

XXV

(EXCURSION DU NORD).



LE MINÉRAL D'ARANZAZÚ

(ETAT DE ZACATECAS)

PAR

J. D. VILLARELLO,

---

---

# LE MINÉRAL D'ARANZAZU.

Etat de Zacatecas.

PAR JUAN D. VILLARELLO, Ingénieur des Mines.

## SITUATION.

La Ville de Mazapil, centre administratif de la Municipalité et de la Circonscription du même nom, Etat de Zacatecas, est située par  $24^{\circ} 23' 0''$  de latitude Nord et  $2^{\circ} 40' 27'' 20$  de longitude Ouest de Mexico. Autour de Mazapil, et à des distances qui varient de 16 à 20 km., se trouvent différents centres miniers ou "Minerales," comme on les appelle dans le pays : au NO., El Potrero, dans la Chaîne qui s'étend de Cedros à Albarradón ; au N., San Pedro de Ocampo, dans les montagnes de Zuluaga ; au S.S.E., Santa Rosa ; au S.E., Aranzazú et Concepción del Oro ; et enfin, à l'E., Albarradón et Bonanza. Dans la présente notice, je ne m'occuperai que du Minéral d'Aranzazú.

Le Minéral d'Aranzazú, connu, autrefois, sous le nom d'"El Cobre," est situé à 4 km. à l'Ouest de Concepción del Oro, et à 570 m. au dessus de cette localité, c'est à dire 2,640 m. au dessus du niveau de la mer.

Concepción del Oro est la gare terminale du chemin de fer "Coahuila y Zacatecas;" et, de là au Minéral d'Aranzazú, existe un chemin muletier, qui présente, par places, de fortes pentes.

## DONNÉES HISTORIQUES.

Les centres miniers mentionnés ci-dessus ont été exploités dès le XVIème. siècle; ils sont au nombre des plus anciens de l'Etat de Zacatecas, et ont produit plus de vingt six millions de pesos en cent cinquante ans. Après avoir donné aux conquérants du pays d'énormes bénéfices, suivant une tradition que rendent probable la profondeur et le développement des travaux dans les mines anciennes, et, principalement, dans celles de San Eligio et d'Albarradón, l'exploitation fut interrompue, au XIXème. siècle, par la guerre d'Indépendance.

En 1883, la décadence des centres miniers ci-dessus était complète; les mines anciennes étaient, pour ainsi dire, abandonnées, et les nouvelles n'étaient travaillées que sur une petite échelle, et à une faible profondeur.

Le Mineral d'Aranzazú n'attira pas particulièrement l'attention des Espagnols, qui s'occupèrent, surtout, de l'exploitation des gisements d'argent et n'entreprirent de travaux que dans la mine d'"El Guaje," la plus ancienne d'Aranzazú, et dans le seul but de faire du "Magistral" (sulfate de cuivre et de fer), substance qui s'emploie dans le procédé métallurgique d'extraction de l'argent connu sous le nom de "Beneficio de Patio." Depuis lors, mais toujours sur une petite échelle, fut commencée l'exploitation de la mine d'"El Placer." La veine connue sous ce nom est aurifère, à son affleurement, et, en conséquence de la désagrégation de cet affleurement, et, de l'érosion, une certaine quantité d'or se concentra plus bas, dans le lit d'un ruisseau et au pied de la montagne, ce qui fit croire, à ce moment, qu'il existait, en ce lieu, un "placer" d'or d'une grande importance indus-

trielle; de là, la désignation donnée à la veine, et l'origine de l'exploitation, dans cette veine, de la mine qui en a pris le nom.

En 1890, fut commencée la galerie générale,—ou tunnel,— d'Aranzazú, qui est située presque au contact du calcaire avec la roche éruptive, classée comme monzonite quartzifère.

Plus tard, les mines en voie d'exploitation et plusieurs autres fonds miniers furent achetés par la compagnie dite "Mazapil Copper Co. Ld.," qui, pourvue d'un capital suffisant et d'une direction technique des plus compétentes, commença les travaux, sur une grande échelle, avec économie, et en employant les procédés les plus modernes et les mieux adaptés à ce genre d'industrie. Elle construisit aussi le chemin de fer de "Coahuila y Zacatecas," qui va de Saltillo à Concepción del Oro, et qui était indispensable au succès de l'exploitation de ces centres miniers,—jusqu'alors dépourvus de voies suffisantes de communication; installa des machines électriques, pour l'extraction des minerais et l'épuisement des eaux; plaça un câble aérien automoteur, pour effectuer les transports d'Aranzazú à Concepción del Oro; construisit, dans cette localité, une fonderie, pour le traitement métallurgique des minerais cuivreux; ouvre, actuellement, un grand tunnel, qui atteindra une longueur de 1300 mètres et une profondeur de 300 m. au dessous de la galerie d'Aranzazú; et, comme résultat de ses actifs labeurs, elle extrait, aujourd'hui, plus de six mille tonnes de minerai de cuivre, par mois, avec un succès commercial vraiment extraordinaire.

Il y a peu d'années que la compagnie a pris possession de ses mines, et, malgré toute son activité, on peut dire qu'elle commence à peine à explorer la région: ses ex-

cavations sont nouvelles, peu profondes, et, fréquemment, les travaux de recherches découvrent de nouvelles cheminées de minéral de cuivre argentifère, contenant de l'or. Plus tard, quand ce district sera plus exploité, quand les mines auront atteint une plus grande profondeur, le Minéral d'Aranzazú est appelé, à mon avis, à devenir l'un des plus productifs, des plus intéressants et des plus remarquables du Mexique.

#### TOPOGRAPHIE.

La plaine dite de Rocamonte, située au NE. de Concepción del Oro, s'étend du NW. au SE., et est limitée, à l'Est, par la Sierra de Guadalupe Garcerona. De cette plaine, le terrain s'élève dans la direction de l'Ouest, de Concepción del Oro, à la Sierra del Cobre; cette chaîne est coupée par la "barranca" de ce même nom, qui descend du Minéral de Aranzazú vers Concepción del Oro. Au NE. et au SE. de cette localité, on aperçoit des éminences, assez élevées, comme El Temeroso Chico, au NE.; El Vigía, à l'E.; et, au SE., le pic, à parois verticales, connu sous le nom de la Cruz. L'ensemble de ces hauteurs forme un fer à cheval, à côtes raides, à versants fortement inclinés, qui servent d'échelon pour atteindre un autre fer à cheval, situé plus à l'Est, et dans lequel est le Minéral d'Aranzazú.

En remontant la "barranca" dite d'"El Cobre," et à une hauteur de 570 m. au dessus de Concepción del Oro, se trouve la vallée, en fer à cheval, d'Aranzazú, limitée: au Nord, par les montagnes qui unissent El Temeroso Chico avec El Temeroso Grande; au couchant, par les montagnes d'El Guaje, San Carlos et Cerro Prieto; et, au Sud, par les montagnes d'El Hundido, dont le

versant descend, au Sud, à la plaine qui conduit à Mazapil.

Le vallonnement général du terrain suit deux directions dominantes, qui sont E.-W. et N.W.-S.E. de l'Ouest à l'Est, descend la Baranca del Cobre, qui va d'Aranzazú à Concepción del Oro; et, du N.W. au S.E., courent les eaux de la Barranca de los Capulines, de San Marcos à San Juan, au couchant du Cerro Prieto et du Cerro del Guaje.

C'est aussi du N.W. au S.E. que se dirige la "barranca" qui passe au Nord de ces dernières montagnes, pour aller s'unir, au Sud du Temeroso Chico, avec celle qui descend d'Aranzazú à Concepción del Oro.

La direction générale de la Sierra del Cobre est N.W.-S.E.; elle est limitée par des plaines, à l'Est comme à l'Ouest: à l'Est, par celle de Rocamonte, et à l'Ouest, par celle qui va vers Mazapil.

La Sierra del Cobre est presque entièrement dépourvue de végétation; ses flancs sont, en général, fortement inclinés, et les couleurs des différentes roches de la région forment, entre elles, des contrastes tranchés.

#### GÉOLOGIE GÉNÉRAL.

Dans la Sierra del Cobre, on trouve des roches sédimentaires jurassiques et crétacées, et une roche ignée intrusive.

Les roches sédimentaires et en stratification concordante, succèdent, de bas en haut, dans l'ordre suivant: En bas, existent des couches épaisses d'un calcaire compacte, gris,—qui devient cristallin, ou grenu, et blanc, dans les environs de son contact avec la roche intrusive, dont nous parlerons plus loin. Sur ces bancs épais re-

posent des couches minces d'un calcaire compacte, gris, renfermant des nodules de silex, lequel forme aussi des rubans intercalés dans le calcaire. Par dessus, viennent des schistes argileux, noirs, dont l'affleurement, parfaitement reconnaissable à sa couleur, constitue une bande de plusieurs mètres de large, et assez longue, coupée transversalement par la "barranca" qui descend du col appelé El Descanso au tunnel d'Aranzazú, avec une direction S.N. Enfin, sur ces schistes, existent des couches minces de calcaire argileux, de couleur grise.

Dans la Sierra del Cobre, les calcaires et les schistes argileux sont pauvres en fossiles; mais l'étude stratigraphique que le Dr. Burckhardt a faite des montagnes de Mazapil et de Santa Rosa permet d'affirmer que, à Aranzazú, les schistes argileux noirs et les calcaires inférieurs sont jurassiques, et que les calcaires qui s'étendent sur les dits schistes, appartiennent au crétacé.

Les bancs de calcaire, ainsi que les schistes argileux, ont des directions qui varient de  $20^{\circ}$  à  $40^{\circ}$  N.W., et leur plongement est, partout, S.W., avec une inclinaison de  $50^{\circ}$  à  $70^{\circ}$ .

Les roches sédimentaires, mentionnées ci dessus, s'étendent de Concepción del Oro à Albarradón, Mazapil, Santa Rosa, et autres centres miniers, déjà nommés, en passant par Aranzazú, avec des interruptions dûes aux affleurements de la roche intrusive.

Dans le voisinage du contact des roches sédimentaires avec l'intrusive, les premières sont métamorphosées: Dans certains endroits, on observe simplement une recristallisation des calcaires, sans changement de composition chimique,—métamorphisme connu sous le nom de "marmorose." Dans d'autres, le métamorphisme n'est pas dû à la chaleur seulement, mais aussi à l'action de

l'eau, qui, à l'état de vapeur surtout, s'est séparée du magma, pendant son refroidissement et sa solidification; dans ces derniers points, il s'est, alors, produit une silication des calcaires, c'est à dire un enrichissement en silice combinée. Parmi les silicates, caractéristiques du métamorphisme de contact, on trouve à Aranzazú, le grenat et la trémolite, dans le calcaire métamorphique, et comme gangue des minéraux qui se trouvent dans la zone de métamorphisme. La largeur de cette zone, à partir du contact, est variable; et, dans ses limites, les plans stratigraphiques des calcaires ont été fréquemment effacés par l'intensité du métamorphisme.

La roche intrusive dont nous avons parlé à plusieurs reprises, a été classée par M. E. Ordóñez comme monzonite quartzifère. Sa composition chimique et sa texture ne sont pas uniformes, dans toute sa masse: suivant les conditions dans lesquelles s'est effectué le refroidissement, la texture de la roche varie, au point qu'elle passe à la porphyrite; et, d'autre part, aussi, la proportion de silice change, d'un point à un autre.

La monzonite quartzifère a produit des affleurements qui, des environs de Concepción del Oro, vont dans la direction d'Aranzazú, jusqu'aux Cerros del Hundido y del Guaje, en passant par le versant N. de la montagne de La Cruz et par la montagne de La Vigía; on la voit aussi près d'Albarradón; elle apparaît, enfin, sous forme de laccolithe, à Santa Rosa, dans le voisinage des mines du même nom.

La roche intrusive ci dessus coupe les roches sédimentaires jurassiques, ainsi que les crétacées; aussi peut-on dire que notre monzonite est tertiaire, et, probablement, paléogène.

Ces roches sont traversées par un système de frac-

tures conjuguées, exokinétiques et de pression, dont la direction moyenne est  $80^{\circ}$  N.El.; le plongement varie de  $70^{\circ}$  à  $80^{\circ}$  S., dans les environs de la mine d'Aranzazú; il est N., dans les mines de San Carlos et San Juan. Ces lithoclastes, de peu de largeur, et sans délogement notable des épontes, se réunissent, pour former des zones de diaclases, et sans produire de dislocation du terrain.

Ces diaclases, contemporaines, probablement, de l'intrusion de la monzonite, jouèrent un rôle important dans la minéralisation de la zone de métamorphisme de contact, et sont, aujourd'hui, des guides précieux pour diriger les travaux d'exploration minière.

Dans la monzonite, existent des fractures, dues au retrait de la roche par refroidissement, et quelques-unes de ces fractures sont minéralisées, d'une minéralisation semblable à celle que l'on rencontre dans les gisements encastrés dans les calcaires de région.

Il résulte de ce qui précède que le mouvement du terrain à Aranzazú, a commencé au début du Tertiaire; dès lors, s'est établi le régime continental, dans cette région, puisqu'on n'y voit pas de sédiments postérieurs au crétacé, sauf, dans les dépressions où l'on peut reconstruire des accumulations de détritiques de roches voisines, dues à l'érosion. Les actions tectoniques qui ont produit le plissement du terrain, combinées avec les pressions latérales, fracturèrent aussi les calcaires jurassiques et crétacés, qui, en stratification concordante, forment, à Aranzazú, le flanc d'un anticlinal, dont la direction est de  $35^{\circ}$  N.W., et le plongement S.W. Les roches sédimentaires furent coupées par la monzonite tertiaire, et métamorphosées, dans le voisinage de leur contact avec elle, par "marmorose" et aussi par "silication." Pendant le refroidissement et la solidification de ce magma intru-

sif, se formèrent des dépôts minéraux, dans la zone de métamorphisme de contact, et cette action minéralisatrice continua encore après la solidification et la fissuration de la partie supérieure de la roche intrusive: on y voit, en effet, comme je l'ai déjà dit, des fractures minéralisées, dont le remplissage métallique est semblable à celui des gisements que l'on trouve dans la zone de métamorphisme des calcaires de la région.

#### MINÉRAUX.

Les minéraux que l'on rencontre dans les gisements d'Aranzazú sont les suivants :

Minéraux qui appartiennent à la différenciation primaire du remplissage métallifère: Chalcopyrite, pyrite cubique de fer, tétrahédrite, et en petite quantité, blende et galène; et, comme gangue: calcite, grenat, et, en petite quantité, trémolite et quartz.

Minéraux formés pendant la différenciation secondaire du remplissage métallifère: hématite, malachite, azurite, bornite, chalcocite, cuprite, chrysocole; et, en petite quantité, cuivre, argent et or natifs.

#### DESCRIPTION DES MINES.

La compagnie incorporée sous le nom de "Mazapil Copper Co. Ld." exploite plusieurs mines, dans le Minéral d'Aranzazú, parmi lesquelles, nous citerons les suivantes: Socavón General d'Aranzazú, San Carlos, Placer, San Antonio de Abajo, San Antonio de Arriba, San Juan, Hundido, Jaime, La Jabonera, El Guaje y Las Catas de San Andrés. De ces mines, les quatre premières et San Juan sont les plus intéressantes, tant par

les travaux qui y ont été effectués que par les dépôts cuprifères qu'on y a découverts; quant aux autres, ce sont de simples fouilles anciennes, sans profondeur, déjà, presque toutes, mises en communication avec les cinq mines que nous venons d'énumérer.

#### SOCAVÓN GENERAL D'ARANZAZÚ.

L'entrée de cette mine est percée dans de la monzonite, altérée par des actions superficielles; à une douzaine de mètres, on rencontre le calcaire métamorphisé par le contact de la roche intrusive. Le tunnel va, d'abord, vers le Sud; traverse les calcaires métamorphiques; mais sans s'éloigner beaucoup du contact des deux roches. A 104 m. de la entrée du tunnel, se trouve le puits vertical núm. 1, qui a 120 m. de profondeur; à 168 m.,—comptés toujours à partir de l'entrée,—le tunnel tourne vers le S.E., et, à 80 m., sur cette nouvelle direction, on rencontre le puits vertical, núm. 2, appelé El Chaleco, dont la profondeur est de 98 m. Au delà de ce puits, le tunnel va toujours vers le S.E.; puis, il prend une direction presque N.S., retourne au S.E., et, à 28 m. du puits núm. 2, vient le puits vertical désigné sous le nom de N.º 3, profond de 44 m., et dans lequel se termine le tunnel d'Aranzazú. Son développement total est de 456 m. Il est, presque en totalité, creusé dans les calcaires métamorphiques.

Entre l'entrée du tunnel et le puits núm. 1, on voit, dans le calcaire, des fractures, dont la direction est E.W., et le plongement  $57^\circ$  N., et quelques autres aussi, en très petit nombre, à direction  $15^\circ$  N.E. Entre les puits núm. 1 et 2, la direction des couches calcaires est de  $35^\circ$  N.W., et leur plongement varie de  $57^\circ$  à  $65^\circ$  S.W.

Dans les environs du puits n<sup>o</sup>m. 2, il y a des fractures 70° N.E., et E.W., et de ce même endroit, se sépare une galerie transversale, qui se dirige vers l'Orient.

Cette galerie a coupé la cheminée minéralisée qui descend des œuvres superficielles, connues sous les noms de El Hundido et de Jaime, et, qui, à la surface du sol, part du contact de la monzonite avec le calcaire métamorphique, pour s'encastrier, au fond, dans cette dernière roche. A l'extrémité de la galerie transversale, dont nous avons déjà parlé, il y a une fracture 70° N.E., par laquelle descendent les eaux superficielles. Entre les puits n<sup>o</sup>m. 2 et 3, les calcaires ont une direction 35° N.W., et un plongement S.W. Dans cette partie du tunnel, on rencontre, coupés par des galeries transversales, les salons de San Agustín, Palomas, Golondrinas et San Juan, espaces qui sont demeurés vides, à la suite de l'exploitation des cheminées minéralisées qui descendent des environs de la surface, et portent les mêmes noms, (voir le plan ci-joint). Dans la salle de San Juan, se présentent des "diaclasses," 70° N.E., et d'autres beaucoup plus rares, N.S. et 40° N.E., et, dans le tunnel lui-même, près de la cheminée San Agustín, il en existe à direction N.E., et plongement S.

En différentes parties du tunnel, des galeries transversales ont été creusées vers l'Est, dans l'intention d'atteindre le contact entre le calcaire et la monzonite, et, d'ouvrir, ensuite, des œuvres d'exploration le long de ce contact; mais ces travaux ont dû être abandonnés, parce que, sur cette surface, on n'a trouvé que des zones minéralisées sans importance industrielle.

A 60 m. de l'entrée du tunnel, passe la veine nommée El Placer, dont je m'occuperai plus loin.

Le second étage est à 43 m. au dessous du tunnel,—

avec lequel il est mis en communication par les puits núms. 1, 2 et 3. Il est ouvert dans le calcaire métamorphique, et son développement total est de 344 m. Cet étage est situé, en totalité, à l'Est du tunnel, et à une distance horizontale de 4 m. à 12 m. Au niveau de cet étage, entre les puits 1 et 2, la direction des calcaires est  $37^{\circ}$  N.W., et plongement S.O; et il y a fractures  $75^{\circ}$  N.E. et leur plongement  $80^{\circ}$  S., comme dans la salle située au Sud du puits désigné sous le nom de Los Novios, près du puits núm. 1. Dans cette section, se trouvent 3 cheminées minéralisées, qui descendent vers l'étage núm. 3. Entre les puits núms. 2 et 3, l'étage núm. 2 coupe une autre cheminée minéralisée, La Costilla; et, au Nord de celle-ci, dans une longueur de 50 m., apparaissent plusieurs fractures, dont la direction moyenne est E.W., et le plongement S.; quelques-unes sont minéralisées.

L'étage núm. 3 est 68 m. plus bas que le niveau du tunnel et communique avec lui par le puits núm. 1. Son développement est peu considérable; et à 20 m. au Sud du puits que nous venons de mentionner, il coupe une zone de diaclases minéralisées, à direction E.W., qui sont dans la cheminée minéralisée qui descend de l'étage núm. 2, au Sud du puits de Los Novios.

L'étage núm. 4 s'étend à une profondeur de 93 m., au dessous du tunnel, et est mis en communication avec lui par les puits verticaux núm. 1 et 2. Au Nord du puits núm. 1, la galerie va N.S., à peu près. Elle se dirige, ensuite, vers l'W., puis tourne vers le N., et coupe, alors, une grande cheminée, fortement minéralisée, La Abundancia, qui descend vers l'étage núm. 5. Du puits núm. 1 au puits núm. 2, la galerie a une direction S.S.E.; c'est dans cette section, près du puits núm. 1, que se fait la communication avec l'étage núm. 4 de la Mine d'El Pla-

cer. Cette communication coupe la ligne de contact du calcaire métamorphique avec la monzonite quartzifère, dans laquelle est encastrée la veine diacalse que nous avons déjà mentionnée sous le nom d'El Placer. Du puits núm. 2, El Chaleco, la direction de l'étage núm. 4 est N.S. Dans cette section, les couches de calcaire ont une direction  $30^{\circ}$  N.W., et un plongement S.W.; là, se trouvent deux diacalases, à direction E.W., et plongement N. Le développement total de cet étage est de 264 m.; il est entièrement ouvert dans le calcaire métamorphique.

Enfin, l'étage núm. 5 est creusé à 116 m. au dessous du niveau du tunnel, et communique avec lui par le puits núm. 4. De ce puits, la galerie court vers le Nord, puis, elle prend une direction  $35^{\circ}$  N.W., et retourne vers le N., jusqu'à sa rencontre avec une zone de diacalases minéralisées, à direction E.W., qui passent par la cheminée de La Abundancia, descendue de l'étage núm. 4. Le développement total de l'étage núm. 5 est de 80 m.; il s'étend exclusivement dans le calcaire métamorphique. Dans le plan du puits núm. 1, on voit quelques diacalases, à direction E.W.

Il résulte de ce qui précède que la longueur totale de l'œuvre de la Mine est de 1.490 m., sans compter plusieurs petites galeries transversales, pratiquées en différents endroits, ni les travaux anciens, qui sont situés au dessus du tunnel. La profondeur atteinte était, en Mai 1905, de 120 m. seulement, au dessus du tunnel général d'Aranzazú.

#### SAN CARLOS.

Le puits de cette mine est à 140 m., au N.W. de l'entrée du tunnel général que nous venons de décrire. Tout près de ce puits vertical, connu sous le nom de San Car-

los, se trouvent la bouche d'une mine, et des travaux anciens très irréguliers, qui s'étendent à une profondeur de 44 m., ou ils sont entrés en communication avec une grotte, située au dessous de l'arroyo d'Aranzazú. Cette grotte a une surface de  $64 \times 86$  m., et une hauteur qui varie de 20 à 28 m.; ses parois sont tapissées de calcite. Le sol est presque horizontal, et est constitué par un calcaire compacte; il est au niveau de l'étage n<sup>o</sup>m. 2 de la mine de San Carlos. Cet étage est à 68 m. au dessous de la bouche du puits du même nom, et s'étend, de ce puits, vers le N.W., sur une longueur de 148 m., jusqu'au contact de la cheminée minéralisée connue sous le nom de Los Bronces, qui descend à l'étage n<sup>o</sup>m. 3. Le puits vertical de San Carlos a 132 m. de profondeur et communique avec les étages n<sup>o</sup>ms. 3, 4, 5 et 6, qui constitue l'œuvre nouvelle de cette mine.

L'étage n<sup>o</sup>m. 3 est à 84 m. au dessous de la bouche du puits de San Carlos, et s'étend au S.E. et au N.W. Au S.E., il atteint une longueur de 40 m., puis continue, comme galerie transversale, vers le S.W., et coupe les grandes cheminées minéralisées El Lamajal et La Grande, qui descendent jusqu'aux étages n<sup>o</sup>ms. 4 et 5. Dans la cheminée dite La Grande, au niveau de notre étage, se rencontrent des diaclases, à direction  $70^\circ$  N.E., et à plongement  $80^\circ$  N., qui coupent les plans stratigraphiques des calcaires, dont la direction est  $37^\circ$  N.W., et le plongement  $65^\circ$  S.W. Au N.W. du puits de San Carlos, l'étage n<sup>o</sup>m. 3 coupe, d'abord, deux petites poches assez minéralisées, dont la première est à l'intersection des plans stratigraphiques des calcaires ( $35^\circ$  N.W.) avec des diaclases, dont la direction moyenne est E.W., variant entre  $60^\circ$  N.E. et  $70^\circ$  N.W., et dont les uns ont un plongement N. et les autres un plongement S.

Plus au N.W., existé une galerie transversale Ouest, dans laquelle se trouvent beaucoup de diaclases, à direction  $70^{\circ}$  N.E., et à plongement  $60^{\circ}$  N. Enfin, plus au N.W., à 144 m., environ, du puits de San Carlos, notre étage coupe la cheminée de Los Bronces, dans laquelle on rencontre des diaclases, dont la direction est comprise entre  $60^{\circ}$  N.E. et E.W., et dont le plongement est N.; puis, entre cette cheminée et la galerie transversale déjà mentionnée, le même étage núm. 3 coupe un diaclase, bien marqué, à direction  $70^{\circ}$  N.E. et à plongement  $52^{\circ}$  N.

L'étage núm. 4 s'étend à 108 m. au dessous de la bouche du puits de San Carlos. De ce puits, en allant vers le N.O., cet étage coupe des diaclases à direction  $70^{\circ}$  N.E., et à plongement  $80^{\circ}$  N., dans le voisinage de petites zones minéralisées; puis, continue son chemin à travers un calcaire compacte métamorphique et coupe les cheminées marquées A et B sur le plan ci-joint. Du puits de San Carlos, en allant vers le S.W., notre étage traverse les plans stratigraphiques des calcaires, dont la direction est  $40^{\circ}$  N.W. et le plongement S.W.; puis, plus loin, traverse une petite zone minéralisée; de suite après, il tourne vers l'Est, et, ici, nous voyons une galerie transversale courant vers le N., qui coupe un diaclase à direction E.W. et à plongement  $80^{\circ}$  S.; ce diaclase réapparaît, plus à l'Est, sur le même étage, à l'endroit où nous avons rencontré une petite zone minéralisée. Notre étage continue sa route vers le S.W., et rencontre diaclases à direction  $70^{\circ}$  N.E. et à plongement N.; enfin, il se dirige vers le S., et, près de son extrémité, coupe d'autres diaclases à direction  $70^{\circ}$  N.W., et à plongement presque vertical.

L'étage núm. 5, à 132 m. au dessous de la bouche du

puits de San Carlos, va, de ce puits, au S. et au N.W. Au S., la direction des calcaires est  $37^{\circ}$  N.W. et leur plongement S.W. Dans le voisinage des cheminées minéralisées La Grande et El Lamajal, la galerie coupe des diaclases à direction  $70^{\circ}$  N.E. et à plongement N. Au N.W., elle traverse les cheminées A et B, dont la première est située à l'intersection des plans stratigraphiques des calcaires, dont la direction est  $37^{\circ}$  N.W., et le plongement S.W., avec plusieurs diaclases, à direction E.W. et à plongement N.

L'étage núm. 6 s'étend vers le S.W., coupe, de suite, la cheminée El Lamajal; puis, suivant la même direction, va traverser la cheminée La Grande.

La Mine de San Carlos, tout entière, est creusée dans le calcaire,—qui a été métamorphisé, dans cette région, par “marmorose” et “silication;”—ses travaux sont à 50 m., à l'Ouest de la ligne de contact du calcaire avec la monzonite quartzifère.

#### PLACER.

Cette mine exploite la veine du même nom,—dont la direction est E.-W. et le plongement S. Elle est travaillée exclusivement dans la monzonite quartzifère, roche qui sert de corps de cette veine.

Le puits d'extraction d'El Placer est à 350 m. à l'Est de la bouche du Socavón General d'Aranzazú. Il descend jusqu'à l'étage núm. 7, et est incliné, sans suivre la ligne de plus grande pente de la veine. Son inclinaison est, à peu près, l'intermédiaire entre la direction et le plongement. Entre les étages núms. 8 et 9, il y a un puits d'extraction intérieur, que l'on continuait à creuser, lors de ma visite.

Les projections horizontales des nouveaux étages ouverts sur cette veine sont presque parallèles; ils ont une direction moyenne E.W., et la longueur de chacun d'entre eux varie de 80 à 160 m.

A 72 m. de la surface, c'est à dire à l'étage núm. 3, la veine se bifurque: la branche Nord garde, à peu près, l'inclinaison qu'a la veine à sa partie supérieure; la branche Sud a un plongement moindre. Les étages 7, 8 et 9 exploitent cette dernière branche; les étages 4 et 6 travaillent la branche Nord. Ces branches sont étroites; dans certains endroits, le remplissage se compose de quartz seulement; dans d'autres, on trouve les sulfures de la différenciation primaire du remplissage. Ce dernier cas se présente, surtout, aux intersections des branches avec des diaclases à direction  $15^{\circ}$  N.E.,—tels que ceux que l'on rencontre dans les étages num. 6, 7, 8 et 9. La nature du remplissage de cette veine est compacte; et d'une manière générale, la minéralisation utile y est peu abondante. La zone d'oxydation, dans cette veine-diaclase, est peu profonde, la zone des sulfures commençant tout près de la surface.

#### SAN ANTONIO DE ABAJO.

La bouche du tunnel de cette mine est à 700 m. au S.E. de l'entrée du Socavón General de Aranzazú. Le tunnel de San Antonio est creusé, d'abord, dans la monzonite, puis dans le calcaire métamorphique; dans cette dernière roche, il coupe des diaclases, à direction  $70^{\circ}$  N.E., et à plongement  $75^{\circ}$  N. La direction générale de cette galerie est N.W., et sa longueur de 150 m. Au moyen d'œuvres transversales, elle permet l'exploitation de cheminées minéralisées, qui descendent de la surface

même du sol. Au niveau du tunnel, ces cheminées sont près des intersections des diaclases déjà mentionnés avec les plans stratigraphiques des calcaires,—dont la direction est  $37^{\circ}$  N.W. et le plongement S.W. ,

Au dessous du tunnel existent trois étages, connus sous les noms de núm. 1, núm. 2 et núm. 3, qui sont peu développés. A leur intersection avec des diaclases à direction  $50^{\circ}$  N.E., ils ont rencontré des zones minéralisées.

Du sommet de la montagne, sur lequel affleurent les cheminées minéralisées, jusqu'au tunnel, la différence de niveau est de 90 m., et, dans toute cette hauteur, ces cheminées sont déjà travaillées.

#### SAN JUAN.

Cette mine est située à 350 m. au N.W. du Socavón General d'Aranzazú; elle est travaillée dans le calcaire métamorphique, et est à 180 m. à l'Ouest de la ligne de contact entre le calcaire et la monzonite intrusive. Cette mine, peu développée, pour le moment, se compose d'un puits vertical, qui communique avec six petites galeries, dont la direction moyenne est E.W. En traversant des diaclases, dont la direction est presque E.W., la galerie núm. 6 a rencontré une zone minéralisée de grande valeur industrielle. L'épaisseur de cette zone est de 10 m., et l'élément qui prédomine est la tétrahédrite.

#### GISEMENTS MÉTALLIFÈRES.

Les travaux déjà décrits ont découvert une série de zones minéralisées, renfermées, les unes dans les calcaires, à l'intérieur de la région métamorphisée par son

contact avec la monzonite quartzifère, et les autres, qui ont la forme de veines—diaclasses, dans cette roche intrusive.

Les zones minéralisées des calcaires descendent, parfois, de la surface même, tandis que d'autres n'affleurent pas; mais toutes sont de forme plus ou moins irrégulière et affectent la forme de poches ou de cheminées, dont la section varie avec la profondeur et dont le diamètre, en certains endroits, se réduit presque à rien.

La minéralisation utile de ces poches ou cheminées présente une structure compacte et n'est pas séparée des épontes par des plans bien définis: la minéralisation pénètre le calcaire métamorphique et y disparaît, d'une manière insensible. Nulle part, on n'observe, dans le gisement, de ces surfaces rongées, que présente le calcaire quand il a été, en partie, dissous par un liquide quelconque; et aucun fait, observé dans ces mines, n'infirme l'hypothèse que ces poches et ces cheminées ne sont nullement des remplissages de vides et de lacunes préexistants, mais bien le résultat de substitutions métasomatiques entre le calcaire et les solutions minéralisantes, —liquides ou vaporisées,—qui ont circulé dans les crevasses de ces roches.

Parmi les cheminées qui ont été trouvées par les travaux d'exploration d'Aranzazú, les suivantes occupent le premier rang:

Dans le Cerro d'El Hundido, au dessus du Socavón d'Aranzazú, affleurent des grandes cheminées désignées sous les noms d'El Hundido et de Jaime, sur la ligne de contact entre calcaires et monzonite. Ces cheminées ont une section irrégulière et qui varie de 4 m. à 12 m., et même 30 m. de diamètre; elles s'enfoncent suivant une ligne, dont la direction est, approximativement, 39° S.W.

et le plongement  $70^\circ$ . Elles sont coupées par des galeries transversales, au niveau du tunnel d'Aranzazú. La minéralisation de ces cheminées, comme de presque toutes celles qui sont atteintes par les travaux du Socavón General d'Aranzazú, se compose d'oxyde de fer et de carbonates de cuivre, avec un peu de sulfures de ce dernier métal.

Au Sud de ces deux cheminées, et à une distance de 20 m., vient celle de San Agustín, dont la section a de 3 à 8 m. de diamètre; elle plonge presque verticalement, des environs de la surface du sol, sans affleurer, pourtant,—et est coupée par le tunnel d'Aranzazú et par l'étage núm. 2 de la même mine.

Au Sud de cette dernière cheminée, et à une distance de 40 m., nous trouvons celle de Las Palomas, qui n'affleure pas, non plus, et descend suivant une ligne, dont la direction est  $39^\circ$  S.W. et l'inclinaison  $70^\circ$ . La section de cette cheminée présente un diamètre de 4 à 6 m.; elle est coupée par le tunnel et par l'étage núm. 2 d'Aranzazú.

A l'Ouest de San Agustín, l'étage núm. 2, que nous venons de mentionner, vient d'atteindre une zone minéralisée importante, qui est, probablement, le plongement, en profondeur, d'une des cheminées d'El Hundido. Nous devons ce renseignement à l'obligeance de M. John Cooper, Gérant de cette mine.

La cheminée dite La Abundancia est à 200 m., au Nord, de celle d'El Hundido; elle a une section transversale de 16 m. de diamètre, n'affleure pas, descend avec une pente de  $70^\circ$ , est à minéralisation d'oxydes et de carbonates des métaux susmentionnés, et est exploitée au moyen des étages núm. 3, 4 et 5 de la mine du Socavón General de Aranzazú.

Dans la mine de San Carlos, existent les cheminées suivantes :

San Carlos, qui, de la surface même du sol, s'enfonce sous un angle de  $54^\circ$  avec une direction de  $76^\circ$  N.W. Sa minéralisation se compose d'oxydes, de carbonates et de quelque peu de sulfures, de la surface jusqu'à l'étage núm. 5; puis, à partir de ce niveau, commencent les sulfures et sulfoantimonites de cuivre. Son diamètre est de 4 à 6 m. Elle a été ouverte par les étages núm. 2, 3, 4 et 5 de la mine de San Carlos. A partir de l'étage núm. 3, existe une cheminée parallèle à la précédente, très rapprochée d'elle, et qui lui est semblable en tout, elle est marquée en A sur le plan ci-joint.

Au S.E. de la cheminée de San Carlos, et à 90 m. de distance, est La Grande. Elle commence à l'étage núm. 2, et a été déjà coupée par les étages núms. 3, 4 et 5 de la mine de San Carlos; son diamètre varie de 8 à 16 m. et sa minéralisation consiste en oxydes, carbonates et un peu de sulfures de cuivre.

Tout près de la Grande, se trouve la cheminée d'El Lamajal; son diamètre est de 8 à 14 m.; elle est atteinte par les étages núms. 2, 3, 4, 5 et 6; et sa minéralisation se compose, principalement, d'oxydes et de carbonates de cuivre, avec un peu de sulfures secondaires. Par cette cheminée, descendent, actuellement, les eaux superficielles.

Les étages núms. 2 et 3 de la mine de San Carlos ont ouvert à 120 m. au N.W. du puits qui porte le même nom, une zone abondamment minéralisée par des pyrites. Cette zone est connue sous le nom de Los Bronces; elle plonge sous un angle de  $54^\circ$ , et a une direction de  $76^\circ$  N.W. Son diamètre est de 12 m. environ.

Au N.W. du puits de San Carlos, et à 80 m. de dis-

tance, est la mine d'El Guaje, la plus ancienne de ce groupe. Elle est, actuellement, effondrée. Ses travaux anciens d'exploitation sommaire, représentent un cube assez grand; mais sa cheminée n'a pas encore été atteinte par les travaux de la mine de San Carlos.

Dans la mine de San Antonio de Abajo, existent deux grandes cheminées, qui descendent, presque verticalement, de la surface même, et dont la minéralisation est formée d'oxydes, carbonates et silicates de cuivre.

Entre les cheminées de San Antonio de Abajo et celle d'El Hundido, affleurent plusieurs autres, minéralisées, à la surface du sol, par de l'hématite et une petite quantité de carbonates de cuivre. Parmi ces dernières est celle dite la Jabonera.

A l'W. et au N.W. du puits de San Carlos, on a trouvé plusieurs zones minéralisées, dont la plus connue est celle de San Juan. Cette cheminée contient, en haut, des oxydes de fer, des carbonates et des silicates de cuivre; et, un peu plus bas, du tétrahédrite argentifère.

La veine d'El Placer a une direction E.W. et un plongement S.; elle se compose de plusieurs diaclases, parallèles et étroites, de peu de longueur, qui se séparent et se rejoignent, et changent aussi de direction. Cette veine diaclase est renfermée dans la monzonite quartzifère et est minéralisée, presque dès la surface, de bornite, de chalcopryrite, de pyrite de fer et de tétrahédrite, en petite quantité; la matrice est constituée par du quartz. Cette minéralisation, dans certaines parties des diaclases, a une structure compacte; dans d'autres endroits, au contraire le remplissage forme des bandes, parfois symétriques, de l'étude desquelles il semble résulter que la chalcopryrite et la pyrite se sont déposées, d'abord, et la tétrahédrite ensuite.

## DISTRIBUTION DES ZONES MINÉRALISÉES.

Les principales cheminées minéralisées d'Aranzazú se trouvent, comme je l'ai déjà dit, dans la zone qui a été métamorphisée par le contact de la monzonite quartzifère intrusive. Quelques unes de ces cheminées sont sur le plan même de contact,—mais à la surface seulement; plus bas, elles s'éloignent de ce plan et pénètrent dans le calcaire métamorphique.

Comme je l'ai dit aussi, précédemment, les principales cheminées minéralisées de cette localité sont situées dans le voisinage des intersections de quelques plans stratigraphiques des calcaires avec des diaclases transversaux, à direction moyenne E.W. C'est ce qui s'observe là où les galeries coupent les cheminées minéralisées, ainsi que je l'ai signalé, en détail, en faisant la description des mines de ce groupe.

Dans le Socavón General d'Aranzazú, la direction moyenne des calcaires est de  $35^{\circ}$  N.W., avec un plongement de  $70^{\circ}$  S.W., et les diaclases transversaux qui se présentent le plus fréquemment ont, pour direction moyenne, E.W., et, pour plongement,  $75^{\circ}$  S. Les intersections de ces plans sont des lignes, à direction  $39^{\circ}$  N.E. et à plongement  $69^{\circ}$  S.W., c'est à dire dont la direction et l'inclinaison sont, précisément, celles des cheminées de La Abundancia, de Las Palomas, de la Costilla, etc., qui appartiennent à cette mine. En outre, si nous traçons, sur les plans, des lignes, de direction  $39^{\circ}$  N.E., passant par les cheminées déjà connues, et si nous tenons compte, en même temps, du plongement de  $69^{\circ}$  qu'ont les lignes d'intersection déjà mentionnées, nous obtiendrons les points où, selon toute probabilité, les cheminées tra-

versent le niveau de chaque étage. Ce tracé a fait savoir, d'avance, que l'étage núm. 2 de cette mine était à 12 m. environ, à l'Est du point où les cheminées d'El Hundido croisaient ce plan. On ouvrit, alors, vers l'Ouest, une galerie à travers banc qui rencontra à 11 m. de la galerie, une forte masse de minerai riche, situé à l'intersection des diaclases susmentionnés.

Dans le mine de San Carlos, la direction moyenne des calcaires est  $37^{\circ}$  N.W., avec un plongement de  $65^{\circ}$  S.W.; et les diaclases transversaux les plus communs y ont une direction moyenne E.W., et un plongement de  $80^{\circ}$  N. Les intersections des plans antérieurs sont des lignes, de direction  $76^{\circ}$  N.W., et d'inclinaison  $55^{\circ}$  S.W., ayant par conséquent, la direction et la pente des cheminées minéralisées d'El Lamajal, La Grande, San Carlos et Los Bronces.

Par ce qui précède, il paraît établi que les zones minéralisées, dans le groupe d'Aranzazú, se rencontrent dans le voisinage des intersections de quelques plans stratigraphiques des calcaires avec des diaclases transversaux, de direction moyenne E.W., et ces diaclases sont, par conséquent, un bon guide pour les travaux d'exploration de cette région.

#### ORIGINE DES MINERAIS ET GENÈSE DES GISEMENTS.

La connexion génésique existant entre les dépôts cuprifères d'Aranzazú et de la monzonite quartzifère, qui apparaît, dans la région, comme roche intrusive, semble être bien prouvée par les faits suivants: Les gisements se rencontrent, dans le calcaire, dans la zone métamorphisée par son contact avec la roche intrusive; ce calcaire, par suite de ce métamorphisme, a subi non seu-

lement la recristallisation dûe à l'action de la chaleur, mais aussi une silicatation,—un enrichissement en silice combin e. Les silicates caractéristiques du métamorphisme de contact,—et, principalement, le grenat,—ont cristallis e en même temps que les espèces minérales correspondant à la différenciation primaire du remplissage métallifère, les premiers jouant le rôle de matrice des seconds; d'une union si intime, on a été induit à admettre, pour toutes ces matières minérales, une origine commune. Enfin, à peu de distance de tous les points où s'observent des affleurements de monzonite, dans cette région, on trouve des dépôts cuprifères ou cupro-plombifères, tels que ceux d'Aranzaz u, de Santa Rosa, de San Pedro de Ocampo, d'Albarradón, de Bonanza, etc. De ces observations nous croyons pouvoir conclure que les mineraux qui existent, aujourd'hui, dans les dépôts d'Aranzaz u,—et constituant la différenciation primaire du remplissage métallifère,—firent partie du magma intrusif, et s'en séparèrent pendant le refroidissement et la solidification de ce magma.

Pendant le refroidissement lent du magma intrusif, se produisit la cristallisation des espèces minérales constitutives de la monzonite quartzifère,—la texture et la composition chimique de cette roche changeant avec les conditions différentes de refroidissement auxquelles furent soumises les diverses parties de sa masse. En même temps que s'effectuait la cristallisation du magma, la plus grande partie de l'eau qu'il contenait s'en séparait et, à l'aide de divers agents chimiques, entra enait, en dissolution, les éléments métalliques qu'il renfermait.

Cette dissolution sortit, probablement, du magma, à l'état de vapeur, pour la plus grande partie. Ceci étant admis, et étant aussi admis qu'il est plus facile à la va-

peur qu'à l'eau liquide de circuler au travers des pores de la pierre, on comprend pourquoi le calcaire fut silicaté, non seulement dans ses fissures mais aussi à une certaine distance autour d'elles, comme on peut l'observer, surtout à Los Bronces, dans la mine de San Carlos: là, en effet, le grenat se trouve, tout à la fois, dans le voisinage des fentes, et, aussi, à une certaine distance de celles-ci. D'autre part, le remplissage métallifère de ces dépôts a, généralement, une structure compacte; il n'y a pas de séparation nette entre la partie minéralisée et la roche dans laquelle sont les dépôts; on n'observe pas cette structure en croûtes qui caractérise le remplissage des cavités préexistantes; on ne voit pas de ces surfaces rougées, qui recouvrent le calcaire quand il a été attaqué par un liquide dissolvant; et aucun fait, observé dans les mines d'Aranzazú, n'empêche d'admettre que le dépôt des espèces minérales qui constituent la différenciation primaire du remplissage métallifère est bien dû à des substitutions métasomatiques.

Bien que la minéralisation utile ne se soit pas produite dans des cavités préexistantes, les dimensions des cheminées minéralisées sont assez considérables, ainsi que je l'ai déjà signalé; par conséquent, les substitutions métasomatiques se produisirent non seulement dans les environs immédiats des fissures dans lesquelles circulaient les solutions minéralisées, mais aussi à une certaine distance des points de croisement de ces fissures; et, de là, on peut conclure que ces solutions ont pénétré aisément par les pores des roches,—chose plus facile pour la vapeur que pour l'eau liquide, comme nous l'avons dit plus haut. Enfin, le métamorphisme par silicatisation, qui produit un enrichissement de la roche métamorphosée en silice combinée, ne se produit qu'à une température élevée; c'est alors seulement, que la silice

fait fonction d'acide énergique et se combine avec les bases,—déplaçant, notamment, les acides carbonique, titanique et phosphorique. Les raisons ci-dessus, et les faits observés à Aranzazú, font donc croire que la température des solutions minéralisatrices, au moment de leur sortie du magma, était supérieure au critique de l'eau.

En se séparant du magma, pendant son refroidissement et sa cristallisation, les solutions minéralisatrices pénétrèrent par les pores des roches et circulèrent dans les fissures; et, en attaquant les calcaires, ces solutions changèrent de composition. De là résulta la précipitation de quelques-unes des espèces minérales dissoutes. D'autre part, le mélange des eaux magmatiques avec les eaux météoriques, renfermées dans les fractures des calcaires, produisit, sans doute, la précipitation de celles des espèces minérales qui devenaient insolubles, par suite de réactions réciproques. Les actions que nous venons d'exposer, c'est à dire les substitutions métasomatiques et le mélange de solutions de compositions différentes, furent les causes principales de la minéralisation des zones voisines des fractures par lesquelles circulaient les eaux. Ces actions sont lentes, mais elles se poursuivirent pendant une période fort longue,—aussi longue que le refroidissement lent des couches profondes du magma intrusif; et ces matières,—principalement pneumatogéniques, mais aussi hydratogéniques,—sont celles qui constituent le remplissage métallifère des dépôts d'Aranzazú.

Le refroidissement d'un magma étant beaucoup plus lent à une certaine profondeur qu'à la surface du sol, il peut arriver que, au dehors, la roche soit solidifiée, et même fissurée, tandis que, plus bas, la masse est encore chaude et continue à rejeter des eaux minéralisantes.

Dans ces cas, les vides superficiels de la roche peuvent être remplis par le dépôt métallifère produit par l'action de ces mêmes eaux, à peine échappées de l'intérieur du magma. Il semble que cela s'est aussi produit, à Aranzazú, et la minéralisation de la veine diaclase d'El Placer paraît être en relations génétiques avec la monzonite intrusive, dans laquelle elle est renfermée.

Quand la différenciation primaire du remplissage métallifère des dépôts d'Aranzazú fut terminée, commença la différenciation secondaire,—dûe à l'action des eaux météoriques, qui descendaient, et, en descendant, aujourd'hui encore, au travers des dépôts en question.—La descente de ces eaux produisit l'oxydation des minerais, dans la zone de lixiviation,—zone qui atteint une grande profondeur, dans les calcaires, mais qui est peu profonde dans la veine diaclase d'El Placer, qui est encadrée dans la monzonite. L'existence de la grotte que l'on rencontre dans la mine de San Carlos, sous l'Arroyo d'Aranzazú, est due à l'action dissolvante qu'exercent, sur les calcaires, les eaux météoriques chargées d'acide carbonique, qui, actuellement, continuent à descendre dans la mine, comme je l'ai dit, à plusieurs reprises.

#### ÂGE DES GISEMENTS.

Les gisements cuprifères d'Aranzazú sont tertiaires, et ont été formés pendant la cristallisation et le refroidissement de la monzonite intrusive de la localité.

#### TITRES DES MINERAIS.

Les minerais extraits des mines d'Aranzazú titrent, en moyenne, 5% de cuivre, 240 gr. d'argent, par tonne de 1.000 kilgr. et contiennent une très-petite quantité d'or.

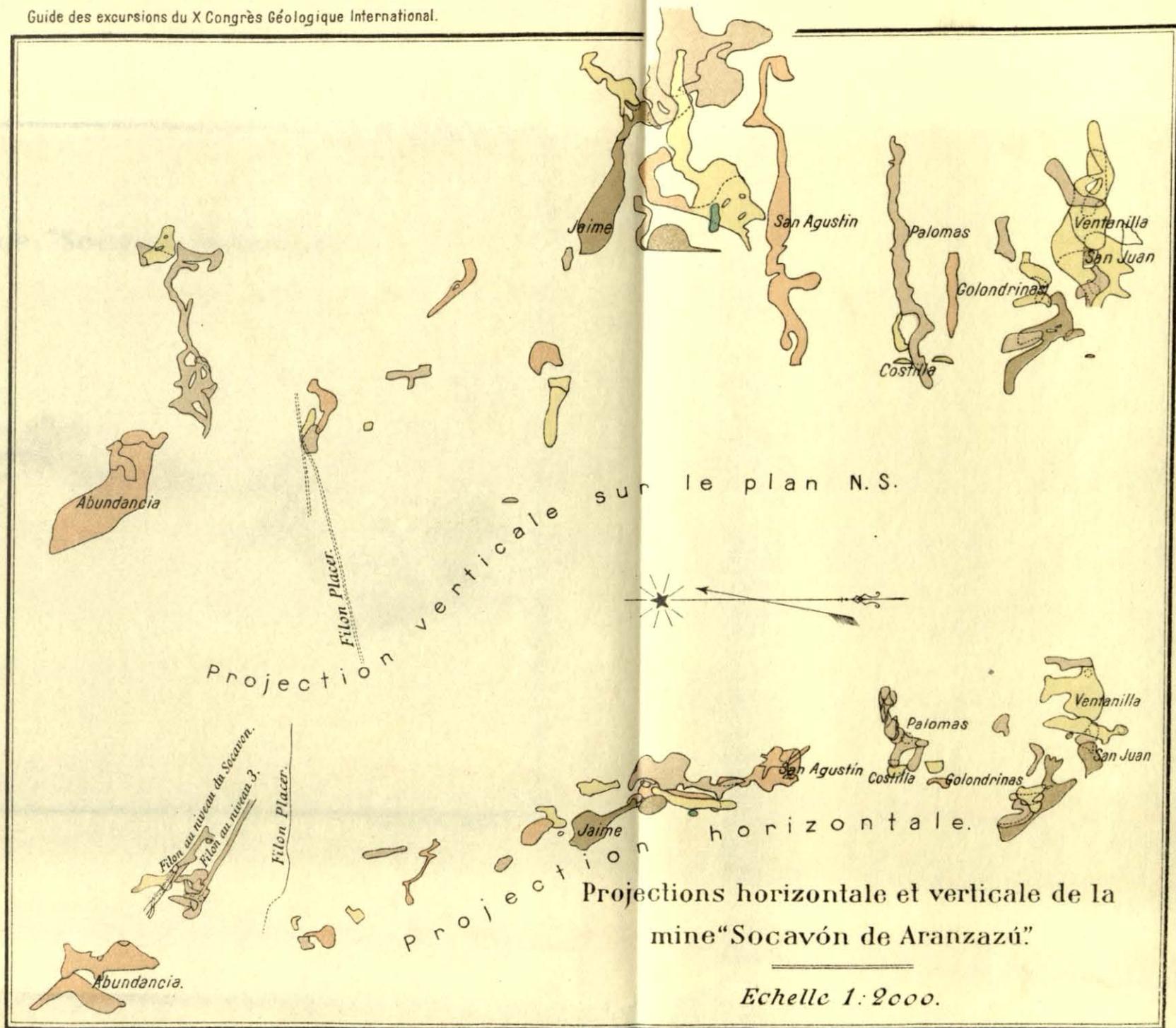
## MÉTALLURGIE.

Les minerais, sans autre préparation mécanique qu'un simple "nettoyage," fait à la mine même, se fondent dans des fourneaux à Water-Jackets, pour obtenir des mattes.

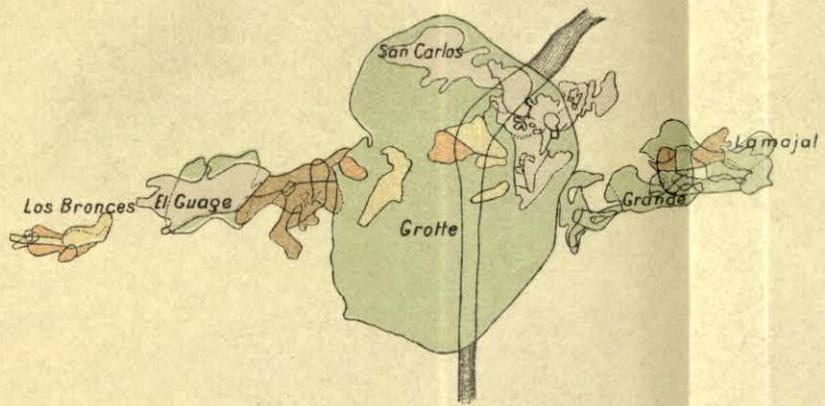
Trois de ces fourneaux, à la fonderie de Concepción del Oro, font des mattes pauvres, en vue d'obtenir des scories pauvres également; un sert à refondre ces mattes pauvres, pour en faire des mattes d'exportation. Ces dernières contiennent un peu plus de 50% de cuivre, 980 grammes d'argent, et 42 d'or, p. tonne de 1.000 kilogr.

Avant de terminer, je suis heureux de pouvoir exprimer publiquement ma reconnaissance à MM. William Pourcell, Walter J. Browning et John Cooper, qui m'ont, obligeamment, fourni tous les moyens d'étudier la région d'Aranzazú.

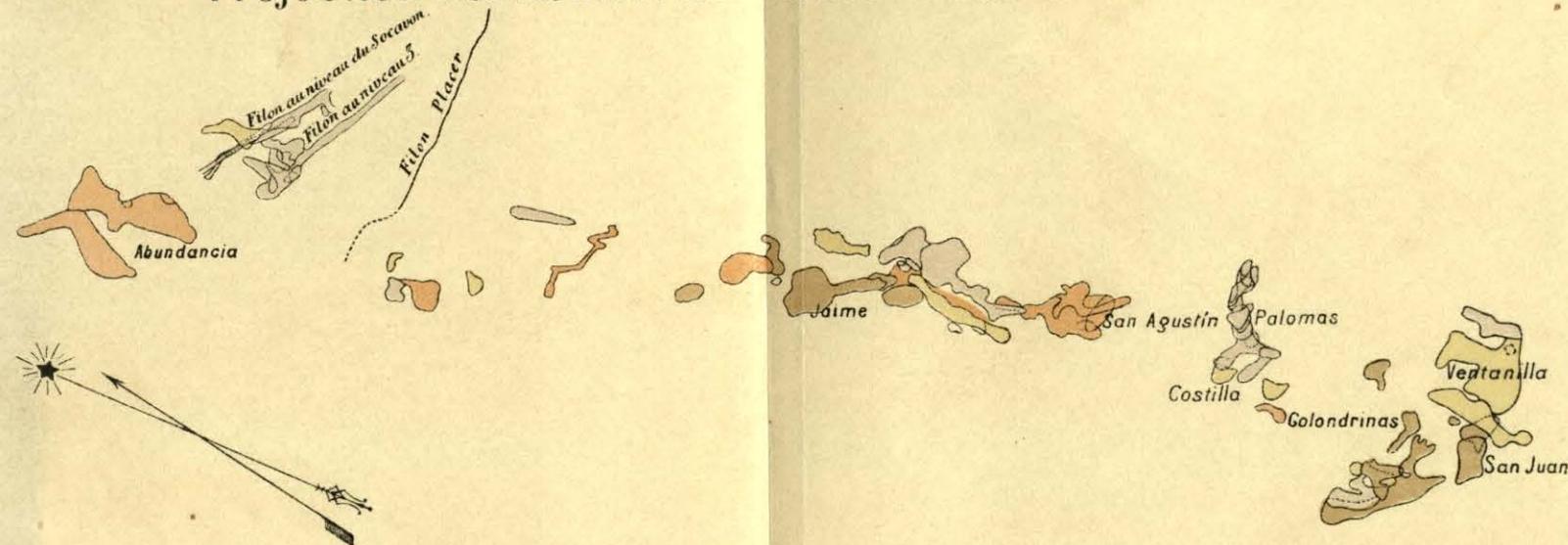
Institut Géologique.—Mexico.—Février 1906.



Projection horizontale de la mine "S. Carlos."

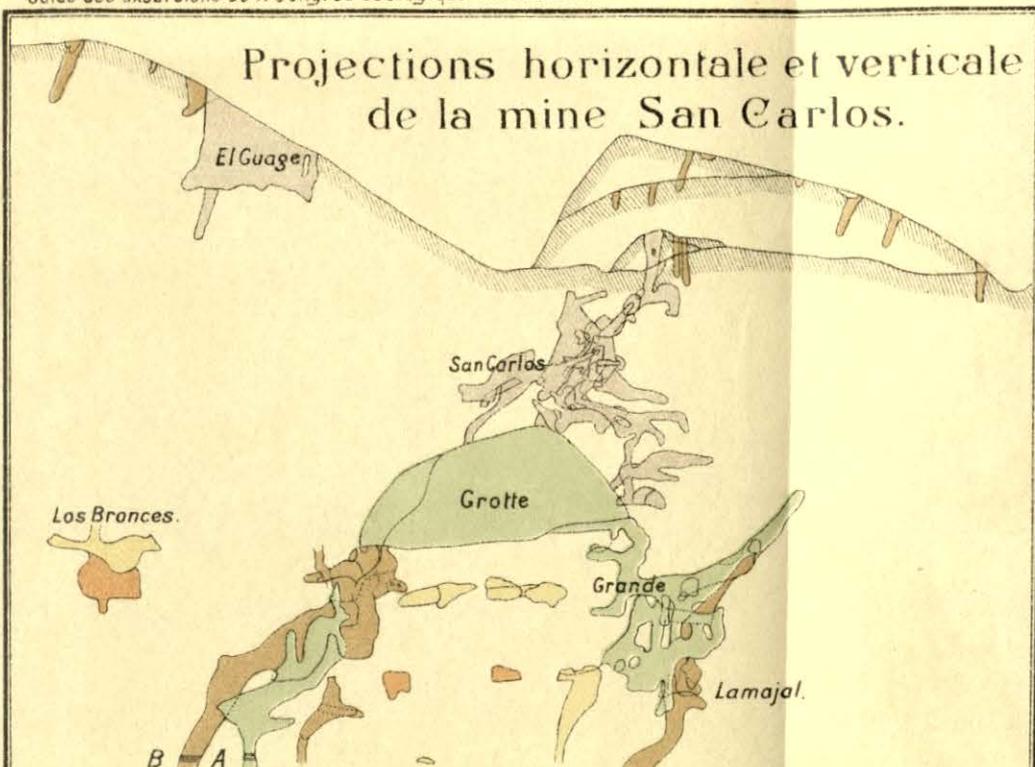


Projection horizontale de la mine "Socavon Aranzazú."

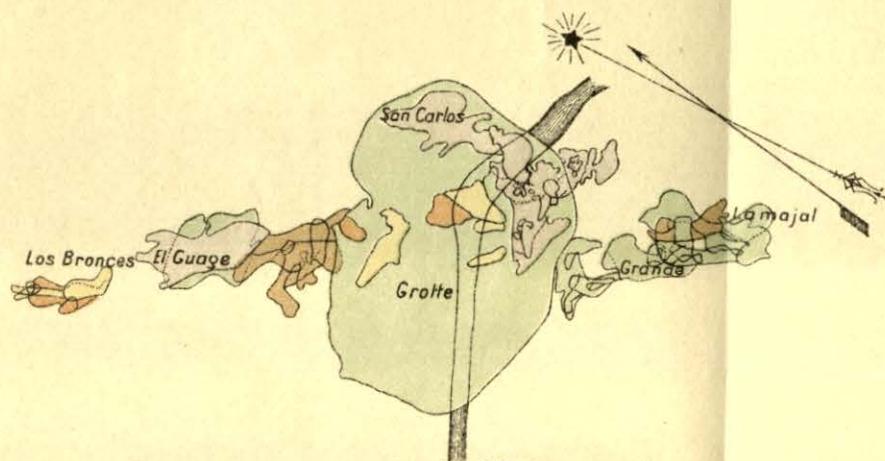


Echelle 1:2000.

# Projections horizontale et verticale de la mine San Carlos.

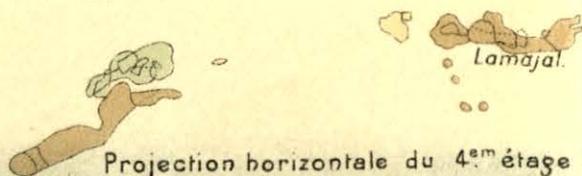


Projection verticale sur le plan N.35°W.



Projection horizontale du 4<sup>em</sup> étage en haut.

Echelle generale 1:2000



Projection horizontale du 4<sup>em</sup> étage en bas.