

XVI

(EXCURSION DU NORD).



GÉOLOGIE DES ENVIRONS DE ZACATECAS

PAR

C. BURCKHARDT ET S. SCALIA.

GEOLOGIE DES ENVIRONS DE ZACATECAS.

PAR MM. C. BURCKHARDT ET S. SCALIA.¹

(Avec une carte géologique, une planche de profils et 11 figures).

I

INTRODUCTION.

La Serranía de Zacatecas est un petit groupe de montagnes, qui s'élève presque complètement isolé de la grande "Mesa Central." De trois côtés ce groupe est entouré par la plaine et seulement au sud et sudouest il se relie par quelques collines à la Sierra Fría et la Sierra de las Palomas.

La région est aride, un véritable désert, rendu plus triste encore par les ruines d'anciennes mines aujourd'hui abandonnées, qu'on rencontre partout comme des témoins de la grande richesse du sol de cette région, qui a été jadis un des plus riches districts de mines de la République.

Le relief de la Sierra est bien monotone; elle est formée par des groupes de collines plus ou moins arrondies, qui se ressemblent tous. Seulement là, où des nappes rhyolitiques couronnent les montagnes, le relief est

¹ Le texte a été rédigé par C. Burckhardt.

plus varié; alors on observe des crêtes escarpées comme celles de la Bufa et de la Mesa del Cerrillo.

La grande richesse du sol attirait non seulement l'attention des mineurs mais encore des savants, surtout des géologues. Ainsi depuis les temps de Humboldt nous trouvons une large série de travaux, qui s'occupent de la géologie de Zacatecas. Nous ne pouvons pas faire ici une bibliographie complète de la région; nous nous bornons de citer les travaux les plus importants et de faire passer en revue les idées les plus remarquables, qui ont été émises sur la géologie de Zacatecas.

Le Baron *A. de Humboldt*. (*Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*, tome III, p. 113. Paris. 1822.) est le premier, qui nous a donné quelques renseignements sur la constitution géologique de la région. Il reconnût la grande ressemblance avec le district de Guanajuato et assimila les schistes de la région aux couches de transition.

En 1836 a paru le tome second du travail de *M. Joseph Burkart* intitulé: "Aufenthalt und Reisen in Mexico in den Jahren 1825 bis 1834." (Stuttgart 1836). Dans ce travail *M. Burkart* consacre le premier chapitre (p. 1-83) aux environs de Zacatecas. On ne peut qu'admirer aussi bien la précision des observations que la clarté et le bon sens des conclusions de cet auteur. Son travail, accompagné d'une carte géologique de Zacatecas au 36,000^e., restera toujours fondamental pour toutes les recherches ultérieures.

Burkart distingue six formations géologiques dans les environs de Zacatecas, à savoir de bas en haut: 1, les Schistes; 2, la Diorite; 3, le Feldstein; 4, les Grès rouges; 5, les roches trachytiques et 6, le calcaire moderne.

Quoique *Burkart* réunit toutes les schistes de la ré-

gion, il est cependant remarquable qu'il a déjà reconnu, qu'il y a des différences entre la partie inférieure et supérieure de ces roches. Il dit (p. 20 l.c.) : "dans les couches inférieures on voit des talcschistes, qui disparaissent en haut pour faire la place à des schistes bleus." *Burkart* observa aussi des couches de quartzite intercalées entre les schistes, et il les compare avec les roches de la vallée du Rhin près de Bingen.

Quant à la roche verte, nommée Diorite, *Burkart* reconnût déjà, qu'elle contient des intercalations d'autres roches, surtout de schistes argileux et de schistes siliceux. Enfin *Burkart* arrive à la conclusion, que les grès rouges, considérés par lui comme équivalents du Permien inférieur, sont plus anciens que les trachytes (rhyolites) et que ces dernières, qui s'observent aujourd'hui isolément à la Bufo et au Cerrillo, séparées par la vallée de Zacatecas, ont jadis formé une nappe continue, qui a été détruite plus tard par l'érosion lors de la formation de la vallée de Zacatecas.

Plus tard, en 1871, M. *Laur* (De la métallurgie de l'argent au Mexique, Annales des Mines, tome XX. Paris. 1871. 4.^e livraison, p. 41-43) nous donne un profil géologique de la région, qui se compose de haut en bas de la série suivante :

1.—Un conglomérat rouge à ciment argileux contenant des fragments de syénite, sans débris de trachytes.

2.—Une roche feldspatique (la roche verte) considérée par l'auteur comme roche sédimentaire et appelée "grauwacke."

3.—Un schiste noir argileux.

4.—Un calcaire et des grès, associés à des quartzites et des schistes transformés en petrosilex.

Il est à remarquer, que *Laur* pense, que la diorite tra-

verse sous forme de filons la roche, qu'il nomme grauwaacke, et qu'il admet, que la rhyolite de la Bufa affecte la forme d'un puissant filon, qui s'est ouvert le chemin à travers la gauwaacke.

MM. *Fuchs et De Launay* dans leur, "Traité des Gîtes minéraux," ont donné en 1893 un aperçu de la géologie de Zacatecas en y ajoutant une coupe géologique de la région. Ces auteurs se basent presque exclusivement sur le travail cité de *Laur*.

On doit quelques observations fort judicieuses sur la géologie de Zacatecas au Prof. *von Rath*, qui publia en 1886 une note sur ses observations dans les Etats de Chihuahua et Zacatecas (*Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande*, 43 Bonn, 1886 p. 225). Cet auteur mentionne déjà, que le filon de la Cantera, derrière La Bufa, coïncide avec une faille (p. 247), et il communique quelques observations intéressantes sur la Roca verde. Il dit, qu'il est probablement plus correcte de désigner cette roche comme Diabase que de la nommer Diorite avec *Burkart* (p. 245) et il mentionne les rapports intimes entre la Roca verde et les schistes argileux (p. 250 où *von Rath* dit verbalement: "Der Weg nach El Bote entblösst einen meist fast massig abgesonderten Schiefer, welcher zwischen Thonschiefer und Diabasschiefer schwankt. Mit Rücksicht auf den Uebergang des "Diorits" in schiefrige Varietäten ist die Grenze gegen den Thonschiefer kaum genau anzugeben.")

Dans le "Bosquejo Geológico de México" (Boletín del Instituto Geológico de México, núms. 4-6, 1896), M. *José G. Aguilera* émet l'opinion, que la roche verte de Zacatecas faisait éruption à la fin de la période miocène. Dans la coupe géologique de México au Paso del Norte et

dans la Carte géologique, qui accompagnent ce mémoire, les schistes de Zacatecas sont considérés comme des schistes cristallins.

Enfin en 1900 M. Ezequiel *Ordóñez* ("Las Rhyolitas de México," primera parte, Boletín del Instituto Geológico de México, número 14), publia un chapitre spécial concernant la Bufo de Zacatecas (loc. cit. p. 26). Il pense que la Bufo est "un exemple excellent d'une éruption par fente," rapporte le conglomérat rouge, qui forme la base de la rhyolite, au miocène et croit, que les éruptions rhyolitiques ont eu lieu pendant l'époque pliocène.

Qu'il nous soit permis de remercier sincèrement tous ceux, qui ont contribué à notre travail soit par des renseignements soit d'autre manière; nous mentionnons tout spécialement: MM. *J. G. Aguilera*, *E. von Mojsisovics*, *J. Perrin Smith*, *E. Ordóñez*, *E. Böse* et *P. Waitz*. Nous sommes en outre fort obligés envers M. le Professeur *H. Rosenbusch* à Heidelberg, qui a bien voulu examiner quelques échantillons de roches éruptives et qui nous a communiqué ses observations sur ces roches, qui seront publiées ci-dessous.

II

APERÇU GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION.

Nous avons vu dans notre aperçu historique, qu'on avait jusqu'ici réuni tous les schistes argileux de la région, sans savoir à quel âge géologique ils appartiennent. Tantôt on admettait, que ce sont des schistes cristallins anciens, tantôt on était disposé à croire, qu'ils appartiennent au système crétacique.

Nos études nous ont démontré, que les *schistes* et les roches, qui les accompagnent (quartzites, grès et argiles),

appartiennent à deux séries différentes, séparées par une discordance.

La *série inférieure* se compose surtout de schistes à sérinite, bariolés, très-puissants et fortement plissés, qui occupent la partie occidentale de la région étudiée entre la chaîne du Cerro Magistral et le Cerro Pimienta. Ce sont les sédiments les plus anciens de la région; en tout cas ils doivent être plus anciens que le Trias supérieur, qui les couvre en discordance.

La *série supérieure* des schistes se distingue déjà par la nature des roches de l'inférieure, sur laquelle elle repose en discordance bien nette. Ce ne sont plus les schistes à sérinite luisants et bariolés de la série ancienne, ce sont des schistes siliceux de couleur bleu-foncé alternant avec des argiles, grès et quartzites. Heureusement nous avons pu découvrir dans ces schistes des fossiles assez nombreux, qui permettent de prouver leur âge triasique supérieur (probablement étage Carnien). Ce sont surtout des Bivalves, entre lesquelles prédomine le genre *Palaeoneilo* Hall, et quelques fragments d'Ammonites (*Anatomites*, *Sirenites*).

Ces couches ont un intérêt tout particulier, car jusqu'ici on croyait, que le Trias marin manque complètement au Mexique, et que les terrains triasiques y sont seulement représentés par les couches terrestres ou saumâtres du Rhétien.

Les couches triasiques s'observent seulement en deux endroits assez limités dans la vallée de l'arroyo Pimienta ou Calavera. Elles y forment le centre de deux synclinaux et reposent en discordance sur les schistes anciens.

La *roche verte*, ou Diorite des anciens auteurs, est selon les observations de M. *Rosenbusch* une *Spilite* souvent schisteuse, qui passe en beaucoup d'endroits à des schis-

tes argileux. On peut en distinguer deux parties: une inférieure, intercalée entre les couches triasiques, plissée avec elles et y passant graduellement, est certainement isochrone avec ces couches et possède un âge supratriasique; une supérieure, couvrant en discordance les couches anciennes et triasiques sous forme d'une nappe très-étendue et peu disloquée, ne peut avoir été formée qu'après un plissement, qui disloqua les couches triasiques et la partie inférieure de la roche verte y intercalée.

Les deux parties de la roche verte ont donc un âge différent, car leur formation a été séparée par une période de plissement; il est cependant fort remarquable que les caractères pétrographiques restent néanmoins les mêmes dans les deux parties, ce qui indique, que la différence d'âge ne peut pas être très-grande.

L'intercalation de la roche verte inférieure, entre les sédiments marins du Trias et leur passage graduel dans ceux-ci nous enseigne, que la partie inférieure de cette roche s'est formée par des éruptions sous-marines supratriasiques dont les produits se mêlaient par place avec les sédiments normaux du Trias supérieur.

Après la formation de la roche verte survint une longue période d'érosion pendant laquelle se formèrent dans les dépressions des *brèches de Roca verde* et des *grès* (grès rouges et conglomérats rouges des auteurs). Ces roches détritiques sont les seuls produits d'une longue période continentale posttriasique et remplissent la partie basse de la vallée de Zacatecas.

Les *roches rhyolitiques* de la région ont fait éruption après la formation de la plus grande partie des brèches, quoiqu'il est certain, que ces brèches ont continué à se former par place aussi plus tard.

La *rhyolite* des environs de Zacatecas, accompagnée de tufs et brèches, est une roche plutôt granuleuse, qui forme la crête de la Bufa au Nord, la Mesa du Cerrillo au Sud de la vallée de Zacatecas et quelques collines entre les deux. Comme le reconnût déjà J. Burkart il ne peut avoir aucun doute, que ces masses rhyolitiques ont été jadis en continuation formant une vaste nappe et qu'elles ont été morcelées plus tard par l'érosion.

Des roches *porphyriques* et *rhyolitiques* assez différentes s'observent dans la partie occidentale de notre région d'études. Elles traversent les schistes et la roche verte sous forme de filons plus ou moins obliques, dirigés à peu près du Sud au Nord. Ces filons s'élargissent en haut pour former une véritable nappe. Ainsi s'observent sur les cîmes et les crêtes des montagnes de la région occidentale, des restes plus ou moins étendus de cette nappe, formés par le morcellement de celle-ci par l'érosion.

Après avoir donné un résumé géologique de la région, nous allons maintenant examiner avec plus de détail les différents éléments géologiques.

1.—SCHISTES À SÉRICITE ANCIENS.

Les schistes anciens s'observent dans la partie occidentale de la région d'études. Le Cerro del Gil au nord, la chaîne du Cerro Magistral au Nordest, le Cerro del Grillo à l'Est et la chaîne du Cerro del Bote au Sud entourent une dépression occupée par les vallées de l'Alamo et de la Ladrillera. Une masse très-puissante de schistes anciens affleure dans cette dépression et forme une sorte de dôme, car les couches plongent de trois côtés vers l'extérieur de la masse. Au Sud du Cerro Gil on observe un

plongement vers le Nord, à l'Ouest du Cerro del Grillo vers l'Est au Nord du Cerro del Bote vers le Sud. Dans ce puissant complexe nous pouvons distinguer deux séries différentes; une inférieure très-puissante, formée par des schistes lustrés noirs et une supérieure, qui se montre aux environs du cerro Encinillo et qui est composée de roches plus variées, principalement de schistes à sérécite vineux et de conglomérats et grès, tantôt de la même couleur, tantôt verdâtres, contenant principalement des fragments des schistes rouges.

Au Sud de la grande masse de schistes anciens décrite et en connexion avec elle affleure une seconde masse assez considérable des mêmes roches. Cette masse occupe la vallée de la Calavera ou de la Pimienta, recouverte de tous les côtés par des roches plus modernes, surtout, par la roche verte, et divisée en deux parties par un synclinal triasique. Cette masse montre un plissement intense, étant composée d'une multitude de petits plis couchés vers l'ouest. Les roches principales sont les mêmes schistes à sérécite vineux, que nous avons déjà cité, accompagnés de schistes verdâtres et passant graduellement dans des bancs de brèches et conglomérats schisteux de la même couleur. D'après un examen microscopique de M. E. *Ordóñez* ces dernières roches sont composées de sérécite avec des grains de quartz et des fragments de cristaux de feldspath.

Entre les roches schisteuses s'observent en outre des bancs peu puissants de calcaires grisâtres, et à la base de la série (aux environs de la ligne du chemin de fer Central au Nord du Cerro Pimienta) affleurent des brèches quartzitiques grises, des schistes à sérécite noirs et des quartzites et grès gris alternant avec des schistes noirâtres.

L'âge des schistes anciens est probablement prétriasique, car ils sont surmontés en discordance par les couches du Trias supérieur comme nous le démontrerons ci-dessous. Mais il n'est pas possible de dire s'ils appartiennent à la série paléozoïque ou azoïque.

2.—COUCHES MARINES DU TRIAS SUPÉRIEUR.

Les couches supratriasiques reposent en discordance sur les schistes anciens en formant le centre de deux synclinaux couchés, ouverts vers l'ouest, qui s'observent dans la vallée de la Pimienta. L'existence de ces synclinaux est prouvée par la distribution des roches dans les deux bandes triasiques intercalées entre les schistes anciens. On observe en effet des quartzites et des grès quartzitiques gris-foncés, qui contiennent des fragments de quartz et de feldspath, au centre des deux séries triasiques, tandis que ces roches sont limitées des deux côtés par une série assez puissante de schistes siliceux et argileux noirs ou bleu-foncés alternant avec des grès verts et des argiles verdâtres et grises. Toutes ces roches plongent vers l'est. L'existence des synclinaux se révèle d'ailleurs clairement dans un endroit, où nous avons pu observer le recourbement des couches quartzitiques, qui forment le centre des synclinaux (voir fig. 3). Les synclinaux sont dirigés du nord au sud, mais leur direction n'est pas complètement droite sinon un peu courbée en forme de croissant.

Il est remarquable, que les couches triasiques s'observent seulement dans deux endroits restreints de la vallée de la Pimienta; cela tient à deux causes: d'abord ces couches ont été détruites par l'érosion dans la plupart des endroits, où affleurent les schistes anciens, ensuite elles

sont recouvertes dans la plus grande partie de notre région d'études par la nappe étendue de roca verde.

Nous avons déjà remarqué, que les couches triasiques reposent en discordance sur les schistes anciens. On observe clairement cette discordance dans l'Arroyo Calavera, où l'on constate, que les schistes argileux noirs de la série triasique remplissent les inégalités du sous-sol, formé par les schistes et brèches anciens. Ils reposent sur ces roches avec une surface ondulée irrégulière (voir fig. 1). En outre l'on voit, que les couches triasiques, qui couvrent les roches anciennes, contiennent beaucoup de fragments de ces roches. Ces fragments sont en partie très-considérables, en partie plus petits, de simples galets (voir fig. 2). M. E. Ordóñez, qui a examiné sous le microscope les roches anciennes immédiatement à la base de la discordance et les fragments de ces roches intercalés dans les couches basales du Trias superposé, est arrivé au résultat que les deux roches sont très-similaires: ce sont des roches bréchiformes, schisteuses, composées surtout de séricite, de grains de quartz et de fragments de cristaux de feldspath.

Les fossiles triasiques se trouvent dans deux localités différentes. La première est située tout près de l'endroit, où l'Arroyo Calavera ou Pimienta est traversé par un pont, le "Puente del Ahogado." Là, dans le flanc oriental du synclinal triasique oriental, se trouvent les fossiles tantôt dans les schistes siliceux noirs tantôt dans une roche argileuse grise. Ces couches sont remplies de fossiles, surtout de Bivalves de petite taille, tandis que les Ammonites sont rares et fragmentaires.

Entre ces fossiles abondent avant tout les espèces du genre *Palaeoneilo*. Nous en pouvons distinguer plus d'une vingtaine d'espèces, ce qui démontre, que ce genre

est encore plus abondant dans nos couches que dans les localités dévoniennes classiques des Etats Unis, d'où *Hall* décrivait pour la première fois le genre. Nos espèces de *Palaeoneilo* paraissent toutes nouvelles; quelques-unes montrent cependant des rapports avec des espèces paléozoïques des Etats Unis et avec des espèces des couches triasiques supérieures (*Pachycardientuffe*) des Alpes orientales. Les autres fossiles sont relativement rares, nous en pouvons citer une *Halobia* et quelques fragments d'*Ammonites*. Ces dernières, quoique mal conservés et fragmentaires, nous donnent cependant des renseignements précieux sur l'âge des couches.

En vue de la difficulté de déterminer ces fragments et de la grande importance de ces restes, étant donné que les couches marines du Trias étaient complètement inconnues au Mexique jusqu'à ce jour, nous nous sommes adressés à MM. *von Mojsisovics* et *Perrin Smith*, en leur communiquant les photographies de ces *Ammonites*. Nous remercions sincèrement ces deux savants, qu'ils ont bien voulu nous transmettre leur opinion, et nous nous réjouissons, qu'ils soient arrivés indépendamment à la même conclusion, c'est à dire, que nos couches doivent appartenir probablement à l'étage carnien du Trias supérieur. Entre les *Ammonites* il faut surtout citer *Juravites* (*Anatomites*) *Mojsvari n. sp.* et *Sirenites* *Smithi n. sp.*, dont la dernière montre d'après les communications de M. P. *Smith* des relations intimites avec le *Sirenites* *Lawsoni* Hyatt et Smith du Trias supérieur (étage carnien) de Californie.

La seconde localité fossilifère se trouve dans le flanc oriental du synclinal triasique occidental, aux pentes d'une colline (voir la carte). Ici ce sont des grès verdâtres et des roches argileuses, qui nous ont fourni des fossiles.

La faune est un peu différente, car il y a surtout des Aviculidées d'aspect très-ancien; cependant des espèces de *Paleoneilo* ne manquent pas.

Il est prouvé par ces découvertes de fossiles, que la partie supérieure des schistes de Zacatecas appartient au terrain triasique supérieur marin. En tenant compte du grand intérêt de ce résultat nous venons de publier dans le "Boletín 21 del Instituto Geológico de México," la description paléontologique de la faune et pour tous les détails nous renvoyons le lecteur à ce travail.¹

Nous avons déjà remarqué, que la partie inférieure de la roca verde alterne avec les sédiments triasiques et y passe graduellement, ce qui prouve leur formation contemporaine avec ces sédiments. Nous étudierons en détail cette roche dans le chapitre suivant.

3.—ROCA VERDE.

Spilite d'après Rosenbusch.

Dans la Sierra de Zacatecas on connaît depuis longtemps une roche verte, qui est très-repandue dans la région et passe par place à des schistes argileux. La roche verte a généralement été appelée "roca verde."

J. Burkart nommait la roche verte "Diorite," une désignation qui a été acceptée par beaucoup d'auteurs postérieurs. *Ordóñez* dans son travail sur les rhyolites (l. c. p. 26) considère la roche verte comme une roche andésitique, qui passe aux diabases, gabbros et porphyrites.

¹ La faune marine du Trias supérieur de Zacatecas par C. Burckhardt en collaboration avec S. Scalia. Les Aviculidés seront décrites par M. F. Frech dans le Compte rendu de la Xe. session du Congrès géologique international.

Vom Rath a émis l'opinion, que la roca verde est plutôt une roche diabasique qu'une Diorite.

D'après la récente communication de M. le Prof. *H. Rosenbusch*, que nous publierons verbalement à la fin de ce chapitre, la roche est en général une Spilite et en relation avec elle s'observent des roches vertes schisteuses et des schistes argileux.

La liaison de la roca verde avec des roches schisteuses et avec des sédiments argileux est très-intime. Maintes fois on observe un passage tout à fait graduel de la roche verte souvent schisteuse aux schistes argileux, fait, qui a été déjà signalé par *vom Rath*.

Quoique la roche verte possède partout les mêmes caractères pétrographiques et montre par conséquent une grande uniformité, il régné en détail une très-grande variété, car outre les alternations multiples de Spilite, de roches schisteuses et tufeuses et de schistes argileux grisâtres, verdâtres ou rouges et leurs transitions graduelles, on observe encore une multitude de différences par suite de la décomposition des roches.

Quelquefois s'observent dans la roche verte des masses considérables de schistes argileux grisâtres bien stratifiés, qui montrent souvent un clivage très prononcé (voir fig. 5).

On peut distinguer deux parties de roche verte; une inférieure intercalée entre les sédiments triasiques, disloquée avec eux et y passant graduellement, et une supérieure, qui couvre en discordance les roches plus anciennes: schistes anciens, couches triasiques et roche verte inférieure, en formant audessus d'elles une espèce de nappe peu disloquée.

a.—PARTIE INFÉRIEURE DE LA ROCHE VERTE.

Comme le démontre la figure 3.^a de la Planche de Profils nous observons dans le lit de l'arroyo Calavera à l'ouest de l'endroit, où nous avons pu étudier nettement la discordance entre les schistes anciens et les couches triasiques, une série bien instructive pour prouver la contemporanéité des sédiments supratriasiques et de la roche verte inférieure. Audessus des schistes argileux noirs, qui forment la base de la série supratriasique, reposant en discordance sur les schistes anciens, s'observe d'abord une série de roche verte, qui plonge comme les couches décrites vers l'est. Cette roche verte contient plusieurs intercalations de schistes siliceux noirs, identiques avec les schistes siliceux du Trias superposé. A l'est la roche verte est recouverte par la série supratriasique fossilifère, dans laquelle elle passe graduellement par des couches, qui paraissent formées par un mélange de matériaux sédimentaires et d'éléments éruptifs. Ce sont d'abord des bancs d'une brèche de roche verte immédiatement superposée à la roca verde, ensuite des grès verts de plus en plus fins, qui contiennent probablement des éléments de la roche verte et sont à considérer comme des grès tufeux. Ces grès alternent avec les schistes siliceux noirs supratriasiques, qui augmentent peu à peu en épaisseur à mesure que les grès diminuent, de manière qu'ils les remplacent complètement vers l'est (voir fig. 4).

Ces faits nous montrent un passage graduel de la roca verde aux sédiments supratriasiques et paraissent nous enseigner, que la partie inférieure de la roche verte est contemporaine avec les couches triasiques et qu'elle s'est

formée par des éruptions sous-marines de cette époque.

Cette conclusion est confirmée d'une part par plusieurs autres intercalations de grès et argiles verdâtres entre les sédiments supratriasiques¹ (voir les profils), d'autre part par les intercalations de schistes siliceux noirs entre la roche verte (voir profils et carte). Enfin les intercalations fréquentes de schistes argileux entre la roche verte et leur passage graduel dans celle-ci nous amènent à la même conclusion: Ces schistes se formèrent là, où les roches spilitiques se chargèrent de vase argileuse, passant ainsi à de véritables sédiments marins.

b.—PARTIE SUPÉRIEURE DE LA ROCHE VERTE.

Dans la région occidentale, entre la chaîne du Cerro del Bote au Nord et celle du Cerro Pimienta au Sud, on voit clairement, que la partie supérieure de la roche verte couvre en discordance comme une grande nappe les couches plus anciennes. Au fond des vallées de la Calavera et de la Nueva Valenciana s'observent en effet des schistes à sérécite anciens, des sédiments triasiques et la partie inférieure de la roche verte formant un complexe disloqué et plissé avec des plis couchés vers l'ouest. Par contre, les petites chaînes de collines, qui limitent ces vallées et sont dirigées de l'est à l'ouest (chaîne du Bote au nord, chaîne entre les Arroyo Nueva Valenciana et Calavera, et chaîne du Cerro Pimienta au sud), sont dans leurs parties supérieures exclusivement formées par une nappe peu disloquée de roche verte. Cette roche verte doit donc leur existence à des éruptions, qui ont

¹ M. le Prof. *Rosenbusch*, qui a examiné un échantillon d'une de ces intercalations, a bien voulu nous communiquer, que la roche paraît être une masse argileuse peut-être mêlée avec du matériel éruptif comme le "Schalstein" (voir ci-dessous).

eu lieu après un plissement des couches triasiques y comprise la partie inférieure de la roche verte.

Elle est par suite plus récente que la partie inférieure, cependant, comme elle est formée des mêmes roches que celle-ci,¹ la différence d'âge entre les deux parties de roche verte ne peut pas être très-grande et le mode de formation des deux doit être identique.

S'il est possible de distinguer deux parties de la roche verte dans la région occidentale, il est cependant bon à noter, que ces deux sont bien plus difficiles à séparer dans la région orientale, car là les sédiments n'affleurent pas à jour et les deux roches vertes, étant formées des mêmes éléments, se confondent.

Ainsi dans les environs du Cerro del Grillo et dans la région entre Zacatecas et Veta Grande il n'est pas possible de séparer les deux parties de la roche verte, qui existent probablement aussi dans ces régions.

REMARQUES DE M. LE PROF. H. ROSENBUSCH SUR LA ROCA VERDE ET LES INTERCALATIONS ARGILEUSES DANS CELLE-CI.

(Je reproduis la communication verbalement, en allemand, pour éviter des confusions).

I.—*Roca verde, unterer Theil.*

N.^o 1. *Arroyo Calavera*.—"Ein spilitisches Eruptivgestein in zersetztem Zustande. Einsprenglinge eines nicht bestiumbaren Plagioklases und Nester von Epidot

¹ Monsieur le Prof. *Rosenbusch* a déterminé entre les échantillons de la partie supérieure de la Roca verte des Spillites et des schistes argileux. En outre il désigne une roche du Cerro Pimienta comme Diorite augitique (voir ci-dessous la description de ces roches).

mit Albit und etwas Quarz sowie von Quarz finden sich in einer wesentlich aus Plagioklas Leistchen bestehenden Grundmasse, die mit chloritischen Zersetzungsproducten, Calcit und Leukoxen erfüllt ist. Die Nester von Epidot mit Albit und Quarz sind wohl Pseudomorphosen nach Labrador."

N.^o 2. *Arroyo Calavera in der Nähe von N.^o 1.*—"Sehr räthselhaft; die Dicke des Schliffes erlaubt keine genaue Bestimmung der Gemengtheile. Die Angaben über die Zusammensetzung haben also bloss den Werth einer subjectiven Ansicht. Ein ganz von Quarz durchtränkter Fels von hellgrünen bis farblosen Diopsid (?) Microlithen umschliesst vereinzelte Pseudomorphosen von Quarz nach Feldspat (?) und sehr viel grössere rundliche Quarzkörner, die aussehen, als füllten sie ursprüngliche Mandeln. In diese ragen von aussen die Diopsid (?) nadeln hinein. Diese Quarze sind immer einheitliche Individuen, die Quarze der Feldspat? Pseudomorphosen stets Körneraggregate. Ferner enthält das Gestein einzelne grössere Nester von Epidotkörnern und Säulen. Quarzadern durchziehen das Gestein in allen Richtungen. Auch etwas Chlorit und Leukoxen sind sicher nachzuweisen."

N.^o 3. *Arroyo Calavera* (zwischen den beiden Complexen alter Schiefer).—"In dem durchaus zersetzten Gestein erkennt man Chlorit, Leukoxen, Calcit, geringe Reste von Feldspat. Auch die Structur ist verwischt. Man kann nur sagen, dass das Gestein ursprünglich ein quarzfreies basisches Eruptivgestein oder der Tuff eines solchen war."

II.—*Roca verde, oberer Teil.*

N.^o 4.—*Südöstlich vom Cerro Pimienta.*—“Ein spilitisches Gestein nicht unähnlich dem Gestein N.^o 1. Andesin in Leisten, Augit in spärlichen Einprenglingen und Körnern. Sehr viel Calcit. Ob die Structur sehr fein ophitisch oder intersertal war, ist nicht mehr festzustellen.”

N.^o 5. *Cerro Pimienta, Gipfel* (nahe bei N.^o 4).—“Ein hypidiomorph körniges Gestein, dessen unfrische Plagioklasleisten nach den Auslöschungen in der symmetrischen Zone zum sauern Labrador gehören (Schiefe im Maximum 18°, am häufigsten zwischen 7° und 12°) und dessen unfrischer Diopsid in kurzen Säulen und Körnern, hellgrün bis farblos, keine Dispersion der Axe B aber deutlich eine solche der Axe A erkennen lässt. Etwas Titanit, Ilmenit und Leukoxen Körner. Die Interstitien ganz erfüllt mit einem anscheinend isotropen Chloritmaterial und Calcit. Das Gestein ist ein unfrischer Augitdiorit.”

N.^o 6. *Nordwestlich vom Cerro Sierpe.*—“Spilit mit nicht mehr bestimmbar, unfrischen Einsprenglingen von Plagioklas. Augit nicht mehr erkennbar. Die Grundmasse besteht aus Oligoklas viel Calcit und Epidot.”

III.—*Einlagerungen von Thonschiefer in der Roca verde.*

N.^o 7. *Oestlich vom Puente del Ahogado.*—“Fast quarzfreier Thonschiefer.”

N.^o 8. *Cerro del Bote.*—“Ist ein quarzreicherer Thonschiefer. Die Schiffe 7 und 8 erlauben wegen ihrer Dicke keine weitem Feststellungen.”

IV.—*Einlagerung eines grünlichen, thonigen Gesteins in den Kieselschiefern der obern Trias.*

N.^o 9. *Arroyo Calarera* (westlich vom Puente del Ahogado).—“Es scheint wesentlich eine von Limonit durchtränkte Thonmasse zu sein, der allerdings auch eruptives Material wie in den Schalsteinen beigemischt sein kann. Sicheres vermag ich bei der Dicke des Schliffes nicht zu erkennen.”

4.—BRÈCHES DE ROCA VERDE ET GRÈS.

(*Conglomérats et grès rouges des auteurs*).

Pendant la longue période continentale, qui suivait après la formation de la roche verte, se sont formés dans la dépression de Zacatecas (entre la Bufo au Nord, la chaîne du Grillo à l'Ouest et la Mesa del Cerrillo au Sud) des roches détritiques d'une épaisseur assez considérable. La plus grande partie des environs et du sous-sol de cette dépression, consiste de roche verte; il est donc très-naturel, que la brèche brune ou rougeâtre, qui s'y formait, contient presque exclusivement des fragments de roche verte et que le ciment de la brèche, une argile rouge, est aussi formé par des matériaux, qui proviennent de la roche verte. Outre les fragments prédominants de roche verte on observe dans la brèche des fragments d'une roche granitique ou dioritique, plus rarement des débris de schistes siliceux et argileux et de schistes à sérécite anciens. Près de Guadalupe nous y avons aussi observé des fragments de rhyolite.

Quoiqu'il paraît certain, que la plus grande partie des brèches est plus ancienne que les rhyolites, qui la

recouvrent soit à la Bufo soit à la Mesa del Cerrillo, il n'est pas moins certain cependant, que la formation de la brèche a continué aussi après les éruptions rhyolitiques, car elle contient par place des fragments de la rhyolite.

Les brèches ne montrent pas de stratification nette; les fragments de roches, dont elles sont composées, ont en général les dimensions d'une poignée ou sont plus petites. Les brèches sont accompagnées de conglomérats qui passent par place à des grès et offrent alors une stratification assez claire. Les couches de ces roches, surtout visibles aux pentes australes de la vallée de Zacatecas, plongent tantôt vers le sud tantôt vers le nord.

5.—ROCHES RHYOLITIQUES.

Déjà J. *Burkart* est arrivé à la conclusion, que les masses rhyolitiques isolées des environs de Zacatecas, qui s'observent à la Bufo, à la Mesa del Cerrillo, au Cerro del Padre et dans la vallée aux environs de Guadalupe, ont dû former jadis une nappe rhyolitique continue, qui a été morcelée plus tard par l'érosion.

En effet cette manière de voir est complètement justifiée, étant donné que les restes de la nappe couronnent les couches sousjacentes plus ou moins au même niveau et consistent tous de la même roche. Nous arrivons donc à la conclusion, qu'une nappe continue rhyolitique s'étendait jadis sur l'emplacement de la vallée de Zacatecas, réunissant les masses rhyolitiques de la Mesa Cerrillo avec celles du Cerro del Padre et de la Bufo. Cette nappe ne s'arrêtait certes pas à la Bufo, mais au contraire devait avoir jadis une extension considérable au nord de

cette montagne, car elle paraît limitée aujourd'hui au nord de la Bufa par une faille.

En effet la figure 6 nous démontre qu'à la pente australe de la Bufa affleurent des brèches de Roca verde et des grès, couronnés en haut par la rhyolite, qui forme la crête escarpée de la montagne. Des tufs rhyolitiques sont inclinés vers le nord. Toutes ces roches s'observent vers le nord jusqu'à la Veta (filon) de la Cantera, qui, inclinée vers le sud, les confine, car au nord de la veta affleure la roche verte. Il paraît donc évident, que la veta de la Cantera coïncide avec une faille, comme l'a déjà constaté *von Rath* en 1886.

La région au sud de cette faille s'est relativement baissée, mettant la rhyolite vers le nord en contact avec la roche verte, de manière qu'on pourrait croire que la première ne s'étendait jamais plus au nord, tandis qu'il paraît évident, qu'elle doit avoir existée aussi plus au nord, dans la région entre la Bufa et Veta Grande, au-dessus de la roche verte, et qu'elle y a été détruite plus tard par l'érosion.

La roche rhyolitique décrite est une roche plutôt granuleuse, souvent siliceuse, qui présente des couleurs grises, rougeâtres, brunes et jaunâtres. Avec la rhyolite alternent des tufs et des brèches rhyolitiques, qui sont surtout développés à la base de la série.

6.—PORPHYRE QUARTZIFÈRE ET LIPARITE (RHYOLITE).

D'après Rosenbusch.

(*"Feldstein"* de J. Burkart).

Les roches porphyriques et rhyolitiques de la région occidentale se distinguent nettement des rhyolites déjà décrites. Ce sont des roches moins granuleuses, siliceu-

ses, généralement blanches ou grisâtres, souvent tachetées en rouge et présentant quelquefois une structure fluidale.

D'après une communication, que nous devons à M. le Prof. *Rosenbusch*, et qui sera publiée verbalement à la fin de ce chapitre, les roches appartiennent à la famille des Porphyres quartzifères et Liparites (Rhyolites) et peuvent être classés parmi les Porphyres quartzifères, les roches felsitiques ("Felsitfels") et le "Mikrofelsitfels."

Ces roches, souvent accompagnées de brèches et de tufs, traversent les roches plus anciennes, surtout la roche verte, sous forme de filons assez minces, dirigés plus ou moins du nord au sud et plongeant généralement vers l'est. Ces filons s'observent surtout dans la région entre le Cerro del Grillo et le Cerro Valenciana (voir fig. 9, 10) ; ils ne sont pas toujours simples mais au contraire on observe souvent des groupes de plusieurs filons parallèles, séparés par la roche verte.

Les filons s'élargissent généralement en haut passant ainsi à une véritable nappe de la même roche (voir fig. 8). Cette nappe a certainement un jour couvert presque toute la région occidentale, mais plus tard elle a été détruite par l'érosion, de manière que nous n'en observons aujourd'hui que des fragments plus ou moins isolés, qui couronnent la chaîne du Cerro Magistral, le Cerro Cal y Canto, le Cerro de la Sierpe, le Cerro del Gil et quelques autres cîmes du voisinage. La nappe s'est formée, lorsqu'il avait déjà des inégalités assez grandes du sous-sol par suite de la formation des vallées par l'érosion. Ceci se voit clairement dans la vallée de l'Arroyo Ladri-llera près de la Huerta del Gil, où la nappe rhyolitique des Cerros de la Sierpe et Frijol descend jusqu'au fond de la vallée.

Remarques de M. le Prof. H. Rosenbusch sur les roches porphyriques de la région occidentale.

N.^o 1. *Magistralpass* (zwischen Cerro Magistral und Cerro Cal y Canto).—“Das Gestein ist ein einsprenglingsarmer Quarzporphyr mit Orthoklas, Quarz und Biotit in mikrogranitischer Grundmasse.”

N.^o 2. *Cerro Encinillo* (voir fig. 9 “Rhyolite”).—“Ist ein stark verkieseltes, porphyrisches Gestein ohne Einsprenglinge von Quarz aber mit Einsprenglingen von Orthoklas, die zum Theil in Muscovit, zum Theil in Quarz pseudomorphosirt sind.”

N.^o 3. *Mine am Cerro de la Sierpe*.—“Ein feinkörniges Gemenge von eckigen Quarzkörnchen mit Muscovit, Stäubchen von Eisenerzen und von Opal, ohne Einsprenglinge. Es lässt sich nicht entscheiden ob das Gestein ein Felsitfels oder ein Porphyrtuff war.”

N.^o 4. *Hügel nordwestlich des Cerro de la Sierpe*.—“Das Gestein ist ein stark verkieselter Mikrofelsitfels ohne Einsprenglinge und ganz mit Eisenoxyden imprägnirt. Die ursprünglich sphärolitische Structur ist noch zu erkennen.”

7.—FORMATION DES FILONS MÉTALLIFÈRES.

Ce n'est pas notre tâche de donner des renseignements détaillés sur les filons métallifères de la région (comp. à ce sujet le travail de notre collègue M. T. Flores), nous nous bornerons au contraire à quelques indications sur l'âge de leur formation. Déjà les travaux de J. Burkart ont mis en évidence, que les filons métallifères de la région doivent avoir été formés après le dépôt

des brèches de Roca verde et des grès rouges, car la veta de la Bolsa et quelques autres filons à l'est-sud-est de Zacatecas traversent les roches mentionnées.

Au Cerro de la Sierpe on observe avec une clarté extraordinaire, que la nappe rhyolitique (porphyrique), qui couronne cette cime, est traversée à angle droit par un filon métallifère (voir fig. 7). La formation du filon de la Sierpe est donc postérieure à l'éruption rhyolitique.

Que les filons métallifères se sont aussi formés après l'éruption de la rhyolite de la Bufa, ne paraît pas moins évident. Nous avons déjà mentionné ci-dessus, que la rhyolite de la Bufa est limitée au nord par la veta de la Cantera, mais qu'il est fort probable, que cette limite n'est pas primaire et qu'il y a là au contraire une faille, qui coïncide avec le filon, et limite aujourd'hui la rhyolite. Jadis celle-ci a probablement existé aussi dans la région au nord de la Bufa mais elle y a disparu par suite de l'érosion, tandis qu'elle se conservait au sud de la faille, parce que là elle a été relativement abaissée par suite de la fracture. La faille et la veta Cantera paraissent donc plus récentes que la nappe rhyolitique de la Bufa.

Mentionnons enfin, que les filons métallifères entre le Cerro del Grillo et le Cerro Valenciana, dirigés à peu près de l'est à l'ouest, croisent à angle droit les filons porphyriques de la région, qui sont dirigés du nord au sud, comme nous avons déjà vu ci-dessus. La figure 9 et 10 montre clairement ces deux systèmes orthogonaux de filons.

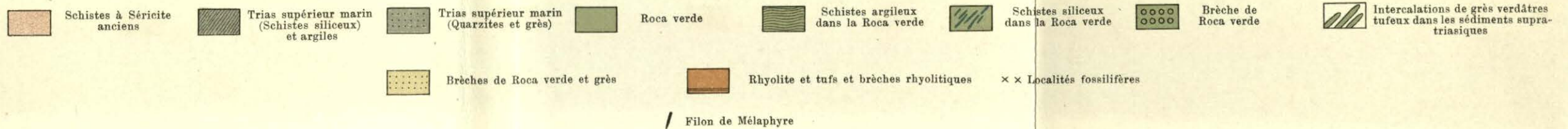
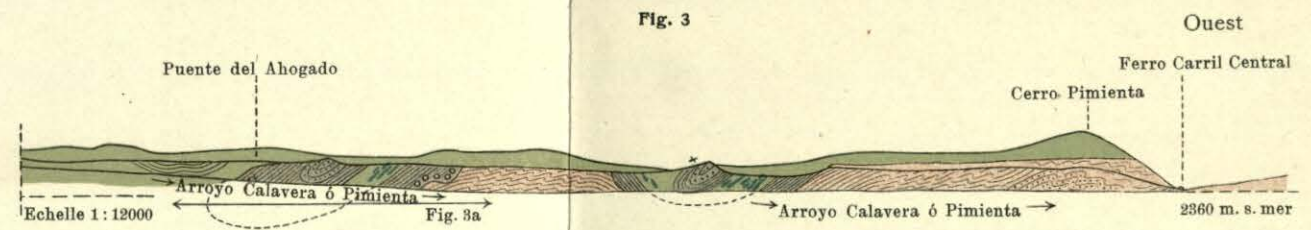
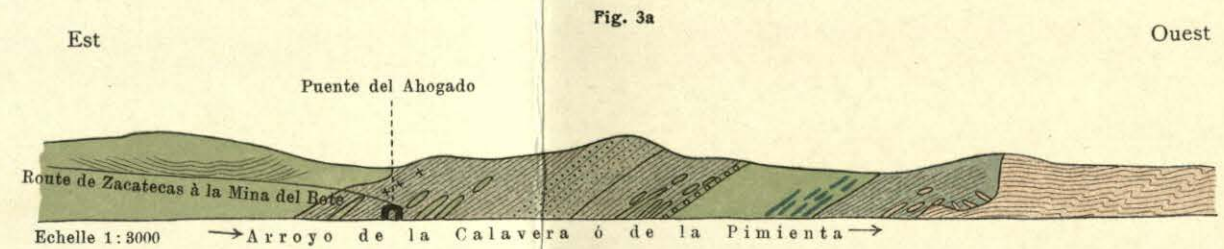
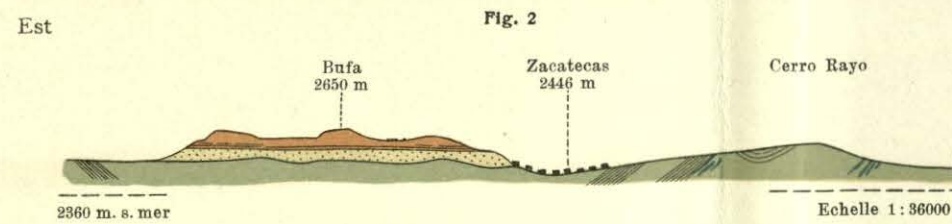
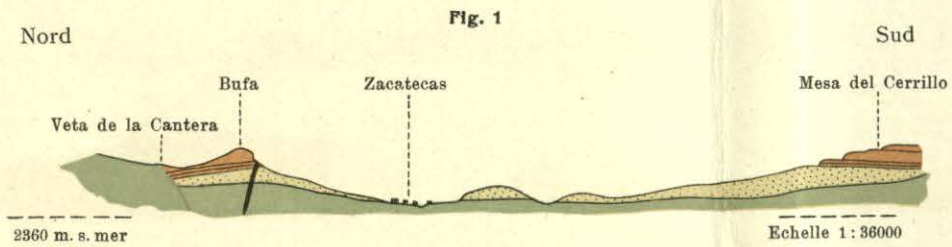
III

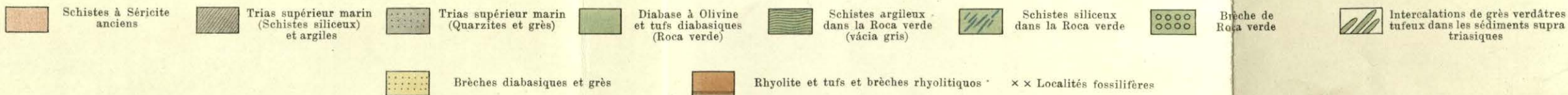
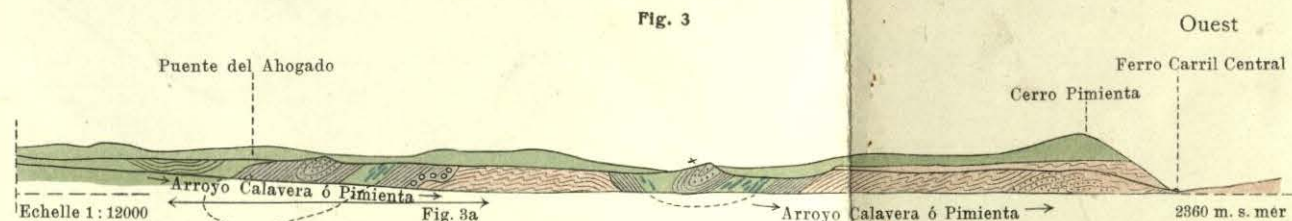
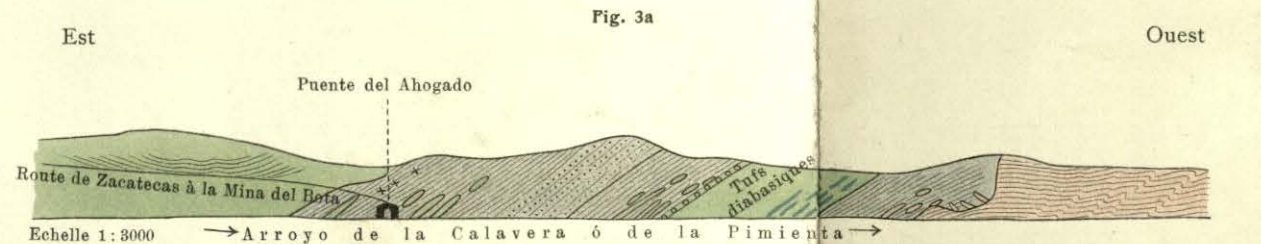
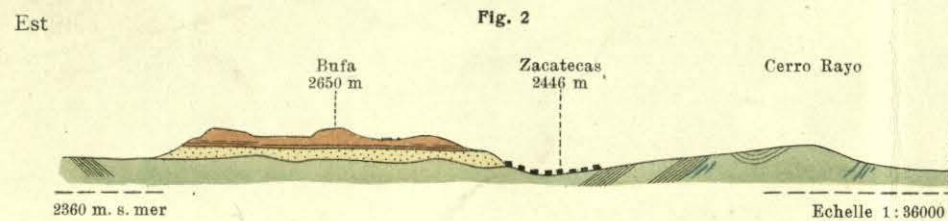
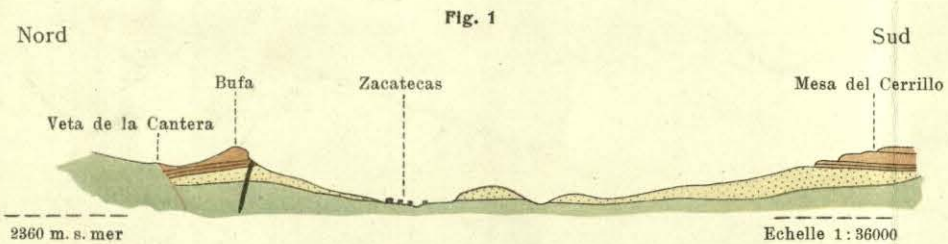
PROGRAMME DE L'EXCURSION.

Visite du profil de l'Arroyo Calavera ou Pimienta entre Zacatecas et le Cerro Pimienta (voir profil 3, 3.^a de la planche de Profils), suivant d'abord la route de Zacatecas à la mine du Bote jusqu'au Puente del Ahogado, ensuite le lit de l'arroyo Calavera. Ascension du Cerro Encinillo au nord de la route pour avoir un coup d'oeil général de la région (voir les vues, figure 9, 10). Filon porphyrique dans la Roca verde.

Entre le Puente del Ahogado et le Cerro Pimienta étude détaillée du profil 3.^a De l'est à l'ouest: Roca verde avec schistes argileux intercalés. Synclinal triasique du Puente de l'Ahogado (fig. 3) et localité fossilifère. Faune supratriasique, surtout des espèces de *Palaeoneilo*. Intercalation de roca verde entre les sédiments triasiques et passage graduel de cette roche aux couches triasiques (vue, fig. 4).

Discordance entre les couches triasiques et les schistes à sérinite anciens (fig. 1, 2). Série des schistes anciens. Second synclinal triasique et seconde localité fossilifère (*Palaeoneilo* et *Aviculacées*). Retour jusqu'au Puente de l'Ahogado par les collines, qui confinent la vallée de la Pimienta au Sud, pour constater la nappe de la partie supérieure de roca verde, qui couvre en discordance les couches plus anciennes et la partie inférieure de roca verde.



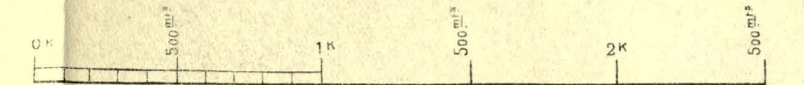


/ Filon de Mélaphyre

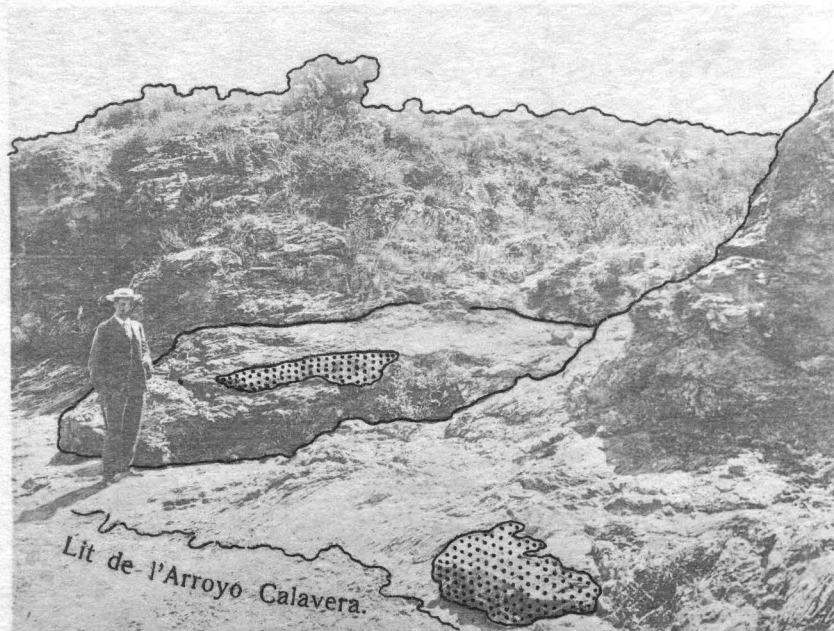
CARTE GÉOLOGIQUE
DES
ENVIRONS DE ZACATECAS
1905.

Echelle—1:25000.

Isohypses de 10 à 10 M.^{ts}



Levier géologique par C. Burckhardt et S. Scailia.
Levier minier par T. Flores.
En utilisant la carte géologique de Joseph Burkart, (1856)
Levier topographique par J. Niveres Hidalgo.



Werner & Winter, Frankfurt a. M.

Fig. 2.

..... Fragments des schistes et brèches à séricite anciens intercalés dans les couches basales (schistes noirs) de la série supratriasique de la base du Trias Supérieur [Arroyo Calavera].



Werner & Winter, Frankfurt a. M.

Fig. 2.

Fragments des schistes anciens intercalés dans les schistes noirs
de la base du Trias Supérieur [Arroyo Calavera].



Werner & Winter, Frankfurt a.M.

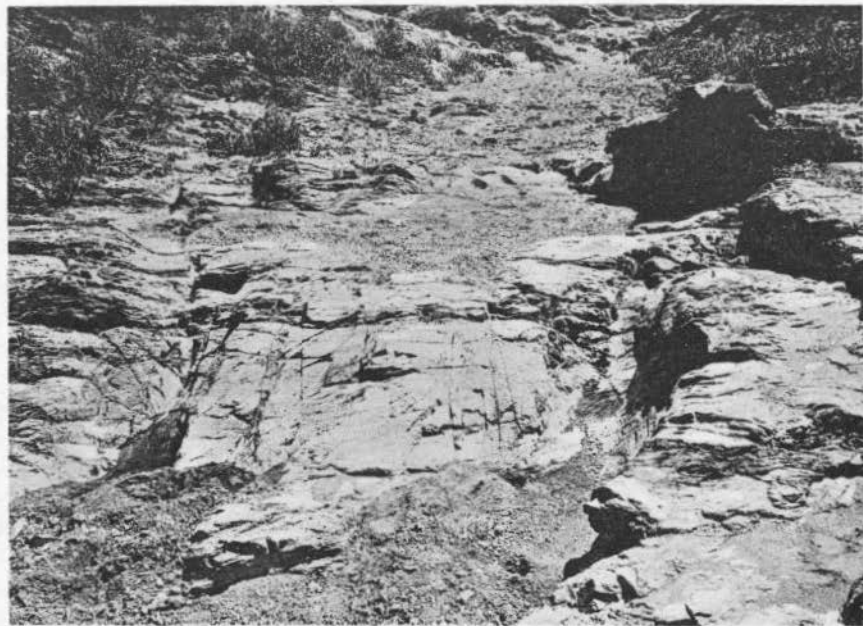
Fig. 3.

Synclinal des couches triasiques à l'ouest du Puente de l'Ahogado.



Werner & Winter, Frankfurt 1974

Fig. 4
Alternation de schistes siliceux, supratritiasiques alternant avec des gres
tuileux verdâtres.
dans l'Arroyo Calavera.



Werner & Winter, Frankfurt 1968

Fig. 4.

Alternation de grès verdâtres tufeux et de schistes supratrustiques
dans l'Arroyo Calavera.



Fig. 5.

Werner & Winter, Frankfurt a. M.

Tufs de roca verdé et schistes argileux [vacia gris] au chemin
de Zacatecas à la mine Barones.

Guide des excursions du X^e Congrès Géologique International

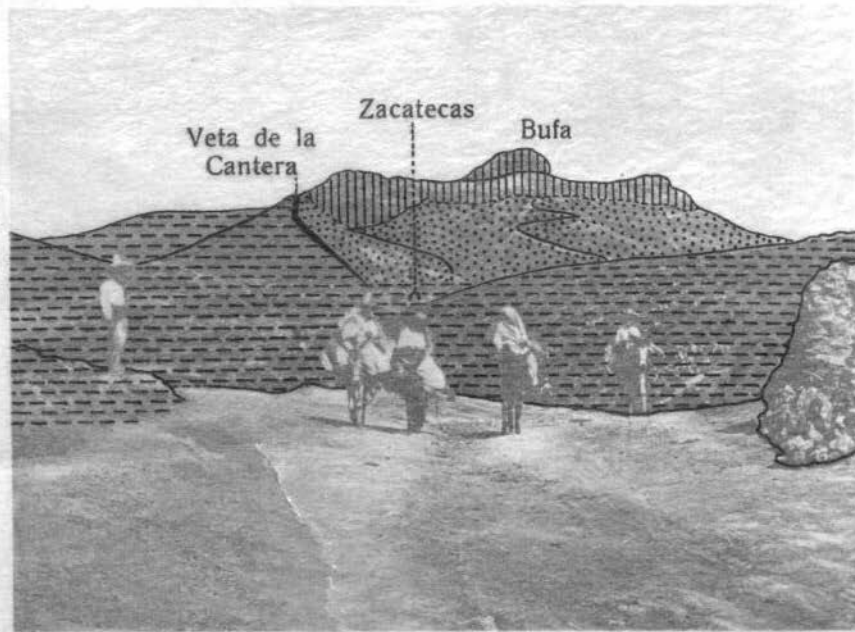


Fig. 6.

Werner & Winter, Frankfurt/M.

||||| Nappe rhyolitique.
 Brèches de Roca verde.
 ~~~~ Roca verde.

\ Veta [filon métallifère] de la Cantera.

Guide des excursions du X<sup>e</sup> Congrès Géologique International



Werner & Winter, Frankfurt a.M.

Fig. 6.  
Vue générale de la Bufo de Zacatecas.



Fig. 7.

Werner & Winter, Frankfurt a.M.

La nappe rhyolitique du Cerro de la Sierpe traversée par un  
Veta [filon métallifère].



Fig. 7.

Werner & Winter, Frankfurt a.M.

La nappe rhyolitique du Cerro de la Sierpe traversée par un filon métallifère.

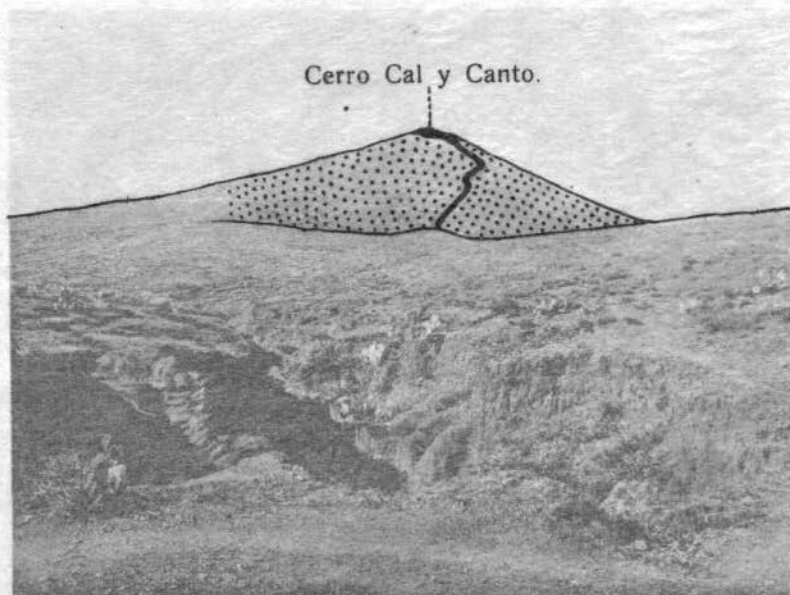


Fig. 8.

Werner & Winter, Frankfurt 1911.

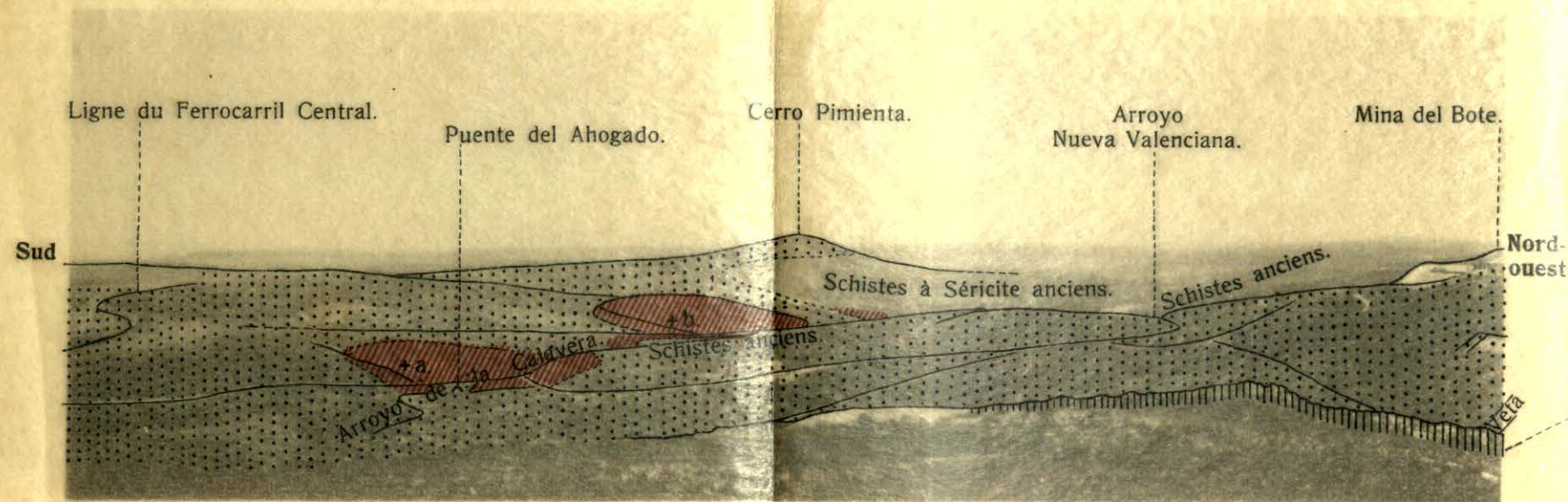
 Filon de Rhyolite dans la roca verde. Le filon s'élargit à la cime de la montagne pour former une nappe.  
 Roca verde.



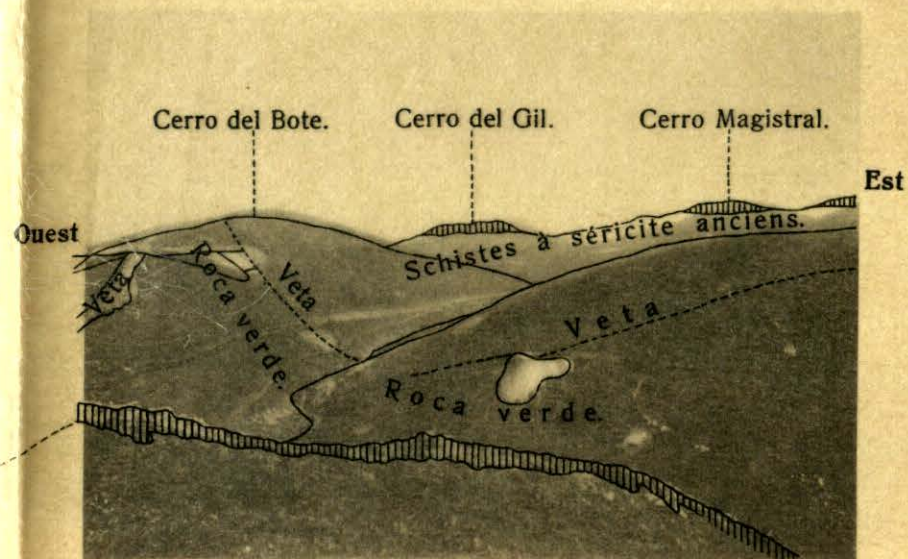
Fig. 8.

Werner & Winter, Frankfurt a. M.

Filon et nappe de rhyolite au Cerro Cal y Canto.



..... Roca verde. ||||| Rhyolite // Trias supérieur marin. 9.  
 +a. Localité fossilifère du Puente del Ahogado, des environs de la vallée de l'Arroyo Calavera.  
 +b. Localité fossilifère de la colline au sud de l'Arroyo Calavera.



||| Rhyolite  
 Fig. 10.  
 Panorama des environs des Cerros del Bote et Encinillo.

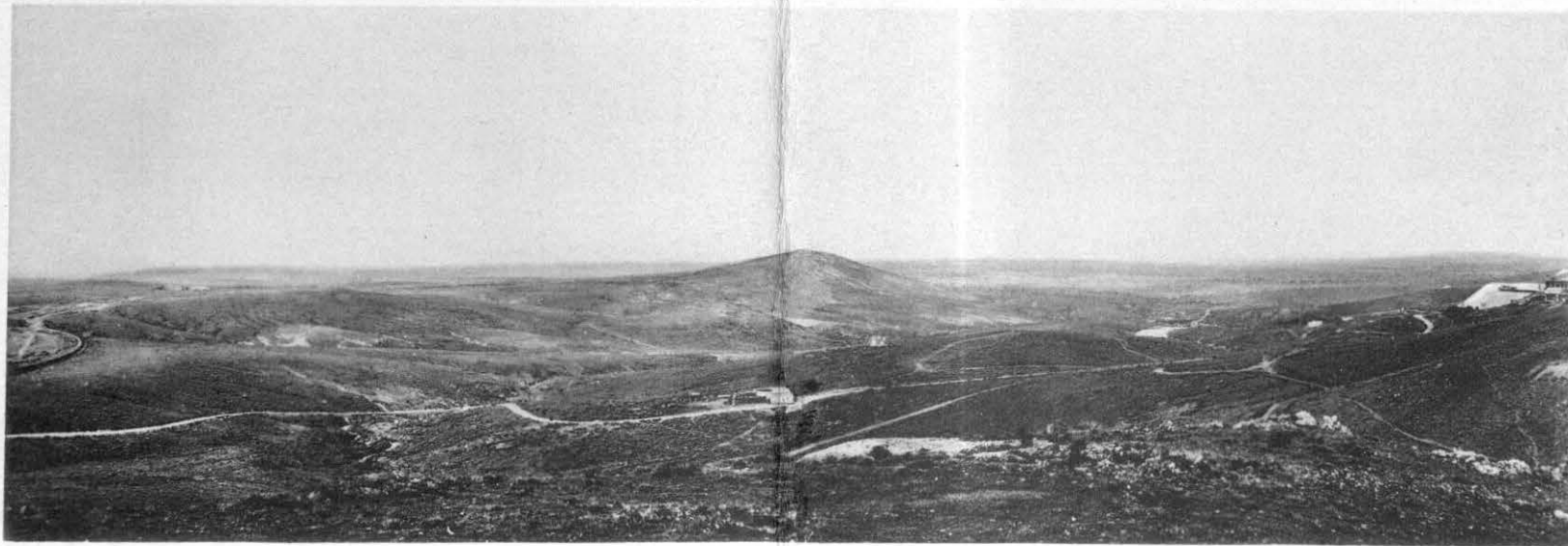


Fig. 9.  
Panorama des environs de la vallée de l'Arroyo Calavera.



Werner & Winter, Frankfurt a.M.

Fig. 10.  
Panorama des environs des Cerros del Bote et Encinillo.