

## RAPPORT PRÉLIMINAIRE

SUR UNE

# Expédition géologique dans la Cordillère argentino-chilienne

ENTRE LE 33° ET 36° LATITUDE SUD

PAR

Dr. LEO WEHRLI

ET

Dr. CARL BURCKHARDT

GÉOLOGUES DE LA SECTION D'EXPLORATIONS NATIONALES AU MUSÉE DE LA PLATA

---

### A. DESCRIPTION DES ROUTES.

(Voir l'esquisse.)

Partis avec notre collègue M. Rodolfo Hauthal, le soir du 12 janvier 1897 de Buenos Aires, nous arrivâmes par Mendoza à San Rafael le soir du 19 du même mois. Ce n'est qu'après de longs préparatifs que notre caravane mûe par quatre-vingts animaux put enfin se mettre en route le 1<sup>er</sup> février. Après une rapide traversée de la Sierra Pintada et de la Pampa située à l'ouest de ces montagnes, nous installâmes, le 6 février, notre premier campement dans la Cordillère, aux bords de l'Arroyo Manga, qui est, après l'entrée dans les montagnes, le premier affluent gauche du *Río Atuel*. Montés par la vallée de l'Atuel nous passâmes d'abord cette rivière près de Mollar, ensuite deux fois son affluent droit le périlleux Arroyo de las Lagrimas. Arrivés dans le Cajon del Burro, nous visitâmes, par désir de notre collègue M. Hauthal, le glacier du Burro. Après avoir traversé le Rio Tordillo (partie supérieure du Rio Grande), vis-à-vis de Choicas, et après une courte visite aux mines de ce nom, nous passâmes pour la première fois la ligne divisoire des eaux entre l'Atlantique et le Pacifique, près du *Mojon Damas* et nous descendîmes par la vallée du *Río Tinguiririca* et le village du même nom dans la plaine chilienne. Après un court séjour à *San Fernando*, nous remontâmes dans la Cordillère par le même chemin, et après

avoir rejoint la troupe principale au Río Tordillo, le 20 février, nous arrivâmes, le 22, au Puesto Casa Santa Elena dans le *Valle Hermoso*, c'est-à-dire à l'entrée de notre champ d'étude.

C'est là que l'expédition se divisa en deux, parce qu'il nous parut préférable, pour différentes raisons, d'entrer de deux côtés dans le vaste champ de travail. Il a été convenu que M. Hauthal commencerait au sud, près de San Francisco et Trolon, tandis que nous, nous avions l'intention d'avancer du nord en choisissant pour point de départ le Portezuelo de Santa Elena. Pour la fin de mars nous nous fixâmes un rendez-vous au Río Grande, à l'embouchure du Río Cuevas ou Montañas. Là aussi devait nous rejoindre notre majordome M. Panelo, resté aux bords du Río Grande.

Nous partîmes le 23 février avec une troupe de cinq péons et vingt-trois animaux pour le *Valle Santa Elena*. La contrée paraissait intéressante et très favorable pour y commencer les travaux.

Le 27 février, un messenger de notre collègue M. Hauthal nous attint pour nous prévenir que notre estimé Directeur M. F. P. Moreno nous attendrait à la fin du mois dans le campement de la 3<sup>me</sup> Commission de limites, à la Cascada (Río Colorado, Chili).

Nous arrivâmes le 28 février avec une petite troupe—le contingent principal étant resté à l'Arroyo de las Zorras—au campement de la *Cascada*, via Portezuelo Villagra et Valle Grande. MM. Hauthal et Panelo y étaient déjà présents. Du 1<sup>er</sup> au 3 mars, nous entreprîmes de petites excursions dans les environs. Notre honoré Directeur n'y étant pas encore arrivé, nous retournâmes, le 4 mars, par le Valle Grande et le Portezuelo Vergara dans notre champ d'étude au Portezuelo Santa Elena.

Les environs de Santa Elena, les régions de Tiburcio et Villagra et de la Laguna del Fierro nous ont suscité des problèmes difficiles et nous livrèrent d'intéressants résultats géologiques.

Ce fut le 9 mars que nous eûmes l'honneur de recevoir la visite de M. Moreno dans notre campement de Villagra, où nous lui avons soumis les considérations suivantes:

1) La région spéciale assez limitée ne pouvait pas être comprise entièrement dans nos travaux sans une étude géologique des régions limitrophes;

2) Les questions sur la Cordillère, posées dans nos instructions, ne pouvaient être convenablement résolues sans l'étude d'un profil transversal complet;

3) Des profils généraux de la Cordillère seraient à désirer avant tout, et, d'autre part, des études spéciales d'une région limitée seraient trop difficiles sinon impossibles par le manque d'une base topographique sur une grande échelle.

Nous avons donc prié M. le Directeur de bien vouloir changer notre

programme de travail dans le sens d'aller étudier un profil transversal complet de la Cordillère.

Il résulta de cette conférence que, d'accord avec nous, M. Moreno nous donna l'ordre d'étudier en premier lieu un *profil géologique complet à travers la Cordillère entre Curicó et San Rafael*, et plus tard un second profil le long de la route de Uspallata avec Mendoza pour point de départ. Enfin, arrivés à Santiago du Chili le 1<sup>er</sup> mai, nous aurions dû commencer l'étude de la Cordillère de la côte chilienne.

Conformément à ce programme, nous sommes allés poursuivre nos recherches dans la région centrale entre le Rio Grande (Argentine) et le Rio Colorado (Chili). D'abord nous visitâmes les Portezuelos (cols) Villagra, Rabones, Planchon et les vallées de Los Ciegos et de Vergara jusqu'aux mines de plomb près du Rio Teno. Les environs de notre bivouac à une grande hauteur, au Peteroa-Peñon, nous fournirent des données intéressantes sur le volcanisme de ces montagnes et sur les phénomènes glaciaires actuels et passés. Après avoir dressé nos tentes pour quelque temps dans le Valle Grande, près du campement de la Cascade, et avoir visité de là le Portezuelo Montañas, nous partîmes, le 19 mars, avec une légère charge le long du Rio Colorado pour *Molina*, où nous touchâmes pour la seconde fois la grande vallée longitudinale du Chili.

Partis le 23 après midi de Curicó, où nous avions renouvelé nos provisions, nous allâmes étudier sommairement la géologie de la *vallée du Rio Colorado*.

Le rendez-vous à San Rafael ayant été fixé au 15 avril, nous fûmes obligés de faire en grande hâte le reste du profil, et le 27 mars nous étions déjà de retour à l'extrémité du Valle Grande où nous avions laissé la troupe. Les 28 et 29 nous continuions la marche par Valenzuela pour le Rio Grande, avec l'intention d'atteindre la Pampa par Calqueque ou Molles, mais ce plan ne put se réaliser à cause de graves tempêtes neigeuses d'automne, qui nous forcèrent à partir aussi vite que possible vers le sud. Après la traversée du Rio Grande (le 3 avril, près Barda Blanca), nous atteignîmes le lendemain, par Agua Votada et Portezuelo Loncoche, la *Cañada Colorada* (Villa Beltran, grande estancia du général Ortega).

Comme la route parcourue avait coupé obliquement les chaînes à l'est du Rio Grande et celles de Loncoche, nous utilisâmes le peu de jours disponibles pour avancer avec une petite troupe de la Cañada Colorada vers le Portezuelo Calqueque. En arrivant jusqu'au pied du Cerro Puchen, au-dessus de la Calle del Yeso, nous avons complété notablement notre profil géologique.

Partis le 10 avril de la Cañada, nous arrivâmes par les bords de l'Atuel et par la Sierra Pintada à San Rafael le 14 avril, où nous attendait notre majordome M. Panelo. Après avoir travaillé six semaines sans

interruption ni repos. nous étions bien aises que M. Day, nouvel intendant envoyé par M. Moreno, arrivât seulement avec quelques jours de retard.

Conformément à un désir spécial de M. le Directeur, nous traversâmes pour la troisième fois la Cordillère avec une nouvelle caravane, passant par Yaucha, Las Vegas, Laguna del Diamante, volcan *Maipó* et *Cruç de Piedra*. Après un voyage pittoresque, mais à peu près sans résultat scientifique par suite de la hâte nécessaire, nous trouvâmes les membres de la 2<sup>me</sup> Commission de limites au Río Maipó et arrivâmes, le 27 avril au soir, dans la capitale du Chili.

A *Santiago de Chile* nous restâmes cinq jours pour nous remettre et pour visiter les musées et bibliothèques sous l'aimable conduite de M. Moreno. Le soir du 3 mai, nous partîmes avec nos deux aides suisses pour étudier les plus hautes parties du col de la *Cumbre de Uspallata*, avec l'intention de faire plus tard les parties basses de ce passage et après avoir étudié aussi, selon le programme, la Cordillère de la côte. C'est ainsi qu'aurait pu se réaliser un second profil géologique à travers les Cordillères. Mais la neige prématurée survenue dans les hautes régions nous força d'attendre quelques jours à Juncal.

Le 7 mai, nous passâmes la Cumbre surpris par une tempête de neige. Le côté argentin jusqu'à Punta de Vacas était également recouvert de neige. Dans l'impossibilité de travailler et considérant avant tout l'état de notre santé, nous partîmes pour *Mendoza* attendant là de meilleures conditions.

L'hiver venant de s'annoncer définitivement, nous quittâmes Mendoza le soir du 15 et arrivâmes à *La Plata* le 17 mai.

En somme, nous avons été en route 126 jours; de ceux-ci 40 ont été des jours de marche et de voyage, 39 des jours de préparations et d'arrêts officiels, 20 des jours de marche et de travail en même temps, et 27, c'est-à-dire à peine le quart de l'expédition entière, des jours entièrement voués aux études scientifiques.

Nous avons très souvent préféré la marche à pied dans les montagnes, car ce n'est qu'à pied qu'on peut faire des observations géologiques sérieuses. Travaillant ensemble en général, nous nous sommes séparés maintes fois, pour les études spéciales et à cause du peu de temps disponible.

## B. APERÇU PRÉLIMINAIRE DES RÉSULTATS GÉOLOGIQUES.

Nous avons traversé quatre fois la Cordillère avec les itinéraires suivants :

- 1) par la vallée de l'Atuel à Tinguiririca ;
- 2) de Curicó par Rio Grande et Loncoche à la Cañada Colorada ;
- 3) de San Carlos, Maipó, Cruz de Piedra à San José de Maipó ;
- 4) de Santa Rosa de los Andes, Cumbre de Uspallata à Mendoza.

Pour les recherches géologiques, il faut faire abstraction des deux dernières traversées, parce qu'à Maipó et Cruz de Piedra nous n'avons pas eu le temps de faire des études sérieuses et à la Cumbre de Uspallata tout travail a été empêché par le mauvais temps.

Pendant les quelques semaines que nous sommes restés dans la partie centrale de la région entre le Rio Grande (Argentine) et le Rio Colorado (Chili) au sud de Santa Elena et au nord du campement de la Cascada, nous avons obtenu les bases principales pour la conception géologique non seulement du centre mais aussi des parties extérieures de notre profil si rapidement parcouru.

Il ne peut pas être le but de ce rapport préliminaire d'exposer déjà maintenant des détails, car beaucoup de résultats doivent être sanctionnés par une étude minutieuse, soit paléontologique, soit pétrographique. Après un examen détaillé nous espérons pouvoir tracer définitivement le premier profil transversal de la Cordillère des Andes (entre Molina, près de Curicó et Cañada Colorada, près de San Rafael), levé d'après les principes généraux de la géologie moderne.

Ce profil offrira au monde scientifique un coup d'œil général sur la tectonique de notre région andine. De telles recherches systématiques dans les Andes argentine-chiliennes sont, certes, justifiées aussi pour la pratique, car il pourrait en résulter quelques renseignements utiles pour résoudre la question de limites entre les deux républiques voisines.

Nous comptons publier nos résultats définitifs aussitôt que possible dans les « Anales del Museo de La Plata », c'est-à-dire dès que nos matériaux et collections (échantillons de pierre, fossiles, photographies, hauteurs barométriques, etc.) seront étudiés à fond et qu'un plan topographique pouvant servir de base sera établi.

Voici, cependant, quelques résultats préliminaires :

## 1. Ligne de l'Atuel à Tinguiririca

Après avoir passé l'immense cône de déjection du Rio Atuel, on observe au versant oriental de la Cordillère des conglomérats et des grès faiblement plissés. Ainsi cette région rappelle pour l'orographie le versant nord des Alpes où se trouvent les bancs de grès et de poudingues de la molasse miocène.

Les anciennes terrasses d'érosion et les restes des terrasses d'accumulation démontrent que la rivière aujourd'hui très petite, a travaillé jadis d'une manière considérable.

Le long de l'Atuel on rencontre des grès liasiques fossilifères, des calcaires à *Ostrea* et du gypse fortement disloqués et plissés.

Aux deux extrémités de la Laguna del Sosneado, la vallée est barrée par d'immenses moraines et beaucoup de collines d'éboulement. Ces moraines prouvent la plus grande extension des glaciers dans les temps passés, ainsi que l'existence d'époques glaciaires dans la Cordillère. On trouve tout près les restes de nappes éruptives et de grandes montagnes basaltiques, témoins d'une activité volcanique d'une époque géologique relativement jeune. Citons encore les belles surfaces polies des cailloux roulés de l'Atuel, causées par le vent si formidable dans cette région, et l'on peut dire que tous les agents géologiques ont laissé leurs traces au bord de cette rivière.

Par suite du voyage accéléré nous n'avons pas réussi à faire des observations sérieuses dans la région de l'Arroyo de las Lagrimas, du Cajon del Burro et du Rio Tordillo. Cependant, c'est dans ces contrées que nous avons rencontré pour la première fois un sédiment curieux se montrant tantôt sous forme de conglomérats grossiers, quelquefois bréchiformes, tantôt sous forme de grès plus ou moins fins. Il contient de nombreux fragments d'une roche éruptive porphyritique et quelquefois il semble même que ces fragments sont cimentés par une masse d'origine éruptive violette ou verte. Des bancs d'ammonites — par conséquent des dépôts d'origine marine — se sont trouvés en connexion avec ces conglomérats de même que des filons éruptifs.

Ces poudingues forment aux bords du Rio Tinguiririca d'immenses complexes très épais et fortement disloqués, dans lesquels le fleuve a creusé des gorges profondes. C'est là que ces roches sont injectées de nombreux filons d'une diorite verdâtre.

Dans les parties basses de la vallée de Tinguiririca, on trouve plusieurs massifs de diorite tantôt obscure, tantôt claire, intercalés entre les conglomérats.

Dans la même vallée, à l'ouest de la Cordillère, se trouvent aussi des traces glaciaires très éloignées des glaciers actuels. Il est possible que

les systèmes de terrasses immenses en combinaison intéressante avec les cônes de déjection qu'on observe dans les parties basses de la vallée de Tinguiririca, soient en rapport génétique avec la question des temps glaciaires. On doit probablement expliquer ces terrasses par des changements du niveau océanique.

Le bord occidental de la Cordillère, près du village de Tinguiririca, est formé par des roches effusives modernes, qui appartiennent aux groupes intéressants des porphyrites et basaltes.

## II. La région centrale entre Rio Grande, Rio Colorado et Rio Teno.

Entre le Rio Grande et la ligne du Rio Colorado au Rio Teno (Chili) affleure une zone composée en plus grande partie de sédiments d'âge jurassique. Ceux-ci forment quatre à cinq plis plus ou moins parallèles et relativement simples, qui s'étendent du nord-est au sud-ouest, un peu obliquement à la direction générale des chaînes.

Le conglomérat caractéristique, accompagné de grès et de filons éruptifs, joue ici comme à Tinguiririca un rôle prépondérant. C'est surtout dans les parties orientales de cette région que ces roches forment presque exclusivement d'immenses montagnes à parois escarpées, tandis qu'au centre elles sont réduites à une région montagneuse ondulée sans cimes caractéristiques. Dans cette dernière contrée, les inclinaisons des couches et quelquefois les superbes plissements, ainsi que les intercalations soit de gypse soit de calcaires fossilifères, trahissent la tectonique.

Quant au gypse, l'examen minutieux de nos matériaux fera savoir, s'il peut et jusqu'à quel point être considéré comme horizon stratigraphique. La question de l'origine de ce gypse et de ses phénomènes de contact avec les roches éruptives environnantes se présente également.

C'est dans cette partie de notre champ d'étude que nous espérons résoudre la question de l'origine du conglomérat si important au point de vue soit géographique soit géologique. L'étude détaillée des fossiles, ainsi que l'examen des plaques minces des roches qui composent le conglomérat, pourrait nous guider dans ces recherches difficiles. Il est possible qu'on finisse par établir des relations entre ce conglomérat (formant la base des volcans Peteroa et Planchon surmontée par des roches éruptives modernes) et les roches andésito-basaltiques modernes, de sorte qu'on pourra peut-être dire que les immenses volcans à peine éteints de Peteroa, Peñon et Planchon se sont élevés sur leurs propres débris des temps jurassiques. Les sources thermales de l'Azufre et de la Cascada, aussi bien que les cratères de Peteroa et Planchon, conservés jusqu'à nos jours

avec une beauté grandiose de formes et de couleurs, témoignent la jeunesse du volcanisme.

Dans le Valle de los Ciegos et jusqu'aux Puertas del Valle Grande, on rencontre partout de la pierre-ponce en petits fragments. C'est plus loin encore que les glaciers ont emporté les matériaux volcaniques, comme le démontrent des zones morainiques noirâtres, constituées par des fragments basaltiques.

A l'est de la vallée de Villagra, on trouve des centres relativement modernes d'un magma plus acide en connexion intime géographique et peut-être aussi géologique avec des lentilles dioritiques claires. Par contre, nous avons observé dans la vallée de Rabones un complexe imposant d'une roche protoginoïde, allant au nord jusqu'au Rio Valenzuela, tandis qu'il a déjà disparu à Santa Elena, de même que plus au sud au Portezuelo Montañas.

Il résulte de la description précédente que la région andine centrale, située entre le Rio Grande à l'est, le Rio Colorado et Rio Teno à l'ouest, entre le Paso Santa Elena au nord et le Portezuelo Montañas au sud, forme une contrée montagneuse uniforme et peu coupée par des cours d'eau. Le conglomérat y joue un rôle tectonique prépondérant. D'origine sédimentaire en grande partie, il forme presque exclusivement une série de plis parallèles se dirigeant plus ou moins du nord au sud, et qui ont été morcelés irrégulièrement par l'érosion et çà et là surmontés de cratères volcaniques.

### III. Rio Colorado, Rio Grande et Rio Malargue

Les roches effusives dominent depuis le Valle Grande jusqu'au Chili procurant à la vallée du Rio Colorado un caractère volcanique. Les deux pentes de la vallée montrent des restes d'une couverture éruptive énorme de nature andésitique, restes qui se distinguent par leurs colonnes admirablement belles. Cette couverture, injectée sans doute dans la vallée préexistante, couronne d'abord des bancs obliques du conglomérat violet et du gypse; ensuite, dans les parties plus basses, directement les diorites et enfin, encore plus à l'ouest, de nouveau le conglomérat plissé. Toutes ces roches montrent localement des formes moutonnées produites par les anciens glaciers.

Dans le cours inférieur du Rio Colorado, à l'endroit où il vient se joindre au Rio Claro, se voient de nouveau les immenses terrasses que nous connaissons déjà des environs de Tinguiririca.

A l'extrémité occidentale de notre profil, se trouve la diorite: des roches éruptives modernes paraissent suivre formant probablement les collines parsemées dans la plaine chilienne.

A Palmillo, c'est un tuf volcanique qui se présente. Le fait qu'il est superposé aux éboulis de la vallée longitudinale chilienne pour livrer des éléments pour la détermination de l'âge des éruptions, si l'on peut établir des relations pétrographiques entre ce tuf et les couvertures éruptives injectées dans les vallées.

Au Rio Grande, à l'est de la région centrale, vient une série de plis tantôt parallèles tantôt obliques au cours du fleuve. Depuis l'embouchure du Rio Valenzuela jusqu'au bord oriental de la Cordillère près de la Cañada Colorada, suivant le Rio Grande jusqu'à Barda Blanca, et traversant le Portezuelo Loncoche, on compte environ six anticlinaux parallèles. Près de Barda Blanca, il existe un pli couché très visible, formé dans les parties centrales par le conglomérat et le porphyre, et dans les parties supérieures par un calcaire clair à fossiles jurassiques.

Plus à l'est, à Loncoche, des dépôts crétaciques faiblement ondulés sont pénétrés par des filons éruptifs.

A l'est du Rio Grande, les sédiments jouent un rôle prépondérant, et ce n'est qu'aux environs du Rio Malargue qu'on retrouve une couverture basaltique, bien moins importante cependant que les roches éruptives de la partie chilienne de notre profil.

Nous espérons résoudre le problème de l'âge des diorites grâce aux ailleurements qui existent au-dessus de la Calle del Yeso (Portezuelo Calqueque), où nous avons trouvé ces roches en liaison intime avec les couches fossilifères jurassiques.

#### IV. Notes additionnelles sur les lignes Maipó-Uspallata et la Sierra Pintada près de San Rafael

La route Maipó-Cruz de Piedra a été parcourue avec résignation en raison du peu de temps disponible et de l'hiver menaçant. La traversée de la Cumbre de Uspallata a été encore pire; des tempêtes ont rendu impossible tout travail scientifique. Il s'ensuit que nous ne pouvons donner que sous toutes réserves quelques remarques relatives à ces deux traversées.

##### MAIPÓ-CRUZ DE PIEDRA

L'extrémité orientale de la traversée près de Yaucha paraît être paléovolcanique. Viennent après les diorites et un complexe de schistes argileux noirs, séricitiques, que nous n'avons rencontrés nulle part ailleurs.

Près de Las Vegas nous avons observé des tufs bréchiformes d'une roche trachytique.

Le Maipó même, volcan grandiose couvert de neige, est un cône basaltique. Il est entouré de blocs porphyriques et dioritiques disposés par zones.

Une zone sédimentaire montrant des complications tectoniques et composée de schistes tithoniques fossilifères, de conglomérats et de gypse, s'étend depuis Las Tortolas jusqu'aux régions basses du col.

On aperçoit par places des bouquets de colonnes éruptives. et tout en bas, près de San José de Maipó, on passe par des gorges profondes, dans lesquelles le fleuve perce des massifs dioritiques.

Voilà tous les résultats de notre route Maipó-Cruz de Piedra.

#### CUMBRE DE USPALLATA

C'est le conglomérat qui joue ici aussi le rôle prépondérant et forme, accompagné de calcaires et de gypses, plusieurs plis relativement simples. Contrairement à l'opinion de Darwin, on observe aussi du côté chilien un plongement varié des couches inclinées tantôt à l'est, tantôt à l'ouest. Il y a donc aussi dans ces parties-ci de la Cordillère des plissements clairs et indubitables.

Un énigme géologique nous paraît la plaine d'Uspallata. On pourrait peut-être résoudre la question de son origine, en étudiant aussi les terrasses et cônes de déjection aux bords du Río Mendoza présentant de très curieuses conditions de niveau.

La *Sierra Pintada* près de San Rafael mériterait d'être étudiée à fond. C'est un «Kuppengebirge» (montagne formée d'anciennes cimes volcaniques) par excellence, formé par des roches éruptives très variées, qui s'élèvent au-dessus de grès et conglomérats peu disloqués d'âge encore inconnu. Les roches citées se croisent en forme de filons et se percent alternativement d'une manière extrêmement intéressante. Leur étude géologique, se basant sur une carte topographique exacte de 1:100 000 ou mieux de 1:50 000, et sur des travaux micro-pétrographiques ainsi que sur des analyses chimiques, servirait probablement à éclaircir les questions difficiles relatives à l'âge de la Sierra Pintada, de la Cordillère proprement dite et de la Pampa.

#### V. Résumé des principaux résultats géologiques acquis jusqu'à présent

Tâchons de réunir tous les résultats acquis jusqu'ici pour en combiner un profil transversal de la Cordillère entre le 35° et 36° degré de latitude sud (voir l'esquisse).

Il en ressort que c'est une région plissée bien typique, et dont la

tectonique est relativement simple. L'écorce terrestre a été soulevée dans une série de douze à quinze plis parallèles assez équivalents entre eux dans le sens orographique de même que tectonique. La couche fossilifère la plus ancienne est formée par le liasique et à l'extrémité orientale, c'est le crétacique supérieur (avec tertiaire peut-être) qui a subi encore un faible plissement. Notre Cordillère, comme la plupart des grandes montagnes plissées de la terre, est donc relativement jeune, c'est-à-dire post-crétacique.

Dès lors les *rivières* ont creusé dans les montagnes, dirigées plus ou moins du nord au sud, des vallées irrégulières en toute direction, en long, en travers, obliquement.

L'action *volcanique* a accumulé des masses énormes de laves éruptives et de tufs dans les vallées et sur le dos des montagnes. L'érosion a fortement entamé ces masses aussi; les restes démorcelés démontrent d'autant plus nettement leur nature. Ensuite une *période glaciaire*, avec intervalles, a rempli de glace les mêmes vallées. Dans nos jours les glaciers se sont retirés et n'existent plus que dans les parties les plus élevées de la montagne, ayant laissé plus en bas, au fond et sur les versants des vallées, des moraines anciennes et des «Gletscherschliffe» (roches mou-tonnées) comme témoins de leur grande étendue antérieure.

Après cette courte orientation, nous faisons suivre quelques communications relatives aux branches géologiques spéciales:

L'examen *stratigraphique* a démontré que les terrains sédimentaires de notre région appartiennent la plus grande partie au système jurassique. Il n'est guère possible de fixer la position stratigraphique exacte des différentes couches fossilifères avant que les fossiles aient subi une détermination définitive. Mais on peut dire qu'il s'y trouve représenté une série variée d'horizons depuis le liasique jusqu'au tithonique. L'étude des terrains du jurassique inférieur et moyen est rendue très difficile par des relations de facies bien compliquées. Les bancs fossilifères ne composent point une série continue de couches l'une sur l'autre, sans lacune, mais ils forment plutôt des lentilles isolées, des strates de petite puissance, au milieu d'un système de roches élastiques d'une épaisseur immense.

Par les horizons fossilifères on est frappé de la grande différence qui existe entre les terrains formant le bord est de la montagne et ceux du centre et de l'ouest de la Cordillère. A l'est (Rio Grande, Vallée de l'Atuel, Cañada Colorada), on observe des dépôts de la zone littorale: calcaires et grès très puissants, avec mollusques à test épais, surtout bivalves, et bancs d'huîtres typiques, tandis qu'à l'ouest (Santa Elena, Vergara, Tiburcio, Fierro) se rencontrent dans différents niveaux des calcaires foncés à ammonites, dépôts de mer plus profonde. Il s'ensuivrait que la

mer du jurassique inférieur et moyen diminuait de profondeur de l'ouest à l'est. Sa côte orientale coïncidait probablement avec le bord oriental des Andes actuels, ou, sinon, elle ne doit pas être cherchée trop loin de la Cordillère actuelle.

Les roches clastiques, dans lesquelles sont intercalées les couches fossilifères mentionnées, peuvent remplacer celles-ci en plus grande partie; elles forment des assises puissantes, tout particulièrement dans les zones du jurassique supérieur et montent même jusqu'au crétacique. Quant à la composition pétrographique, on y trouve du grès très fin et des poudingues grossiers avec toutes les transitions possibles.

Le gros des gypses fait partie du système jurassique parce qu'ils sont superposés dans beaucoup d'endroits par des couches d'ammonites tithoniques comme à Montañas, à l'est du Rio Tordillo vers le Cajon del Burro, à Casa Pincheira et au Rio Grande.

Dans les temps du jurassique supérieur, une mer profonde couvrait notre région. Elle nous a laissé ses traces sous forme de calcaires foncés tithoniques avec des Ammonites (*Perisphinctes*, *Hoplites*), des *Aptychus* et des Sauriens.

La recherche paléontologique détaillée va éclaircir et approfondir, ou fournir encore beaucoup de points importants de stratigraphie. Il est très vraisemblable que l'on retrouve dans notre région, les mêmes horizons du jurassique qu'en Europe, se succédant aussi dans le même ordre qu'ailleurs, ce qui prouvera que les lois de développement organique reconnues pour les autres parties de la Terre, soient valables aussi pour l'Amérique du Sud. Il s'est déjà montré une analogie surprenante entre mainte région du jurassique de la Cordillère et les localités classiques de la Souabe, du Jura ou des Alpes. Pour la question des zones du climat jurassique, nos recherches paléontologiques détaillées apporteront aussi des matériaux. Nous avons rencontré sur une grande étendue le facies alpin de plusieurs horizons du jurassique, ce qui ne concorde pas avec les idées émises par Neumayr.

Au flanc est de la Cordillère, les couches du jurassique supérieur sont superposées par des dépôts *crétaciques*. Ceux-ci représentent, à ce qu'il paraît, toute la série du crétacique. La base en est formée par des calcaires à céphalopodes, en liaison intime avec les couches tithoniques sousjacentes. La partie moyenne comprend un complexe puissant de poudingues, de grès, d'argiles et de gypses sans fossiles. Dans les horizons supérieurs on trouve des bancs d'huîtres et des calcaires jaunâtres à pinces d'écrevisse et à mollusques.

Pour la *pétrographie* nos recherches ont fourni beaucoup de matériaux. Les roches éruptives jouent un rôle important dans notre profil. Il y a des *massifs et filons dioritiques* qui percent les terrains sédimen-

taïres ou y forment des intercalations concordantes. Les masses énormes de *poudingue* se composent, pour la plupart, de matériaux d'origine éruptive. Des roches *andésitiques* et *basaltiques* quelquefois aussi des types plus acides couvrent les hautes régions centrales ou bien se sont versés comme de grandes nappes étendues dans les vallées préexistantes. Et enfin, toutes ces formations, pour ainsi dire, sont traversées par des *filons volcaniques* de toute espèce.

Les *diorites* affleurent en deux formes: La première est une roche claire, acide, semblable au granit, à grain assez fin, et renfermant des rosettes ou lamelles de minéral de fer et des concrétions d'actinolithe en forme d'aiguilles; l'autre appartient à un facies vert, presque diabasique, avec grain extrêmement fin qui rappelle certaines roches dioritiques des Alpes de la Suisse. Il est possible que, par un examen plus exact, il en soit remis une partie dans la famille des granits ou protogines et une autre partie dans celle des diabases ou tufs diabasiques. La plupart de ces roches dioritiques est relativement jeune. Un gisement dans la Calle del Yeso (Calqueque) fixera leur âge: on y observe des filons et même des nappes dioritiques en contact direct avec les couches jurassiques fossilifères. Ici aussi, comme ailleurs, la structure granitique n'est point un critérium absolu pour l'âge de l'éruption.

Le *poudingue* a pour base, dans plusieurs localités importantes, un massif de roche porphyrique qui se retrouve dans les couches supérieures comme débris et même comme couche entière intercalée (*Lagergang*). Au Río Grande, c'est un porphyre felsitique rouge; au Portezuelo del Planchon, on trouve un porphyrite violet foncé; près du Mojon Santa Elena, on est frappé par une roche porphyritique verte avec de grandes feldspaths en tablettes de deux à quatre centimètres cubes. Ces trois roches sont caractéristiques pour le poudingue (ou la brèche), quoique leurs proportions numériques soient très variables. Elles se trouvent toujours accompagnées de débris diabasiques dont nous ne connaissons pas encore l'origine.

Dans les endroits où le poudingue passe à un grès, il renferme parfois des fossiles jurassiques de pleine mer.

Pour expliquer la genèse de ce poudingue, il y a en outre une certaine contradiction entre le caractère de poudingue grossier et fin ou brèche et le ciment très souvent de nature éruptive (porphyritique).

Les horizons de gypse sont brûlés, par places, par le contact éruptif. Le poudingue même est quelquefois métamorphisé énergiquement par des filons aplitiques etc., ou par des nappes volcaniques superposées. En outre, des traces de dynamo-métamorphisme sont constatées dans le poudingue, aussi bien que du striage et des miroirs de frottement dans des couches disloqués. Il y a des localités où le poudingue renferme des minerais de cuivre très riches (Choicas, etc).

Les roches néovolcaniques appartiennent, en somme, à la famille des *basaltes*. Il se peut, pour certains points, que les centres d'éruption mésozoïques soient en coïncidence avec ceux du temps moderne. Nous saurons plus tard, par l'examen microscopique et chimique, si cette supposition est juste pour les volcans Planchon, Peteroa et Azufre, par exemple. Ici le basalte moderne a pénétré très près d'un massif porphyrique dans une voûte sédimentaire de poudingue, s'étalant au-dessus en forme de cratères polychlores superbement conservés. Ces volcans doivent avoir été en pleine action encore dans le temps glaciaire, et même dans le présent ils ne seraient pas complètement éteints, comme le feraient supposer les exhalations continuelles et intensives d'acides sulfureux et hydrosulfurique, les sublimations volcaniques qu'on trouve sur la glace de ces montagnes, ainsi que les sources thermales saturées d'acide hydrosulfurique, etc., de ces régions.

Nous avons trouvé à Villagra et à Tiburcio des centres d'anciens volcans ayant la forme de cimes bien typiques, de cratère avec strates d'*obsidiane* et de *perlite*. Ceux-ci sont dûs à un magma plus acide, *trachytique* peut-être.

Dans le Valle de los Ciegos, Puertas del Valle Grande, etc., toute la contrée, vallée et hauteurs, est couverte de  *Pierre-ponce*. Plus en aval, au Rio Grande, Rio Colorado, Rio Claro, on trouve des masses énormes de *tufs*, et des *nappes andésitiques* jusqu'à deux mille mètres d'épaisseur. Souvent elles montrent des colonnes magnifiques et suivent les pentes des vallées jusque dans leurs plus petits ravins où les eaux les ont entamées de nouveau (Rio Malargue, Rio Colorado). Par places elles sont superposées à des poudingues modernes à peine cimentés (Rio Claro, Rio Colorado, Rio Malargue). D'autre part, au Rio Colorado, à Villagra ces nappes néovolcaniques montrent une surface moutonnée ainsi que du striage effectué par les glaciers dans le temps de leur grande étendue.

Remarquons ici encore que les roches paléovolcaniques et néovolcaniques, de même que les terrains sédimentaires sont pénétrés par des milliers de *filons éruptifs* de toute classe. Dans le crétacique même au bout oriental de notre profil (Loncoche), il y a une porphyrite angitique. Des éruptions volcaniques ont donc eu lieu continuellement, pour ainsi dire, depuis les temps jurassiques jusqu'à nos jours. C'est là une région d'une importance extraordinaire pour le microscope du pétrographe et pour la balance du chimiste.

Quant à la *tectonique*, on peut déclarer que la Cordillère, dans la latitude de notre voyage, se manifeste comme  *région de plissement typique*. Fractures et failles n'y jouent qu'un rôle secondaire; quant aux chevauchements, il n'y en a pas.

En comparaison avec les Alpes européennes, la structure de notre partie de la Cordillère est bien simple. Il n'y a que peu de complications tectoniques; les massifs centraux feraient défaut, et ce n'est que par un seul système sédimentaire qu'est formé le plus grand nombre des plis simples et nets. Mais, dans ces plis, et au-dessus, on rencontre des roches néovolcaniques variées, phénomène presque inconnu dans les Alpes.

La Cordillère étudiée montre une série subséquente et asymétrique de plusieurs zones. Sortant de la Pampa argentine, on trouve, au versant est de la montagne (entre Cañada Colorada et Casa Pincheira) une vaste synclinale de terrains crétaciques faiblement plissés et superposés au jurassique. Le noyau de cette synclinale est formé par les horizons du crétacique supérieur, déjà mentionnés dans la partie stratigraphique, et prouvant que la dernière dislocation de cette partie de la Cordillère a eu lieu dans les temps post-mésozoïques.

Vers l'ouest suivent les plis jurassiques avec une dislocation plus forte et plus serrée que celle du crétacique. Leurs poudingues, grès et calcaires forment une série de synclinales et anticlinales simples (Mojon Santa Elena, Portezuelo de Vergara, bords du Rio Grande). Nous n'avons vu que deux localités dont la tectonique est plus compliquée: un pli couché au Rio Grande (près de Barda Blanca) avec un noyau de porphyre quartzifère, sur lequel des calcaires blancs à ostrées sont magnifiquement plissés en forme d'un S, et puis la région située au nord-ouest du Valle Santa Elena: quant à cette dernière, il serait difficile d'en débrouiller la structure tectonique.

À l'ouest de la ligne de Peteroa - Planchon-Tinguiririca: ce sont les masses de roches éruptives qui dominent dans notre profil. Il y a une alternation de diorites (effusives?) avec les poudingues jurassiques disloqués en voûtes et synclinales plus ou moins claires, sous une nappe énorme de roches néovolcaniques.

Le versant ouest de la Cordillère, c'est-à-dire le bord oriental de la grande vallée longitudinale du Chili, est très souvent formé par des roches diabasiques ou porphyritiques, basaltiques même et tufeuses formant de nombreuses cimes volcaniques.

Notre profil transversal de la Cordillère entraînera, en outre, quelques *résultats d'intérêt géologique général*. Rappelons la genèse des poudingues et du gypse; la question de la glaciation andine actuelle et antérieure; les phénomènes du volcanisme avec ses effets de contact sur les roches sédimentaires et éruptives, et ses restes en forme de cratères, colonnes, tufs, exhalations de gaz et sources thermales; les produits de la décomposition et de l'action du vent; les changements des cours d'eau; les éboulements, etc., etc. On pourrait faire suivre une quantité de petits travaux spéciaux sur des détails d'intérêt local de même que sur des

problèmes d'importance plutôt générale. Le matériel fondamental en est déjà levé partiellement; pour une autre partie, on pourrait facilement l'obtenir: mais la plupart des matériaux ne seront livrés que par des recherches continues faites d'année en année.

Comment parvenir, en effet, à des résultats positifs sur le mouvement des glaciers dans les hautes vallées andines, sans de continuelles observations des mêmes glaciers pendant quelques dizaines d'années? Comment juger de l'origine de la Pampa énorme et des restes erratiques avant de connaître à fond les roches et les formations caractéristiques de la Cordillère même?

Ce n'est pas seulement pour la science proprement dite qu'il faut tâcher de résoudre peu à peu ces questions, qui sont aussi d'une grande valeur pratique au point de vue de l'économie politique. On peut prévoir les temps où il sera important pour la République Argentine de savoir si les hautes vallées peuvent être peuplées. La recherche géologique de la Cordillère, c'est la recherche, en même temps, de ses richesses minières: les charbons et les minerais métallifères. Nous ferons un rapport plus détaillé sur quelques mines rencontrées dans notre région et l'explication de leur genèse sera aussi intéressante pour la théorie géologique qu'importante pour la pratique du mineur.

Enfin, pour tous ceux qui ont un intérêt soit comme hommes d'état soit comme simples patriotes à la question des limites chiléno-argentines, il est absolument indispensable de connaître la géologie de la ligne divisoire qui en explique les faits topographiques.