

XVII

(EXCURSION DU NORD).



ÉTUDE
MINIÈRE DU DISTRICT DE ZACATECAS

PAR

T. FLORES.

ÉTUDE MINIÈRE DU DISTRICT DE ZACATECAS

PAR M. T. FLORES.

SITUATION HISTORIQUE ET PRODUCTION.

Le district minier de Zacatecas est situé dans la chaîne de montagnes du même nom ; c'est un des plus importants du pays. Il fut découvert avant celui de Guanajuato, en 1546, par le capitaine espagnol Jean de Tolosa ; les premiers travaux d'exploitation commencèrent au début de l'année 1548, dans les mines de "San Bernabé," "Albarrada" (sur la Veta Grande) et "Pánuco;" les progrès furent si rapides que déjà, en 1588, c'est-à-dire, quarante ans après la découverte, Zacatecas recevait des armoiries et le titre de très noble et très léale ville. Cette ville, qui compte actuellement plus de 30,000 habitants, est située par 22° 46' 34" 6 de lat. N. et. 3° 26' 27" 3 de long. O. de Mexico et à 2.440 m. au dessus du niveau de la mer. C'est le centre commercial et minier de l'Etat de Zacatecas, en même temps que sa capitale ; elle est reliée par une voie ferrée (Ferrocarril Central Mexicano) avec la capitale de la République et d'autres villes importantes : ses maisons et ses églises son bâties au fond d'une vallée où coule la petite rivière de Zacatecas et elles s'entendent jusqu'aux pieds des *cerros* de la Bufa, el Grillo et Bolsas ; dans l'enceinte même de la ville se trovent quelques

mines, telles que "Quebradilla," "San Carlos," "Carnicería," "San Rafael," etc.

Le district minier de Zacatecas, aujourd'hui en complète décadence, a occupé une des premières places parmi les centres miniers de la République; les renseignements suivants donneront, d'ailleurs, une idée de son importance:

Dans la période de deux cent quatre vingt quatre ans comprise entre 1548, époque où commencèrent les travaux d'exploitation, et 1832, la valeur des métaux extraits des mines de cette région¹ à été de 656.043,335 piastres, réparties de la façon suivante:

ANNÉES.	Production totale.	Production moyenne annuelle.
1548 à 1810.....	\$ 588.041.956	\$ 2 244,434
1810 à 1818.....	20.060.363	2.507,545
1818 à 1825.....	17,912,476	2.558,925
1825 à 1832.....	30.028.540	4.289.791

Ce tableau accuse, pour la dernière période un accroissement dans la production, car pendant cette période la moyenne annuelle s'élève à plus de quatre millions en chiffres ronds et cette moyenne peut être prise comme représentant également la production moyenne annuelle au cours de la période de 45 ans qui va jusqu'à 1877. Pendant les dix années suivantes (1877 à 1887), les données officielles² font ressortir, pour l'Etat de Zacatecas, une production totale de 50.306,654 piastres; sur ce chiffre, 42.407,593 piastres c'est-à-dire les 84 pour cent

¹ "Descripción de la Serranía de Zacatecas," par J. M. Bustamante et C. de Berghes (1828 à 1832), page 57.

² Anales del Ministerio de Fomento, tome X, page 85.

du total correspondent aux mines de la Serranía de Zacatecas; et 16 pour cent aux mines des autres régions de l'Etat.

Bonanzas. (Epoque de prospérité).—Parmi les mines qui par leurs *bonanzas* ont contribué d'une manière notable à la production du district, on distingue celles de "Veta Grande," "Quebradilla," "San Rafael," "Mala Noche" et récemment celle de "El Bote" dont le rendement n'a pas varié, depuis le jour où la dite mine a été achetée par la compagnie anglaise qui l'exploite actuellement.

Les mines de "Veta Grande,"¹ situées à 5 kilomètres environ au Nord de la ville de Zacatecas ont produit de grandes quantités d'argent dès leur découverte; leur développement donna naissance à la ville de "Nuestra Señora de Guadalupe de Veta Grande," qui compte plus de 5,000 habitants et qui, quelques années après sa fondation, était déjà un centre minier important avec ses autorités propres, etc.

Des études partielles² fixent à 37.535,548 piastres la valeur des monnaies frappées avec le métal provenant de ces mines, de 1785 à 1838, et estiment à 6 onces la teneur moyenne par tonne des minerais extraits; enfin, les $\frac{4}{5}$ de ces minerais auraient été traités par l'amalgamation au "patio" et $\frac{1}{5}$ par la fonte.

Comme mines principales, je citerai: "La Gallega," "San Acacio," "San Borjas," "Asturiana" et "San Francisco." La "Gallega" produisit, dans l'espace de 8 ans, de 1826 à 1834, à la compagnie anglaise de Bolaños, 4.457,000 piastres et la mine "San Acacio," qu'exploitè-

1 On consultera à cet égard le travail notable de Joseph Burkart intitulé "Aufenthalt und Reisen in Mexico in den Jahren 1825 bis 1834" publié à Stuttgart en 1836, accompagné d'une carte Géologique et Minière du District.

2 "Minas históricas de la República Mexicana," par C. B. Dahlgren, page 45.

rent, vers 1765, les Borda et Anza, fut célèbre dans l'histoire du district par ses grands rendements.

La mine de "Quebradilla" est une des plus anciennes du pays; elle a eu trois époques de *bonanzas*: la première, peu après la conquête, la seconde en 1765, lorsque les mêmes Borda et Anza en reprirent l'exploitation, laquelle leur laissa plus de deux millions de piastres d'utilité, et la troisième en 1810, dont bénéficia don Fermin Apecechea. De 1854 à 1868, ils en furent extrairent¹ 54,651 tonnes de minerai contenant 81,045 kilogrammes d'argent, et, pendant le premier semestre de 1866,² les bénéfices s'élevèrent à 87,833 piastres 04 c.; en 1876, l'extraction³ du mineral atteignit 13,000 tonnes qui rendirent 9,430 kilogrammes d'argent. Actuellement, cette mine est presque toute inondée et complètement paralysée; au N.O., seulement on commence à faire quelques travaux sous le nom de "Nueva Quebradilla."

Les filons de "San Luis" et "Santo Tomás," exploités par les mines appartenant à la compagnie de "San Rafael el Grande" ont produit, depuis peu de profondeur, des quantités considérables d'argent.

Enfin, les mines de "Rondanera" et "Guadalupe," sur le filon de Mala Noche, ont été une source de grandes richesses pour leurs propriétaires; pour en donner une idée, il suffit de rappeler que ceux-ci achetèrent, pour la somme de 90,000 piastres, un puits situé hors de leur concession, dans le seul but de faciliter l'écoulement des eaux. Rondanera a donné quatre *bonanzas* à différentes

1 E. Fuchs et L. de Launay.—Traité des gîtes minéraux et métallifères. Page 824.

2 "Apuntes sobre la minería del Estado de Zacatecas." (Notes sur les mines de l'Est de Zacatecas), par l'ingénieur Francisco de P. Zárate. 1884, page 32.

3 Fuchs et de Launay (loc. cit.).

époques ; la dernière, qui n'eût qu'une durée de quelques semaines, laissa 180,000 piastres de bénéfices nets.

PHYSIOGRAPHIE.

La petite *sierra* de Zacatecas est formée par un groupe de montagnes qui, après s'être détachées des chaînes qui traversent la partie méridionale de l'Etat, s'avance vers le Nord, dans la plaine du Grand Plateau Central qui l'entoure à l'Est, au Nord et à l'Ouest ; elle n'est donc reliée que par le Sud à la *sierra* de Palomas et à la *sierra* Fría qui sert de limite aux Etats de Zacatecas et d'Aguascalientes dans la partie septentrionale du *Partido* de Calpulálpam.

Le *cerro* de "La Bufa," aux environs immédiats de la ville, ceux de "El Angel" et de "San Francisco" au Nord, de "El Grillo," "Magistral" et "Cal y Canto" à l'ouest, et enfin celui de "La Mesa del Cerrillo" au Sud, sont les principales hauteurs de cette chaîne de montagnes. Sur ses pentes, douces et d'accès facile, se sont formés des ravins et de petits cours d'eaux qui, en temps de pluies, jettent leurs eaux torrentielles à travers la campagne et se perdent à l'est aux pieds des lointaines *sierras* du centre minier de "Ramos," dans l'Etat de San Luis Potosí, et au N.O., aux pieds des *sierras* du célèbre district de Fresnillo.

La petite rivière de Zacatecas court entre les *cerros* de "El Grillo," "La Bufa" et "Mesa del Cerrillo ;" après avoir traversé la ville, elle se dirige vers le S.E. en suivant les pieds des deux derniers *cerros*, arrose le village de Guadalupe et se perd dans la plaine, au milieu de la lagune de "El Pedernalillo."

Au S.O., le terrain s'abaisse et forme une gorge par

laquelle ses eaux se déversent dans le Juchipila. Cette rivière, dont le cours arrose la longue vallée du même nom, passe par le villages de Villanueva, Tabasco, Jalpa et Moyahua, sort de l'Etat et entre dans celui de Jalisco pour unir ses eaux, sur les terrains du village de San Cristóbal, à celles du Río Grande de Santiago Tololotlán qui se jette dans la mer près du port de San Blas.

GÉOLOGIE GÉNÉRALE.

En ce qui concerne la géologie et l'histoire géologique du district de Zacatecas, le lecteur consultera le travail spécial de C. Burckhardt et S. Scalia; je ne mentionnerai donc dans cette étude que les phénomènes géologiques qui sont en relation avec la formation des gîtes métallifères.

TECTONIQUE.

Les actions tectoniques ont donné naissance, après le dépôt des roches diabasiques et des brèches et grès rouges, et postérieurement à l'éruption des rhyolites, à des systèmes de filons orientés de l'Est à l'Ouest, du N. au S.E. et du N.E. au S.O.

Beaucoup de ces filons correspondent certainement à des fractures et de quelques-uns il est même prouvé qu'ils coïncident avec des failles (p. ex. Veta de La Cantera, voir ci desous).

Les filons les plus longues sont celles du système Est-Ouest dont la direction moyenne est de 75° N.O. et dont l'inclinaison, généralement vers le S.O., varie entre 40 et 80 degrés.

Dans le système N.S., certaines filons sont minéralisées et d'autres, sont complètement stériles; leur direction

varie entre 9 et 30 degrés N.E. et entre 5 et 25 degrés N.O., d'une façon générale, elles sont très inclinées (70 à 85 degrés) vers l'Est et l'Ouest, mais principalement vers l'Est.

Celles du système N.O.-S.E. ont une direction de 45 degrés N.O. et sont généralement inclinées de 40 à 60 degrés vers le N.E. Enfin, celles du système N.E.-S.O. sont perpendiculaires aux précédentes et inclinées au S. E. de 50 à 70 degrés.

Les filons du système E.O. sont postérieures à celles du système N.O.-S.E. ; elles coupent en effet ces dernières et produisent, en certains endroits, des dislocations d'importance comme, par exemple, celle que l'on peut observer¹ dans les mines de "Quebradilla" et de "Buena Vista" sur la colline de "El Grillo."

Les filons N.S. sont également postérieures à celles du système E.O. qu'elles coupent presque perpendiculairement et où elles ont provoqué des failles mais de moindre importance, comme celles que l'on rencontre dans la partie orientale de la région étudiée, dans les mines de "La Cantera," "San Simón" et "La Fe" et dans la région occidentale des mines appartenant à la compagnie de "El Bote." Ces filons en coupant celles du système E.O., influèrent d'une manière notable sur la distribution de la richesse métallifère.

Il est probable que les efforts de pression latérale, combinés avec des mouvements locaux, se répétèrent à diverses reprises et donnèrent naissance à ces systèmes de fractures, lesquelles, minéralisées plus tard ont constitué les filons de ce district.

¹ Voir le plan ci-joint.

MINÉRAUX ET MATRICES.

Dans les filons de la chaîne de montagnes de Zacatecas, les minéraux de dépôt primitif, qui dominent sont les suivants: argentite, proustite, polybasite, galène, blende, pyrite, chalcopyrite, bornite et, en moindre proportion, la stéphanite et la pyrargirite. Parmi les minéraux d'origine secondaire, ceux que l'on rencontre plus communément sont: les oxydes de fer, l'argentite et l'argent natif, les oxydes de cuivre et le cuivre natif; la cerargyrite, la bromyrite, la cérussite et les oxydes de manganèse sont plus rares.

L'or natif se trouve aussi, mais en petites quantités, dans la plupart des filons du district; vers le S.O. de la ville, dans les mines de "El Orito" et "San Luis del Oro," et vers l'O., dans les filons appelés "Veta de Oro," "La Magdalena," il existe en plus grandes proportions, principalement dans la zone superficielle des filons.

Les matrices qui accompagnent généralement les minéraux cités sont: la silice compacte, le quartz améthyste, le quartz cellulaire, la calcédoine et la calcite; moins communément la dolomie, le gypse et la barytine; rarement la rhodochrosite, fluorite et asbeste.

GÎTES MÉTALLIFÈRES.

La zone minéralisée du district s'étend approximativement sur onze kilomètres au Nord de la ville de Zacatecas, quatre kilomètres au Sud, huit kilomètres à l'Est et quatre kilomètres à l'Ouest; c'est dans le rectangle ainsi formé, et qui mesure quinze kilomètres sur douze que se trouvent les gîtes métallifères du district; ces

gîtes se présentent sous forme de filons groupés en trois zones principales: la première occupe le centre de la région et comprend les mines de Veta Grande; la seconde, à cinq kilomètres au Nord de la première, comprend celles de Pánuco et la troisième, située au Sud de la zone centrale, est constituée par les filons des environs de la ville de Zacatecas.

J'étudierai uniquement la dernière zone, limitée au Nord par le cerro de "El Angel," au Sud par la "Mesa de Cerrillo" et à l'Est et l'Ouest respectivement par les vallées de Guadalupe et de la Pimienta. Dans cette zone se trouvent des filons appartenant aux systèmes E.O., N.O. S.E., N.S., et N.E.-S.O. dont je parlerai séparément; ces filons se trouvent dans des roches sédimentaires et éruptives.

Filons du système Est-Ouest.—Les filons de "La Cantera," "Mala Noche," "El Bote," "Magistral," "La Sierpe," "La Plata," et quelques autres de moindre importance appartiennent à ce système. La Cantera et Mala Noche sont ceux qui ont la plus grande étendue.

La direction du filon "La Cantera" est marquée par des crêtes saillantes aux cerros de San Simón, Cantera, San Martín, La Bufa, El Grillo, etc., jusqu'à la limite occidentale de la zone, sur une longueur de onze kilomètres, depuis la mine de Río Tinto ou La Fé, à l'Est, jusqu'au ravin de Refugio del Oro, à l'Ouest. La direction moyenne de la crête de ce filon dans sa partie orientale, entre les mines "La Aventurera" et "San Simón" est de 78 degrés N.O. avec inclinaison moyenne de 50 degrés S.O.; sa puissance varie de un mètre à 35 et 40 mètres. Sur la colline de San Martín, au N.O. de la ferme Herrera, la crête s'élargit d'une façon notable et dans cet endroit il s'en détache l'embranchement de San Martín,

qui s'étend vers le Nordouest avec une direction de 47 degrés et une inclinaison de 43 degrés S.O.

De "La Aventurera," vers l'Ouest, la crête se dirige sur la ville de Zacatecas, entourant au nord le cerro de La Bufa; il traverse ensuite la ville pour passer par la partie basse méridionale de El Grillo; là il s'infléchit vers le Sud, à l'endroit même où il coupe les crêtes rhyolitiques qui couronnent les *cerros* de la Calavera et Valenciana; il traverse cette dernière hauteur au sommet et, s'inclinant vers le Nord, il va se réunir, tout près de puits de San Jorge, aux filons de El Bote; mais il s'en sépare bientôt, en prenant la direction du Sud, pour se perdre enfin dans le ravin de Refugio del Oro.

Sur une grande partie de sa longueur, le filon de La Cantera se trouve à la limite entre le conglomérat rouge et la "roche verte," le premier formant le toit du filon la seconde au contraire sa base. Dans la profondeur le filon coupe les roches diabasiques tandis que, d'autres endroits, il se trouve dans des schistes argileux ou seulement dans des roches diabasiques. Les brèches qui entourent les rhyolites du sommet de La Bufa ont une inclinaison de 50 degrés N.E. et sont séparées de¹ la "roche verte" qui apparaît au N. de ce *cerro*, par le filon de la Cantera qui offre ici une inclinaison de 58 degrés vers le S.O. D'après MM. Burekhardt et Scalia, ce phénomène est dû à ce que le filon coïncide précisément avec une faille qui, en se produisant a mis en contact les brèches avec la "roche verte;" cette coïncidence du filon avec une faille² est prouvée, en effet, par la dislocation (voir le

1 Voir le plan ci-joint.

2 G. vom Rath a constaté aussi la coïncidence de ce filon avec une faille. "Erze und Bergbau in Chihuahua und Zacatecas." (Verh. d. naturh. Ver. d. pr. Rheinl. zu Bonn. 1886. Tome 43, page 247.)

plan) dont fut l'objet, le filon de Quebradilla, à l'ouest, au versant austral du *cerro* de "El Grillo."

Nonobstant sa longueur considérable et sa puissance, le filon de "La Cantera" est par lui-même stérile; il ne doit sa richesse qu'à l'influence des fractures N.S. qui le coupent perpendiculairement ainsi que l'on peut l'observer dans les mines de "La Cantera" et "San Simón," situées précisément à l'intersection de ces fractures.

Dans le remplissage du filon de La Cantera domine la blende; les oxydes y sont rares et les sulfures commencent à apparaître dès la surface.

Un autre important filon de ce système est le filon de la "Mala Noche," situé à trois kilomètres environ au Nord de "La Cantera;" il s'étend sur environ cinq kilomètres entre le ravin de San Bernabé à l'est et le ruisseau de La Ladrillera à l'ouest. Sa direction moyenne est de 87 degrés N.E. avec une inclinaison de 65 degrés N.O.; il se trouve dans des roches diabasiques; il a une tendance à se subdiviser tant à la surface qu'en profondeur en une série de ramifications séparées par la roche des alentours; quelquefois aussi celles-ci se reunissent pour former un nouveau et unique filon de puissance très variable. Les mineurs de Zacatecas classifient ces corps de filon en trois catégories suivant leur position et ils les désignent sous les nom de "el alto" (le toit), "el medio" (le milieu) et "el bajo" (le mur). Ces catégories peuvent être étudiées dans la mine de Rondanera où elles sont coupées par la galerie de Peregrina, à la profondeur de 150 mètres et séparées entre elles par la "roche verte." Vers l'Est du puits de Rondanera, les ramifications se rejoignent en un point où a été ouvert le "Salón del Muerto" et où l'on exploita une des premières *bonanzas* de cette mine. Vers l'Ouest, elles se séparent de

nouveau, à la fois en surface et en profondeur et là c'est surtout la supérieure qui change son inclinaison entre les étages 3^{me} et 4^{me} où elle a une inclinaison de 48 degrés au Nord et une direction de l'Est à l'Ouest.

A l'extrémité orientale du filon de "Mala Noche," se trouvent les ramifications de "La Bargueña" et "San Clemente" qui ont été exploitées au moyen du puits de Loreto jusqu'à une profondeur de 320 mètres, ainsi qui le montre le profil 2 des coupes longitudinales (voir la planche I). "La Bargueña," également connue sous le nom de filon "Loreto," a une direction E.O. et une inclinaison de 70 degrés N.; la direction de "San Clemente" est de 72 degrés N.E. et son inclinaison moyenne de 75 degrés N.O., ces deux filons se trouvent dans des roches diabasiques et des schistes argileux. Les derniers se présentent dans la profondeur en y alternant avec les tufs diabasiques, comme on peut le voir du côté occidental du *cañón* de "La Luz" et dans la galerie de "Santa Catarina," à 100 mètres au dessous de l'entrée du puits de Loreto.

La galerie de Peregrina, ouverte au niveau du *cañón* de "La Luz," entre les filons de San Clemente et de Mala Noche, coupe d'autres ramifications de moindre importance dont quelques unes sont inclinées vers le Sud. A l'étage de 256 mètres, la galerie Nord, qui part du puits de Loreto, coupe les filons de González et Morales qui ont été stériles et sont d'une puissance réduite.

Les métaux de ce gîte appartiennent à la formation plombo-argentifère; ils sont accompagnés d'une grande quantité de pyrite et d'un peu de blende; les oxydes sont superficiels et les sulfures apparaissent sur certains points à une faible profondeur, comme on en peut faire l'observation à l'extrémité occidentale de ce filon, dans

les mines de "Zaragoza" où les pyrites abondent associées à la galène à la blende et au chalcopryrite; ce dernier se trouve, d'ailleurs, en quantités suffisantes pour qu'on puisse l'extraire comme minerai de cuivre.

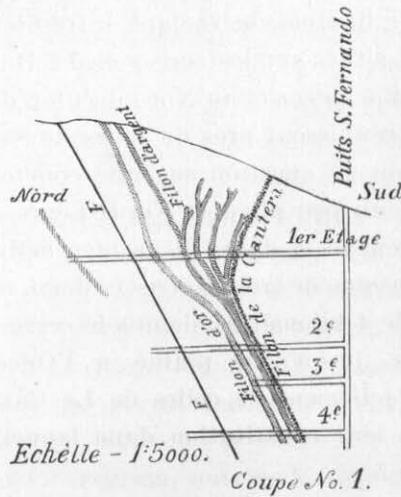
Les filons qu'exploitent les mines de la compagnie "El Bote" appartiennent également au système E.O.; ils se trouvent en majeure partie, dans des schistes à sérécite anciens; leur direction générale est de 65 degrés N.O. avec une inclinaison variant entre 65 et 80 degrés S.O.; ils sont situés sur les *cerros* de El Bote, à l'Ouest de la ville de Zacatecas et au Nord du filon de la Cantera auquel ils se réunissent près du puits de San Jorge; ils suivent le filon en question sur une courte distance et s'en séparent un peu plus au Nord. Leurs crêtes apparaissent clairement et d'une façon bien définie avec une puissance moyenne de trois mètres et demi, sur une étendue de près de 4 kilomètres, depuis le cerro de La Calavera, à l'Est, jusqu'à la plaine, à l'Ouest. Elles se distinguent facilement de celles de La Cantera par la différence de leur constitution dans laquelle abondent les oxydes de fer.

Les principaux filons exploités sont ceux de "Veta de Plata," "Veta de Oro" et "Veta de la Magdalena;" le premier a une direction de 65 degrés N.O. avec une inclinaison variant entre 60 et 70 degrés S.O.; la direction du second est de 58 degrés N.O. et son inclinaison moyenne de 75 degrés S.O.; enfin, le dernier, la Magdalena, a une direction de 72 degrés N.O. et s'incline vers le S.O. entre 65 et 80 degrés.

Les coupes transversales suivantes construites d'une manière schématique pour les puits de San Fernando, El Rosario et Esperanza donnent une idée de la position et des rapports de ces filons qu'on peut étudier en détail et

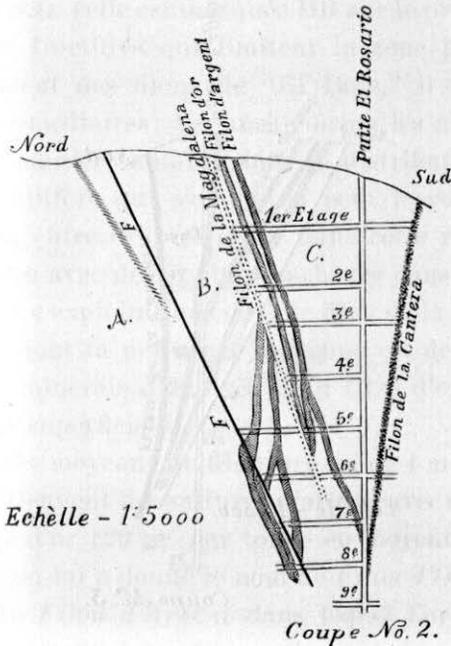
plus exactement dans les projections horizontales de la planche N.º II; elles correspondent aux niveaux I, II, III, V, VI et VII du puits de Rosario.

Dans le coupe transversale N.º 1 du puits de San Fernando, si l'on parcourt la galerie Esperanza du Sud au Nord, on rencontre d'abord le filon de la Cantera (voir aussi à la planche II, la coupe horizontale I) avec une



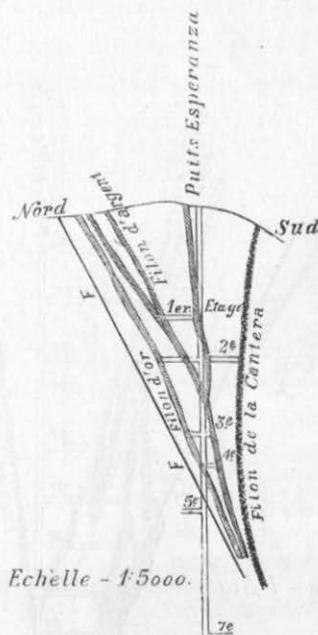
direction de 85 degrés N.O., six mètres de puissance et 60 degrés d'inclinaison vers le N., qui change dans une inclinaison vers le Sud entre les niveaux 1.º et 2.º et continue réuni à la profondeur avec les filons Plata et Oro; on rencontre ensuite le filon Plata divisé en 4 ramifications qui, à la hauteur du 3^{me}. étage du puits Rosario (voir la coupe horizontale III), à leur point de réunion avec la Cantera et Oro, ont produit d'importantes *bonanzas* (Salones de San Carlos et de San Alberto); enfin, plus au N., on trouve le filon Oro, le filon FF et quelques embranchements de moindre importance.

La coupe N.º 2 montre que le filon FF a servi de plan de glissement à la portion B qui glissa sur la portion A, disloquant ainsi les filons Plata et Oro entre les 5^e et 6^e étages. On voit aussi par la même coupe que le filon de la



Magdalena disparaît entre les étages 6^e. et 7^e. et qu'il coïncide aussi avec un plan de glissement le long duquel la portion C glissa sur la portion B; ce second mouvement, de plus grande intensité que le premier, provoqua une nouvelle dislocation dans ces mêmes filons. Le filon de la Cantera passe, dans cette coupe, au Sud du puits Rosario et va se réunir au filon Plata au dessous du 7^{me} étage.

Dans le coupe transversale N.º 3, les ramifications du filon Plata se séparent et le puits de Esperanza suit l'un d'eux jusqu'à une profondeur de 77 mètres, niveau du



Coupe N.º 3.

premier étage; le filon de la Cantera, changeant son inclinaison vers le Sud, va également se réunir au filon Plata au dessus du 7^{me}. étage.

Dans les projections horizontales de ces filons (voir la planche II), on peut noter une série de fractures transversales qui les coupent plus ou moins perpendiculairement et suivant lesquelles se sont produits de petits glissements. Je mentionnerai parmi ces fractures, les deux principales: celle qui est coupée par le puits La

Llave au sixième niveau et dont la direction varie entre 15 degrés N.E. et 35 degrés N.O., avec une inclinaison de 70 degrés E.; elle est marquée AA sur le profil N.º I (voir les coupes longitudinales, planche I); la seconde est celle qui passe par le puits de Colón avec 80 degrés d'inclinaison à l'E. et une direction que varie entre 25 et 35 degrés N.O. (elle est marquée BB sur le profil). Entre ces deux fractures qui limitent la zone principale d'enrichissement des filons de "El Bote," il en existe d'autres intermédiaires; les unes comme les autres ont influé d'une manière notable dans la distribution de la richesse métallifère qui, comme on peut le voir sur le profil, se concentre de préférence dans cette région; la portion figurée avec des doubles hachures dans la coupe correspond aux exploitations dans le filon de la Magdalena; ce filon, dont la puissance moyenne est de 1 m. 50, a donné des minerais d'un très beau titre d'or surtout dans la zone superficielle.

La puissance moyenne du filon Oro est de 4 mètres; ses minerais contiennent des sulfures d'argent avec une quantité régulière d'or (20 gr. par tonne en moyenne); c'est pour cela qu'on lui a donné le nom de *Filon d'Or* pour le distinguer du *Filon d'Argent* dans lequel l'or est plus rare et où dominent les sulfures d'argent dans la silice compacte. Dans le filon Oro, on trouve beaucoup de quartz cellulaire, avec des oxydes de fer en abondance et sa zone d'oxidation s'étend, jusqu'à 120 mètres de profondeur.

Le filon FF qui, ainsi qu'on l'a vu, coïncide avec un plan de glissement, est stérile et son remplissage n'est pas dur à cause du matériel broyé qu'il renferme; cette circonstance a été mise à profit dans les travaux d'exploitation pour établir rapidement des galeries de recherches.

Le filon de "La Cantera" a été exploré jusqu'à 270 mètres de profondeur; il est complètement stérile; sa puissance moyenne est de 6 m. et son remplissage est caractérisé par l'abondance de la blende. Dans la partie comprise entre le puits San Jorge et le galerie "Esperanza," qui part du puits San Fernando, il se réunit au filon Plata au'il suit en profondeur tout en changeant son inclinaison vers le Sud.

Le filon "Magistral," situé à environ 1 kilom. au Nord des filons de El Bote, appartient aussi au système E.O.; c'est sur lui qu'ont été ouvertes les mines La Capilla, La Parroquia, Socavón de La Cruz. Il parcourt une étendue d'environ 1,200 m. avec une direction variant entre 65 et 72 degrés N.O. et une inclinaison de 70 degrés N.E.; il se trouve dans des schistes à séricite anciens qu'il coupe par endroits, mais qu'il suit aussi quelquefois; sa puissance moyenne est de trois mètres. A l'Est du puits de La Capilla il se divise en deux petites ramifications qui se perdent à l'ouest, près de la petite rivière de l'Alamo.

Les métaux de ce filon sont plombeux et cuprifères; les premiers (galène avec très bas titre d'argent) se présentent accompagnés de blende et de pyrite; les seconds (chalcopryrite, bornite, oxydes et carbonates de cuivre et cuivre natif) sont ceux qu'on exploite le plus. Les oxydes de fer, avec proportion notable de cuivre natif, se trouvent en abondance dans la zone d'oxidation, qui atteint une profondeur de 40 m. dans la mine La Parroquia.

Enfin, les filons La Plata et la Sierpe et quelques autres, situés à l'extrémité N. de la région qui fait l'objet de cette étude, présentent les caractères généraux des autres filons de ce système. Ils n'ont actuellement aucun

intérêt car les anciens travaux qui ont faits sur la plupart d'entre eux sont abandonnés et inaccessibles.

Filons du système N.O.-S.E.—Parmi les principaux filons appartenant à ce système, je citerai “La Quebradilla,” les filons de “San Luis” et “Santo Tomás” exploités par la Compagnie de San Rafael, ceux de “San Vicente” et “Dolores” dans la mine de Los Campos, et quelques autres situés sur la colline de Bolsas et sur le versant septentrional de la Mesa del Cerrillo; tout ce système traverse le conglomérat rouge qui se trouve dans cette région.

Le filon “Quebradilla” se trouve dans des roches diabasiques; sa direction est de 45 degrés N.O. et son inclinaison varie entre 45 et 60 degrés N.E. Vers le S.E., il se subdivise en plusieurs branches, séparées entre elles par la roche des alentours et, vers le N.O., il devie légèrement dans une direction occidentale, jusqu'à se réunir avec le filon de La Cantera. On le retrouve de nouveau à 700 mètres à l'E. de ce point, dans le *Socavón* de El Grillo, avec une direction de 45 degrés N.O. et une inclinaison de 55 degrés N.E. La meilleure zone minéralisée de ce filon est située entre le puits de Guadalupe et El Centauro (voir le profil N.º 3) et principalement dans les embranchements supérieurs.

Les filons de “San Luis” et “Santo Tomás” traversent des grés et brèches rouges dans leur zone supérieure et des roches diabasiques dans leurs zone les plus profondes; en d'autres endroits ils se trouvent uniquement dans la roche diabasique. Le premier a une direction moyenne de 45 degrés N.O. et une inclinaison de 65 degrés N.E.; le second une direction entre 55 et 70 degrés N.O. avec une inclinaison de 50 degrés S.O. Ces deux filons se séparent près du puits de San Luis et s'éloignent dans la

direction du S.E. ; le "San Luis" pour passer par les mines de San Bartolo, Armonía et Clérigos et le "Santo Tomás" pour se poursuivre par celle de Bolsas.

Entre ces deux filons principaux se trouvent d'autres secondaires (San Miguel, San Cristóbal, San Pablo, La Reforma) situés "al alto" et "al bajo" des premiers et qui ont été également exploités dans ces mines, où existe le puits le plus profond du district (puits de "Lete," de 415 mètres), au moyen duquel on explora jusqu'à une profondeur de 400 mètres.¹ Les filons de "Dolores" et "San Vicente" traversent une couche de congloméré rouge; leurs directions respectives sont 40 degrés N.O. et 65 degrés N.O. et leur inclinaison varie entre 45 et 60 degrés S.O.

Tous ces filons sont essentiellement argentifères la proustite, l'argentite, la pyrargyrite et l'argent natif en filaments s'y rencontrent communément; les tenues d'or des minerais sont généralement basses et on y trouve rarement de l'or natif.

Filons du système N.S.—Les filons appartenant à ce système sont situés vers le S.O. de la ville; ils sont essentiellement aurifères; leur remplissage est constitué exclusivement par du quartz cellulaire dans lequel abondent les oxydes de fer avec l'or natif. Ce sont des filons étroits qui courent dans une direction variant de 9 degrés N.E. à 25 degrés N.O., avec une inclinaison de 70 à 85 degrés E. ou O.; ils se trouvent dans des schistes argileux ou dans de la "roca verde."

L'or apparaît disséminé dans la masse quartzreuse, ou

¹ Toutes ces mines, de même que celle de la Quebradilla, se trouvent, lors de ma visite, presque complètement inondées; la zone accessible était très superficielle; on commençait alors à faire, dans les puits de San Luis et Lete, des installations pour amener leur dessèchement.

bien encore, il se présente sous la forme de gros grains, qui occupent les cavités du quartz; il existe surtout dans la zone superficielle des filons.

On peut comprendre enfin dans ce système les fractures transversales déjà étudiées qui coupent plus ou moins perpendiculairement celles du système E.O.

Filons du système N.E.-S.O.—Les filons de ce système sont peu nombreux et peu étendus. Leur direction moyenne est de 50 degrés N.E. et leur inclinaison dominante de 60 degrés S.E. Parmi eux, je ne citerai que le filon "Collado," exploité par les mines "Barones y Vicochea," dont les travaux sont actuellement paralysés.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Distribution des minerais dans les gîtes métallifères.—

Dans les filons de la région que nous venons d'étudier on peut distinguer trois zones: la première est la zone supérieure (chapeau de fer), qui contient principalement des oxydes de fer (*colorados*); elle est très superficielle dans certains filons (filon La Cantera, extrémité O. du filon Mala Noche), alors qu'elle atteint, dans d'autres, une profondeur de 150 mètres; elle est d'une richesse moyenne; on y trouve parfois de l'or natif. La seconde, ou zone intermédiaire ou de transition, est très-riche et dans celle-ci sont associés les oxydes et les sulfures, avec prédominance du sulfure d'argent. Enfin, la troisième est la zone inférieure; les sulfures de fer et les sulfures de plomb et le zinc y abondent (*negros*).

Les deux premières zones sont presque toujours exploitables commercialement parlant. Ce sont elles qui ont fourni les principales *bonanzas* du district; la der-

nière, au contraire, présente cette particularité que son appauvrissement est progressif.

On ne peut établir aucune loi en ce qui concerne la distribution des minerais de ces gîtes, en zones riches; on peut dire seulement que la richesse se concentre à l'intersection des filons avec les fractures transversales qui les coupent.

Structure et genèse des filons.—Les systèmes de fractures de la région ont été remplis par les dépôts des eaux thermo-minérales circulant dans les fentes qu'elles rencontrèrent sur leur passage. Ces dépôts en cimentant les roches des parois ont donné aux filons une structure brècheuse simple, ou une structure en forme de bandes, si le dépôt s'est fait par zones symétriques ou concentriques.

La genèse de ces gîtes métallifères est intimement liée avec les manifestations volcaniques qui suivirent les éruptions rhyolithiques; du reste, la forme sous laquelle se sont associés les minerais qu'ils contiennent, indiquent bien que ces gîtes sont dûs à la circulation des eaux thermales lesquelles, par suite du mélange de solutions d'une composition chimique différente et de la diminution de pression et de température, ont déposé les matières minérales qu'elles contenaient en suspension.

Clasificación des gîtes.—Les gîtes métallifères que nous venons d'étudier sont localisés dans des systèmes de fractures, auxquels ont donné naissance les actions tectoniques; ils se sont formés postérieurement à la roche encaissante et je les désignerai, en suivant la classification de A. W. Stelzner et R. Beck, sous, le nom de *primaires épigénétiques*, continues dans des *fractures exoquinétiques*.

Ces gîtes ont la forme de filons qu'on trouve dans la

région étudiée soit dans la roche diabasique, soit dans des schistes argileux ou dans des brèches et conglomérats rouges. Suivant la nature et la prédominance des minerais qu'ils contiennent, on peut les diviser en quatre zones, à savoir: une zone centrale argentifère, avec teneur en or, plus fréquente à l'extrémité occidentale; une zone plombo-argentifère située au Nord de la précédente; une zone plombo-cuprifère qui se trouve entre les deux précédentes et au N.O. de la première; enfin une zone essentiellement aurifère qu'on rencontre au Sud de la zone centrale et où l'or natif est visible à l'oeil nu.

Age des filons.—Les filons de la Serranía de Zacatecas traversent des brèches diabasiques, des conglomérats et des grès rouges probablement assez modernes, en tout cas post-triasiques et ils coupent même les roches rhyolitiques de la région qui sont en majeure partie plus modernes que les brèches et grès; ils sont par conséquent postérieurs à ces dernières et ont évidemment été formés après les éruptions rhyolitiques.¹

EXPLOTATIONS DES FILONS.

L'exploitation des filons dans les mines du district s'est ressentie des déficiences du système implanté dans le pays par les conquérants, système dans lequel, presque toujours, les travaux de préparation et d'exploitation étaient conduits sans ordre. Le transport intérieur se faisant à dos d'hommes, depuis le lieu d'exploitation jusqu'à les "despachos" dans les puits et même jusqu'à l'entrée de la mine. Pour extraire le minerai et enlever

¹ Voir la figure 7 qui accompagne le travail de Burckhardt et Scallia sur laquelle l'on voit le filon du cerro de la Sierpe coupant à angle droit la rhyolite.

les eaux, on employait des cabestants mûs par des chevaux.

Au cours des 50 dernières années, on a perfectionné ces méthodes : on a utilisé les voies ferrées pour le transport intérieur, les cabestans à vapeur pour l'extraction et les pompes Cornish de 14" pour le dessèchement.

La quantité d'eau dans les mines n'est pas considérable et on a pu noter qu'elle augmente dans certains filons aux points d'intersection avec les fractures transversales ; mais dans tous les cas les pompes ou les cabestans à godets les épuisent facilement sans beaucoup de travail.

Les roches qui entourent les filons (*panino*, comme disent les mineurs du pays) sont d'une consistance suffisante pour pouvoir éviter l'établissement d'étaies dans beaucoup d'endroits.

La ventilation se fait d'une manière naturelle et est assez bonne.

MÉTALLURGIE.

La plus grande partie des minerais extraits sont traités par l'amalgamation au "patio;" le nombre total d'établissements métallurgiques employant ce procédé a atteint, à des époques antérieures, le chiffre de 44, les uns situés aux portes mêmes de la ville, les autres dans les villages de Guadalupe, Saucedo, Veta Grande et Pánuco. Actuellement, tous ces établissements sont paralysés ; les minerais riches sont envoyés aux fonderies du pays et les minerais pauvres (*azogues*) sont traités par le système de "pans," dans des usines métallurgiques qui se trouvent réunies avec les mines ; les minerais de cuivre de basse teneur sont concentrés avant d'être expédiés.

Récemment, on a commencé dans la lagune "El Peder-

nalillo" des installations pour traiter par cyanuration les "jales" qui ont été transportés au fond du lac pendant de longues années et qui proviennent des anciens établissements métallurgiques de Guadalupe et de Zacatecas.

INSTITUT GÉOLOGIQUE NATIONAL.—Mexico, le 1^{er} Août 1905.



ERRATA

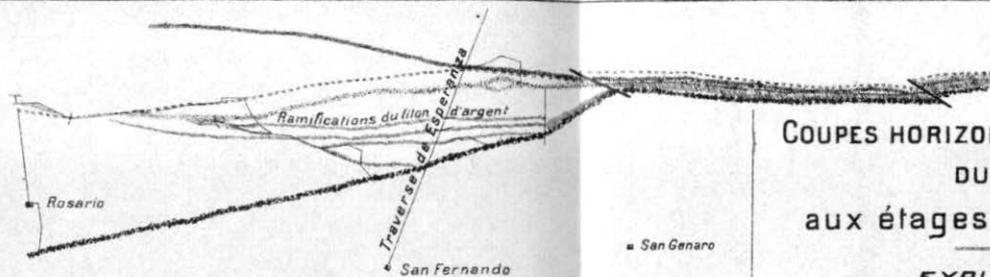
Page 3, ligne 4, AU LIEU DE *Epoque de prospérité* LISSEZ *Epoques de prospérité*.

Page 4, ligne 9, AU LIEU DE 1868, LISSEZ 1863.

Page 6, lignes 11 et 12 ascendant, AU LIEU DE du N. au S.E. et du N.E. au S.O., LISSEZ du N. au S., du N.O. au S.E. et du N.E. au S.O.



I



**COUPES HORIZONTALES DES FILONS
DU "BOTE"
aux étages I, II, III, V, VI ET VII.**

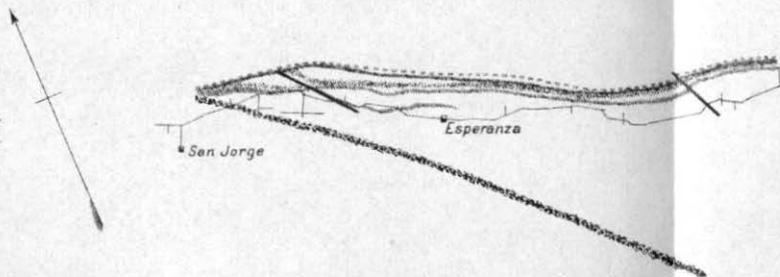
EXPLICATION.

- Filon de la Cantera
- Filon d'argent
- Filon d'or
- Filon de la Magdalena
- Filon F.F.
- Fractures transversales
- Puits

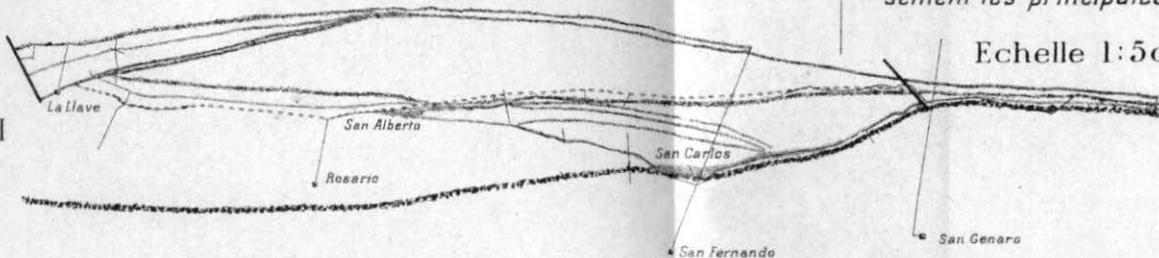
Remarque: Les lignes droites repré-
sentent les principales galeries.

Echelle 1:5000

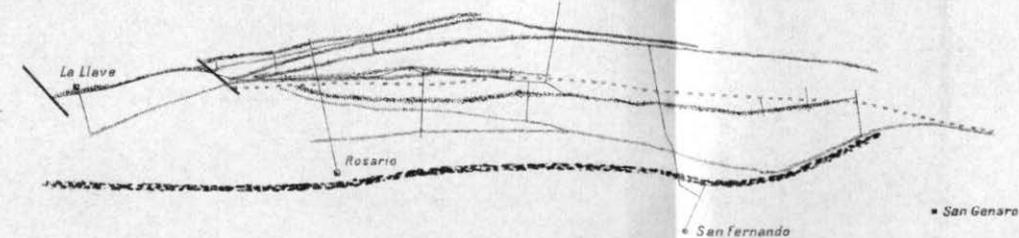
II



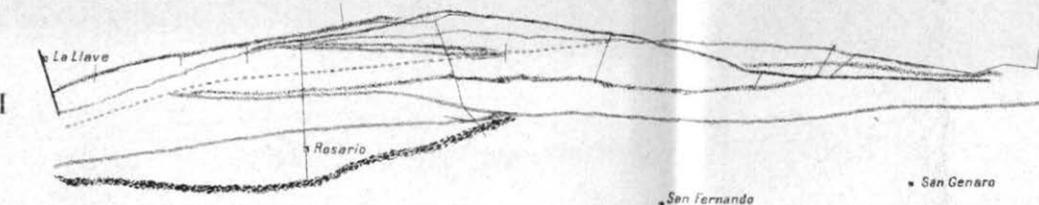
III



V



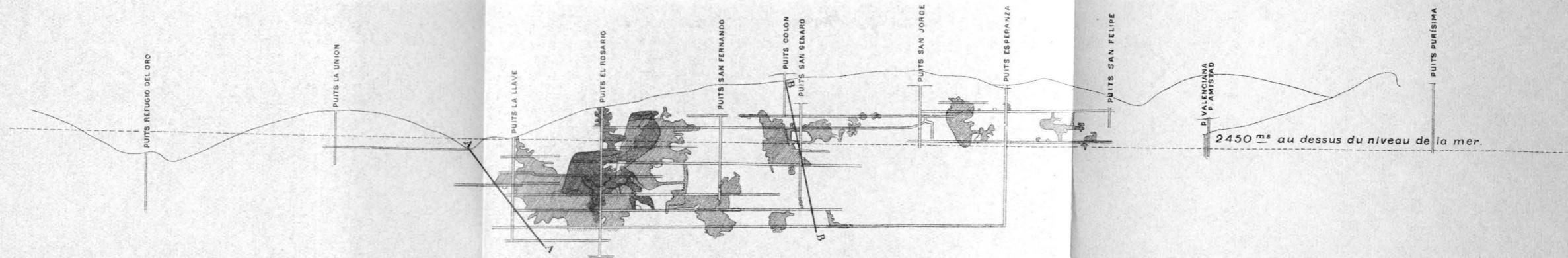
VI



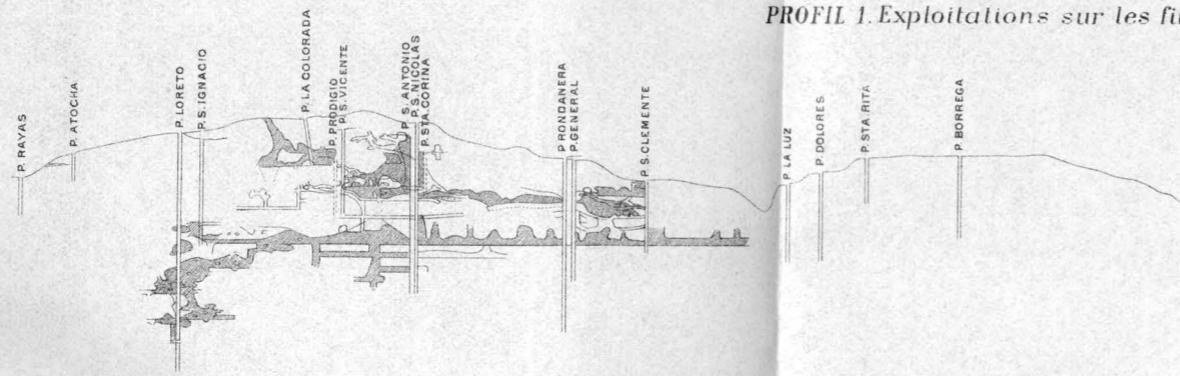
VII



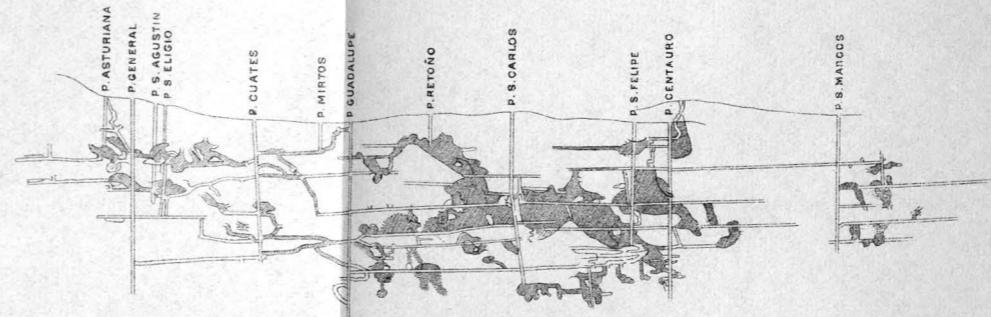
COUPES longitudinales de quelques mines de ZACATECAS montrant les principales exploitations sur les filons:
 "EL BOTE," "MALANOCHÉ," "QUEBRADILLA," "SAN LUIS" et "STO. TOMÁS."



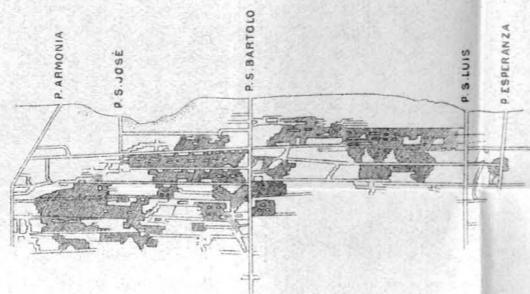
PROFIL 1. Exploitations sur les filons du 'Bote' Echelle 1:10.000



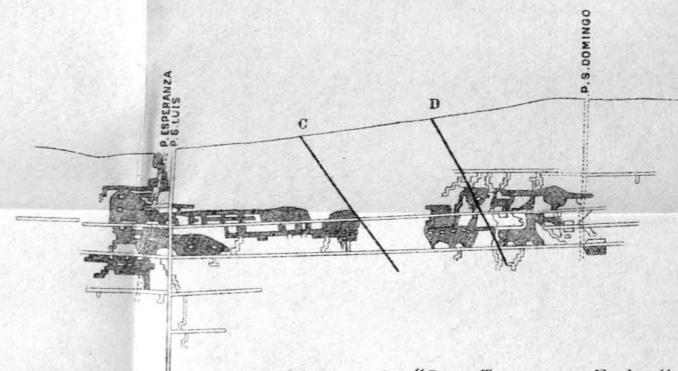
PROFIL 2. Exploitations sur les filons de "Mala Noche" Echelle 1:10.000.



PROFIL 3. Exploitations sur les filons de "Quebradilla" Echelle 1:10.000



PROFIL 4. Exploitations sur les filons de San Luis Echelle 1:10.000.



PROFIL 5. Exploitations sur les filons de "Sto. Tomás" Echelle 1:5.000.