

V

(EXCURSION DU SUD).



L'ARCHAÏQUE DU CAÑÓN DE TOMELLÍN

PAR

EZEQUIEL ORDÓÑEZ.

L'ARCHAÏQUE DU CAÑON DE TOMELLÍN.

NOTICE PAR M. EZEQUIEL ORDÓÑEZ.

Dans une note publiée récemment,¹ nous avons fait une revue sommaire des roches archaïques du Mexique, en donnant une idée de la situation des aires principales et en indiquant les caractéristiques de celles qui sont le mieux connues.

Il nous semble utile de rappeler, ici, quelques-uns des points contenus dans cette note,² d'autant plus que les roches archaïques que nous allons visiter dans le cañon de Tomellín font partie d'une des aires les plus étendues, sur laquelle se maintient, avec beaucoup d'uniformité, la

1 Las rocas arcáicas de México.—Mem. Soc. Alzate.—Tomo XXII.—México, 1906.

2 Pour se former une idée complète de l'état de nos connaissances sur les schistes cristallins et les roches métamorphiques du Mexique, on peut consulter les publications modernes mentionnées ci-dessous, compilées dans la note à laquelle nous venons de nous référer :

J. M. Ramos.—*Informe de los trabajos ejecutados por la Comisión exploradora de la Baja California*. Tip. Sec. Fomento.—México, 1886, pág. 76 et suiv.

W. Lindgren.—*Notes on the Geology of Baja California*.—México, Proc. Cal. Ac. Sc.—Vol. I, 2d. Ser.—1888.

A. del Castillo.—*Plano geológico y minero del Triunfo y San Antonio*, revisado en 1889.—México.

Felix y Lenk.—*Ueber die tektonischen Verhältnisse der Rep. Mexiko*.—Zeitsch. deutsch. geol. Ges. Jahrg. XIII. Berlin, 1892.

Felix y Lenk.—*Beiträge z. Geol. u. Palaeont. der Rep. Mexiko*.—Leipzig, 1899.

E. Girault.—*Informe de la zona minera de San Miguel de las Peras*, Bol. Agr. y Min.—Octubre 1892. México.

série des schistes cristallins qui la composent, et sur laquelle se répètent, presque partout, des accidents tectoniques semblables.

Les roches cristallines archaïques du Mexique se trouvent généralement au voisinage du Pacifique et sont étendues, en face du littoral, en grandes bandes, fractionnées en blocs, et fréquemment cachées par des lambeaux de roches mésozoïques, ou par des roches volcaniques tertiaires.

Les actions dynamiques, énergiques et répétées, auxquelles ont toujours été assujetties les roches archaïques, sont la cause de nombreuses interruptions apparentes de nos roches cristallines. D'autre part, les phénomènes complexes déterminés par ces mouvements ont obscurci, de plus en plus, les origines de ces roches.

Les formes exagérées du relief ont été atténuées par de longues périodes de dénudation énergique; notre archaïque, par exemple, est probablement resté émergé, dans beaucoup d'endroits, pendant toute, ou presque toute, l'Ere paléozoïque, apparaissant déjà comme l'étroit appendice d'un continent, qui esquissait une partie du

S. F. Emmons y G. P. Merrill.—*Geological Sketch of Lower California*.—Bull. G. S. A.—Vol. V.—1894.

G. P. Merrill.—*Notes on the Geology and Natural History of Lower California*.—An. Rep. U. S. Nat. Mus. 1895 (1897).

G. Eisen.—*Exploration in the cape region of Baja California in 1894*.—Proc. Cal. Ac. Sc.—Vol. I.—2d. ser.—1895.

C. Sapper.—*Sobre la Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán*.—Bol. Inst. Geol. Mex. num. 3.—1896.

J. G. Aguilera.—Bol. Inst. Geol. Mex.—Num. 4. 5 y 6.—*Bosquejo Geológico de México*.—1896.

Dumble.—*Notes on the Geology of Sonora, Mexico*.—Trans. Am. Inst. Ming. Eng.—Vol. XXIX.—New-York.—1899.

E. Böse.—*Reseña acerca de la geología de Chiapas y Tabasco*.—Bol. Inst. Geol. Mex.—num. 20.—México, 1905.

E. Ordoñez.—*Un voyage à la Sierra Madre del Sur*.—Mem. Soc. Alzate. Vol. 14.—1899-1900.—México.

Las rocas arcáicas de México.—Mem. Soc. Alzate.—Vol. XXII. 1906.

J. G. Aguilera, E. Böse y E. Ordoñez.—*Perfil geológico de Acapulco á Veracruz*. Inédit.

contour et la forme que devait revêtir le Mexique des temps modernes. Dès lors, exista la forme recourbée du littoral mexicain du Pacifique —aujourd'hui bordé par une fosse sous-marine profonde et escarpée, à peine dissimulée par l'étroite plateforme continentale.

Les roches schisteuses cristallines, dans la plupart des cas, ont une faible participation au relief général du pays, parcequ'elles sont couronnées de roches plus jeunes, et occupent la partie basse des sierras, en face de l'océan. Rarement, elles passent de l'autre côté des systèmes de montagnes du Sud du Mexique, ou entrent dans les hauts plateaux de la Sierra Madre Occidentale, même en supposant que, dans ces deux régions, ces mêmes roches cristallines forment le soubassement général qui apparaît sur les flancs, ou sur les derniers gradins de la Sierra Madre, vers la mer, en Sonora et en Sinaloa, ou en Oaxaca et Guerrero. Des masses volcaniques récentes les recouvrent, dans la partie moyenne du littoral du Pacifique, dans le Territoire de Tepic, et les Etats de Jalisco et de Colima, c'est-à-dire dans la région où les plateaux de la Sierra Madre occidentale se recourbent du Nordouest vers le Sudest, en s'adossant à la forme de la bande archaïque, et dont les plaines élevées sont couronnées par la légion de volcans du Sud du Plateau Central à laquelle se relie les volcans qui se dressent jusque sur les plages de la mer, dans la partie du littoral située dans les Etats de Jalisco et Colima.

La bande cristalline du Sud, qui prend naissance dans l'Etat de Michoacán, en même temps que le bloc montagneux connu sous le nom de Sierra Madre del Sur, s'élargit, peu à peu, et finit par pénétrer jusque dans le réseau de la rivière de la Balsas, ainsi que dans une petite partie du versant du Golfe de Mexique,—dans les

Etats de Puebla et d'Oaxaca, où nous allons la rencontrer dans le Cañón de Tomellín. Puis, elle se rétrécit, de nouveau, vers l'Isthme de Tehuantepec, pour pénétrer dans l'Etat de Chiapas et avancer vers la mer des Antilles, dans la province géographique de l'Amérique Centrale.

Les roches volcaniques, aussi bien que les matériaux sédimentaires mésozoïques, qui se trouvent au-dessus des schistes cristallins, sont très fracturés et divisés en lambeaux, tantôt grands tantôt petits, montrant la marche incessante de la dénudation à la fin du Tertiaire, et aussi l'activité de l'énergie tectonique, qui ne cesse et ne paraît cesser encore dans les temps actuels, et qui agit d'un mode différent, selon les matériaux et leur distribution. C'est pour cette raison que nous croyons que le massif archaïque a servi de bord résistant à des actions tectoniques très importantes. L'influence de ce massif d'appui doit se retrouver dans les grands plis des roches sédimentaires; mais on ne peut pas dire, pour cela, que, le massif même soit resté immobile: il se déplaçait, bien certainement, mais avec plus ou moins d'indépendance.

Tandisque les masses de roches anciennes subissaient des mouvements, invariables dans leur direction, puisqu'elles suivaient une des lignes fondamentales du relief du globe, les matériaux sédimentaires, plus jeunes, en éprouvaient d'autres, influences par des causes locales, et, de là, pouvait résulter un certain antagonisme, se traduisant en une complication d'efforts, que les roches ne purent supporter qu'à travers mille vicissitudes. De là résulta une région de fracture maximum, qui laissa, pendant longtemps, en communication l'extérieur avec les régions ignées de l'intérieur, d'où sortirent les masses énormes de laves de l'Anahuac, et celles de toute la zone

de contact, qui était, elle aussi, brisée et affaiblie; c'est-à-dire La Sierra Madre Occidental.

Les mouvements en bloc, les accidents stratigraphiques compliqués et, enfin, les progrès inégaux de l'érosion sont les causes des aspects si divers, que présentent les affleurements archaïques du Mexique, et qui rendent leur corrélation si difficile. Malgré tous les efforts, ces aires sont, actuellement encore, considérées par convenance comme indépendantes; et il en sera ainsi jusqu'à ce que les recherches soient poussées un peu plus loin. Il sera, cependant, fort difficile d'arriver à une solution claire du problème de la corrélation, et cela pour deux raisons: en premier lieu, parce que l'étude pétrographique de leurs parties constituantes, comme critérium du groupement des séries, a été insuffisante, en général, et, ensuite, parce que l'étude stratigraphique est, souvent, rendue obscure par suite de la superposition fréquente de roches beaucoup plus jeunes discordantes.

Malgré tout, il nous semble que les aires archaïques de l'intérieur du pays occupent un niveau stratigraphique supérieur à celui des affleurements de la côte, non seulement à cause d'une certaine inclinaison générale des séries vers l'intérieur, mais aussi parce que l'on commence à rencontrer, ici, certains groupes de schistes peu épais, d'origine sédimentaire indiscutable, et concordant avec les schistes cristallins.

Dans toute la bande archaïque méridionale, la roche prédominante est le gneiss, qui a, par places, en Guerrero et en Oaxaca, un support qui descend jusque dans les profondeurs de la mer: ce support est un granite alcalin, qui s'étend au dessous du granite gneissique, et qui semble se trouver à la base de toute la formation; mais il se confond facilement avec les innombrables massifs,

intrusifs, dont quelques-uns sont fort anciens, qui s'élèvent à de grandes hauteurs, le long des sierras côtières, dépouillées par érosion de leur couverture de gneiss, mais conservant encore, par place, des traces du granite gneissique formé aux contacts.

Dans la Sierra Madre de Chiapas, à Tehuantepec et dans d'autres endroits d'Oaxaca, existent un grand nombre d'affleurements de granite intrusif; et, en Guerrero, une grande partie des flancs de la Sierra Madre est composée de granite et de diorite intrusifs, formant de larges épines, des cordons et des dômes isolés, qui s'élèvent à plus de mille mètres au-dessus du niveau de la mer, —tandis que le granite alcalin perthitique de la base du gneiss se retrouve dispersé et dénudé, dans les collines basses du littoral.

Pour considérer comme archaïques les aires métamorphiques du Mexique, dont nous avons parlé dans notre note,¹ nous avons fait valoir cette circonstance que le gneiss domine les autres roches schisteuses et que, dans une épaisseur considérable, manquent des roches, dont l'origine sédimentaire pourrait être regardée comme ne présentant aucun doute. Des sédiments anciens,—paléozoïques, par exemple—, semblent manquer entièrement, ou, s'ils existent, ils couvrent des étendues insignifiantes. Peut-être, la généralisation de l'idée que l'âge des roches métamorphiques du Mexique doit être si reculé nous obligera-t-elle, quelque jour, à la suite de nouvelles recherches, à réduire un peu le nombre des affleurements considérés actuellement comme archaïques. On comprend que nous en avons déjà exclu quelques séries de schistes cristallins métamorphiques qui paraîs-

1 Op. cit.

sent être, plutôt, rattachés à des sédiments plus modernes.

D'une manière générale, on peut dire que, dans les parties basses de l'archaïque mexicain, domine le gneiss à biotite peu schisteux, intercalé, parfois, de gneiss à mica blanc et de groupes peu épais de gneiss à amphibole et de gneiss à pyroxène,—sans que ces deux derniers types de gneiss occupent une position bien définie, au milieu des autres. A mesure que l'on remonte dans les séries, le gneiss à biotite est suivi de groupes importants de schistes verts chloriteux et de micaschistes, qui forment, avec le gneiss à biotite, un ensemble puissant, en particulier dans la région moyenne de l'Etat de Guerrero, non loin d'Acapulco, et un autre aussi, très semblable, dans l'Isthme de Tehuantepec. Nous rappellerons que le granite alcalin et le granite gneissique se trouvent dans ces régions, sous le gneiss à biotite.

Les lambeaux des roches cristallines archaïques du Pacifique ont été coupés, à diverses époques, par des systèmes de filons de quartz, de pegmatites contenant quelquefois du grenat ou de la tourmaline, de roches vertes lamprophyriques (porphyrites, Kersantites, etc.), sans parler des massifs intrusifs d'épaisseur considérable. Les différents âges de ces filons et de ces masses intrusives, par rapport au gneiss, sont clairement reconnaissables. C'est un fait bien caractéristique de tous les affleurements de la côte meridionale du Mexique. Quant aux aires des schistes cristallins de l'intérieur du pays,—celles, par exemple, de l'Etat de Puebla, de Las Mixtecas et de la vallée d'Oaxaca—, leur aspect est absolument différent, parce que les schistes y ont une couleur plus sombre, s'exfolient plus facilement, les strates se multiplient et laissent mieux voir les plissements, failles et

ondulations qu'elles ont subies. Cette partie du terrain archaïque ressemble à la partie supérieure du Laurentien de l'Amérique du Nord. En effet, elle présente la même subdivision des couches qui composent les séries; en outre, les nombreux filons qui les traversent et, probablement aussi, les masses intrusives, ont subi un tel métamorphisme dynamique qu'elles sont entièrement refondues ou intercalées dans le gneiss, qu'elles ont transformé en une roche schisteuse granulitique, très caractéristique, que nous pourrions nommer, d'ailleurs notre "gneiss rouge."

C'est seulement par hasard que se découvrent les pegmatites originales des filons qui traversent le gneiss, à côté d'autres filons de roches vertes, plus jeunes et, par suite, plus clairs, et individualisés, bien que brisés et disloqués. Tout cela montre bien que l'archaïque, dans ces régions, a passé par de nombreuses vicissitudes, qui compliquent énormément l'étude de la superposition des séries et amène à découvrir que les affleurements archaïques se composent, parfois, de blocs, dont les lignes des failles, pas bien reconnaissables, ont disparu, sous l'action de puissants efforts tectoniques postérieurs. Le métamorphisme résultant des mouvements tectoniques, qui tendent à faire disparaître les filons et les masses intrusives en les faisant confondre avec le gneiss original, est un caractère, qui semble propre à notre archaïque supérieur et pourrait bien être comparé à celui que montrent d'autres aires importantes du globe, comme par exemple le cap de Wratte, en Ecosse, le Morvan, la vallée de Reyran, la Saxe, et., ou les régions archaïques de l'Ouest du Canada et des Etats-Unis, avec lesquelles on pourra faire, un jour, une comparaison fructueuse. Une visite au cañón de Tomellín nous donnera

une bonne idée: des aspects différents, que présente le gneiss de l'Archaique de l'intérieur du Mexique; des mouvements qu'il a subis; et, avec ces mouvements, des modifications qui en sont résultées; de la présence de filons plus jeunes, et des coins et des lentilles de calcaires métamorphiques, avec minéraux cristallisés (cipolins), associés aux schistes cristallins.

Le profil ci-joint indique les principales caractéristiques stratigraphiques de ses roches archaïques, qui sont à découvert sur presque toute la longueur, du cañon. Quelques mots sur la physionomie topographique de la région à visiter sont indispensables.

APERÇU TOPOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE.

Le Cañón de Tomellín est une des coupures profondes qu'a ouvertes l'érosion dans la grande masse montagneuse qui sépare les vallées de Tehuacán et d'Oaxaca. Ce nœud fait partie de la ligne continentale de partage des eaux et est le point d'attache des montagnes de La Mixteca avec le tronc de la Sierra Madre Oriental. Cette dernière, bien individualisée, et orientée N.S. limite à l'Est la vallée de Tehuacán, qui prend naissance sur le Plateau Central lui-même, sans interposition de hautes montagnes, et sans descente abrupte. La vallée de Tehuacán s'étend donc comme un vaste plan incliné, allongé du N. au S. sur une distance de plus de 150 km., et encaissé entre La Sierra de Zongolica,—ou Sierra Madre Oriental—, et des sierras, de direction mal définie; ces dernières, peu élevées d'abord, délimitent la vallée de Puebla; puis, plus au Sud, s'élèvent davantage et séparent le réseau du Río de Quiotepec c'est-à-dire le Papaloápan du système du Río Atoyac, origine de la rivière de las Balsas.

La Sierra Madre Oriental a dû être coupée, presque transversalement, par un cañon long, tortueux et profond, pour que pût se produire l'écoulement de cette rivière vers le golfe du Mexique, et que réunisse les eaux de la vallée de Tehuacán, des eaux d'une partie de Las Mixtecas, et des eaux du versant septentrional de la Sierra de Ixtlán, dont les principales artères se ramassent dans les environs du village de Quiotepec à une hauteur qui ne dépasse pas 530 m., au dessus du niveau de la mer. Le point principal de convergence étant très bas, l'érosion a, forcément, dû faire une coupure de plus de 1,500 m. de profondeur,—puisque La Sierra Madre Oriental s'élève, ici, à des altitudes de 2,000 m.

Avant le point où le ruisseau de Tehuacán se déverse dans la rivière de Quiotepec, la vallée s'est beaucoup rétrécie, a perdu sa physionomie normale, et, par suite d'un changement dans la nature géologique du sol, s'est convertie en un cañon, limité par des collines de peu de hauteur, qui servent de contreforts à des montagnes très élevées. Et le voyageur, de suite après avoir passé la Station de Venta Salada, sur le chemin de fer Mexicano del Sur, verra les accidents topographiques variés du chaud et tortueux cañon de Tecomavaca, qu'il suivra jusqu'à ce qu'il atteigne, près de Cuicatlán, le cañon, plus escarpé et plus profond, de Quiotepec, qui est la coupure principale.

La simplicité morphologique que présente, sur tout son parcours, la vallée de Tehuacán, est due entre autres causes à l'absence de matériaux volcaniques. Cela a donné aussi des facilités pour interpréter les vraies origines de la formation du Plateau Central que les études de Heilprin et Aguilera ont contribué à élucider. De la même manière aussi, sur les sierras marginales de cette val-

lée, on a pu suivre les accidents tectoniques qui ont affecté les roches mésozoïques, prédominantes dans la partie supérieure de ces montagnes. Mais, vers le Sud de la vallée, la constitution géologiques se complique, par l'apparition de sédiments, plus jeunes, et d'une grande puissance: les grès et conglomérats rouges, qui formèrent, autrefois, une vaste couverture, subdivisée, aujourd'hui, en blocs, tant par l'érosion que par des forces tectoniques, à en juger par la faible, mais variable inclinaison de chacun de ces blocs. Dans la constitution de ces grès et de ces conglomérats, entrent principalement, les cailloux roulés des calcaires, des schistes et des grès crétacés; dans certains endroits, les cailloux de la formation archaïque, et, partout, ceux des roches volcaniques qui apparurent vers le commencement et le milieu du Tertiaire. Cet ensemble puissant peut comprendre tout le Neocène. La nature des couches indique bien le régime des eaux qui les ont produites, et, en même temps, le peu d'étendue de leurs bassins, ainsi que l'élévation et la pente de leurs bords.

Si nous considérons la hauteur à laquelle se rencontrent les couches supérieures et l'épaisseur totale des séries, si nous tenons compte aussi de ce fait que, à l'époque de leur formation, les mouvements tectoniques n'étaient déjà plus si intenses, nous aurons une idée de l'énorme dénudation des cimes marginales des bassins tertiaires. On voit encore, en face de la vallée de Tehuacán, de hautes parois, rouges, de grès et de conglomérats, adossées au flanc occidental archaïque de La Sierra de Zongolica; elles font partie d'une vaste ceinture, dont le point de départ E. est ici même, en face de la vallée; elle s'étend, au S., jusqu'au flancs de la Sierra de Ixtlán; puis, à l'W., jusqu'au montagnes de Las Mixte-

cas. C'est cette ceinture que nous traversons, en descendant par le cañon de Tecomavaca, qui a creusé son lit jusqu'aux couches inférieures de cet importante partie de notre Tertiaire.

Il n'est pas douteux que la profusion avec laquelle ces groupes de grès et de conglomérats sont disséminés dans le Sud du pays, et le peu de résistance relative qu'ils présentent à l'énergie érosive, a rendu possible le drainage de certaines régions et contribué à engendrer l'aspect excessivement compliqué de cette partie du pays. Il est intéressant de noter que, jusqu'à la fin de la période Tertiaire, tout le Mexique tendait à un aplanissement: Les lacs du Nord remplissaient leurs bassins; ceux du Sud nivelaient, avec des matériaux arrachés à leurs bords, les fosses profondes formées par les plissements; et, au centre, les plateaux et les cañons se couvraient de matériaux volcaniques cinéritiques. Ici seulement, à mesure que les plis se remplissaient, les pics de nos volcans continuaient à s'élever. Les tufs, d'une part, et, de l'autre, les conglomérats et les grès en sont les preuves évidentes; ces derniers occupent des régions étendues, dans le Sud du Mexique, dont nous citerons, seulement, en passant, quelques-unes des plus importantes: celle qui s'étend de Chilpancingo à Chilapa; celle d'Ajuchitlán, qu'a profondément creusée le Río de las Balsas; celle de l'Est de l'Etat de Michoacán; celle du Sud de Jalisco, etc.

Nous abandonnons le Río de Tehuacán, dans la partie basse du cañon de Tecomavaca, pour aborder le flanc, proprement dit, du groupe montagneux que nous avons déjà mentionné, et dont nous devons faire la montée, par le cañon qui commence à se resserrer, à la Station de Tomellín, à 660 m. au dessus du niveau de la mer.

Ce cañon s'est ouvert dans les roches archaïques, qui forment le soubassement général de la Sierra de Ixtlán, de la vallée d'Oaxaca, et de Las Sierras de Las Mixtecas. Les mêmes roches s'étendent jusqu'à la côte du Pacifique, en passant par Ejutla, Miahuatlán et Pochutla. C'est à la profondeur qu'atteignent les cañons, dans la région de Tomellín, qu'est due la possibilité d'étudier, sur une épaisseur considérable, les schistes cristallins et de nous rendre compte de leurs accidents tectoniques. Toutes les cimes des Sierras de l'intérieur, dans l'Oaxaca, sont recouvertes de roches plus jeunes, et, dans la région qui nous occupe, ces roches sont principalement, des calcaires crétacés. Pour suivre bien l'archaïque, nous ne devons donc pas nous éloigner beaucoup du lit des cañons de cette région, qui sont tortueux, étroits, à parois fortement inclinées. Le cañon de Tomellín est le type de tous les sillons profonds, creusés dans l'Archaïque, par l'érosion, à ramifications latérales courtes, à talus abrupts, et finissant brusquement, contre des blocs calcaires, ou de schistes calcaires crétacés, dominant, de 1,000 m., ces précipices brûlants et sauvages. A chaque instant, en levant les yeux, on aperçoit les sommets, avec leurs bancs de calcaires. La compagnie du Chemin de fer Mexicano del Sur a dû accomplir des travaux gigantesques d'excavation et de défense pour pouvoir étendre son tracé dans le fond du Cañón de Tomellín et se rendre maîtresse de la pente de la Sierra. Dans un trajet de 66 kilom., la montée est de 1,250 m.

Des travaux tout aussi importants ont été effectués pour ouvrir le chemin charretier d'Oaxaca, dans un cañon, à l'Est, et peu distant de celui de Tomellín. Le point culminant de ce dernier, Las Sedas, est sur la crête que forme le groupe montagneux et qui fait partie

de la ligne continentale de partage des eaux, à une altitude de 1,920 m. L'archaïque se rencontre presque jusqu'au commencement du cañon, disparaît brusquement sur les hauteurs de Las Sedas, pour reparaître sur le versant opposé, dès la naissance de la vallée d'Oaxaca. Les roches archaïques atteignent, en face de la vallée de Tehuacán, et des deux côtés de celle d'Oaxaca, des altitudes de 1,900 m.; ce sont probablement les affleurements les plus élevés de ces roches, au Mexique.

Les chaînes qui convergeaient le long de la crête continentale ayant repris leur indépendance, l'espace qui s'étend entre elles prend la forme d'une vallée longitudinale, étroite d'abord, près du massif montagneux, et parsemée de collines de roches archaïques; puis, plus large, au Sud, et bordée de barrières très élevées. Ces barrières sont: le prolongement de la Sierra de las Mixtecas, à l'Ouest; et la Sierra de Ixtlán, ou de Juárez, à l'Est. La première est unie à La Sierra Madre del Sur par l'intermédiaire de La Sierra de Zimatlán; et la seconde, après avoir formé un coude, dont l'angle est constitué par El Cerro de San Felipe, se dirige vers l'Est et va se réunir avec le système montagneux qui semble s'éteindre dans l'Isthme de Tehuantepec. La Ville de Oaxaca est située presque au pied de la montagne, déjà citée, de San Felipe, et près de la jonction de la rivière de Oaxaca, qui suit la vallée principale, avec un de ses tributaires importants, le ruisseau de Tlacolula, qui naît dans les hauteurs dominant la Sierra de Ixtlán, au delà des célèbres ruines de Mitla. Près de la Ville d'Oaxaca, la vallée principale est rétrécie par les Cerros de Monte Albán, qui s'élèvent au milieu; puis, au Sud, elle s'élargit et descend, en plan incliné. La rivière arrose les terres d'Ocotlán et d'Ejutla, avant de s'engouffrer dans les

profondeurs des gorges de La Sierra Madre del Sur, et de se rendre, sous le nom de Río Verde, dans le Pacifique, entre Jamiltepec et Juquila.

Une frange rougeâtre, qui va presque jusqu'au sommet des montagnes bordant la vallée d'Oaxaca, marque la hauteur des roches archaïques; au dessus de ces dernières, les schistes et les calcaires crétacés, ou les roches volcaniques, modifient un peu les caractères morphologiques de ces Sierras. Les andésites vertes abondent dans la Sierra de Ixtlán et se montrent, à nu, sur ses flancs, au dessus de la vallée de Tlacolula. Outre d'autres sédiments, plus récents, qui apparaissent dans Las Sedas, des tufs rhyolitiques s'étendent dans la vallée d'Oaxaca, et apparaissent clairement comme des restes de coulées, dans les collines d'Etila et sur le chemin de Tlacolula à Mitla. A ces tufs ont servi de base les schistes cristallins ou les conglomérats qui se montrent encore dans les montagnes immédiatement voisines de la Ville d'Oaxaca. L'archaïque des Cerros de Monte Albán est couronné par un lambeau, déjà bien aminci, de calcaires et schistes du crétacé supérieur.

LE CAÑÓN DE TOMELLÍN.

Les gneiss et les pegmatites.—Les énormes travaux d'excavation qu'on a été obligé de faire pour faire passer la voie ferrée quelques mètres au dessus du ruisseau encaissé du cañon, nous permettront de suivre, dans des conditions exceptionnellement favorables, la puissante série des roches cristallines, étendues presque dès l'embouchure jusqu'au sommet du cañon, sans autre interruption qu'un gros massif intrusif et un petit lambeau de calcaires argileux.

En dépit de la grande uniformité apparente des roches gneissiques et de la répétition constante des matériaux, semblables au point de vue minéralogique et structural, ce qui attire immédiatement l'attention c'est la schistosité très variable des groupes différents de gneiss. Nous voyons par exemple, au commencement de l'ascension, du gneiss et du gneiss granitoïde, en bancs très-épais, faiblement ondulés, et avec une inclinaison générale peu différente de celle du cañon ; plus haut les bancs deviennent plus minces, en même temps que les roches, sont plus altérées et prennent cette couleur brun chocolat de la roche pourrie, caractéristique de beaucoup de régions archaïques et métamorphiques. De nouveau, nous trouvons les bancs épais, quoique moins clairs, et les bandes minces, sans que ces alternances puissent marquer des horizons, tellement elles sont peu constantes.

On remarque, à première vue, sur notre profil, que tout l'ensemble des schistes cristallins du cañon suit une pente générale, soit vers le nord, soit vers le nordouest, qui ressort aussi aux endroits où s'observent des ondulations multiples, parfois très régulières, dans de hautes parois presque à pic, que nous rencontrons plusieurs fois. Ici des roches très altérées, à couleur très sombre, sont intercalées de bandes claires ou blanches dont le contraste, vu de loin, devient très clair, malgré les ondulations et bien d'autres accidents.

Si, dans des parties, d'ailleurs très longues, du cañon, par suite de la faible inclinaison des bandes, nous ne suivons à-peu-près que les mêmes bancs, il se présente, souvent, des cas où ils sont fortement penchés, ce qui nous permet d'apprécier l'épaisseur très considérable de l'ensemble. Nous ne voudrions pas aventurer de chiffre relativement à cette épaisseur ; mais dans le tiers supé-

rieur du cañon, la série, inclinée uniformément entre 40° et 50° , environ nous permet d'estimer la puissance à plusieurs milliers de mètres.

Sauf aux endroits, où le gneiss, très-massif, pauvre en minéraux colorés maintient la continuité de ses bancs, il se montre divisé par des cassures dans tous les sens, dont les progrès de l'altération font résoudre les roches en petits morceaux parallélipédiques dont les éboulements menacent, surtout au temps de fortes pluies, la voie ferrée.

En conséquence de ce morcellement et de l'altération, que dissimule, bien souvent, l'allure apparente du gneiss, il n'est pas toujours possible de distinguer aisément les plans, très-accidentés, de la schistosité, pas même les changements de composition et de structure des différents types de gneiss. Le passage de l'un à l'autre de ces types se fait, presque insensiblement; d'autres fois, il se fait subitement comme si les deux roches en contact étaient d'âges différents. Comme le premier cas est le plus commun, il, en résulte que tout l'ensemble cristallin paraît être une unité modifiée par les altérations et, mieux encore, par les mouvements tectoniques et les phénomènes de métamorphisme qui en sont la conséquence.

Mais l'examen attentif de certaines parties de ce vrai complexe cristallin révèle,— surtout quand il y a de brusques mouvements des plans de schistosité—, que des déplacements importants ont eu lieu, suivant des fractures, à peine reconnaissables, à cause de la compression énorme que les parties ainsi déplacées doivent avoir supportée.

Pourtant les bandes schisteuses, ondulées doucement et presque régulièrement, montrent, à la rencontre d'un plan de faille, un violent changement d'inclinaison. D'un

côté, les couches se dressent, tandis que, de l'autre elles s'enfoncent, ou bien les deux parties montent ou s'abaissent, rappelant de petit plis comprimés. D'autant plus qu'il y a aussi des failles sans ces accidents brusques, mais avec des dislocations accusées par différentes inclinaisons et que nous voyons espacées le long du cañon, à quelques kilomètres de distance les unes des autres, il faut alors penser que l'ensemble est réellement composé de plusieurs grands blocs, très-comprimés, par suite des mouvements répétés, probablement de tous les âges. Le métamorphisme avançant à chaque période de mouvement, en même temps que les actions mécaniques, il en résulterait des modifications dans la schistosité, des changements profonds de composition, causés par l'assimilation des vieilles masses intrusives, et des nombreux filons granitiques, ce qui est la caractéristique, la plus saillante, peut-être, de l'archaïque du cañon de Tomelín.

Nous avons déjà fait ressortir l'importance que, dans les roches de cette région, a le gneiss pegmatoïde, ou une granulite, à feldspath rose ou rouge, qui se rencontre partout, comme de grandes masses schisteuses, comme de gros rubans intercalés dans d'autres types du gneiss, ou comme des lentilles. Ces rubans sont, probablement, de vieux filons de pegmatite dissous dans le gneiss puisque nous pouvons encore distinguer, entre la structure du gneiss et celle du filon, tous les degrés. Des fragments de filons de pegmatite coupent, dans tous les sens, les bandes gneissiques, qui peuvent être vues dans maintes places (voir notre profil) ; et les cas ne sont pas très rares où le cœur d'un filon reste seul individualisé, les bords se fondant, peu à peu, dans le gneiss ; nous avons vu aussi des filons ramifiés, à partir d'un tronc commun, se pénétrer et se fondre dans le gneiss leur contour rappe-

lant beaucoup celui d'un arbre touffu. Nous n'avons cité l'exemple du gneiss rose et de la granulite rose que pour indiquer ce qu'il y a de plus facile à saisir dans le terrain, car d'autres filons de pegmatites, grises ou verdâtres, ont subi de semblables changements.

Ce serait pour nous une longue tâche de vouloir donner, dans cette notice, le tableau complet des aspects, très variés, de la structure du gneiss, des associations minérales et des modifications rapportées au métamorphisme. Cela nous entraînerait aux complications d'une monographie de la vaste région explorée, et, en même temps, du cañon de Tomellin. Voyons ce que nous pouvons tirer d'un aperçu rapide de ces divers sujets.

Pour certaines espèces de gneiss (gneiss rose, gneiss gris, gneiss blanc), qui sont plus ou moins en connexion, ou participent plus ou moins des caractères des intrusions, c'est à dire de ce que l'on appelle la pegmatisation, nous remarquerons la pauvreté en minéraux coloriés (mica, pyroxène ou amphibole), dont-il y a à peine assez pour engendrer macroscopiquement la structure gneissique. Le mica biotite et, souvent, la muscovite altérée prédominent sur le pyroxène ou l'amphibole. Des plaques de ces gneiss contiennent une assez grande quantité de biotite pour marquer des lignes obscures dans la masse claire du gneiss. Des nids de mica, en lames quelques fois grandes, se trouvent aux plans de séparation du gneiss.

Des alignements de coins de quartz intercalés dans les feldspaths suivent aussi les plans de la schistosité, qui peut ainsi être reconnue microscopiquement, surtout quand le grain des roches n'est pas trop grossier, car ces gneiss pegmatoïdes sont, parfois, composés de gros cristaux de feldspath, qui atteignent quelques centimètres de longueur. D'autres fois les gneiss ont le grain fin,

saccharoïde, de la granulite, ou les agrégats granulitiques servent de ciment à des rubans, des lacunes, ou des lentilles de grands plages de quartz et de feldspath. Par des graduations de cette espèce, le gneiss se transforme en augengneiss, en gneiss déchiré et encore en roches qui ont l'aspect de brèches.

Dans quelques endroits du cañon, de la masse, très cassée et altérée du gneiss rose, nous avons séparé de petites boules et des lentilles de gneiss. On comprend clairement, par ces faits combien a dû se développer dans ces roches la structure cataclastique, que l'on n'est pas surpris de rencontrer, à chaque instant, dans les plaques minces. A part des torsions, et des craquements trouvés dans les cristaux, etc., résultant des actions dynamiques, il faudrait citer la perthitisation, assez constante dans ces roches pour devenir un fait général. Entre de rares plages d'oligoclase, d'albite, de microcline, de quartz, apparaissent, en grand nombre, des sections d'orthose avec ses fines trainées régulières d'albite. D'autre part, dans la mosaïque des granulites, se voient des plages de micropegmatite ou de petits cristaux d'un joli grenat rose. Le teinte claire ou nuageuse des préparations est souvent tachée de grains opaques de fer et de lames brillantes, par réflexion, de graphite qui ne manquent jamais dans les gneiss d'Oaxaca, quoique il y soient en quantités très variables. Des veines et des masses de graphite ont été aussi rencontrées. Le graphite ne manque pas de se présenter dans de vraies pegmatites, aussi bien que dans les cipolins, dont nous parlerons ci-après.

La sphène, le zircon, l'apatite, la tourmaline, très rarement la cordiérite, sont des espèces à citer comme accessoires, soit dans les gneiss réguliers, soit dans ceux qui sont pegmatisés, et la présence simultanée de la bio-

tite avec la muscovite, du premier de ces minéraux, avec de l'augite, d'une pyroxène rhombique, de l'uralite, de l'amphibole ou du graphite avec les composants obligés: orthose et quartz, donnent tant de variétés de gneiss que, étudiées d'ailleurs au point de vue de la structure, il en résulterait un ensemble d'importance considérable. Pour nous mettre à l'abri d'une discussion sur ces faits, qui nous amènerait très loin, nous ne citerons ici que les types les plus faciles à distinguer à première vue: A part le gneiss rose, caractérisé par la couleur prédominante de ses feldspaths, il y a des pegmatites et des gneiss de couleur grise, verte ou blanche, à grain fin ou composé de grosses plages de feldspath, et du quartz aligné, intercalé d'une matière verdâtre chloritique, produit de la décomposition. Des bandes de gneiss gris passent par transitions au gneiss rose pegmatique, de telle façon que celui-ci s'entremêle au gneiss commun à biotite, c'est-à-dire que le procédé de sa formation a dû être le même. Il paraît, comme partout, que la matière des filons est montée dans un état de fusion ignée-aqueuse, qui par sa fluidité aura permis l'injection jusqu'aux endroits les plus éloignés du point de départ et suivant, parfois, les plans de la schistosité des roches. En suivant ces idées, si bien discutées par Van Hise,¹ il faudrait admettre aussi que certaines zones pegmatisées, très larges, pourraient appartenir directement aux masses intrusives.

Deux autres types de gneiss nous restent à considérer: celui où le quartz manque presque complètement (gneiss dioritique); et un gneiss, très répandu, peu altéré, avec du graphite en abondance et de la pyroxène soit mono-

¹ A treatise on Metamorphism.—Monograph XLVII. U. S. Geol. Survey, 1904.

clinique, soit de l'hyperstène. Le premier, composé d'oligoclase, hornblende et biotite, n'est pas très abondant et ses bandes ne sont pas de forte épaisseur. Le gneiss pyroxénique, au contraire, forme des bandes très épaisses et répétées, et agit, parfois comme de la roche servant à garder les bandes de gneiss de biotite, de gneiss pegmatisé et de pegmatites. Il se reconnaît à sa couleur vert jaunâtre, à sa fraîcheur, sa dureté et sa compacité, et, souvent, à son peu d'exfoliation. Des lames de graphite lui donnent, parfois, une couleur très sombre.

Des filons, parfaitement reconnaissables, de roches, autres que les pegmatites, ne sont pas très abondants, mais ils sont aussi très morcelés par des actions tectoniques et ils paraissent être d'un âge très reculé. Ce qui se passe avec les filons des roches se vérifie, d'une façon semblable, avec les filons de quartz contenant de l'or. Des gisements de cette classe ont été l'objet de petites exploitations, dont le succès a été, souvent, arrêté par la disparition brusque des filons. Des rejets nombreux rendent les recherches compliquées. Des travaux de prospection ont été faits dans le cañon de Tomellín, près de Parián, de Sta. Catarina et dans bien d'autres endroits, au coin des montagnes environnantes.

Les cipolins.—Dans une partie très vaste de l'archaïque de l'état de Oaxaca, on trouve de nombreuses masses irrégulières, et des lentilles d'un calcaire métamorphique, contenant divers minéraux cristallisés et qui ressemblent aux roches connues sous le nom de Cipolin (calciphyre). Comme partout, l'origine de ces calcaires ne peut pas se découvrir facilement; mais leur indépendance, par rapport au gneiss, en ce qui concerne leur âge, devient manifeste parce qu'ils ne suivent pas les plans de schistosi-

té. En effet ils coupent, dans toutes les positions, les bandes du gneiss avec des inclinaisons souvent très fortes.

Le maximum d'épaisseur du cipolin peut atteindre une centaine de mètres; mais des rétrécissements rapides rendent les masses très irrégulières. La forme individuelle d'une masse ne peut pas se voir aisément, à cause des nombreuses dislocations toutes les fois qu'elles ont souffert des accidents provenant des mouvements du complexe cristallin. Mais, si le cipolin est vraiment de formation postérieure au gneiss, il est d'un âge assez reculé pour avoir participé à certaines actions métamorphiques très-anciennes; il doit avoir existé avant que les schistes cristallins aient été coupés par des filons, de la seconde classe susmentionnée. Nous nous arrêterons pour examiner un bel exemple d'une des masses de cipolin, disloquées par un filon (kil. 318 du chemin de fer).

Les gros lambeaux de cipolin sont souvent divisés en dalles allongées et fort inclinées, comme les masses mêmes, très rarement correspondant aux bandes de gneiss dont la schistosité s'arrête au contact, sans subir aucune modification. Quand il y a des glissements, on reconnaît une petite zone de friction, composée de gneiss altéré et, bien souvent, décomposé en produits argileux et serpentineux. Le cipolin se fait remarquer immédiatement par le contraste de sa couleur claire, sur la teinte brun foncé du gneiss. Les calcaires sont complètement transformés en marbre grossier à cause des dimensions des surfaces de clivage. Les minéraux qu'ils renferment sont toujours bien cristallisés, parsemés en gros individus isolés, excepté la biotite, qui forme, souvent, des agglomérations de piles de grandes paillettes. Une distribution plus régulière d'une biotite dorée rappelle les cipolins du Morvan. Les minéraux inclus dans les

cipolins sont nombreux: deux ou trois coexistent. Nous nous contenterons de citer: le quartz gris ou couleur de fumée en cristaux bipyramidés: le grenat vert jaunâtre et, surtout, rose, très semblable à celui des pegmatites, en agglomération de petits cristaux; on voit aussi l'idocrase, la diallage, la bronzite, la trémolite, l'hornblende, etc.

Il faut faire une mention spéciale du graphite, qui se trouve presque toujours dans ces belles masses de calcaires, qui, semées de points et de bandes coloriés de silicates, donnent de si jolis contrastes dans les surfaces polies.

La masse intrusive du Venado.—Dans les soixante kilomètres de longueur du cañon de Tomellín, nous ne trouvons qu'un seul massif intrusif important, situé non loin de la station d'Almoleya, sous forme d'une double gibbosité affleurant, sur une étendue d'un peu plus de trois kilomètres. Il est à regretter que l'on ne puisse donner, ici, en détails, l'étude de ce massif, qui peut se suivre par les travaux d'excavation de la route, dans des conditions très favorables. Il faut considérer, d'abord, l'influence du massif sur le gneiss, puis les modifications de la roche même de l'intrusion. Ce qui est particulièrement instructif c'est que les deux parties en contact, le gneiss et le granite, ne semblent pas occuper dans tout le parcours leur position primitive et que la pegmatisation du gneiss, souvent très avancée au voisinage du contact, ne se voit pas en relation directement avec la masse intrusive, sauf dans quelque places où des ramifications rayonnantes, de faible étendue, pourraient être de véritables injections directes. Ordinairement les bandes du gneiss pegmatisé viennent s'arrêter brusquement contre le granite; mais ici ces bandes, très brisées et morcelées,

sont devenues très altérées dans une zone considérable autour de l'intrusion. Ce morcellement explique facilement la différente allure des petits blocs de gneiss en face du granite.

Le granite à biotite et à hornblende, qui est le type fondamental de la grande masse, offre des variations relativement importantes, se rapportant à la quantité de silice libre, à l'abondance des minéraux colorés, et à la dimension du grain, changements très communs dans toutes les grandes masses de roches; mais ce qui nous intéresse le plus est la transformation, presque insensible, du granite, vers la surface du stock, en une espèce de pegmatite à grands cristaux, qui devient gneissique aussi, par l'orientation du quartz et du feldspath, et qui est très pauvre en minéraux ferromagnésiens. Puis, tout près de cette modification, on voit le même granite devenir porphiroïde et, en dernier lieu, se comporter comme une brèche, composée à la fois de morceaux de granite, et de morceaux de roches décomposées, probablement de gneiss, le tout cimenté par une masse holocristalline de quartz et de feldspath à grain fin.

Toutes ces modifications, nous le répétons, se rencontrent aux bords du massif, sans régularité bien marquée. Pour observer ces changements, il faut se placer à la limite supérieure du massif, à la sortie du tunnel, au kilomètre 372 du chemin de fer. Le bord inférieur vers le kilomètre 369 est, à ce point de vue, moins intéressant. Le trajet entre ces deux points extrêmes vaudrait la peine d'être suivi à pied pour saisir les changements de structure du granite, et pour remarquer les veines de ségrégation de pegmatite, et des masses, qui ont l'apparence de vrais filons, dont la couleur et la nature sont d'une similarité surprenante avec celles du gneiss pegmatisé

et avec les injections dans le gneiss, phénomène qui ferait supposer, la stricte dépendance entre les intrusions et la masse granitique principale, comme on l'a observé dans bien d'autres localités archaïques et métamorphiques de l'Amérique.

Nous avons déjà indiqué que les schistes cristallins archaïques étendus le long du Cañon de Tomellín se trouvent aussi au fond de la grande vallée d'Oaxaca, constituant la plupart de ses sierras limitrofes.

La présence de quelques minces groupes de bandes de quartzite concordantes et intercalées dans les gneiss nous amène à supposer que le groupe gneissique de cette vallée d'Oaxaca occupe un niveau supérieur dans l'ensemble métamorphique. En suivant la descente du chemin de fer de las Sedas vers Huitzo, le long des contreforts, du noyau montagneux continental, on peut se faire une idée de l'aspect du terrain archaïque de toute la vallée d'Oaxaca, du gneiss un peu plus clair et des filons de pegmatite. Les bandes de quartzite logées dans le gneiss, se trouvent au km. 327 pas loin d'une petite intrusion de granite.

Autres roches du cañon de Tomellín.—Qu'il nous soit permis maintenant d'indiquer les roches que nous trouverons au cañon de Tomellín, autres que les schistes cristallins pour compléter notre profil. Avant de parler des grès et conglomérats rouges supportés par des grès et conglomérats verts appartenant à la base de la grosse formation Neocène de la vallée de Tehuacán et du cañon de Tecomavaca, il faudrait avoir commencé, en suivant la montée du profond cañon, par citer un groupe puissant de calcaires, de grès et schistes argileux, inclinés tous vers le nord, mais fortement plissés et fracturés, qui se laissent voir dans les hautes parois à pic du ca-

ñon, entre les km. 261 et 266 du chemin de fer. Ces roches ont été rapportées à la base du Crétacé moyen, plus développé aux environs de Tehuacán, où elles se voient surmontées comme ici près de sommets des montagnes par des calcaires en grosses couches. Aux schistes argileux succèdent, des grès qu'on trouve aussi dans la vallée d'Oaxaca en petits lambeaux amincis par érosion. Les schistes cristallins des Cerros de Monte-Albán par exemple sont couverts par de minces croutes de ces grès dont sont bâtis les vieux monuments tzapotèques élevés sur leurs sommets. Entre les stations de Parián et de Las Sedas un autre lambeau de calcaires, non moins plissés et du même âge que ceux de l'entrée du cañon, peut être vu (km. 310 à 312).

Mais ce qui introduit le plus de complications pour saisir la complète structure géologique du cañon, en tenant compte des changements subis par les roches hors de leur position originelle, est la présence de plusieurs gros lits de conglomérats, autres que ceux appartenant au Neocène de Tecomavaca, les uns plus anciens, les autres beaucoup plus modernes. Les premiers sont des conglomérats formés exclusivement de grandes boules et de galets de calcaires, de grès et de morceaux arrondis de schistes, c'est-à-dire de matériaux exclusivement d'âge crétacé. Aguilera a étudié ces conglomérats d'âge miocène, qu'il a vus bien développés dans certaines régions des Mixtecas.

Les conglomérats calcaires miocéniques, en couches d'épaisseur très considérable, ont une assez large distribution à l'entrée du Cañon de Tomellín, aux sommets des montagnes, parsemés en blocs par l'érosion. De forts mouvements et de grands éboulis ont causé des superpositions anormales, faciles à expliquer par les fortes

pentes et la hauteur des montagnes environnantes, couronnées de ces conglomérats, très durs et fort cimentés.

L'autre type de conglomérats, très récent, est composé presque exclusivement des matériaux provenant de l'Archaique, d'une couleur brun rougeâtre comme celle des roches gneissiques altérées. Ces conglomérats ne forment pas toujours des lits bien définis; il semble qu'ils ont rempli de petits bassins ou des ravins, creusés par l'érosion aux pieds des hautes montagnes gneissiques, où les matériaux des éboulements auraient produit plutôt des agglomérats de fragments incohérents, dont les morceaux n'ont subi qu'un commencement d'arrondissement. Enfin, avant que la jolie vallée de Oaxaca fût arrivée à prendre les sources de ses eaux des ravins creusés au cœur même du massif de la division continentale, les hauts bassins étaient remplis de boues, de galets de calcaires, de grès, de schistes, de gneiss et de tufs; une fois débordés, ces bassins par érosion dûrent combler et incender les régions voisines. Des restes adhérents de cette formation Postpliocène aux flancs de l'archaïque de Las Sedas, à 1,920 m. de hauteur, nous permettront d'apprécier les changements topographiques qui ont eu lieu à une époque récente, à la naissance de la vallée d'Oaxaca.

ITINÉRAIRE DE L'EXCURSION.

Pour permettre l'étude géologique, le train s'arrêtera aux endroits suivants:

I. Près du km. 258.—Bancs épais de conglomérats de gneiss superposés aux grès et conglomérats verts dénudés, de la base du Neocène du cañon de Tecomavaca, que nous venons de traverser.

II. Entre les km. 262-263.—Partie très étroite du ca-

ñon, limité d'un côté par de hautes parois à pic, laissant voir les plis compliqués et fracturés des calcaires et les couches épaisses de grès calcaires et de schistes argileux de la base du Crétacé Moyen. L'ensemble, très accidenté et un peu disloqué, montre une inclinaison générale vers le N.E. Le tout appartient à un gros lambeau adossé à l'Archaïque et couvert par les conglomérats calcaires, dont les bancs épais couronnent les montagnes environnantes.

III. km. 266.—Premier affleurement de l'Archaïque du cañon de Tomellín, caractérisé par de larges bandes de granite gneissique, de gneiss gris et rose pegmatisé, avec intercalations de gneiss très chargé d'amphibole. L'endroit est particulièrement intéressant par la fraîcheur des roches. Les bandes orientées E.W. s'enfoncent vers le Nord; puis en amont marquent des ondulations moins inclinées. Par place le granite gneissique apparaît comme une intrusion.

IV. km. 280.—Commencement du massif intrusif du Venado, passage du granit commun à biotite ou à amphibole au granit gneissique (De petites courses à pied entre les km. 280-282, pour examiner les variations dans l'allure du granit). Près du km. 282 on verra des ségrégations magmatiques ayant l'aspect de pegmatites à feldspath rose. Près des tunnels, dans la zone périphérique de la masse intrusive, le granite devient microgranite, granite gneissique; il y a aussi des brèches. Au contact avec le gneiss, à la sortie du dernier tunnel (km. 282), on verra de petites zones de friction et de nombreuses bandes de gneiss pegmatisé.

V. Près du km. 291.—Grande masse de calcaire métamorphisé (Cipolin), sous forme de coin intercalé dans le gneiss, qu'il coupe presque transversalement. Le

cipolin est orienté N.E., penché vers le N.W. Il a une épaisseur de 60 m. environ. Ce marbre grossier contient divers minéraux, entre autres la biotite, le graphite, le grenat, une pyroxène, etc. La masse blanche, bifurquée au sommet, se détache nettement au milieu du gneiss. De l'autre côté du ravin, se dessine aussi le cipolin; mais la masse s'est amincie.

VI. Entre les kms. 304-305.—Série de gneiss schisteux avec des bandes très inclinées. L'ensemble revêt ici l'aspect ordinaire des roches cristallines de tout le cañon. On trouve de différentes variétés de gneiss; le gneiss rose pegmatisé y inclus. Grande vue du Cerro de Apasco, couronné de calcaires crétacés. La montagne s'élève à plus de 800 m. audessus du fond du cañon.

VII. Entre les kms. 300-301.—Grandes ondulations de gneiss à bandes minces, diversement colorées, faciles à observer depuis l'autre côté du ruisseau, aux parois du cañon.

VIII. km. 318.—Masse de cipolin encaissée dans le gneiss, coupée et disloquée par un filon, de 5 m. d'épaisseur, d'une roche cataclastique rapportée à une granulite. Le rejet est à peu-près de dix mètres. Il est à observer, d'un côté, entre le cipolin et le gneiss pegmatisé, une zone argileuse et serpentineuse, produite probablement par friction.

IX. Entre les kms. 322-323.—Sommet de Las Sedas; 1,920 m. au dessus du niveau de la mer. Division continentale des eaux, naissance de la vallée de Oaxaca. Argiles, marnes et graviers postpliocéniques, en couches faiblement inclinées.

PROFIL GÉOLOGIQUE DE TOMELLIN À OAXACA.

ECHELLE HORIZONTALE 1:300,000

" VERTICALE 1:25,000

