

# CONTRIBUTION A LA GÉOLOGIE DE L'OCCIDENT ANDIN COLOMBIEN DANS LES DÉPARTEMENTS DE CALDAS ET ANTIOQUIA

par Luigi RADELLI \*

---

RÉSUMÉ. — Les Cordillères Centrale et Occidentale de Colombie sont constituées en Caldas et Antioquia par des roches paramétamorphiques (zones de métamorphisme  $Y^1 - Y^2 - X$ ), des ophiolites (métabasaltes, gabbros saussuritisés, serpentines) d'âge mésozoïque (Préalbien), un batholite de diorite quartzique d'âge aptien-albien, des roches basiques (Albien-Paléocène), des sédiments albiens transgressifs, des sédiments continentaux tertiaires à charbon traversés par des masses de microdiorite (Pontien), par des andésites tertiaires-quatérnaires et des conglomérats pliocènes.

Jusqu'à l'Aptien la région a été un eugéosynclinal qui se remplissait par des apports détritiques venant de l'E et des montées de laves basiques, pendant qu'un métamorphisme progressif affectait au fur et à mesure ses parties plus profondes.

Entre l'Aptien et l'Albien une importante phase orogénique avec granitisation souleva deux précordillères, localisées à peu près le long des axes des cordillères actuelles.

Quelques terres émergées furent immédiatement détruites par une nouvelle phase transgressive à l'Albien moyen, pendant que dans des fossés latéraux, des montées de laves basiques marines (basaltes, andésites) continuaient jusqu'au Paléocène.

Au Paléocène la région a été soulevée (phase Laramide) et l'Oligocène de la vallée du Cauca est caractérisé par des dépôts continentaux à couches de charbon.

L'activité volcanique andésitique débuta, paraît-il, à l'Aquitanién (phase Eu-andine I), puisque les conglomérats des formations Combia (Cauca) et Honda (Magdalena) du Miocène contiennent des galets d'andésite (phases Eu-andines II et III). Des microdiorites se mettent également en place dans les sédiments tertiaires de la vallée du Cauca, au cours du Pontien (début de la phase Eu-andine IV).

Le soulèvement principal est très récent (Pliocène : phase Eu-andine IV) :

---

\* Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble.

il s'est produit grâce à des failles longitudinales localisées principalement en bordure des cordillères actuelles.

Des minéralisations (PBG avec teneurs d'or et d'argent) sont associées à la diorite aptienne-albienne et aux microdiorites pontiennes.

**ABSTRACT.** — The Central and Western Cordilleras of Colombia are made up, within the regions of Caldas and Antioquia, of parametamorphic rocks (metamorphic zones Y<sup>1</sup> - Y<sup>2</sup> - X) and ophiolites (metabasalt, saussuritic gabbros, serpentines) of mesozoic age (pre-Albian), batholiths of quartz diorites of Aptian-Albian age, marine effusive basic rocks (Albian-Paleocene), transgressive sediments of Albian age, tertiary continental sediments intruded by microdiorites (Pontic), and andesites of Tertiary-Quaternary age and pliocenic conglomerates.

Up to the Aptian there existed an eugeosynclinal which was filled up with detrital material from the East and contemporaneous extrusions of basic submarine lavas, with progressive metamorphism at depth.

From the Aptian to the Albian there took place an important orogenic phase that gave rise to two granitized pre-cordilleras at the sites of the present cordilleras, with the appearance and rapid erosion of island arches (Middle Albian). At the same time basic marine lavas were extruded up to the Paleocene within lateral basins.

During the Paleocene, the region uplifted (Laramide phase) and during the Oligocene became deposited continental sediments with carbonaceous beds in the Cauca Valley.

The andesitic volcanic activity started during the Aquitanian (Eu-andine I phase): the erosion of the volcanoes gave rise to conglomeratic sediments belonging to the Combia formation (Cauca) and Honda formation (Magdalena) (Eu-andine II-III phase). Microdioritic bodies penetrated the Tertiary sediments at the Cauca Valley probably during the Pontic (beginning of the Eu-andine IV phase).

The main uplift is very recent (Pliocene: Eu-andine IV phase) and occurred along large longitudinal faults localized to the borders of the actual Cordilleras.

Mineralization (pyrite, sphalerite, and galena, with silver and gold) is formed related to the diorite of Aptian-Albian age and together with the Pontic microdiorites.

**RIASSUNTO.** — Le Cordigliere Centrale ed Occidentale di Colombia sono costituite in Caldas ed Antioquia da: rocce parametamorfiche (zone di metamorfismo Y<sup>1</sup> - Y<sup>2</sup> - X), ofioliti (metabasalti, gabbri saussuritici, serpentine) mesozoiche (pre-albiane), batoliti di diorite quarzifera di età aptiano albiana, rocce effusive marine basiche (Albiano-Paleocene), sedimenti terziari continentali attraversati da corpi di microdiorite (Pontico), andesiti terziario-quaternarie e conglomerati pliocenici.

Fino all'Aptiano funzionò nella regione un eugeosinclinale, andato riempiendosi per apporti detritici dall'E ed emissioni di lave basiche, mentre un progressivo metamorfismo interessava le sue parti più profonde.

Tra l'Aptiano e l'Albiano una importante fase orogenetica dette origine a due pre-cordigliere granitizzate lungo due linee corrispondenti grosso modo agli assi delle due cordigliere attuali.

Ciò portò all'emersione di alcune terre (isole) che furono immediatamente distrutte all'Albiano medio da una nuova fase trasgressiva. Nel frattempo in fosse laterali continuarono ad accumularsi fino al Paleocene lave basiche marine (basalti, spiliti, andesiti).

Durante il Paleocene la regione fu sollevata (fase Laramica) e l'Oligocene della valle del Cauca è caratterizzato da sedimenti continentali con strati di carbone.

La attività vulcanica andesitica cominciò probabilmente durante l'Aquitaniense (fase Eu-andina I) poiché i conglomerati delle formazioni mioceniche Combia (Cauca) e Honda (Magdalena) contengono già ciottoli di andesite (fasi Eu-andina II-III).

Nel Pontico (inizio fase Eu-andina IV) i sedimenti della valle del Cauca furono attraversati da masse microdioritiche.

Il sollevamento principale è molto recente (Pliocene : fase Eu-andina IV) e si è prodotto per mezzo di grandi faglie longitudinali, localizzate principalmente lungo i bordi delle attuali cordigliere.

Delle mineralizzazioni (PBG con tenori di oro ed argento) sono associate tanto alla diorite aptiano-albiana quanto alle microdioriti pontiche.

**RESUMEN.** — Las Cordilleras Central y Occidental de Colombia están constituidas en Caldas y Antioquia por rocas parametamórficas (zonas de metamorfismo  $Y^1$  -  $Y^2$  - X) y ofiolitas (metabasaltos, gabros saussuritizados, serpentinas) mesozoicas (pre-Albiano), batolitos de diorita cuarcifera de edad aptiano-albiana, rocas efusivas marinas básicas (Albiano Paleoceno), sedimentos albianos transgresivos, sedimentos continentales terciarios atravesados por cuerpos de microdiorita (Pontico), andesitas terciario-cuaternarias y conglomerados pliocenicos.

Hasta el Aptiano funcionó un eugeosinclinal, que ha ido rellenándose por aportes detriticos del E y emisiones de lavas básicas submarinas, con progresivo metamorfismo de sus partes más profundas.

Entre Aptiano y Albiano una importante fase orogénica dió origen a dos precordilleras granitizadas, siguiendo dos líneas aproximadamente correspondientes a los ejes de las cordilleras actuales. Hubo emersión de algunas tierras, las que han sido inmediatamente destruidas (Albiano medio) por una fase transgresiva, mientras que en nuevas fosas laterales siguieron acumulándose hasta el Paleoceno lavas marinas básicas (basaltos, andesitas).

En el Paleoceno la región ha sido levantada (fase Laramica) y durante el Oligoceno se depositaron sedimentos continentales con mantos de carbon en el Valle del Cauca.

Probablemente en el Aquitaniense (fase Eu-andina I) empezó la actividad volcánica andesítica, pues en las formaciones miocénicas Combia (Cauca) y Honda (Magdalena) los conglomerados contienen clastos andesíticos (fases Eu-andina II-III). Cuerpos de microdiorita atravesaron a los sedimentos terciarios del Valle del Cauca en el Pontico (comienzo fase Eu-andina IV).

El levantamiento principal es muy reciente (Plioceno : fase Eu-andina IV) y se produjo por medio de grandes fallas longitudinales localizadas especialmente en los bordes de las cordilleras actuales.

Mineralizaciones (pirita, blenda y galena con tenores de oro y plata) se encuentran en relación con la diorita aptiano-albiana y con las microdioritas ponticas.

## AVANT-PROPOS

En 1962, à la demande du « Servicio Geológico Nacional de Colombia », j'ai étudié une région de 10 000 km<sup>2</sup> à peu près dans les Cordillères Centrale et Occidentale de Colombie. Cette région est comprise dans un rectangle dont les limites sont : à l'E le fleuve Magdalena, à l'O le méridien de Riosucio, au N le parallèle de La Union, au S celui de Salamina. Elle se trouve donc dans la partie centrale de Colombie, à cheval sur les départements d'Antioquia et Caldas.

Des recherches plus rapides, au N jusqu'à Zaragoza et à l'O jusque dans les régions d'Andes, Concordia, Bolivar m'ont permis de donner une valeur générale à mes observations, rendues souvent difficiles par une épaisse couverture végétale.

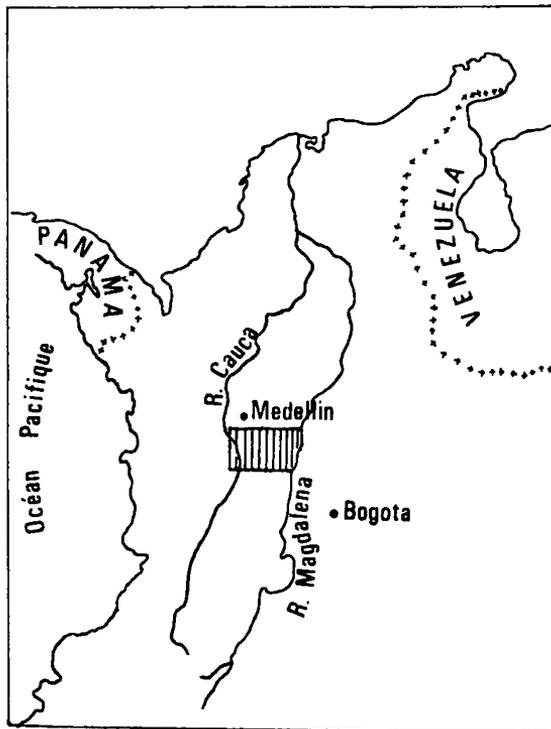


Fig. 1. — Carte de localisation de la région étudiée (en hachures).

Mon collègue et ami Piero F. Pagnacco m'a accompagné dans la plus grande partie de mes voyages : je désire le remercier pour sa camaraderie et son aide désintéressée.

Et je tiens aussi à remercier d'une manière toute particulière ma femme. En plus des longs mois de solitude que toutes les femmes des géologues connaissent bien, elle a vécu jour après jour la préoccupation de me savoir dans un pays dont la chronique est faite par les exploits des bandits. Elle m'a également apporté une aide précieuse pour l'établissement de la base topographique qui fait le support de ma carte géologique. Cette note lui doit beaucoup.

### Travaux anciens.

Pour trouver des données originelles sur la constitution géologique de la région qui fait l'objet de cette étude, il faut remonter assez loin dans le temps.

1911. — T. OSPINA [8], dans un mémoire synthétique, en indique pour la première fois les principales formations et il affirme l'âge mésozoïque de ses schistes et ses roches effusives marines.

1919. — R. SCHEIBE [12] publie une note sur la constitution géologique de notre région, et il en donne une représentation cartographique généralisée. Il y reconnaît de nouvelles formations (amphibolites, roches magmatiques de semi-profondeur). Pour les questions d'âge il se tient aux idées de T. OSPINA.

1926. — E. GROSSE [5] publie une carte détaillée (1/50 000<sup>e</sup>) d'une partie de notre région et de celle située directement au N, avec un mémoire soigneux. Sa carte est très précise au point de vue contours et faciès, mais il introduit une erreur destinée à se poursuivre longtemps dans les questions d'âge : dans sa carte et dans son mémoire, par ailleurs excellent, il signale comme paléozoïques les schistes métamorphiques de la Cordillère centrale, ce qui l'amène à considérer aussi ses granites comme paléozoïques. Ces idées se retrouveront en 1944 dans la carte géologique de Colombie (1/2 000 000<sup>e</sup>) publiée par le Service géologique de ce pays ; en 1950 dans la carte géologique schématisée publiée par A. GANSSER [4] ; en 1957 dans une note de H. W. NELSON [7] ; dans la carte géologique générale de l'Amérique Latine de l'U. S. Geological Survey ; en 1961 dans une note de H. BUERGL [2]. Tous ces auteurs considèrent les granites et les schistes de la Cordillère centrale comme paléozoïques, malgré nombre de contradictions stratigraphiques.

### **Vision d'ensemble.**

Deux cordillères et deux vallées constituent les plus grandes unités naturelles de la région. De l'E à l'O nous trouvons : la grande vallée intra-andine du Magdalena, principal fleuve des Andes Colombiennes, remplie par des sédiments récents ; la Cordillère Centrale, qui s'élève brusquement sur celle-là, constituée principalement par des roches cristallines (schistes, diorites, ophiolites, microdiorites) ; la vallée intra-andine du Cauca, d'abord étroite quand elle traverse la zone des microdiorites, puis plus large et remplie de sédiments tertiaires à charbons ; enfin la Cordillère Occidentale, avec ses diorites, ses schistes, ses basaltes et ses microdiorites, qui continuent celles de la Centrale.

Au point de vue géologique il n'y a pas de raison de séparer, comme l'ont fait les auteurs plus modernes, la Cordillère Centrale de l'Occidentale.

### **LES ROCHES MÉTAMORPHIQUES D'ORIGINE PARA**

La plus grande partie des roches métamorphiques de la région étudiée est constituée par des schistes d'origine para. Il s'agit de schistes à deux micas et de schistes à muscovite avec lentilles de cipolins, recouverts en concordance par des schistes à chlorite et séricite, qui passent vers le haut à des roches argileuses mécaniquement déformées et par endroits fossilifères.

Dans les paragraphes suivants je donnerai une description sommaire des différents faciès observés.

#### **Les gneiss cataclastiques.**

Le principal paquet de ces roches affleure, entre des failles, à la bordure E de la Cordillère Centrale à la latitude de Samaná, dans un des secteurs les plus affectés par la tectonique de cette cordillère. Leur étude pétrographique est rendue impossible par suite d'une forte cataclase suivie d'une altération profonde : on y reconnaît cependant des lits de mica blanc et une masse feldspathique kaolinisée.

Une plus petite écaille de roches de ce genre affleure, encore entre des failles, à l'E de Salamina, le long d'une ligne tectonique très importante. Moins altérées, elles permettent un examen microscopique. Leur constitution est la suivante : fond de quartz cataclastique parfois recristallisé et alors granoblastique ou lenticulaire ; porphyroblastes de micro-

cline et plagioclase (oligoclase ?) maclé albite ou albite-péricline, les deux fracturés et déformés ; seuls minéraux mélanocrates, épidotes et chlorites ; accessoires, leucoxène et apatite.

### Les schistes à deux et un micas (Y<sup>1</sup>).

Ces schistes sont les roches plus répandues dans la Cordillère Centrale. Ils manquent, paraît-il, dans l'Occidentale.

Le faciès à deux micas n'a pas une très grande répartition. Je l'ai observé seulement dans des zones restreintes : sur le chemin Aguadas-Sonson, au voisinage de Montebello, à l'E de San Luis (seule représentée sur la carte) où ce faciès est assez grossier rappelant des roches arénacées ou conglomératiques, et au N de Segovia, dans une de mes reconnaissances rapides.

Leur structure va du type granoblastique à lépidoblastique, selon l'abondance des micas ; leur texture est schisteuse.

Ils se composent essentiellement de quartz granoblastique, d'un peu d'oligoclase, muscovite et biotite ; dans les affleurements du chemin Aguadas-Sonson existe aussi du grenat.

La réaction muscovite + chlorite  $\rightarrow$  biotite + grenat ne s'avère pas complète : à côté de la biotite existe toujours de la biochlorite (chlorite en voie de biotitisation), tandis que la présence du grenat est exceptionnelle. C'est donc la réaction muscovite + chlorite  $\rightarrow$  biotite + chlorite (+ grenat) qui est réalisée.

Quelque peu de microcline existe seulement dans les affleurements au N de Segovia, au dehors de la région cartographiée.

En général la partie inférieure de la série para est constituée par des schistes à mica blanc. Leur composition est banale. Quartz toujours très abondant, muscovite en petits lits cisailés, lames et paillettes, associée parfois à de la chlorite, en sont les minéraux essentiels. Accessoires, selon les cas, sont les épidotes, l'apatite, les minéraux opaques de fer. A certains endroits le graphite joue aussi un rôle important. Chlorite et séricite sont associées à la fois à la muscovite dans les couches de passage à la partie supérieure de la série. Leur texture est schisteuse, la structure passe de granoblastique (la plus fréquente) à lépidoblastique à nématoblastique (rare).

Il paraît — sauf peut-être pour le cas des affleurements à l'E de San Luis, qui se présentent comme un bloc soulevé par des failles — que l'existence dans cette partie de la série, de faciès à deux micas, ne représente pas une zone de métamorphisme plus avancé. Plus probablement leur origine dépend de l'existence de niveaux plus argileux au sein

de la série sédimentaire essentiellement arénacée qui a donné les schistes à muscovite.

Toutes ces roches appartiennent donc à la zone des Micaschistes inférieurs (Y<sup>1</sup>).

### **Les schistes à chlorite et séricite (Y<sup>2</sup>).**

Au-dessus des schistes à muscovite, la série para est représentée par des schistes fins à chlorite et séricite et des schistes à graphite (minéral répandu notamment sur le flanc occidental de la Cordillère Centrale, le long de la vallée du Cauca), appartenant à la zone des Micaschistes supérieurs (Y<sup>2</sup>).

Comme je l'ai fait remarquer plus haut, une limite nette entre les deux zones n'existe pas : au contraire, la place du minéral caractéristique de la zone Y<sup>1</sup>, la muscovite, est progressivement prise par la séricite. Les roches de cette zone (Y<sup>2</sup>) montrent une composition chimique différente de celles de la zone Y<sup>1</sup> : elles contiennent plus de Fe et de Ca, qui se révèlent par une plus grande diffusion de la chlorite, des épidotes et de la zoïsite, minéraux qui jouent ici un rôle essentiel à côté de la séricite et du quartz.

De texture schisteuse très fine, ces roches sont caractérisées, sur les photos aériennes, par un réseau hydrographique très ramifié.

### **Les schistes argileux (X).**

Tout à fait en concordance, les micaschistes supérieurs sont couverts par endroits par des schistes argileux ou arénacés. La limite entre les deux est très difficile à tracer en raison de son caractère de transition progressive et du fait aussi qu'elle est presque toujours couverte par une épaisse forêt : celle indiquée sur la carte n'a donc pas plus qu'une valeur démonstrative.

Les faciès argileux purs sont constitués par un feutrage de minéraux phylliteux et des grains microscopiques de quartz détritique. Dans les faciès arénacés on voit des grains de quartz, des minéraux opaques et des baguettes de mica dans une mésostase fine (séricite et chlorite ?).

Quelques kilomètres à l'O de Berlin ces roches contiennent un niveau fossilifère (BURGL H., RADELLI L., 3) avec *Deshayesites stutzeri* Riedel (1938) et *Pecten (Campopecten) compressus* Gerhardt (1897), déterminés par H. BURGL, qui indiquent l'Aptien.

Ces roches ne sont pas restreintes à la Cordillère Centrale : on les retrouve dans l'Occidentale, par exemple dans les vallées des régions d'Andes et Bolivar.

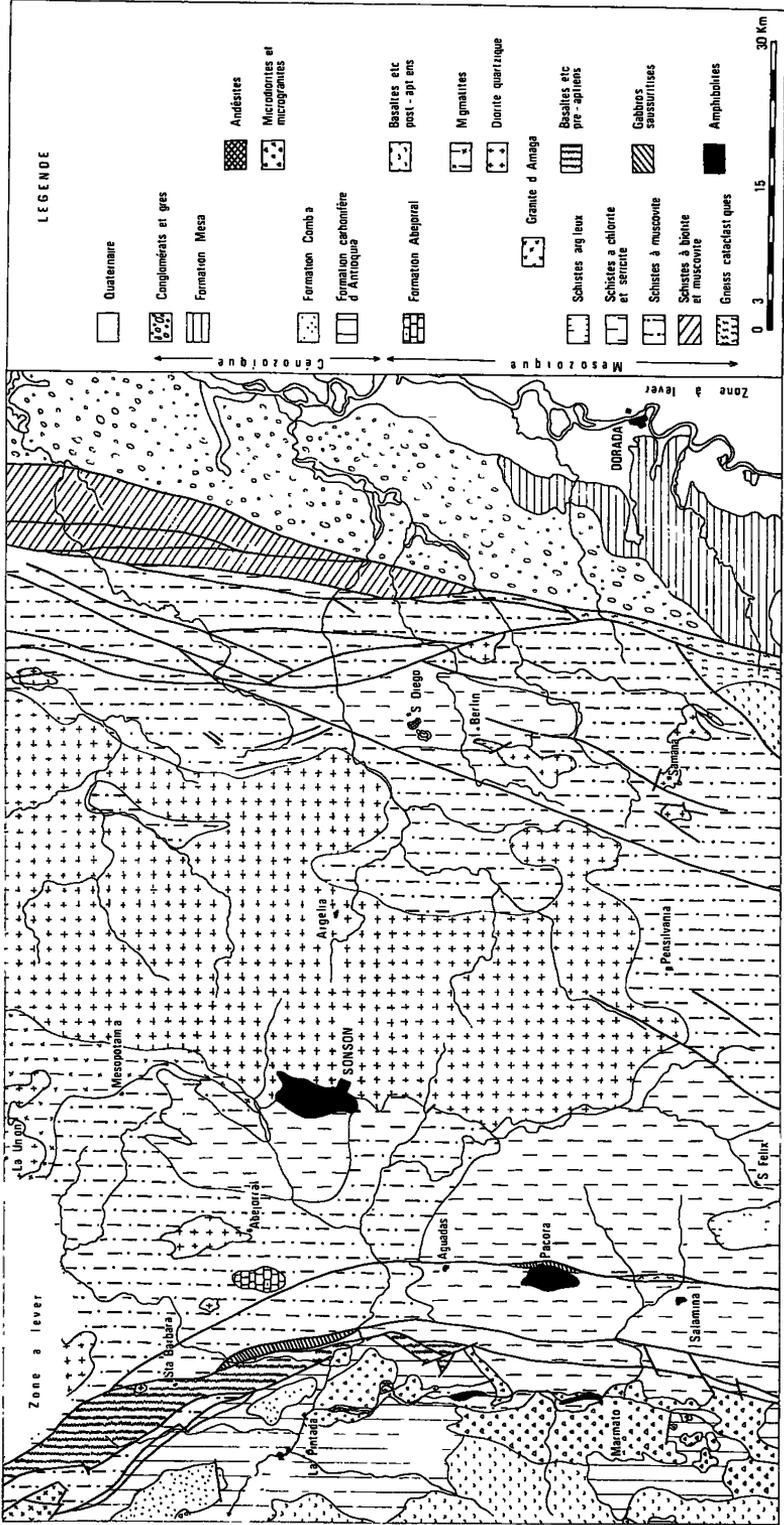


Fig. 2. — Carte d'affleurement de la région étudiée.

### **Faciès spéciaux.**

Au sein de la série para, dont je viens d'indiquer les caractères généraux, existent d'autres roches, moins répandues.

Leur description ne nous retiendra pas beaucoup.

Dans la zone Y<sup>1</sup> il y a des cipolins purs à gros grain, en général bien stratifiés. Ils existent dans toute la Cordillère Centrale, mais il paraît qu'ils ne constituent pas un véritable niveau repère. Leur genèse n'est pas claire.

Dans la même zone il arrive d'observer aussi des niveaux essentiellement quartzo-hornblendiques de structure granoblastique : j'en ai trouvé au voisinage du pays de Mesopotamia, suivant la route qui monte vers Abejorral. La « diorite andine » étant toute proche, il est possible que leur genèse soit liée à celle-ci (front basique) plutôt qu'à une composition différente des roches sédimentaires originelles.

Dans la zone Y<sup>2</sup> existent des intercalations de schistes à actinote presque purs ou à actinote, chlorite et épidote.

La région de leur plus grande diffusion est celle à l'O de Salamina (La Merced, Filadelfia). Cependant, se trouvant dans une des zones les plus affectées par la tectonique, ils ont été transformés plus ou moins complètement en talcschistes serpentineux.

Dans les roches des deux zones Y<sup>2</sup> et X, surtout dans la partie SO de la région étudiée, apparaissent plusieurs niveaux de *cherts* (« liditas » des géologues colombiens), purs ou avec un petit peu de calcite. Dans la zone Y<sup>2</sup> ils sont recristallisés (fond de grains de quartz très fins, quelques cristaux de quartz recristallisé en structures à mosaïque), dans la zone X ils sont écrasés au maximum et leur contenu organique est préservé, mais malheureusement non déterminable. Ils sont associés à des laves et des tufs basiques : je reviendrai sur cet argument après avoir décrit ce groupe de roches.

## **LES FORMATIONS OPHIOLITIQUES**

Dans le secteur occidental de la Cordillère Centrale, des roches métamorphiques d'origine ortho et des roches basiques marines s'intercalent souvent dans la série para : il s'agit d'une énorme série de roches basiques géosynclinales en partie métamorphosées.

### Les grandes coulées de laves basiques préalbiennes.

Les roches basiques marines des Cordillères Centrale et Occidentale de Colombie ont constitué toujours un des principaux problèmes de la géologie colombienne.

Des roches de ce genre sont connues depuis le Callovien (couches à *Lamberticeras* et *Quenstedticeras* de Coconuco) jusqu'au Paléocène (couches à *Rzehakina epigona lata* Cushman et Jarvis de Guaitarilla) à travers du Barrémien, de l'Albien, du Turonien et du Sénonien, reconnus aussi au moyen des fossiles contenus dans des intercalations sédimentaires [2].

Jusqu'à présent, par suite de ces trouvailles toutes ces roches ont été classées dans un seul groupe appelé diabasique (NELSON) ou porphyritique (GROSSE).

Mes recherches, par contre, m'ont porté à une conclusion différente : à savoir qu'il y a deux grandes phases d'émission de ces laves, séparées entre elles par la mise en place de la « diorite andine », qui s'est faite à la limite Aptien-Albien (voir plus loin).

En fait, hors de toute hypothèse, il y a une première série de laves basiques intercalées dans ou associées avec les terrains cristallophylliens et affectées par la « diorite andine » ; et une deuxième dans laquelle ces conditions ne se vérifient pas. Je décrirai ici la première.

Dans la région qui nous occupe, les roches de cette première série volcanique affleurent, parmi les micaschistes, dans le secteur occidental de la Cordillère Centrale et dans la vallée même du Cauca, limite géographique (et non pas géologique, comme le voudraient certains auteurs) entre celle-là et la Cordillère Occidentale.

Les plus grands affleurements se trouvent sur la ligne Damasco Versailles. Leur couleur est le plus souvent verdâtre, mais parfois elle est rougeâtre (Arma).

Leur structure est toujours porphyrique, parfois reconnaissable à l'œil nu, dans quelques cas pilotassiques : les phénocristaux sont constitués par des plagioclases, de l'augite et de l'hornblende. Ici et là on trouve aussi du périclit, toujours chloritisé.

Au point de vue pétrographique, la série contient des roches très variées : des basaltes à pyroxène, des basaltes à pyroxène et amphibole, des andésites à amphibole, mais les véritables diabases sont rares. Certains faciès sont saussuritisés, d'autres ont un air de famille avec les gabbros dont il sera question plus loin.

### **Couches de metabasaltes et basaltes intercalés dans la série para.**

Pendant mes travaux de terrain j'ai observé à plusieurs reprises dans les micaschistes du secteur SW de la région étudiée, notamment dans ceux de la zone Y<sup>2</sup>, des intercalations de roches que j'étais tenté d'appeler « schistes verts ».

Cependant leur étude microscopique m'a convaincu qu'une telle dénomination n'était pas complètement exacte, leur origine volcanique étant toujours très bien reconnaissable.

Les faciès les plus communs sont des basaltes à pyroxène, ou à pyroxène et amphibole, et à labrador, avec ou non du périclase (chloritisé). Les véritables diabases sont même ici beaucoup moins répandues : j'en ai observé seulement le long de la route Aguadas-Salamina.

Le métamorphisme a affecté plus les faciès fins que les grossiers et en général plus la mésostase fine des roches que les phénocristaux : c'est toujours la mésostase qui se charge de minéraux phylliteux en petits cristaux orientés, pendant que les phénocristaux sont seulement séricitisés (plagioclases) ou chloritisés (pyroxènes, amphiboles).

Dans la zone X il y a aussi des intercalations de ce genre, mais elles ne sont pas du tout métamorphiques : on a affaire à des véritables laves basiques, à structure porphyrique marquée.

Si l'on compare ces roches avec celles de même nature décrites au paragraphe antérieur, une réflexion s'impose : des masses importantes résistent mieux au métamorphisme que des masses petites.

Les cherts dont il a été question plus haut se trouvent toujours au voisinage de ces roches basiques (métamorphiques ou non). Il paraît donc y avoir une liaison génétique entre les deux. S'il est vrai que les sédiments chimiques ont à peu près le même pH que celui du milieu où ils précipitent, le dépôt de ces cherts pourrait avoir été favorisé par l'activité volcanique, en particulier par celle des fumerolles à CO<sub>2</sub>, avec formation d'acide carbonique et acidification de l'eau de la mer.

### **Gabbros saussuritisés.**

Ces gabbros affleurent sur le flanc occidental de la Cordillère Centrale le long de deux grandes lignes tectoniques.

Ils sont constitués par un fond extrêmement fin de saussurite, dans lequel flottent, dans les échantillons moins transformés, de grands cristaux, visibles à l'œil nu, d'amphibole (hornblende), de pyroxène (augite), altérés et à structure partiellement effacée, et d'ouralite.

La couleur est verdâtre dans les faciès plus fins et transformés, pen-

dant que dans les autres on voit une masse claire et sur celle-ci une trame vert-noir d'amphiboles et pyroxènes.

L'existence de faciès intermédiaires prouve qu'il y a une liaison génétique entre ces roches et les amphibolites (voir ci-dessous) d'une part et les laves basiques déjà décrites de l'autre.

### **Les amphibolites.**

Des masses d'amphibolites sont assez largement répandues et parfois importantes.

Ces roches sont massives et leur texture schisteuse est peu évidente. Leur structure est granoblastique-lépidoblastique (hélicitique, où apparaît le grenat).

Dans leur composition minéralogique, l'hornblende occupe la première place, suivie de loin par le quartz, les épidotes, le sphène et le grenat. Des grains de plagioclase basique sont parfois aussi présents, mais leur importance est minime.

Sur le terrain, l'origine ortho de ces roches paraît évidente : en fait elles traversent les schistes, lesquelles sur quelques dizaines de mètres prennent une couleur verte spéciale, et à Pacora elles passent aux gabbros saussuritisés.

Leur formation pose de toute manière un problème, puisque, affleurant dans un pays de micaschistes, elles présentent un faciès métamorphique un peu plus profond. Une solution pourrait être cherchée dans des effets thermiques de la « diorite andine » (Sonson) ou des microdiorites tertiaires (Cauca), mais elle demande de supposer de telles roches en profondeur dans la région de Pacora, ce qui, bien que non impossible, n'est pas prouvé non plus.

Plus probablement c'est la tectonique qui est responsable de leur genèse.

Amphibolites et gabbros passent par endroits à de véritables serpentes.

## **LA DIORITE ANDINE ET LES ROCHES ASSOCIÉES**

### **La diorite andine.**

La partie dorsale de la Cordillère Centrale dans le secteur étudié est constituée par une énorme masse allongée de diorite quartzique, qui devient plus large au N où elle est affectée par une kaolinisation profonde (La Union).

De plus petites masses de composition semblable sont disséminées soit à l'E, soit à l'W du corps principal.

Le faciès pétrographique de ces roches est fort constant : minéraux essentiels, quartz (contenu variable), plagioclase maclé et zoné (andésine), biotite et hornblende, parfois du microcline ; accessoires, apatite et zircon. Structure à plagioclases automorphes. Les principales variations locales de composition et structure seront discutées à part.

Les contacts de la diorite avec les micaschistes sont très nets ; ceux avec les laves basiques par contre sont plus diffus et difficiles à préciser. J'ai observé soit des blocs de ces laves dans la diorite, soit des bourgeonnements de diorite dans les laves, des formes transitionnelles entre les deux roches étant aussi présentes.

Des enclaves plus ou moins digérées de roches basiques microgrenues sont communes dans la diorite, mais elle ne contient pas d'enclaves schisteuses.

Tout cela parle en faveur d'une genèse de la diorite par métasomatose (Na, K, Si), en milieu humide, de roches effusives basiques marines, après une phase de broyage de celles-ci.

Dans cette manière de voir, certaines masses à constitution minéralogique différente, comme celles de Abejorral, Guayabal (non représentée sur la carte pour des raisons d'échelle), La Union-Mesopotamia et celles aussi qui affleurent à l'E de San Luis (cataclastiques), constituées par du quartz, de l'andésine, de la muscovite, de la biotite, des épidotes, de la chlorite et du microcline, peuvent être regardées comme des témoins des phases intermédiaires de ce processus.

La diorite est postérieure à toutes les roches métamorphiques indiquées plus haut, schistes argileux compris. Elle est donc post aptienne. La série para est recouverte en discordance à Abejorral, à proximité de la diorite, et plus au S dans la région de San Felix (hors des limites de la carte) par une série transgressive de l'Albien moyen presque horizontale (formation Abejorral, voir avant). Il est donc normal de considérer comme aptienne-albienne la mise en place de la diorite, tout à fait en accord avec des déterminations d'âge absolu de  $110.10^6$  ans<sup>1</sup>.

La diorite colombienne fait donc partie du grand batholite circum-pacifique sud-américain. Elle existe non seulement dans la Cordillère Centrale mais aussi dans l'Occidentale, ce qui confirme une fois de plus que ces deux cordillères font partie d'une même unité géologique.

Le cortège filonien de la diorite est très réduit. Aplites et pegmatites sont absolument exceptionnelles. Des filons mélanocrates sont plus fré-

---

<sup>1</sup> G.B.A. BOTERO, 1963, Contribucion al conocimiento de la geologia de la Zona Central de Antioquia (*Ann. Fac. Min. Medellin*, n° 57).

quents : il s'agit de porphyrites, qui en général ne sortent pas de la masse plutonique.

Assez nombreux sont aussi dans la diorite, et à ses contacts, les filons minéralisés (pyrite, blende, galène avec fortes teneurs d'or et d'argent). Le plus connu est celui de Segovia, qui fait l'objet d'une exploitation industrielle. D'autres sont exploités d'une manière primitive et irrégulière. Les possibilités de trouver de nouvelles mines sont assez grandes : moi même j'ai reconnu dans la région de Samaná un véritable champ de filons minéralisés encore vierges.

### **Le granite d'Amagá.**

Le granite d'Amagá se comporte comme un véritable horst et, par une faille inverse, surmonte à l'O les couches houillères tertiaires de la vallée de même nom.

Sa composition est banale. Minéraux essentiels : quartz, oligoclase, microperthites (orthose ? microcline ?), biotite chloritisée ; accessoires : zircon, apatite, parfois tourmaline.

Le quartz est parfois recristallisé en bandes engrenées parallèles. Le plagioclase est souvent séricitisé.

Aucune hypothèse ne peut être avancée pour l'instant sur ses relations avec la diorite. L'âge paraît le même, mais son origine semble différente, probablement liée à une granitisation de schistes.

### **Les migmatites.**

Ces roches n'ont pas une très grande répartition, mais leur étude s'est révélée cependant fort intéressante.

Elles apparaissent toujours au voisinage de la diorite : une liaison génétique avec celle-ci est évidente, ce fait étant confirmé par leur même composition minéralogique à amphibole (hornblende) dans un pays de schistes à mica blanc et quartz.

Le faciès le plus commun est celui de migmatites homogènes rubanées, mais l'importance des lits grenus par rapport aux amphiboliques varie beaucoup : l'on observe soit des roches presque complètement granitisées à grands cristaux d'hornblende (route La Ceja-Medellín, hors de la carte), soit des amphibolites faiblement injectées (Mesopotamia), les faciès plus feldspathisés se trouvant plus près de la diorite.

Sur la base des seules observations de terrain, deux hypothèses sont possibles sur la genèse de ces migmatites : *a*) Feldspathisation de roches basiques ; *b*) Enrichissement des schistes en Ca, Fe, Mg (front basique), suivi par une feldspathisation (front acide).

En fait l'étude pétrographique indique que c'est la voie *a* qui a été suivie le plus fréquemment, pendant que le processus *b* paraît plus exceptionnel et le plus souvent limité à sa première partie : enrichissement des schistes en Ca, Fe, Mg avec néoformation d'hornblende (Mesopotamia, voir plus haut : paragraphe faciès spéciaux).

Les migmatites sont composées par de l'hornblende qui se forme aux dépens de la biotite, dont il reste quelques cristaux, du quartz et de l'andésine automorphe maclée ; comme minéraux accessoires, l'apatite, le zircon, le sphène.

Les seules roches basiques connues dans cette région colombienne étant les roches ophiolitiques, nous retrouvons ici une nouvelle preuve en faveur de la genèse de la diorite andine par granitisation de celle-ci, accompagnée localement par un départ de cafémique vers les micaschistes environnants.

Je signale, pour finir, que dans le secteur de San Diego, en pays de schistes à chlorite et sérécite, j'ai trouvé en éboulis de grands blocs de migmatites, sans arriver toutefois à établir leur provenance.

## LES FORMATIONS POST-APTIENNES

### Les roches effusives basiques.

La diorite andine s'étant mise en place à la limite Aptien-Albien le long des zones axiales des deux Cordillères Centrale et Occidentale, une nouvelle phase d'émission de laves basiques marines continua la première entre ces deux Cordillères ainsi qu'à l'O de l'Occidentale et peut-être aussi à l'E de la Centrale.

Il s'agit de gigantesques effusions de basaltes, qui ont rempli les fossés provoqués par le soulèvement des précordillères granitisées. Ces basaltes sont des roches sombres, parfois vitreuses, dont l'émission a été contemporaine d'une forte activité tectonique, puisque des brèches volcaniques y sont très répandues, ainsi que des intercalations de conglomérats.

Leur composition minéralogique moyenne est la suivante : labrador en grands cristaux automorphes et dans la mésostase, augite, hornblende parfois seule, d'autres fois associée à l'augite, chlorite, quelque peu d'épidote et de calcite dans les faciès plus altérés.

Les structures sont assez variables : les véritables diabases sont rares ; les faciès porphyriques, par contre, communs ; la structure pilotasique porphyrique est peut-être la plus répandue, avec la hialopilitique.

Ces roches sont aussi associées à des grandes masses de cherts.

Parfois il est très difficile de les séparer des roches similaires pré-albiennes, le seul bon critère étant celui des relations avec le métamorphique et la diorite.

Des roches très semblables affleurent aussi dans le secteur SE de la région levée (Victoria) : elles sont aussi postérieures à la diorite et au métamorphique, mais il n'y a pas d'arguments pour en établir la limite chronologique supérieure.

### **La transgression albiennne sur les précordillères.**

Dans la région d'Abejorral et plus au S dans celle de San Felix (hors de la carte), les roches schisteuses sont recoupées en discordance par une formation transgressive, dont j'ai signalé l'existence dans une note préliminaire [3] écrite en collaboration avec H. BURGL, qui en étudia les fossiles.

La formation Abejorral repose à Abejorral sur les micaschistes de la zone Y<sup>1</sup>, à San Felix sur ceux des zones Y<sup>2</sup>-X.

Elle débute par un conglomérat basal, que suivent des grès et des argiles. Dans le conglomérat basal quartzeux sont bien reconnaissables des galets de schistes (Abejorral), mais non pas de « diorite », qui ne devait donc pas affleurer au moment de la sédimentation Abejorral.

Les argiles d'Abejorral contiennent des fossiles albiens [3] :

- Oxitropidoceras carbonarium* Gabb ;
- Oxitropidoceras cf. peruvianum* Von Buch ;
- Venezolicerias karsteni* Stieler ;
- Dipoloceras* ? sp. ;
- Inoceramus* sp.

Les argiles manquent dans la région de San Felix, mais des fossiles se trouvent dans des grès fins de la même formation : il s'agit de Bivalves et de végétaux non déterminés jusqu'à présent.

## **LES FORMATIONS TERTIAIRES**

### **La formation Antioquia (vallée du Cauca).**

La vallée du Cauca est remplie, dans la partie étudiée, par la formation Antioquia et la formation Combia.

La formation Antioquia (ou formation carbonifère d'Antioquia) contient :

- partie inférieure : conglomérats et grès avec des intercalations d'argiles et de charbons ;
- partie moyenne : grès et argiles avec couches houillères productives ;
- partie supérieure : grès et argiles avec quelque peu de charbon.

Son âge est oligocène et peut-être miocène pour la partie supérieure la plus haute (VAN DER HAMMEN, 1960).

### **La formation Combia (vallée du Cauca).**

La formation Combia (GROSSE, 1926) consiste en une série de conglomérats à galets d'andésite, avec intercalations volcaniques (tufs et coulées andésitiques et basaltiques). Elle signale le début de l'activité volcanique andésitique. Son âge paraît miocène (VAN DER HAMMEN, 1960).

### **Les roches de semi-profondeur (vallée du Cauca).**

Le Tertiaire et le métamorphique de la vallée du Cauca sont traversés par plusieurs masses de roches de semi-profondeur, qui donnent des montagnes aiguës et abruptes.

La plus grande partie de ces corps est constituée par une microdiorite porphyrique, dont la composition minéralogique est la suivante : andésine en grands cristaux automorphes (5-10 15 mm de longueur) zonés, hornblende prismatique, mésostase microcristalline ou hypocristalline, un peu de quartz. Leur couleur est gris-vert.

R. SCHEIBE [12] a appelé ces roches « corcovadites », selon le nom d'une des montagnes constituées par elles, le Cerro Corcovado.

Elles sont à l'origine d'importants gisements filoniens à PBG avec or et argent, qui sont exploités pour ce dernier métal. La mine la plus connue est celle de Marmato, d'où Boussingault a pris le nom qui désigne les blends ferrifères.

A proximité des filons minéralisés, la microdiorite se charge de quartz bipyramidé en cristaux automorphes (5-10 mm de diamètre) qui substitue plus ou moins complètement les plagioclases.

Des microgranites apparaissent aussi dans ce système de roches, mais ils sont beaucoup moins répandus, constituant seulement les deux pics qui dominent le pays de La Pintada.

Il s'agit de roches très claires, blanches ou à peine rosées et très dures, assez vitreuses. A l'œil nu on y reconnaît seulement du quartz automorphe en grands cristaux et de la biotite noire plus petite.

**Les andésites.**

Les andésites, lesquelles plus au S constituent des montagnes qui sont parmi les plus importantes de la Cordillère Centrale (Nevado del Ruiz, Nevado del Tolima, Nevado del Huila), sont ici presque trascurables : elles forment seulement la petite montagne qui surmonte le pays de San Diego et son petit lac.

Ces roches sont grises avec des beaux cristaux d'hornblende prismatique dans une pâte fine.

**La formation Mesa (vallée du Magdalena).**

Dans la partie levée de la vallée du Magdalena, la série tertiaire n'est pas complète : en bordure du cristallin de la Cordillère Centrale, nous trouvons ici seulement la formation Mesa et des sédiments plus récents (Plio-Pléistocène ?), pendant que toutes les formations d'âge miocène et antérieures (en particulier la formation Honda, correspondant à la formation Combia de la vallée du Cauca) manquent par effet de la tectonique.

La formation Mesa est constituée par des conglomérats et des grès avec des intercalations de tufs en bancs horizontaux. Parmi les galets des conglomérats les plus communs sont de l'andésite.

L'âge de la formation Mesa est considérée comme pliocène (VAN DER HAMMEN, 1960).

Les formations postérieures à la Mesa sont des dépôts fluviaux (argiles, grès et conglomérats).

**ESSAI DE SYNTHÈSE**

Dans les pages antérieures j'ai donné une description sommaire des unités stratigraphiques qui participent à la constitution géologique de cette partie de Colombie.

L'ordre suivi dans la description a été autant que possible l'ordre naturel de succession des faits, l'ordre génétique.

Cependant j'essayerai maintenant de réunir toutes ces données dans un cadre synthétique et d'assigner des âges aux événements.

Le problème principal est celui de l'âge de la série para. Nous avons vu que des couches fossilifères à son sommet indiquent l'Aptien (Berlin). Nous avons vu aussi qu'il n'y a pas de coupures dans l'ordre zonéogra-

phique : les zones  $Y^1$ - $Y^2$ - $X$  se poursuivent l'une dans l'autre sans interruptions ni discordances.

Ses intercalations volcaniques concordantes peuvent en outre être bien datées du Mésozoïque.

Cela revient à dire que la série para s'est déposée dans le géosynclinal pendant le Secondaire : sinon il devrait être possible de trouver quelque part la discordance hercynienne, comme il arrive dans l'Orient Andin de Colombie [11].

Il faut donc penser que, jusqu'à l'Aptien, cette région colombienne (Occident Andin) était un eugogéosynclinal qui s'affaissait (avec un fond ancien que l'on ne voit pas aujourd'hui) et dans lequel il y avait :

- apport détritique de l'E ;
- métamorphisme affectant au fur et à mesure les roches déposées ;
- montées ophiolitiques avec acidification de la mer (fumerolles) et dépôt simultané de cherts.

A peu près à la limite Aptien-Albien, une grande modification arrive : toute question de genèse mise à part, jalonnant les axes actuels des Cordillères Centrale et Occidentale, la « diorite andine » prend place, au cours (à la fin ?) d'une phase orogénique et de métamorphisme qui soulève les deux précordillères, avec des émergences localisées.

Le soulèvement des précordillères débute par un mouvement différentiel des fossés existant entre celles-ci et à l'O de l'Occidentale (il est possible qu'un autre fossé ait existé à l'E de la Centrale, mais de toute manière il n'est pas reconnaissable aujourd'hui par suite de la tectonique plus récente).

Dans ces fossés, de nouvelles émissions de laves basiques poursuivent les préalbiennes et ces laves sont encore associées à des cherts. Elles sont destinées à continuer jusqu'au Paléocène.

Des faciès clastiques grossiers (conglomérats) et des brèches prouvent que les émissions étaient contemporaines de mouvements tectoniques, actifs sur les précordillères en particulier.

A l'Albien moyen une transgression marine sur les précordillères est reconnaissable : il se dépose alors les formations néritiques d'Abejorral et San Felix, en détruisant quelques îlots couverts de végétation.

Au Paléocène (Maestrichtien ?) toute la région est soulevée, au cours d'une phase orogénique (Laramide) qui intéresse aussi l'Orient Andin de Colombie (VAN DER HAMMEN, 1960) : des formations clastiques plus ou moins conglomératiques viennent remplir les vallées, alimentées par le relief jeune des cordillères. A l'Oligocène il y a dépôt de couches à charbon dans la vallée du Cauca.

Des plissements sont reconnaissables jusque dans les formations miocènes, mais la grande tectonique devait être déjà cassante.

A l'Aquitarien (phase Eu-andine I, VAN DER HAMMEN, 1960) débutent les émissions d'andésites des grands volcans andins, puisque des galets d'andésite se trouvent dans la formation Combia (Miocène) de la vallée du Cauca et, paraît-il, aussi dans la formation Honda, son équivalent dans la vallée du Magdalena (VAN DER HAMMEN, 1960). Ces conglomérats doivent correspondre aux phases Eu-andines II et III (VAN DER HAMMEN, 1960) de l'Helvétien et du Tortonien.

Au Pontien, début de la phase Eu-andine IV de VAN DER HAMMEN. Mise en place des microdiorites et des microgranites de la vallée du Cauca, qui traversent soit les couches houillères de la formation Antioquia, soit la Combia.

Pendant tout ce temps les émissions d'andésites continuent : l'érosion des volcans est activée par la phase de soulèvement principal — phase Eu-andine IV du Pliocène (VAN DER HAMMEN, 1960) — et les conglomérats Mesa sont alors accumulés dans la vallée du Magdalena.

Cette dernière phase ne produit pas de plis. Dans la Cordillère Centrale elle se révèle par le jeu de grandes failles.

Celles-ci suivent probablement des lignes anciennes de dislocation et limitent à l'E le système orogénique mésozoïque (Occident Andin) contre le socle hercynien et sa couverture sédimentaire (Orient Andin), en faisant disparaître par endroits des éléments de la série tertiaire et apparaître par contre en bordure de la chaîne des écailles de roches assez profondes.

A l'O, le long de la vallée du Cauca, elles donnent lieu à des recouvrements assez importants et à une fracturation par endroits très poussée, avec naissance de faciès à talc, de véritables mylonites et de serpentines. En gros elles paraissent dirigées vers un plan focal situé à peu près dans la partie axiale de la Cordillère Centrale.

Le même style tectonique est réalisé aussi dans la Cordillère Occidentale : il est mal reconnaissable dans la région qui a fait l'objet de cette étude (peut-être parce qu'elle n'intéresse que très peu la région levée), mais il est bien évident plus au S, par exemple dans le secteur de Cali.

La Paz (Bolivie), février 1964.

## BIBLIOGRAPHIE

1. BOTERO (A.G.) (1941). — Formaciones geológicas de Antioquia (*Mineria*, vol. XXX, n°s 111-112).
2. BURGL (H.) (1961). — Geología Histórica de Colombia (*Rev. Acad. Col. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, vol. XI, n° 43, Bogotá).
3. BURGL (H.) et RADELLI (L.) (1962). — Nuevas localidades fosilíferas en la Cordillera Central de Colombia (S.A.) (*Geol. Colomb.*, n° 3, Bogotá).
4. GANSSER (A.) (1950). — Geological and Petrographical notes on Gorgona Island in relation to NW South America (*Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, Bd 30).
5. GROSSE (E.) (1926). — El Terciario Carbonífero de Antioquia, Dietrich Reinet, Berlin.
6. HUBACH (E.) (1957). — Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia. Informe 1212, Servicio Geol. Nal. Bogotá.
7. NELSON (H.W.) (1957). — Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali (*Overdruk uit Leidse Geologische Mededelingen*).
8. OSPINA (T.) (1911). — Resena de Geología de Antioquia (*Ass. Col. Min.*, Medellín).
9. PAGNACCO (P.F.) (1962). — Studio minerogenetico delle miniere aurifere di Marmato (*Geol. Colomb.*, n° 3, Bogotá).
10. RADELLI (L.) (1962). — Un cuadro preliminar de las épocas magmáticas y metalogenéticas de los Andes Colombianos (*Geol. Colomb.*, n° 3, Bogotá; republicó en : *Bol. Geol.*, vol. IX, n°s 1-3, 1962, Bogotá).
11. RADELLI (L.) (1962). — Les formations éruptives hercyniennes de la Cordillère Orientale de Colombie (*Geol. Colomb.*, n° 3, Bogotá).
12. SCHEIBE (R.) (1931). — Informe preliminar rendido en 1919 por el Doctor R. Scheibe sobre los resultados del trabajo de la Comisión Científica Nacional en Antioquia (*Comp. Est. Geol. Of Colomb.*, Tomo I, Bogotá).
13. TRUMPY (D.) (1943). — The pre-Cretaceous of Colombia (*Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 54, n° 9).
14. VAN DER HAMMEN (Th.) (1960). — Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogenesis de los Andes Colombianos (*Bol. Geol. Serv. Geol. Nal. Bogotá*).