

XIX

(EXCURSION DU NORD).



EXCURSIONS

AUX

MINES DE SOUFRE DE LA SIERRA DE BANDERAS

PAR

E. BÖSE.

EXCURSION
AUX
MINES DE SOUFRE DE LA SIERRA DE BANDERAS.
PAR M. EMILE BÖSE.

Le région de Bermejillo, Tlahualilo et Conejos appartient à l'énorme bassin connu sous le nom de Bolsón de Mapimí; ce bassin est formé par une immense dépression dont le point le plus profond se trouve près de la Laguna de Mayran. Il n'existe aucune issue superficielle par où les eaux puissent s'écouler: toutes les rivières et ruisseaux, qui entrent dans ce désert, se perdent dans les sables ou vont former des lacs de plus ou moins d'étendue, et celles-ci, généralement disparaissent pendant la saison de sécheresse. Le Bolson n'est pas une grande plaine: au milieu de la plaine en effet, s'élèvent des montagnes assez hautes, mais généralement de peu d'étendue, comme nous en verrons tant au cours de notre voyage de Zacatecas à Chihuahua que de Torreón à Saltillo. La plaine se compose en général d'alluvions, principalement de sable, et les montagnes qui s'y trouvent ne sont que peu connues. Elles sont formées en grande partie de calcaires du Crétacé moyen; cependant on y rencontre aussi le Crétacé supérieur. Les roches éruptives son relativement rares dans cette région. La végé-

tation y est toujours peu abondante et elle se compose principalement de Mezquite, de nombreuses plantes des familles des Cactus et des Agaves. Ce désert commence à être acquis à l'agriculture, au moyen de l'irrigation, et le sol a déjà donné des résultats qui prouvent sa grande fertilité. La culture du coton en particulier y a fait de grands progrès. L'irrigation de la terre, au moyen de canaux dont les eaux proviennent du Río Nazas qui, auparavant, débouchait et se terminait dans le lac de Mayran, est de date très récente. Il y a moins de cinquante ans, le Bolsón de Mapimí était encore habité par les Indiens Comanches qui incendièrent les fermes isolées et attaquèrent les villages et même les petites villes. Dans les mines de Sierra de Banderas, nous pourrions encore voir les restes des fortifications élevées dans cet endroit contre les attaques des Indiens qui essayaient fréquemment de surprendre les mineurs. Depuis l'arrivée des chemins de fer dans le désert, les Comanches ont disparu du pays: le reste de cette nation a abandonné la contrée et vit maintenant aux Etats Unis.

La plus grande partie des montagnes de la région, qui nous intéresse ici, se composent de calcaires du Crétacé moyen. Aux environs de Bermejillo s'élève une petite crête dans laquelle j'ai rencontré la *Gryphaea Pitcheri*, Mort. var. *Washitaensis*, Hill; dans d'autres montagnes comme la Sierra de la Campana, le Cerro Colorado, etc., ont trouvé des Caprinides et des Rudistes.

Dans presque toutes les montagnes qui se trouvent entre San Pedro de la Colonia, Mapimí et Conejos, on rencontre des filons de soufre; nous savons qu'il en est de même dans les environs de Hornos, de la Sierra de los Organos, du Jaboncillo, du Cerro Colorado, de la Sierra de Banderas, etc. Tous les gisements ne sont pas de

grande importance et les conditions géologiques ne sont pas toujours très-claires. La localité la plus accessible et en même temps la mieux connue est la Sierra de Banderas, près de la station de Conejos: la communication entre les mines de soufre et cette station se fait par un embranchement du chemin de fer.

La Sierra de Banderas se compose de deux parties: l'une, élevée, qui atteint une hauteur de 400 m. au-dessus du niveau de la plaine, et une autre qui atteint à peine 180 m. au-dessus du même niveau. Dans la partie élevée de la montagne, connue sous le nom de Sierra Grande, on n'a trouvé que des traces de soufre; cette montagne se compose de calcaires à Rudistes, dont la direction varie entre N. 45° E. et N. 55° W.; et le plongement entre 25° y 45° S.

La montagne basse est beaucoup plus compliquée: on y trouve les mines de San José et El Porvenir. La partie méridionale de la montagne se compose de calcaires du Crétacé moyen, et ces calcaires contiennent fréquemment des coupures de Radiolites, très-rarement une Nérinée qui n'a pas encore été décrite. Au-dessous des calcaires on rencontre des argiles schisteuses d'une centaine de mètres de puissance, et qui contiennent des intercalations de schistes calcaires avec des couches minces de gypse. Dans ces couches, on n'a rencontré aucun fossile; mais elles sont couvertes à tel point d'éboulis et de végétation qu'il est presque impossible de chercher les fossiles; nous verrons à l'intérieur de la mine l'affleurement le mieux découvert. Au-dessous des argiles, nous retrouvons encore des calcaires mais sans y rencontrer de fossiles. Ces calcaires forment une petite crête sur le côté septentrional de la Sierra de Banderas et sont séparés de la masse principale par deux petites vallées et un pe-

tit col. La masse principale, aussi bien que les argiles et les calcaires sur la partie septentrionale ont une direction générale E.-W. et leur plongement est vers le Sud.

Telles sont les conditions prédominantes de la partie occidentale de la Sierra de Banderas; celles de la partie orientale sont un peu différentes. Ce côté de la montagne se compose uniquement de calcaires à Rudistes, mais un puits creusé dans la mine de San José a fait découvrir les argiles marneuses à une profondeur de 50 m. environ au-dessous de la surface de la plaine. Ceci indique la présence d'une faille transversale et celle-ci peut se démontrer tant à l'extérieur qu'à l'intérieur de la mine. Au-dessus de El Porvenir on rencontre un petit défilé sur la crête et à l'Ouest de ce défilé on peut observer que la direction est N. 80° W., avec le plongement de 45° S. et à l'Est du col la direction N. 70° E., avec le plongement 45° S., sur le défilé passe la fracture. En descendant de cet endroit pour aller à El Porvenir, nous voyons que vers l'Est il n'existe que du calcaire à Rudistes, tandis que vers l'Ouest, un peu au-dessous de la crête continuent les marnes schisteuses et au pied se trouve une petite masse de calcaire qui correspond au calcaire inférieur. A l'intérieur de la mine nous trouvons la faille parfaitement découverte dans la traverse Carmen. Là, nous rencontrons les schistes marneux et ensuite, en continuant, des calcaires séparés de ces marnes par une brèche de friction; dans cet endroit, la faille semble suivre la direction N. 30° W.

Probablement il existe une faille de même nature et de direction plus ou moins parallèle entre la Sierra Grande et la Sierra de Banderas et l'écaille située entre ces deux failles renferme les principaux gisements de soufre; sur le côté méridional il existe un autre gisement

aussi à l'Ouest de la faille qui traverse la Sierra de Banderas. Dès maintenant on peut comprendre que l'enfoncement de l'écaille entre les deux failles doit avoir produit un grand nombre de crevasses et que celles-ci ont fourni des chemins pour les eaux souterraines.

Les gisements de soufre se rencontrent dans des poches, des filons et des veines. Celles-ci, aussi bien que les filons affectent une forme et un cours très irréguliers, et on peut voir clairement qu'ils ne sont que le remplissage de crevasses formées dans le calcaire. Ces crevasses ont dû être produites par l'enfoncement de l'écaille, comme l'indique les fréquents changements de directions et de plongement dans les mines; dans la suite, elles ont été agrandies par le passage des eaux de la surface, de sorte qu'elles arrivèrent à former de véritables grottes. D'autres crevasses ont dû être formées par des éboulements qui se sont produits à l'intérieur même de la montagne et elles se sont remplies de soufre et des minéraux qui l'accompagnent.

Les filons du soufre présentent, en général, les conditions suivantes: les parois sont formées de calcaires de couleur gris-bleu qui varie jusqu'au clair; ce calcaire est recouvert par une croûte de gypse plus ou moins épaisse qui, se compose fréquemment de gypse cristallisé; suit une couche de silice blanche, sous forme de poudre toujours mélangée de gypse; l'analyse qui en a été faite a donné pour résultat que le gypse et la silice s'y rencontrent plus ou moins dans des proportions égales. Plus loin vers le centre du filon, la silice est plus pure mais elle renferme une assez grande quantité de soufre (20-40%) et le centre est formé de couches de soufre pur; fréquemment celui-ci ne contient que $\frac{1}{2}\%$ d'impuretés. La masse principale de soufre est cryptocristal-

line, mais entre les différentes couches on observe des cavités, dont les parois sont couvertes de cristaux. De l'autre côté de la veine, la série est la même. Dans les endroits où les filons présentent une plus grande largeur, étant parfois le remplissage de véritables cavernes (poches) on rencontre des filons d'une composition plus

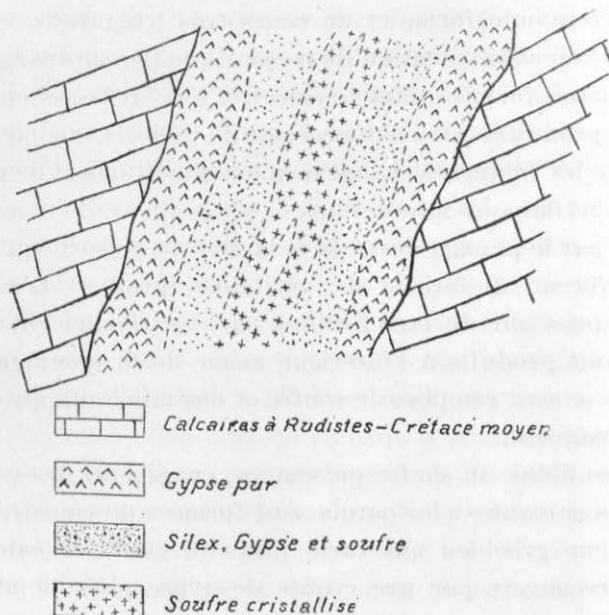


Fig. 1.—Profil schématique d'un filon simple.

compliquée. Au calcaire s'adosse une couche de gypse, puis vient la silice plus ou moins impure, ensuite la silice mélangée de soufre, et enfin le soufre pur; puis, en avançant vers le centre, on trouve une seconde fois du gypse, et celui-ci est généralement cristallisé et de couleur grisâtre à blanc. Là, où existent des cavités dans le gypse, on rencontre des groupes de cristaux et sur les cristaux

de gypse on trouve fréquemment des cristaux de soufre parfaitement développés. Vers le centre, vient fréquemment une couche épaisse de soufre pur, mais dans d'autres cas on trouve d'abord de la silice mélangée de soufre et ensuite la couche de soufre; puis vient de nouveau la silice et encore une fois la croûte de gypse sur le calcaire. Dans un filon secondaire et à peu de distance de

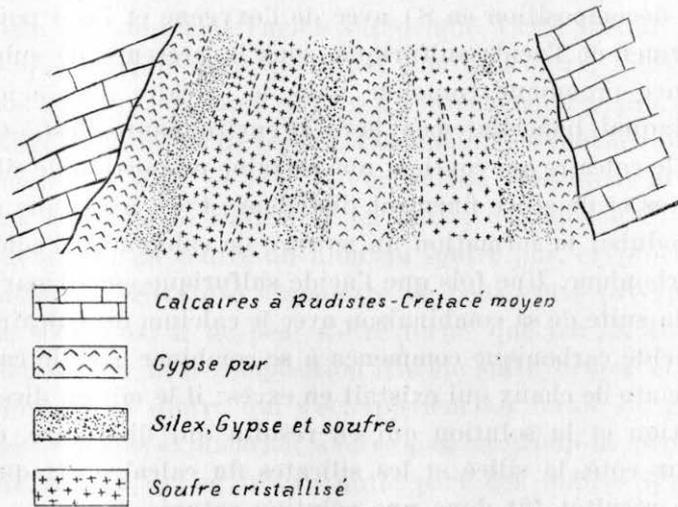


Fig. 2.—Profil schématique d'une poche.

la surface, j'ai rencontré, attaché au calcaire du gypse contenant beaucoup de soufre (jusqu'à 50%); la silice ainsi que le soufre ne se rencontraient en cet endroit qu'en couches minces.

Pour expliquer la formation des filons, nous devons supposer deux phases: pendant la première, se produisit la formation des couches de gypse et de silice avec du soufre en poudre très-fine; pendant la seconde, s'est formé le soufre pur cristallisé. Pour expliquer la forma-

tion du gypse et de la silice on n'a besoin que d'admettre la présence d'eaux thermales contenant de l'acide sulfhydrique. Au moment où ces eaux pénétraient dans les parties supérieures de la montagne, l'acide sulfhydrique s'est décomposé en eau et en soufre libre; le soufre en *statu nascendi* s'oxyda immédiatement pour former le bioxyde de soufre. Ce bioxyde dût se combiner en partie (du moins en tant que l'acide sulphydrique ne causa pas sa décomposition en S) avec de l'oxygène et l'eau pour former de l'acide sulfurique, sous la présence de substance organique contenue dans le calcaire. Cet acide attaquait immédiatement la roche environnante, c'est-à-dire le calcaire qui contient une certaine proportion de silicates et de silice finement distribuée. C'est ainsi que se produisit la formation du sulfure de calcium et l'acide carbonique. Une fois que l'acide sulfurique eût disparu, à la suite de sa combinaison avec le calcium du calcaire, l'acide carbonique commença à se combiner avec le carbonate de chaux qui existait en excès: il le mit en dissolution et la solution qui en résulta dût dissoudre, de leur côté, la silice et les silicates du calcaire attaqué. Le résultat fût donc une solution saturée de gypse et moins concentrée de silice et silicates. Cette différence dans la concentration s'explique par la prédominance du carbonate de chaux sur la silice dans les calcaires. Une fois effectuée la concentration de la solution de gypse, celui-ci dût se précipiter par le refroidissement et l'évaporation des eaux et autres causes physiques. C'est ainsi que s'explique pourquoi la première croûte sur les parois des crevasses fût formée de gypse presque pur. Plus tard, se produisit aussi la saturation de la solution de silice; alors, il y eût précipitation de gypse mélangée de silice. C'est ainsi que peu à peu les parois se recou-

vraient d'une couche presque imperméable, de sorte qu'il n'entraît plus de matière organique dans la solution; cette circonstance et la diminution d'oxygène dans l'air des crevasses furent la cause que l'acide sulfhydrique ne s'oxydât que jusqu'au point de former du soufre libre et de l'eau. Le soufre dût se précipiter, sous la forme d'une poudre fine, dans les couches intérieures, déjà déposées dans les crevasses et qui se trouvèrent imprégnées par l'eau qui contenait l'acide sulfhydrique. Cette théorie explique parfaitement pourquoi l'on rencontre, dans le dos du gypse presque pur, et à l'intérieur du gypse mélangé de silice et de soufre. Cependant les couches intérieures de silice et le gypse cristallisé présentent aussi des cristaux de soufre, et en outre, on rencontre fréquemment au centre du filon du soufre pur, cryptocristallin ou cristallisé. Ce soufre ne peut s'être précipité de solutions; il ne peut s'être formé que par sublimation ou par la décomposition d'acide sulfhydrique et de bioxyde de soufre qui s'échappaient en forme de gaz. La première explication n'offre pas beaucoup de probabilités, car on ne trouve nulle part des indices d'une température aussi élevée que le réclamait la sublimation du soufre. L'autre explication est tout à fait admissible. Nous n'avons besoin, en effet, que de supposer que l'eau de la source thermique baissait par quelque raison, soit tectonique, soit climatérique: les observations que j'ai faites dans la Sierra Grande militent en faveur de la dernière explication. Au pied de cette Sierra existent des dépôts de grès et de conglomérats modernes qui, assurément, ont été déposés dans l'eau: celle-ci disparût complètement et aujourd'hui la région possède un véritable climat de désert. Ce changement de climat peut très bien avoir exercé une certaine influence sur les eaux

de la source; mais nous savons aussi que, à une époque encore assez récente, il se produisit de soulèvements tectoniques dans la montagne mexicaine et ce soulèvement dure encore sur la côte de l'Atlantique. Un tel soulèvement peut fort bien avoir été la cause de la disparition de la source. En supposant donc que la quantité d'eau ait diminué, puis enfin disparu complètement, tandis que les exhalations d'acide sulfhydrique continuaient, on arrive à expliquer facilement la formation du soufre cristallisé. L'acide sulfhydrique entra dans la zone d'oxydation et y rencontra de l'oxygène et il en résulta la formation d'eau et de soufre libre. Le soufre dans le *statu nascendi* se combinait de nouveau avec l'oxygène pour former du bioxyde de soufre et celui-ci, entrant en contact avec l'acide sulfhydrique, formait encore une fois de l'eau et du soufre libre. Ce soufre se précipitait peu à peu dans les parois en y formant des couches, et aussi des cristaux développés partout où il y eût lieu. C'est ainsi que s'explique la présence des cristaux de soufre tant dans la silice que sur les colonnes de gypse.

Notre théorie explique parfaitement la formation du filon simple illustré dans la figure 1. Le filon composé représenté dans la figure 2 consistait assurément, dans le passé, de deux filons séparés par une mince paroi de calcaire qui aura été consumée entièrement par l'acide sulfhydrique et s'est ainsi transformée en gypse relativement pur.

D'après cette théorie, les dépôts doivent être plus riches près de la surface, tandis qu'ils doivent s'appauvrir à mesure qu'ils descendent, et c'est ce que semblent prouver les travaux miniers de l'endroit. Les dépôts les plus riches ont été rencontrés à la surface, tandis que la quantité de soufre diminue plus bas. Cependant nous

ne pouvons affirmer ceci que sous une certaine réserve, car les travaux miniers ont été si irréguliers et de si peu d'importance, qu'en réalité nous ne savons que très peu de chose sur les conditions dans les profondeurs; aucun des travaux entrepris ne s'est éloigné beaucoup de la surface de la montagne.

