

## Structure et morphologie de la Cordillère Centrale des Andes,

par P.-G. LIÉGEOIS.

**RÉSUMÉ.** — *L'auteur étudie la géographie physique et le climat de la Colombie et plus spécialement de la Cordillère Centrale. La constitution de celle-ci et le climat tropical, très humide, favorisent une altération profonde et rapide des roches et surtout de l'énorme massif granitique très feldspathique.*

*Une étude des roches et de la tectonique montre que la Cordillère Centrale est due à un soulèvement important d'un massif batholitique du type granodioritique que l'on retrouve partout en affleurement et en substratum. Le soulèvement a été symétrique et la granite en forme le noyau et la base ; le tout limité par des grabens profonds qui séparent les Cordillères. L'orogénie est plus ancienne qu'on ne l'a cru, datant du milieu du Secondaire. La meseta granitique a subi une pénéplation totale, entourée de crêtes dues à l'amphibolite, la serpentine et les gneiss. Les versants à pentes fortes sont ravinés par les quebradas et soumis à de nombreux derrumbes (termes nouveaux que l'auteur emprunte à la terminologie locale pour expliquer des situations inconnues en Europe). Le chevelu hydrographique est très dense, mais les lois traditionnelles des profils en long ne s'y appliquent pas : cours lent des rios sur la meseta, cours intermédiaire rapide et accidenté sur les versants, de nouveau lent dans les fossés tertiaires qui séparent les Cordillères. Le climat, un ruissellement incomparable, l'aptitude à l'érosion et au glissement, les tremblements de terre, tout cela forme un ensemble qui explique un modelé plus adouci qu'on ne l'imaginerait.*

### AVANT-PROPOS.

La situation excentrique de la Cordillère des Andes par rapport à l'axe du continent et l'existence de fosses sous-marines profondes à proximité des côtes, ont longtemps donné l'impression que la Cordillère était une chaîne dissymétrique, plongeant dans l'Océan rapidement et à laquelle on accède par paliers quand on l'aborde par l'intérieur. De là à imaginer que sa structure ne répond pas du tout à la symétrie, il n'y avait qu'un pas que l'on a franchi sans preuve.

A vrai dire, la chaîne des Cordillères n'est pas simple partout. Du Nord du Chili au centre de l'Amérique septentrionale, elle se divise plus d'une fois et, entre ses branches occidentale et orientale, on trouve de vastes plateaux, souvent très élevés, avec des lacs importants et de nombreux bassins hydrogra-

phiques endoréiques. Là où la chaîne se ramifie, ses digitations ne sont pas absolument continues, mais souvent formées d'alignements qui se relaient en échelons, séparés entre eux par des cols et même par d'importants défilés où passent de grands fleuves.

La Cordillère patagonienne atteint déjà 3.440 m (Fitz-Roy) et 4.040 m (San Valentin). La Cordillère chilienne culmine à 6.960 m (Alconcagua), 6.750 m (Atacama), 6.750 m (Llullallaco). Plus au Nord, elle bifurque et s'élargit considérablement sans perdre pour autant de l'altitude; la branche péruvienne atteint 6.770 m (Huascarán) et celle qui traverse la Bolivie occidentale et transforme ce pays en un vaste plateau atteint 6.750 m (Ancochuma). C'est dans ces pays que des rivières coulent du Sud au Nord parfois sur 1.000 ou 1.500 km avec des débits dépassant celui du Rhin ou du Danube, tels que le Marañon et le Madeira, lesquels, à un moment donné, obliquant vers l'Est, sortent de la Cordillère et rejoignent l'Amazone.

Dans l'Équateur, où la chaîne redevient unique mais large et très haute (Chimborazo, 6.270 m), elle a reçu le nom de Cordillère Royale. Pénétrant en Colombie, la chaîne forme le trident qui donne à ce pays une altitude moyenne élevée.

La Cordillère Orientale ou de Bogota (3.000 à 4.000 m) se dirige vers le Nord-Est, atteint la frontière vénézuélienne, bifurque à nouveau en tenailles dont les deux mâchoires ensèrent la baie de Maracaïbo; la pince orientale, formant les antilles et se recourbant complètement, aboutit à Cuba sinon au Yucatan.

La Cordillère Centrale, ou de Tolima, est la plus élevée, culminant à Tolima avec son volcan neigeux et encore en activité (5.620 m); quoique disparue dans la grande plaine du Magdalena, elle réapparaît avec le pic Cristobal de Colon, qui atteint 5.775 m à l'Est de Barranquilla où elle s'approche de la Cordillère Orientale sans se confondre avec elle; il est probable qu'elle forme les hauts fonds au Sud de Haïti, où elle recouperait la chaîne des Antilles en expliquant le modelé de la République Dominicaine.

La Cordillère Occidentale, avec un relief moins accentué (maximum 3.000 m), est parallèle sur une distance de près de 1.000 km aux deux autres et plus particulièrement à la Cordillère Centrale. Elle s'incurve dans le Nord-Ouest de la Colombie et se poursuit en Amérique Centrale jusqu'au Mexique.

Ayant parcouru la Cordillère du Pérou à la mer des Caribes, j'ai étudié plus spécialement la constitution transversale de la Cordillère Centrale en Colombie.

#### **Difficultés des reconnaissances.**

J'ai pu faire des levés de détails qui corroborent les grandes lignes de cet exposé. Ces levés n'explorent pas entièrement ces régions mais constituent des itinéraires que l'on peut essayer d'interpréter en les recoupant.

Qu'il me soit permis de dire avant d'aller plus loin, les difficultés qu'impliquent ces levés imparfaits :

a) Cartes. — Il n'existe que des cartes d'ensemble au 1.000.000<sup>e</sup>. On a commencé à lever des cartes et des photos pour les régions où elles sont immédiatement utiles.

b) Voies de communications. — Dans ce pays où l'on est passé directement du cheval à l'hélicoptère, il n'y a de bonnes routes qu'aux abords des cités et quelques voies nouvelles, qui suivent les vallées, mais aboutissent souvent en impasse aux barrages et centrales électriques.

c) Vallées importantes. — Je citerai le cas du Rio Grande, connu jusqu'à la centrale de Mocarongo, mais dont j'ai exploré les 17 km en aval jusqu'à son confluent avec le Porce. Sur cette distance, il reçoit 62 affluents et aucune route ne suit la rivière. Pour passer ces affluents à gué, il faut parfois remonter très haut par des chemins de mules qui quadruplent la distance.

d) Forêts. — Dans la selve, comme on dit là-bas, la mule est impossible; la végétation luxuriante (branches, racines aériennes, grandes feuilles) efface en un mois les pistes qu'on vient de tracer. La marche est pénible : en de nombreux endroits, on ne peut suivre la rivière malgré les belles coupes géologiques que les cañons présentent, car leurs parois sont à pic et le courant trop impétueux pour les pirogues.

e) Rareté des affleurements. — Certaines routes de cols montrent de belles coupes, mais on peut dire qu'en général, les affleurements sont rares sur de grandes surfaces. Dans les forêts et dans les savanes, on ne peut voir la roche qu'au fond de quelques chemins creux et dans le thalweg des torrents. Sur les mesetas, faute d'entraînement par les eaux courantes, l'érosion est moins forte mais le détritique reste sur place et cache à la vue la roche saine, sauf en quelques sommets dénudés.

f) Climat. — On doit craindre la chaleur et la pluie, et camper dès 17 heures, à cause des moustiques anophèles.

## CHAPITRE PREMIER.

### SITUATION GÉOGRAPHIQUE, CLIMATOLOGIQUE, HYDROLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE.

#### A. — GÉOGRAPHIE.

La Cordillère Centrale traverse du Sud au Nord la Colombie; sa longueur totale est de 1.260 km.

Elle est séparée des Cordillères Occidentale et Orientale par deux vallées d'effondrement, où coulent les importants fleuves Cauca et Magdalena. Ces deux cours d'eau sont parallèles sur près de 1.000 km, mais ils se rejoignent, formant la fameuse plaine basse du Magdalena, du confluent à l'embouchure, près de Barranquilla. Bien que le fleuve unique porte le nom de Magdalena, c'est celui-ci qui s'est incurvé pour faire sa jonction avec le Cauca, de sorte qu'en la prolongeant en ligne droite, la Cordillère Centrale se retrouve dans la Sierra Nevada de Santa Marta, dont nous avons dit qu'un sommet culminait à 5.775 m.

Il y a lieu d'insister sur la direction Sud-Nord de toutes les rivières importantes des Cordillères; elles suivent nettement des fossés d'effondrement moins connus, mais tout aussi caractéristiques que les plus classiques. Ainsi, à l'Ouest de la Cordillère Occidentale, le fleuve Atrato coule entre la chaîne et le plateau côtier, passant à certains endroits à moins de 100 km du littoral du Pacifique, mais parcourant néanmoins plusieurs centaines de kilomètres pour aller se jeter dans la mer des Caribes.

#### B. — CLIMATOLOGIE.

Les nuages amenant les chutes pluviométriques viennent du Nord et de l'Est, par suite de l'évaporation intense sur la mer des Caribes, la mer des Antilles et l'important réseau hydrographique qui dépend de l'Amazone, de l'Orénoque et du Magdalena.

Ces nuages sont accrochés par la Cordillère Orientale, où les pluies sont fréquentes et abondantes. En conséquence, les précipitations sont moindres dans le centre de la Colombie. Medellín, au milieu de l'Antioquia, est encore protégé par une partie de la Cordillère Centrale, de sorte que suivant la marche des nuées, la pluie qui commence vers 14 heures dans le Santander et le Bolivar, ne tombera pas avant 16 heures dans la vallée du Rio Grande ou du Rio Porce. Peu ou point de pluie en été, une heure ou deux au printemps et en automne, parfois une grande partie de la nuit en hiver. Dans ce dernier cas, on est certain d'apprendre le lendemain qu'il y a de nombreux dégâts dus à l'eau et aux boues et si le fait se produit pendant une semaine, il s'en suivra de nombreux effondrements de terrains et des inondations en aval. Les éléments nuageux provenant de l'évaporation de la zone de la mer des Caribes entre Carthagène et Panama, se résolvent en pluie sur la Cordillère Occidentale; la vallée du fleuve Atrato, la petite chaîne côtière du Choco, entre l'Atrato et le littoral, et ce littoral pacifique reçoivent des quantités énormes d'eau (GOUROU cite 8 m annuellement). Ceci à la différence des États Sud-américains dont les régions à l'Ouest de la Cordillère (Sud-Est de la Colombie, Équateur, Chili, Patagonie) ont leur littoral pacifique parmi les zones les plus arides du monde, Lima compris, puisque cette ville présente le phénomène d'avoir son ciel toujours gris et qu'il n'y pleut presque jamais.

En Colombie, la température moyenne s'élève d'autant plus qu'on s'écarte de l'équateur, ceci dû au fait qu'en suivant les grandes vallées, l'altitude de tout le pays s'abaisse. On y réalise donc tous les climats souhaités : de plus en plus humide de l'Ouest vers l'Est, de plus en plus chaud du Sud vers le Nord.

Pour la Cordillère Centrale, qui descend de 5.500 à 1.000 m d'altitude, on trouve, dans le Sud, un climat de savane froide qui rappelle la savane de Bogota, dans le milieu, un climat tempéré ou chaud, dans le Nord, un climat tropical. Ce qui a fait dire que la Colombie jouissait d'un éternel printemps, c'est que la température y est très constante et que, par exemple, à Medellín, où aucun arbre ne perd ses feuilles l'hiver, la température moyenne mensuelle est de 20° en saison froide et de 22° en saison chaude.

## C. — HYDROLOGIE.

Nous avons vu précédemment que la pluviosité était importante et nous avons constaté plusieurs fois des chutes de 27 mm en une heure. On a signalé 75 mm en une demi-heure et les totaux de 150 mm par jour ne sont pas exceptionnels. A titre de comparaison disons que l'Europe tempérée reçoit rarement 25 mm par jour et que 70 à 80 mm constituent une moyenne mensuelle normale.

Suivant des évaluations raisonnables basées sur la comparaison avec ce qui se passe en d'autres régions climatiques analogues, on peut admettre que l'eau tombée se divise comme suit :

Évaporation .. ...	20 à 30 %.
Infiltration ... ..	10 à 15 %.
Végétation ... ..	15 à 20 %.
Ruissellement . ...	55 à 35 %.
	<i>Moyenne : 45 %.</i>

Dans la Cordillère Centrale, entre Medellin et El Retiro, où l'altitude varie entre 2.000 et 3.000 m avec des chutes pluvio-métriques de 5 m par an, j'ai étudié les bassins des rios Pantanillo et Las Palmas dont la réunion forme le Rio Negro.

Le premier débite 5,75 m<sup>3</sup>/sec et son bassin est de 80 km<sup>2</sup>.  
Le second débite 4,75 m<sup>3</sup>/sec et son bassin est de 70 km<sup>2</sup>.

---

Le total donne 10,50 m<sup>3</sup>/sec pour un bassin de 150 km<sup>2</sup>.

Ceci correspond à un débit de 331.128.000 m<sup>3</sup> par an.

Une précipitation annuelle de 5 m fournit pour 150 km<sup>2</sup> un volume de 750.000.000 m<sup>3</sup> par an, et avec un rendement moyen de 45 % de ruissellement, on obtient 337.500.000 m<sup>3</sup> par an.

Les deux chiffres sont très comparables et ma conclusion est que la perte est de 55 %, coefficient très rapproché de 27/48 cité par HILL.

Nous verrons que le granite peut contenir beaucoup d'eau dans ses fissures et dans ses poches d'altération, mais ce sont des eaux phréatiques. Je ne crois pas qu'il y ait de véritables gisements artésiens ou même de grands gisements de surface. Il existe des cas particuliers où des nappes importantes peu-

vent se rencontrer, c'est dans les alluvions des grands rios, en plaine. Mais partout ailleurs, les nappes sont superficielles et ont la saveur des eaux chargées de matières humiques; elles sont acides, mais facilement neutralisées par les bases provenant de la décomposition des roches; elles gagnent rapidement un pH de 6,7 à 6,9. Les seules eaux profondes sont minérales et thermales : on les suppose suivre de grandes failles et atteindre une profondeur énorme d'où elles reviennent chargées d'acides sulfhydrique et carbonique, de carbonates et de sulfures, avec une température qui va de 35° à 72°.

#### D. — HYDROGRAPHIE.

Le régime hydrographique est développé parce que toutes les roches sont imperméables dans leur masse. Comme nous l'avons dit, les chutes pluviales importantes aboutissent souvent à saturer les fissures des roches et l'on voit alors jaillir des talus, entre la terre végétale et le sol naturel compact, et même des routes empierrées, des jets d'eau qui coupent la circulation; ils s'arrêtent quelques heures après la cessation des pluies. Un chevelu hydrographique surprenant en résulte, mais l'essentiel est surtout la confluence d'un grand nombre de rivières de l'importance de la Meuse et on se rend compte qu'au moment où tous les chemins deviennent des torrents, un débit inouï se rassemble et provoque des érosions sensationnelles.

L'entraînement des matières solides est d'ailleurs tel que de nombreuses rivières portent des noms comme Sucio, Amarillo, Amazone, Porce, Negro, Melcoche, Saladito, qui tous font allusion aux matières transportées. Il est impressionnant également de voir le fleuve Cauca, avec sa couleur chocolat, et qui a un débit plus fort que le Rhin en Hollande. Quant au Magdalena, comme le Rio Grande, il est jaune comme une coulée de limon.

Les torrents se clarifient très rapidement, mais comme il y a constamment des éboulements dans l'une ou l'autre partie des bassins des grands fleuves, ceux-ci en subissent toujours les conséquences.

Avant d'aller plus loin, et pour que l'on ne s'étonne pas trop de l'importance que je donne à des fleuves peu connus en Europe, je signale que le débit du Magdalena, qui n'a que 1.500 km de longueur, est supérieur au débit du Nil qui en a 6.400. Qu'il

me suffise de dire ici que le versant Est des Cordillères Orientale et Royale envoie à l'Orénoque et à l'Amazone des rivières plus longues et plus grosses que la Seine ou le Rhône, bien que leur nom soit à peine connu.

En résumé, il tombe sur les Cordillères beaucoup d'eau qui s'en va par moitié vers l'Orénoque ou l'Amazone et par moitié vers la mer des Caribes, par l'Atrato, le Cauca et le Magdalena. La part de l'océan Pacifique est dérisoire.

Nous verrons que tout cela explicite la profondeur d'altération des granites, l'érosion formidable de la Cordillère et sa morphologie générale.

## CHAPITRE II.

### OROGÉNIE DE LA CORDILLÈRE CENTRALE.

#### A. — CONSIDÉRATION

#### SUR LA DIRECTION GÉNÉRALE SUD-NORD.

Ce qui a soulevé la Cordillère Centrale, c'est la venue éruptive, incontestée par tous les géologues qui ont étudié la Colombie, du batholite granitique antioqueño.

Son nom lui vient de ce qu'il est omniprésent sous toutes les couches et au fond de tous les sondages dans le département d'Antioquia. Une grande partie de la documentation utilisée dans cette étude a sa source dans les travaux de l'École des Mines de Medellin dont les professeurs se sont aimablement mis à ma disposition.

Le batholite antioqueño non seulement forme le substratum de la Cordillère Centrale, mais il affleure en Antioquia sur une surface actuellement évaluée à 8.150 km<sup>2</sup>. Certaines régions sont d'ailleurs encore inexplorées et le chiffre cité est un minimum.

Sur la route Medellin-Envigado, le Professeur BOTERO a déterminé un affleurement de 6 à 7 km<sup>2</sup> à El Poblado, et j'ai tracé le contour d'un autre affleurement à proximité de La Fe, sur la route Medellin-El Retiro. Ces deux régions étaient considérées antérieurement comme se trouvant dans les formations métamorphiques des terrains archéens.

Le soulèvement du batholite a formé, avant l'époque tertiaire, une énorme selle, d'axe Sud-Nord, des formations primaires, jurassiques et peut-être crétaciques. Une grande épaisseur des premiers a été digérée par le magma éruptif, tandis



qu'une autre partie, devenue cristallophyllienne, ne permet plus que par endroit d'en retrouver l'origine sédimentaire. Les terrains archaïques sont constitués de serpentines, amphibolites, gneiss, micaschistes, avec de nombreuses cristallisations de pegmatites.

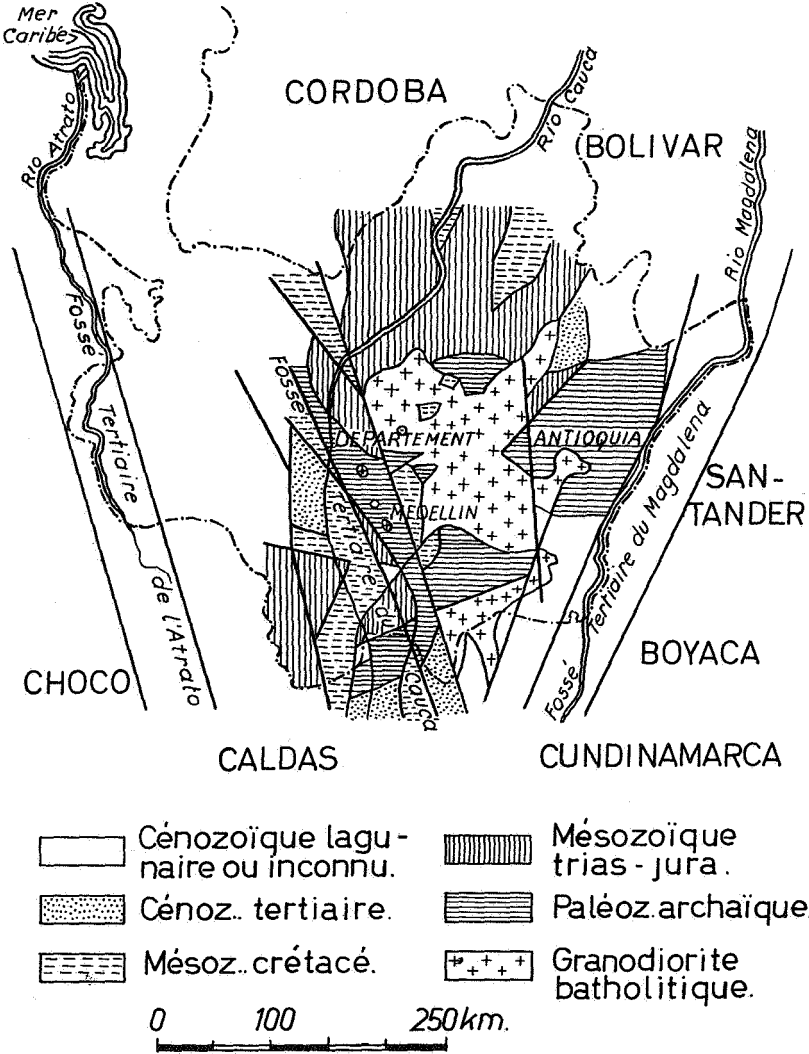


FIG. 1. — Colombia, Dép<sup>t</sup> Antioquia.  
Géologie générale de la Cordillère Centrale.  
Anticlinal batholitique secondaire entre deux fossés tertiaires.

Le massif batholitique, cœur de la Cordillère Centrale, est une terre ferme depuis longtemps, car il n'est surmonté par aucune formation secondaire, tertiaire ou quaternaire, sinon les alluvions des grandes vallées. La transformation en plaine est remarquable et due à l'érosion intense.

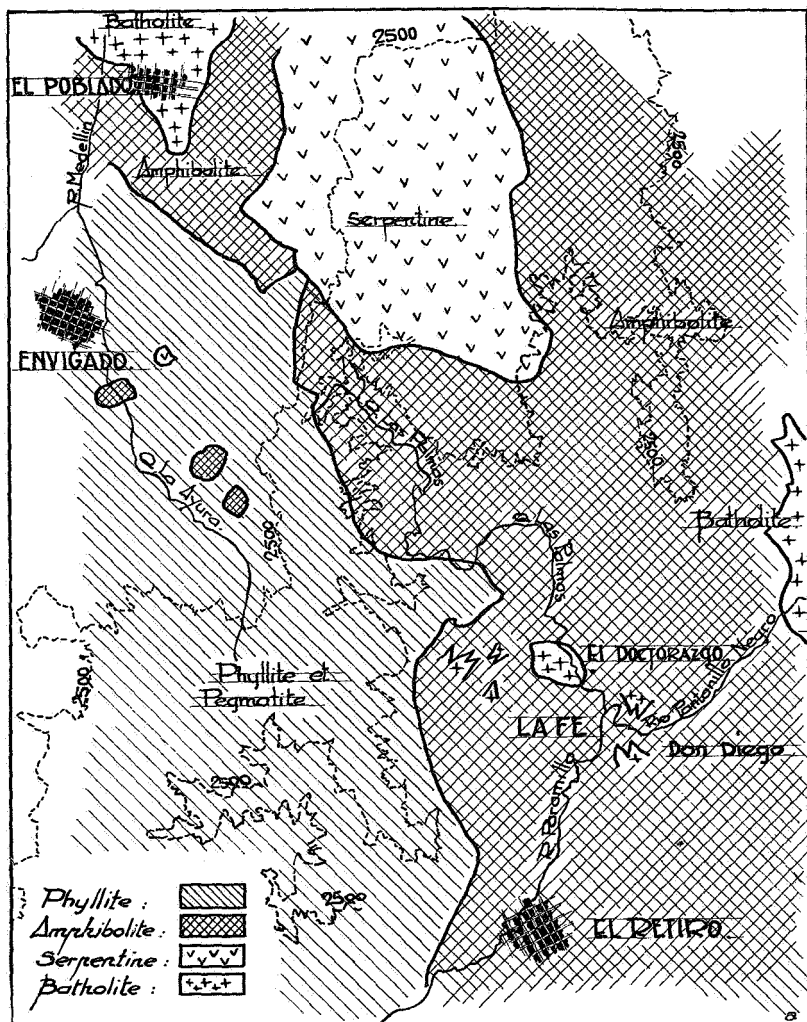


FIG. 2. — Colombia, D<sup>t</sup> Antioquia.

Détails géologiques de la région entre les rios Negro et La Ayura.

Echelle 1/150.000.

Ainsi la Cordillère Centrale apparaît comme un grand anticlinal et peut-être fut-elle originairement un vaste pli diapir dont le noyau granitique a éclaté, rejetant de part et d'autre toutes les formations antérieures, disloquant les plus consolidées dont les moindres fissures furent injectées de granite, métamorphosées en profondeur, ou même digérées complètement au point qu'on disputa longtemps sur l'origine des amphibolites, des serpentines, de certains micaschistes et même de phyllites tellement bourrées de pegmatites ou veinées de filons granitiques qu'on n'y voyait plus la possibilité d'une origine sédimentaire, jusqu'au jour où les phyllites analogues les relayant vers le Nord, dans les départements de Magdalena et de Santander, se révélèrent pleines de graptolithes.

Dans la province qui nous occupe, la Cordillère Centrale est réellement la chaîne maîtresse. Sa direction générale est Sud-Nord et les fractures qui la bordent comme la plupart des failles qui la découpent ont cette même direction. J'ajouterai encore que c'est la direction du principal réseau de diaclases.

Si l'on considère encore que l'altitude de la Cordillère Centrale prise sur un même parallèle est supérieure à l'altitude des deux chaînes latérales, on sera convaincu de ce que la Centrale est bien la charnière, l'arête dorsale de l'ensemble des massifs.

Il sera d'ailleurs toujours fort difficile de démontrer qu'il n'y a pas eu de venues granitiques antérieures ou postérieures à la masse principale. Il est certain qu'il y a eu des venues de quartz et d'autres filons plutoniens hydrothermaux dans la suite des temps. L'or est d'ailleurs, avec beaucoup de sulfures, spécialement trouvé dans les filons de quartz secondaires; les tremblements de terre sont fréquents et les failles jouent encore.

Quoi qu'il en soit, des roches archaïques et paléozoïques existaient lors de l'intrusion du batholite; elles ont été balayées ou disloquées, l'érosion les réduisant encore sur les sommets et les hauts plateaux. Le massif batholitique est bordé par d'importantes formations très anciennes, toutes antérieures à l'Ordovicien, les affleurements les plus étendus se rencontrant à l'Est et à l'Ouest, sur les flancs de la chaîne et allongés comme elle. Citons au Nord l'îlot de Campamento; à l'Est, le bastion de Maceo à Puerto Berrio; au Sud, le pont de Sonson-Cocorna; à l'Ouest, la longue traînée Sonson-Retiro-Medellin-San Jeronino-Olaya, avec les dents s'étirant au Sud des rios Porce et Grande, entre Copacabana et Concepcion et entre San Pedro et Don Matias.

Cette présence et cette proximité de roches primaires peuvent avoir une influence notable sur le comportement des roches du batholite, sur la direction et l'inclinaison des plans de diaclases, sur la structure même des roches éruptives.

C'est le Professeur BOTERO qui a le mieux et avec le plus de précision tracé le contour du batholite, admettant évidemment que ses investigations ne pouvaient être complètes par suite des difficultés d'accès en certains endroits et du manque d'affleurement en d'autres lieux.

Le Cénozoïque mérite un paragraphe spécial, car il forme deux séries de sédiments d'origines et d'âges différents. La Cordillère Centrale s'étant soulevée tout au début de l'ère tertiaire, sinon avant, le Cénozoïque inférieur, s'il existait du Tertiaire marin antérieur, a subi le sort commun, mais, peu épais et non encore consolidé, la surrection andine l'a fait disparaître ou n'en a laissé que des débris épars que l'on confond avec le Crétacé supérieur, du moins dans la région centrale.

Après le paroxysme éruptif, il s'est produit de grandes fractures et des horsts considérables se sont effondrés; il en est résulté les fossés tertiaires de l'Atrato, du Cauca, du Magdalena, auxquels on a donné les noms des fleuves qui les suivent. Ces fossés allèrent jusqu'à la mer des Caribes dès le début et ils en constituèrent des golfes profonds; mais les afflux dus aux précipitations considérables en firent des estuaires d'eau douce et c'est du Tertiaire d'eau douce qu'on y trouve en strates à peu près horizontales de sables et grès, argiles et calcaires, brèches, graviers, arkoses et conglomérats ferrugineux.

#### B. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA COUPE EST-OUEST.

Il est intéressant de montrer une coupe à travers la Cordillère Centrale pour faire apparaître le dôme des couches archéozoïques et paléozoïques, percées par l'irruption du batholite et limitées des deux côtés par les effondrements tertiaires.

En laissant de côté les roches tertiaires et quaternaires qui se trouvent dans les fossés ou subsistent aux pieds des Andes, et mis à part le batholite qui a soulevé le tout et est à la fois la formation la plus ancienne et la plus récente de toutes, on rencontre en s'écartant de l'axe de la Cordillère, mises à nu par l'érosion, les couches les plus anciennes dans l'ordre d'âge ci-après.

1. La serpentine, manquant d'un côté et couvrant de grandes surfaces ailleurs.
2. L'amphibolite gneissique, en formation importante.
3. L'amphibolite massive (« Mani »), en formation très puissante;
4. Le gneiss ceillé (« Augengneiss »), parfois absent.
5. Le gneiss micacé (« Granitogneiss »), en formation épaisse.
6. Le micaschiste, absent quelquefois sur un versant.
7. La phyllite ou schiste phylladeux à pegmatites, en bancs épais.
8. Le quartzite, en bancs minces épars dans la phyllite et assez rares.

Telle est la série complète pour les terrains archéens et primaires de la coupe de 150 km de largeur prise dans la Cordillère Centrale sur un parallèle au Sud de Medellin. Le massif date du Silurien au plus tard.

Viendraient ensuite, si l'on poursuivait la coupe sur le même parallèle :

9. Les couches paléozoïques postérieures, du Dévonien au Permien, se composant de quartz, quartzites, schistes, phyllites, grès, brèches et conglomérats.

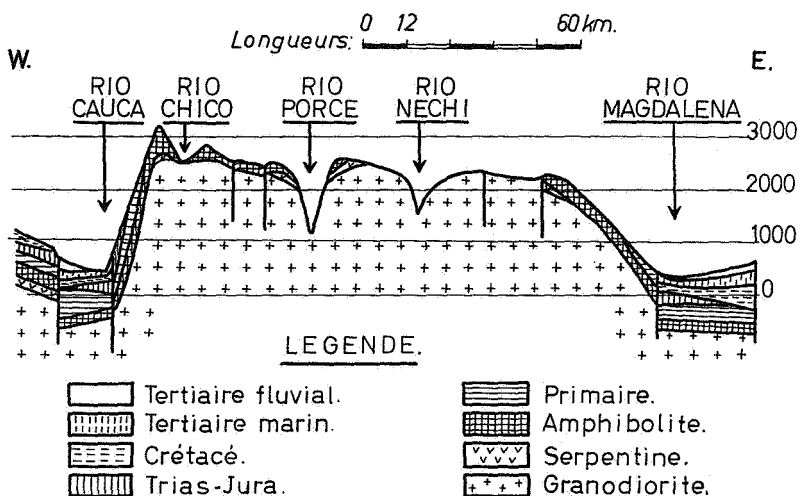


FIG. 3.

Coupe W-E de la Cordillère Centrale à 20 km au Nord de Medellin.

10. Les couches mésozoïques, d'âge trias-jurassique, comprenant des schistes, ardoises, brèches et arkoses, avec parties de diabases et de porphyrites témoins d'éruptions antérieures au batholite.

11. Les couches mésozoïques d'âge crétacique, montrant des sables et des grès, des argiles et des schistes, et des conglomérats.

A quel moment le batholite a-t-il fait irruption et soulevé la Cordillère ?

La grande différence de métamorphisme entre Trias-Jurassique et Crétacé date probablement l'éruption principale.

Les géologues sont d'accord pour admettre que le granite recouvre tous les terrains paléozoïques et les formations juratriasiques; ils sont d'accord également pour dire que le Cénozoïque n'a été recouvert nulle part.

HAUG affirme qu'on est certain du Permotrias métamorphisé mais encore identifiable à plus d'un endroit; il ne pense pas que le Nummulitique y existe et je crois, s'il a existé, qu'il n'était pas consolidé pour subsister au cataclysme andin.

*Quid* du Crétacé ? Pour OSPINA, l'irruption est postjurassique et antécétacique. Pour HAUG, elle est mésocrétacique. Pour SCHEIBE, elle est postprimaire sans plus de précision; en effet, il croit le Trias-Jurassique plus ancien qu'on ne le pense communément et il serait peut-être lié au Permien dans les Andes.

HAUG signale du Crétacé très plissé et très métamorphique. J'y ai vu des couches de houille faisant l'objet d'une exploitation charbonnière entre Venecia, Amaga et Bolombolo, à l'Est du fleuve Cauca, et on y tire du charbon avec 3 % de cendres en veines de 1 m de puissance, au milieu de schistes à allure très tranquille, inclinés à 20° environ vers l'Ouest. Son âge est ce qu'on appelle ici le Carbonifère crétacé. Je fais passer la limite jurassique-crétacique à la limite de l'exploitation. Et pourtant, dans ce Crétacé, on trouve des calcaires noirs et des grès qui ressemblent comme frères jumeaux à nos calcaires et grès dinantiens.

Ce gisement est recoupé par des filons d'andésites et granodiorites. Ne s'agirait-il pas d'un simple métamorphisme de contact dû au batholite granitique, avec des venues postérieures

postjurassiques et postcrétaciques, comme HAUG en signale dans les Andes, et qui ont intrusé des andésites, diabases, porphyrites, diorites après l'éruption principale ?

Il est certain que celle-ci a été précédée et suivie de convulsions et d'épanchements éruptifs. Le granite a soulevé et traversé la serpentine et au-delà jusqu'aux terrains primaires. Or, antérieurement, la serpentine avait fait la même chose puisqu'elle injecte partout les fissures de l'amphibolite, du gneiss et de la phyllite ordovicienne et se développe en intrusions

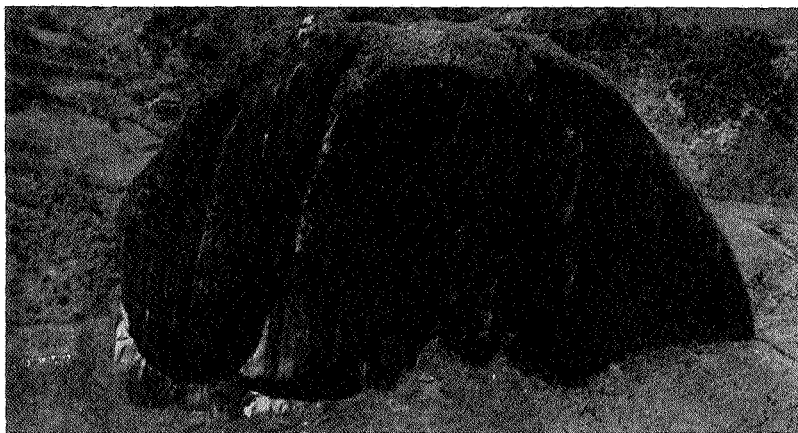


FIG. 4. — **Dyke d'andésite perçant le granite.**

Diamètre : 20 m.

dans les grès lustrés de Lias. Tout ceci fait pencher les géologues colombiens en faveur de l'origine interne de la serpentine. Par endroits le lias est tellement plissé qu'on l'a considéré longtemps comme archéen; au surplus, tout cela est tellement difficile à reconnaître que l'on a dit qu'il y avait plutôt des intrusions jurassiques dans le batholite que des intrusions batholitiques dans le Jurassique !

Quant au granite, il forme le substratum de toutes les autres formations et ses apophyses les parsèment de nombreux témoins, soit en filons, soit en larges affleurements.

On ne s'étonnera donc pas de voir se développer, dans la phyllite, des « poches » de roches pegmatitiques avec des cristaux de muscovite et de feldspaths plagioclases dont une ou deux dimensions dépassent le décimètre.

SCHEIBE va jusqu'à admettre que les grandes failles pourraient être des failles inverses et que le granite montait au primaire déjà sous le Stéphanien. Aucun sondage ne permet de contrôler la chose, car on n'exploite le charbon qu'en surface, mais le Professeur BOTERO estime que la houille est plus ancienne aussi qu'on ne croit et que, suivant toujours le Silurien et l'Ordovicien, elle n'empêcherait pas le granite d'être d'âge permotriasique.

*La Cordillère qu'on a toujours datée de la fin du Secondaire ou du Tertiaire, pourrait s'être soulevée à une époque bien plus reculée, au début ou au milieu du Secondaire, qu'on estime, sur des constatations faites dans les autres continents, une ère modèle de calme géologique.*

Le batholite antioqueño et les huit premières roches de notre nomenclature précédente sont les seules qui nous intéressent ici pour l'étude de la structure de la Cordillère Centrale.

Toutes ces roches sont celles qui forment le haut relief, ou, si l'on veut, la meseta ou le plateau de la Cordillère.

Il faut noter que celle-ci, contrairement à ce qu'on pourrait croire, a des formes assez arrondies. La cause en est l'érosion intense et surtout l'altérabilité extraordinaire du granite qui en forme le centre.

C'est ainsi que dans la région qui nous concerne, les points culminants ne sont pas dus au granite et à ses dérivés, mais à l'amphibolite et à ses gneiss.

Les formations de phyllites forment alors des pentes très fortes avec des seuils pour les autres roches du Primaire et du Trias-Jurassique.

Celles-ci déjà séparées du batholite par des failles, sont à nouveau limitées par d'autres failles parallèles qui sont les « grabens » effondrés où le Tertiaire forme les plaines fertiles mais marécageuses, où coulent les grands fleuves.

*Il est remarquable que partout, sous la phyllite, on trouve l'amphibolite, quand ce n'est pas le granite directement. Sous l'amphibolite, le granite se rencontre au fond des sondages. Ceci est la preuve que le batholite n'est pas venu entre deux failles, mais a réellement soulevé l'ensemble du continent primaire et secondaire.*

Conclusion générale. — *La coupe géologique en plusieurs latitudes montre que la Cordillère Centrale répond à une règle de symétrie remarquable et sa constitution régulière paraît n'avoir aucune relation de cause ou de conséquence avec sa position dissymétrique dans le continent Sud-américain.*



## CHAPITRE III.

## LE MASSIF BATHOLITIQUE ANTIOQUEÑO.

On lui donne le nom générique de granite. En réalité, c'est plutôt une famille de roches dont tous les représentants se trouvent entremêlés, depuis la diorite à gros grains jusqu'à la tonalite à grains fins et même des porphyrites à texture vitreuse.

Par simplification, son nom courant est granite comme le disent les autochtones, et c'est avec cette réserve que nous l'appellerons ainsi.

Cette roche est une granodiorite dont la composition est très variable, passant sur quelques mètres du granite classique à gros grains à la diorite quartzifère biotitique ou à la diorite quartzifère hornblendique, parfois à la pegmatite à cristaux énormes, ici à un granite à structure gneissique, là à la même roche à structure ceillée.

Pour matérialiser les faits, l'École des Mines de Medellin, sous la direction du Professeur BOTERO, a recueilli quelques échantillons dans le massif et y a trouvé sous le rapport minéralogique :

- 19 tonalites,
- 5 granodiorites hornblendiques,
- 4 granodiorites biotitiques,
- 2 diorites hornblendiques,
- 1 leucogranite aplitique,
- 1 tonalite orthogneissique,
- 1 tonalite hydrothermale,
- 1 porphyre dioritique.

Sous le rapport de la texture on décelait :

- 20 roches à grains moyens,
- 6 roches à gros grains,
- 4 roches à grains fins,
- 1 roche à texture monzonitique,
- 1 roche à texture porphyritique,
- 1 roche à texture aplitique,
- 1 roche à texture gneissique.

J'ai soumis également une fois 4 et une autre fois 10 échantillons assez caractéristiques du même massif aux laboratoires du Professeur MICHOT à l'Université de Liège, et on y a déterminé :

- 4 leucotonalites à biotites,
- 2 granodiorites hornblendiques,
- 1 diorite hornblendique,
- 1 grabbo hornblendique,
- 1 leucogranite potassique,
- 1 leucogranite adamellite,
- 1 amphibolite hornblendique,
- 1 tonalite,
- 1 andésite porphyritique,
- 1 cornéenne à biotite.

Pour rester dans le domaine des statistiques, que je reconnais imparfaites, je dirai que sur 134 échantillons rapportés du massif batholitique, il y en avait 117 de la famille du granite, soit 87,32 %, et 17 de roches amphibolitiques ou andésitiques, soit 12,68 %.

Parmi les 117 échantillons de la famille du granite, les granodiorites (biotitiques ou hornblendiques) étaient 85, soit 72,65 % et les tonalites étaient 32, soit 27,35 %.

En conclusion, les granodiorites constituent donc bien ce que j'ai appelé le granite normal de la Cordillère Centrale.

Trois choses les caractérisent quand on explore les lieux, comme nous l'avons fait, soit dans la région du Rio Grande, au Nord, soit dans la région du Rio Negro, au Sud du massif :

a) Les roches à gros grains passent facilement, soudain et sans raison apparente, à des roches à grains fins, celles-ci dans la masse, devenant plus sombres et plus dures;

b) Les roches à gros grains où à grains moyens avec texture cataclastique passent subitement et sans raison visible à une texture gneissique au point qu'on les prend pour des gneiss ou des micaschistes;

c) Des bancs de granite clair présentent souvent une ségrégation qui forme dans la masse claire des zones ou des taches elliptiques plus sombres avec des éléments différents : éléments plus denses généralement.

Ces variations du batholite sont expliquées par la digestion des roches archéennes et primaires dont on retrouve des restes épars, sous forme de bancs en lentilles ou de brèches.

Une autre preuve de l'intensité des mouvements internes dans le batholite est le grand nombre de cristaux brisés, tordus, pliés en arc de cercle et rompus dans l'apex de la courbe, ce qui est surtout le fait des cristaux de mica biotite dans le granite et de ceux de trémolite dans la serpentine.

Tout ceci est la preuve de convulsions extrêmes. Par l'entrecouplement des filons de quartz, on peut en déceler de deux ou trois époques différentes, les uns donnant du sable pur, les autres de l'or, les autres de l'émeraude. Je rappelle ici que cette pierre précieuse n'existe en gisement exploitable que dans trois ou quatre pays et que l'un est au Turkestan et l'autre en Sibérie, ce qui rend les comparaisons assez difficiles.

L'émeraude est surtout exploitée en grand dans le département de Santander (à Muzo), mais j'en ai trouvé dans le ravin du Rio Angustia, affluent du Rio Grande, dans le massif antioqueño.

Le quartz primitif, au contraire des filons secondaires, n'est jamais aurifère. Enfin, le tout est pyriteux, ce que les géologues de Colombie attribuent à des venues thermales postérieures.

L'opinion qu'on doit admettre de nombreux soubresauts et des venues thermales est renforcée par le grand nombre de diaclases avec brisures, de filons de quartz émietté, de sources minérales, de failles avec stries de glissements, emplissages de sables, granite altéré, brèches ou arkoses; enfin, par les petites éruptions postérieures, volcans naguère encore en activité, séismes nombreux facilitant les écroulements dont nous parlerons plus loin.

*Au point de vue macroscopique*, la roche la plus fréquemment rencontrée est le granite à gros grains, de 1 à 5 mm, blanc ou clair dans la masse, fonçant avec l'augmentation de la proportion de biotite ou de hornblende.

Toutes les formes que nous avons passées en revue sont éparses dans l'ensemble, mais la granodiorite hornblendique ou biotitique à gros grains se trouve partout et est tellement vulgaire qu'on n'en prélève plus d'échantillons au bout de quelques jours de marche et que je me contente de noter dans mon carnet : « granite normal ».

Au point de vue microscopique, dans l'ordre d'importance, les minéraux sont : 1<sup>o</sup> les plagioclases, 2<sup>o</sup> le quartz, 3<sup>o</sup> la hornblende, 4<sup>o</sup> le mica biotitique, 5<sup>o</sup> la pyrite.

Suivant les minéralogistes Sud-américains, on devrait les classer comme suit dans l'ordre de cristallisation : 1<sup>o</sup> apatite et zircon, 2<sup>o</sup> hornblende et biotite, 3<sup>o</sup> plagioclases, 4<sup>o</sup> quartz.

On voit souvent à l'œil nu les micas brisés, tordus et repliés par le développement du quartz.

Disons maintenant quelques mots des différents constituants :

*Les plagioclases* dominent avec une proportion de 32 à 79 % fréquemment mâclés, parfois brisés, hydratés, toujours blancs.

*Les orthoclases* sont présents en inclusions, y compris la microcline différenciant les diorites et les tonalites; ils sont également blancs mais anhydres.

*Le quartz* est le second dominant, n'étant absent que dans certaines diorites à hornblende. Teneur en quartz oscillant entre 10 et 20 %; il est souvent fracturé et s'introduit parfois dans la biotite, la hornblende et les plagioclases; il est blanc et anhydre. Certains filons de quartz sont violets ou verts.

*La biotite* en cristaux tabulaires existe en proportion de 8 à 20 %; elle remplace parfois la hornblende et est parfois elle-même remplacée par des minéraux postérieurs; on a vu plus haut qu'elle était souvent pliée ou courbée; sa couleur varie du brun rouge au vert foncé, paraît noirâtre dans l'ensemble et est même parfois orange.

*La hornblende*, dont la teneur va de 0 à 20 %, est le second élément coloré important, surtout dans les granites les plus basiques; elle remplace parfois la magnétite et est souvent remplacée elle-même ultérieurement par d'autres cristaux; sa couleur est toujours foncée, allant du brun-rouge au vert foncé : les mâcles sont fréquentes.

Parmi les autres minéraux d'origine, on peut citer, avec BOTERO, l'apatite, la titanite, le zircon, le rutile et la magnétite.

Parmi les minéraux d'altération, mentionnons que la chlorite remplace la biotite, le kaolin se substitue au feldspath et l'épidote à la hornblende. Il peut encore se faire que par substitution ou ségrégation l'augite prenne la place de la hornblende.

Parmi les minéraux secondaires de migration ou d'imprégnation, outre le quartz et les sulfures métalliques, signalons que la pyrite accompagne souvent l'or et que la calcite se montre çà et là.

*Sous le rapport de l'analyse chimique*, les chimistes de l'École des Mines de Medellin ont permis d'établir le tableau suivant des constituants du « granite » :

SiO <sub>2</sub>	de minimum	52,69	à maximum	68,77.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	de minimum	13,39	à maximum	23,97.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	de minimum	0,81	à maximum	5,29.
FeO	de minimum	2,19	à maximum	6,01.
MgO	de minimum	1,39	à maximum	6,39.
CaO	de minimum	2,50	à maximum	6,83.
Na <sub>2</sub> O	de minimum	1,41	à maximum	4,77.
K <sub>2</sub> O	de minimum	0,54	à maximum	1,79.
TiO <sub>2</sub>	de minimum	0	à maximum	traces.
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	de minimum	0	à maximum	0,39.
H <sub>2</sub> O	de minimum	0,43	à maximum	1,84.

#### CHAPITRE IV.

##### LES AUTRES ROCHES AZOÏQUES DE LA CORDILLÈRE CENTRALE.

*Serpentine.* — Cette roche probablement d'origine interne est antérieure au batholite, souvent traversée par des apophyses du granite et elle-même fréquemment intrusive dans les roches qui la surmontent.

Constituée par du quartz, feldspath, hornblende et augite, mais sans mica, elle prend souvent la texture gneissique. La roche est presque toujours à grain fin et très dure. Elle se distingue par de belles veines multicolores et l'on y rencontre couramment la trémolite dans les parties à texture gneissique. Ses diachlases sont imprégnées de chlorite onctueuse en enduits épais, engendrant parfois des glissements en masse.

*Aspect général :* Roche toujours verdâtre, rubannée, avec des teintes allant du jaune-vert au vert bleuté foncé. Cette teinte est due à la chlorite.

*Amphibolite.* — Roche dont l'origine ignée ou sédimentaire se discute encore. Elle est très dure, très résistante, même en affleurement, car la météorisation a peu de prise sur elle; forme souvent la cime des cordillères. L'épaisseur régulière de l'amphibolite a donné corps à l'hypothèse qu'elle représente le Précambrien.

Elle est constituée de quartz et d'amphibole avec feldspaths plagioclases sans mica. Sa texture est parfois vitreuse comme le quartzite et parfois grenue, surtout lorsque sa texture devient gneissique. Cette roche possède des diaclases en de nombreux sens, mais celles-ci ne se marquent que par une très légère altération de la roche, altération d'ailleurs toujours superficielle. Elle n'offre ainsi aucune tendance au glissement ni à l'éboulement. Sa texture est surtout gneissique au contact des deux roches ignées précédentes.

*Aspect général* : Roche massive, parfois à allure gneissique, mais généralement avec peu de schistosité et de diaclases. C'est en Antioquia la roche type appelée « mani » ou roche à moëllons, pavés, etc. Sa couleur est sombre, du gris au gris-bleu ou gris-vert foncé. Le marteau rebondit toujours et donne des étincelles.

Gneiss. — Les gneiss sont d'épaisseur bien régulière et fort probablement d'origine métamorphique.

Généralement très durs par suite de la grande proportion de quartz, les gneiss sont stratifiés en bancs plus minces que les roches précédentes et avec une allure entrecroisée de cette stratification. Il est à noter que, dans les zones de contact, toutes les roches précédentes prennent une allure gneissique, comme il a été dit. De sorte que le gneiss peut provenir du métamorphisme des roches dont la description va suivre, au contact des roches ignées, l'alignement provenant de leur entraînement lors des mouvements tectoniques; il peut aussi provenir de ces mêmes roches ignées lorsqu'elles ont « digéré » des roches sédimentaires. Fréquemment, à la base du gneiss classique, donc entre l'amphibolite et le gneiss, on trouve une bande de gneiss œillé, roche dure, à clivage allongé comme la stratification, mais possédant des « yeux », taches blanches qui sont des concrétions résultant de migrations de roches feldspathiques dans la masse, ces concrétions ont été déformées et le plus souvent allongées en amandes par le laminage de la roche. L'augengneiss est un indice de passage d'une roche à l'autre.

*Aspect général* : Cette roche présente toujours des sortes de stratifications. Elle est sombre, de gris-bleu à noir, avec des taches claires. Elle donne souvent une terre rouge par altération des sels de fer.

**Micaschiste.** — Cette formation n'est pas très développée ici; elle est intermédiaire entre le gneiss et la phyllite. Sa texture est plus feuilletée et elle contient de nombreux micas allongés dans le sens de la schistosité.

Son nom résume sa texture et explique ses défauts : sa tendance au glissement suivant la stratification principale. Il s'agit d'une roche sédimentaire, mais fortement métamorphisée; elle est moins quartzreuse et plus schisteuse que le gneiss et s'altère en argile micacée. Il est dangereux d'y creuser sans soutènement.

*Aspect général* : Roche schisteuse, se feuilletant, brillante dans les joints par suite de l'abondance de mica. Elle est onctueuse au toucher et l'outil la raie facilement. Teinte gris foncé à noir, elle s'altère du blanc sale à l'ocre jaune ou brune.

**Phyllite.** — Roche nettement sédimentaire; elle a été métamorphisée au contact des roches ignées citées ci-dessus. Elle contient du quartz et certains bancs sont assez solides de ce chef. Elle contient également des amphiboles, mais sa texture fortement phylladeuse et sa stratification entrecroisée ne permettent pas de la considérer comme une roche solide. Elle comprend aussi d'autres bancs particulièrement micacés de biotite, chlorite et muscovite. Ces derniers bancs s'altèrent fortement par météorisation et donnent lieu à de multiples glissements. Enfin, elle renferme de nombreuses lentilles de pegmatites où la cristallisation s'est développée en gros cristaux de quartz, de hornblende et surtout de mica muscovite en grandes plages qui lui enlèvent toute cohésion; ces zones sont particulièrement dangereuses en construction. En résumé, la phyllite est la plus mauvaise formation au point de vue terrassements.

*Aspect général* : Roche hétérogène, à stratification d'allure entrecroisée, avec nodules quartzeux et même bancs assez durs par endroits, parfois plus régulière mais toujours avec de nombreux clivages. Elle se débite facilement en petits fragments sous forme de baguettes, losanges, ardoises, ordinairement peu consistants. Sa couleur est généralement foncée, mais jusqu'à l'altération presque claire. On lui trouve çà et là l'aspect de schistes graphiteux noirâtres, mais avec intercalations de bancs d'une pegmatite toute blanche. Elle a beaucoup d'analogie avec nos phyllades du Révinien.

## CHAPITRE V.

## LES FAILLES ET LES DIACLASES.

## A. — LES FAILLES.

Le massif batholitique est, du moins dans les zones que j'ai parcourues, une sorte de jeu de cubes que de grandes failles traversent du Sud au Nord. Ces failles ont la même orientation que les grands fossés tectoniques qui bordent le massif à l'Est et à l'Ouest.

Elles se signalent par des accidents de terrain ou par une coïncidence avec le tracé des vallées ou des ravins et, à l'examen plus poussé, par la présence de roches clastiques, telles que brèches ou arkoses, ou encore par des filons secondaires, notamment du quartz aurifère et des sulfures hydrothermaux.

Un cas remarquable fut révélé par un sondage dans le ravin encaissé du Rio Chorro Frio, affluent de l'Ayura, près d'Envi-gado, où les mêmes roches furent rencontrées avec une différence de profondeur de 28 m entre les deux rives de ce torrent.

*En général, les deux lèvres de ces failles sont soudées par des brèches consolidées ou du quartz, mais je pense qu'en cas de mouvements sismiques, elles jouent un rôle non négligeable.*

La fréquence de ces failles est de 1 ou 2 par kilomètre pour celles à faible rejet, et de 1 par 10 ou 20 km pour celles à transport notable. J'en ai compté 14 sur 17 km étudiés au Rio Grande, et probablement certaines m'ont échappé, mais 7 ou 8 d'entre elles ne paraissent pas avoir une importance réelle ou n'intéressent qu'une seule rive, d'où l'on peut en déduire que cette grande rivière suit elle-même une faille plus importante dirigée de l'Est à l'Ouest dans cette partie de son cours.

Il n'empêche que le géologue constate fréquemment aux failles un changement dans la nature des roches, de leur grain, ou la présence de structures gneissiques ou bréchiques nettement localisées. C'est là qu'on pourra trouver aussi les restes de formations antérieures au batholite, mais tellement métamorphosées et tellement « digérées » que leur présence n'a aucune influence sur le comportement général du massif éruptif.



## B. — LES DIACLASES.

Il n'en est pas de même des diaclases. Quoiqu'on en ait dit, ces fissures ne me paraissent pas avoir une origine tectonique. Elles résultent de retraits de refroidissement ou de dessiccation, comme le montrent les roches émergées et toutes les laves.

Ces diaclases forment des réseaux de fissures dont l'un est plus ou moins parallèle à la surface du sol; c'est le réseau de diaclases horizontales ou subhorizontales, dont l'inclinaison va de 0 à 45°. J'ai noté que cette inclinaison est le plus souvent de 0° à 10° maximum, mais va de 30° à 45° dans tous les cas où il semble y avoir, dans le batholite, une trace de roches primaires ou archéennes, car chaque fois que je constatais une inclinaison anormale, il y avait des schistes, des quartzophyllades ou bien une faille aux abords.

Perpendiculairement ou subperpendiculairement à ce réseau, il existe deux autres réseaux perpendiculaires au premier et plus ou moins perpendiculaires entre eux. On constate la même chose dans nos calcaires ou nos grès.

Selon OSPINA, les directions des diaclases des terrains paléozoïques seraient Nord 68° Est pour les principales et Nord 22° Ouest pour les conjuguées.

Dans le batholite, les diaclases ne présentent aucunement une orientation conforme à ces données. Il fallait s'y attendre et aussi, que les directions ne soient pas absolument partout les mêmes, puisque des mouvements ont été postérieurs vraisemblablement à l'époque où la plupart ont eu leur origine.

J'ai fait 108 mesurages d'orientation des diaclases, c'est-à-dire que j'ai mesuré les deux réseaux en 54 endroits différents, dans la région du Rio Grande située à peu près dans l'axe de la Cordillère. Presque toujours le résultat est Nord 10 à 30° Est et Nord 60 à 80° Ouest, ou bien l'inverse, c'est-à-dire Nord 15 à 25° Ouest et Nord 65 à 75° Est. Dans les 6 cas non conformes à ces chiffres, le réseau subhorizontal était incliné entre 30 et 45°, donc la situation était anormale et il y avait eu mouvements dans le massif.

*Le batholite qui est venu après la consolidation des roches archéennes et primaires a donc des diaclases orientées tout à fait autrement que dans les roches paléozoïques.*

L'essentiel est que le granite est divisé en cubes, que cette division est partout et date d'une période immédiatement postérieure à l'éruption.

L'importance des diaclases est dans leur influence sur l'érosion du massif; nous examinerons cette question au chapitre suivant.

## CHAPITRE VI.

### ALTÉRATION DU GRANITE DANS LA GORDILLÈRE CENTRALE.

#### A. — DÉSAGRÉGATION DU BATHOLITE.

L'agent principal de la désagrégation du granite batholitique est l'eau atmosphérique. L'occasion offerte à l'eau pour cette désagrégation est l'existence des réseaux de diaclases. Le point faible du granite lors de cette attaque par l'eau est la forte proportion de feldspath dans le batholite, on a vu qu'elle variait de 32 à 79 %.

L'eau atmosphérique contient déjà l'oxygène et l'anhydride carbonique de l'air. En traversant la couverture parfois épaisse et chargée de matières humiques, elle se charge d'acides végétaux. Elle est donc particulièrement apte à effectuer un travail d'oxydation et d'hydratation.

Le climat chaud et humide est favorable à un grand développement de la végétation. En de nombreux endroits, l'épaisseur de la terre noire est de plus d'un mètre. Le terreau est additionné des matières qui proviennent des incendies des forêts; la fertilité du sol est extrêmement remarquable; les éléments feldspathiques du granite lui donnent la potasse et la soude qui activent cette fertilité.

La préexistence des diaclases prépare la pénétration profonde des racines et de l'eau chargée des substances oxydantes, hydratantes et dissolvantes. La corrosion s'enfonce et la circulation de l'eau dans la tête de la roche s'établit.

La forte pluviosité et la vitesse de la circulation entraîne les éléments fins et légers parmi lesquels se trouve le feldspath en décomposition, et comme la surface de contact est donc toujours nettoyée, l'érosion continue en profondeur.

Malgré un réseau hydrographique très développé et un entraînement des matières désagrégées, on doit bien constater que *les affleurements de roche saine et dure sont rares, ce qui tend à prouver que l'altération par corrosion va plus vite que l'entraînement.*

L'altération du feldspath produit du kaolin, suivant un processus bien connu, car c'est un phénomène universel.

L'orthose des pegmatites, d'ailleurs rares dans ces régions, n'échappe évidemment pas à la loi générale et la microcline des tonalites subit le même sort.

Nous venons de voir que les feldspaths sont une vraie gangue pour les autres cristaux et une fois privés de la cohésion par la kaolinisation, les autres cristaux se désagrègent ou se décomposent à leur tour.

La biotite, 8 à 20 % de la masse, et qui se substitue parfois à la hornblende mais est aussi remplacée par des minéraux ultérieurs, résiste assez bien à l'altération, mais non pas à la désagrégation; elle est déjà parfois plissée, fissurée ou déchirée dans la roche saine et on sait comme elle se clive avec facilité. Finalement, elle devient de la chlorite ou un hydrate de fer.

La muscovite des pegmatites n'a pas plus de solidité.

La hornblende compte pour 0 à 20 % dans les massifs de la Cordillère Centrale; elle remplace parfois la magnétite, mais d'autres minéraux se substituent à elle fréquemment, notamment l'épidote. Toutes ces substances foncées forment souvent, dans le granite clair, des taches sombres par ségrégation.

La pyrite est présente presque partout : on connaît son aptitude particulière à l'altération rapide jusqu'à la limonite. Il n'est pas exclu que l'altération de la pyrite libère de l'acide sulfurique puisque nous constatons presque partout sa transformation en hydroxyde.

Le quartz, si on exclut les filons postérieurs, ne fait que 10 à 20 % de l'ensemble et ne suffit donc pas à maintenir la cohésion générale dès que les feldspaths sont altérés. Il est toujours présent ne fut-ce qu'en petits filons dans les diorites hornblendiques.

Les autres éléments n'ajoutent rien aux propriétés du granite car ils n'y sont qu'en faible teneur.

Il résulte de tout ce qui précède que le granite est très sensible à la corrosion et à l'érosion. Celle-ci achève la désagrégation que l'altération chimique a commencée. *L'aptitude à la décomposition est incroyable. Où il n'y a que du granite, la pénéplanation est la règle générale. Ailleurs, il forme des dépressions et les sommets de la Cordillère Centrale sont d'amphibolite ou de serpentine, ou de laves récentes, andésites et basaltes.*

Le processus d'altération est normal, mais il se poursuit ici avec une rapidité incroyable, due au climat et à l'importance des diaclases. Nous verrons qu'il s'y est formé un karst comme dans les calcaires, l'eau ayant suivi, puis altéré et agrandi les fissures, jusqu'à des profondeurs qu'on ne soupçonnait pas.

#### B. — LES DIFFÉRENTES ZONES D'ALTÉRATION.

Voici comment se répartissent les diverses zones, de la surface à la profondeur, lorsqu'il n'y a que du batholite en affleurement :

Zone I (en surface). — Terre végétale sur sable ou argile suivant la teneur du granite en quartz et en feldspath. C'est le manteau meuble par excellence et l'on peut voir par certains sondages, par la ballastière et la sablière ouvertes entre Mocarongo et La Mayoría, que l'épaisseur totale de cette couverture a de 1 à 20 m.

Zone II. — La roche est complètement décomposée, mais restée en place à moins qu'elle n'ait dégringolé à la suite d'un glissement de terrain, ce qui arrive sur les pentes et les éperons. Ici, les grains de la roche n'ont plus de cohésion. On peut voir le granite avec tous les types particuliers, ses veines, ses lentilles, ses diaclases, mais on peut le creuser à la main ou le couper au couteau; cette épaisseur va de 5 à 10 m. Dans cette zone, où la roche est « pourrie », il se présente une particularité de la Cordillère : les chemins se creusent et, transformés en torrent lors de la saison des pluies, deviennent, même à flanc de coteau, de véritables tranchées où l'on aperçoit de loin la tête des cavaliers sans voir la mule qui les porte. Les sentiers se creusent en se rétrécissant, on voit alors les muletiers sortir leurs machettes et couper la roche qui s'effrite comme une terre meuble. Une pierre plus volumineuse subsiste parfois, ce qui oblige les cavaliers à se servir d'étriers portant une pointe de chaussure en fer forgé afin que le pied ne soit pas écrasé entre le roc et le ventre de la mule; dans ces chemins, on ne peut donc se croiser qu'à des dégagements aménagés à cette fin et il est impossible de faire demi-tour ailleurs.

Zone III. — La roche est constituée par des « boules »; type de désagrégation connue, mais d'une épaisseur mesurant ici de 5 à 10 m. Ces boules proviennent des cubes de granite que découpent les diaclases, lorsqu'elles sont attaquées et

ouvertes. La circulation de l'eau y altère évidemment plus facilement les angles. Ces blocs sont en place, mais entourés du résidu d'altération des diaclases, c'est-à-dire suivant la composition du granite, d'argile ou de sable ou même de vases (dans les rios) ou de limons et graviers (alluvions des terrasses fluviales). Lorsqu'on fait une tranchée, ces boules apparaissent dans la paroi ou le talus des routes. Le cœur est sain et parfois très dur; il est entouré d'une sorte de « coquille » altérée,



FIG. 5. — Boule de granite avec sa « coquille » feuilletée bien visible sur la droite, intacte malgré l'« éclatement » du centre de la boule. Diamètre : 3 m.

à moins que celle-ci soit déjà détachée ou devenue meuble à son tour. Ces blocs arrondis se détachent facilement, laissant dans les parois des « chapelles »; ils facilitent évidemment les écroulements, éboulements et glissements de terrains. On peut, dans les lits des rivières ou dans les ravins, ou encore dans les terrasses fluviales, confondre ces « boules » avec des blocs erratiques roulés par les eaux. La plupart sont déjà rondes « in situ », le poli de leur surface seul permet de les distinguer les uns des autres. J'ai vu des blocs semblables ayant jusqu'à 10 m de diamètre; parfois, une demi-boule seulement affleurant,

je croyais à un anticlinal ou à un pointement de granite et ce d'autant plus facilement que, tout contre le bloc, on voyait une sorte de gneiss ou de micaschiste qui en épousait le contour; on aurait juré qu'il s'agissait du contact du batholite avec une roche archéenne. En réalité, ce n'était qu'une boule avec sa coquille et en dégageant plus bas, on devait constater que la prétendue roche sédimentaire n'était que le coquille de la boule et l'entourait de partout. *Je ne pense pas que cette particularité des « coquilles » ait déjà été signalée.*



FIG. 6. — Boule de granite en voie de subdivision; la « coquille » à structure gneissique visible à droite et à gauche (flèches). Diamètre : 5 m.

Zone IV. — Cette zone est identique à la précédente comme altération, mais étant moins atteinte, les blocs de granite sont encore cubiques et s'emboîtent parfaitement. Si elle est plus stable sur les versants et dans les tranchées, elle n'en est pas moins dangereuse dans les mines, tunnels, galeries, etc. En effet, les cubes sont détachés l'un de l'autre, les diaclases élargies par l'altération sont parfois vides de remplissage meuble, ou bien les coquilles commencent à se former et n'adhèrent plus au cœur des blocs. Ils peuvent donc causer, dans les travaux souterrains, des « cloches » dangereuses. La puissance de cette zone est de 10 à 20 m.

Zone V. — La roche est saine et il n'y a plus de coquilles. Les cubes de roches présentent encore une certaine adhérence l'un à l'autre, mais les fissures se marquent bien, surtout lorsque leur élargissement subséquent s'est produit et qu'elles sont

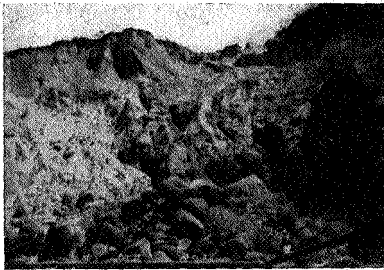
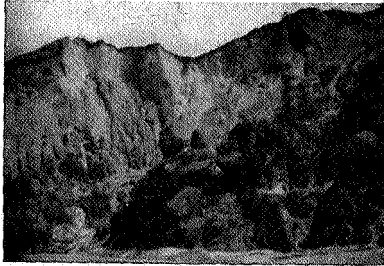


FIG. 7, *a, b, c.* — **Altération du granite.**

*a* : Falaise de 40 m d'arène granitique.

*b* : Substratum de 30 m de boules granitiques.

*c* : Caverne dans les boules; le personnage donne l'échelle.

accentuées par des petits lits argileux ou ferrugineux, ou bien encore par des intrusions résultant de venues hydrothermales, avec dépôts de sulfures ou de quartz en veines, ces remplissages étant des zones de moindre résistance et toujours mal soudés à la roche mère. Profondeur de 5 à 10 m.

Zone VI. — Roche dure et saine, les diaclases n'étant plus que de vrais joints soudés.

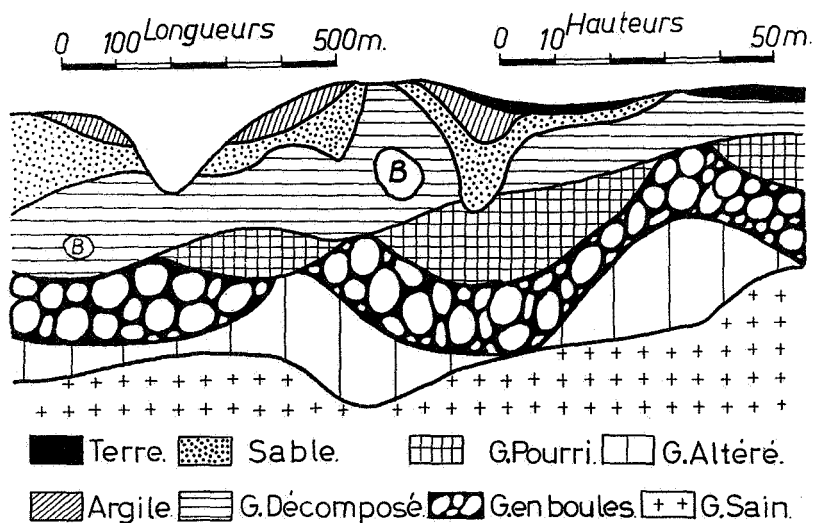


FIG. 8. — Zones aberrantes d'altérations du granite.  
Sondages de la Quebradona.

Il résulte de tout ceci que :

1° Dans un sondage, on peut rencontrer une roche très dure très rapidement mais il faut percer au moins 10 m de roche saine pour affirmer que l'on a atteint le bed-rock inaltéré et non un bloc ou une boule qui peuvent reposer sur un lit d'argile.

2° La profondeur totale à laquelle on doit creuser pour rester dans la roche saine est de 70 m environ sous la surface du sol. Ceci ne veut pas dire qu'il faudra partout 70 m, mais il y a des zones aberrantes où l'altération forme des poches profondes et la certitude de ne pas les rencontrer n'existe qu'à plus de 70 m de profondeur.



*Ainsi l'altération du granite, qui ne dépasse guère 10 m en Égypte, 25 m en Bretagne, 40 m en Auvergne et en Bavière, atteint sous le climat à la fois humide et chaud une profondeur de 70 m. On en comprend mieux le modelé aux formes adoucies et les nombreuses mesetas de la Cordillère.*

Mais il ne faut pas compter sur une altération constante réglée une fois pour toutes à une profondeur déterminée : toutes les surprises sont possibles et c'est encore ici une explication par des venues hydrothermales qui se défend le mieux.

Quelques sondages avaient montré, notamment sur la Quebradona, pour une retenue sur ce rio à proximité de Don Matias, l'irrégularité des différentes zones d'altération en profondeur. Des sondages exécutés après mon expédition ont confirmé cette irrégularité. J'ai pu en montrer plusieurs coupes tracées en alignant les résultats de sondages voisins. *Toutes indiquent l'impossibilité de compter sur une profondeur fixe pour un même stade d'altération et c'est là le danger pour des travaux souterrains et des fondations de constructions du génie civil.*

#### C. — SOLS PROVENANT DE LA DÉCOMPOSITION DES GRANITES.

Tous les types de sols peuvent résulter d'un massif granitique comme celui du batholite de la Cordillère Centrale : depuis le kaolin pur (Las Palmas) jusqu'au sable pur (Ochoa) en passant par les argiles et les arènes de toutes couleurs. Dans les vallées où le gisement hydrostatique est proche du sol, on peut même avoir plusieurs mètres de tourbe (Quebradona). Pour le béton, il est préférable de recourir aux graviers d'alluvions des grands rios qui fournissent une sélection des roches les plus résistantes. Lorsqu'on utilise pour le béton les arènes ou le produit du broyage des boules du granite, les gros éléments du béton pourrissent et éclatent comme la roche elle-même; la forte proportion du feldspath en est la cause; dans les ballastières du granite, les grains de feldspath sont déjà kaolinisés en surface; il faut donc choisir des éléments assez gros de roche saine, les broyer assez finement et éliminer par lavage le maximum de kaolin.

## CHAPITRE VII.

## MORPHOLOGIE DE LA CORDILLÈRE CENTRALE.

## 1. Les Quebradas.

Avant de passer à la description et à l'explication de la morphologie de la Cordillère Centrale, il convient de présenter ici deux choses que je définis par leurs noms Sud-américains, faute de leur trouver un équivalent en français qui ne prête à confusion.

Le mot « quebrada », au sens que lui donne les géographes et les géologues hispaniques, n'a pas d'équivalent en français. Étymologiquement, il signifie cassée, brisée, rompue, mais en littérature, il a le sens de ravin, gorge, et enfin, en morphologie géographique, il est l'équivalent de notre mot torrent, gave. Je peux donc le définir ici pour ce qui nous concerne, comme une coupure dans un versant avec un cours d'eau ou bien ce cours d'eau lui-même ou, mieux encore, un torrent généralement encaissé, mais qui peut être absent.

Ayant discuté de la question avec des géologues espagnols qui prétendaient que « Quebrada » signifiait seulement ravin, j'ai eu la chance de pouvoir leur opposer les termes de « Quebrada subterranea » trouvés sur des cartes colombiennes, prouvant qu'il s'agissait bien du cours d'eau qui était souterrain à certains endroits, cette appellation devenant un non-sens s'il s'agissait du ravin uniquement.

Pour les géologues Sud-américains, les quebradas résultent de l'érosion d'un flanc de montagne par un torrent, mais comme on trouve encore le mot quebrada Las Palmas pour rio Las Palmas pour désigner un cours d'eau calme sur la meseta, donc une rivière de plateau sans ravin ni gorge, on voit que là encore quebrada a pour équivalent notre mot rivière de montagne.

Le mot quebrada est toutefois réservé aux cours d'eau qui n'atteignent pas la largeur de plus de 20 m, au-delà de laquelle on leur réserve alors, même pour de larges fleuves, le nom de rio.

De nombreux cours d'eau changent plusieurs fois de nom dans les Cordillères; ceci provient du peu de relations qu'avaient entre elles les populations séparées par des massifs au relief

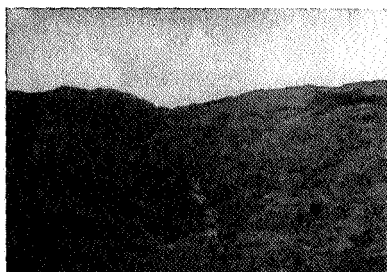


FIG. 9, *a*, *b*, *c*. — Vallée sèche dite « quebrada subterranea ».

*a*: Ravin de cailloux de granite.

*b*: Doline sur le trajet souterrain.

*c*: « Derrumbe » à la résurgence.

difficile à franchir. Par exemple, le rio Agudelo devient le rio Paramillo après sa jonction avec le rio Dante à El Retiro, mais il devient le rio Negro à La Fe après sa jonction avec le rio Las Palmas, enfin il prend le nom de rio Nare jusqu'à son confluent avec le Magdalena.

D'une façon analogue, sur l'autre versant de la Cordillère, le rio Medellín devient le rio Porce après sa jonction avec le rio Grande, mais le Porce prend le nom de Nechi à la confluence d'un affluent moins important qui porte ce nom et il le garde jusqu'à sa jonction avec le Cauca.

C'est sur les deux rives du rio Grande, mais particulièrement sur sa rive gauche, que j'ai rencontré ce qu'on appelle là les Quebradas subterranéas. Il s'agit de vallons secs ou de quebradas sèches, hypogées à la façon dont les rivières se perdent en pays de karst. Ce phénomène est manifestement dû à la décomposition des granites et à son altération en boules. Les boules qui sont empilées laissent entre elles des passages que les eaux d'orages nettoient à fond en entraînant les matériaux meubles les plus légers des arènes granitiques. Nous avons pu prendre ainsi la photographie d'une vallée sèche avec ses dolines alignées et, tout à l'aval, une résurgence magnifique sortant du pied de la montagne et se jetant dans le rio. Ces phénomènes karstiques se limitent évidemment à la profondeur de l'altération des granites, soit quelques dizaines de mètres, mais *cela nous a suffi pour pénétrer dans de véritables grottes avec lacs souterrains et dépôts de remplissages*. Si l'on en parle ici, c'est par suite d'une particularité remarquable qui mérite l'attention. En effet, c'est à dessein que j'ai dit que l'eau entraînait les éléments les plus légers des arènes granitiques. On sait que nombre de filons de quartz, en Colombie et en Équateur, renferment l'or et l'argent natifs. *Une classification naturelle s'opère entre les éléments constitutifs de filons et les métaux lourds restent évidemment au fond des grottes en question*. Les indigènes l'ont remarqué et vont, au péril de leur vie, faire de la spéléologie entre les boules et descendent parfois entre 40 et 50 m pour laver les matériaux de remplissage enrichis en métaux précieux. Il n'y a pas d'extraction et ils ne remontent que les paillettes ou les pépites, car l'eau est fournie au fond, et avec une certaine pression parfois, par les quebradas subterranéas.

## 2. Les Derrumbes.

C'est le second terme Sud-américain qui mérite de passer dans la terminologie pour désigner un phénomène qui n'a pas son équivalent en Europe.

Nous connaissons, notamment dans les Alpes, les avalanches de boues et aussi les éboulements de montagne. Même en Belgique, nous avons connu des glissements fameux le long de bancs ou de lits argileux ou des glissements de limons saturés d'eau sur un substratum incliné et peu perméable; dans nos roches dures, les écroulements sont toujours dus à une pente « savonneuse », lit de schiste altéré ou faille avec remplissage meuble; ils se produisent après les périodes de pluie ou de dégel. Plus rares sont les affaissements dus à la dissolution du substratum (régions calcaires ou gypseuses). Enfin, nos falaises et nos versants ne s'écroulent généralement que si leur équilibre est rompu par un séisme, une sape de la base, comme l'affouillement par des eaux vives ou des terrassements imprudents. Assurément, les Andins connaissent aussi ces phénomènes.

Ce qu'on peut en dire, c'est qu'après le drame, la partie restée en place montre toujours un talus plus proche du talus naturel d'équilibre.

Mais un derrumbe a une autre cause qui est l'altération très rapide du granite en profondeur. Un versant, une paroi, un talus restent en équilibre stable pour une cohésion déterminée et pendant un certain temps. Au bout d'un laps de temps se chiffrant parfois à quelques années, la cohésion diminue par le « pourrissement » du granite. *Ce qui correspondait à un talus naturel à un moment donné ne l'est plus par après et la décomposition de la roche se produisant en profondeur, la paroi subverticale croule littéralement mais montre après la catastrophe une autre paroi tout aussi verticale, avec tout simplement un degré moindre d'altération. Cette paroi sera mûre à nouveau pour un derrumbe un peu plus tard.*

C'est ainsi que l'on a creusé des routes qui tiennent pendant quelques années et ensuite les éboulements commencent. Le talus naturel qui était bon lors des travaux, devient trop fort après leur achèvement. Dans le relief naturel des Andes, il y a des pentes bonnes provisoirement, mais que la désagrégation

des roches va rendre dangereuses. Ce sont les falaises et les éperons qui croulent, mais j'insiste sur le fait qu'il ne s'agit pas de minage du pied. Les périodes pluvieuses accélèrent évidemment l'écroulement.

Ces derrumbes barrent parfois des vallées et forment des lacs provisoires. Des cars partis le matin ne peuvent rentrer le soir, les trajets étant longs et toutes les routes étant des chemins de montagnes; parfois, c'est l'éboulement d'en haut qui barre la route, mais parfois c'est la route elle-même qui tombe dans un précipice. Les principales provinces ont des équipes de bulldozers qui ne chôment jamais. C'est le grand nombre de ces derrumbes qui explique la turbidité continue des rivières.

Pendant mon séjour en Antioquia, les journaux mentionnaient quotidiennement un « derrumbe » grave par ses conséquences : travaux routiers éboulés, chemins de fer coupés, obstructions sur les routes, coupures de pipe-line, habitations ensevelies, ruptures de la conduite d'adduction alimentant Medellin, formation d'un lac et village d'Ancon menacé par suite du comblement d'une quebrada entre Copacabana et Girardota, etc. Beaucoup de ces accidents entraînent mort d'hommes. On cite le cas récent d'une foule de plus de cent personnes venues pour voir les effets d'un derrumbe et ensevelies à leur tour par une seconde catastrophe survenue quelques heures après la première.

À côté de ceux-là, j'ai compté, à la suite de pluies, 12 à 13 derrumbes sur les 100 km de la route La Mayoría-Copacabana, le 15 octobre 1955, et tout autant sur les 70 km de la route Barbosa-Santiago, le 28 octobre 1955, et il s'agit de deux grandes routes nationales. Pendant mes explorations du cours aval du Rio Grande, j'ai relevé plusieurs derrumbes sur chaque rive.

*En résumé, il faut tenir le terrain superficiel comme instable dans toutes les régions où le relief est accidenté.*

### 3. Morphologie.

Nous pouvons maintenant expliciter la morphologie de la Cordillère Centrale.

Au centre le batholite en affleurement, mais, vu son altération très prononcée, il forme une cuvette qui est la meseta. Sur ce plateau, qui, contrairement aux nôtres, n'a pas de bordure descendant progressivement, on voit au contraire un

rebord comme une assiette renversée, ainsi qu'on a déjà décrit la Cuvette Centrale Congolaise. La différence est dans les dimensions, toutes en longueur et de faible largeur, mais les rebords sont assez relevés pour contenir un bassin hydrographique qui, étant donnée la forme de la meseta, est un bassin également étroit et orienté du Sud au Nord.

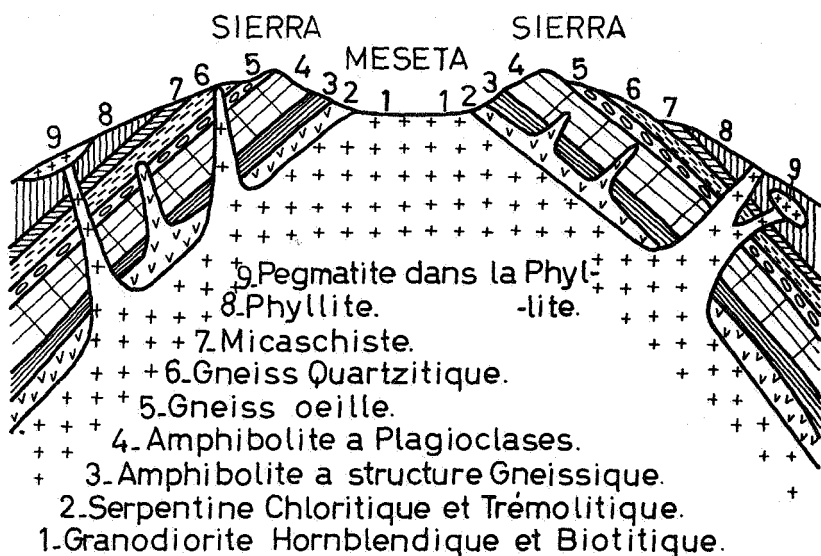


FIG. 10. — Coupe théorique montrant structure et morphologie de la Cordillère Centrale.

Sur la meseta, les rios ont un cours assez calme, et plutôt lent, comparativement à l'aval de leurs cours.

Après le rebord de la meseta, lorsqu'on s'écarte de celle-ci, les versants sont à pente très forte et parfois, mais plus rarement, abrupte. Je l'ai dit précédemment, la Cordillère Centrale, quoiqu'on en pense, a plutôt, dans l'ensemble, un relief adouci.

Ce qui en impose, c'est le cours des rios qui dégringolent de la meseta plutôt qu'ils n'en coulent. Comme on l'a vu plus haut, la vitesse des rios devient plus grande et dans les quebradas, il y a souvent plus de cascades que de cours proprement dits.

Les quebradas sont généralement dans les phyllites et les micaschistes, mais si une crête est uniquement de batholite, il s'y forme de la même manière des quebradas torrentueuses. Leur pente est énorme; par exemple, la quebrada El Dormido, affluent de la rive droite du Rio Grande, descend 650 m sur 2 km à vol d'oiseau, soit une pente de 32,5 %.

Le Rio Grande lui-même, large selon les endroits de 30 à 100 m, descend 1.200 m sur les 17 km explorés; sa pente métrique moyenne est donc de 7 % et notons que c'est le cours aval. C'est une chose qui frappe l'étranger de constater, lorsqu'on se retourne, que la rivière à peu de distance coule bien au-dessus de la tête, et c'est comme si l'on voyait déferler vers soi un raz de marée.

De la Mayoria au confluent du Rio Grande avec le Rio Porce, j'ai repéré 33 quebradas sur la rive gauche et 29 sur la rive droite, c'est beaucoup, certaines d'entre elles ayant 8 à 10 m de largeur à leur embouchure. Ceci donne une idée du découpage des versants et des difficultés opposées à qui veut suivre un grand rio.

Dès qu'on arrive à l'altitude de 800 à 900 m, pour les rios Porce et Grande, ainsi que pour le fleuve Cauca, et entre 900 et 1.000 m pour le Rio Negro, la pente diminue et le courant se calme, bien que conservant un cours torrentiel. Lorsqu'ils entrent dans les fossés tertiaires qui bordent la Cordillère Centrale, tout change; leur pente devient très faible, leur cours est lent, ils sont navigables, et c'est ainsi que le rio Magdalena permet l'arrivée de petits bâtiments de cabotage jusqu'à Puerto Berrio, 900 km à l'intérieur des terres.

*En résumé, toutes les rivières de la Cordillère Centrale — et c'est général pour les autres — ont deux cours relativement lents séparés par un cours torrentiel, semé de rapides et de chutes, avec cette particularité que les trois trajets ont une longueur du même ordre de grandeur.*

Dans les régions basses, les rives deviennent marécageuses et parfois, loin à l'intérieur du pays, les crues se font sentir, emportant même des villages, agglomérations de cabanes légères de la population en majorité noire, vivant d'ailleurs dans un climat tropical et dans un décor africain.



Les grands fleuves forment à l'embouchure des deltas importants, avec des bras serpentant au ras des terres d'alluvions apportées par les eaux. Alors, on voit souvent, suivant les saisons et les crues des affluents, certains de ces bras coulant une partie de l'année dans un sens, puis dans une direction opposée.

#### BIBLIOGRAPHIE.

1. OSPINA, T., 1911, Resegna de la geologia colombiana. Medellin.
  2. SCHEIBE, R., 1919, Geologia del Sur Antioquia. (*Compilacion de estudios geologicos en Colombia*, Bogota.)
  3. HAUG, E., 1921, Traité de géologie. Librairie Colin, Paris.
  4. GROSSE, E., 1926, El Tertiario carbonifero de Antioquia. Berlin.
  5. SCHEIBE, R., 1933, Solre geologia del Sur Antioquia. (*Estudios geologicos oficiales en Colombia*, t. I, Bogota.)
  6. BOTERO, A. G., 1937, Bosquejo de paleontologia colombiana. (*Revista de las Indias*, n° 3, Bogota.)
  7. ROSADA, J., 1938, Bosquejo geologico de Antioquia. (*Anales de la Escuela nacional de Minas*, Medellin.)
  8. OSPINA, T., 1939, Resegna geologica de Antioquia. 2da edicion. Medellin.
  9. BOTERO, A. G., 1940, Sobre el Ordoviciano de Antioquia. (*Revista Dyna*, vol. I, Bogota.)
  10. — 1942, Contribucion al conocimiento de la petrografia del batolito antioqueno. (*Revista mineria*, vol. XX, n°s 115-118, Medellin.)
  11. — 1945, Yacimiento de cromo El Carmelo. (*Estudios geologicos en Colombia*, t. 6, Bogota.)
  12. VILA, P., 1945, Nueva geografia de Colombia. Bogota.
  13. BOTERO, A. G., 1954, Informe preliminar sobre la geologia del proyecto del tunel de La Fe. Medellin.
  14. TEJADA, J. y MAC GAYOCK, B., JR, 1954, Report to Empresa de energia electrica de Medellin. (*Gay Panamerican Corporation, Division of Gilbert Ass. Eng.*, New York.)
  15. HILL, G. B., 1954, Report on the proposed dam in the Quebradona Valley, Rio Grande. Medellin.
  16. GOUROU, P., 1955, La Colombie. (*Revue de la Fédération des Industries belges*, 9<sup>e</sup> année, n° 1, Bruxelles.)
-