirmait que la dorsale pampeenne est bien l'arrière-pays des Cuyanides, donc que les zones externes de celles-ci sont du côté pacifique, cela induit la nécessité d'un continent sud-pacifique au cours du Paléozoïque. Ce qui renforcerait encore notre propos. Les certitudes manquent toutefois, comme nous l'avons dit.

De toute façon, la Patagonie est loin de correspondre à la classique notion de « bouclier patagonien ». Même si la part de l'Hercynien n'y est que relative, il s'agit d'une « pièce rapportée » à la fin du Paléozoïque au craton sud-américain armé par les vrais boucliers brésilien et guyanais.

## II. — LE CYCLE ANDIN

Le cycle andin, qui correspond au Secondaire et au Tertiaire, est responsable des principales caractéristiques et de l'aspect actuel de la Cordillère. Les terrains antérieurs ne jouant que le rôle de socle comme nous venons de le voir, c'est d'après les seuls terrains secondaires et tertiaires

qu'il faut rechercher l'organisation et l'évolution de la Cordillère.

Celle-ci peut être divisée du Nord au Sud, en quatre secteurs, soit :

— le Nord chilien et le Nord argentin qui marquent le passage des Andes centrales aux Andes

méridionales; le changement se produisant par l'extérieur, en Argentine (provinces de Jujuy et Salta). C'est le « *relais nord-argentin* » (J. Aubouin et A.V. Borrello, 1970);

— le Chili central et l'Argentine occidentale qui correspondent aux *Andes méridionales* proprement dites;

— le Sud chilien et le Sud argentin avec les *Andes patagoniennes* qui font la transition à la Cordillère de Magellan; le changement se produit par l'arrière, au Chili (provinces de Chiloë, d'Ay-sen) et en Argentine (provinces du Chubut et de Santa Cruz) : c'est le « *relais patagonien* » qu'on pourrait aussi bien dire « sud-chilien » ou « sud-argentin » (J. Aubouin et A.V. Borello, 1970);

— la région Ultima Esperanza et de la Terre de Feu où commence la *Cordillère de Magellan*, branche nord de l'arc des Antilles australes.

Pour la simplicité de l'exposé, nous traiterons successivement : des Andes méridionales proprement dites ; du relais nord-argentin ; puis évoquerons le système austral et le relais patagonien.

#### A. LES ANDES MÉRIDIONALES PROPREMENT DITES (du 25° au 40° parallèle)

L'organisation et l'évolution des Andes méridionales sont assez particulières pour qu'on puisse les considérer comme caractéristiques d'un type de chaîne liminaire (ou andin) par comparaison au type de chaîne géosynclinal (ou alpin) (J. Aubouin et A.V. Borrello, 1966).

L'édifice ne peut être compris dans son ensemble qu'à la lumière des *paléogéographies et des tectoniques superposées*; en première approximation, on y peut reconnaître trois périodes successivement liminaire (Trias supérieur - Crétacé moyen), tardiliminaire (Crétacé supérieur - Miocène), postliminaire (Pliocène - Quaternaire), chacune étant susceptible de divisions en sous-périodes.

C'est l'évolution postliminaire, par sa puissante tectonique de faille, qui commande l'organisation géographique en chaînes allongées sensiblement S 10° W - N 10° E : Cordillère côtière, Cordillère principale, Cordillère frontale, Précordillère, Sierras Pampeanas (fig. 2 B). Or, *les bassins liminaires et tardiliminaires ont une orientation pratiquement N-S, légèrement oblique*; de la sorte chacune des chaînes distinguées a une constitution différente du Sud au Nord. Plus que pour les Sierras Pampeanas, la Précordillère et la Cordillère frontale, d'extension limitée, cela est vrai de la Cordillère principale et la Cordillère côtière : *dans l'ensemble, les formations qui affleurent sur*

*le versant argentin au Sud passent sur le versant chilien au Nord du 33° S. Il faut donc faire des distinctions paléogéographiques qui soient différentes des distinctions purement géographiques comme d'ailleurs cela est couramment fait dans les chaînes alpines où la règle est de distinguer zones isopiques (paléogéographie) et régions d'affleurement (géographie).*

*C'est par rapport à sa paléogéographie que la tectonique de la Cordillère prendra toute sa signification.*

#### a) Stratigraphie et Paléogéographie.

1) *Du Jurassique au Crétacé moyen : le bassin andin (fig. 5).*

Le bassin andin, préparé à la fin du Trias pour les zones internes, se développe clairement pendant le Jurassique et le Crétacé inférieur (et moyen). Il apparaît, pendant toute cette période, comme une dépendance d'une mer située plus à l'Ouest, sans que rien, cependant, permette d'affirmer qu'il s'agisse de l'Océan Pacifique tel qu'on le comprend aujourd'hui.

#### *Il s'appuie :*

— à l'Est, sur un avant-pays formé par le craton sud-américain, au Nord Précambrien du bouclier brésilien, au Sud socle patagonien pour partie précambrien, pour partie paléozoïque (cf. *supra*). L'avant-pays entre très largement dans la Cordillère sous forme d'une « *dorsale Calchaqui* » qui comporte, outre les terrains précambriens de la dorsale pampéenne (cf. *supra*), du Paléozoïque du bassin bolivien et du bassin de Cuyo, le tout recouvert des seuls terrains les plus récents, néogènes, le plus souvent plio-quaternaires comme c'est le cas en Argentine du Nord-Ouest. Cette dorsale Calchaqui sépare le bassin andin du bassin subandin qui amorce le relais avec les Andes centrales de Bolivie et du Pérou (J. Aubouin et A.V. Borrello, 1970).

— à l'Ouest, sur une dorsale de socle, pour partie formée de terrains précambriens (?) et paléozoïques métamorphiques, pour partie de terrains paléozoïques sédimentaires datés, le tout traversé par les granites carbonifères reconnus par les mesures radiométriques (F. Gonzalez-Bonorino, 1967). Cette dorsale se développe depuis la partie sud de la Cordillère côtière au Chili, dans la région de Concepcion, jusqu'à la région de Bariloche en Argentine où elle vient se fondre dans l'avant-pays patagonien au niveau de la province du Chubut; la continuité en est assurée par les affleurements de schistes cristallins du « Pont de Loncoche » qui montrent qu'en cet endroit le substratum de la

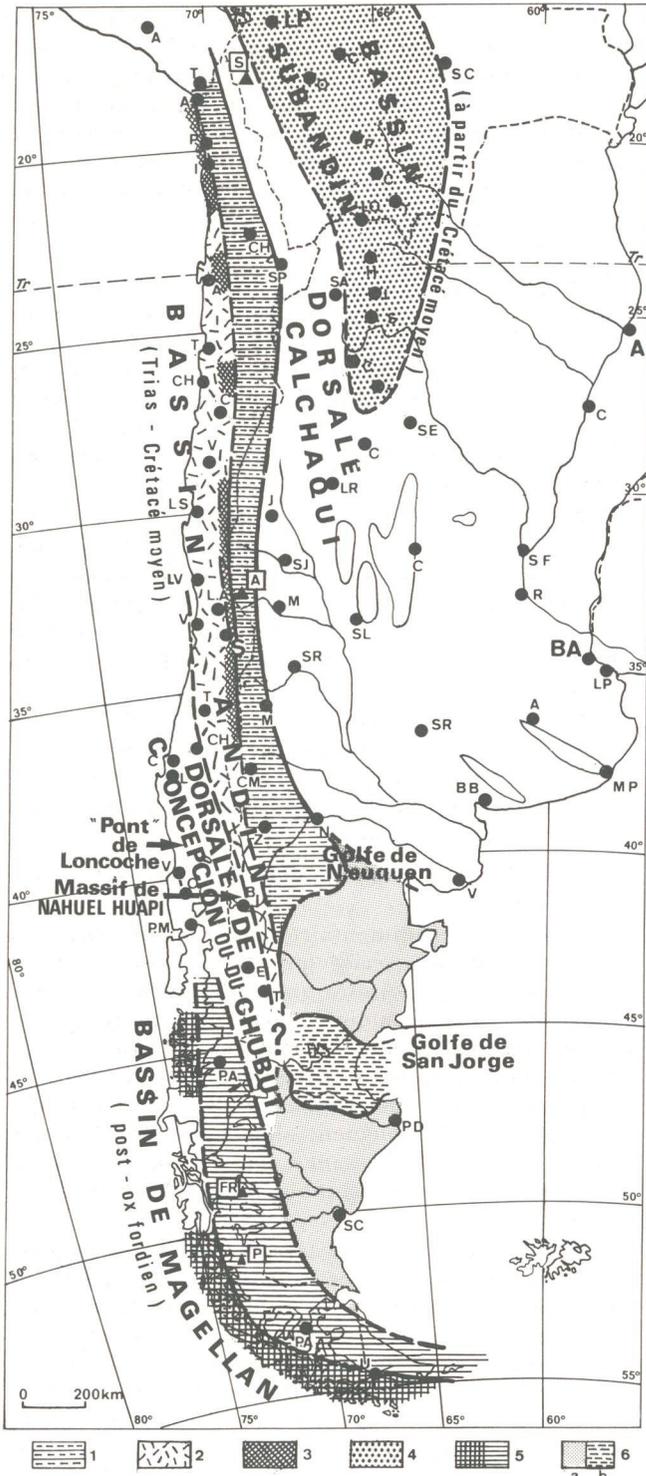


FIGURE 5

Croquis paléogéographique des Andes méridionales du Trias supérieur au Crétacé moyen.

1-3, *Bassin andin* (Trias supérieur-Crétacé moyen) : 1, faciès sédimentaires externes non volcanogènes; 2, faciès volcanosédimentaires internes; 3, faciès de transition avec niveaux

vallée centrale est bien le socle andin et non la couverture andine quelle qu'elle soit. Ce « massif de Nahuel Huapi » en Argentine est ainsi la suite de la « Terre de Concepcion » au Chili (G. Cecioni, 1970). Cette « dorsale de Concepcion » ou « dorsale du Chubut » (J. Aubouin et A.V. Borrello, 1970) sépare le bassin andin du bassin de Magellan dans lequel se prépare une chaîne géosynclinale tout à fait différente des Andes méridionales proprement dites.

*Il comprend et oppose :*

— une zone interne (occidentale) caractérisée par :

- ses faciès volcanogènes, extrêmement monotones et puissants (près de 15 km) (H. Thomas, 1958) où prédominent les spilites-kératophyres dans la partie inférieure (Trias supérieur-Malm inférieur) et les andésites dans la partie supérieure (Malm supérieur-Crétacé inférieur) ;

- sa tendance à l'orogénèse marquée par l'existence d'une phase orogénique précoce soulignée par une discordance angulaire<sup>10</sup>, au cours de

10. Nous distinguons ici entre émergence suivie d'une discordance ultérieure et émergence non suivie de discordance même si les terrains qui succèdent ont une disposition transgressive. *Seule une discordance caractérise des mouvements tectoniques* : il n'est pas raisonnable de caractériser des phases tectoniques par des transgressions sans discordance. En ce sens, les phases définies dans la Cordillère correspondent à des mouvements tectoniques dans la seule partie interne de celle-ci.

laguno-lacustres ou néritiques (calcaires à Rudistes), associés aux volcanites.

4, *Bassin subandin* (à partir du Crétacé moyen seulement) : faciès à prédominance continentale.

5, *Bassin de Magellan* (ou austral) (après l'Oxfordien) : 5a, faciès eugéosynclinaux avec « roches vertes »; 5b, faciès miogéosynclinaux.

6, Crétacé de la plate-forme patagonienne : 6a, continental; 6b, marin (en liaison avec l'Atlantique).

La figure représente l'état des choses sensiblement à la fin du Crétacé inférieur au moment où va se terminer l'histoire du bassin andin proprement dit et commencer celle du bassin subandin (et d'ailleurs des bassins tardi-andins, cf. fig. 7). Les précisions stratigraphiques actuellement disponibles sont insuffisantes pour qu'il soit possible d'affirmer soit la coexistence du bassin subandin et du bassin andin, soit leur succession dans le temps. C'est tout le problème de la phase orogénique définie comme post-albienne et anté-maestrichtienne dans le bassin andin : dans la mesure où elle serait précoce, il y aurait probablement succession et le bassin subandin ne coexisterait qu'avec les bassins tardi-andins de l'Abanico (fig. 7) puis de Farellones (fig. 8). Le golfe de San Jorge est une dépendance de l'Atlantique dès le Lias-Dogger; les affleurements connus sont relativement épars sous la couverture patagonienne plus récente. Les liaisons éventuelles avec l'extrémité sud du bassin andin sont mal connues, encore que probables; nous avons choisi de mettre là un point d'interrogation. Par contre, le golfe de San Jorge paraît sans liaison directe avec le bassin de Magellan.

l'Oxfordien. Il y a donc *deux sous-ensembles* de terrains, chacun discordant sur le précédent : respectivement, du (Trias) Lias à l'Oxfordien et du Kimméridgien à l'Albien. Deux phases orogéniques déforment ces sous-ensembles de terrains. La première, d'âge Oxfordien, est connue sous le nom local de « phase araucane »; elle correspond plus ou moins à la notion de phase andine ou encore de phase névadienne de H. Stille, encore qu'elle soit plus précoce. La seconde est classiquement connue au Chili sous le nom de phase « subhercynienne », nom tiré du calendrier de H. Stille; c'est un usage malheureux à bien des égards : d'abord, par le nom même qui prête à confusion; ensuite, par le fait que son âge est indéterminé : elle est certainement post-Albien, voire post-Cénomanién, âge des derniers terrains affectés, anté-Maestrichtien, âge des premiers terrains discordants (formation Abanico — cf. infra — dont le sommet a été daté du Maestrichtien mais qui peut être plus ancienne par sa base). C'est donc une phase d'âge incertain : au plus précoce, elle serait cénomaniénne et correspondrait plus ou moins à la notion de phase autrichienne de H. Stille; au plus tardif, elle pourrait être campanienne et correspondre alors effectivement à la phase subhercynienne proprement dite. Il y a donc une importante incertitude en ce qui concerne cette phase d'âge Crétacé supérieur qui, de toute façon, précède la phase laramienne proprement dite (cf. infra)<sup>11</sup>.

Nous verrons dans la suite que les structures dues à la phase araucane ne sont pas connues : cette phase se marque par une discordance au

11. Il y a de toute façon une certaine imprécision dans la chronologie orogénique de la Cordillère; aussi des terminologies locales ont-elles été proposées dont la plus connue est celle de G. Steinmann (1929) qui définit, au Pérou : une phase « péruvienne » d'âge Campanien qu'il considère comme la plus importante et qui pourrait correspondre à celle qui termine l'histoire du bassin andin au Chili; une phase « incaïque » d'âge fini-Eocène que nous retrouverons dans la Cordillère chilo-argentine; une phase « Quechua » d'âge fini-Miocène, également présente dans les Andes méridionales.

Cependant, tout n'est pas aussi clair. Tout d'abord, il semble que G. Steinmann considère la phase péruvienne comme équivalente de la phase laramienne d'âge fini-Crétacé; or, dans les Andes méridionales du Chili et de l'Argentine, il y a une distinction claire entre la phase dite subhercynienne, antérieure aux formations de l'Abanico, et la phase laramienne proprement dite, postérieure aux dites formations : l'une est anté-maestrichtienne (et peut-être beaucoup plus ancienne), l'autre est post-maestrichtienne. Ensuite, il n'est pas fait état d'une phase d'âge Jurassique supérieur au Pérou : il est possible que cela corresponde au fait que les zones les plus internes affectées par cette phase n'existent pas dans les Andes centrales où la seule Cordillère occidentale doit correspondre à l'ensemble du bassin andin ainsi probablement dépourvu de ses zones les plus internes.

Kimméridgien-Tithonique sur les terrains antérieurs et son éventuelle transgression sur le socle anté-Secondaire, dispositif qui pourrait à la rigueur être une discordance de bord de bassin dont la partie occidentale se serait soulevée au moment considéré sans pour autant être déformée tectoniquement. Mais elle est accompagnée d'une importante granodiorisation (cf. infra) qui souligne sa probable importance.

La phase d'âge Crétacé supérieur (autrichienne ou subhercynienne, cf. supra) paraît au contraire la plus importante dans les zones les plus internes : c'est elle qui a préparé l'essentiel des structures qui ne connaîtront que des retouches lors des phases ultérieures (J. C. Vicente, 1971). Elle est également accompagnée de la mise en place de plutons granodioritiques.

- ses importantes granitisations liées à chacune des phases orogéniques qui l'affectent (Jurassique supérieur, Crétacé moyen). Il s'agit toujours de granodiorites à bords circonscrits « supracrustales »; nulle part on ne rencontre de granites à bords diffus liés à des séries métamorphiques profondes;

- l'existence d'un métamorphisme d'enfouissement avec développement de la paragenèse pumpellyite-prehnite-quartz (B. Levi, 1970); tout autre type de métamorphisme général est absent dans les Andes méridionales.

— le bord (domaine) externe (Est) est caractérisé par :

- ses faciès sédimentaires non volcanogènes, où prédominent les séries périto-calcaires de puissance beaucoup moindre que celle du bord interne (environ 10 fois moins) : vers l'avant-pays, ces séries passent à des formations littorales, puis continentales, souvent gréseuses; vers le Sud, ils s'épanouissent dans le bassin du Neuquen qui s'élargit considérablement alors même qu'il se termine en « doigt de gant » sur l'avant-pays patagonien (« golfo neuquino » de P. N. Stipanovic, 1966);

- la concordance des terrains du Trias au Crétacé moyen : les phases orogéniques se traduisent ici par de simples émergences sans discordance angulaire : le Kimméridgien est représenté par des grès continentaux concordants et de même répartition que les terrains sous-jacents; le Crétacé moyen-supérieur par des formations grésopélitiques rouges concordantes, cependant transgressives jusque sur l'avant-pays (discordance cartographique). La série du bord externe peut donc également être divisée en deux sous-ensembles, mais cette fois concordants;

- l'absence de toute granitisation précoce et de tout métamorphisme.

Il y a donc une claire polarité dans le bassin andin qui autorise à déterminer la zone interne comme euliminaire et la zone externe comme mioliminaire. Dans le détail, cette polarité est très progressive. Par exemple : chaque phase reprend le domaine affecté par la précédente et gagne un peu plus vers l'extérieur : les déformations de la phase araucane sont seulement très internes ; celles de la phase subhercynienne ou péruvienne affectent la totalité du domaine géoliminaire qui est fortement tectonisé (R. Charrier et J. C. Vicente, 1971; J. C. Vicente, 1971) et, d'ailleurs, émerge définitivement. A chaque occasion, chacun des sous-ensembles de terrains tend à transgresser vers l'extérieur (Est) ; le fait est le plus clair pour le Crétacé supérieur qui peut venir recouvrir directement le socle de l'avant-pays (par exemple, aux deux extrémités, dans le Neuquén au Sud en Argentine et la Norte Grande sur les confins chilo-boliviens). Le phénomène s'accroît avec les déformations tardiliminaires (Paléocène, Eocène supérieur et Miocène supérieur) et postliminaire qui dépasseront les limites du bassin andin vers l'extérieur au point d'annexer à la Cordillère des parties d'avant-pays (cf. *infra*). Autre exemple : les datations radiométriques ont permis de préciser que les granites andins les plus anciens (Jurassique) sont les plus internes (Ouest), tandis que les plus récents se placent successivement plus à l'Est (extérieur). Le phénomène s'accroît avec les dernières granitisations du Crétacé supérieur - Tertiaire dont celle du Miocène supérieur, la plus externe (cf. *infra*), dépasse les limites du bassin andin.

On notera que, par le jeu des phases successives, le bassin andin va se réduisant par l'intérieur (Ouest) ; tandis que la phase du Crétacé moyen-supérieur marque la régression totale et définitive, initiation de la paléogéographie tardiliminaire suivante.

Durant les deux épisodes marins (Lias-Malm inférieur et Tithonique - Crétacé inférieur, la zone interne a valeur de ride volcanogène subsidente (ride euliminaire)<sup>12</sup> tandis que la zone externe correspond à un sillon (sillon mioliminaire) (J. C. Vicente, 1970-1971; J. D. Davidson, 1971). Cette organisation paléogéographique en un « couple géoliminaire » (J. C. Vicente, 1971)

12. Les faciès de calcaires néritiques, à Rudistes et coraux, des intercalations marines décrites au sein des puissantes coulées subaériennes d'andésites et rhyolites, témoignent de la faible profondeur de sédimentation de cette ride en forme d'archipel et de sa subsidence, qu'il s'agisse de la Fm. Arqueros de la Serena (L. Aguirre et al., 1965), du groupe Chanarillo de Copiapo (K. Segerstrom, 1960) ou de la Fm. Quebrada El Way d'Antofagasta (J. Bruggen, 1950).

caractéristique a été reconnue et suivie clairement du 36° au 22° de latitude Sud (fig. 11 A). En effet, par suite de l'obliquité des directions de cette paléogéographie par rapport aux directions géographiques, la quasi totalité de la ride euliminaire disparaît dans le Pacifique entre Iquique et Arica, le sillon externe restant seul représenté.

La zone de transition entre cette ride et ce sillon se caractérise par des spectaculaires variations de faciès :

- biseutage vers l'Est des faciès volcanogènes,
- biseutage vers l'Ouest des faciès marins pélagiques du Tithonique-Néocomien au profit des faciès néritiques, lagunaires et lacustres<sup>12</sup>.

Ces variations en font une zone tectonique privilégiée : c'est en effet à ce niveau que s'effectue la rupture fondamentale et le chevauchement de la ride euliminaire sur le bord interne du sillon mioliminaire (cf. *infra*).

Vers l'arrière venait une zone plus déprimée, esquisse d'une sorte de sillon euliminaire qui s'appuyait sur la dorsale de Concepcion. Rien donc n'annonce vraiment le Pacifique qui, s'il existait déjà comme le laissent prévoir diverses données, devait donc être au-delà<sup>13</sup>. Rien donc de proprement pacifique n'est incorporé à la Cordillère pour ce qui concerne la période Trias-Crétacé moyen : les terrains correspondants se forment dans les limites du craton sud-américain.

En raison de l'obliquité du bassin par rapport aux directions plio-quaternaires de la Cordillère, les éléments « géographiques » de celle-ci comportent des terrains des différentes parties du bassin andin, en fonction de leur situation latitudinale (fig. 5) :

- la Cordillère côtière comporte : au Sud, le socle de la dorsale de Concepcion, jusqu'un peu au-delà de Valparaiso ; les formations les plus internes du bassin andin dans le Norte Chico et au-delà ; le bord interne du sillon externe dans le Norte Grande ;

- la Cordillère principale comporte : à l'extrême Sud, le socle de la dorsale de Concepcion qui se fond dans l'avant-pays patagonien (massif

13. Comme nous l'avons vu, dès le Trias supérieur, les influences marines viennent de l'Ouest, c'est-à-dire du côté Pacifique. Mais ces dépôts s'appuient, à l'arrière, sur le socle de la dorsale de Concepcion : si le Pacifique est déjà individualisé avec ses caractéristiques océaniques, c'est au-delà de la dorsale de Concepcion. Rien donc n'en est connu aujourd'hui dans la Cordillère.

Diverses explications peuvent être données de ce fait qui peut trouver sa place dans le cadre de la théorie de l'expansion océanique et de la tectonique des plaques (en plongeant sous la plaque sud-américaine, la plaque pacifique n'accroît pas celle-ci).

de Nahuel-Huapi); les formations internes du bassin andin jusqu'au parallèle de Santiago; l'éventuelle ride volcanique mioliminaire passant exactement à la crête; les formations externes ensuite; puis le socle de la dorsale Calchaqui enfin qui se fonde dans l'avant-pays.

Cette obliquité, légère il est vrai — les directions paléogéographiques sont pratiquement N-S par rapport à des directions géographiques N10° E — est cependant importante à l'échelle d'un édifice long de près de 2 000 km. Elle est la clé de la compréhension de celui-ci: par exemple, dans le Norte Grande, au Chili, à l'Ouest de la Cordillère volcanique faitière (à l'intérieur donc), les faciès du Mésozoïque des régions de Potrerillos, Chuquicamata sont très semblables à ceux du Neuquen, ces derniers situés à l'Est de la Cordillère volcanique (à l'extérieur donc). *Ce changement de position par rapport à la Cordillère néovolcanique* — en arrière ici, en avant là — est la meilleure preuve, à grande échelle, de l'obliquité paléogéographique par rapport à la géographie plio-quadernaire. Mais dans un cas — Norte Grande — le bassin entier se trouve dans le domaine des granitisations secondaires et tertiaires; dans l'autre — Neuquen — non; ce qui rend compte des différences métallogéniques bien connues et montre que les granitisations andines sont quelque peu indépendantes de la paléogéographie; nous y reviendrons.

Dans le détail, *les deux sous-paléogéographies précédentes*, correspondant aux deux sous-ensembles de terrains distingués, sont différemment obliques par rapport aux directions géographiques actuelles (rappelons que celles-ci sont en gros N10° E): la plus oblique est la sous-paléogéographie 2 (Kimméridgien - Crétacé inférieur), N10° W; la sous-paléogéographie 1 occupe une position moyenne N-S. De la sorte, si dans la partie méridionale les deux sous-ensembles de terrains sont toujours superposés les uns aux autres, avec cependant une tendance à la transgressivité de chacun d'entre eux vers l'extérieur (Est), ils tendent à se séparer quelque peu vers le Nord.

Enfin, bien des détails paléogéographiques manquent qui permettraient d'apprécier plus exactement cette obliquité. Ainsi, nous avons évoqué le fait que la marge externe de la ride volcanique euliminaire, située au faite de la Cordillère dans la région de Las Cuevas entre Santiago et Mendoza, se retrouve à la côte à partir d'Iquique. Dans cette hypothèse, l'essentiel de cette ride, développée dans la région centrale, passerait dans le Pacifique entre Iquique et Arica; dans le Norte Grande, se développeraient donc à la côte les faciès de transition de la ride volcanogène au sillon mioliminaire sédimentaire.

Quoi qu'il en soit du détail, l'impression reste que, *du Sud au Nord, les différents éléments du bassin andin « rentrent » successivement dans la Cordillère*; elle se confirmera avec l'étude du relais nord-argentin.

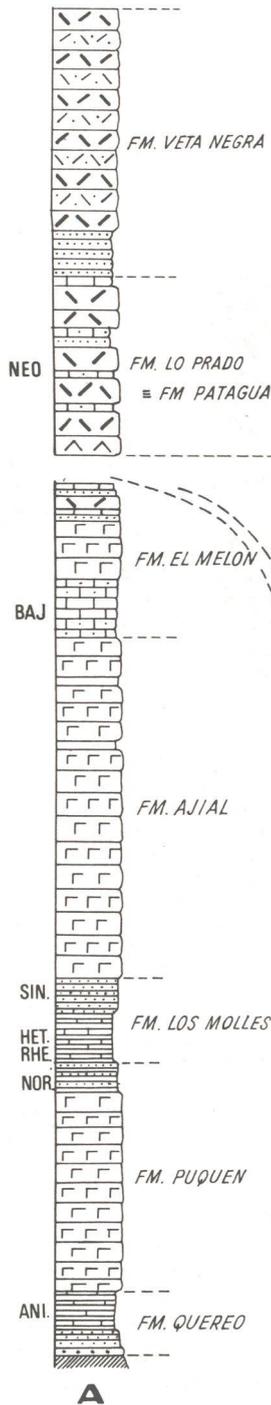
La stratigraphie détaillée des formations mésozoïques de la Cordillère est difficile à rapporter dans son ensemble, eu égard au fait que chaque étude régionale fait appel à un vocabulaire particulier pour les formations décrites. Nul doute qu'un travail d'homogénéisation soit nécessaire pour rendre comparables les différentes séries; cependant, l'idéal qui serait d'utiliser les divisions stratigraphiques classiques, est pour longtemps encore hors d'atteinte étant donné la relative rareté des fossiles ou des études paléontologiques, sauf dans la partie externe du bassin, notamment au Sud (Neuquen). A titre d'exemple, nous allons donner (fig. 6) une série très interne (ride euliminaire) choisie dans la Cordillère côtière au Nord de Santiago; relativement interne (zone de transition?) dans la Haute Cordillère au Sud de Santiago (latitude 35°); externe, dans le sillon du Neuquen à la même latitude (Rio Atuel).

La série de la ride euliminaire comprend :

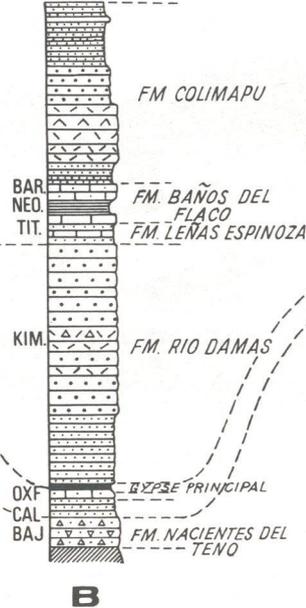
- un Trias supérieur (Fm. Quereo) représenté par 250 m de grès et conglomérats transgressifs et discordants sur le Carbonifère (Fm. Los Vilos); suivis de 400 m d'une séquence péli-to-gréseuse qui passe à de puissantes émissions (2 000 m) de kératephyres quartzifères à la base et de spilites au sommet; et se termine par 300 à 400 m d'une séquence de grès et pélites continentaux lacustres à plantes (Fm. Puquen);
- un Rhétien et Lias (Hettangien-Sinemurien-Pliensbachien) marin à Ammonites, de plus de 800 m. (Fm. Los Molles) de faciès gréseux au sommet, avec des fréquentes figures synsédimentaires (G. Cecioni, 1964, 1968, 1970; J. Canas, 1964) de direction SSW-NNE (ce qui montre que la région émergée à l'arrière du bassin andin se situait à l'emplacement de l'actuel océan Pacifique); au sommet s'intercalent des effusions de kératephyres<sup>14</sup>;
- un Dogger (Aalénien-Bajocien) qui correspond à l'alternance, sur près de 5 000 m (Fm. Ajial + El Melon), de coulées de kératephyres et niveaux de tufs avec des passées marines littorales représentées par des conglomérats, grès, calcaires et marnes (Fm. Nogales et La Ladera);
- un Tithonique-Néocomien, transgressif et discordant directement sur le Dogger ou le Lias, représenté par 1 000-2 000 m d'une séquence de volcanites, tufs andésitiques et rhyolites (Fm. Lo Prado), avec des intercalations marines littorales de conglomérats, grauwackes et calcaires;
- enfin, un Barrémien-Aptien-Albien-Cénomanién (?) (Fm. Veta Negra) correspondant, après une séquence de grès rouges (Fm. Purehue), à une puissante séquence volcanogènes (4 000 m) d'andésites porphyriques et tufs volcaniques (Fm. Ocoa).

14. Cette formation a été comparée à un flysch (G. Cecioni, 1964, 1970). Cependant il semble qu'il s'agisse plutôt de grauwackes, tant du point de vue sédimentologique que géotectonique.

CORDILLÈRE DE LA COTE  
(d'après VICENTE 1971)  
(latitude 33°S)



CORDILLÈRE PRINCIPALE  
VERSANT CHILIEN  
(d'après DAVIDSON 1971)  
(latitude 35°S)



CORDILLÈRE PRINCIPALE  
VERSANT ARGENTIN  
(d'après STIPANICIC 1969)  
(latitude 35°S)

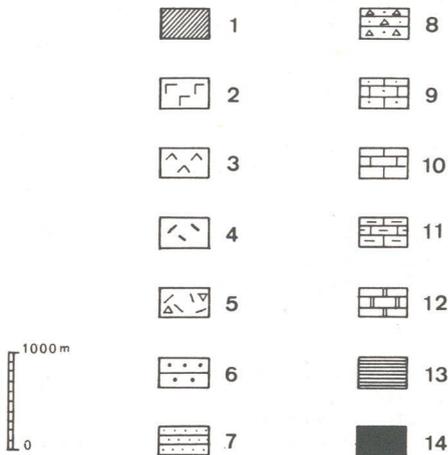


FIGURE 6

Quelques colonnes stratigraphiques caractéristiques du Bassin andin (Trias-supérieur - Crétacé moyen).

6 A-B, faciès internes; 6 C, faciès externes.

1, socle; 2, keratophyes; 3, ignimbrites et rhyolites; 4, andésites porphyriques (ocoïtes); 5, brèches andésitiques; 6, conglomérats; 7, grès; 8, brèches sédimentaires; 9, calcarénites; 10, calcaires purs; 11, marnes; 12, dolomites; 13, pélites; 14, gypses et anhydrites.

Le Tithonique-Néocomien a été détaillé comme dans la terminaison sud du bassin andin, dans le Neuquen méridional.

Ailleurs on regroupe dans une formation Mendoza l'ensemble

Fm. Vaca Muerta + Fm. Quintuco + Fm. Mulichineo + Fm. Agrio.



PHOTO 1. — Dykes andésitiques traversant le substratum préandin (ici granites carbonifères) et alimentant les formations volcano-sédimentaires andésitiques jurassiques (formation La Negra).

Près de Chañaral, province d'Atacama, Chili.

Planche hors-texte, profil B, partie gauche.

La zone de transition se caractérise par :

- un Jurassique (Aalénien à Callovien) de 500 m d'épaisseur, à faciès terrigène de grauwackes volcaniques, grès, conglomérats et brèches (Fm. Nacientes del Teno) transgressif à sa base sur les porphyrites permo-triasiques;
- un Oxfordien de 50 m de calcarénites, grès et pélites tuffacés;
- un Oxfordien supérieur de faciès évaporitiques, gypse et anhydrite (gypse principal);
- un Kimméridgien continental, puissant de 3 000 m, représenté par une séquence basale de grès rouges, puis une série de conglomérats grossiers et brèches volcaniques en alternance avec des coulées andésitiques (Fm. Rio Damas);
- un Tithonique-Néocomien marin de 600 m d'épaisseur, marqué par une corniche inférieure grésocalcarénitique (Tithonique-Berriasien) (Fm. Leñas espinoza), une vire marneuse (Valanginien) et une corniche supérieure de calcarénites (Hauterivien-Barrémien (Fm. Baños del Flaco);
- enfin, un Crétacé moyen (Barrémien-Aptien-Albien-Cénomanién ?) (Fm. Colimapu) d'une série de 1 800 à 2 000 m de grès rouges, brèches et tufs volcaniques, microconglomérats, pélites rouges et calcaires lacustres.

Enfin, la série du sillon mioliminaire possède :

- un Lias puissant de plus de 500 m; transgressif à sa base sur les porphyrites permo-triasiques par une série de conglomérats et grès (Fm. El Freno), il correspond fondamentalement à une série marno-calcaire (Fm. Puesto Araya) qui s'enrichit en grès vers le haut;
- un Bajocien de 250 m de marnes et lutites noires (Fm. El Codo);
- un Callovien de 200 m de grès arkosiques à stratification entrecroisée (Fm. Lotena);
- un Oxfordien de 100 m d'épaisseur de marnes et lutites noires couronnées par un niveau de dolomites gris-bleu (Fm. La Manga);
- un Oxfordien supérieur qui correspond à un premier

- niveau de gypses et anhydrites (Fm. Auquilco);
- un Kimméridgien continental représenté par 200 m de grès et pélites rouges (Fm. Tordillo);
- un Tithonique-Néocomien marin de plus de 800 m d'épaisseur de marno-calcaires noirs bitumineux à Ammonites (Fm. Mendoza) et où le Tithonique et le Valanginien plus calcaires font relief; plus au Sud, sur la terminaison méridionale du bassin de Neuquen, des faciès plus littoraux ont permis des subdivisions (fig. 6C); de bas en haut : Fm. Vaca Muerta, Fm. Quintuco, Fm. Mulichinco, Fm. Agrio;
- un (Barrémien ?)-Aptien-Albien de 600 m de grès, pélites rouges gypsifères, calcaires dolomitiques (Fm. Huitrin) et un second niveau de gypse de 25 m d'épaisseur environ (gypse de transition);
- enfin, du Cénomanién au Coniacien, 1 000 m de grès et pélites rouges continentales (Fm. Diamante).

La description précédente précise l'analyse générale que nous avons faite du bassin andin, notamment sa polarité. Dès maintenant, on comprend que cette chaîne est très différente des chaînes géosynclinales : les ophiolites, les flyschs<sup>15</sup> si caractéristiques de celles-ci manquent ici complètement : et au contraire on ne rencontre pas, dans les chaînes géosynclinales, les puissantes séries andésitiques et les formations de grès rouges qui forment ici l'essentiel de la série. C'est pourquoi — avec d'autres raisons — *il nous paraît légitime de distinguer les chaînes andines des chaînes alpines, les unes liminaires, les autres géosynclinales.* Par contre, l'évolution des unes et

15. A moins de considérer la formation Los Molles comme un flysch (cf. note 14).

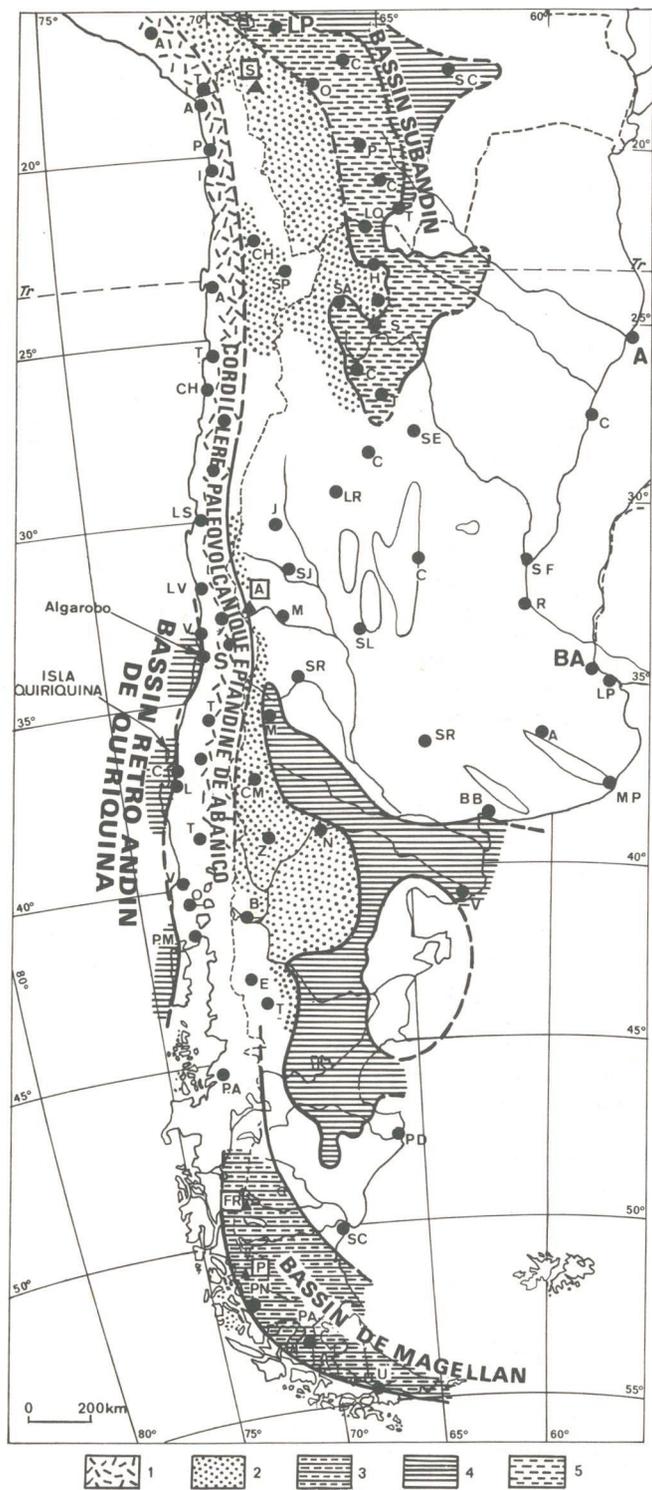


FIGURE 7

**Croquis paléogéographique du Crétacé supérieur.**

1, faciès continentaux volcanogènes; 2, faciès continentaux non volcanogènes (grès rouges); 3, faciès marins terrigènes (flyschs); 4, faciès marins de plate-forme; 5, faciès laguno-marins.

des autres est assez comparable dans leurs chronologies et leurs polarités; en raison de cette similitude, on peut mettre en parallèle : à l'intérieur des chaînes, des zones euliminales et eugéosynclinales; à l'extérieur, des zones mioliminales et miogéosynclinales. *Les mots liminaire et géosynclinale expriment les différences; les préfixes eu- et mio-, les analogies de position et d'évolution.* Nous y reviendrons.

**2) Du Crétacé supérieur au Miocène : les bassins tardi-andins.**

Avec la phase « subhercynienne », se produit un changement décisif : c'est en effet la première phase générale. De la sorte, l'ensemble des séries antérieures procédaient d'une certaine communauté d'histoire par les zones externes du même bassin andin qui se réduisait par l'intérieur. A partir du Crétacé supérieur, il en va autrement et les sédiments se déposent dans des bassins nouveaux indépendants du bassin andin; ils pourront ainsi s'appuyer directement sur le socle de l'avant-pays.

**2 a. Le Crétacé supérieur et le Paléogène : les bassins épiandins et retroandins.**

*α. Le Crétacé supérieur*, discordant sur les séries précédentes, amorce la première paléogéographie tardiliminaire (fig. 7). Il est :

- marin sur le flanc occidental de la Cordillère de la côte où il transgresse directement sur les séries métamorphiques du socle de l'arrière-pays depuis Valparaíso vers le Sud (Fm. Quiriquina), en particulier dans la région d'Arauco-Concepcion; les faciès de grès et conglomérats côtiers prennent le sens d'arrière-fosse molas-

La figure représente l'état des choses au Maestrichtien, moment où coexistent le bassin subandin formé au Crétacé moyen, la Cordillère épiandine de l'Abanico peut-être formée dès le Crétacé moyen, peut-être plus tardive, et le bassin rétro-andin de Quiriquina qui vient de se former au Maestrichtien. Là encore, se pose le problème de l'âge exact de la phase orogénique définie comme post-albienne et anté-maestrichtienne dans le bassin andin (post-Colimapu et anté-Abanico) et de la phase laramienne proprement dite (post-Abanico - anté-Farellones), elle peut donc se placer du Maestrichtien au Paléocène. Ainsi, s'il n'y a pas de doute sur la coexistence du bassin subandin et de la Cordillère de l'Abanico, il est possible que le bassin rétro-andin de Quiriquina succède, dans le temps, à cette Cordillère.

De la même manière, les faciès marins de plate-forme s'avancent sur la Patagonie, jusqu'au pied des Andes, au Maestrichtien supérieur et annoncent les faciès paléogènes. Si le bassin de Magellan est évidemment différent des faciès volcaniques de l'Abanico et des grès rouges du Neuquen, tous deux continentaux, ses liaisons ne sont pas connues d'une part avec les faciès marins de Patagonie, d'autre part avec les faciès marins du bassin rétro-andin; c'est cependant avec ce dernier que ses relations sont les plus probables.

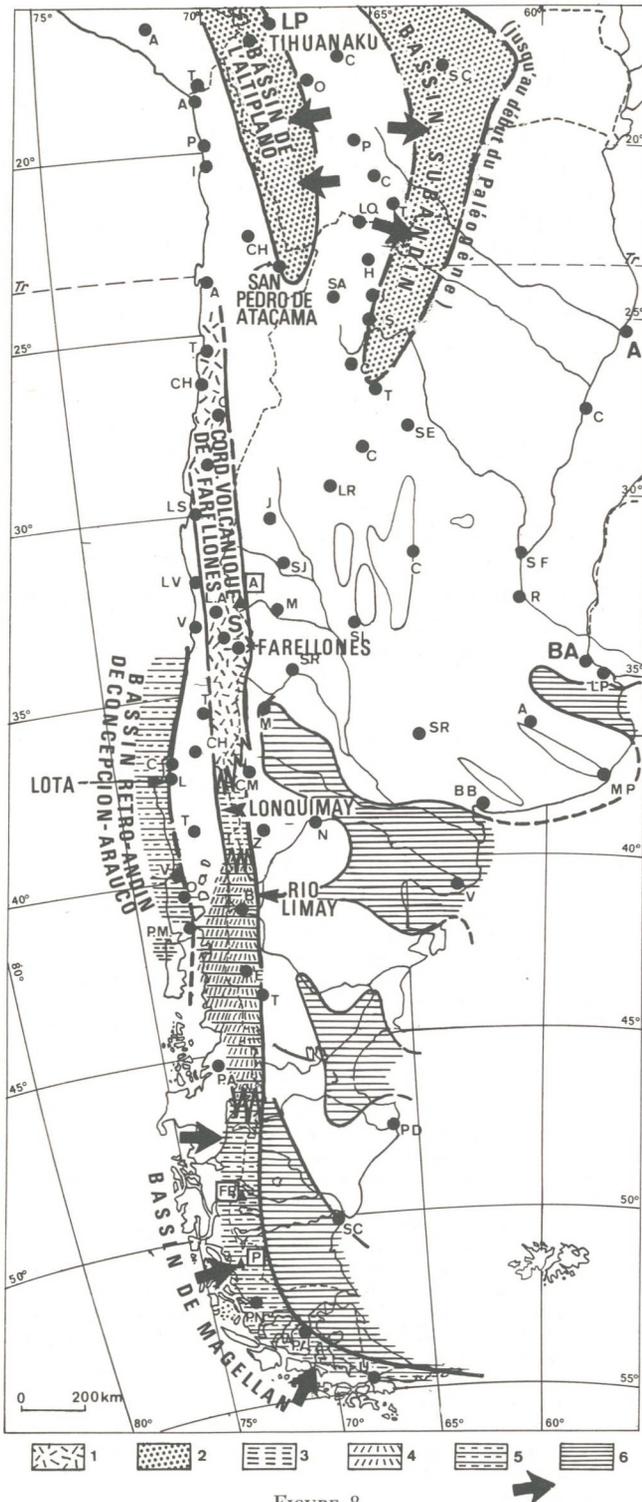


FIGURE 8

**Croquis paléogéographique du Paléogène.**

- 1, faciès continentaux volcanogènes; 2, faciès continentaux non volcanogènes; 3, faciès laguno-lacustres; 4, faciès marins volcanogènes; 5, faciès marins non volcanogènes; 6, faciès marins de plate-forme; 7, sens des apports terrigènes.

sique (J. Doubinger *et al.*, 1972), en position de *bassin rétro-andin* (*bassin de Quiriquina*); il s'agit de Maestrichtien (peut-être de Campanien élevé);

— continental partout ailleurs et présente :

- des faciès volcano-sédimentaires de conglomérats et tufs sur le flanc oriental de la Cordillère de la côte (*Fm. Las Chilcas*);
- des faciès essentiellement volcaniques, puissants (5 000 m), dans l'axe de la Cordillère principale où ils recouvrent en discordance les faciès internes de la paléogéographie antérieure et constituent ainsi une cordillère volcanique (*Fm. Abanico*, dans le sommet de laquelle le maestrichtien a été daté par la découverte d'une faune de reptiles);
- des faciès sédimentaires de conglomérats, grès et pélites rouges, largement développés dans un vaste bassin ou avant-fosse à l'Est de la cordillère néo-volcanique dans toute la région du Neuquen (*Fm. Neuquen*) où il est caractérisé par des restes et empreintes de Dinosaures (« couches à Dinosaures »).

L'ensemble de ces séries est affecté par les déformations de la *phase laramienne* accompagnée d'un important *plutonisme granodioritique*. Conformément à la polarité déjà observée dans le plutonisme lié aux phases antérieures, les granodiorites laramiennes s'avancent plus largement vers l'Est dans la Cordillère principale dans l'axe de laquelle on les rencontre.

β. *Le Paléogène discordant* se dispose suivant une direction N-S, nettement oblique par rapport à la Cordillère (fig. 8).

Dans le Nord de celui-ci et sur l'axe de la Cordillère, on y trouve la *formation Farellones*, puissante série continentale d'andésites et de brèches andésitiques qui, discordante sur les terrains antérieurs, constitue quelques sommets importants tel d'Aconcagua. Vers le Sud, dans la vallée du Lonquimay, apparaissent des schistes bitumineux intercalés de coulées et tufs andésitiques qui admettent des niveaux à faune malacologique lacustre (J. Felsch, 1915). Plus au Sud, les niveaux deviennent marins tout en restant intercalés de puissantes masses andésitiques : c'est alors la « *série andésitique patagonienne* » qui, dès la

La figure représente l'état des choses au cours de l'Eocène alors que coexistent le bassin rétro-andin de Concepcion-Arauco, la Cordillère volcanique de Farellones et le bassin subandin. Il est possible que le bassin de l'Altiplano, qui a été représenté, n'apparaisse en fait qu'à l'Oligocène et représente donc un état postérieur. C'est le problème de la phase orogénique post-éocène anté-oligocène, définie comme phase incaïque au Pérou, et qui paraît générale dans la Cordillère. Mais il est possible également que le bassin de l'Altiplano commence dans l'Eocène.

En l'absence de certitude stratigraphique précise, la figure fait donc la synthèse des unités paléogéographiques du Paléogène sans distinguer ce qui relève de l'Eocène et de l'Oligocène.

région du Rio Limay, près de Bariloche, s'avance directement sur le socle patagonien; de là, elle se poursuit en marge des Andes patagoniennes.

Bien des incertitudes demeurent sur ces parallélismes. Paléontologiques d'abord, eu égard à l'absence de faune dans la formation Farellones, à l'imprécision de celles connues dans les formations du Lonquimay et du Rio Limay (Eocène certain, Oligocène incertain). Paléogéographiques ensuite : les passages de faciès entre les trois types de formation, Farellones continentale, Lonquimay lagunaire, Rio Limay marine, n'ont pas été vraiment étudiés.

Cependant, le schéma probable est celui d'un golfe relativement étroit, parsemé de volcans, allongé N-S, ouvert au Sud sur la mer patagonienne liée à l'Atlantique, dont le fond se situerait au Sud immédiat du Lonquimay, et qui se prolongerait par la gouttière continentale de Farellones. Pour la première fois donc, un élément paléogéographique andin dépendrait, avec certitude, de l'Atlantique.

On notera que ce domaine paléogène, oblique par rapport au bassin andin, est, en gros, de position plus externe que celui-ci. Ce déplacement du bassin sédimentaire vers l'extérieur se confirmera avec le Miocène. Cependant, le domaine de *Farellones* reste, pour l'essentiel, superposé au bassin andin : c'est un bassin épiandin.

Dans leur partie septentrionale, les terrains du bassin de Farellones, déformés par les effets d'une phase orogénique que l'on compare à la phase incaïque définie au Pérou par G. Steinmann (1929), sont traversés par des granodiorites, des diorites quartziques et des dacites; mais les datations radiométriques attribuent ceux-ci au Miocène. Ce fait serait donc lié à la disposition générale des plutons miocènes (cf. *infra*) et non aux conséquences de la phase incaïque.

Enfin, sur la côte Pacifique, à partir de la latitude de Concepcion, se développe vers le Sud un bassin marin de faciès côtiers à nombreuses intercalations de lignites (charbons de Lota). Bien développées dans la péninsule d'Arauco, ces séries se reconnaissent jusqu'à Chiloë (F. Garcia, 1968); ainsi se pose le problème d'une éventuelle connexion de ce bassin qui a sens d'arrière-fosse molassique (*bassin rétro-andin d'Arauco-Concepcion*) avec les séries marines volcanogènes patagoniennes.

## 2 b. Le Miocène : les bassins péri-andin et rétro-andin.

Après les mouvements de la « phase incaïque », le Miocène se sédimente : d'une part, plus à l'extérieur (Est), dans un bassin de direction N 10° E-

S 10° W, parallèle à la Cordillère donc oblique par rapport au bassin épiandin paléogène dont il est nettement séparé au Nord tandis qu'il tend à le recouvrir progressivement vers le Sud (fig. 9) (*bassin péri-andin*); d'autre part, plus à l'intérieur, sur l'arrière-pays (Ouest) où il est marin et constitue une arrière-fosse molassique (*bassin rétro-andin*).

α. Pour le bassin externe *péri-andin*, une même opposition de faciès se manifeste entre le Nord aux faciès continentaux et le Sud aux faciès marins qui annoncent ceux de la Patagonie.

*Au Nord* — provinces de La Rioja, San Juan, Mendoza — il s'agit d'une formation de grès et pélites rouges à la base, d'un grain assez fin, qui s'enrichissent vers le haut en conglomérats pouvant atteindre de grandes épaisseurs et faisant la transition avec le Pliocène (formation Mogotes de la province de Mendoza, par exemple). Le tout, pauvre en intercalations volcaniques, est une molasse caractéristique, synchrone de mouvements orogéniques importants : la base de ces formations est généralement affectée d'accidents tectoniques — failles inverses, chevauchements de socle — tandis que le sommet est beaucoup moins tectonisé, voire horizontal. En fait, il y a une différence assez caractéristique entre le bord interne du bassin et le bord externe (Est) encore affecté de plis sans doute au début du Pliocène (plis de la région de Mendoza par exemple) : les mêmes formations du Miocène supérieur, horizontales ici, sont plissées là, ce qui est l'ultime manifestation de la polarité orogénique de la Cordillère.

*Au centre* — Sud de la province de Mendoza, Nord du Neuquen et régions correspondantes de la Haute Cordillère au Chili — il s'agit de séries volcaniques riches en tufs et coulées andésito-basaltiques dont la formation Cola de Zorro est le type (O. Gonzalez et M. Vergara, 1962). La même polarité s'y observe : horizontales dans l'axe de la Cordillère, elles sont déformées à l'Est dans le piedmont andin.

*Au Sud* — Sud du Neuquen, Rio Negro — ce sont des formations de marnes et grès verts fossilifères, intercalées de tufs et coulées andésito-basaltiques qui s'appuient directement sur le socle de l'avant-pays patagonien. C'est déjà la « formation patagonienne » affectée de failles inverses et de plis marqués au pied même de la Cordillère, passant à son sommet et vers l'extérieur à des séries qui s'avanceront horizontalement sur la Patagonie où elles demeurent marines, montrant ainsi leur dépendance de l'Atlantique.

Bien des incertitudes demeurent dans la mesure où, à la faveur d'études locales fondées sur des

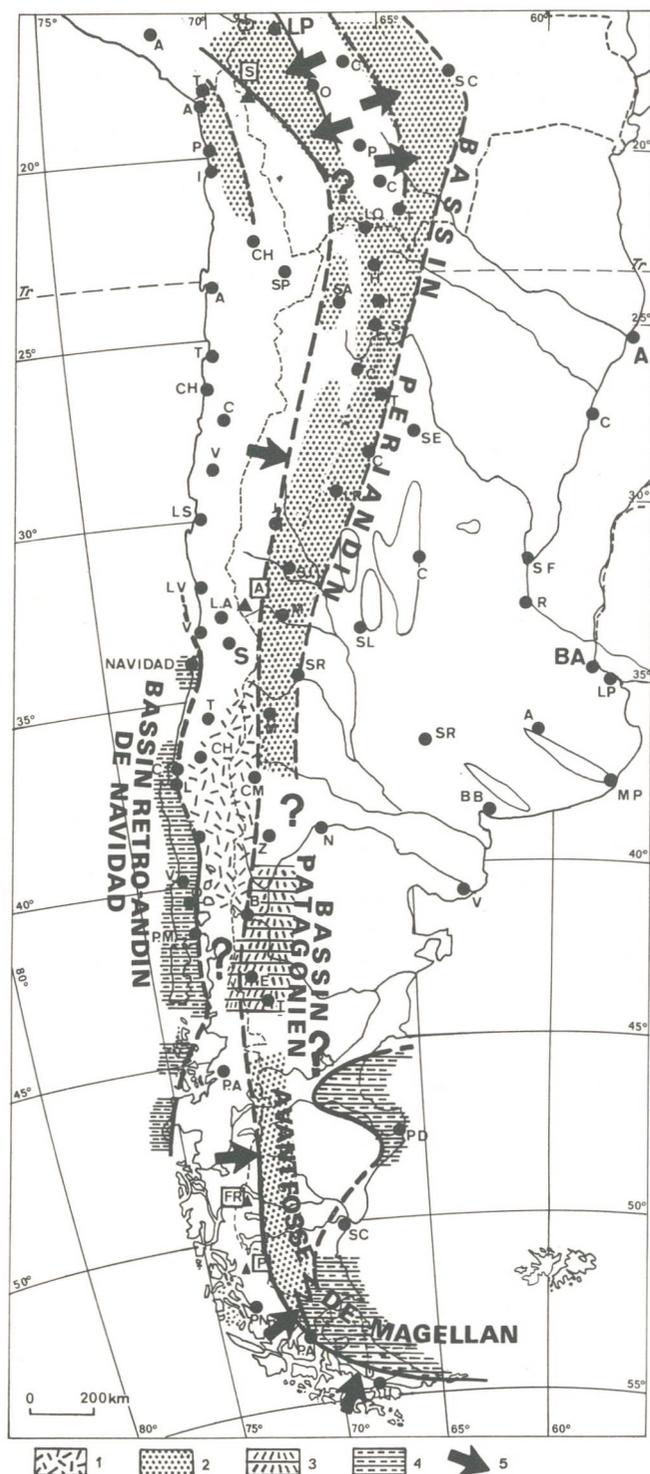


FIGURE 9

**Croquis paléogéographique du Miocène.**

- 1, faciès continentaux volcanogènes; 2, faciès continentaux non volcanogènes (ou peu); 3, faciès marins volcanogènes; 4, faciès marins non volcanogènes; 5, sens des apports terrigènes.

échelles stratigraphiques chaque fois particulières, les passages de faciès n'ont pas été vraiment décrits. Une autre difficulté est dans l'imprécision, ici comme ailleurs, de la limite Miocène-Pliocène; d'autant plus que le critère structural est d'un emploi délicat en fonction de la polarité orogénique : telle formation horizontale dans la Cordillère — à l'intérieur — peut être plissée au pied de celle-ci — à l'extérieur —.

On notera que ce Miocène s'avance largement sur ce qui fut, jusqu'alors l'avant-pays andin : ses limites dessinent ainsi les contours d'un bassin périandine dont la plus grande partie va se trouver incorporée à la Cordillère par les mouvements fini-miocènes et plio-quadernaires.

β. Le bassin interne, rétro-andin (dit de Navidad), se caractérise par des dépôts peu puissants (100-500 m) de tufs, conglomérats et pélites, développés sur le socle côtier depuis la région de Santiago (Fm. Navidad) vers le Sud, dans les régions de Concepcion-Arauco (Fm. Ranquil), Temuco (Fm. Pilmahue et Hueyusca), Osorno (Fm. Huilma et Cheuqueno) et jusqu'à Chiloë au moins.

Cantonnés au secteur côtier du Nord, les affleurements mordent largement vers l'Est à partir de Temuco où ces séries se retrouvent sur le flanc oriental de la chaîne côtière et sous la vallée centrale (en sondage), soulignant ainsi l'obliquité de disposition de ce bassin par rapport aux éléments de la géographie actuelle. Les études récentes du précontinent, menées à des fins de prospection pétrolière, ont montré le grand développement de ces séries au large immédiat de la côte chilienne (comm. orale Mordojovich) contribuant ainsi à situer l'axe de ce bassin, à signification d'arrière-fosse molassique, au large par rapport au tracé de la côte actuelle.

γ. Vers la fin du Miocène, à la suite d'une importante phase orogénique, comparable à la « phase Quechua » définies par G. Steinmann (1929) au Pérou<sup>16</sup>, se mettent en place des stocks de diorites quartziques, de type supracrustal (certains passent à des dacites). Ce sont les plus ex-

16. En fait, cette phase est peut-être située dans le Pliocène inférieur, voire à la limite de celui-ci et du Pliocène moyen plutôt qu'à la limite Miocène-Pliocène comme on l'admet traditionnellement.

Le passage des faciès continentaux du Miocène périandine septentrional aux faciès marins du bassin patagonien et de l'avant-fosse de Magellan est mal connu. De la même manière, la possible, voire probable, relation entre les formations du bassin rétro-andin de Navidad et ceux de Magellan est encore l'objet d'hypothèses.

ternes (Est) connus dans les Andes. Ils s'associent à des émissions *ignimbritiques* qui, pour l'essentiel, leur sont postérieures et nappent la haute surface d'érosion des Andes servant de substratum au volcanisme central plio-quadernaire. Ces plateaux ignimbritiques sont caractéristiques du Nord chilien et du Nord argentin; ils se retrouvent plus au Sud avec une importance mineure (J.D. Davidson, 1971).

Le Miocène s'est achevé par l'élaboration d'une haute surface d'érosion dont subsistent d'importantes parties en altitude, soit libres de tout dépôt comme dans le secteur transversal Santiago-Mendoza (un large fragment en est conservé dans la Cordillère frontale à l'Ouest d'Uspallata), soit recouvertes de nappes alluviales comme dans le Nord du Chili et de l'Argentine : du côté chilien ce sont les vastes surfaces de cailloutis qui plongent sous la Pampa de Tamarugal, du côté argentin la haute surface de la Puna. Au Nord, dans la zone frontière entre Chili, Argentine et Bolivie, cette surface se couvre, au-dessus des cailloutis, de vastes nappes d'ignimbrites qui servent de substratum au volcanisme central plio-quadernaire; au Sud, entre Chili et Argentine, elle supporte les plateaux basaltiques plio-quadernaires.

Cette évolution morphologique est postérieure aux séries miocènes du bassin périandin et à leur tectonisation : elle se place à la limite Miocène-Pliocène, en situation de ce qu'en Europe méridionale on appelle Pontien, ou même dans le Pliocène inférieur ; les datations radiométriques des ignimbrites se concentrent entre 11 millions et 7 millions d'années, confirmant cette impression.

### 2 c. Conclusion.

*Il y a donc trois séries successives de bassins tardi-andins.*

Chaque fois, le même dispositif se réalise (fig. 7, 8, 9) :

— un bassin marin non (ou peu) volcanogène en bordure ouest de la Cordillère côtière, à signification d'arrière-fosse : tels sont les *bassins rétro-andins* de Quiriquina (Crétacé supérieur), Concepcion-Arauco (Paléogène), Navidad (Miocène) dont les dépôts se superposent les uns aux autres. D'une certaine manière, comme ils bordent la dorsale de Concepcion par l'Ouest, on peut considérer qu'ils sont en liaison directe avec le Pacifique;

— un bassin continental soit dans la Cordillère et à signification d'intra-fosse molassique, soit à la périphérie est de la Cordillère et à signification d'avant-fosse molassique. Tels sont : dans la première catégorie, les *bassins épiandins* de l'Abanico (Crétacé supérieur) et de Farellones (Paléogène)

qui avaient l'allure de Cordillères volcaniques; dans la seconde catégorie, le *bassin périandin* miocène.

On notera que, si les bassins rétro-andins sont sensiblement de même position, les bassins épiandins puis tardiandins sont en position de plus en plus externe au cours du temps. C'est ainsi le bassin miocène périandin qui fixe les limites ultimes de la Cordillère vers l'avant-pays. Ce fait témoigne de la polarité tardiliminaire de la Cordillère.

### 3) Du Pliocène au Quadernaire : les fossés néo-andins (fig. 10).

Avec le Pliocène — peut-être le Pliocène moyen seulement — *la Cordillère va prendre son aspect actuel*. Par une puissante tectonique de faille en extension, encore vivante de nos jours, vont s'individualiser les différentes chaînes telles qu'elles apparaissent actuellement selon une direction N 10° E - S 10° W : Cordillère côtière, Cordillère principale, Cordillère frontale, Précordillère, Sierras Pampeanas.

Entre, et de part et d'autre, vont se placer des *fossés* souvent étroits et parfois fortement subsidents. Le plus caractéristique est la vallée centrale interrompue au niveau du Norte Chico, remplie de puissantes séries conglomératiques continentales. Si le remplissage n'est pas achevé encore dans la vallée centrale méridionale, il paraît s'être terminé avec un équivalent du Villafranchien dans la Pampa del Tamarugal : à partir de ce moment, les fleuves côtiers se sont déversés dans le Pacifique, par débordement selon des exutoires, restés perchés, comme ceux du rio Loa et du rio Tiliviche, puis se sont enfoncés sur place, en cluses épigéniques, à la faveur du soulèvement général de la région (rio Elqui, par exemple).

Le plus significatif est l'effondrement côtier, car, si partout ailleurs le Plio-Quadernaire est continental, là en bordure du Pacifique, il est marin (formation de Coquimbo, « trottoir » pliocène du Nord, site des principales villes au pied des falaises de failles de la Cordillère côtière). Les limites de la Cordillère étaient donc définies dès le Pliocène; notamment la Cordillère côtière séparait déjà la vallée centrale. Cela conduit ainsi à vieillir la surrection de la Cordillère dans sa forme actuelle, que l'on croyait, jusqu'à récemment, seulement quadernaire (R. Paskoff, 1963).

Un *volcanisme* à prédominance andésito-balistique (calco-alcalin) accompagne ces événements : les volcans Osorno, Villarica, Lanin etc. sont célèbres. On notera cependant que cette couverture volcanique n'est pas constante : il y a des tronçons de la Cordillère volcaniques et d'autres

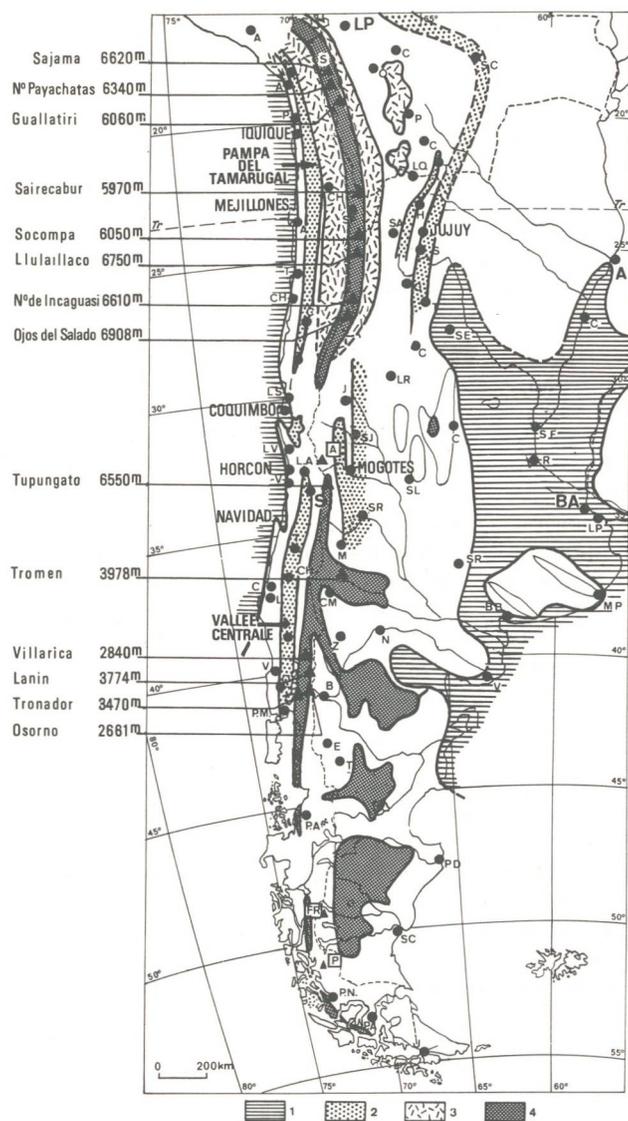


FIGURE 10

**Croquis paléogéographique du Pliocène.**

1, faciès marins; 2, faciès continentaux (ceux-ci n'ont été esquissés que là où ils sont les plus abondants); 3, extension des ignimbrites; 4, extension des basaltes.

Quelques-uns des principaux volcans ont été situés.

non. Globalement, la répartition du volcanisme suit la vallée centrale : il y a des centres éruptifs quaternaires au Nord et au Sud; il n'y a pas de volcan, au niveau du Norte Chico, qui interrompt la vallée longitudinale; c'est d'ailleurs le secteur le plus élevé structurellement de la Cordillère qui en montre le substratum à très haute altitude (Trias du Mercedario à 6 750 m, Paléogène de l'Aconcagua à 7 040 m).

Comme nous l'avons déjà dit, ce découpage N 10° E, est oblique par rapport aux directions paléogéographiques antérieures; ce qui revient à dire, inversement, que les directions paléogéographiques sont obliques par rapport aux directions géographiques actuelles. L'exemple le plus clair en est précisément donné par la position de la Cordillère volcanique faitière : au Sud du secteur Santiago-Mendoza, cette Cordillère volcanique est à l'arrière (Ouest) de la partie externe du bassin andin (Neuquen); au Nord, elle est en avant (Est) (Norte Grande). Ce qui s'exprime en disant que la Cordillère volcanique recoupe le bassin andin ou que celui-ci est oblique par rapport à la Cordillère volcanique...

La morphologie évolue en fonction de ces événements. Au Pliocène, tandis que se remplissent les fossés, se développe sur les parties surélevées un réseau hydrographique annonciateur de l'actuel, souvent lié à des glaciers remarquables emboîtés dans la surface fini-miocène. C'est alors la vallée longitudinale qui, au Chili, joue le rôle de « niveau de base »; de même sur les hauts plateaux d'altitude — Puna —, s'installent des systèmes endoréiques précurseurs des actuels (Salares, Bolsones, etc.). Au Quaternaire, les reliefs se couvrent de glaciers qui modèlent les hauts sommets et les hautes vallées, tandis que, plus bas, se forment de remarquables systèmes de terrasses se raccordant plus ou moins aux glaciers de piedmont des zones désertiques qui, en bord du Pacifique, sont recoupés par la transgression marine post-glaciaire (côte qui va de Taltal à Antofagasta par exemple). La limite des influences glaciaires s'abaisse vers le Sud : à partir du 40° parallèle, on entre dans le domaine de la calotte patagonienne dont les glaces descendaient jusqu'au niveau de la mers; c'est le pays des lacs, au Chili comme en Argentine; San Carlos de Bariloche, au bord du lac Nnhuel Huapi, est le symbole de cette « Suisse australe ».

b) *Tectonique* (Planche hors-texte).

*Eu égard aux tectoniques superposées, liées à chacune des paléogéographies évoquées précédemment, nous décrirons la tectonique de la Cordillère selon la méthode rétrotectonique, en remontant le temps.*

1) La tectonique la plus récente, plio-quaternaire, est la plus apparente (fig. 11E) : *tectonique de faille en extension*, elle découpe, comme nous venons de le voir, la Cordillère, en panneaux soulevés qui sont les massifs actuels, Cordillère côtière, principale, frontale, Précordillère, Sierras

ESQUISSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE ET STRUCTURALE DES ANDES MÉRIDIONALES

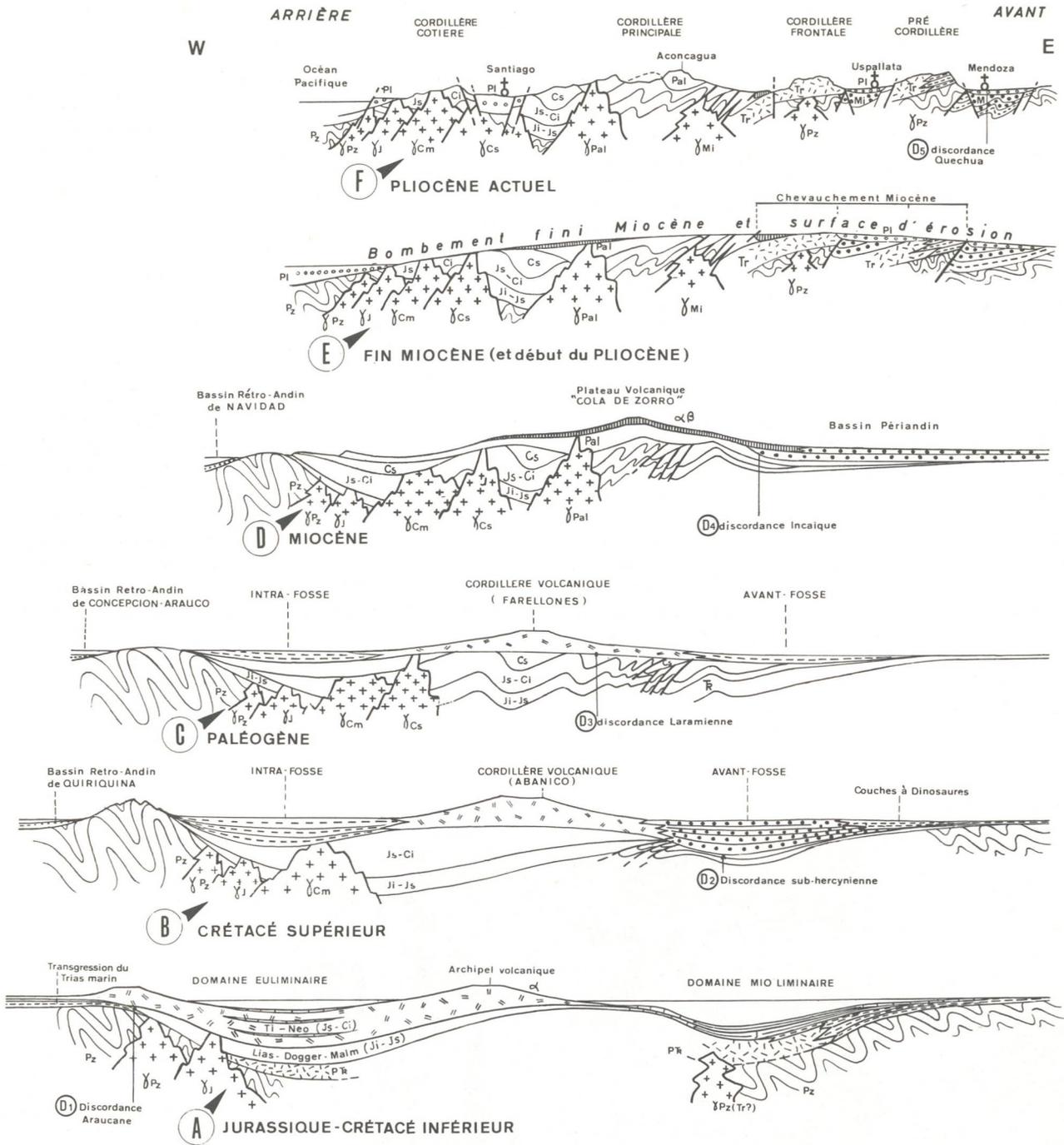


FIGURE 11

Schéma de l'évolution paléogéographique et structurale des Andes méridionales.

γ, granites; γ<sub>Pz</sub>, granites paléozoïques (Carbonifère dans la Cordillère côtière; permo-triasique dans la Cordillère frontale); γ<sub>J</sub>, granites jurassiques; γ<sub>Cm</sub>, granites crétacés moyens; γ<sub>CS</sub>, granites crétacés supérieurs (laramiens); γ<sub>Pal</sub>, granites paléogènes; γ<sub>Mi</sub>, granites miocènes.  
 Ci, Crétacé inférieur; Cs, Crétacé supérieur; Eo, Eocène; Ji, Jurassique inférieur (Lias); Jm, Jurassique moyen (Dogger); Js, Jurassique supérieur (Malm); Mi, Miocène; Pal, Paléogène; Pz, Paléozoïque; Pl, Pliocène; Tr, Trias.  
 La figure, très schématique, souligne la polarité de la Cordillère qui définit son côté ouest, pacifique, comme interne et son côté est, argentin, comme externe. On remarquera notamment la précocité des phases orogéniques dans les zones internes et le classement des granites dans l'espace et dans le temps de l'intérieur (Ouest) à l'extérieur (Est).

Pampeanas. Bien d'autres détails, de moindre échelle, lui sont dus.

Il s'agit toujours de failles directes (normales) dont les rejets verticaux sont parfois considérables (plusieurs kilomètres). On leur a souvent attribué des rejets horizontaux latéraux (strike slip movement ou coulissage) par analogie avec les failles californiennes, ou dans un but interprétatif déterminé (à une certaine époque, « rotation dextre du Pacifique; aujourd'hui, mouvements différentiels des plaques pacifique et sud-américaine); tel fut le cas de la célèbre faille d'Atacama. Mais aucun fait de terrain n'est venu confirmer — ni d'ailleurs infirmer — ces coulissages qui restent une hypothèse (W.J. Arabasz et C.R. Allen, 1970).

Longitudinalement, l'importance de cette tectonique n'est pas constante. Sur le versant argentin, c'est dans le secteur central, entre Santiago et Mendoza qu'elle est la plus nette; la Précordillère y prend toute son expression: le socle hercynien atteint 3 000-4 000 m tandis que le Plio-Quaternaire s'accumule sur plusieurs milliers de mètres dans le fossé de Mendoza, en bordure de l'avant-pays. Plus au Nord, vers les Sierras Pampeanas, et plus au Sud, vers le Neuquen, elle est moins marquée. Sur le versant chilien, c'est l'inverse qui s'observe: la vallée longitudinale s'interrompt au niveau du Norte Chico. Le bilan des deux versants montre que *le secteur central, entre Santiago et Mendoza, est une surélévation axiale de*

*la Cordillère marquée dans la tectonique plio-quaternaire.*

2) *Un important épisode de tectonique en compression se situe à la fin du Miocène (fig. 11D), immédiatement avant le faillage plio-quaternaire*<sup>17</sup>: on lui doit des structures bien marquées sur le bord externe de la Cordillère *sensu lato*: de l'extérieur (Est) vers l'intérieur (Ouest):

— plis au contact même de l'avant-pays, d'âge très récent (peut-être Pliocène inférieur): plis dans la formation Mogotes de la région de Mendoza, dans la formation patagonienne de la région de Bariloche etc.;

— failles inverses, chevauchant d'Ouest en Est — de l'intérieur vers l'extérieur — dans la partie externe de la Cordillère, Précordillère et Cordillère frontale; par exemple: failles inverses de la Sierra de Zonda, de la Sierra de Pedernal *au pied de la Précordillère* dans la province de San Juan; failles inverses qui limitent la Cordillère frontale par rapport au bassin d'Uspallata-Calingasta dans la province de Mendoza. *La Précordillère et la Cordillère frontale ne sont donc pas seulement marquées dans la tectonique plio-qu-*

17. C'est l'équivalent de la « phase quechua » défini par G. Steinmann au Pérou (1929). Elle se place peut-être, en fait, entre le Pliocène inférieur et le Pliocène moyen (cf. note 16, p. 34).

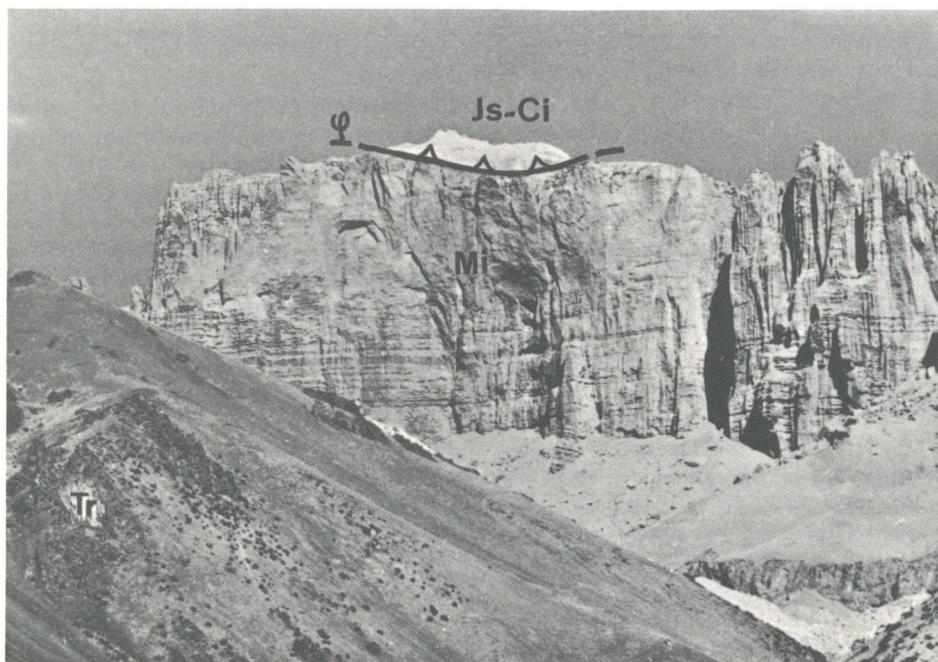


PHOTO 2. — Chevauchement tardif fini-miocène du Jurassique supérieur - Crétacé inférieur à faciès externe sur la formation miocène Cola de Zorro.

Cerro Almacenes, entre Punta de Vacca et Polvaredas, province de Mendoza, Argentine (le Nord est à droite, le Sud à gauche: le chevauchement s'observe sensiblement de front).

Js-Ci, Jurassique supérieur-Crétacé inférieur; Mi, Miocène; Tr, Trias.

Planche hors-texte, profil C, milieu.

ternaire : ce sont aussi des « plis de fond » fini-miocènes ;

— plis amples des volcanites oligo-miocènes (Cola de Zorro) dans la Cordillère principale ;

— plis de l'arrière fosse miocène (bassin de Navidad) comme les études *offshore* de la plate-forme chilienne viennent de le mettre en évidence (Mordojovic com. or.).

La distinction des failles inverses de la fin du Miocène et des failles directes plio-quadernaires est souvent délicate. Mais dans certains secteurs privilégiés comme celui d'Uspallata, on peut voir que les unes recoupent les autres (fig. 11 E, F) <sup>18</sup>.

Les plis de fond fini-miocènes sont d'ailleurs généraux : au Sud, dans le Neuquen, ce sont eux qui font jaillir d'en-dessous la couverture secondaire de lourds anticlinaux faillés de Paléozoïque ou de porphyrites triasiques qui apparaissent comme autant de petites « Cordillères frontales » (Cordillera del Viento, Cerro Yannincolo, etc.) ; au Nord, les plis de fond des Sierras Pampeanas qui sont autant d'anticlinaux de grande dimension, appartiennent probablement à la même catégorie. Pour finir, on leur doit sans doute les déformations du massif de Cordoba, en plein avant-pays (ce sont sans doute les mouvements compressifs les plus récents, intrapliocènes probablement).

Enfin, des *rejeux de couverture* ont pu se produire à cette occasion : ainsi le Tithonique du bord externe du bassin andin chevauche-t-il le Miocène du Cerro Penitentes, sur la transversale Santiago-Mendoza (J.C. Vicente ; fig. 10 E ; Pl. h.-t. D ; Ph. 2).

L'ensemble de ces mouvements paraît s'achever en un *bombement général de la Cordillère* aussitôt entamé par une haute surface d'érosion mio-pliocène qui dessine la forme de ce bombement lui-même : elle est inclinée vers l'Ouest — vers le Pacifique — du côté du Chili, vers l'Est —

18. La reprise des failles inverses du Miocène par les failles directes du Pliocène et du Quadernaire est une des raisons de la difficulté d'analyse de la tectonique andine, pourtant relativement simple à bien des égards. En effet, soit une faille inverse recoupée par une faille directe ; suivant la position de la surface topographique actuelle, on voit à l'affleurement soit la faille inverse (dans ce cas, l'intersection des deux failles est au-dessus de la surface topographique), soit la faille directe (dans ce cas, l'intersection des deux failles est au-dessous de la surface topographique). Bien entendu, il est à peu près inévitable qu'axialement on passe d'une position à l'autre ; on peut alors retirer l'impression qu'une même faille d'inverse devient directe, et vice-versa. De multiples exemples existent dans la Cordillère des Andes ; de particulièrement clairs se trouvent à la limite occidentale du bassin d'Uspallata. De toute façon, il est indispensable, lorsque l'on parle de failles, de dire s'il s'agit d'une faille inverse ou d'une faille directe afin de permettre plus avant l'analyse tectonique.

vers l'avant-pays — du côté de l'Argentine <sup>19</sup>. Ce bombement général paraît être le phénomène qui a donné à la Cordillère sa forme de bourrelet en relief à l'Ouest du continent sud-américain, avant le faillage plio-quadernaire qui découpera les diverses chaînes par le jeu de ce qui apparaît ainsi comme des *effondrements plio-quadernaires* à partir d'un relief déjà constitué (J.C. Vicente, 1971).

Les déformations fini-miocènes sont donc très importantes. On sait d'ailleurs qu'elles s'accompagnent d'un important plutonisme sub-à hypovolcanique (microgranodiorites, microdiorites et dacites), le plus externe dans la Cordillère. On retiendra que c'est une phase de compression au niveau du socle dont les effets ont largement dépassé les limites du bassin andin vers l'extérieur, vers l'avant-pays dont de larges parties ont ainsi été incorporées à la Cordillère, avant d'être modelées définitivement par le faillage plio-quadernaire.

3) Les formations paléogènes sont déformées par des plis marqués <sup>20</sup> (fig. 11 D), seules structures plicatives qui les affectent au Nord (Aconcagua et au-delà) tandis qu'au Sud s'y superposent les plis et chevauchements fini-miocènes (Bariloche par exemple) ; cette différence paraît correspondre à la superposition des bassins paléogènes et miocènes au Sud tandis qu'ils restent distincts au Nord (cf. *supra*).

On pourrait donc se demander si ces plissements ne sont pas, eux aussi, fini-miocènes, encore que le style en soit différent. Mais si, comme nous venons de le voir au pied de l'Aconcagua, le Tithonique décollé du bord du bassin andin peut chevaucher le Miocène, celui-ci transgresse sur la tranche des terrains anté-tithoniques, porphyrites triasiques comprises : le Miocène est donc postérieur à la déformation générale de ces terrains et le chevauchement du Tithonique n'est dû qu'à un décollement de couverture bénéficiant de « facilités pré-tectoniques » liées à la morphologie (la surface du Miocène devait s'appuyer contre

19. L'inclinaison actuelle de la surface mio-pliocène n'est évidemment pas suffisante en soi dans la mesure où cette surface a été déformée par des mouvements postérieurs. Mais, en fait, comme nous l'avons dit, on y peut reconnaître çà et là la disposition du réseau hydrographique. Par exemple, dans le Norte Grande du Chili, il est clair que le réseau hydrographique « pontien » se dirigerait vers l'Ouest, vers le Pacifique comme en témoigne sa forme et ses ramifications. C'est en ceci que nous disons que la surface morphologique mio-pliocène est inclinée vers le Pacifique déterminant donc, par cette inclinaison et l'inclinaison complémentaire vers l'Est sur le versant argentin, la position de la Cordillère.

20. Qu'on peut rapporter à la phase incaïque définie par G. Steinmann au Pérou (1929).

le Tithonique : c'est sans doute là un exemple de morphotectonique — J.C. Vicente 1971).

Les ploiements des séries paléogènes sont donc dus à une phase située entre la fin de l'Eocène et le début de l'Oligocène, bref *plus ou moins équivalente de la phase incaïque décrite au Pérou*, comme l'indique la discordance de la formation volcanique Cola de Zorro (Miocène) sur les schistes bitumeux du Lonquimay (Eocène) ou la discordance de la Fm. Ranquil sur l'Eocène dans la région d'Arauco.

On remarquera que les effets en sont limités aux parties relativement internes de la Cordillère, au contraire des accidents miocènes plus marqués dans la partie externe (compte non tenu du bombement général de la Cordillère — cf., *supra*). Cette distinction, nette au Nord, est moins claire au Sud où les deux familles de mouvements se superposent en position alors externe (cf. fig. 8 et 9).

4) *La phase laramienne* a affecté fortement l'ensemble des séries secondaires du bassin andin (fig. 11 C).

Ses effets se mesurent clairement dans les structures du Sénonien fossilisées par la discordance du Paléocène.

Au niveau de la Cordillère côtière et du flanc occidental de la Cordillère principale, c'est-à-dire des *zones internes*, il s'agit de *plissements à grand*

*rayon de courbure*; sans doute faut-il voir dans la lourdeur de ce style tectonique l'influence de la puissance des séries et de leur nature volcanique qui se prête peu à des accidents disharmoniques de faible rayon.

Dans le secteur axial de la Cordillère principale, c'est-à-dire, dans la zone de transition aux *zones externes*, là où la série volcanogène Abanico est directement discordante sur les séries sédimentaires externes, la tectonique s'accuse brusquement : plis serrés déversés vers l'Est, chevauchements locaux et montées diapiriques des gypses oxfordiens au niveau des ruptures anticlinales et rejeux des accidents dus à la phase « subhercynienne » (cf. *infra*).

Enfin, les *séries externes*, libres de couverture volcanogène discordante, ont réagi en se pinçant fortement au niveau des synclinaux en un style caractéristique tandis que la série s'écaillait au niveau des anticlinaux.

Cette phase a classiquement été considérée comme la phase principale des Andes méridionales. Pour être la plus visible, il n'en est pas moins clair qu'elle reprend essentiellement les structures subhercyniennes qu'elle accuse au niveau des zones préparées par l'évolution morphologique au cours du Crétacé supérieur comme le montrent les travaux récents (J.C. Vicente, 1970, 1971; J.D. Davidson, 1971).

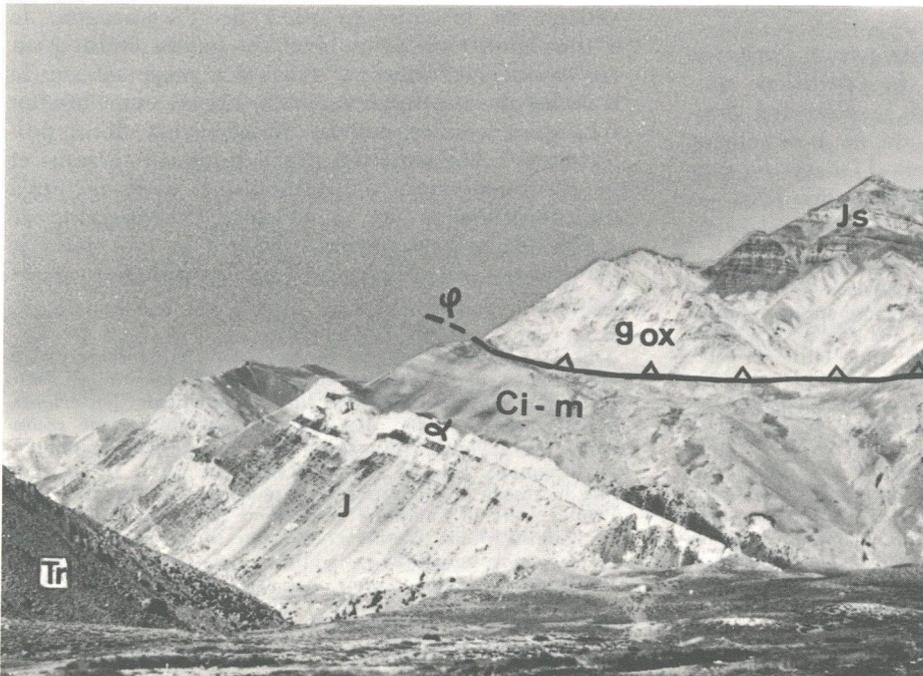


PHOTO 3. — Chevauchement frontal des formations internes du bassin andin sur les formations externes : le Crétacé inférieur et moyen externe (Ci-m) est sous le contact que marquent les gypses oxfordiens (g-ox). On notera le sill d'andésites miocènes ( $\alpha$ ) intercalées sensiblement à la limite Jurassique-Crétacé.

$\alpha$ , andésites miocènes; Ci-m, Crétacé inférieur-moyen; g-ox, gypses oxfordiens; J, Jurassique; Js, Jurassique supérieur; Tr, Trias (porphyrites).

Entre Puente del Inca et Punta de Vacca, province de Mendoza, Argentine (l'Ouest est à droite, l'Est à gauche).

Planche hors-texte, profil C, milieu. En fait, le profil passe un peu au Sud du cliché.

5) La phase méso- à supra-crétacé, dite *subhercynienne*, outre le changement paléogéographique fondamental qu'elle signifie dans l'évolution andine (cf. infra) représente la première phase qui affecte l'ensemble du bassin andin en sorte que la série sénonienne est systématiquement discordante sur les séries antérieures (fig. 11 B). Cette situation rend d'ailleurs difficile l'observation des structures subhercyniennes que les études récentes entre les 30° et 35° de latitude Sud ont mis en évidence.

L'accident le plus important au niveau de la transversale Santiago-Mendoza, la plus étudiée, est le *chevauchement vers l'Est du bord externe de la ride euliminaire sur les séries du flanc occidental du sillon mioliminaire*.

Cet accident s'est traduit par un décollement de la couverture du sillon au niveau des gypses oxfordiens, son intense écaillage et des accumulations tectoniques de gypse au front du chevauchement. Il pourrait s'agir d'un accident très important : à ce niveau en effet, les zones externes se réduisent considérablement et la tentation est grande de penser qu'elles passent en « tunnel » sous ce chevauchement pour s'épanouir au Sud (Neuquen) comme au Nord (Chuquicamata). A cette latitude, les séries volcanogènes affrontent en effet directement les séries néritiques du bord externe du sillon mioliminaire sans que l'on ait trace des séries plus internes. Cependant, bien que l'intensité de la tectonique décroisse effectivement vers le Sud et vers le Nord, il n'est toutefois pas possible d'écarter un rétrécissement d'ordre paléogéographique; des travaux en cours devraient permettre de régler la question.

Ce « chevauchement majeur andin » n'est pas limité au seul secteur de l'Aconcagua; il se poursuit tout au long de la Cordillère du 22° au 35° de latitude Sud. Il s'agit apparemment d'une suite de chevauchements qui se relaient, chacun d'eux s'enracinant axialement, mais qui jalonnent systématiquement la zone de transition entre faciès volcanogènes internes et faciès sédimentaires externes. Bref, son contrôle paléogéographique souligne qu'il correspond fondamentalement à une rupture majeure au niveau du socle (J.C. Vicente, 1970, 1971) comme cela s'observe dans les régions structurellement plus élevées : région d'El Tránsito près de Vallenar (écailles de socle qui nous ont été montrées par M. Reutter) ou encore de Potrerillos près de Copiapo et au-delà (Bailey Willis, 1929; F. Garcia, 1967).

La tectonique des *zones internes* s'est limitée à des plissements à grand rayon de courbure en liaison avec la compétence des séries.

Les *zones externes* ont au contraire esquissé leur style tectonique, de type subalpin, si l'on peut tenter cette comparaison, à la suite du décollement au niveau des gypses oxfordiens : systèmes d'écailles au front du chevauchement, plis moins serrés s'amortissant progressivement vers l'extérieur comme au Sud dans le Neuquen (Pl. h. t., F, G, H.). Entre le 31° et le 25°, en l'absence (paléogéographique) de gypses, le décollement se produit à la faveur des marnes Tithoniques.

Par suite de ce décollement de la couverture, les séries sous-jacentes (Malm inférieur, Dogger et Lias) ne participent pas à la tectonique de



PHOTO 4. — Détail d'un accident passant du tégument triasique (rhyolites) dans la couverture liasique (marno-calcaires et corniche aalénienne).

Bardas Blancas, province de Mendoza, Argentine.

L, Lias; T, Trias.

Planche hors-texte, profil G, partie droite.

couverture la plus visible, qu'il s'agisse des plis du Neuquen ou encore du chevauchement des zones internes sur les zones externes relevé sur la transversale Santiago-Mendoza. Localement le décollement généralisé de la couverture a produit un rabottage du toit des séries du tégument (Malm inférieur) qui se trouve ainsi emballé dans les masses de gypses.

6) *L'effet tectonique de la phase araucane* est beaucoup plus difficile à préciser, faute d'observations généralisées. On sait qu'il est nul dans les zones externes où la concordance des séries est de règle; par contre, dans les zones internes, s'observent des discordances parfois fortes. Mais le bilan de celles-ci n'a pas encore été fait de telle manière qu'on puisse rapporter des structures déterminées et un style précis à ces déformations.

En conclusion, les deux faits les plus importants sont : *L'existence de tectoniques superposées* de telle sorte qu'en un endroit s'observe la superposition de structures d'âges différents, les plus récents reprenant les plus anciennes ; *l'opposition entre les zones internes et les zones externes* de telle manière que les premières comportent l'effet de toutes les phases tectoniques superposées, tandis que les plus externes ne présentent que ceux de la dernière, fini-miocène; tandis que les failles plio-quaternaires se superposent à toutes les autres structures, dans toutes les zones, qu'elles soient internes ou externes.

### c) *Conclusions.*

1) L'histoire du cycle andin de la Cordillère s'encadre donc dans des *paléogéographies superposées* au cours du temps auxquelles correspondent autant de *tectoniques superposées* :

— Une première période, allant du Trias au Crétacé moyen, est caractérisée par l'évolution d'un *bassin andin* dont les zones internes sont à l'Ouest du côté pacifique, les zones externes à l'Est du côté de l'avant-pays sud-américain. Ce bassin andin est rétréci par l'intérieur à la suite de la *phase araucane* (Oxfordien), la *phase subhercynienne* (Crétacé supérieur, post-Albien, anté-Maestrichien) conduisant à l'émersion générale — et définitive — de la Cordillère; chacune de ces phases est accompagnée de granitisation. Si l'effet de la première phase tectonique est mal connu, et de toute façon limité aux zones internes, celui de la dernière se caractérise par un décollement général de la couverture amenant les formations des zones internes volcanogènes à chevaucher celles des zones externes non volcanogènes; les premières étant déformées par des plis à grand rayon de courbure, les secondes

témoignant d'une tectonique plus souple; l'ensemble de la Cordillère abordant l'avant-pays soit par une flexure dans la partie méridionale, soit par une zone d'écaïlles dans la partie septentrionale;

— Une seconde période, correspondant à l'ensemble Crétacé supérieur-Eocène-Oligocène-Miocène, est caractérisée par la sédimentation de séries molassiques dans des *couples de bassins, rétro-andins* (bassin crétacé supérieur de Quiriquina, paléogène d'Arauco, miocène de Navidad) et *épi-andins* (bassin crétacé supérieur de l'Abanico, paléogène de Farellones) ou *péri-andins* (miocène). Si les bassins rétro-andins occupent, dès le Crétacé supérieur et jusqu'au Miocène, sensiblement la même position d'arrière-fosse, les bassins épi-andins et péri-andins sont successivement plus externes, le bassin péri-andin ayant signification d'avant-fosse au Miocène. Le classement dans le temps et dans l'espace de tous ces *bassins tardi-andins*, témoigne de la polarité de la Cordillère.

Une première *phase tectonique laramienne* se place à la fin du Crétacé, écaïlle les séries sénoniennes et reprend les accidents subhercyniens; une seconde phase se place à la fin du Paléogène et déforme d'une manière simple les séries du bassin épiandin (*phase incaïque*); une troisième phase se place à la fin du Miocène (*phase quéchua*) et affecte l'ensemble de la Cordillère jusqu'au bassin périandin: il s'agit en général d'un système de failles inverses s'amortissant vers l'avant-pays par un système de plis dont l'âge est déjà Pliocène inférieur: on pourrait l'appeler « *phase périandine* ». Le tout s'achève par un vaste bombardement cordilléraïn, première ébauche de la Cordillère elle-même. D'importants plutons de granodiorites, diorites quartziques et dacites se mettent en place dans les parties les plus externes, bien au-delà des limites du bassin andin lui-même; d'importants épanchements d'ignimbrites s'y associent, surtout dans le Nord;

— la troisième période, correspondant au Pliocène et au Quaternaire, est marquée par de vastes jeux de failles en extension qui découpent dans les édifices précédents les éléments géographiques actuels, Cordillère côtière, Cordillère principale, Cordillère frontale, Précordillère, etc. séparés par autant de *fossés postandins*. Ces événements s'accompagnent d'un important volcanisme central à prédominance basaltique, donnant naissance à des basaltes des plateaux au Pliocène et à des appareils remarquables dont certains sont bien connus: Osorno, Lanin, Villarica, Tupungato, etc. La Cordillère a, dès lors, l'aspect qu'on lui connaît.

Ces trois périodes peuvent être successivement qualifiées de *liminaire*, *tardiliminaire*, *postlimi-*

naire (J. Aubouin et A.V. Borrello, 1966, 1970; J. Aubouin, 1972; R. Charrier et J.-C. Vicente, 1971).

2) Dans cette évolution, un certain nombre de propriétés doivent être soulignées :

— *l'obliquité des directions géographiques actuelles* dues à la tectonique plio-quaternaire par rapport aux directions paléogéographiques précédentes. Cette obliquité est faible — au maximum 20° — mais suffisante pour que, à l'échelle de la chaîne, les mêmes formations, les mêmes événements qui caractérisent le versant argentin au Sud se rencontrent, au Nord, sur le versant chilien. Le trait le plus clair est la position de la Cordillère volcanique plio-quaternaire qui se trouve en avant du bassin andin au Nord — elle forme la chaîne faitière, frontière entre Chili d'une part, Bolivie et Argentine d'autre part —, en arrière du même bassin au Sud — elle forme la Cordillère volcanique faitière entre Chili et Argentine qui laisse en avant, à l'Est, toute la Cordillère du Neuquen —. Cette obliquité est la clé de la compréhension des Andes méridionales à l'échelle de l'ensemble de la chaîne;

— *la nouveauté de la tectonique plio-quaternaire* qui ne doit rien aux paléogéographies et aux tectoniques antérieures. Au contraire des phases tectoniques secondaires et tertiaires en compression, le Plio-Quaternaire est caractérisé par un style en extension. Les failles actuelles n'ont pas d'histoire antérieure au Pliocène quelle que soit l'opinion que l'on ait sur l'importance des mouvements de coulissage — strike slip — qui leur correspondent éventuellement;

— *la polarité qui oppose les zones internes aux zones externes* et s'exprime dans différents gradients décroissants de l'intérieur vers l'extérieur :

● *sédimentaire* : les séries sédimentaires sont volcanogènes dans l'intérieur, non volcanogènes dans l'extérieur; ceci est vrai au travers des périodes successives et oppose aussi bien la partie interne du bassin andin à sa partie externe que le bassin épiandin paléogène au bassin périandin miocène;

● *tectonique* : les phases tectoniques sont plus anciennes et plus nombreuses dans l'intérieur, réduites à la plus récente dans la partie la plus externe; ceci est vrai au travers des périodes successives et oppose aussi bien la partie interne du bassin andin, où se manifeste la discordance araucane, à la partie externe où elle n'existe pas, que les bassins andin et épiandins affectés par les phases subhercynienne, laramienne et incaïque au bassin périandin déformé seulement à la fin du Miocène;

● *magmatique* : outre sur les intercalations volcaniques dans les séries sédimentaires internes, on

doit mettre l'accent sur les granitisations de plus en plus récentes vers l'extérieur (E. Farrar *et al.*, 1970); ceci est vrai au travers des périodes successives et oppose tout autant les granitisations Jurassique, Crétacé moyen, Crétacé supérieur de plus en plus externes dans le bassin andin, que l'ensemble de celles-ci avec la granitisation paléogène et miocène qui dépassent très largement le bassin andin vers l'extérieur.

Cette polarité est cependant une propriété des périodes liminaire et tardiliminaire; elle disparaît avec le Pliocène et le Quaternaire qui témoignent d'une même tectonique, d'un même magmatisme, qu'il s'agisse des zones internes, des zones externes ou même de vastes parties de l'avant-pays, incorporées à la Cordillère à la suite de ces derniers événements;

— *l'indépendance (relative) de la granitisation par rapport aux limites paléogéographiques* : dans l'ensemble, du Sud vers le Nord, la granitisation s'avance de plus en plus vers l'extérieur par rapport au bassin andin. Au Sud, sur la transversale du Neuquen, elle est étroitement cantonnée à la haute Cordillère et à la Cordillère côtière; au Nord, elle s'avance très largement au-delà du bassin andin dans la dorsale Calchaqui et, nous le verrons, dans la Cordillère orientale bolivienne.

La limite externe des granisations est ainsi parallèle au dessin de la Cordillère elle-même. Mais ce n'est qu'une propriété globale, car il y a granitisation et granitisation : les granodiorites mésozoïques, liées au bassin andin restent cantonnées aux zones internes de celui-ci; les granodiorites paléogènes ne dépassent pas les limites du bassin épiandin. Ce sont les seules granitisations miocènes qui s'avancent loin vers l'extérieur; mais elles ne dépassent pas non plus les limites du bassin périandin. L'obliquité apparente des granites est en fait celle de la paléogéographie miocène par rapport aux paléogéographies antérieures : car c'est avec les mouvements fini-miocènes, nous l'avons vu, que la Cordillère prend sa place de bourrelet montagneux à l'Ouest du continent sud-américain. Quoi qu'il en soit, l'importance du phénomène est capitale à bien des égards : par exemple, la zonation métallogénique de la Cordillère, comme les différences longitudinales qui s'y observent de ce point de vue, lui sont dues : la zonation par le jeu de la polarité orogénique (dans l'ensemble les granites laramiens sont cuprifères, les granites miocènes stannifères); les différences longitudinales au fait que les mêmes granites traversent des terrains différents du Sud au Nord (globalement plus externes du Sud au Nord);

— *l'importance variable de la tectonique de faille et du volcanisme plio-quaternaire* : c'est au

niveau du Norte Chico qu'elle est la moins marquée : c'est là que se rencontrent les altitudes majeures — au sens structural car c'est souvent le substratum qui est au sommet —, c'est là que se rencontrent des panneaux d'avant-pays portés à haute altitude comme dans la Cordillère frontale et la Précordillère. Or, ce style est limité; tant au Nord qu'au Sud, on le retrouve moins marqué : il n'y a pas de Précordillère — au sens de celle de Mendoza —. Ce n'est guère que dans la Cordillère patagonienne qu'on retrouverait, dans la région d'Esquel, un dispositif un peu semblable<sup>21</sup>.

La répartition du volcanisme paraît liée : il manque dans le secteur transversal de Santiago-Mendoza le plus élevé, mais forme au contraire une Cordillère volcanique faîtière au Nord comme au Sud, dans des secteurs structurellement plus bas.

3) Si l'on compare les Andes méridionales aux chaînes alpines géosynclinales, il convient de noter les ressemblances et les différences dans le cadre des paléogéographies et tectoniques superposées qui nous a servi de guide.

Les ressemblances sont, dans l'histoire, séparables en périodes successives dont les deux premières liminaire-géosynclinale, tardiliminaire-tardi-géosynclinale témoignent d'une polarité permettant de définir des zones externes et des zones internes; au contraire de la dernière postliminaire-postgéosynclinale, plio-quaternaire dans les deux cas, dépourvue de toute polarité et marquée par une tectonique de faille en extension accompagnée d'un volcanisme basaltique.

Les différences portent sur les événements qui se produisent au cours de chacune des périodes. Par exemple : l'histoire des chaînes alpines géosynclinales est fondamentalement marine, celle des Andes méridionales en grande partie continentale; le dépôt clé des chaînes alpines géosynclinales est le flysch qui manque complètement dans les Andes méridionales; le magmatisme caractéristique des chaînes alpines géosynclinales est ophiolitique tandis que celui des Andes méridionales est andésitique; le style tectonique des chaînes alpines géosynclinales consiste en vastes charriages de couverture ou de socle qui sont pratiquement absents dans les Andes méridionales, etc.

21. En fait, dans le Norte Grande du Chili septentrional, on distingue une Précordillère, à l'Ouest de la Cordillère volcanique qui fait la frontière avec l'Argentine et la Bolivie. Mais c'est un terme géographique qui n'a pas de rapport de signification avec le terme Précordillère utilisé dans la région de Mendoza. Encore que, par le jeu de l'obliquité du bassin andin, les faciès que l'on trouve dans cette « Précordillère » du Norte Grande soient assez voisins de ceux que l'on trouve dans la Précordillère de Mendoza... Mais la tectonique est fondamentalement différente.

Tenant compte de ces différences qui sont tout à fait évidentes sur le terrain, il ne nous paraît pas raisonnable de considérer que les Andes méridionales soient une chaîne géosynclinale de même type que les chaînes alpines du domaine méso-géen. Au moins faudrait-il distinguer des géosynclinaux de type alpin et de type andin; mais il a paru plus raisonnable (cf. J. Aubouin et A.V. Borrello, 1966, 1970; J. Aubouin, 1972) de considérer qu'au type alpin géosynclinal s'opposait un type andin liminaire — en remettant en honneur une formule due à E. Argand.

## B. LE RELAIS NORD-ARGENTIN :

### LE PASSAGE AUX ANDES CENTRALES

Les Andes méridionales que nous avons examinées jusqu'à maintenant s'appuyaient à l'extérieur soit directement sur l'avant-pays sud-américain, soit sur la dorsale Calchaqui qui prolonge celui-ci en entrant dans la Cordillère. En poursuivant vers le Nord, on voit alors se dégager vers l'Est de nouveaux édifices (fig. 2 B), successivement la Cordillère orientale et les Sierras subandines qui vont se développer très largement en Bolivie et au Pérou : de sorte que dans ces pays (fig. 1), on connaîtra, à l'Ouest de l'Altiplano, une Cordillère occidentale et, à l'Est, un ensemble Cordillère orientale-Sierras subandines. C'est dans les provinces de Salta et de Jujuy du Nord argentin que commence ce dispositif caractéristique des Andes centrales; le relais nord-argentin, ainsi placé, est marqué dans la paléogéographie et la tectonique.

#### a) Le relais paléogéographique.

La dorsale Calchaqui étant à l'extérieur du bassin andin proprement dit, la Cordillère orientale et les Sierras subandines y sont *a fortiori*. Par contre, on y retrouve la prolongation du bassin miocène périandin et les structures plio-quaternaires connues ailleurs dans la Cordillère. Mais la grande originalité est dans le développement d'un bassin Crétacé moyen et supérieur, qu'en première approximation on peut appeler *bassin subandin* encore qu'il s'étende non seulement aux Sierras subandines, mais aussi à la Cordillère orientale et s'avance de part et d'autre à l'Ouest sur l'Altiplano et à l'Est sur l'avant-pays. Il s'y ajoute un nouveau *bassin tardi-andin* paléogène à l'emplacement de l'Altiplano occidental.

1) *Le Crétacé (moyen) supérieur (et Paléogène p.p.)* : le bassin subandin (fig. 5, 7, 8).

Les formations du bassin subandin apparaissent dans le Nord argentin entre Tucuman et Salta et se développent très largement dès Cafayate.

Il s'agit d'une série rouge de marnes et de grès, puissante de 1 000 à 2 000 m, comportant, dans sa partie médiane, une passée de calcaires blancs et de marnes vertes de faciès lagunaire : c'est le groupe *Salta* qui comprend, de bas en haut, la formation *Pirgua* (grès et marnes rouges), la formation *Yakoraïte* (« *Calcareo dolomitico* »), la formation *Santa Barbara* (marnes et grès rouges). L'âge va du Crétacé moyen supérieur (base de la formation *Pirgua*) au début du Tertiaire (sommet de la formation *Santa Barbara*). Cette série varie :

— elle se développe vers le Nord en direction de la Bolivie où, avec des épaisseurs qui peuvent atteindre 4-5 000 m, elle forme le groupe *Puca* comprenant, de bas en haut, les formations *Toro Toro* (ou la *Puerta*; grès et marnes rouges), *Mira-*

*flores*, (calcaires oolithiques marins où divers fossiles caractérisent le Cénomanién), *Suticollo* (grès et marnes rouges) qui comporte un second niveau calcaire dit « *El Molino* » d'âge Campano-Maestrichtien, et monte dans le Tertiaire inférieur.

L'équivalence probable des niveaux calcaires *Yacoraïte* et *El Molino*, montre que l'ensemble du groupe *Salta* est plus récent que le groupe *Puca* ; il est, plus ou moins équivalent de la seule formation *Suticollo*.

— elle s'amenuise vers le Sud alors que le bassin subandin se termine « en doigt de gant » entre *Salta* et *Tucuman* (J. Moreno, 1970) : après le bassin de *Cafayate* où les trois niveaux sont encore bien nets, le *Calcareo dolomitico* s'effile et ne persiste plus qu'une série détritique rouge qui disparaît à son tour, ceci s'accorde avec le fait que le groupe *Salta* est plus récent que le groupe *Puca* (cf. supra) ;

— elle s'avance vers l'Est sous la plaine du *Chaco* où elle se termine ; elle est dépassée par les

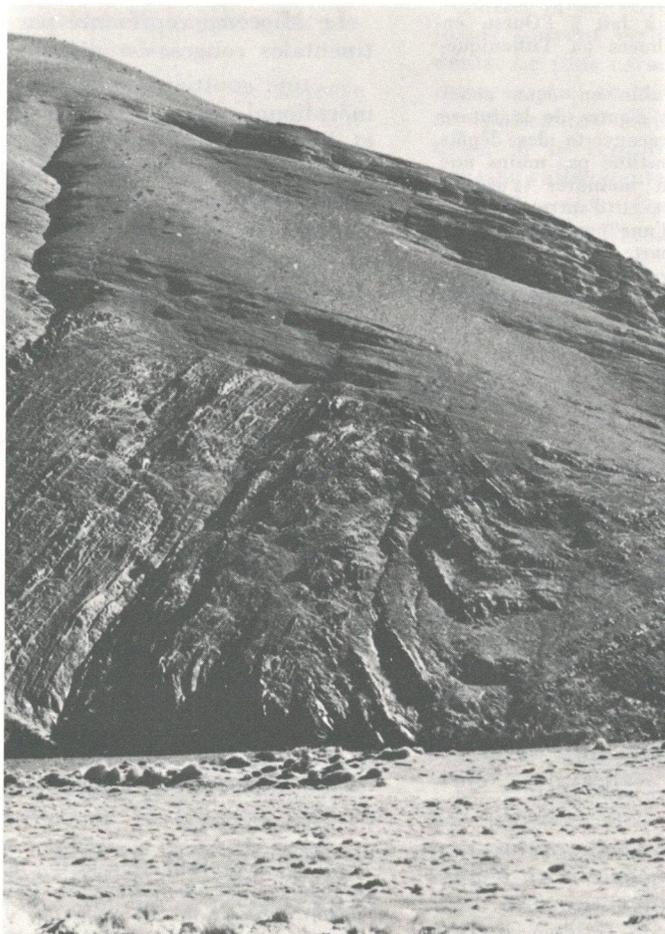


PHOTO 5. — Discordance du Crétacé supérieur sur le Paléozoïque (Ordovicien) de la Dorsale Calchaqui.

Près de *Catua*, limite des provinces de *Salta* et *Jujuy*, Argentine.

Planche hors-texte, profil A. milieu.

formations miocènes et pliocènes qui la surmontent et viennent directement contre les affleurements du bouclier brésilien; dans cette direction de l'avant-pays, la série s'amenuise par la base tandis que persistent un peu plus longtemps l'horizon calcaire et les formations détritiques supérieures;

— elle s'avance vers l'Ouest sur le bord de la Puna où cependant elle se termine sans entrer en connexion avec le bassin andin : dans cette direction, s'observe une rapide réduction d'épaisseur avec passage latéral à une série marno-gréseuse qui disparaît bientôt.

La série de Salta occupe donc, dans le Nord argentin, un bassin subandin distinct du bassin andin dont il est séparé par toute la largeur de la dorsale Calchaqui. Telle est la situation dans le Nord argentin.

Cependant, le bassin subandin *l.s.* devient plus complexe en Bolivie en même temps que la série s'y épaissit :

— il s'avance plus largement vers l'Ouest et semble avoir recouvert l'essentiel de l'actuel Altiplano oriental; cependant, il est peu probable qu'il entre en communication avec le Crétacé moyen et supérieur du bassin andin : dans les régions à l'Ouest de la Paz, les formations paléogènes (?) de type Tihuanaku (cf. *infra*), reposent directement sur le Paléozoïque ou, au plus haut, tout à fait à l'Ouest, en discordance sur des formations attribuées au Tithonique-Néocomien;

— il reste unique mais se dédouble en deux zones d'accumulation maximales, de part et d'autre de la future Cordillère orientale qui, bien que recouverte des dépôts de ce vaste bassin subandin, n'en constitue pas moins une zone positive où les épaisseurs sont moindres (1 000 m contre environ 4 à 5 000 m de part et d'autre). Il y a donc deux sous-bassins : l'Altiplano d'une part et le bassin subandin proprement dit d'autre part; mais, à grande échelle, il s'agit d'un même bassin subandin *l.s.* qui s'oppose au bassin andin. Il reste qu'au Pérou, il est possible que les deux bassins entrent en communication.

## 2) *Le Paléogène : le problème du bassin tardiandin de l'Altiplano* (fig. 8).

Si, dans sa partie est, la plus plane, la surface d'érosion de l'Altiplano s'appuie sur un substratum, suivant les cas Crétacé supérieur, Paléozoïque, Précambrien, dans sa partie ouest, formée d'une succession de cuvettes séparées de chaînons au relief mûr, se rencontre une puissante série rouge continentale (plus de 10 000 m de pélites, grès et conglomérats avec, à la base, un important horizon gypso-salifère; elle est déformée par des plis amples, faillée, traversée de diapirs issus de l'horizon gypso-salifère inférieur et plus ou moins guidés par les failles comme celles de Coniri, Coro-Coro, etc.).

La partie essentielle de cette série continentale paraît d'âge Miocène. Mais, à la base (Fm. Tihuanaku, Fm. Coniri, Fm. Kollu-Kollu), des datations radiométriques indiquent le Paléogène, Oli-

gocène sans doute, Eocène probablement (l'âge le plus ancien reconnu est 33 millions d'années, mais bien au-dessus de la base de la série — au sommet de la Fm. Kollu-Kollu; J.F. Everdnen, S.J. Kritz, C. Cherroni, 1966).

Il y a donc là un bassin tardiandin qui ne paraît pas avoir de liaison avec celui des Andes méridionales de position plus interne. La série en est d'ailleurs très différente : ici, tout est sédimentaire et pratiquement dépourvu d'intercalations volcaniques (il y a pourtant quelques tufs).

Ce bassin tardiandin de l'Altiplano pourrait se prolonger au Nord du Chili jusque dans la région de San Pedro de Atacama où une série de faciès analogue est connue; les séries gypso-salifères y donnent d'ailleurs une tectonique remarquable dans la Cordillère du Sel. Cependant, aucune datation ni paléontologique ni radiométrique n'est venu confirmer — ni d'ailleurs infirmer — ces parallélismes.

## 3) *Le Miocène : le bassin tardiandin de l'Altiplano (suite) et le bassin périandin* (fig. 9).

Le Miocène, représenté par des formations continentales rouges, est disposé dans deux bassins :

— une gouttière, suite du bassin périandin plus méridional, qui s'étend sur les Sierras subandines et le Chaco; les dépôts miocènes y reposent en concordance sur le Crétacé supérieur (et Paléogène p.p.) subandin et vont s'appuyer directement sur le socle du bouclier brésilien;

— un bassin de l'Altiplano occidental où le Miocène, qui forme le « groupe Coro Coro » au sens large, se superpose en concordance (et continuité ?) aux formations paléogènes tardi-andines de type Tihuanaku.

Il n'est pas certain que ces deux bassins aient été en communication : la Cordillère orientale paraît avoir été émergée et avoir fourni leurs conglomérats à l'un et à l'autre<sup>22</sup>. Cependant, il y existe des formations miocènes dont les plus célèbres sont celles de Potosi par exemple.

Dans l'un comme dans l'autre bassin, il s'agit d'une puissante série de marnes et grès rouges, gypsifère à différents niveaux. On y reconnaît un grand nombre de formations de corrélation très délicate en raison de la rareté des fossiles. Quelques indications radiométriques laissent supposer qu'en fait cette série dite Miocène inclut tout ou partie du Pliocène inférieur (jusqu'à — 7 millions

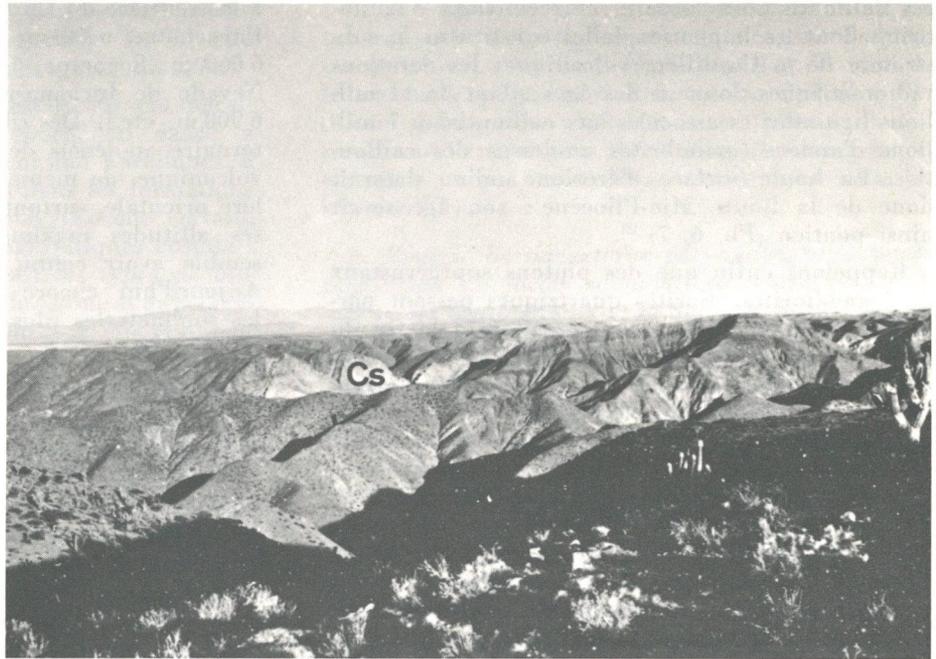
22. Il est probable que la Cordillère orientale constituait également un bombement au Paléogène sur lequel s'appuyait le bassin de Tihuanaku qu'elle alimentait en matériel détritique.

PHOTO 6. — Surface de la Puna.

Le Paléozoïque pince des esquilles de Crétacé supérieur (Cs) selon un style analogue à celui de la Cordillère orientale; l'ensemble est arasé par une surface à laquelle se raccordent des chaînons aux formes mûres à l'arrière-plan.

Région de Villazon (Bolivie, province de Potosi), La Quiaca (Argentine, province de Jujuy). L'Ouest est à droite, l'Est à gauche.

Viendrait au Nord de la partie droite de la planche hors-texte.



d'années) (J.F. Evernden, S.J. Kritz, C. Cherroni, 1966). Mais ceci dépend des limites que l'on fixe au Pliocène<sup>23</sup>.

Le Miocène s'achève par l'élaboration d'une haute surface d'érosion nappée de cailloutis qui a sculpté les paysages d'altitude comme l'Altiplano.

Vers l'Est, ces nappes de cailloutis s'abaissent et viennent alimenter les formations du piedmont. Elles s'abaissent également vers l'Ouest pour passer à la base des formations de la Pampa del Tamarugal (cf. *supra*). Dans la zone frontière entre le Chili d'une part, Bolivie et Argentine d'autre part,

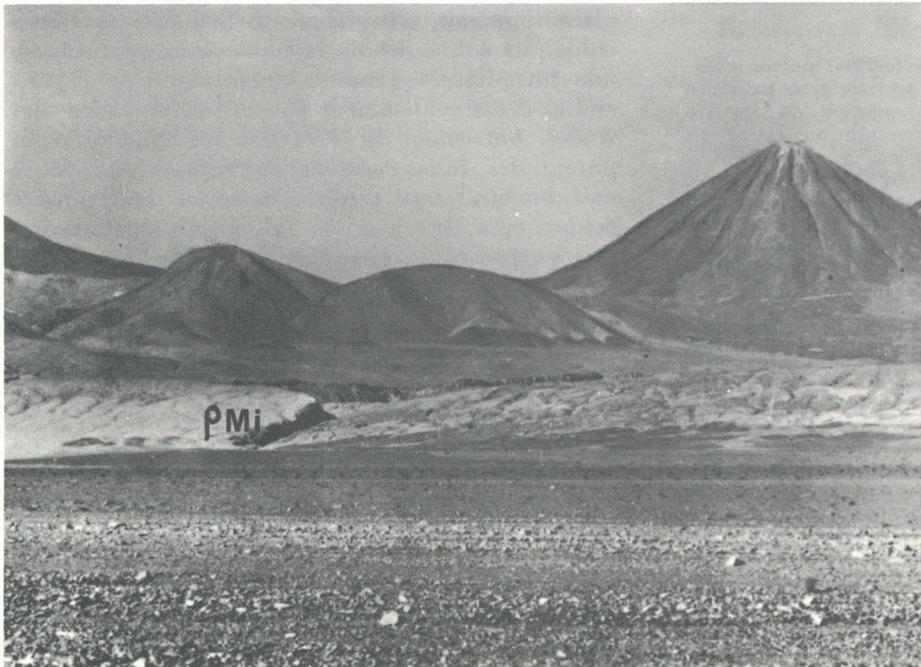


PHOTO 7. — Cordillère néovolcanique septentrionale.

On observe la dalle d'ignimbrites d'âge Miocène supérieur ( $\rho$  Mi) ployée et les appareils andésito-basaltiques qui lui sont superposés; le plus important est le Sairecabur (5 970 m).

Région de San Pedro de Atacama, province d'Antofagasta, Chili (le Sud est à droite, le Nord à gauche : la Cordillère forme la frontière du Chili en avant et de la Bolivie à l'arrière).

Planche hors-texte, profil A, milieu. En fait, la photographie est prise nettement plus au Nord, mais dans la même position (le Sairecabur est au Nord du Salar de Atacama, le Socompa — planche hors-texte — au Sud).

ces cailloutis sont associés et recouverts d'ignimbrites dont les immenses dalles constituent le substratum de la Cordillère volcanique; les datations radiométriques donnent des âges allant de 11 millions (ignimbrites associées aux cailloutis) à 7 millions d'années (ignimbrites au-dessus des cailloutis). La haute surface d'érosion andine daterait donc de la limite Mio-Pliocène : son âge serait ainsi pontien (Ph. 6, 7) <sup>23</sup>.

Rappelons enfin que des plutons supracrustaux de granodiorites, diorites quartziques passant parfois à des dacites se mettent en place à la fin du Miocène. S'ils sont assez rares dans le Nord argentin, ils sont bien connus dans la Cordillère orientale de Bolivie; le plus célèbre est le « granite » de Potosi <sup>24</sup>.

#### 4) *Le Pliocène et le Quaternaire* (fig. 10).

Dans les fossés qui vont se creuser au début du Pliocène, vont s'accumuler de puissantes séries plio-quaternaires continentales. Le plus connu est le graben de la Pampa del Tamarugal qui sert de piège à sédiments jusqu'au Villafranchien (?) tandis que le Pliocène marin lèche les côtes actuelles de la Cordillère côtière (Ph. 11). Vers l'Est, il n'y a pas vraiment de fossé mais une série de gradins de failles qui dominent la plaine du Chaco; ils sont nappés de formations de piedmont, comme les conglomérats de Jujuy, passant vers le haut à des glacia villafranchiens(?), en contrebas desquels sont encaissées les vallées actuelles.

Un puissant volcanisme central, encore actif en certains points, a formé la Cordillère volcanique,

23. La question de la limite Miocène-Pliocène est extrêmement mouvante en fonction des travaux tant paléogéographiques que radiométriques. La question du Pontien est encore plus délicate dans la mesure où cet étage, défini dans le domaine méditerranéen, y correspond à des niveaux continentaux dont on ne connaît pas avec certitude les équivalents marins; il est probable en effet que la Méditerranée ait complètement émergé à cette époque; ce qui ne facilite pas l'établissement d'une échelle chronologique. On s'accorde cependant à ne considérer comme Pliocène que les seuls niveaux plaisanciens — astiens, à l'exclusion du Pontien rangé dans le sommet du Miocène et du Villafranchien dans la base du Quaternaire.

Cela dit, il semble que le début de la période postliminaire dont nous avons vu l'originalité soit, dans le Pliocène, la partie basale de ce système faisant tectoniquement corps avec le Miocène dans les zones les plus externes. Ce fait semble également vrai pour la période postgéosynclinal dans le domaine méditerranéen (cf. note 17, p. 38).

24. Aux plutons miocènes sont liés les gisements *stannifères* de Bolivie. Au contraire, les granites mésozoïques du bassin andin semblent avoir guidé la mise en place des gisements *cuprifères* du Chili. Dans le détail, il est sans doute possible d'établir une logique métallogénique en parlant de l'âge structural et de la position tectonique des différents granites connus dans la Cordillère. C'est un travail qui reste à faire.

à la frontière du Chili et de la Bolivie (Nevado de Payachatas, 6 340 m; Sajama, 6 620 m; Guallatiri, 6 060 m; Socompa, 6 050 m; Llullaillaco, 6 750 m; Nevado de Incaguasi, 6 610 m; Ojos del Salado, 6 908 m, etc.). Des glaciers se sont fixés au Quaternaire au-dessus de 4 000 m sur cette Cordillère volcanique, de même d'ailleurs que sur la Cordillère orientale, surtout en Bolivie, là où elle prend ses altitudes maximales; tandis que l'Altiplano semble avoir connu une évolution périglaciaire. Aujourd'hui encore des « Nevados » couronnent les sommets les plus élevés.

#### 5) *Conclusion.*

*Du point de vue paléogéographique*, la grande nouveauté est donc le développement d'un bassin subandin d'âge Crétacé moyen et supérieur (et Paléogène *pro parte*) à l'emplacement de la Cordillère orientale et des Sierras subandines, bassin qui, dans le Nord argentin et semble-t-il en Bolivie, est resté distinct du bassin andin. Le bassin paléogène (et miocène) de l'Altiplano est également une nouveauté. Tandis que le bassin miocène *périandin* est la suite et l'affirmation de l'avant-fosse périandine des Andes méridionales.

D'une certaine manière, l'ensemble de ces nouveautés peuvent paraître *tardiandines*. Le bassin subandin semble contemporain des bassins tardiandins de l'Abanico et de Farellones : il pourrait devoir sa naissance aux conséquences de la phase subhercynienne dont l'importance se trouverait ainsi augmentée. Le bassin paléogène de l'Altiplano pourrait, s'il débute à l'Oligocène, s'individualiser à la suite de la phase incaïque, comme une intra-fosse épiandine. Quant au bassin périandin, il est évidemment l'avant-fosse miocène des Andes. Autrement dit, *l'élargissement paléogéographique des Andes centrales par rapport aux Andes méridionales serait tardiliminaire (et postliminaire évidemment, les jeux de failles plio-quaternaires se superposant à l'ensemble de la Cordillère).*

*Du point de vue géographique*, les nouveautés sont la Cordillère orientale, les Sierras subandines et la dépression du Chaco, dépression de piedmont qui, à partir de là, va continûment suivre le pied de la Cordillère jusqu'au Vénézuéla; tandis que, plus au Sud, elle n'existe pas. Si la dépression du Chaco reste, aujourd'hui encore, une dépression périandine, la Cordillère orientale et les Sierras subandines ont été incorporées aux Andes par les mouvements de la fin du Miocène; mais cette conquête de ce qui, jusqu'alors, était l'avant-pays andin, s'est faite d'une manière polarisée, d'abord par la Cordillère orientale qui formait



PHOTO 8. — Chevauchement du Précambrien sur le Miocène périandien dans la Cordillère orientale.

Près de Tilcara, province de Jujuy, Argentine (le Nord est à droite, le Sud à gauche : le chevauchement est vu de front).

Viendrait au Nord de la partie droite du profil A de la planche hors-texte.

déjà un bourrelet en relief au Paléogène et au Miocène. Au contraire, les Sierras subandines sont restées dans l'avant-pays jusqu'au Miocène inclus et n'ont été incorporées à la Cordillère que par les mouvements de fini-miocène puis ceux du Pliocène et du Quaternaire : en effet, on y observe la parfaite concordance du Miocène sur le Crétacé, lequel est généralement concordant sur le Paléozoïque; deux discordances seulement s'y rencon-

trent : celle du Pliocène... et celle du Paléozoïque sur le Précambrien.

*Il se confirme donc bien que l'élargissement andin est tardiliminaire et postliminaire.*

b) *Le relais tectonique* (Planche hors texte).

Dans la Cordillère orientale et les Sierras subandines, la seule tectonique visible — sauf la tec-



PHOTO 9. — Faille quaternaire sur le bord ouest du Salar del Carmen près d'Antofagasta.

La faille (F), directe, recoupe nettement les formations quaternaires, notamment un cône de déjection récent (dernier « Pluvial »).

Le Nord est à droite, le Sud à gauche; les hauteurs sont celles de la Cordillère côtière (Sierra de Valenzuela), ici étroite (l'océan Pacifique serait immédiatement derrière, quelque 1 500 m en contrebas).

Planche hors-texte, profil A, partie gauche (en fait, la photographie est prise un peu plus au Nord que le profil).

tonique hercynienne dans la Cordillère orientale — est celle de la fin du Miocène. C'est une tectonique en compression de style différent d'Ouest en Est, c'est-à-dire de l'intérieur vers l'extérieur. On y reconnaît successivement :

— une zone de plis avec phénomène diapirique important au niveau du bassin tardi-andin de l'Altiplano occidental; ce type de déformation paraît limité à la Bolivie du Nord-Ouest mais pourrait se prolonger au Chili septentrional dans la région de San Pedro d'Atacama où la Cordillère du Sel montre de spectaculaires accidents liés au gypse et au sel ;

— une zone de plis à grand rayon de courbure, sans phénomènes diapiriques — le gypse et le sel sont d'âge Tertiaire —, dans les séries crétacées du bord ouest du bassin subandin; ce type de plissement caractérise l'Altiplano oriental et se poursuit vers le Sud jusqu'au synclorium de Cafayate au-delà de Salta;

— une zone de puissantes écaillles de socle qui chevauchent vers l'Est et amènent le Précambrien ou le Paléozoïque de la dorsale Calchaqui sur le Miocène; de telles structures sont bien exposées dans les Quebradas transversales comme celles de Purmamarca dans la province de Jujuy, ou del Toro dans la province de Salta; la Quebrada de Humahuaca, la plus célèbre d'Argentine septentrionale, recoupe ces structures obliquement. Pour être puissants — le Précambrien ou le Paléozoïque sont portés jusqu'à 5 000 m d'altitude et plus — ces chevauchements n'en sont pas moins enracinés axialement et leur portée est relativement faible, quelques kilomètres au plus. Mais l'ensemble constitue un dispositif impressionnant qui définit la Cordillère orientale du Nord argentin;

— une série de lourds plis de fond dans les Sierras subandines; dans le Nord argentin, chacune d'entre elles est bien distincte des autres et forme un anticlinal particulier, dissymétrique, mais pas ou peu chevauchant.

Ce dispositif se poursuit en Bolivie, à quelques modalités près toutefois :

— d'une part, en fonction de la surélévation axiale de la Cordillère orientale, les dépôts crétacés et miocènes y sont rarement conservés, de sorte qu'on lit assez mal la tectonique andine;

— d'autre part, dans les Sierras subandines, la tectonique s'accroît et, dès la frontière avec l'Argentine, les anticlinaux qui les constituent deviennent chevauchants vers l'Est sur la série du Chaco.

A cette seule tectonique de la fin du Miocène, se trouve superposé le faillage plio-quadernaire, présent là comme ailleurs, encore que moins accusé que plus au Sud : il n'y a pas de structures analogues à la Précordillère de Mendoza.

Cependant, dès la Bolivie, la chute topographique vers l'Est de la Cordillère orientale et des Sierras subandines est très brusque; il est probable qu'il s'agisse là d'une série de gradins de failles plio-quadernaires.

### Conclusions.

*La tectonique de la Cordillère orientale et des Sierras subandines est donc très récente* : en ceci se trouve confirmée la *polarité* de la Cordillère, bien au-delà des limites du bassin andin proprement dit. Car, ici, il s'agit d'autres Andes où les terrains andins sont réduits au minimum; ce qui n'empêche pas les sommets d'y atteindre les altitudes qu'on connaît ailleurs et souligne l'importance de la phase tectonique fini-miocène d'ailleurs accompagnée de granitisations qui, comme plus au Sud, s'avancent loin vers l'extérieur.

La dorsale Calchaqui, qui chevauche vers l'Est par la zone d'écaillles de socle de la Cordillère orientale, passe vers le Sud à l'avant-pays tandis que les chevauchements disparaissent au profit des lourds anticlinaux des Sierras Pampeanas. A grande échelle, cela paraît correspondre à *l'enracinement de la dorsale Calchaqui*; d'ailleurs, les Sierras Pampeanas sont déviées vers le Nord-Est dans leur partie septentrionale, ce qui marque sans doute le point de départ de la tendance chevauchante de la dorsale. Les conséquences de cet enracinement axial sont évidemment la fin de la Cordillère orientale et des Sierras subandines.

### c) Conclusions.

A la faveur du relais nord-argentin, se met donc en place le dispositif des Andes centrales péruvo-boliviennes qui comprend, d'Ouest en Est, la Cordillère occidentale en bordure du Pacifique, l'Altiplano, la Cordillère orientale, les Sierras subandines, la dépression du Chaco et sa suite vers le Nord (Rio Beni, haute Amazone, Llanos, etc.).

Si l'on considère le bassin andin défini dans les Andes méridionales, on voit que son prolongement se situe dans les seules Andes occidentales, à l'Ouest de la Cordillère néovolcanique : *les Andes occidentales du Pérou sont la suite de la totalité des Andes méridionales, ayant sans doute perdu, au profit du Pacifique, une partie de leurs zones les plus internes* (J.C. Vicente, 1970).

Dans les Andes centrales, les différentes structures tendent à devenir parallèles les unes aux autres, selon une direction NW, qu'elles résultent de cycles différents ou de phases différentes du même cycle andin. Cependant, au niveau du

relais nord-argentin, persiste, en s'atténuant, l'obliquité des différentes unités paléogéographiques par rapport aux ensembles géographiques. Par exemple, le bassin subandin ne suit pas étroitement les Sierras subandines et la Cordillère orientale, et s'avance assez largement sur l'Altiplano. De même, les terrains hercyniens du bassin bolivien s'avancent largement vers l'Ouest pour constituer le substratum de l'Altiplano dans le Nord de la Bolivie et au Pérou; en conséquence, le Précambien qui forme le socle de la Puna nord-argentine, se développe encore dans le socle de l'Altiplano de la Bolivie méridionale mais, de là, passe probablement « en tunnel » sous les formations de la Cordillère occidentale pour réapparaître dans les affleurements précambriens signalés çà et là à la côte du Pérou (« massif d'Arequipa », F. Mégard *et al.*, 1971).

Reste le problème du changement des directions structurales qui se produit dans les Andes centrales proprement dites au niveau du « coude de Santa Cruz » (fig. 1), qui constitue un des problèmes majeurs de la Cordillère. Il sort des limites étudiées ici.

### C. LE RELAIS PATAGONIEN :

#### LE PASSAGE AU SYSTÈME AUSTRAL

##### (OU DE MAGELLAN)

Au-delà de la transversale de Bariloche où la dorsale de Concepcion semble se fondre dans l'avant-pays patagonien, se développe la Cordillère patagonienne qui fait transition à la Cordillère de Magellan développée en Patagonie australe et en Terre de Feu. Cette Cordillère de Magellan est le point d'aboutissement de l'arc des Antilles australes qui, par la Georgie du Sud, les Sandwich du Sud, les Orcades du Sud, les Shetland du Sud, rejoint la péninsule antarctique (dite Terre de Graham, ou Terre de San Martin, ou Terre de O'Higgins) autour de la mer d'Ecosse (ou de la Scotia).

Cette notion d'arc des Antilles australes est due à E. Suess par comparaison avec l'arc des Antilles tropicales avec lequel il possède certaines analogies (forme, volcanisme etc.). Mais la structure comme la paléogéographie en sont mal connues : ce n'est que très récemment que l'on a décrit des faunes marines (Ammonites) du Néocomien dans la péninsule antarctique (J. Tavera, 1970). C'est seulement en Patagonie australe et Terre de Feu que la géologie a pu être relativement approfondie.

#### a) Aperçu sur le système austral (ou de Magellan).

Le système austral est bien caractérisé dans les provinces méridionales du Chili (Magellan) et d'Argentine (Santa Cruz) continentale, comme en Terre de Feu que se partagent ces deux pays. Il subit une torsion assez brusque, de telle sorte que les directions structurales, encore N-S dans la partie méridionale du continent, sont W-E en Terre de Feu (Cordillère de Darwin, Péninsule Mitre).

Le système austral a pour avant-pays la Patagonie vers laquelle il se déverse ; de telle sorte que ses zones internes sont à l'Ouest dans la partie continentale et au Sud en Terre de Feu ; et les zones externes, respectivement à l'Est et au Nord. D'une manière générale, les zones internes en sont très mal connues en raison de leur situation géographique : calotte glaciaire de la partie sud de la province d'Aisen, dédale des îles de l'extrême Sud chilien — la zone des canaux — îles perdues au Sud de la Terre de Feu au-delà du canal de Beagle (île Navarino, île Hornos qui porte le célèbre cap du même nom, etc.). Au contraire, les zones externes, beaucoup plus facilement accessibles, ont été bien étudiées d'autant plus que, au contact de l'avant-pays, se situent des gisements pétrolifères importants.

#### 1) Les zones externes (fig. 12 B).

Dans les zones externes est connue une série marine depuis l'Oxfordien supérieur jusqu'au Pliocène, bien déterminée par diverses microfaunes et macrofaunes<sup>25</sup>.

De l'Oxfordien supérieur au Miocène, la série, puissante d'environ 10 000 m, est concordante. Elle comprend trois parties dans la région d'Ultima Esperanza :

— de l'Oxfordien supérieur au Barrémien, après des grès de base marquant la transgression de la série, un ensemble de marno-calcaires de couleur noire avec de fines passées de turbidites ;

— de l'Albien au Campanien, une puissante série à couleur noire prédominante, formée par une alternance rythmique de grès et de marnes : c'est le flysch de Magellan (G. Cecioni, 1957) ;

— du Maestrichtien au Miocène, une série où prédominent des grès tendres, verts, massivement stratifiés : c'est la molasse du système austral.

Le Pliocène est discordant : formé de grès tendres et de cailloutis avec passées de tufs vol-

25. Encore qu'il s'agisse de macrofaunes autochtones difficiles à dater et corréler avec celles des localités classiques de l'échelle stratigraphique.

caniques, c'est la néomolasse du système austral.

Cette série, qui sera détaillée dans la suite, appelle quelques remarques :

— la série est *marine* dans son ensemble, dépourvue de toute intercalation volcanique, et présente au contraire des faciès comme flysch et molasse (marine); en ceci, elle est totalement différente des séries externes du bassin andin et ses affinités sont au contraire avec des séries alpines;

— elle débute à l'Oxfordien supérieur, transgressif sur des porphyrites et tufs rhyolitiques rangés dans la formation Tobifera que l'on attribue au Jurassique par comparaison avec des formations semblables observées au-dessus du Jurassique moyen en Patagonie; mais elle rappelle les « porphyrites » permo-triasiques, classiques dans la Cordillère frontale : l'âge de cette formation est encore incertain. Quoi qu'il en soit, si l'on se réfère aux deux sous-périodes distinguées dans le bassin andin, respectivement Trias supérieur-Oxfordien et Kimmeridgien-Crétacé moyen, la première est mal connue dans le système austral : *tout se passe comme si les zones externes du système de Magellan s'étaient différenciées après la phase araucane connue dans les zones internes du bassin andin.* Cette phase araucane existe-t-elle aussi dans les zones internes du système de Magellan? <sup>26</sup> L'âge Jurassique supérieur ( $151 \pm 10$  MA par Rb/Sr) de certains granites internes (M. Halpern et M. C. Bary) semblerait le confirmer; et les intercalations de turbidites et grès au sein de la série inférieure externe qui lui confère, au moins localement, un faciès flyschoïde (Fm. Erezcano) seraient en relation avec cette phase précoce;

— l'apparition du faciès flysch à l'Albien pourrait être contemporaine de la seconde phase orogénique connue dans le bassin andin, qui sépare la deuxième sous-période de la troisième (si celle-ci est bien mésocrétacée - « autrichienne » - et non supracrétacée - subhercynienne - cf. p. 26); il paraît donc probable que cette phase ait affecté les zones internes du système de Magellan (Paléoandes de G. Cecioni, 1957, 1960) comme elles avaient affecté le bassin andin (cf. *infra*);

— l'apparition du faciès molasse au Maestrichtien est contemporaine de la troisième phase orogénique laramienne qui détermine la troisième

26. Du Lias (peut-être), du Jurassique moyen, de faciès marins, existent en Patagonie septentrionale. Ils se relient sans doute au bassin andin qui pourrait ainsi avoir été pendant la première sous-période du cycle andin en liaison avec l'Atlantique; lequel, dans cette partie tout à fait méridionale, eût été différencié beaucoup plus tôt. Cette éventuelle liaison avec l'Atlantique s'est perdue avec la deuxième et la troisième sous-périodes. Elle ne se retrouvera qu'avec le Paléogène (cf. p. 33).

sous-période; cette phase a donc probablement affecté les zones internes du système austral et, nous allons le voir, une partie des zones externes;

— les molasses succèdent en continuité et concordance aux flyschs sous-jacents, dispositif rarement réalisé; cependant, il faut noter que :

• ces formations molassiques ne sont connues que sur le bord tout à fait externe du bassin de Magellan : or, en fonction de la polarité orogénique, c'est évidemment dans les zones les plus externes que la molasse a le plus de chance d'être concordante;

• divers niveaux de remaniement dans la molasse témoignent de l'émersion contemporaine des flyschs dans les parties plus internes du bassin : par exemple, dans la formation Agua Fresca de la base de l'Eocène (H.R. Katz, 1961), on connaît de tels remaniements qui sont peut-être le témoin sédimentaire externe de la phase laramienne <sup>27</sup>.

• la molasse est transgressive vers l'extérieur (Est) : pour finir, le Miocène repose directement sur le socle patagonien.

Quoi qu'il en soit, cette série externe de Magellan n'est affectée que par les phases tectoniques les plus récentes, fini-miocène dans les parties les plus externes, laramienne dans les parties moins externes. Quant à la phase araucane, elle n'a pu affecter que les zones internes proprement dites. *La polarité orogénique de la Cordillère de Magellan se trouve ainsi définie.*

— des *granodiorites* traversent ces séries, en plutons supracrustaux circonscrits; les plus célèbres sont ceux du Cerro Paine, en Patagonie chilienne, ou du Fitz Roy en Patagonie argentine; ces granites, les plus externes, ont été datés radiométriquement du Miocène supérieur (K/A,  $12 \pm 1$  MA, M. Halpern, 1967).

Bref, il ressort de l'ensemble de cette analyse que la série externe de Magellan, par la date de son apparition (Oxfordien supérieur), les dates de ses changements de faciès (flysch à l'Albien, molasse au Maestrichtien), le nombre et l'âge de ses faciès orogéniques, répond à une chronologie comparable à celle du secteur liminaire (R. Charrier et J.C. Vicente, 1970). Mais cette parenté chronologique s'accompagne de différences de faciès capitales : les faciès de Magellan ne sont pas représentés dans le bassin andin. *Si, par l'histoire, Magellan est encore la Cordillère, par les faciès ce n'est plus les Andes.*

Comme il a été dit, les séries du bassin externe de Magellan ont été très étudiées; à titre d'infor-

27. Notons que la phase laramienne eût ainsi affecté une partie des zones externes du système de Magellan; car c'est du flysch externe qui est remanié.

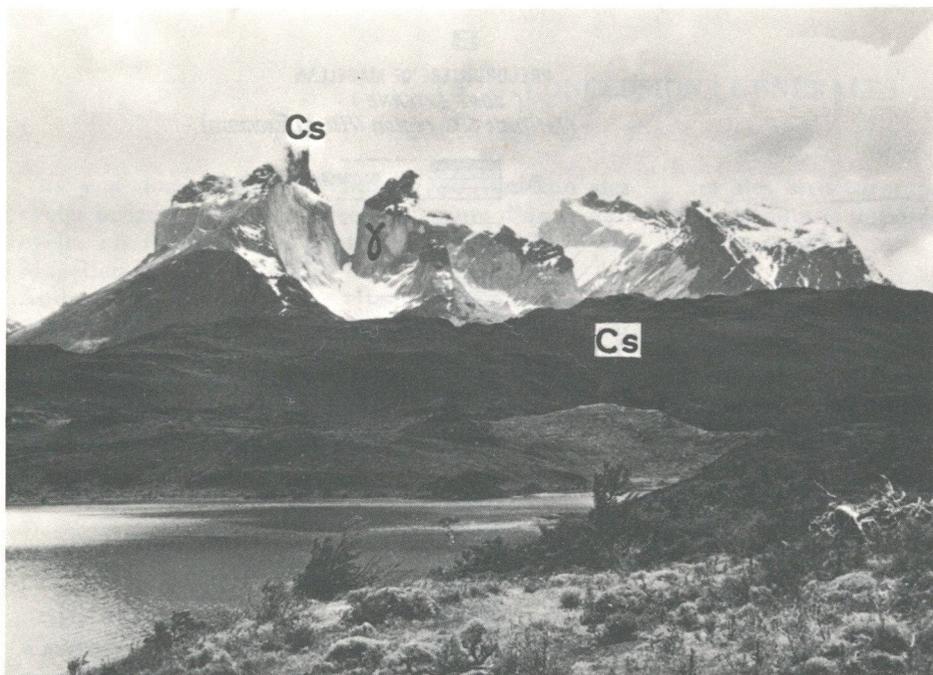


PHOTO 10. — Granites miocènes (γ, en blanc) intrusifs dans le flysch Crétacé supérieur (Cs, en noir, au premier plan et au sommet) dans la Cordillère de Magellan.

Cerro Paine (2 670 m), province d'Ultima Esperanza, Chili (l'Est est à droite, l'Ouest à gauche).

Planche hors-texte, profil J, tiers droit.

mation, voici l'échelle stratigraphique utilisée dans la province de Magellan.

Au-dessus de la Fm. « Tobifera » de plus de 1 000 m de conglomérats, grès, tufs et flux d'ignimbrites :

- l'Oxfordien-Kimméridgien avec 300 m de grès marque la base de la transgression et constitue la roche réservoir du pétrole de Magellan (Fm. Springhill);
- le Tithonique-Néocomien (Barrémien ?) correspond à une puissante (plus de 2 000 m) séquence rythmique de grès et lutites noires (Fm. Erezcano);
- l'Albien-Cénomaniens est représenté par plus de 500 m d'une alternance de puissants bancs gréseux à figures de base de banc (flute cast) et convolute-bedding, avec des niveaux peu épais de lutites (Fm. Punta Barrosa); ce qui lui confère un faciès de flysch gréseux;
- du Turonien au Campanien, se dépose une séquence de flyschs de plus de 1 000 m de puissance (Fm. Cerro Toro), marquée au Santonien par d'importants niveaux conglomératiques (m. Lago Sofia) témoins de la crise paroxysmale; les études de directions de courants ont montré des apports de l'Ouest et un transport vers le Nord (G. Cecioni, 1957; W. Zeil, 1958; R. Cortes, 1964; K.M. Scott, 1966);
- à la fin du Campanien et durant le Maestrichtien se déposent 2 000 m environ d'une série marno-gréseuse qui marque la fin de la sédimentation flysch et le début des molasses (Fm. Tres Pasos);
- le Maestrichtien supérieur correspond à 1 000 m environ de grès glauconieux massifs (Fm. Dorotea) se réduisant vers le Sud (Fm. Rocallosa);
- au début du Tertiaire, la sédimentation marine s'achève dans les provinces d'Ultima Esperanza et de Santa Cruz et passe à des dépôts continentaux (Fm. Río Turbio à charbon); plus au Sud, elle se poursuit jusqu'à la fin de l'Oligocène dans la région de Punta Arenas et jusqu'à

la fin du Miocène en Terre de Feu; au niveau de Punta Arenas, se succèdent ainsi :

- un Paléocène argilo-tuffacé (Fm. Chorrillo Chico et San Jorge) puissant de 700 m environ qui marque le passage à des faciès littoraux;
- un Eocène argileux gris, côtier, de faciès tranquille, épais de 2 000 m (Fm. Agua Fresca);
- un Oligocène gréseux de 1 500 m (Fm. Tres Brazos) qui passe à des faciès argileux vers le Sud (Fm. Lena Dura), tandis qu'une série de marnes à huitres opère le passage à des niveaux ligniteux lacustres (Fm. Loreto);
- un Miocène continental grés-conglomératique de 700 m d'épaisseur (Fm. El Salto), équivalent de la Fm. Filaret marine de la Terre de Feu;
- le Pliocène enfin à faciès continental de tufs et cailloutis (Fm. Palomares) est discordant sur les ensembles antérieurs.

## 2) Les zones internes (fig. 12 A).

Dans les zones internes, on connaît des séries allant du Jurassique supérieur au Pliocène. Il ne semble donc pas qu'elles aient commencé avant le Jurassique supérieur, de telle sorte que si l'on doit chercher une surrection liée à la phase araucane, il doit s'agir de zones encore plus internes; ou alors le système de Magellan dans son entier ne commence qu'avec le Jurassique supérieur. Mais cette conclusion est tout à fait provisoire et discutable: elle est à la merci de la découverte de séries plus complètes.

Trois formations ont été décrites :

- du Jurassique supérieur au Crétacé moyen, sans qu'on

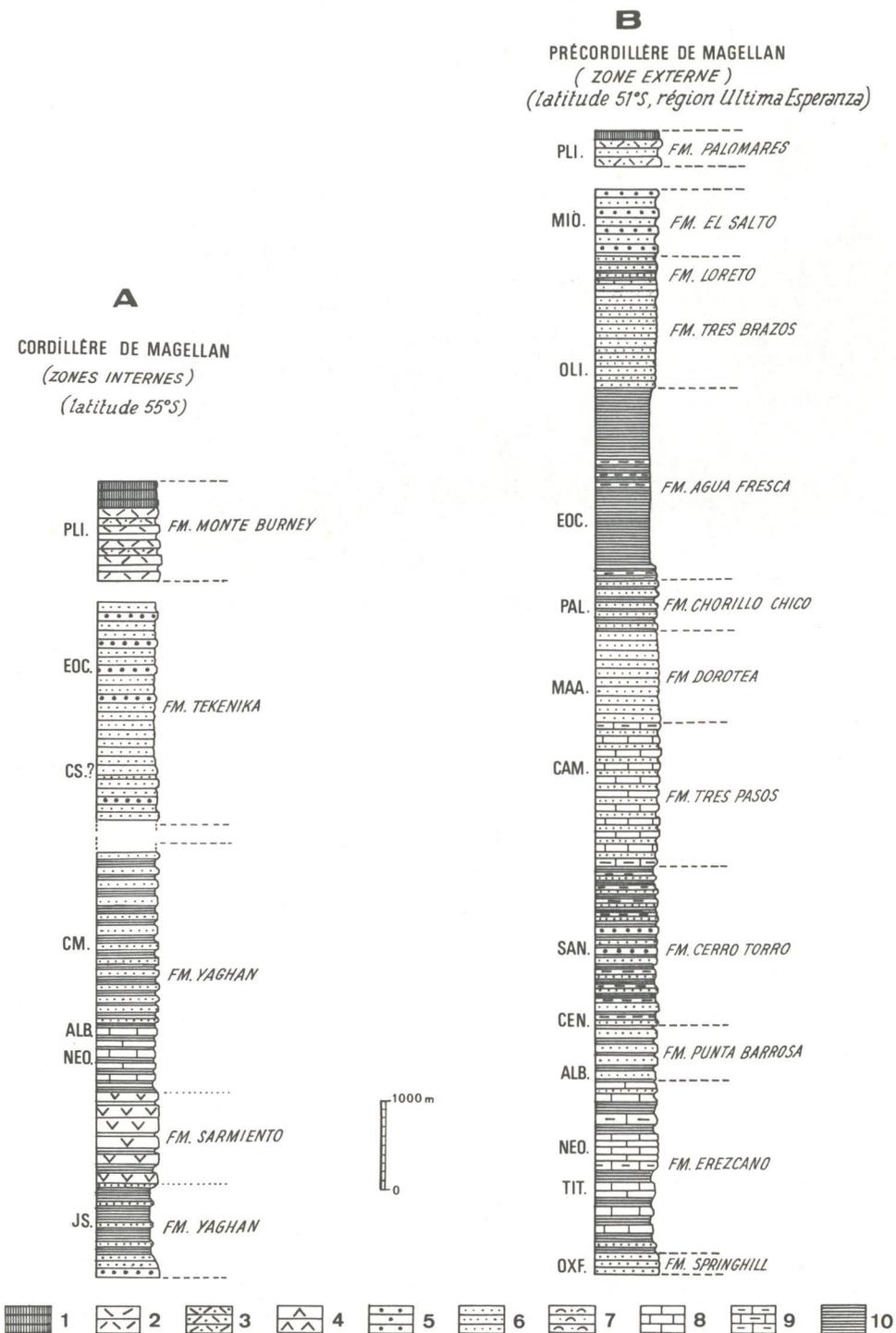


FIGURE 12

Quelques colonnes stratigraphiques caractéristiques du Bassin de Magellan.

12 A, faciès internes; 12 B, faciès externes.

1, basaltes; 2, andésites; 3, tufs andésitiques; 4, roches vertes; 5, conglomérats; 6, grès; 7, grès coquilliers; 8, calcaires; 9, marnes; 10, pélites.

en connaisse le sommet, la formation Yahgan qui, elle-même, comprend deux parties :

- à la partie inférieure, au-dessus de conglomérats et grès de base transgressifs sur le Tobifera (M. Suarez, 1971), une puissante série de plus de 3 000 m de schistes et grauwackes intercalés d'importantes coulées de pillow-lavas (Fm. Sarmiento);
- à la partie supérieure, des marno-calcaires qui ont fourni quelques faunes du Néocomien (H.R. Katz et W.A. Watters, 1966; M. Suarez, 1971) et des faciès marno-gréseux de type flysch de l'Aptien-Albien dont on ne connaît pas le sommet.

Cette série est fortement tectonisée et métamorphisée; Les pillow-lavas infra-tithoniques sont sa grande originalité.

- au Crétacé supérieur et Tertiaire inférieur, la formation Tekenika, représentée par une puissante série de grès tendres, massivement stratifiés, intercalés de conglomérats; le faciès est celui de molasses, ici discordantes sur les terrains antérieurs. Il ne paraît pas que cette formation dépasse l'Eocène: c'est donc une molasse d'intra-fosse relativement ancienne (R. Charrier et J.C. Vicente, 1970);
- au Pliocène, en discordance, une série de tufs volcaniques surmontée de puissantes coulées de basaltes liées à des appareils dont certains sont encore fonctionnels (Fm. Cabo Holland, G. Cecioni, 1961b; Fm. Monte Burney, M. Suarez, 1971).

De grandes différences se manifestent donc par rapport aux zones externes: puissantes intercalations de pillow-lavas dans le Jurassique supérieur; discordance des formations molassiques limitées au Crétacé supérieur-Paléocène (ce qui confirme l'importance de la phase méso(supra?)-crétacée); métamorphisme à glaucophane et stilpnomélane de la formation Yahgan, d'âge crétacé (M. Halpern, 1967).

On sait que ce minéral, qui caractérise un métamorphisme de haute pression et de basse température, est particulièrement répandu au cours du cycle alpin au point qu'on a pu en faire un minéral index du métamorphisme alpin (cf. De Roeber, Van der Plas, etc.): on notera qu'ici son âge est relativement ancien puisqu'il est lié à la phase méso(supra?)-crétacée: il est vrai que dans le domaine alpin proprement dit, divers indices existent d'un métamorphisme à glaucophane relativement ancien. De toute façon, la part n'est pas encore faite ici de ce qui est attribuable au cycle paléozoïque et au cycle andin dans ces séries métamorphiques.

Enfin, on rencontre dans ces zones internes de très vastes batholites granitiques. Là encore, il faut faire la part de ce qui relève du Paléozoïque et du cycle andin; cependant, divers granites ont pu être datés et beaucoup d'entre eux sont attribuables au Crétacé supérieur (granites « subhercyniens » et laramiens); on remarquera qu'ils sont plus anciens que ceux qui traversent les séries sédimentaires externes, qui sont miocènes (cf. *supra*)

Bref, il ne s'agit pas du tout de séries internes de type andin: en lieu et place des puissantes séries andésiques des zones internes du bassin andin, existent ici des pillow-lavas qui ne forment pas un cortège ophiolitique complet, mais en sont l'indication précise; aux phases orogéniques sont liés, non des épisodes continentaux de Grès Rouges, mais des faciès bien caractéristiques, flyschs à partir de l'Aptien-Albien (phase mésocrétacée), molasses dans l'Eocène (phase laramienne), mais molasses marines. *Dans les zones internes comme dans les zones externes, les affinités du système de Magellan sont avec les chaînes alpines et non les chaînes andines.*

### 3) Tectonique (Planche hors texte).

D'une manière générale, la tectonique s'accroît de la Patagonie australe à la Terre de Feu: les mêmes structures, simples lorsqu'elles sont de direction axiale N-S (Patagonie), deviennent complexes en prenant des directions W-E (Terre de Feu). *Tout se passe comme si la Cordillère patagonienne représentait l'enracinement axial du système de Magellan.*

La tectonique des zones internes est généralement mal connue; cependant, on y a décrit une tectonique ployante relativement simple dans les secteurs où une analyse stratigraphique en est possible, c'est-à-dire dans la partie la plus proche des zones externes. Mais on ne saurait généraliser ces observations et dire qu'il s'agit là d'un style représentatif de l'ensemble des zones internes.

*Les zones internes chevauchent les zones externes*, tant en Patagonie australe qu'en Terre de Feu; il s'agit d'un chevauchement de socle amenant généralement le Tobifera sur le Crétacé et s'accompagnant du développement d'une schistosité de fractures parallèle au plan du chevauchement. En Patagonie, il s'agit d'une série de failles inverses, fortement pentées, qui se relaient les unes les autres; le chevauchement tend à se coucher à l'horizontale en Terre de Feu.

*Dans les zones externes*, on rencontre un système de plis simples en Patagonie australe qui se déversent et se couchent en Terre de Feu. En Patagonie, ce système de plis s'amortit progressivement et se raccorde sans accident au Miocène horizontal recouvrant l'avant-pays; cette simplicité disparaît en Terre de Feu où l'ensemble des zones externes chevauchent horizontalement l'avant-fosse molassique; celle-ci est d'ailleurs, en avant du chevauchement, déformée par des plis de couverture qui s'atténuent progressivement pour passer au Miocène horizontal de l'avant-pays.

*En résumé, on observe en Terre de Feu deux chevauchements principaux, celui des zones internes sur les zones externes, celui des zones externes sur l'avant-fosse molassique, elle-même légèrement froncée en plis de couverture; le chevauchement frontal interne s'enracine en Patagonie australe dans un système de failles inverses qui se relaient mutuellement. Enfin, plus à l'arrière reste à mettre en évidence dans l'avenir une probable nappe de la formation de Yaghan avec ses diverticulatons et à éclairer ainsi la paléogéographie.*

L'âge de ces structures est plus ou moins connu : le chevauchement externe est, à l'évidence, fini-miocène; mais le chevauchement frontal interne pourrait être laramien encore que cela ne soit pas certain.

L'habitude néotectonique plio-quadernaire (failles en extension) est superposée aux structures précédentes; mais elle est beaucoup moins marquée que dans la Cordillère des Andes proprement dite : rien, ici, ne rappelle la Précordillère de Mendoza<sup>28</sup>.

#### 4) Conclusion.

La brève description qui vient d'être donnée montre que le système de Magellan évoque le système alpin ainsi que nombre d'auteurs l'ont exprimé (E.H. Kranck, 1932; H. Fuenzalida, 1961; G. Cecioni, 1961). Certes, ce n'est pas les Alpes ou telle chaîne alpine particulière; mais c'est l'ambiance alpine; ce n'est pas l'ambiance andine. Il ne faut d'ailleurs pas oublier que, si la Patagonie représente l'enracinement axial du système de Magellan, celui-ci, dans son ensemble, peut avoir le sens d'enracinement axial du système des Antilles australes dont la complexité est peut-être aussi grande que celle d'une chaîne alpine classique; mais peu émerge des eaux de l'Atlantique méridionale et, de toute manière, peu en a été étudié. Il ne faut pas oublier non plus que les études précises manquent sur les zones internes qui pourraient révéler une complication structurale beaucoup plus grande que celle admise sur les quelques données connues jusqu'à maintenant.

Le système austral paraît correspondre à une chaîne géosynclinale : le Jurassique supérieur-Crétacé inférieur y correspond à la période géosynclinale, le Crétacé supérieur, le Paléogène et le Miocène à la période tardigéosynclinale, le Plio-

cène et le Quaternaire à la période postgéosynclinale; pendant la période géosynclinale, s'opposent des zones externes miogéosynclinales et des zones internes eugéosynclinales. L'ensemble des caractères des différentes zones et des différentes périodes correspond en effet à ce qu'on retient généralement pour définir l'organisation et l'évolution des chaînes géosynclinales (cf. J. Aubouin, 1961, 1965).

On remarquera que la chronologie orogénique de la Cordillère de Magellan est analogue à celle retenue pour les Andes proprement dites (R. Charrier et J.C. Vicente, 1970); il est vrai que cette chronologie paraît très générale et qu'on la rencontre également dans les chaînes du système mésogéen (cf. p. 61). Cependant, si l'on peut distinguer deux sous-périodes dans la période liminaire du bassin andin, on n'en peut distinguer qu'une dans la période géosynclinale du système de Magellan; la première y manque (Trias supérieur-Oxfordien). Pour être de nature géosynclinale, le système de Magellan s'individualise tardivement.

#### b) La Cordillère patagonienne : le relais des Andes par le système austral (de Magellan).

Comme la Cordillère de Magellan, la Cordillère patagonienne est plus ou moins bien connue : la partie orientale, en bordure de la Patagonie, a été beaucoup plus étudiée que la partie occidentale en partie sous les glaces, en partie développée dans un archipel relativement inextricable. Cependant, quelques traits fondamentaux se dégagent qui permettent, sinon d'en trancher le problème, tout au moins de le poser.

##### 1) Le relais paléogéographique.

1. *Au Secondaire* (fig. 5 et 7), il ne paraît y avoir aucune relation entre le bassin andin et le bassin de Magellan qui demeurent séparés par la dorsale de Concepcion (ou de Chubut) qui, partie de la Cordillère côtière du Chili, vient se fondre dans l'avant-pays patagonien au niveau du massif de Nahuel Huapi. Aucun dépôt marin secondaire post-triasique n'est en effet connu actuellement sur cette dorsale; en outre, les faciès deviennent littoraux dans la partie méridionale du bassin andin externe (Neuquen) : ce n'est pas une simple absence d'affleurements qui marque la dorsale de Concepcion. D'ailleurs, dans la région de Concepcion même, le Maestrichtien marin vient s'appuyer directement sur le socle (cf. *infra*); et, dans la région de Bariloche, le Paléogène (cf. *supra*, p. 33).

28. Cependant, on parle de Précordillère dans le système de Magellan : en fait, il s'agit, soit de la Cuesta faisant front à l'Ouest de l'avant-fosse molassique (Patagonie australe), soit des froncements de couverture existant dans celle-ci (Terre de Feu).

Dans la mesure où la dorsale de Concepcion apparaît à l'arrière du bassin andin, il en résulte que le système de Magellan est plus interne que le système andin : le système de Magellan relaie les Andes par l'arrière.

Dans le détail, on doit distinguer les ensembles stratigraphiques mis en évidence tant dans l'histoire du bassin andin que dans celle du bassin de Magellan :

— jusqu'à l'Oxfordien, rappelons-le, rien n'est connu du système de Magellan, au moins pour ses zones externes; rien n'en est connu non plus dans la Cordillère patagonienne au Sud de la dorsale de Concepcion<sup>29</sup>;

— de l'Oxfordien supérieur au Barrémien, il y a claire séparation : ces niveaux ne sont pas connus sur la dorsale de Concepcion. Au-delà de la dorsale, les faciès de Magellan apparaissent dès la province de Chiloë (Alto Palena) et celle d'Aisen où la formation Coihaïque, représentée par des marno-calcaires noirs d'âge Tithonique-Néocomien (faune d'Ammonites), évoque la formation Erezcano du système de Magellan. Cette formation Coihaïque repose directement sur des rhyolites équivalentes du Tobifera : ainsi est confirmée l'absence des terrains de la première sous-période<sup>30</sup>;

— au Crétacé moyen et supérieur, la situation est inverse de ce qu'elle était lors de la première sous-période : cette fois-ci, c'est le bassin de Magellan qui comporte des séries marines tandis que le bassin andin se remplit de formations continentales; le problème d'une liaison entre l'un et l'autre va se poser donc, mais d'une manière inverse. Les faciès de Magellan apparaissent beaucoup plus au Sud que pour l'Oxfordien supérieur-Barrémien : en Aisen, au-dessus de la formation Coihaïque Tithonique-Crétacé inférieur, est décrite une formation Dividasero représentée par des grès continentaux intercalés d'andésites; il pourrait

29. Cependant, dans l'extrême Nord de la Cordillère patagonienne, au pied de la Cordillère, en bordure de l'avant-pays, on attribue au Lias marin certaines formations de grauwackes andésitiques (formation Piltriquitron de la région d'El Bolson, par exemple — cf. C. S. Petersen et F. Gonzalez-Bonorino, 1947).

Si leur âge était confirmé, ces formations représenteraient probablement l'aboutissement des zones internes du bassin andin alors que celui-ci se termine et s'épanouit sur l'avant-pays patagonien où d'ailleurs sont connus des niveaux comparables (région de Tecka, Nueva Lubecka etc.

30. Le Lias (?) et le Jurassique moyen marins de Patagonie (cf. note précédente) sont donc bien en avant du système de Magellan qui en est dépourvu. La liaison de ces faciès est donc bien avec le bassin andin; et s'il y a eu communication de celui-ci avec l'Atlantique sud, celle-ci était *en avant* du futur système de Magellan.

s'agir là de l'épanouissement des faciès andins internes du Crétacé supérieur en direction de l'avant-pays patagonien. Cependant, cette formation Dividasero n'est pas datée et elle pourrait être plus récente, tertiaire par exemple; dans ce cas, il n'y aurait pas de Crétacé supérieur au-dessus du Tithonique-Néocomien en Chiloë continental; ce qui rejoint notre propos. De toute façon, ce n'est qu'en Ultima Esperanza (Chili) et Santa Cruz (Argentine) qu'apparaît le Crétacé moyen-supérieur à faciès flysch du système de Magellan.

Le problème des formations maestrichtiennes et paléogènes de Concepcion-Lota se pose ici de nouveau (cf. p. 32-33). Maestrichtien de Concepcion-Arauco (Steinmann) directement transgressif sur le socle ancien qui a été retrouvé à l'extrême base de la formation de Navidad non loin de Valparaíso (fig. 7); Paléogène de Lota surmontant ce Maestrichtien, célèbre par ses gisements de charbon. Leur situation est celle d'une arrière-fosse (J. Doubinger, M.C. Lopez et J.V. Vicente, 1972) dont les terrains sont transgressifs sur le bord interne du bassin andin (Navidad) et sur la dorsale à l'arrière de celui-ci (Tomé) : elles prendraient donc place dans une arrière-fosse molassique (tardiliminaire) la plus anciennement individualisée dans le système andin. C'est l'interprétation que nous avons rapportée p. 32-33.

Cependant, se pose la question d'une éventuelle liaison de ces faciès marins avec ceux du système de Magellan. Dans ce cas, notre première conclusion serait infirmée et, bien au contraire, les faciès crétacés supérieurs de Magellan commenceraient beaucoup plus au Nord; notons que, entre autres, à Magellan aussi, les molasses commencent avec le Maestrichtien même si le faciès en est quelque peu différent. La réponse à cette question est dans les provinces de Chiloë et d'Aisen.

2. *Au Tertiaire*, les problèmes sont semblables.

Au *Paléogène* (fig. 8), la gouttière tardiandine de Farellones s'ouvre dans les faciès marins volcanogènes du Paléogène patagon. Les relations de celui-ci avec le Paléogène de Magellan ne sont pas connues avec certitude faute d'affleurements sur une vaste portion de la Cordillère; d'autant plus que les faciès sont différents<sup>31</sup>.

Des problèmes analogues se posent sur le *Miocène* (fig. 9). Nous avons vu que les formations

31. Quoi qu'il en soit des relations avec celui de la Patagonie septentrionale qui s'avance, en provenance de l'Atlantique, jusqu'à lécher le pied des Andes proprement dites au point d'être pris dans la tectonique la plus externe de celle-ci (région du Río Attuel, près de Malargüe). Ces questions sortent d'ailleurs du problème des Andes proprement dites et concernent plus exactement les transgressions atlantiques épicontinentales sur le canton patagonien (fig. 7).

continentales du sillon périandin pourraient — mais sans certitude — passer axialement aux formations marines de la Patagonie centrale dès Bariloche (formation patagonienne de grès tendres intercalés d'andésites). Les liaisons de ce « Patagonien » avec le Miocène de Magellan ne sont pas évidentes non plus : il se pourrait que la gouttière miocène marine, qui sert d'avant-fosse au système de Magellan, soit ainsi en relation avec la gouttière miocène continentale qui sert d'avant-fosse aux Andes proprement dites par l'intermédiaire de la formation patagonienne; mais cela n'est pas certain. De toute manière, la Patagonie centrale et méridionale est recouverte de séries miocènes continentales datées par d'abondants restes de Mammifères.

Le Pliocène (fig. 10) est continental sur la Patagonie où il comporte de vastes coulées de basaltes formant d'immenses plateaux (ce sont des basaltes des plateaux en quelque sorte); quelques volcans existent aussi sur la Cordillère patagonienne mais ils y sont plus rares que dans la partie méridionale des Andes proprement dites. *A priori*, on pourrait attendre du Pliocène marin, çà et là dans les archipels occidentaux comme ailleurs à la côte du Pacifique; mais on n'en a pas d'indications jusqu'à maintenant. La vallée centrale du Chili comporte du Pliocène continental jusqu'à Puerto-Montt; elle paraît se poursuivre par le golfe de Corcovado qui sépare l'île du Chiloë du continent; plus au Sud, elle n'existe plus. De toute manière, cela montre que la transgression sur les archipels est essentiellement quaternaire.

Pendant le Quaternaire, le fait dominant est évidemment la glaciation patagonienne qui a largement débordé la Cordillère et modelé tout le pays : les fjords — appelés ici Seno — y sont innombrables : le détroit de Magellan, le canal de Beagle en sont des exemples. Il est probable que la transgression qui a déterminé les archipels est en partie postglaciaire et qu'elle est susceptible d'une analyse comparable à celle faite dans les régions scandinaves en fonction des réajustements isostatiques.

3. *Dans l'ensemble donc, le système de Magellan est paléogéographiquement indépendant du système andin et paraît relayer celui-ci par l'arrière.* Cependant, outre le problème des relations Andes-Magellan, se pose celui des relations avec les transgressions épicontinentales recouvrant la Patagonie et provenant de l'Atlantique méridional d'individualisation relativement précoce : les choses sont évidemment d'analyse plus délicate qu'au niveau du système andin proprement dit où l'avant-pays a valeur de continent émergé du début à la fin du cycle andin.

## 2) *Le relais tectonique* (Planche hors-texte).

Si, dans le système de Magellan comme dans le système andin, les zones internes chevauchent les zones externes, il n'y a pas de relation entre l'un et l'autre chevauchement. Si le destin vers le Sud du chevauchement des zones andines internes est incertain en raison de la couverture volcanique, nous avons vu que, vers le Nord, celui des zones magellaniennes internes se résolvait en un système de failles inverse correspondant à un enracinement axial global. De toute façon, aucun accident de cette nature ne traverse la dorsale de Concepcion.

D'ailleurs, *dans la province d'Aisen*, la structure andine est réduite au minimum : là, les séries secondaires et tertiaires dessinent un simple monoclin à plongement Est, de 10° en moyenne (profil Puerto Aisen - Coihaique par exemple (Planche hors-texte I); *il n'y a plus de Cordillère ni des Andes, ni de Magellan au sens structural*; le relief est simplement dû à la surrection du Miocène supérieur et à la retouche plio-quaternaire. *A grande échelle, la Cordillère patagonienne doit correspondre à l'enracinement total du système de Magellan, à l'arrière des Andes.*

La néotectonique de faille plio-quaternaire est présente partout : elle est plus marquée d'ailleurs que dans le système de Magellan et, assez souvent, détermine dans les formations tertiaires du bord patagonien une sorte de Précordillère — comme dans la région d'Esquel — qui n'a cependant ni la nature, ni l'ampleur, ni l'altitude de celle de Mendoza. On notera cependant qu'en face de cette Précordillère patagonienne le volcanisme est rare dans la Cordillère, comme il l'était au niveau de Mendoza.

## 3) *Conclusion.*

Il ne semble donc pas y avoir de relation entre le système andin proprement dit et le système de Magellan, ce dernier relayant le premier par l'arrière. Il y a tout un secteur où il n'y a pas de Cordillère, soit au sens paléogéographique — là où la dorsale de Concepcion croise la Cordillère (Nahuel Huapi) — soit au sens structural — là où le système de Magellan n'a pas encore commencé (Aisen) : là, les reliefs doivent tout aux mouvements miocènes et plio-quaternaires qui assurent la continuité géographique du bourrelet montagneux quelle que soit la nature de celui-ci.

Bien des problèmes demeurent quant à ce relais sud-argentin : la Cordillère patagonienne est une des régions privilégiées pour l'étude des relations entre les chaînes liminaires et les chaînes géosynclinales.

## III. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

*Il y a donc Andes et Andes* : en fonction des cycles orogéniques superposés; au cours d'un même cycle, en fonction des secteurs, la Cordillère de Magellan étant différente de la Cordillère des Andes proprement dite, elle-même divisible en Andes méridionales et Andes centrales. Toutes ces distinctions étant faites en fonction des paléogéographies et tectoniques superposées dont seule la conception permet la comparaison avec les chaînes géosynclinales de type alpin.

## 1. LES CYCLES OROGÉNIQUES SUPERPOSÉS.

Il y a donc des Andes assyntiques, hercyniennes, « andines »; toutes réserves étant faites sur le cycle calédonien.

Seules les Andes « andines » sont originales et caractérisent un type de chaîne que nous avons proposé d'appeler *liminaire* en reprenant le terme d'E. Argand (cf. J. Aubouin et A.V. Borello, 1966, 1970; J. Aubouin, 1972). Les faciès du Paléozoïque et du Précambrien sont par contre assez banaux : le Paléozoïque andin n'a rien de bien particulier par rapport au Paléozoïque européen par exemple.

Les relations paléogéographiques et structurales entre ces cycles orogéniques successifs sont telles que les Andes méridionales « andines » n'héritent pas des Andes hercyniennes et, *a fortiori*, encore moins des Andes assyntiques : les terrains préandins, précambriens et paléozoïques, constituent le socle des Andes, sans plus. Cependant, la distinction est beaucoup moins claire pour les Andes centrales du Pérou et de Bolivie; là, les directions hercyniennes sont pratiquement parallèles aux directions andines, les unes et les autres SE-NW; la distinction socle-couverture y est rendue d'autant plus délicate. C'est à la direction N-S des Andes méridionales que l'on doit la claire distinction des cycles orogéniques superposés.

## 2. LES RELAIS PALÉOGÉOGRAPHIQUES ET STRUCTURAUX : LE RELAIS GÉOSYNCLINAL PAR L'ARRIÈRE.

Sur leurs 4 000 km de longueur, les Andes méridionales *lato sensu* changent axialement en fonction de l'obliquité générale de la paléogéographie

et des structures par rapport aux directions géographiques imposées par la néotectonique plio-quaternaire.

Deux relais se manifestent ainsi, chaque fois marqués par l'entrée dans la Cordillère de dorsales de socle issues de l'avant-pays :

— au Nord, la dorsale *Calchaqui* qui sert d'avant-pays au bassin andin et sépare celui-ci du bassin subandin. Ce *relais nord-argentin* n'introduit qu'une modalité dans une chaîne qui reste liminaire : des Andes méridionales issues du seul bassin andin, on passe aux Andes septentrionales qui s'adjoignent le bassin subandin. Les formations du bassin andin passent dans la seule Cordillère occidentale du Pérou, tandis que celles du bassin subandin englobent la Cordillère orientale et les Sierras subandines en grande partie formées de substratum préandin. Quoi qu'il en soit du détail, les Andes centrales relaient les Andes méridionales par l'avant;

— au Sud, la dorsale de *Concepcion* ou du *Chubut*, arrière-pays du bassin andin, qui sépare celui-ci du bassin de Magellan. Ce *relais patagonien*, introduit un changement fondamental, en ceci que l'on passe d'une chaîne liminaire à une chaîne géosynclinale. Quoi qu'il en soit du détail, la Cordillère de Magellan relaie la Cordillère des Andes par l'arrière.

Soit, en généralisant : la chaîne géosynclinale de Magellan relaie la chaîne liminaire des Andes par l'arrière.

Or, telle paraît bien la situation plus au Nord, au niveau de la transversale Huancabamba où la Cordillère d'Equateur-Colombie relaie les Andes centrales et assure le passage à la Cordillère caraïbe du Vénézuéla, équivalente de la Cordillère de Magellan. Les formations crétaées à faciès flysch apparaissent par l'Ouest dès le Nord du Pérou et s'avancent en Equateur vers l'Est d'abord dans la Cordillère occidentale puis dans la Cordillère orientale de Colombie et, de là, au Vénézuéla. De même, les ophiolites apparaissent dans la Cordillère occidentale de Colombie et se développent au-delà.

Il semble d'ailleurs qu'il en soit de même à l'autre extrémité de l'arc des Antilles tropicales aux confins du Mexique et de la Californie où apparaissent (venant des U.S.A.) les ophiolites (système franciscain dans la Cordillère côtière, et de

là dans la péninsule de Basse Californie et les flyschs d'âge Crétacé (dans la Cordillère côtière, et de là, dans la Sierra Madre orientale).

Il semble donc bien que, d'une manière générale, les chaînes liminaires soient relayées par les chaînes géosynclinales par l'arrière.

Revenons à la seule Cordillère du continent sud-américain; celle-ci s'organise donc symétriquement de part et d'autre des Andes liminaires ainsi que nous l'avons déjà évoqué (cf. J. Aubouin et A.V. Borello, 1966, 1970; J.C. Vicente, 1970; J. Butterlin, 1971). La Cordillère de Magellan se trouve ainsi équivalente de la Cordillère caraïbe du Vénézuéla : toutes deux géosynclinales, elles représentent l'une et l'autre le début d'arcs insulaires respectivement des Antilles australes et des Antilles tropicales. La Cordillère patagonienne correspond à la Cordillère d'Equateur-Colombie : toutes deux représentent la transition entre les Andes liminaires et les chaînes géosynclinales distales, le relais géosynclinal se faisant par l'arrière. Quant aux Andes liminaires proprement dites, elles comprennent deux secteurs : un secteur chilo-argentin issu du développement du seul bassin andin et un système péruvo-bolivien caractérisé par l'adjonction du bassin subandin. Dans cet esprit, la transversale de Huancabamba est équivalente de la transversale de Bariloche, l'une et l'autre situant le relais des Andes liminaires par des Cordillères géosynclinales; au relais sud-argentin (ou patagonien) répondrait ainsi le relais équatorien.

On pourrait évidemment se poser la question d'un éventuel prolongement du bassin de Magellan vers le Nord jusqu'à rejoindre le bassin de la Cordillère d'Equateur-Colombie. Outre qu'il s'agirait là d'une extrapolation hardie, rien dans les données de l'océanographie ne justifie une telle interprétation. Et, de toute façon, s'il devait en être ainsi, le dispositif réalisé dans les Andes proprement dites n'en serait pas moins très original (cf. *infra*)<sup>32</sup>.

32. On dit en effet parfois que s'il n'y a pas de chaîne proprement géosynclinale à l'Ouest du continent sud-américain — sauf, comme nous venons de voir, aux deux extrémités — c'est parce que celui-ci passe au large. Et on invoque généralement les fosses marginales d'Amérique du Sud, fosse d'Atacama et autres. Outre que ceci fait bon marché de l'obliquité paléogéographique par rapport à la direction de ces fosses, au moins dans les Andes méridionales, les études océanographiques récentes ont montré que celle-ci étaient en fait des fossés en extension, donc probablement liés à la néotectonique plio-quadernaire.

Cependant, en suivant la théorie des plaques, on pourrait admettre que cet éventuel bassin a été complètement entraîné sous la Cordillère par la subduction péripacifique, alimentant ainsi le magmatisme andésique. C'est comme on le sait, l'interprétation proposée pour le destin des séries franciscaines au-delà de la Californie.

### 3. CHAÎNES GÉOSYNCLINALES ET CHAÎNES LIMINAIRES.

Nous avons été ainsi conduits à noter l'originalité de la Cordillère des Andes proprement dite (à l'exclusion de la Cordillère de Magellan, de la Cordillère caraïbe et des zones transitionnelles de Patagonie et d'Equateur-Colombie), exemple des chaînes liminaires par rapport aux chaînes géosynclinales d'après l'exemple des chaînes alpines du domaine méditerranéen (J. Aubouin et A.V. Borello, 1966, 1970; J. Aubouin, 1972).

La différence n'est pas dans la chronologie : dans les unes comme dans les autres, se succèdent des périodes de signification semblable accompagnées d'événements comparables. Dans le détail, la chronologie orogénique est voisine bien qu'on ait longtemps considéré les chaînes andines comme de formation plus ancienne que les chaînes alpines. C'était négliger dans les chaînes andines les phases les plus récentes relativement méconnues, notamment l'importante phase de compression finimiocène, et dans les chaînes géosynclinales méso-géennes les phases les plus anciennes : ce n'est que récemment, qu'outre la phase du Crétacé moyen connue depuis longtemps dans les Alpes orientales, on a découvert une phase dans le Jurassique supérieur, marquée presque partout par l'apparition du faciès flysch dès le Tithonique dans les zones les plus internes.

Aussi, avons-nous pu distinguer successivement des périodes liminaire, tardiliminaire, postliminaire aux mêmes caractéristiques que leurs équivalents, les périodes géosynclinale, tardigéosynclinale, postgéosynclinale; et, dans la période liminaire, reconnaître, deux sous-périodes, respectivement Trias-Jurassique supérieur, Jurassique supérieur-Crétacé moyen, le Crétacé supérieur appartenant précocement à la période tardiliminaire.

La différence n'est pas dans la polarité des chaînes. Dans les unes comme les autres, s'opposent : des zones internes aux séries sédimentaires intercalées de masses volcaniques importantes, toujours sous-marines dans un cas (chaînes géosynclinales), sous-marines ou non dans l'autre (chaînes liminaires), précocement tectonisées, précocement granitisées; des zones externes aux séries sédimentaires dépourvues d'intercalations volcaniques, tardivement tectonisées, tardivement ou non granitisées. Tandis que, dans les unes comme les autres, les structures sont déversées vers l'extérieur. Ainsi avons-nous proposé de distinguer des zones mioliminaires externes, en bordure de l'avant-pays et des zones euliminaires internes

respectivement correspondantes des zones miogéosynclinales et eugéosynclinales.

*La différence n'est pas dans la période post-liminaire-postgéosynclinale* : l'une et l'autre correspondent au Plio-Quaternaire, à une tectonique de faille en extension — c'est l'aspect Néotectonique de ces chaînes — accompagnée de la sédimentation de puissantes séries molassiques dans les fossés ainsi créés — ce sont des Néomolasses (A.V. Borrello, 1969) — et d'un Néovolcanisme à prédominance basaltique. L'importance relative de ces phénomènes a pu paraître différente dans les chaînes liminaires et les chaînes géosynclinales; mais c'était parce que l'on sous-estimait la tectonique de faille dans les chaînes géosynclinales alors qu'on la surestimait dans les chaînes liminaires; et parce que la pauvreté volcanique des chaînes de la Méditerranée occidentale — alors toujours prise pour modèle — n'est pas représentative de ce qui s'observe dans l'ensemble du système mésogéen.

*La différence n'est pas non plus dans la période tardiliminaire-tardigéosynclinale*. L'une et l'autre sont caractérisées par le développement de *fosses molassiques* : précoces, volcanogènes (trachyandésites), traversées de granodiorites dans les parties interne (arrière-fosse, intra-fosse); tardives, non volcanogènes, généralement non traversées de granodiorites dans les parties externes (avant-fosse). Des plis de fond à grand rayon de courbure affectent ces différentes séries; plus particulièrement, à la fin du Miocène, des déformations importantes se placent à la limite externe de la chaîne qui chevauche son avant-fosse; le tout s'achève par un bombement général de la chaîne, qui préfigure celle-ci dans la position qu'elle occupe actuellement.

*Les différences concernent la période liminaire-géosynclinale*. Elles portent sur :

— la *sédimentation*, toujours marine dans les chaînes géosynclinales, coupée d'importants épisodes continentaux dans les chaînes liminaires. Il s'ensuit des différences de faciès remarquables : chaque période orogénique se traduit, en domaine liminaire par des niveaux continentaux de grès et de marnes rouges, dans les chaînes géosynclinales par des flyschs, faciès détritiques marins. *Les chaînes géosynclinales sont des chaînes flysch, les chaînes liminaires, non*<sup>33</sup>. Dans une certaine mesure, les grès rouges qui tiennent la place du flysch ont l'aspect de molasses continentales; c'est

ce qui nous avait conduits à opposer les « chaînes à flysch » (géosynclinales) et les « chaînes à molasses » (liminaires) (cf. J. Aubouin et A.V. Borrello, 1966).

— le *magmatisme synsédimentaire* : dans les chaînes géosynclinales, ce sont les puissantes masses ultrabasiqes du cortège ophiolitique sous-marin dans les zones eugéosynclinales; dans les chaînes liminaires, les ophiolites manquent mais, en lieu et place, se développent d'impressionnantes séries volcanogènes à dominance andésitique, marines ou non;

— la *tectonique* : aux puissantes nappes de charriage des chaînes géosynclinales, nappes de socle ou nappes de couverture, correspondent dans les chaînes liminaires des déformations de moindre ampleur : certes, on y connaît des décollements de couverture, des chevauchements de socle, mais aucun d'entre eux n'y atteint la dimension des nappes alpines parties loin en avant de leur bassin paléogéographique d'origine. *Les chaînes géosynclinales sont charriées, les chaînes liminaires, non*;

— le *métamorphisme* : les chaînes géosynclinales sont caractérisées par le développement d'un métamorphisme de haute pression-basse température, de type schistes verts à glaucophane et lawsonite, métamorphisme de position interne qui affecte les unités tectoniques en cours de formation ou déjà formées (métamorphisme syn- à tarditectonique). Il affecte ainsi les unités issues du domaine eugéosynclinal et s'avance plus ou moins loin vers l'extérieur sur celles issues du domaine miogéosynclinal : c'est un « métamorphisme de position ». Rien de semblable n'existe dans les chaînes liminaires : on y reconnaît évidemment le métamorphisme de contact au voisinage des plutons granitiques et granodioritiques; on y connaît aussi le métamorphisme de faciès zéolithique (Lauromontite, Prehnite, Pumpellyite — métamorphisme dit d'enfouissement —) dans la base de puissantes séries volcanogènes internes (B. Lévi, 1970); mais pas le faciès Lawsonite-glaucophane caractéristique du métamorphisme géosynclinal.

On a souvent considéré que chaînes liminaires et chaînes géosynclinales s'opposaient aussi par l'intensité de la *granitisation*, très puissante ici (chaînes andines : il est vrai que les batholites côtiers sont immenses), réduite là (chaînes alpines). Mais cette opposition n'est pas aussi marquée : les chaînes de la Méditerranée occidentale qui ont longtemps servi de référence, dépourvues de leurs zones internes détruites par la Néotectonique plio-quaternaire au profit de la Méditerranée, ne donnent qu'un assez mauvais exemple; en Méditerranée orientale où ces zones internes

33. La formation liasique Los Molles est parfois considérée comme un flysch; du point de vue sédimentologique comme du point de vue géotectonique c'est plutôt une formation de grauwackes (cf. note 14, p. 28).

affleurent, les granites sont beaucoup plus nombreux<sup>34</sup>.

Ces oppositions sont suffisantes pour donner aux chaînes résultantes, liminaires et géosynclinales, un aspect tout à fait différent : nul doute qu'il ne s'agisse d'un autre monde. De sorte que ces deux types, liminaire et géosynclinal, nous paraissent devoir être maintenus. *Tout au moins, si l'on tenait à conserver le mot géosynclinal pour toutes, faudrait-il distinguer un type alpin et un type andin; mais il est plus clair d'utiliser géosynclinal et liminaire.*

*L'opposition des deux types correspond à un caractère plus continental des chaînes liminaires : dans les faciès, dans le magmatisme synsédimentaire, dans le plutonisme syn- à tarditectonique, dans la tectonique qui témoigne de la présence constante du socle dans les chaînes liminaires, au contraire de ce qui se passe dans les chaînes géosynclinales : dans celles-ci, il semble que le sillon eugéosynclinal interne ait été dépourvu de substratum continental et que les séries sédimentaires se soient appuyées directement sur la croûte océanique. Cette hypothèse rend compte de la complexité tectonique et de l'allochtonie des formations eugéosynclinales éjectées de leur sillon d'origine par le rapprochement des blocs continentaux de l'arrière-pays et de l'avant-pays, ce dernier comportant l'ensemble des zones mio-géosynclinales.*

*Pourtant, les chaînes géosynclinales comme les chaînes liminaires sont péricontinentales; mais les unes restent dans les limites du continent tout en étant à son bord (chaînes liminaires), tandis que les autres en débordent et incorporent des zones océaniques (chaînes géosynclinales : les zones mio-géosynclinales sont certainement précontinentales; le sillon eugéosynclinal est sans doute océanique).*

Cette analogie de position n'est valable que si l'on considère les chaînes isolément. Or, si cela est naturel pour les chaînes liminaires qui restent

seules en bordure du continent qui leur sert d'avant-pays, cela n'est pas exact pour les chaînes géosynclinales qui forment toujours des groupements pairs (cf. J. Aubouin, 1961, 1965) : il n'y a jamais *une* chaîne géosynclinale mais, en général, *deux* qui se tournent le dos en un système à symétrie centrifuge, éventuellement quatre en un système plus compliqué, chacune bordant son avant-pays respectif. Telle est la situation des chaînes mésogéennes entre le bloc eurasiatique au Nord et les blocs indo-arabo-africain au Sud. *Pour être péricratoniques, les chaînes géosynclinales sont, en outre, intercratoniques; ce qui est l'explication de l'existence, dans leurs parties internes, de zones océaniques qui se trouvent ainsi intercontinentales.*

*Les relais que nous avons évoqués entre chaînes liminaires et chaînes géosynclinales correspondent d'ailleurs à ce changement de position : les Andes liminaires sont péricratoniques; mais les Cordillères caraïbe et magellanienne sont, en outre, intercratoniques entre les continents sud- et nord-américains pour la première, sud-américain et antarctique pour la seconde.*

De cette différence de positions, on pourrait évidemment déduire que ces chaînes sont, les unes monoliminaires (les chaînes liminaires), les autres biliminaires (les chaînes géosynclinales). Bref, les chaînes géosynclinales auraient passé par un stade liminaire avant le rapprochement des continents, cause de leurs caractéristiques biliminaires; à l'inverse, les chaînes liminaires seraient restées en cet état faute d'un rapprochement continental. Nous ne croyons pas cette interprétation exacte car *l'évolution liminaire et l'évolution géosynclinale ont des caractéristiques propres qui ne sont pas susceptibles de s'additionner ou de se soustraire.* Ainsi :

— l'addition de deux chaînes liminaires ne donnera pas deux chaînes géosynclinales : par excès, en ceci qu'on devrait trouver deux fois les puissantes séries trachyandésiques des zones internes, ce qui n'est pas le cas; par défaut, en ceci que l'addition de zones internes à trachyandésites ne donnera pas des zones à ophiolites et que l'addition de séries continentales ne donne pas des séries de flyschs;

— les chaînes géosynclinales ne sont pas passées par un stade liminaire : si on leur ôte leur tectonique de nappe liée en effet au rapprochement des continents qui les limitent, il n'en restera pas moins toutes les différences que nous avons notées dans la sédimentation, le magmatisme, le plutonisme etc. et ceci antérieurement au rapprochement des continents.

On pourrait évidemment penser que les chaînes liminaires sont simplement dépourvues de leurs zones les plus internes restées océaniques, encore que nous ayons vu que cette supposition ne correspondait pas à la réalité (cf., p. 60). De toute façon, ceci équivaldrait à considérer les chaînes andines comme équivalentes des seules zones externes des chaînes géosynclinales : l'opposition serait encore plus formidable que leur opposition d'ensemble.

34. Les granitisations alpines méditerranéennes sont encore assez mal connues. Les plus répandues sont celles de la fin du Miocène, granodiorites qui, en fait, appartiennent à la période tardigéosynclinale (famille des Tonalites). On a cependant signalé des granodiorites, notamment dans les Carpathes orientales (famille des Banatites) du Crétacé supérieur; mais ce n'est que très localement que l'on a décrit, et encore avec incertitude, d'éventuels granites d'âge Crétacé moyen et Jurassique supérieur (cf. J. Mercier, 1966, par exemple pour les Dinarides). Peut-être y a-t-il, dans les chaînes géosynclinales alpines, une méconnaissance des granitisations un peu analogue à celle des phases tectoniques précoces (cf. *supra*).

J. Mercier (1966). — Mouvements orogéniques et magmatisme d'âge Jurassique supérieur — éocréacé dans les zones internes des Héliénides (Macédoine, Grèce). *Rev. géogr. phys. géol. dyn.* (2), VII, p. 265-278.

*Nous nous en tiendrons donc à la distinction chaînes liminaires (andines), chaînes géosynclinales (alpines), les premières péricratoniques s.s., les secondes péricratoniques et intercratoniques, ces dernières seules ayant incorporé, par leur tectonisation, d'anciennes parties du domaine océanique.*

Le relais des chaînes liminaires par les chaînes géosynclinales confirme ce propos. En grand : car le relais géosynclinal se fait par l'arrière, c'est-à-dire par le côté océanique. En détail : car le caractère géosynclinal qui réapparaît le premier est le flysch, les ophiolites ne venant qu'ensuite; ce qui est assez normal car le flysch est une conséquence sédimentaire qui s'étend loin de sa cause orogénique, tandis que les ophiolites ne peuvent guère apparaître que si l'on se trouve à proximité immédiate de la croûte océanique, c'est-à-dire dans un secteur aux caractéristiques déjà géosynclinales.

#### 4. L'INDÉPENDANCE (RELATIVE) DE LA GRANITISATION (ET DE LA TECTONIQUE) PAR RAPPORT A LA PALÉOGÉOGRAPHIE.

L'un des caractères de la Cordillère est l'abondance des granites ou, plus exactement, des granodiorites. Mais, plus encore, ce qui surprend c'est que la granitisation dépasse très largement vers l'extérieur (vers l'Est) la limite du bassin andin. Certes, il s'agit de plutons qui, pour chaque phase tectonique, sont postcinématiques donc occupent une « position » structurale et non paléogéographique. Mais le fait étonnant demeure que ces granites, comme ceux de Potosi en Bolivie, sont à quelques 200 km en avant du bord externe du bassin andin.

En fait, il faut distinguer les générations successives de granodiorites. Les granodiorites secondaires, jurassiques, crétacés se classent dans le temps de l'extérieur vers l'intérieur mais ne dépassent pas les limites du bassin andin; ce sont les plutons miocènes qui s'avancent largement au-delà. Ce n'est donc pas à la paléogéographie liminaire qu'il faut les lier mais à la paléogéographie tardiliminaire et, dans le cas considéré, à l'avant-fosse miocène périandine; ou, plus exactement, aux mouvements qui ont terminé l'histoire de celle-ci, au grand bombement qui, postérieur aux chevauchements fini-miocènes, forme la première ébauche de la Cordillère (cf. p. 30). C'est pourquoi la limite de la granitisation miocène paraît plus suivre — en retrait — la limite de la Cordillère dans sa forme géographique actuelle que celle du bassin andin dans sa forme paléogéographique passée.

L'indépendance de la granitisation par rapport à la paléogéographie n'est donc que relative car il faut considérer chaque famille de granites en relation avec la paléogéographie correspondante et, plus exactement, l'orogénèse qui met fin à celle-ci.

*Cette indépendance traduit donc celle des paléogéographies successives les unes par rapport aux autres.*

Il en va de même pour la tectonique; comme il a été dit, la tectonique fini-miocène qui donne à la Cordillère sa forme générale, est très indépendante du bassin andin en avant duquel elle se libère de plus en plus vers le Nord. Mais elle suit le dessin de l'avant-fosse périandine (cf. fig. 9) laquelle, du Sud au Nord, longe le bord externe du bassin de Magellan, croise la dorsale du Chubut, longe le bord externe du bassin andin, croise la dorsale Calchaqui, longe le bord externe du bassin subandin.

*Chaque paléogéographie doit être traitée séparément avec les structures, le magmatisme (et le métamorphisme) qui lui correspondent.*

Dans le cas considéré, cette phase compressive ultime, fini-miocène, paraît suivre le bord du continent sud-américain dans son dessin actuel, modelé, il est vrai, par la Néotectonique plio-quaternaire (cf. *infra*). Au contraire les phases antérieures suivent une logique différente liée à un dessin différent du bord continental sud-américain. C'est vrai, par exemple, pour le bassin andin dont la dorsale de socle qui le limitait à l'arrière (dorsale du Chubut ou de Concepcion) ne se suit que sporadiquement vers le Nord, obliquement par rapport au bord continental actuel. C'est sans doute vrai pour le bassin de Magellan.

#### 5. L'IMPORTANCE DE LA NÉOTECTONIQUE : L'ORIGINA- LITÉ STRUCTURALE DU PLIO-QUATÉRNAIRE ET DE L'ÉPOQUE ACTUELLE.

Le seul trait commun à l'ensemble des Andes méridionales, qu'il s'agisse de la Cordillère des Andes proprement dite, de la Cordillère de Magellan ou de la Cordillère patagonienne qui lui fait transition, tient dans l'évolution plio-quaternaire : tectonique de faille en extension qui a achevé de modeler la Cordillère à partir du bourrelet montagneux mis en place à la fin du Miocène, volcanisme à prédominance basaltique dont nombre de centres sont encore actifs de nos jours.

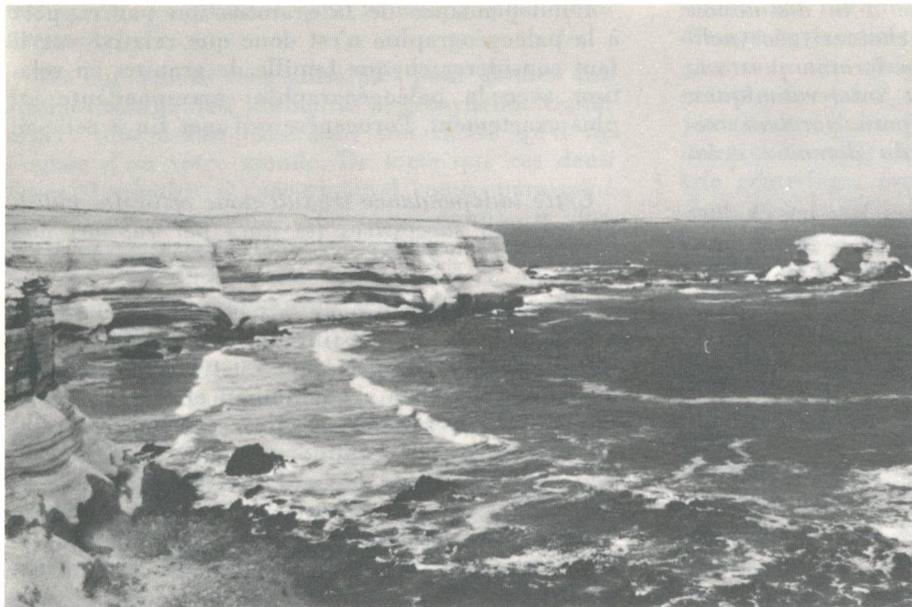


PHOTO 11. — Pliocène de la Portada, près de Mejillones, au Nord d'Antofagasta (province d'Antofagasta, Chili).

Ce Pliocène marin, horizontal, s'appuie transgressivement sur le substratum de la Cordillère côtière, essentiellement paléozoïque. Il s'oppose au Pliocène continental de la vallée centrale montrant ainsi que la Cordillère côtière était individualisée en tant que telle dès le début du Pliocène. Depuis, ne s'observe, à la côte, aucune trace de mouvement en compression mais seulement en extension (cf. fig. 9 qui se placerait à gauche, au-delà de la Cordillère côtière).

Planche hors-texte, profil A, à gauche. En fait, la photographie est prise un peu plus au Nord du profil, là où le Pliocène transgresse le Paléozoïque.

L'Ouest est à droite, l'Est à gauche.

*En fait, c'est à la séquence de mouvements, bombement général fini-miocène, faillage plio-quatenaire, que la Cordillère doit son unité.* Aussi la constitution de la Cordillère est-elle diverse suivant les endroits ainsi que nous l'avons souligné. Mais le fait le plus remarquable est, sans conteste, la continuité de la Cordillère des Andes à la Cordillère de Magellan par la Cordillère patagonienne, au travers de la dorsale de Concepcion : comme nous l'avons dit, il y a tout un secteur où il n'y a plus de Cordillère au sens paléogéographique ni tectonique.

*Les mouvements plio-quaténaires ont créé la géographie et celle-ci est assez largement indépendante des paléogéographies antérieures.* Certes, le bombement fini-miocène a déterminé la forme générale de la Cordillère; mais la mise en place des différentes chaînes et des différentes dépressions caractéristiques date des mouvements pliocènes et, ce, dès le début : nous avons insisté sur le fait que la Cordillère côtière était en place au début du Pliocène, séparant une vallée centrale à sédimentation continentale du Pliocène marin de la côte Pacifique (Ph. 11).

*Cette Néotectonique de la Cordillère est nouvelle non seulement dans ses directions mais aussi dans ses contraintes.* Les mouvements antérieurs, jusqu'aux chevauchements de socle et aux bombements fini-miocènes, ont toujours témoigné de compression. Le Plio-Quatenaire est marqué au contraire par des extensions. C'est bien d'une « révolution pliocène » qu'il s'agit dans la Cordil-

lère tout comme dans le domaine méditerranéen où J. Bourcart la mit en évidence<sup>35</sup>.

Cependant, frappé par l'importance des failles plio-quaténaires, on a eu tendance à leur accorder un rôle capital au cours des temps antérieurs. Il y a toute une série de doctrines qui, se référant plus ou moins à l'exemple californien, considèrent les failles de la Cordillère, spécialement les failles côtières telle la faille d'Atacama, comme les traits fondamentaux et panchroniques du développement des Andes. L'analyse que nous avons faite montre qu'il n'en est pas ainsi et que, là comme ailleurs — car dans le domaine mésogéen aussi la tectonique plio-quatenaire, génératrice de la géographie, est nouvelle —, *la néotectonique, créatrice de la géographie, répond à une logique propre indépendante des tectoniques antérieures.*

La tectonique actuellement vivante dans la Cordillère est précisément celle-là; elle ne donne donc pas de renseignements sur l'évolution tectonique antérieurement au Pliocène. En ceci, *il en est des Andes méridionales comme des régions mésogéennes : le principe de l'uniformitarisme doit être modulé en tectonique* : ce n'est pas par les mouvements de faille actuels qu'on peut rendre compte des chevauchements du passé.

35. Il y a cependant de rares structures néotectoniques compressives (W. P. Pratt, 1959; K. Schwab, 1970; voir aussi Audebaud *et al.* dans le même numéro de la Revue).

6. LES ANDES MÉRIDIONALES ET QUELQUES PROBLÈMES D'ACTUALITÉ.

a) *L'origine du Pacifique.*

Il est classique d'opposer les océans de type atlantique, distensifs et recoupant les édifices orogéniques qui les bordent et les océans de type pacifique, aux bordures compressives, parallèles aux édifices montagneux qui les jalonnent.

Pour ce qui concerne le Pacifique sud-oriental, en bordure des Andes méridionales, ce propos peut être nuancé sans cependant être contredit :

— par rapport au cycle hercynien, la côte Pacifique recoupe les structures : il semble donc que, dans cette partie, le Pacifique naisse comme l'Atlantique s'il évolue ensuite comme ... le Pacifique<sup>36</sup>;

— par rapport au cycle andin, la côte Pacifique coupe également les directions paléogéographiques et structurales; mais, cette fois, il s'agit du seul effet de la Néotectonique de faille plio-quaternaire qui définit la côte dans sa position actuelle sans peut-être dépasser beaucoup celle-ci; encore que la morphologie de la fosse chilienne soit celle d'un graben en extension. En ceci, la genèse de la côte Pacifique rappelle la genèse des côtes méditerranéennes.

*Né comme l'Atlantique, finissant comme la Méditerranée, le Pacifique sud-est n'a d'originalité propre qu'entre ces deux termes.*

Entre ces limites, on notera que rien n'est connu dans la Cordillère au-delà de la dorsale de Concepcion jusqu'au Crétacé moyen; par contre, à partir du Crétacé supérieur, on connaît le bord oriental des bassins molassiques rétro-andins dont l'essentiel se développait vers l'Ouest, à l'emplacement de l'actuel océan. Ces bassins rétro-andins sont autant de jalons dans l'histoire de celui-ci.

b) *Les décrochements péripacifiques.*

Les failles plio-quaternaires ont souvent, par comparaison avec l'exemple californien, été crédiées d'un mouvement prépondérant en décro-

chement dextre. Ainsi en a-t-il été notamment pour la célèbre faille d'Atacama. Mais il faut bien dire que, jusqu'à maintenant, il n'y a aucune justification de terrain faute de carte géologique détaillée. Nous n'avons donc pas l'intention de nier ce phénomène, mais seulement de dire qu'il n'y a pas d'argument en sa faveur, à la côte Pacifique sud-est pour l'instant du moins.

Mais quoi qu'il en soit :

— ces éventuels décrochements ne remonteraient pas antérieurement au Pliocène (cf. *supra*) et, par conséquent, n'expliqueraient pas la formation de la Cordillère des Andes, pas plus que les failles verticales;

— il ne faut pas oublier que toute faille, fût-elle de décrochement, a toujours une composante verticale; et que, par conséquent, avant de créditer le mouvement en coulissage de valeurs énormes, il faut examiner quel serait le mouvement vertical subordonné et voir s'il est compatible avec les observations de terrain.

c) *L'accroissement des continents.*

Il y a peu encore, on donnait de l'accroissement des masses continentales, une image simple : au pied de celles-ci, se sédimentaient des matériaux empruntés au bord continental; après quoi, à la suite d'une orogénèse accompagnée de métamorphisme et de granitisation, les matériaux ainsi sédimentés viennent s'adjoindre aux continents sous forme de chaînes de montagnes et le processus recommence. Le plus souvent, l'exemple choisi, explicitement ou non, est celui des chaînes liminaires.

L'analyse que nous avons donnée ici montre qu'il n'en est rien : l'essentiel de la Cordillère repose sur un socle plus ancien; d'ailleurs, à la côte Pacifique, en de larges secteurs, affleure ce vieux socle (dorsale de Concepcion); enfin, la côte recoupe les édifices anciens, partie intégrante du continent, autrement dit réduit les dimensions de celui-ci. *Il ne praît pas que le continent sud-américain se soit accru par la Cordillère des Andes : il « porte » la Cordillère des Andes sur son bord pacifique, sans plus.* Le mécanisme d'accroissement des continents fait sans doute appel à la genèse des chaînes géosynclinales par rapprochement de masses continentales, en partie aux dépens de domaines primitivement océaniques (cf. *supra*, p. 62). *L'accroissement des continents n'est pas un phénomène liminaire.*

36. S'il se confirmait que la dorsale pampéenne est l'arrière pays des Cuyanides hercyniennes, cela conduirait à rechercher l'avant pays à l'Ouest, à l'emplacement du Pacifique actuel : ce qui relance la question d'un continent sud-pacifique paléozoïque (cf. J. Aubouin et A. V. Borello, 1970; H. Miller, 1970). Mais, comme nous l'avons dit, les certitudes manquent dans ce domaine (cf. p. 22; et note 9, p. 23).

d) *L'expansion océanique, la théorie des plaques et la tectonique globale.*

Il n'est pas question de discuter ici la théorie de l'expansion océanique fondée sur une argumentation océanographique et géophysique qui échappe au domaine propre de la géologie; mais de voir dans quelle mesure ces concepts, dans la forme qu'ils ont pris récemment, c'est-à-dire la théorie des plaques et la tectonique globale, peuvent rendre compte d'une manière satisfaisante de ce qui s'observe dans les Andes méridionales. Car, d'un point de vue général, le tectonicien a simplement besoin de la mobilité continentale; toute théorie qui ne s'oppose pas à celle-ci lui convient donc. Or, non seulement la théorie de l'expansion océanique ne s'oppose pas à la mobilité continentale, mais elle en rend compte. A priori, elle est donc satisfaisante. D'autant plus qu'elle explique divers aspects de l'histoire de la Cordillère : sa chronologie, le fait qu'il n'y ait pas accroissement continental (puisque la plaque pacifique, océanique, plonge sous la plaque sud-américaine), la permanence du volcanisme andésitique; outre la répartition de la séismicité qui autorise le dessin d'un plan de Benioff actuel; etc.

Cependant, quelques faits doivent être notés.

Il faut, en effet, considérer dans l'évolution de la Cordillère, d'une part l'évolution plio-quadernaire, originale comme nous l'avons vu, et d'autre part les époques antérieures; car la « révolution pliocène » a marqué ici comme ailleurs un changement dans les contraintes qui affectent l'écorce terrestre, au moins dans ce qui s'en voit superficiellement.

Jusqu'à la fin du Miocène, les observations géologiques n'apportent pas d'objection à la condition de raisonner par rapport aux traits paléogéographiques légèrement obliques par rapport à l'actuelle côte du Pacifique et de tenir compte de ce qu'il ne s'agit pas d'un phénomène continu mais qu'il y a des phases orogéniques séparées par des périodes de calme. D'ailleurs, la concordance chronologique approximative de ces phases orogéniques avec, par exemple, celles du domaine méso-géen, se comprend également dans le cadre de la tectonique globale. Il y aurait certes beaucoup à redire, dans le détail, à l'égard de certaines reconstitutions qui rendent compte... des ophiolites, du flysch, du métamorphisme à faciès green-schist dans la Cordillère où, précisément, ils n'existent pas; mais le processus pourrait demeurer tout à fait valable sans expliquer ces phénomènes qui n'ont pas à l'être dans les chaînes liminaires s'ils doivent l'être dans les chaînes géosynclinales. Il est vrai que cela exige d'expliquer deux évolu-

tions très différentes par le même processus, difficulté importante.

Mais c'est avec le Plio-Quadernaire et l'époque actuelle que sont les difficultés principales: car la tectonique qu'on observe en surface est extensive, non seulement dans la Cordillère mais encore dans les fosses qui la bordent et qui, ainsi, ne sont peut-être pas antérieures au Pliocène. Il est évidemment difficile de concilier cela avec une compression en profondeur selon un plan de Benioff; mais si on le fait, on donne une explication des contraintes extensives en surface par une compression en profondeur. Dès lors, par la même compression en profondeur, on ne peut plus rendre compte des compressions antérieures au Pliocène, pour une simple raison de logique intrinsèque au raisonnement.

Il faut donc choisir, expliquer l'époque actuelle — c'est-à-dire le Plio-Quadernaire et la Néotectonique — ou expliquer les époques antérieures — c'est-à-dire la Tectonique.

Ces propos théoriques, évidemment trop schématiques, nous éloignent de notre but qui était simplement de donner des Andes méridionales une vision organisée sur le plan structural, qui puisse servir de base à d'autres études.

## REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont tout d'abord au Département de Géologie de l'Université du Chili à Santiago, notamment à son Directeur, L. Aguirre Le Bert, qui nous a offert les meilleures conditions de travail. Les conversations et tournées sur le terrain que nous avons eues avec MM. Abad, Corvalan, Gonzalez, Marangunic, Moraga, Reutter, Sillitoe, Silva, Stewart, Tavera, Vergara, ont été pour nous autant de fructueux et stimulants échanges de vues.

L'un de nous (J. Aubouin) est redevable à la Commission de « Investigacion Cientifica de la Provincia de Buenos-Aires » de l'organisation de deux missions dans les Andes argentines en compagnie du regretté A. V. Borrello; ces remerciements vont aux membres de cette Commission et, tout particulièrement, à MM. Arvia, Vucetich, Directeurs de celle-ci. Ces tournées furent l'occasion de fructueux échanges de vues avec le Docteur Cuerda et MM. Devisia, Mendes, Schauer. Le Docteur Gonzalez-Bonorino a conduit quatre d'entre nous (J. Aubouin, R. Charrier, P. Chotin et J.C. Vicente) dans la région de Bariloche.

Nous sommes redevables à l'E.N.A.P. de l'organisation d'une tournée en Patagonie chilienne : nos remerciements vont à E. Gonzalez, Directeur du Service Géologique, qui organisa cette tournée et à l'Ingénieur Cortès qui nous conduisit.

Le Service de la Coopération Scientifique et Technique du Ministère Français des Affaires Etrangères, notamment M<sup>lle</sup> Sarrut, nous a apportés une aide décisive en permettant à P. Chotin d'être détaché à l'Université de Concepcion, à J.C. Vicente d'être détaché à l'Université du Chili à Santiago et à J. Aubouin d'effectuer diverses missions au Chili et en Argentine. Nos remerciements vont tout particulièrement à MM. Bron, Pommier, Possel qui furent Conseillers Culturels à Santiago et à M. De Vincelles, Attaché Scientifique auprès de l'Ambassade de France à Santiago; tous nous ont réservé l'accueil le plus aimable et le plus efficace.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Cette liste ne concerne que les Andes méridionales (Chili - Argentine), avec seulement quelques ouvrages très généraux pour les Andes centrales (Pérou-Bolivie).
- ACEÑOLAZA F. G. (1969). — Características geológicas y estratificadas del sector septentrional de la Cordillera Riojana (zona de los Llanenes, Cerro Las Damas, Dto. Gral. Sarmiento). *Cuartas Jornadas Geol. Arg.* t. 1, p. 1-13, Buenos-Aires.
- ACEÑOLAZA F. G. (1972). — El Ordovícico de La Puna Salto-Catamarquena. Consideración sobre su importancia en la interpretación del desarrollo de la Cuenca espaleozoica del noroeste argentino. *Vº Congr. geol. argentino*, Córdoba, sous presse.
- ACEÑOLAZA F. G. et TOSSELLI A. J. (1971). — Nuevos hallazgos del Peleozoico (ordovícico) en Puna. *Mundo geológico, Bol. Cent. Arg. Geol.*, n° 11, p. 14-15.
- AGUIRRE L. (1960). — Geología de los Andes de Chile Central, provincia de Aconcagua. *Inst. de Investigaciones Geológicas, Bol.* n° 9, 70 p., Santiago.
- AGUIRRE L. et EGERT E. (1965). — Cuadrángulo Quebrada Marquesa. *Inst. Invest. Geológicas, Carta* n° 15, 92 p., 11 fig., 1 carte, Santiago, Chile.
- AGUIRRE L. et LEVI B. (1964). — Geología de la Cordillera de los Andes de la Provincias de Cautin, Valdivia, Osorno y Llanquihue. *Inst. Invest. Geológicas, Bol.* n° 17, 36 p., 1 carte, Santiago, Chile.
- AHLFELD F. (1970). — Zur Tektonik des Andinen Bolivien. *Geol. Rundschau*, 59, p. 1124-1141.
- AHLFELD F. et BRANISA L. (1960). — Geología de Bolivia. *Instituto boliviano del Petróleo*, La Paz, 1 vol.
- ALARCON et VERGARA (1969). — Nuevos antecedentes sobre la Geología de la Quebrada El Way. *Inst. Geología, Fac. Cienc. Fis. y Mat., Univ. Chile*, Publ. 26, p. 101-128, Santiago.
- ALBA E. (de) (1972). — Sistema del Famatini in Geología regional argentina. *Ac. Nac. Cien. Córdoba*, p. 143-184.
- AMOS A. J. (1954). — Observaciones en las formaciones paleozoicas de la Rinconada, pie oriental de la Sierra chica de Zonda (San Juan). *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, t. 9.
- AMOS A.-J., GONZALES C. R., MARINELAREDA M. P., PEREZ A., SABATTINI N. et SCALABRINI J. (1972). — Síntesis sobre el conocimiento bioestratigráfico del Carbonico y Permico de Argentina. *V Congreso Geol. Argentino*, Córdoba (sous presse).
- ARABAS W. J. et ALLEN C. R. (1970). — Tectonic of northern Chile as reflected by the Atacama Fault System. *Solid Earth Problems Conference*, Upper Mantle Project, Buenos-Aires, Argentina, Oct. 1970, en prensa.
- AUBOUIN J. (1961). — Propos sur les géosynclinaux. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), 3, p. 629-702.
- AUBOUIN J. (1965). — *Geosynclines. Developments in Geotectonics*, 1, Elsevier Publ. Cy, 335 p.
- AUBOUIN J. (1971). — Réflexion sur la technique de faille plio-quadernaire. *Geol. Rundschau*, 60, p. 833-848.
- AUBOUIN J. (1972). — Chaînes liminaires (andines) et chaînes géosynclinales (alpines). *Congr. Géol. Intern.*, Montréal, section 3, p. 438-461.
- AUBOUIN J. et BORRELLO A. V. (1966). — Chaînes andines et chaînes alpines : regard sur la géologie de la Cordillère des Andes au parallèle de l'Argentine moyenne. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), VIII, p. 1050-1070.
- AUBOUIN J. et BORRELLO A. V. (1970). — Regard sur la géologie de la Cordillère des Andes : relais tectoniques et cycles orogéniques superposés : le Nord argentin. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), XII, p. 246-260.
- AURIEMMA R., NAVARRO-GARCIA L. F., AVILA F. et AURIEMMA M. A. L. de (1972). — Síntesis geológica de la zona comprendida entre los paralelos de 26° y 27° 15' de latitud sur, y los meridianos de 66° 39' y 67° de longitud oeste. *Vº Congr. geol. argentino*, Córdoba, sous presse.
- BAILEY, WILLIS (1929). — Earthquakes conditions in Chile. *Studies in comparative seismology. Carn. Inst.*, Publ. 32, p. 1-178, Washington.
- BIESE W. A. (1957). — Der Jura von Cerritos Bayos-Calama. Rep. de Chile : Prov. Antofagasta. *Geol. Jb.*, Bd. 12, Hannover.
- BORRELLO A. V. (1954). — Observaciones geológicas en la Quebrada Cueva del Toro, Uspallata, Mendoza. *Notas Museo La Plata*, t. 17 (Geol.), n° 63, p. 17-63, 6 fig., La Plata, Argentina.
- BORRELLO A. V. (1962 a). — Caliza La Laja (Cambrico medio, San Juan). *Notas Comisión Invest. Cient. Prov. Buenos-Aires*, n° 2, 8 p., 2 fig., La Plata, Argentina.
- BORRELLO A. V. (1962 b). — Trilobites de la graptofauna caradociana de San Juan. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, t. 16 (1961), n° 1-2, p. 53-60, Buenos-Aires.
- BORRELLO A. V. (1969). — Los Geosinclinales de la Argentina. *Min. Ec. y Trabajo. Dir. Nac. de Geología y Minería : Anales XIV*, 188 p., 15 lam., 50 fig., Buenos-Aires.
- BRÜGGEN J. (1915). — El Cretaceo del Algarrobo. *Anal. Univ. de Chile*, t. 136, p. 429-441, Santiago de Chile.
- BRÜGGEN J. (1942). — Geología de la Puna de San Pedro de Atacama y sus formaciones de areniscas y arcillas rojas. *Anal. 1º Congreso Panama. Ing. Minas y Geol.*, T. II, Santiago, Chile.

- BRÜGGEN J. (1950). — Fundamentos de la Geología de Chile. *Inst. Geografico Militar*, 374 p., figs., lams., mapas, Santiago, Chile.
- BUTTERLIN J. (1971). — The geological history of the caribbean sea and its surrounding areas. *Tram. 5th Geol. Conf.*, Geol. Bull. n° 5, p. 243-247.
- CAMACHOS H. (1967). — Las transgresiones del Cretácico superior y terciario de la Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, t. 22, p. 253-280, 6 fig.
- CAMINOS R. (1972). — Sierras pampeanas de Tucuman, Catamarca, La Rioja y San Juan in Geología regional argentina. *Ac. Nac. Cienc. Cordoba*, p. 41-79.
- CANAS J. (1964). — Tectónica y sedimentación de la Formación Los Molles, Prov. de Aconcagua, Chile. *Thèse*, Dpto. de Geología, Univ. de Chile, 198 p., Santiago.
- CECIONI G. (1954). — Geología de superficie del Departamento de Última Esperanza entre el C° Cazador y Puerto Natales. *ENAP*, informe interno.
- CECIONI G. (1955 a). — Edad y facies del Grupo Springhill en Tierra del Fuego. *Bol. Inst. de Geol. de la Fac. Cienc. Fis. y Matem.*, n° 6, p. 241-255.
- CECIONI G. (1955 b). — Noticias preliminares sobre el hallazgo del Paleozoico sup. en el Archipiélago Patagónico. *Inst. Geol. Fac. Cienc. Fis. y Matem.*, Bol. Univ. de Chile, n° 6, p. 257-259.
- CECIONI G. (1957). — Cretaceous Flysch and Molasse in Departamento Última Esperanza, Magallanes Province, Chile. *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Bull., vol. 41, n° 3, p. 538-564, Tulsa.
- CECIONI G. (1960 a). — Orogénesis subhercínica en el Estrecho de Magallanes. *Inst. de Geol. Fac. Cienc. Fis. y Matem.*, vol. 17, publ. n° 17, p. 280-289.
- CECIONI G. (1960 b). — Perfil Geológico entre Cabo Froward y Cabo San Isidro, Estrecho de Magallanes. *Inst. de Geol. Fac. Cienc. Fis. y Matem.*, Univ. de Chile, publ. n° 17, p. 290-313.
- CECIONI G. (1961). — El Titónico inferior marino en la Prov. de Tarapaca y consideraciones sobre el Arqueamiento Central de Los Andes. *Com. Esc. de Geol.*, año 1, n° 3, Santiago.
- CECIONI G. (1962). — La formación Arrayan, Devoniana, en la Prov. de Coquimbo. *Bol. Univ. de Chile*, n° 34, Oct.
- CECIONI G. (1964). — Ingolfamenti marini giurassici nel Cile settentrionale. *Boll. Soc. Natur. Napoli*, v. 72, p. 167-206, Napoli.
- CECIONI G. (1970). — Esquema de paleogeografía chilena. *Edit. Universitaria*, 144 p., 9 fig., Santiago, Chile.
- CECIONI G. et CORTES R. (1952). — Bosquejo geológico del seno de Última Esperanza. *ENAP*. Informe interno, 23 p., 1 pl.
- CECIONI G. et GARCIA F. (1960). — Stratigraphy of Coastal Range in Tarapaca. *Amer. Assoc. Petroleum Geol. Bull.*, v. 44, n° 10, p. 1609-1920.
- CECIONI G. et WESTERMANN G. (1968). — The Triassic/Jurassic marine transition of Coastal Central Chile. *Pacific Geology*, 1, p. 41-75.
- CHARRIER R. (1970). — Informe sobre la Geología de Alta Cordillera de la Provincia de O'Higgins. *Convenio Corfo-Iren*, Dto. Geología, Univ. de Chile, 42 p., 4 fig., 1 mapa, 1 tabl., perfiles.
- CHARRIER R. (1972). — Interrupciones en el spreading y fases orogénicas de los Andes Meridionales. *Earth Planet. Sci. Letters*, en prensa.
- CHARRIER R. et LAHSEN A. (1968). — Contribution à l'étude de la limite Crétacé-Tertiaire de la Province de Magellan, extrême Sud du Chili. *Rev. Micropaléontologie*, v. 11, n° 2, p. 111-120.
- CHARRIER R. et LAHSEN A. (1969). — Stratigraphy of late Cretaceous-Early Eocene, Seno Skyring-Strait of Magellan Area, Magallanes Province, Chile. *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, v. 53, n° 3, p. 568-590.
- CHARRIER R. et VICENTE J. C. (1971). — Liminary and geosinclinal Andes : major orogenic phases and synchronical evolutions of the Central and Magellan Sectors of the argentine-chilean Andes. *Solid Earth Problems Conference*, Upper Mantel project, Buenos-Aires, Argentina, October 1970, p. 451-470.
- CHARRIER R., DAVIDSON J., MPODOZIS A., PALACIOS C., RIVANO S. et VICENTE J. C. (1972). — La orogénesis subhercínica : fase mayor de la evolución paleogeográfica y estructural de los Andes centrales argentino-chilenos. *V Jornadas Geológicas Argentinas*, Cordoba, en prensa.
- CHOTIN P. (1969 a). — Perfiles litológicos en el Cretácico medio de Codihue a Bajada del Agrio (Neuquén) ; Tectónica. *Geoandes*, n° 4, p. 176-190, 4 fig., perfiles, fotos (Concepción, Chile).
- CHOTIN P. (1969 b). — Sur la géologie de la Province de Concepcion (Chili) : la région de Tomé. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), XI, p. 556-560.
- CHOTIN P. (1970 a). — Le Jurassique du Lonquimay (Chili). Ses relations avec le Jurassique de Neuquen (Argentine). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), XI, p. 710-716.
- CHOTIN P. (1970 b). — Présentation de la chaîne andine à la latitude de Concepcion (Chili). *Bull. Soc. Géol. Nord*, sous presse.
- CORTES R. (1964). — Estratigrafía y un estudio de paleocorrientes del Flysch cretáceo del Departamento de Última Esperanza, Provincia de Magallanes. *Thèse*, Univ. Técnica del Estado, Santiago, 124 p., 21 pl.
- CORVALAN J. (1956). — Uber marine sedimente des Tithon und Neocom der Gegend von Santiago. *Geol. Rundschau*, v. 45, n° 3, p. 912-926. Stuttgart.
- CORVALAN J. (1965). — Geología General, Cap. 3 (Geología), en Geografía Económica de Chile. *Corp. Fomento Producción*, p. 35-82, Santiago.
- CUCCHI R. (1971). — Edades radiométricas y correlación de metamorfitas de la Precordillera, San Juan-Mendoza, Rep. Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, t. 26, n° 4, p. 503-515, 1 fig., 2 ph.
- CUERDA A. et BALDIS B. (1971). — Silurico-devónico de la Argentina. *Ameghiniana*, t. 8, n° 2, p. 128-164, 2 fig.
- DALZIEL I. W. D. et CORTES R. R. (1970). — The tectonic style of the Patagonian and Fuegian andes. *Solid Earth Problems*, Upper Mantle Project, Buenos-Aires, Argentine, in press.
- DAVIDSON J. D. (1971). — Geología del área de las Nacientes del Teno, Provincia de Curico, Chile. *Tesis de Grado*, Dpto. Geología, Univ. de Chile, 160 p., 55 fig., 5 lam., 1 mapa, perfiles, 26 fotos.
- DAVIDSON J. D. et VICENTE J. C. (1972). — Características paleogeográficas y estructurales del área fronteriza de las nacientes del Teno (Chile) y Santa Elena (Argentina). Cordillera principal 35° a 35°15' de latitud sur. *Vè Congreso Geológico Argentino*, Cordoba (sous presse).

- DESSANTI R. et CAMINOS R. (1967). — Edades potasio-argon y posición estratigráfica de algunas rocas ígneas y metamórficas de la Precordillera, Cordillera Frontal y Sierras de San Rafael, Provincia de Mendoza. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, t. 22, n° 2, p. 135-162, 5 fig.
- DINGMAN R. J. (1962). — Reversal of throw along time of low-angle Thrust faulting near San Pedro. *U. S. Geol. Survey*, Prof. Paper 450-E, 1963.
- DOUBINGER J., LOPEZ M. C. et VICENTE J. C. (1972). — Données palynologiques sur le Tertiaire d'Arauco (Chili). *Palaeobotany and Palynology*. Elsevier éd., sous presse.
- EVERDNEN J., KRIZ S. J. et CHERRONI C. (1966). — Correlaciones de las formaciones terciarias de la area altiplanica a base de edades absolutas determinadas por el método Potasio/Argon. *Serv. Geol. de Bolivia GEOBOL*, hoja informativa.
- FARRAR E., CLARK A. H., HAYNES S. J., QUIRT G. S., CONN H. et ZENTELLI M. (1970). — K. Ar. evidence for the post-paleozoic migration of granitic intrusions foci in the Andes of northern Chile. *Earth and Planetary Sc. Letters*, vol. 10, p. 60-66.
- FELSCH J. (1915). — Las pizzarras bituminosas de Lonquimay. *Bol. Soc. Nac. de Minería*, p. 498-509, Santiago, Chile.
- FERUGLIO E. (1949-1950). — Descripción geológica de la Patagonia. *Dir. Gral. Yac. Petr. Fiscales*, t. 1-3, Buenos-Aires.
- FRAKES L. A., AMOS A. J. et CROWELL J. C. (1969). — Origin and stratigraphy of late Paleozoic diamictites in Argentina and Bolivia. *Symp. in Gondwana Stratigraphy*. I.U.G.S., Buenos-Aires, UNESCO, Earth Sci. 2, p. 821-843.
- FRUTOS J. (1970). — Ciclos tectónicos sucesivos y direcciones estructurales super-impuestas en los Andes del Norte Grande de Chile. *Solid Earth Problems Conference*, Upper Mantle Project, Buenos-Aires, Argentina, sous presse.
- FUENZALIDA H. (1938). — Las capas de Los Molles. *Bol. Mus. Hist. Nat.*, t. 16, p. 67-92, Santiago, Chile.
- FUENZALIDA V. H. (1940). — Algunos afloramientos paleozoicos de la desembocadura del Choapa. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat.*, t. 18, p. 37-64, 3 lams.
- FUENZALIDA H. (1964). — El Geosinclinal andino y el geosinclinal de Magallanes. *Com. Esc. de Geología*, n° 5, p. 1-27, 1 mapa.
- FUENZALIDA R. et MARTINEZ R. (1970). — El Terciario de Isla Ipun, Prov. de Aysen. *Inst. Invest. Geológicas*, Bol. 26, p. 41-51, Santiago, Chile.
- GALLI C. (1956). — Nota sobre el hallazgo del Paleozoico superior en la Provincia de Tarapaca. Santiago. *Rev. Minerales* n° 53-54, p. 30-31.
- GARCIA F. (1967). — Geología del Norte Grande de Chile. *Soc. Geol. de Chile*, 138 p., cartas. Santiago.
- GARCIA F. (1968). — Estratigrafía del Terciario de Chile Central. Santiago, Chile, *Soc. Geol. Chile*, Symp. Terciario de Chile Central (Ed. G. Cecioni), p. 25-27.
- GARCIA F., PEREZ E. et CABALLOS E. (1962). — El Ordovícico de Aguada de la Perdiz, Puna de Atacama, Provincia de Antofagasta. *Rev. Minerales*, año 12, n° 77, p. 52-61, 3 fig.
- GERTH H. (1955). — Der Geologische Bau der Südamerikanischen Kordillere. *Gebr. Borntraeger*, 264 p., Berlin.
- GONZALEZ E. et col. (1965). — La cuenca petrolífera de Magallanes. *Rev. Minerales*, n° 91, p. 42-57, 8 mapas. Santiago, Chile.
- GONZALEZ-BONORINO F. (1950). — Geological cross section of the Cordillera de Los Andes about the parallel 33° lat. S. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 61, p. 17-25.
- GONZALEZ-BONORINO F. (1967). — Nuevos datos de edad absoluta del Basamento cristalino de la Cordillera de la Costa, Chile Central. Dpto. Geología, *Fac. Cienc. Fis. y Mat.*, Univ. de Chile, Publ. 37, 67 p., 16 fig. 10 lams. Santiago, Chile.
- GONZALEZ-BONORINO F. et AGUIRRE L. (1970). — Metamorphic facies series of the crystalline basement of Chile. *Geol. Rundschau*, 59, p. 979-993.
- GONZALEZ O. (1963). — Observaciones geológicas en el valle del Río Volcan. *Rev. Minerales*, n° 81, 54 p., 4 lams. Santiago, Chile.
- GONZALEZ O. et VERGARA M. (1962). — Reconocimiento geológico de la Cordillera de los Andes entre los paralelos 35° y 38° latitud Sud. *Inst. de Geología, Fac. Cienc. Fis. y Mat.*, Univ. de Chile, Publ. n° 24, 121 p., 12 lams., Santiago.
- GROEBER P. (1952). — Geografía de la República Argentina : v. II, pt. 1 (Mesozoico). *Ed. Coni*, Buenos-Aires.
- GROEBER P. (1959). — Geografía de la República Argentina : v. II, pt. 2 (Supracretácico). *Ed. Coni*, Buenos-Aires.
- HALPERN M. (1967). — Geologic significance of isotopic age measurement of rocks from Tierra del Fuego, Chile. *Symp. Volume of UNESCO-IUGS*, Symp. on Cont. Drift, Montevideo, Uruguay, October, 1967.
- HALPERN M. (1968). — Ages of Antarctic and Argentine rocks bearing on continental drift. *Earth and Planetary Sci. Letters*, v. 5, p. 159-167.
- HALPERN M. et BARY M. C. (preprint). — Radiometric chronology of crystalline rocks from South Chile (latitude 50°30' to 55°S, longitude 68° to 75°W) : Initial results. *Antarctic Journ. of the United States*, sous presse.
- HALPERN M., LINARES E. et LATORRE C. (1970). — Estudio preliminar por el método estroncio-rubidio de rocas metamórficas y graníticas de la provincia de San Luis, Rep. Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, t. 25, n° 3, p. 293-302, 2 fig.
- HALPERN M., LINARES E. et LATORRE C. (1971). — Edad rubidio-estroncio de rocas volcánicas e hipabisales (?), del área norte de la Patagonia, Rep. Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, t. 26, n° 2, p. 170-174, 2 fig.
- HALPERN M., UMPIERRE M. et LINARES E. (1970). — Radiometric ages of crystalline rocks from southern America as related to Gondwana and Andean geologic provinces. *Solid Earth Problems Conference*, Upper Mantle Project, Buenos-Aires, Argentina, en prensa.
- HARRINGTON H. J. (1956). — Argentina, in Handbook of Southamerican Geology. *Geol. Soc. Amer.*, Mem. 65, p. 129-165.
- HARRINGTON H. J. (1962). — Paleogeographic development of South-america. *Amer. Assoc. Petroleum Geol.*, v. 46, n° 10, p. 1773-1814.
- HERM D. (1966). — Micropaleontological aspects of the Magallanese Geosyncline, southernmost Chile, South America. *Proc. Ind. West African Micropal. Colloquium*, Ibadan, June 18th-July 1st 1965, p. 76-86, E. J. Brill, Leiden.

- HOFFSTETTER R., FUENZALIDA H. et CECIONI G. (1957). — Amérique Latine, Chili, Lexique Strat. Inter., fasc. 7, V, 444 p., C.N.R.S., Paris.
- HOLLINGWORTH E. (1954). — Dating the uplift of the Andes of Northern Chili. *Nature*, 201, n° 4914, p. 17-20.
- KATZ H. R. (1961). — Sobre una flora Neocomiana en la Formacion Agua Fresca y la Evidencia de un Distrofismo Laramico en Magallanes. *Inst. de Geologia, Fac. de Cienc. Fis. y Matem., Univ. de Chile*, Publ. 21, p. 133-141.
- KATZ H. R. (1964). — Some New Concepts on Geosyncline Development and Mountain Building at the southern end of South America. *Proc. XXII Int. Geol. Congress*, Sect. IV, New Delhi, p. 241-255.
- KATZ H. R. (1970). — Randpazifische Bruchtektonik am Beispiel Chiles und Neuseelands. *Geol. Rundschau*, 59, p. 898-926.
- KATZ H. R. et WATTERS W. A. (1966). — Geological investigation of the Yaghan Formation (Upper Mesozoic) and associated igneous rocks of Navarino Island, Southern Chile. *New Zealand Journ. Geol. Geoph.*, v. 9, n° 3, p. 323-359.
- KEIDEL J. (1910). — Estudio geologico en la quebrada de Humahuaca y en la de Iruya. *An. Min. Agric., secc. Geol. Mineral. y Min.*, v. 2, Buenos-Aires.
- KLOHN C. (1960). — Geologia de la Cordillera de los Andes de Chile Central, provincias de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curico. *Inst. Invest. Geologicas*, Bol. 8, 95 p., maps, profiles, Santiago, Chile.
- KRANCK E. H. (1932). — Geological Investigations in the Cordillera of Tierra del Fuego. *Acta Geografica*, 4, p. 1-232, Helsinki.
- LAHSEN A. et CHARRIER R. (1972). — Late Cretaceous Ammonites from Seno Skyring-Strait of Magellan Area, Magallanes Province. Chile. *Paleontology*, sous presse.
- LAMBERT L. R. (1956). — Descripcion geologica de la Hoja 35b, Zapala (T.N. de Neuquen). *Direc. Nac. Minería*, Bol. 83, 93 p., mapas, fotos, Buenos-Aires, Argentina.
- LAUGENIE C. (1971). — La structure et l'orogénèse des Andes chilo-argentines. *Cah. Géogr. du Québec*, vol. 35, p. 267-287.
- LEVI B. (1970). — Burial metamorphism episodes in the Andean Geosyncline Central Chile. *Geol. Rundschau*, Bd. 59, H. 3, S. 993-1013, 4 fig.
- LEVI B., MENECH S. et MUNIZACA F. (1963). — Edades radiométricas y petrografia de granitos chilenos. *Inst. Invest. Geol.* Bol. 12, 42 p., Santiago, Chile.
- LEVI B., AGUILAR A. et FUENZALIDA R. (1966). — Reconocimiento geologico en las Provincias de Llanquihue y Chiloé. *Inst. Invest. Geol.*, Bol. 19, 45 p., 5 lams., 2 fig., Santiago, Chile.
- LINARES E. et LATORRE C. (1969). — Edades K/Ar y Pb/ de rocas graníticas de Cordoba y San Luis. *IV Jorn. Geol. Arg.*, Mendoza.
- MALUMIAN N. (1970). — Bioestratigrafia del Terciario marino del Subsuelo de la Provincia de Buenos-Aires (Argentina). *Ameghiniana*, t. 7, n° 2, p. 173-204, Buenos-Aires.
- MEGARD F. (1967). — Commentaire d'une coupe schématique à travers les Andes centrales du Pérou. *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam.*, Paris, vol. IX, fasc. 4, p. 335-346.
- MEGARD F., DALMAYRAC B., LAUBACHER G., MAROCCO R., MARTINEZ C., PAREDES J. et TOMASI P. (1971). — La chaîne hercynienne au Pérou et en Bolivie : premiers résultats. *Cah. ORSTOM*, sér. Géol., (3), 1, p. 5-44, Paris.
- MILLER H. (1967). — Zur jungen tektonik unter Hochkordillere Nord-Chiles. *N. Jb. Geol. palaont.*, Mh. 9, p. 536-544, Stuttgart.
- MILLER H. (1970). — Das Problem des hypothetischen « Pazifischen Kontinents » gesehen von der chilenischen Pazifikküste. *Geol. Rundschau*, 59, p. 927-937.
- MINGRAMM A. et RUSSO A. (1972). — Sierras subandinas y Chaco salteño in Geologia regional Argentina. *Ac. Nac. Cienc. Cordoba*, p. 185-211.
- MON R., SUAYTER L. et URDANETA A. (1971). — Sobre la presencia del Paleozoico inferior en la Provincia de Tucuman. *Acta geologica Lilloana, Univers. Nac. Tucuman*, t. XI, n° 12, p. 229-240, 3 figs.
- MORENO J. (1970). — Estratigrafia y paleogeografia del Cretacico superior en la cuenca del Noroeste argentino con especial mencion de los subgrupos Balbuena y Santa Barbara. *Rev. Asoc. Geol. Argent.*, t. 25, n° 1, p. 9-44.
- MUNOZ CRISTI J. (1956). — Chile, in Handbook of Southamerican Geology. *Geol. Soc. Amer. Mem.* 65, p. 151-214, New York.
- MUNOZ CRISTI J. (1962). — Comentarios sobre granitos chilenos. *Rev. Mineriales*, p. 78, Santiago, Chile.
- MUNOZ CRISTI J. (1964). — Estudios petrograficos y petrologicos sobre el batolito de la Costa de las provincias de Santiago y Valparaiso. *Inst. Geologia, Fac. Cienc. Fis. y Matem.*, Univ. de Chile, Publ. 25, 93 p., 29 lams, Santiago.
- MUNOZ CRISTI J. (1965). — Evolucion Geologica del Territorio Chileno (Discurso de incorporacion como miembro academico). *Bol. Acad. de Cienc. Chile*, vol. 1, n° 1 (1968).
- PADULA E. (1972). — Subsuelo de la Mesopotamia y regiones adyacentes in Geologia regional argentina. *Ac. Nac. Cienc. Cordoba*, p. 213-235.
- PADULA E. et MINGRAMM A. (1966). — Contribucion al conocimiento geologico de la llanura Chaco Paraguayo y sus posibilidades petroleras. Rapport inédit. Y.P.F. Buenos-Aires.
- PASKOFF R. (1963). — Note préliminaire sur l'âge de la Cordillère de la côte du Chili central. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 217-217.
- PASKOFF R. (1970). — Le Chili semi-aride : recherches géomorphologiques. *Ed. Biscaye*, 420 p., Bordeaux.
- PASKOFF R. (1971). — Etat résumé des acquisitions récentes sur le Quaternaire chilien. *Cah. Géogr. du Québec*, vol. 35, p. 289-314.
- PETERSEN C. S. et GONZALEZ-BONORINO F. (1947). — Observaciones geologicas en el Chubut occidental. *Rev. Soc. Geol. Arg.*, t. II, n° 3, p. 177-222, Buenos-Aires.
- POLANSKI J. (1964). — Descripcion geologica de la hoja 25 a. Volcan San Jose (provincia Mendoza). *Direc. Nac. Geol. Miner.*, bol. n° 98. 94 p., 7 fig. 2 pl. h-t.
- POLANSKI J. (1970). — Carbonico y permico de la Argentina. *Ed. Universitaria* de Buenos-Aires, 216 p.
- PRATT W. P. (1959). — Local pleistocene deformation of basin sediments in the Argentine Andes. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 70, p. 1658.

- QUARTINO B., ZARDINI R. et AMOS A. (1971). — Estudio y exploración geológica de la región Barreal-Calingasta. Provincia de San Juan. Rep. Argentina. *Asoc. Geol. Arg.*, Monografía n° 1, 184, Bs. As.
- ROLLERI E. O. (1947). — Estudio geológico de la quebrada de Talacasto y zonas adyacentes (Provincia de San Juan). Thèse inédite. *Fac. Cienc. Nat. y Mus. U. N. La Plata*.
- ROLLERI E. et BALDIS B. (1969). — Paleogeography and distribution of Carboniferous deposits in the Argentine Precordillera. *Colloque sur la stratigraphie du Gondwana*, Buenos-Aires, 15 oct. 1967.
- RUIZ C., AGUIRRE L., CORVALAN J., KLOHN C., KLOHN E. et LEVI B. (1965). — Geología y yacimientos metalíferos de Chile. *Inst. Invest. Geol.*, 305 p., tablas, mapa metalogénico y otros, Santiago, Chile.
- RUTLAND R., GUEST E., et GRASY L. (1965). — Isotope ages and Andean Uplift. *Nature*, 208, n° 5011, p. 677-678.
- SCHWAB K. (1970). — Ein Beitrag zur Jungen Bruchtektonik der argentinischen Puna, und ihr Verhältnis zu den angrenzenden Abschnitten. *Geol. Rundschau*, 59, p. 1064-1087.
- SCOTT K. M. (1966). — Sedimentology and dispersal pattern of a Cretaceous flysch sequence, Patagonian Andes, Southern Chile. *A. A. P. G. Bull.*, vol. 50, n° 1, p. 72-107.
- SEGERSTROM K. (1960). — Cuadrángulo Quebrada Paipote. *Public. Inst. Invest. Geol.*, Chile, vol. II, n° 1.
- SEGERSTROM K. (1968). — Geología de las hojas Copiapo y Ojos del Salado (prov. Atacama). *Inst. Invest. Geol.*, bol. 24, 58 p., 2 fig., mapa. Santiago, Chile.
- SIGAL J. (1967). — Estudio cronoestratigráfico sobre la formación Springhill y los Estratos con Favrella en los pozos de Magallanes y Tierra del Fuego. Rapport. Inédit, *Empresa Nac. Petrol. (ENAP)*, Santiago, Chile.
- STEINMANN G. (1929). — Geologie von Peru. *Karl Winter éd. Heidelberg*, 448 p.
- STEINMANN G., DEECKE W. et MORICKE W. (1895). — Das Alter und die Fauna der Quiriquina Schichten in Chile. *N. Jb. Min. Geol.*, Beil. - Bd. 10 p. 1-118 Stuttgart.
- STIEFEL J. (1970). — Das Andenprofil im Bereich des 45 Südlichen Breitengrades. *Geol. Rundschau*, Bd. 59, n° 3, p. 961-978, 1 Textff, Abb.
- STIPANICIC P. N. (1966). — El Jurásico en Vega de la Veranada (Neuquén) : el Oxfordense y el diastrofismo divesiano (Agassiz-Yaila) en Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, t. XX, n° 4, p. 403-478, Buenos-Aires.
- STIPANICIC P. N. (1969). — El avance de los conocimientos del Jurásico argentino a partir del esquema de Groeber. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, t. 24, n° 4, p. 367-388, Buenos-Aires.
- STIPANICIC P. N. et RODRIGO F. (1970). — El diastrofismo eo y mesocretácico en Argentina y Chile, con referencias a los movimientos jurásicos de la Patagonia. *IV Jornadas Geol. Argentinas*, t. II, p. 337-352.
- STIPANICIC P. N. et RODRIGO F. (1970). — El diastrofismo jurásico en Argentina y Chile. *IV Jornadas Geol. Argentinas*, t. II, p. 353-368.
- STIPANICIC P. N., RODRIGO F., BAULIEZ O. L. et MARTINEZ C. G. (1968). — Las formaciones presenonianas en el denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, t. 23, n° 2, p. 66-98, Buenos-Aires.
- STIPANICIC P., TOUBES R., SPIKERMANN J. et HALPERN M. (1971). — Sobre la composición y edad de algunas plutonitas del Nordeste de la provincia de Santa Cruz, Patagonia (Rep. Argentina).
- SUAREZ M. (1971). — Geología de la Cordillera Patagónica entre los paralelos 51° y 52°30'S. *Tesis de Grado*, Dpto. Geol., Univ. Chile, 131 p., 15 fig., Santiago.
- SUERO T. (1951). — Descripción geológica de la Hoja 36c, Cerro Lotena (Neuquén). *Dir. Nac. Minería*, Bol. 76, 1, Buenos-Aires.
- SUERO T. (1952). — Las sucesiones sedimentarias suprapaleozoicas de la zona extraandina del Chubut (Patagonia austral - República Argentina). *Symp. sur les séries de Gondwana, XIX Congress Geolog. Intern.*, Alger 1952, p. 373-389, 1 fig.
- TAVERA J. (1970). — Fauna titoniana-neocomiana de Isla Livingston, Islas Shetland del Sur, Antártica. *Inst. Antártico Chileno*, Ser. Cient., v. 1, n° 2, p. 172-186 (Contribución n° 23 del INACH), Santiago.
- THIELE R. (1964). — Reconocimiento geológico de la Alta Cordillera de Elqui. *Inst. de Geología, Fac. Cienc. Fis. y Matem.*, Univ. de Chile, Publ. 27, 197 p., Santiago, Chile.
- THIELE R. (1965). — El Triásico y Jurásico del Departamento de Curepto en la Provincia de Talca. *Dpto. Geología, Fac. Cienc. Fis. y Matem.*, Univ. de Chile, publ. 28, 46 p., 7 lams., Santiago.
- THIELE R. (1972). — Hoja Santiago. Mapa y perfiles geológicos. *Dpto. Geología*, Univ. de Chile, Santiago.
- THIELE R. et KATSUI Y. (1969). — Contribución al conocimiento geológico del volcanismo post-miocénico de los Andes en la provincia de Santiago, Chile. *Dpto. Geología, Fac. Cienc. Fis. y Matem.*, Univ. de Chile, 23 p., 4 fig., Santiago.
- THOMAS H. (1958). — Geología de la Cordillera de la Costa entre el valle de La Ligua y la Cuesta Barriga. *Inst. Invest. Geológicas*, Bol. 2, 86 p. mapas, Santiago, Chile.
- THOMAS H. (1967). — Geología de la Hoja Ovalle, Provincia de Coquimbo. *Inst. Invest. Geológicas*, Bol. 23, 56 p., mapas, Santiago, Chile.
- THOMAS N. (1970). — Beitrag zur Tektonik Nordchiles. *Geol. Rundschau*, 59, p. 1013-1027.
- TOIT A. L. du (1937). — *Our Wandering Continents*. Oliver and Boyd Ed., Edinburg, 366 p.
- TURNER J. C. M. (1970). — The Andes of Northwestern Argentina. *Geol. Rundschau*, Bd. 59, H. 3, p. 1028-1064.
- VALENCIO D. A. (1970). — Correlación intercontinental de algunas formaciones de América del Sur, sobre la base de estudios paleomagnéticos. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, t. XXV, n° 4, p. 389-404.
- VALENCIO D. A. et VILAS J. F. (1969). — Age of the separation of South America and Africa. *Nature*, v. 223, n° 5213, p. 1353-1354.
- VALENCIO D. A., EMBLETON B. J. J. et VILAS J. F. A. (1971). — Reconstrucción y evolución del continente Gondwana sobre la base de datos paleomagnéticos y de la propagación de los fondos de los océanos. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*, t. 26, n° 1, p. 5-23.

- VICENTE J. C. (1970). — Reflexiones sobre la porcion meridional del sistema peripacifico oriental. Conf. sobre Problemas de la Tierra Solida, *Proc. Int. del Manto Superior, Seminario de Planeamiento (Tectonica)*, v. 37-1, p. 158-184, 2 fig.
- VICENTE J. C. (1971). — Aspect de l'organisation et l'évolution des Andes argentine-chiliennes centrales au parallèle de l'Aconcagua (32° à 33° de lat. Sud). *Intern. Geol. Congress, Canada, Montréal, 1972*.
- VICENTE J. C., CHARRIER R., DAVIDSON J., MPODOZIS A. et RIVANO S. (1972). — La orogenesis subhercinica : fase tectonica mayor en la evolucion de los Andes argentino-chilenos centrales. *Vè Congreso Geologico Argentino, Cordoba (sous presse)*.
- VOLKHEIMER W. (1970). — Neuere Ergebnisse der Anden Stratigraphie von süd-Mendoza (Argentinien) und benachbarter gebiete und Bemerkungen zur Klimageschichte des Südlichen Andenraums. *Geol. Rundschau*, 59, p. 1088-1123.
- WEGENER A. (1937). — La genèse des continents et des océans. *Lib. Nizet et Bastard, Paris*, 236 p.
- ZEIL W. (1958). — Sedimentation in der Magallanes-Geosynclinale mit besonderer Berücksichtigung des Flyschs. *Geol. Rundschau*, Bd. 47, H. 1, S. 425-433, Stuttgart.
- ZEIL W. (1964). — Geologie von Chile. *Gebrüder Borntraeger, Berlin*, 233 p.



