

# Les roches vertes et les filons de quartz aurifère du Callao au Venezuela

Autor(en): **Duparc, Louis**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen  
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **2 (1922)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-4368>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Les Roches Vertes et les Filons de Quartz Aurifère du Callao au Venezuela.

Avec 1 planche et 11 figures dans le texte.

Par **Louis Duparc**, Genève.

(Reçu le Manuscrit le 6 Mars 1922.)

La région de la Guyane vénézuélienne à laquelle appartient le centre du Callao, est située à l'Est du Caroni, au sud de la naissance du delta de l'Orénoque, et au Sud-Est de la ville de Bolivar, placée sur la rive gauche de ce grand fleuve, en amont du confluent du Caroni. Elle forme une vaste contrée, connue ordinairement sous le nom de Missions (las misiones), qui fut colonisée à la fin du dixhuitième siècle par les pères Capucins de Catalogne. Ces missions, qui étaient assez nombreuses et florissantes, furent complètement détruites lors de la guerre de l'Indépendance, et les religieux furent tués ou se dispersèrent. On prétendait, et ceci a passé à l'état de légende, que les capucins possédaient des trésors considérables, provenant de l'exploitation de gisements aurifères fabuleusement riches, qu'ils avaient cachés. Puis les religieux partis, le pays reprit sa physionomie habituelle, et les colons qui arrivaient sans cesse, se vouaient à l'élevage du bétail, qui réussissait admirablement. C'est, paraît-il, en 1845, que l'on découvrit l'or dans les alluvions du Yuruari, affluent du Cuyuni, et de suite de nombreux chercheurs d'or s'abattirent sur le pays, et recherchèrent le précieux métal non-seulement dans la vallée du Yuruari, mais encore dans celles de plusieurs de ses affluents latéraux, notamment de la Mocupia, de l'Yguana, etc., où l'on trouva beaucoup d'or gros. Ces chercheurs d'or venaient de la Colombie, du Pérou, du Brésil etc. On se borna tout d'abord à exploiter l'or de surface, puis on découvrit bientôt les filons quartzeux en place d'où cet or provenait, notamment dans le centre du Caratal appelé à l'époque Nueva Providencia. Une première exploitation avec

30 pilons fut montée à la mine du Nacupay, puis c'est en 1865 que fût découvert le célèbre gisement du Callao, sur la rive gauche du Yuruari. La mine fut d'abord installée sur un pied fort modeste, et eût des débuts difficiles, mais bientôt elle se développa, et produisit des quantités d'or tellement fabuleuses, que, de 1870 à 1897 on estime à 150 millions l'or produit et enregistré sur la mine, sans tenir compte de l'or volé par les ouvriers, qui représente également un chiffre énorme (on a parlé de 200 millions). La découverte du Callao suscita dans la région une véritable fièvre de recherches, et de nombreuses veines nouvelles furent découvertes et mises en exploitation avec des résultats variables d'ailleurs, qui, tout en étant souvent excellents, étaient loin de pouvoir rivaliser avec ceux de la mine du Callao (actuellement appelée Vieux Callao). Ce fut l'époque des folles prodigalités et du gaspillage organisé. A partir de 1890, la période difficile commença non seulement pour le Callao, mais aussi pour d'autres mines; les teneurs baissaient considérablement, et en 1897, la mine fut définitivement fermée. Les autres mines fermèrent successivement, et bientôt il ne resta plus en activité que la mine du Pérou, qui exploite aujourd'hui encore les deux filons importants de Laguna et de Lagunita, et qui, depuis 1897, possède une installation pour la cyanuration. Entre temps, d'autres mines furent ouvertes, les filons de quartz aurifère étant innombrables dans cette région; quelques-unes donnèrent temporairement des résultats fort intéressants. En 1911 se constitua une société nouvelle, la New-Callao, qui reprit une partie des mines abandonnées y compris le Vieux Callao, ainsi que des concessions nouvelles, avec cette idée de remettre toute cette région en activité. Bon nombre de ces mines avaient dû cesser le travail pour divers motifs, dont l'un était le prix exorbitant de la main d'oeuvre, et étaient noyées; d'autres étaient équipées, et prêtes pour le travail. La nouvelle société avait devant elle une grande tâche, elle commença à travailler, notamment sur la mine Remington qui est proche de celle du Vieux Callao, puis entreprit des recherches en vue de la reprise des travaux sur d'autres mines (Columbia, Tigre, San Felipe etc.). Survint la guerre mondiale, qui désorganisa tout, et pendant toute cette période, la situation resta stationnaire, ou à peu près. Les travaux recommencèrent en 1919, et continuent aujourd'hui. Appelé à donner mon opinion sur les gîtes du Callao, je me suis rendu pendant l'hiver 1920—1921 sur ces gisements,

que j'ai examinés d'une façon très complète. Grâce au concours de Mr. Charles Couchet, alors ingénieur en chef de la compagnie New-Callao, qui connaît parfaitement le district minier, et qui pendant deux années a travaillé avec autant d'énergie que de fruit dans cette intéressante région, j'ai pu visiter tous les gisements accessibles, et tous les affleurements connus, qui pouvaient contribuer à élucider certaines questions dont la résolution était difficile. Je tiens à le remercier ici de tout ce qu'il a fait pour faciliter ma tâche. Avant mon départ, j'ai examiné au microscope une série d'échantillons récoltés sur place par Mr. Marcel Grosjean, ingénieur, qui a passé également une année au Callao; les résultats de ce premier examen m'ont été très-utiles dans la suite, je le remercie également.

## **A. Topographie, hydrographie, et aperçu géologique de la région comprise entre l'Orénoque et le Callao.**

### **1) Topographie.**

Deux routes différentes permettent de se rendre sur les gisements du Callao (fig. 1); la première part de Bolivar sur l'Orénoque, traverse le Caroni à Guri, et passe par Guacipati, capitale du territoire fédéral de Yuruari, après avoir traversé la rivière de ce nom à Cicapra. La distance de Bolivar à Callao est de 270 km. La seconde part de San Felix, sur l'Orénoque également, mais en aval de Bolivar; passe par la petite ville d'Upata, puis de là par Guacipati également; elle mesure au total 270 km. C'est la première de ces deux routes que j'ai suivie à deux reprises. Toute la vaste région comprise entre Bolivar et le Callao, est, au point de vue géographique, d'une simplicité remarquable. De l'Orénoque, jusqu'à quelques kilomètres au delà de Guacipati, elle est constituée par la savane, c'est à dire par une plaine plus ou moins vallonnée, dont l'uniformité n'est interrompue que par quelques collines de faible élévation, ou par quelques pointements rocheux plus ou moins isolés. La route, simple sillon dans la savane, est rarement montueuse, et ne présente des pentes appréciables qu'au col appelé pica de Arasiama. Toutefois, aux approches du Caroni, on observe une ligne montagneuse peu élevée, mais très continue, qui, à distance, semble orientée Est-Ouest. Cet accident a, je crois, rejeté momentanément le cours de la rivière Caroni dans cette direction.

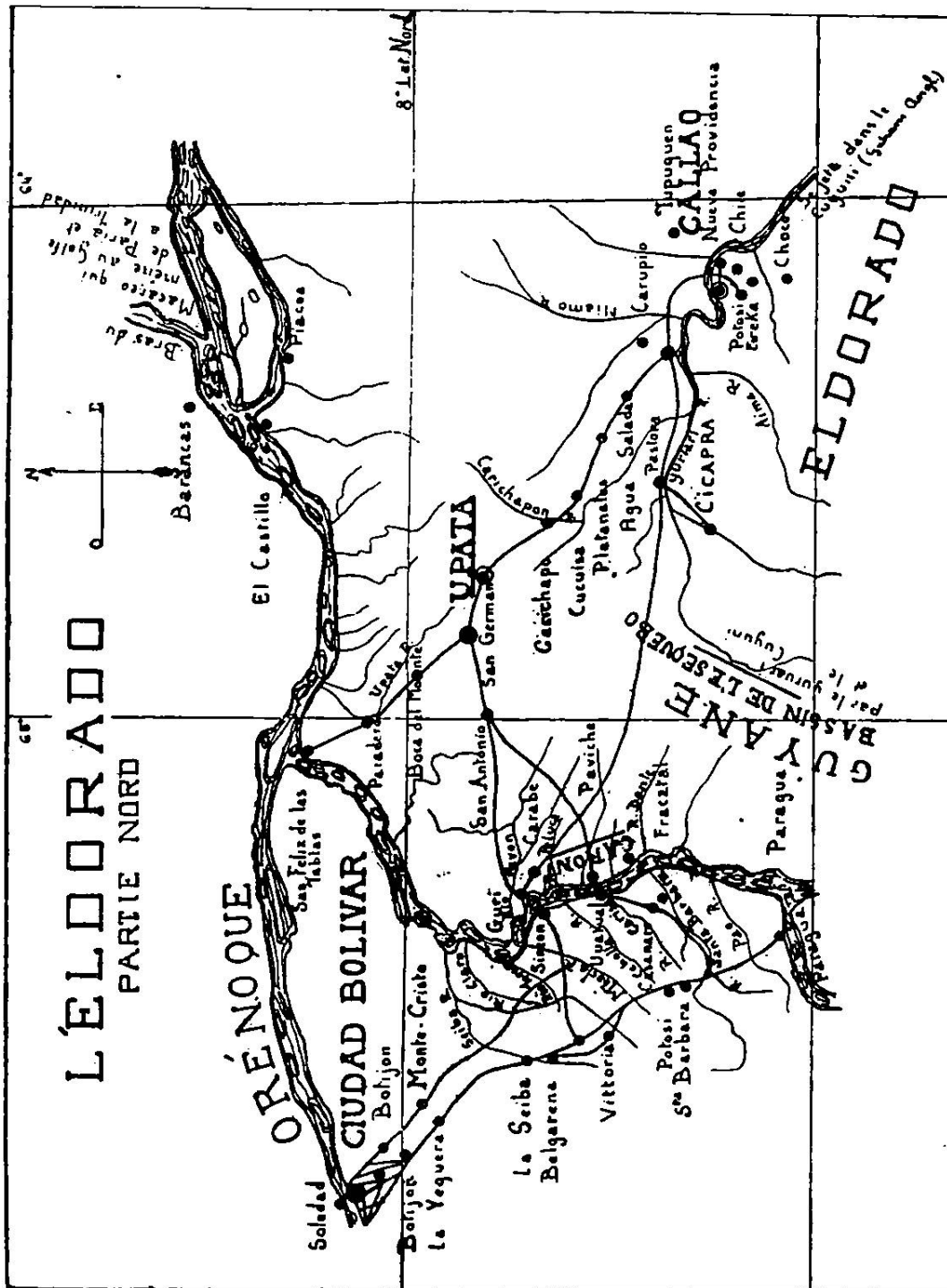


Fig. 1. Carte des voies d'accès du territoire des missions et de la région du Callao.

La savane est ordinairement couverte d'une herbe assez haute et rude, qui constitue un excellent pâturage pour le bétail. La forêt y fait totalement défaut, et c'est là un caractère essentiel. Par contre, sur toute l'étendue de la savane, mais ordinairement assez espacés les uns des autres, on trouve des arbres rabougris, à feuilles rugueuses et chargées de silice,

qu'on appelle dans le pays Chaparro (*Curatella americana*) (fig. 2). Sur tout l'espace traversé par la route de Bolivar jusqu'à Guacipati, la savane est quasi déserte, et en dehors des



Fig. 2. Vue de la savane avec sa végétation de chaparro. A droite, palmiers du genre moricha, indiquant une dépression humide ou „Morichal“.

petits hameaux de Guri et de Pastora, on ne rencontre guère de distance en distance, que quelques fermes rudimentaires (hato) habitées par des éleveurs vénézuéliens.

Au delà de Guacipati, l'aspect change totalement, et nous entrons ici dans la région du Callao. La savane fait place à une série de collines, dont l'élévation atteint et dépasse



Fig. 3. Vue de la région des collines boisées du Callao, prise depuis le moulin du Vieux Callao.

300 mètres, qui sont couvertes d'une épaisse végétation tropicale formant une forêt quasi impénétrable, dans laquelle il faut se frayer un chemin au sabre d'abatis (machete) (fig. 3). Toute cette région des collines boisées du Callao forme en quelque sorte un gigantesque oasis de verdure au milieu de la savane, car au delà, plus au Sud, celle-ci réapparaît dans toutes les directions. La rivière Yuruari serpente au milieu des collines du Callao, elle reçoit plusieurs petits affluents latéraux qui coulent dans les vallées comprises entre ces collines. La forme de ces collines est variable; leurs pentes sont, en général, peu prononcées; quelques-unes se terminent par un véritable plateau qui est presque absolument horizontal (San Luis). Seul le Papelon, qui domine le village de Callao, se distingue de loin déjà par la forme conique qui lui a valu son nom (papelon veut dire pain de sucre); cette forme spéciale n'a d'ailleurs aucune relation avec une origine volcanique.

## 2) Hydrographie.

La vaste région indiquée est très arrosée. Les différentes rivières que la route croise depuis Bolivar appartiennent à deux bassins, le premier celui de l'Orénoque, le second celui du Cuyuni; ces deux bassins ne sont séparés par aucune ride, et on passe de l'un à l'autre sans s'en douter. La route coupe la ligne de partage des deux bassins un peu au-delà de Buena-vista di Guri, sur la rive droite du Caroni.

Depuis Bolivar, les rivières croisées par la route sont: La Chivera, la Caniafistula, la Candelaria, la Maruanda, la Seiba, le Rio Claro, la Tocoma et l'Antaciano. Toutes ces rivières, à l'exception des Rio Claro et Tocoma, sont sans eau pendant la saison sèche, et peuvent se traverser à pied, ou en automobile, le moyen de locomotion actuellement le plus pratique. Elles sont cependant sujettes à des grosses crues spontanées, qui, pendant quelques heures ou quelques jours, les rendent complètement infranchissables. Puis vient le Caroni, qui, à Guri, mesure 600 mètres environ, mais plus en amont parfois quelques kilomètres. Cette grande et imposante rivière est encore dans la phase de creusement de son lit, les écueils et les rapides y abondent, elle n'est pas navigable, si ce n'est en pirogue, et encore la navigation est-elle périlleuse. A Guri, l'on franchit le Caroni sur un bac remorqué par un canot à moteur (fig. 4). Au delà de Guri, les rivières rencontrées appartiennent au bassin du Cuyuni, ce sont: l'Agua Blanca, la

Quebrada de Oro, la Pastora, et la Carichapa près de Guacipati, puis le Cunuri, et enfin entre Guacipati et le Callao, le Miamo, rivière importante que la route passe sur un pont de bois.



Fig. 4. Le fleuve Caroni, à Guri, où on le franchit en bac.

Là où, dans la savane, les rivières font défaut, les dépressions sont occupées par des régions marécageuses, ordinairement couvertes de joncs, où vient se localiser une végétation très spéciale de palmiers appartenant à deux espèces distinctes; le Moriche (*Moricha flexuosa*), et le Chaguarrama (*Oreodoxa Regia*). Ces dépressions s'appellent morichal.

Ordinairement la période des hautes eaux coïncide avec la saison des pluies, qui va d'Avril à fin Juillet, et de Novembre à fin Décembre, avec une saison sèche intermédiaire; cette saison des pluies subit d'ailleurs des oscillations d'une année à l'autre. La grande période sèche va ordinairement de Janvier à fin Mars, les rivières enflent souvent d'une manière désordonnée, et sur l'Orénoque il n'est pas rare d'enregistrer des différences de 12 mètres entre les niveaux des hautes et basses eaux. La rivière Yuruari, la plus importante, serpente au milieu des collines qui forment la région du Callao, aux basses eaux, elle est aisément traversable à pied sec, aux hautes eaux, on la passe à l'aide d'un bac.

### 3) Aperçu géologique de la région.

Je ne veux pas donner dans ce travail la description pétrographique et les caractères des roches que l'on rencontre entre Bolivar et Callao, cette description fera l'objet d'un travail spécial ultérieur. Je donnerai seulement quelques indica-



tions sur les observations relevées en cours de route, qui permettent de se faire une idée de la géologie de la contrée. Bolivar est construite sur le granit, qui affleure sur les rives de l'Orénoque sous forme de rochers luisants et noircis, qu'on voit aussi dans l'île qui se trouve vis-à-vis de la cité, au milieu du fleuve. Ce granit violacé, riche en microcline, est suivi par une mince zone de diorites à mica noir, qui, vers le sud, passent progressivement à des roches à grenat très caractéristiques. Ces diorites et ces roches subordonnées se trouvent à Bolivar même, et passent par l'endroit, appelé la piedra azul, où il existe une tranchée, leur trajectoire est sensiblement orientée NE-SO. A partir de Bolivar, toute la savane que l'on traverse, est constituée par des gneiss variés, micacés ou amphiboliques, qui, presque partout, sont criblés de veinules de granulite, et toujours fortement injectés. En de très nombreux points, ces gneiss sont percés par des pointements granitiques plus ou moins étendus, et il est évident que le granit, là où il n'affleure pas, est resté à une faible profondeur. Ces affleurements granitiques forment fréquemment des grandes surfaces plates ou légèrement bombées, ou encore un amoncellement cahotique de gros blocs qui paraissent comme empilés, ou enfin, et c'est alors surtout les variétés granitisées bien plus que les granites, des pointements rocheux parfois assez aigus. Il ne rentre pas dans le cadre de ce travail de décrire ici les variétés de granits rencontrées; elles sont nombreuses, ordinairement acides, et renferment parfois de l'amphibole.

Près du Caroni il existe, avons-nous dit, une ride assez continue, sur laquelle on peut étudier les caractères des schistes là où ils ne sont pas imprégnés par le granit. J'ai rencontré là des roches fort diverses, qui ont toutes ce caractère commun d'être très dynamométamorphiques. Ce sont tout d'abord de véritables quartzites schisteuses à grain fin, des schistes séricitiques d'origine détritique, riches en petits galets de quartz disposés en lentilles orientées parallèlement; des schistes d'un type basique, avec épidote, chlorite, leucoxène, et débris feldspathiques, qui proviennent sans doute de roches éruptive métamorphosées; enfin des tufs ou des roches à deux temps de consolidation, profondément altérées et dynamométamorphiques également.

De toute façon, gneiss, granits et granulites, se décomposent de la même manière, et donnent des arènes quartzueuses et sèches, dont l'épaisseur n'est jamais considérable. Le Cha-

parro se localise exclusivement sur ces arènes siliceuses, et dès que l'on rencontre cette plante, on est fixé sur la nature du sous-sol.

Dans toute la savane, aussi bien dans le granit que dans les gneiss, on observe à fois réitérées de gros amas de quartz, restes de filons démantelés, que l'on peut suivre fréquemment sur une grande distance, et qui sont dans certains cas d'une épaisseur remarquable.

La région des collines du Callao se présente dans des conditions bien différentes, et on comprend l'origine du changement brusque de végétation. Partout le sol est constitué par des roches vertes, compactes, à grain très fin, qui paraissent sur le terrain d'une grande uniformité, mais que l'on voit rarement en affleurements par suite de leur altération superficielle. Ces roches ne peuvent être étudiées convenablement que dans les travaux miniers, puis aussi sur les bords et sur le fond du lit de certaines rivières (quand celles-ci sont à sec). Jamais, dans la région des roches vertes, on n'observe d'arènes analogues à celles de la savane, mais au contraire une argile rougeâtre et imperméable, dont la présence se constate immédiatement par le mauvais état des chemins qui sont criblés de fondrières, ce qui n'est pas le cas dans la savane.

C'est précisément l'étude détaillée de ces roches vertes et des filons quartzeux qu'elles encaissent, qui fait l'objet de ce travail.

## **B. Les roches vertes du Callao.**

### **Considérations générales sur les roches vertes.**

C'est dans les roches vertes que se trouvent exclusivement les filons aurifères du Callao, ce qui n'exclut d'ailleurs nullement la présence de filons quartzeux dans d'autres formations. Ces roches vertes sont cependant fort mal connues; dans le pays elles portent le nom de *pie dra a zu l*, et n'ont jusqu'à ce jour, jamais fait l'objet d'une étude pétrographique sérieuse. On trouve, il est vrai, dans certains rapports miniers quelques diagnoses microscopiques, faites sur des échantillons récoltés sur les mines, mais on peut constater qu'il règne la plus grande discordance entre les déterminations qui en résultent. Pour les uns, la roche verte qui, par exemple, encaisse la veine quartzreuse du Vieux-Callao, est qualifiée de schiste

séricitique; celle qui se rencontre à la mine Remington, est désignée pro-parte comme porphyrite à hornblende, pro-parte comme schiste talqueux, enfin celle qui a été trouvée à la mine Columbia est décrite comme porphyrite également.

Les uns considèrent les roches vertes dans leur ensemble comme sédimentaires, et en font du précambrien; les autres les attribuent exclusivement aux formations éruptives, et en font des diabases et des porphyrites; c'est cette dernière manière de voir qui est de beaucoup la plus répandue, et la grande majorité des auteurs considère la roche verte comme éruptive, et comme la source première de toute minéralisation. C'est pour eux une porphyrite massive, dont les cassures remplies par le quartz sont d'origine dynamique, ou dûes au retrait produit dans cette masse énorme de porphyrite au moment de sa solidification. Ce n'est évidemment qu'une étude microscopique complète qui pouvait résoudre cette importante question de l'origine des roches vertes. Celles-ci conservent sur le terrain un air de famille remarquable, mais l'étude des différentes variétés et de leurs rapports mutuels, est rendue très difficile par la rareté des affleurements, par la latéritisation du sol, et surtout par l'inextricable forêt qui couvre toute la région. C'est donc principalement aux exploitations souterraines qu'il faut s'adresser pour trouver un matériel d'études convenable. C'est ce que j'ai fait, et on verra dans ce qui suit, que mes conclusions sont tout à fait inattendues, et très différentes de celles de mes prédécesseurs.

Pour l'intelligence de ce qui va suivre, et sans anticiper sur mes conclusions, je dirai que j'ai trouvé parmi les roches vertes des types pétrographiques très différents, que je grouperai en vue d'un examen commun, sans indiquer pour le moment leur composition.

J'ai en effet pu distinguer parmi les roches vertes:

- I. Des porphyrites à hornblende.
- II. Des diabases sans olivine.
- III. Des microgranulites.
- IV. Des tufs plus ou moins complètement métamorphosés.
- V. Des schistes d'origine détritique.
- VI. Des schistes quartzito-chloriteux riches en calcite.
- VII. Des schistes séricito-chloriteux avec calcite.
- VIII. Des jaspes typiques.

Je décrirai successivement ces différents types, en donnant à propos de chacun quelques indications générales.

## Description pétrographique des roches vertes.

### 1) Les Porphyrites à Hornblende.

Ces roches sont ordinairement d'un vert foncé, parfois plus ou moins grisâtre, homogènes et très compactes, à grain très fin, ou mieux aphanitiques. Dans les nombreux spécimens que j'ai examinés, je n'y ai jamais vu à l'oeil nu de première consolidation; à la loupe cependant on observe par places quelques petites taches blanches, qui paraissent être des phénocristaux feldspathiques. Ces roches sont ordinairement si profondément décomposées, qu'il est parfois très difficile de dire si elles représentent des types éruptifs francs, ou des tufs plus ou moins fortement agglomérés. A en juger par leur compacité, et surtout par l'absence de toute stratification visible sur une grande épaisseur, on penche immédiatement pour la roche éruptive, mais cette impression est corrigée par l'examen microscopique, la plupart de ces roches porphyriques rappellent, en effet, bien plus par leur structure certains tufs homogènes, qu'une roche éruptive à deux temps. Le facies le plus franchement éruptif des roches vertes a été observé par moi à la mine Laguna (concession du Pérou). Là un travers-banc de base, après avoir traversé la zone latéritisée, est resté, sur près de 300 mètres, dans une roche verte, homogène et compacte, qui présente par places des zones d'écrasement dynamique, mais qui n'est nulle part litée.

A la mine Remington, j'ai également observé la même roche, mais ici elle est accompagnée d'autres roches dont on ne peut voir les rapports sur le terrain, mais qu'on observe sur les galeries, et qui n'ont rien de commun avec les porphyrites. Les mêmes roches compactes ont été trouvées par moi sur les haldes de certains puits du Vieux-Callao, puis aussi près du moulin où l'on broyait le quartz, sur la rivière Yuruary.

Dans ce qui suit, je ne donnerai que la description des types de porphyrites que je considère comme les moins douteux; j'ajoute que, contrairement à ce que l'on a dit ou écrit, ce facies porphyrique est loin d'être le plus répandu, et que prétendre que les roches éruptives forment la totalité des roches vertes du Callao est une véritable hérésie.

No 501. Vieux-Callao. Echantillon pris près du moulin. Roche verte, compacte, aphanitique, sans phénocristaux visibles.

S. L. M.\* I. Quelques rares grains de magnétite et de pyrite. Hornblende très abondante en débris, ou en cristaux qui accusent les traces d'un ancien contour, qui ne sont jamais terminés, allongés suivant  $m = (110)$ , et souvent effrangés aux extrémités. Sur quelques rares spécimens, on reconnaît les profils  $h^1 = (100)$ ,  $g^1 = (010)$ ,  $m = (110)$ . Mâcles simples ou répétés par hémitropie normale sur  $h^1 = (100)$ . Plan des axes  $(010) = g^1$ , bissectrice aiguë négative, extinction de Ng sur  $g^1 = (010) = 18^\circ - 19^\circ$ ,  $2V = 70^\circ$ ,  $Ng - Np = 0,015 - 0,016$ ,  $Ng - Nm = 0,005$ ,  $Nm - Np = 0,010$ ; polychroïsme peu intense, Ng = vert assez pâle, Nm = vert, Np = incolore ou jaunâtre. Il existe aussi une autre hornblende plus rare, de couleur brunâtre, avec Ng = brunâtre, Np = jaunâtre très-pâle.

Feldspaths. Ils ont dû être beaucoup plus abondants que la hornblende, et aussi de plus grande taille; ils restent abondants par rapport à la pâte. Ils n'ont pas de contour, mais sont allongés à la façon des microlites. En lumière polarisée, ils apparaissent comme complètement décomposés, et réduits à l'état de squelettes. Aux forts grossissements, la matière feldspathique a disparu, et est remplacée par quelques lamelles de damourite, des produits opaques, et des tout petits grains d'épidote. Ces feldspaths étaient sans aucun doute des plagiocases, car certains d'entre eux conservent des traces perceptibles de lamelles de l'albite. Quartz. Un simple gros grain arrondi, qui semble ici tout à fait étranger.

II. La pâte ou masse qui relie les cristaux est grisâtre et opaque en lumière naturelle. S. L. M. elle est formée par une matière kaolinique, dans laquelle on distingue des petits grains d'épidote, beaucoup de débris et de petits prismes d'amphibole, puis des petites lamelles de chlorite. Le même minéral se trouve dans le voisinage de la hornblende et paraît en provenir, car on le trouve à l'intérieur de celle-ci. Cette chlorite est uniaxe positive, très peu biréfringente, assez dispersive, et légèrement polychroïque avec: Ng = vert très pâle, Np = vert d'herbe pâle.

On trouve aussi comme éléments secondaires, quelques plages de calcite généralement cantonnées dans le voisinage de l'amphibole, puis quelques nids de quartz secondaire en petits grains. Nulle part il n'est possible de retrouver

\* S. L. M. veut dire: sous le microscope, I = première consolidation, II = pâte.

trace de la composition minéralogique primitive de la pâte, les microlites feldspathiques notamment ont totalement disparu.

La composition chimique de cette roche est donnée par l'analyse suivante:

Analyse du No 501:

		80,09	
Si O <sub>2</sub> =	54,86	Ca O =	9,98
Ti O <sub>2</sub> =	0,70	Mg O =	5,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =	16,85	K <sub>2</sub> O =	1,24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =	2,60	Na <sub>2</sub> O =	3,17
Fe O =	5,08	P.A.F. <sup>1</sup> =	0,96
	<u>80,09</u>		<u>101,09</u>

La roche correspond à peu près à une porphyrite labradorique à hornblende.

No 0. Mine Remington, sur les haldes. Roche très analogue à la précédente, verte, compacte, aphanitique, sans phénocristaux visibles.

S. L. M. Elle est porphyrique également, mais d'aspect encore plus tuffoïde; les phénocristaux y sont toujours très abondants par rapport à la pâte, mais encore plus mal conservés, et représentés par les mêmes minéraux:

I. Hornblende. Elle est encore plus abondante que dans le type précédent, mais en cristaux effrangés, qui paraissent être bien plus des débris que des phénocristaux. L'allongement est à peine perceptible, quelques sections avec clivages  $m = (110)$ , quelques rares mâcles  $h^1 = (100)$ . Sur  $g^1 = (010)$  plan des axes, l'extinction de Ng est de  $19^\circ$ , la bissectrice aigüe est Np;  $Ng - Np = 0,021$ ,  $2V = 70^\circ$ , polychroïsme: Ng = vert assez pâle, Nm = verdâtre, Np = presque incolore.

Feldspaths en très nombreuses sections tout à fait décomposées et indéterminables. Dans les squelettes, on trouve quelques grains de zoïsite et des paillettes de séricite.

II. La pâte est opaque et identique à celle du No 501, elle renferme quelques petits grains flous et mal individualisés d'épidote, des débris d'amphibole, et des lamelles de chlorite dispersées dans le kaolin. Les grandes lamelles de ce minéral sont assez abondantes.

<sup>1</sup> P.A.F. signifie „perte au feu“.

Analyse du No 0:

Si O <sub>2</sub> =	54,59		87,58
Ti O <sub>2</sub> =	1,09	Mg O =	5,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =	9,26	Mn O =	0,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =	8,52	K <sub>2</sub> O =	2,47
Fe O =	5,22	Na <sub>2</sub> O =	3,09
Ca O =	8,90	P. A. F. =	1,94
	<u>87,58</u>		<u>100,97</u>

No 5. Mine Laguna (concession du Pérou), sur les haldes. A l'œil nu, la roche est de couleur foncée, compacte, aphanitique, très semblable aux précédentes.

S. L. M. Elle est à deux temps également, mais I est réduit, et différent.

I. Pyrite abondante, en jolis grains ou cristaux à profils cubiques ou dodécaédriques. Augite : Nombreuses sections d'un minéral transparent et incolore, avec allongement prismatique marqué. Ces sections ne renferment aucune trace du minéral primitif, et toutes sont entièrement remplies de calcite. Mais ces sections ont des profils assez bien conservés sur lesquels on peut mesurer des angles plans qui correspondent à ceux de l'augite.

Pas de feldspaths conservés, ou de squelettes indiquant la présence possible de ce minéral.

II. Pâte. Elle est formée par une multitude de lamelles de chlorite vert pâle, de très petite taille, associées à du kaolin, et des petits grains d'épidote. Ça et là, mais rarement, il existe dans la masse une grande plage de chlorite homogène. La roche originelle était probablement une porphyrite à augite.

No 4. Mine Laguna, échantillon pris sur le travers-banc de base, à 150 m environ de son entrée. La roche est toujours verte, compacte et aphanitique.

S. L. M. Elle est encore plus fortement décomposée que les précédentes.

I. Assez nombreux cristaux de pyrite. Pas de hornblende. Plagiocases en silhouettes rectangulaires et étroites, à habitus microlitique. L'intérieur ne renferme plus de matière feldspathique, mais est rempli de quartz secondaire. Quelques grandes plages formées par de la chlorite presque isotrope, très dispersive, et de couleur verte assez foncée.

II. Pâte. La masse dans laquelle sont distribués les éléments précédents, présente vaguement la disposition d'une pâte, qui a dû contenir des microlites enchevêtrés. Présentement elle est complètement décomposée, et transformée en kaolin gris et opaque, pointillé çà et là par quelques grains de quartz, des petits grains d'épidote, et des petites lamelles d'une chlorite peu colorée, verte, positive. Dans cette pâte on remarque quelques petites amygdales remplies par des grains de calcite, disséminés dans une masse formée par de très-petites lamelles de chlorite vert pâle, et des grains de quartz. Ces amygdales sont circonscrites par une zone périphérique très opaque, dans laquelle on voit de nombreux grains d'épidote, puis des petites boules concrétionnées, formées par des grains de quartz associés à quelques lamelles de chlorite.

Cette roche était vraisemblablement une porphyrite oligo-phyrrique à première consolidation feldspathique.

### 2) Les diabases et leurs produits d'altération.

D'après ce que j'ai pu voir à la mine Laguna, et d'après les documents qui existent relativement à la mine Columbia, les diabases sont nettement intrusifs dans la formation des roches vertes. A la mine Laguna, en effet, au niveau No III, du côté Ouest, la galerie a rencontré une roche diabasique qui interrompait et rejetait le filon de quartz encaissé dans la roche verte qu'elle avait suivi jusqu'ici, et au moment de ma visite, on essayait de traverser ce dyke pour retrouver le filon. A la mine Columbia, un phénomène semblable a été observé; à la profondeur verticale de 75 m, et sur une longueur reconnue de 195 m, un dyke de diabase a interrompu le filon quartzeux. Ces faits ne sont pas isolés, ils ont été signalés sur d'autres mines. Les diabases sont également connus à l'affleurement sur plusieurs points de la région du Callao, notamment au Monte Sacro, et sur le Yuruari.

Ces diabases sont ordinairement à grain moyen, et très mélanocrates; les échantillons frais sont noirâtres, ceux altérés verdâtres, à facies parfois gabbroïque.

No 1. Mine de Laguna (concession du Pérou) dyke au niveau No III. Roche noirâtre, à grain moyen, très mélanocrate.

S. L. M. La roche est complètement fraîche et holocristalline, elle renferme les minéraux suivants: Magnétite: en



plages opaques, assez grandes, mais peu nombreuses, toujours cantonnées dans le voisinage de l'élément noir. Spinelle brun : en grains arrondis, d'un brun verdâtre, craquelés, inclus dans l'augite ou libres dans la roche.

Augite : en grandes plages, de couleur gris-violacée; elle présente des clivages  $m = (110)$  et des mâcles  $h^1 = (100)$  non répétées. Le plan des axes est dans  $g^1 = (010)$ , la bissectrice aiguë est positive; sur  $g^1 = (010)$ , Ng s'éteint à  $46^\circ$ ,  $2V = 54^\circ$ , Ng — Np = 0,025, Ng — Nm = 0,020, Nm — Np = 0,005.

Hornblende commune : Rare, en cristaux toujours situés dans le voisinage, et au contact de l'augite, dont elle semble provenir. Le nombre des sections est insuffisant pour une détermination ordinaire, on trouve au Fédoroff une extinction de  $22^\circ$  sur  $g^1$ , avec  $2V = 74^\circ$ , Ng — Np = 0,022, Ng = brun assez foncé Nm = brun, Np = jaunâtre pâle presque incolore.

Plagioclases : ils sont abondants, et présentent des mâcles nombreuses; le 82 % des sections est mâclé selon le complexe albite-Karlsbad; le 10 % suivant la loi de l'albite seule, et de 8 % final selon la combinaison albite péricline-Karlsbad. Je donnerai ci-dessous une série de déterminations faites par différentes méthodes.

1) Section mâclée, 1 avec clivage marqué, 2 avec lamelles 4 parallèles au plan de mâcle 1—2, puis lamelles 3 normales à ce plan.

Axe 1—2 =  $[001]^*$  = 63 % An. Plan 1—2 = Plan 1—4 = (010).

Axe 1—3 =  $[010]$  = 70 % An. Plan 1—3 pas déterminable, voisin de (001), 1—2 = mâcle de Karlsbad, 1—4 = mâcle de l'albite, 1—3 = mâcle de la péricline.

2) Plage formée par deux grands individus mâclés 1—2, l'individu 2 renferme plusieurs lamelles parallèles à la trace du plan de mâcle 1—2.

	Ng	Nm	Np	
Axe 1—2	$73\frac{1}{2}^\circ$	$58^\circ$	$27^\circ$	= $\frac{\perp [001]}{(010)}$ = complexe Albite-Karlsbad 60 % An.
Plan 1—2	$37^\circ$	$72^\circ$	$60^\circ$	= (010) = Albite = 60 % An.

3) Deux individus mâclés 1—2, l'individu 2 avec des fines lamelles hémitropes 3, parallèles au plan 1—2.

Axe 1—2 =  $\frac{\perp [001]}{(010)}$  = complexe albite-Karlsbad = 67 % An.

Plan 1—2 = Plan 2—3 = (010) = 67 % An.

\* Ces notations sont conformes à celles utilisées par Nikitin pour les mâcles des feldspaths, et telles que je les enseigne dans mon cours. Pour ne pas allonger, je m'abstiendra de donner pour tous les spécimens étudiés les trois coordonnées Ng, Np, Nm.

4) Grand individu 1 avec clivage marqué, mâclé avec des lamelles 2 et 3 assez larges.

Axe 1—2 = [001] = 62 % An.

Axe 1—3 =  $\frac{\perp [001]}{(010)}$  = 58 % An.

Axe 2—3 = Plan 1, 2, 3 = (010) = 62 % An.

Clivage = (001) = 58 % An.

5) Section  $g^1 = (010)$  zônée.  $\perp$  à Ng,  $E^* = 37^\circ$ .

Extinction de la bordure =  $+4^\circ = 26\%$  An.

Extinction du noyau =  $-17^\circ = 48\%$  An.

6) Section mâclée selon Ab, zônée, A = noyau, B = bordure,  $E = 31^\circ$ .

Extinction de A à  $16^\circ$ , en sens inverse de E = labrador  
Ab 1 An 1.

Extinction de B à  $2^\circ$  en sens inverse = oligoclase Ab 3 An 1.

Il résulte de ces déterminations, que le feldspath dominant est un labrador à 60—64 % d'An, en moyenne, avec  $2V = 80^\circ$  à  $82^\circ$ ; et une bordure qui va jusqu'à l'oligoclase Ab 3 An 1, mais qui est rare.

La structure est nettement ophitique, les feldspaths d'habitus microlitique, sont moulés par les plages d'augite, et ceci non seulement régionalement, mais dans toute la roche.

Analyse du No 1:

Si O <sub>2</sub> = 49,99	80,12
Ti O <sub>2</sub> = 0,97	Ca O = 10,46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 13,64	Mg O = 6,42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 7,40	K <sub>2</sub> O = 1,26
Fe O = 7,84	Na <sub>2</sub> O = 2,25
Mn O = 0,28	H <sub>2</sub> O = 0,65
80,12	101,16

No 13. Mine Columbia, sur les haldes du puits principal. Cette roche est sans doute celle du dyke éruptif qui arrêta le filon quartzeux de Columbia. Elle est déjà altérée, verdâtre, à grain fin, et présente l'aspect typique d'une diabase.

S. L. M. C'est une diabase ophitique sans olivine, mais entièrement ouralitisée. Elle ne renferme en effet plus de pyroxène, mais seulement de l'amphibole secondaire. La hornblende est vert pâle, à peine colorée, toujours plus ou moins fibreuse, et souvent criblée de grains de magnétite. Sur  $g^1 =$

\* E signifie l'angle d'éclairement commun des lamelles zonées.

(010), l'extinction de Ng se fait entre  $18^\circ$  et  $20^\circ$  de l'allongement toujours positif; la bissectrice aigüe est négative,  $Ng - Np = 0,024$ ,  $Ng =$  vert pâle à peine coloré,  $Nm =$  vert très pâle,  $Np =$  incolore. Cette hornblende est fréquemment transformée en chlorite quasi isotrope, presque incolore également, uniaxe et positive.

Les cristaux de hornblende gisent dans une masse kaolinique opaque, qui montre par endroits des profils analogues à ceux des gros microlites feldspathiques, et qui, par rapport à l'amphibole, rappellent absolument la structure ophitique. Ces plages sont les restes d'un plagioclase entièrement décomposé. Aux forts grossissements, on trouve dans le kaolin des nombreux et petits grains diffus d'épidote, puis de quartz secondaire.

La roche est évidemment une diabase ouralitisée.

No 14. Mine Columbia, même provenance que le No 13. Comme aspect macroscopique, cette roche est également identique au No 13, de même couleur, mais d'un grain un peu plus fin.

S. L. M. elle est encore plus décomposée que la précédente, et plus amphibolique, elle ne garde pas grand chose de sa structure première. La hornblende est extrêmement abondante, et se présente en cristaux et en débris de toutes dimensions. Les cristaux sont souvent déchiquetés et fibreux. La variété est peu colorée; elle s'éteint à  $20^\circ$  sur  $g^1 = (010)$ , et n'a pas de polychroïsme appréciable,  $Ng - Np = 0,022$ .

Dans cette amphibole on trouve de nombreux restes de pyroxène monoclinique, qui s'éteint à  $43^\circ$  dans  $g^1 = (010)$ , avec une biréfringence,  $Ng - Np = 0,029$ . En certains endroits, la chlorite est l'élément qui transforme la hornblende. Les plagioclases ont complètement disparu, et sont remplacés par des plages kaoliniques imprégnés de grains mal individualisés d'épidote et de quartz secondaire.

No 530. Affleurement du Monte Sacro. Cette roche à grain assez grossier, rappelle plus un gabbro qu'une diabase.

S. L. M. Elle est formée par des grands cristaux de pyroxène altéré, et en partie ouralitisé par une amphibole incolore. Le pyroxène monoclinique a des clivages  $m = (110)$  assez peu nets, sur  $g^1 = (010)$  plan des axes optiques,  $Ng$  s'éteint à  $42^\circ$ , bissectrice aiguë =  $Ng$ ,  $2V$  petit, autour de  $54^\circ$ ,  $Ng - Np = 0,028$ . Le pyroxène monoclinique est légèrement

brunâtre en lumière naturelle; il s'ouralitise suivant la forme classique. Tantôt il est réduit à l'état de noyaux au milieu des plages d'amphibole, tantôt il est persillé par ce dernier minéral. On trouve aussi quelques sections à extinction droite de pyroxène rhombique, avec clivage lamellaire  $h^1 = (100)$  et craquelures transversales, allongement positif de même que la bissectrice, et biréfringence assez basse:  $N_g - N_p = 0,013$ ,  $N_m - N_p = 0,004$ . Ce pyroxène est en partie transformé en bastite.

Les cristaux de ces divers éléments noirs gisent dans une masse kaolinique opaque, provenant de feldspaths dont il ne reste plus aucune trace. Aux forts grossissements, elle paraît imprégnée d'une quantité de petits grains de zoïsite diffuse, puis d'un peu de quartz secondaire.

Analyse du No 53:

Si O <sub>2</sub> }	= 48,61		78,26
Ti O <sub>2</sub> }		Ca O	= 12,72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 15,65	Mg O	= 2,41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 6,68	K <sub>2</sub> O	= 2,52
Fe O	= 7,32	Na <sub>2</sub> O	= 3,83
Mn O	= traces	H <sub>2</sub> O	= 1,51
	<u>78,26</u>		<u>101,25</u>

La grande quantité de potasse trouvée, et en général d'alcalis, a été vérifié sur six analyses différentes.

### 3) Les filons aplitiques (microgranulites).

Les aplites n'ont, à proprement parler, rien de commun avec la roche verte, et sont, comme les diabases, nettement intrusives dans celle-ci. Ces roches ont été signalées pour la première fois au Vieux Callao. En effet, à la profondeur de 205 mètres environ, la veine de quartz, qui était exploitée sur cette mine, se bifurquait en deux branches divergentes, qui enveloppaient une sorte de lentille de roche blanche, quartzreuse, qualifiée tout d'abord de quartzite, et considérée longtemps comme telle. Plus tard, des échantillons de cette roche furent soumis à Michel, qui la trouva composée de quartz, de paillettes de muscovite, d'orthose, et de pyrite, et qui n'hésita pas à la qualifier de microgranulite. Je n'ai pas eu cette roche entre les mains, et n'ai pas pu en trouver un morceau sur les haldes; mais d'après la description, elle correspond nettement à celle que j'ai vue en place à la mine Remington. Par contre,

sur les déblais voisins du puits No 6 du Vieux Callao qui est celui ayant traversé la lentille en question, et qui a été prolongé à plus de 100 mètres au-dessous de sa rencontre avec la dite microgranulite, on trouve en abondance des roches blanches fort curieuses, dont il sera question plus loin, mais qui n'ont rien de commun avec des microgranulites. Comme ces roches sont à la surface, il est vraisemblable qu'elles représentent les derniers produits extraits du puits No 6. Il n'est d'ailleurs pas possible de savoir par les documents existants (la mine étant actuellement inaccessible), si la microgranulite rencontrée continuait en profondeur, ou si elle disparaissait. Sur un profil qui figure dans l'ouvrage du Dr. Morisse,\* le puits, au dessous de la veine, se continue entièrement dans les „quartzite”, mais dans les journaux de l'époque je n'ai rien trouvé de précis à cet égard, et vu l'absence de ces quartzites (alias microgranulites) sur les haldes, j'en conclus que ces microgranulites devaient constituer un simple filon local.

A la mine Remington, il existe deux filons de ces aplites, qui traversent nettement les roches vertes, et que l'on retrouve aux divers niveaux de la mine; le principal, qui affleure en surface, mais qui est là complètement kaolinisé, se trouve à 40 mètres au SO du puits principal; il mesure environ 1,50 m d'épaisseur, et paraît s'élargir en profondeur. A partir du troisième niveau de la mine, la roche est tout à fait fraîche.

No 6. Filon aplitique traversant la mine Remington. C'est une roche blanche, aplitique, finement grenue, qui, à l'oeil nu, contient quelques cristaux de pyrite.

S. L. M. Elle renferme de la muscovite, de l'orthose, des plagioclases, et du quartz. La muscovite est très abondante, mais se rencontre seulement en petites lamelles dispersées irrégulièrement parmi les éléments feldspathiques et quartzeux, et de plus petite dimension qu'eux. La variété est remarquablement peu biréfringente, elle est à deux axes très rapprochés autour d'une bissectrice aiguë  $N_p, N_g$  —  $N_p = 0,035$ .

Plagioclases abondants, l'emportant sur l'orthose, en cristaux mâclés selon l'albite, plus rarement selon la péricline.

\* Dr. L. Morisse, Excursions dans l'Eldorado (El Callao). Paris-Flammarion, éditeur 1904.

## 1) Section Snp, mâclée selon Ab.

Extinction de 1 Snp =  $16^\circ$ .Extinction de 1' Snp =  $12^\circ$ .

## 2) Section Snp mâclée selon Ab.

Extinction de 1 Snp =  $15^\circ$ .Extinction de 1' Snp =  $16^\circ$ .Bissectrice aigüe =  $\text{Ng } \delta^1 = \angle O, \Delta^2 < O2V$  relativement petit.

La variété répond donc à de l'oligoclase acide, allant même jusqu'à l'albite. Orthose en cristaux ou grains informes, mâclés selon Karlsbad.

Sur  $g^1 = (010)$  extinction à  $6^\circ$ ,  $\text{Ng} - \text{Np} = 0,006$ .

Quartz très abondant, en grains idiomorphes. Calcite en petits grains ou en rhomboèdres, disséminés parmi les autres éléments.

Structure franchement granulitique.

Analyse du No 6:

Si O <sub>2</sub> = 72,73	91,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 15,32	Ca O = 1,62
Fe <sub>2</sub> N <sub>3</sub> = 1,20	Na <sub>2</sub> O = 3,43
Fe O = 0,38	K <sub>2</sub> O = 3,27
Mg O = 1,49	P. A. F. = 1,80
91,12	101,24

## 4) Les tufs et les roches tuffoïdes.

J'ai placé dans cette catégorie des roches variées, qui, par leurs minéraux ou leur composition, me paraissent se rattacher aux porphyrites ou aux diabases, qui, comme aspect, ne se différencient pas sensiblement des porphyrites, mais qui sont parfois complètement métamorphosées, de sorte qu'il est souvent bien difficile de retrouver leur véritable origine. Certaines de ces roches rappellent tout à fait au microscope l'aspect de la masse qui remplace la pâte dans les porphyrites, d'autres montrent une parenté indéniable avec certaines diabases, d'autres encore sont tout à fait transformées, et pourraient être intercalées dans les amphibolites ou les roches à épidote; ces variétés tuffoïdes paraissent assez répandues, on les rencontre un peu partout dans le complexe des roches vertes.

No 534 a. Potrero sur le Yuruari. Roche gris verdâtre, compacte, ressemblant aux porphyrites.

S. L. M. La roche est constituée par une masse formée par des lamelles de chlorite verte, des grains d'épidote, des paillettes de sericite mêlées à la chlorite, puis régionalement, des petites plages de quartz secondaire.

Dans cette masse de structure et de composition très uniformes, on trouve çà et là un squelette feldspathique d'habitus microlitique, renfermant parfois encore quelques traces de lamelles de l'albite, mais dont le contenu est indéterminable, puis des lamelles plus grandes de chlorite uniaxe, plus colorée que celle de la masse, avec  $N_p = \text{vert d'herbe}$ .

Toute cette masse renferme des petits grains d'origine leucoxénique et çà et là quelques plus gros grains d'épidote. La roche me paraît être un tuf altéré, et peut-être en partie métamorphosée.

Analyse du No. 534 a:

		85,58
Si O <sub>2</sub>	= 53,33	Ca O = 6,35
Ti O <sub>2</sub>	= 0,20	Mg O = 2,77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 19,73	K <sub>2</sub> O = 1,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 8,20	Na <sub>2</sub> O = 5,14
Fe O	= 4,12	P. A. F. = 1,07
	<hr/>	<hr/>
	85,58	101,98

No 517. Au passage des Américains. Roche gris verdâtre, dure, compacte, aphanitique.

S. L. M. Cette roche est très homogène, et formée par une masse dans laquelle on ne voit aucun phénocrystal. Cette masse, qui est évidemment un produit de transformation, est constituée par d'abondantes fibrilles d'amphibole incolore et grisâtre, ordinairement effrangées, et quelquefois mâclées selon  $h^1 = (100)$ . Sur  $g^1 = (010)$  l'extinction de cette amphibole atteint  $18^\circ - 20^\circ$ , elle est mêlée à une grande quantité de grains et de prismes d'épidote de couleur jaunâtre, puis à des petits grains opaques d'origine leucoxénique ou ferrugineuse.

En certains endroits, l'épidote forme des amas de grains plus gros que ceux de la masse, qui sont alors associés à quelques grandes lamelles d'une chlorite peu colorée; celle-ci se trouve également dispersée dans cette masse. Ces nids ne sont jamais de grande taille, et peu nombreux. Quelques rares et petits grains de quartz secondaire.

Analyse du No 517:

Si O <sub>2</sub> = 49,20		80,85
Ti O <sub>2</sub> = 0,12	Ca O = 9,41	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 14,00	Mg O = 2,01	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 9,12	K <sub>2</sub> O = 1,20	
Fe O = 8,19	Na <sub>2</sub> O = 5,99	
Mn O = 0,22	P. A. F. = 1,10	
<u>80,85</u>		<u>100,56</u>

Je rapporte cette roche à un tuf transformé, passant à l'amphibolite épidotique.

No 22. Vieux Callao, sur les haldes du puits No 6. Roche verte compacte, aphanitique, tout à fait semblable aux porphyrites comme aspect extérieur.

S. L. M. Beaucoup de cristaux informes et efrangés, puis de débris d'une hornblende verte, très peu colorée, sans contour géométrique, ressemblant beaucoup à celle du No 501. Extinction à 22° sur  $g^1 = (010)$  plan des axes, Ng — Np = 0,02, Ng — Nm = 0,010, Nm — Np = 0,012, 2V = — 84°.

Dans la hornblende quelques inclusions de magnétite, et de feldspaths en sections irrégulières, en débris ou en grains, dont l'intérieur est toujours complètement décomposé, et qui sont transformés en kaolin, en petites lamelles de damourite, et en minuscules grains d'épidote souvent encore mal individualisés. Ces sections de hornblende et de feldspaths qui pourraient être des phénocristaux, mais qui paraissent cependant beaucoup plus détériorées que dans les porphyrites, sont dispersées dans une masse opaque grisâtre, de nature kaolinique, dans laquelle on trouve des cristaux de pyrite, des grains et de plages de calcite, puis régionalement, des grains de quartz secondaire.

No 12. Au fond du puits de la mine de San Felipe. Roche gris-verdâtre, plus claire que les porphyrites, mais aussi compacte et à grain très-fin.

S. L. M. Cette roche est une véritable amphibolite, et toute trace de sa structure première a totalement disparu. Elle est formée par une multitude de prismes ou mieux d'aiguilles efrangées d'amphibole, qui sont enchevêtrées sans indice d'une orientation principale. Les caractères de ces aiguilles sont les suivants: Elles n'ont pas de formes appréciables, sauf l'allongement, les clivages  $m = (110)$  sont visibles mais peu nets, les mâcles  $h^1 = (100)$  sont rares. Le plan des axes est



dans  $g^1 = (010)$ , la bissectrice aiguë négative, l'extinction de Ng dans  $g^1 = (010)$  se fait à  $21^\circ$ , la biréfringence  $Ng - Np = 0,022$ , polychroïsme faible, mais appréciable: Ng = verdâtre pâle, Np = incolore. Entre les aiguilles de hornblende on observe des prismes et des petits grains de zoïsite très dispersive, quelques petits amas leucoxéniques, et par place un peu de quartz secondaire. Ça et là quelques plages de calcite toujours très localisées.

No 22. Au Salto, sur l'affleurement même. Roche vert-grisâtre, dure, très compacte, ressemblant à une cornéenne.

S. L. M. Ce type est tout à fait spécial, et encore différent des précédents. En lumière naturelle, il semble formé par une masse grisâtre, dans laquelle on remarque des nids irréguliers occupés tantôt par un minéral très réfringent, tantôt au contraire, par un minéral sans relief. La masse grisâtre est formée par des fibres enchevêtrées d'un minéral qui répond à une amphibole incolore, à allongement positif, bissectrice aiguë négative, extinction sur  $g^1 = (010)$  à  $19^\circ - 20^\circ$ , sans polychroïsme appréciable. Entre ces houppes d'amphibole, on trouve quelques lamelles de chlorite presque incolore, quelques rares grains de zoïsite, puis des petites ponctuations opaques. Les nids incolores qu'on voit dans cette masse sont formés: soit par des prismes de zoïsite, fortement allongés selon  $(110) = m$  avec extinction à  $0^\circ$  de l'allongement de signe variable, bissectrice aiguë positive et plan des axes transversal; soit par un agrégat de petites lamelles de chlorite, circonscrit par une couronne de petits grains de quartz polyédrique. D'autrefois encore le nid est formé exclusivement par des grains de quartz, associés à de la calcite et de la magnétite.

No 9. Mine de la Union, au niveau No III. Roche compacte, noirâtre, paraissant amphibolique.

S. L. M. Cette roche est tout à fait tuffoïde. Elle renferme une multitude de cristaux et de grains irréguliers de pyrite, puis beaucoup de débris informes de plagioclases altérés, kaolinisés et indéterminables, et beaucoup de chlorite qui forme l'élément principal. Celle-ci très peu biréfringente, est en lamelles vertes, uniaxe et positive, avec polychroïsme faible soit  $Np =$  vert d'herbe pâle,  $Ng =$  presque incolore. Ces lamelles sont associées à de très nombreux grains de

calcite qui s'accumulent sur certains points, puis à du quartz secondaire.

No 525. Mine de la Hansa. Roche vert-foncée, dure, compacte, aphanitique.

S. L. M. Elle est formée principalement par des feldspaths en débris, qui sont toujours totalement décomposés, mais dont quelques sections présentent encore des mâcles de l'albite, sur lesquelles on peut mesurer des extinctions qui rattachent la variété au Labrador. Ces débris feldspathiques sont réunis par un véritable ciment formé par des petites lamelles de chlorite verte. Dans cette masse on trouve beaucoup de gros cristaux d'épidote, puis de calcite, et de la magnétite qui entoure souvent des produits leucoxéniques.

Une analyse incomplète de cette roche a donné 50,88 % de  $\text{SiO}_2$ , 1,62 % de  $\text{TiO}_2$  et 31,62 % de  $(\text{Fe}_2\text{O}_3\text{Al}_2\text{O}_3)$ .

No 27. Vieux Callao. Puits No 7. Roche verte très compacte, sans schistosité apparente, aphanitique ressemblant tout à fait aux porphyrites.

S. L. M. Cette roche ne renferme aucune trace de phénocristaux, mais elle est formée par une masse de structure homogène, constituée par une foule de petits grains d'épidote, des lamelles de chlorite vert-grisâtre, des grains d'oligiste, et de la matière kaolinique opaque. Ça et là on trouve un squelette de feldspath entièrement décomposé.

### 5) Les schistes d'origine détritique.

Ces roches sont sans doute assez fréquentes; j'ai eu l'occasion d'en examiner deux exemplaires fort différents comme composition et comme aspect; l'un provient des bords de la rivière Yuruari, l'autre de la mine de Birié qui n'est pas très distante de cette rivière. Ces roches à structure nettement parallèle, sont d'un classement difficile, il est certain qu'elles représentent des produits détritiques ou tufacés, en partie modifiés et fortement agglomérés.

No 516. Sur le Yuruari, près de la pompe de la Incrible. Roche compacte, verdâtre, à grain très fin, dure, avec structure parallèle.

S. L. M. Cette roche est formée de cristaux de hornblende brune, et de feldspaths étirés, en petites lentilles, disposés parallèlement, dans une masse de nature kaoli-

nique, opaque, mais qui sur de nombreux points, renferme des écailles de chlorite et des rognons d'épidote diffuse.

La hornblende se présente en cristaux effrangés, allongés prismatiquement, qui s'éteignent à  $21^\circ$  sur  $g^1 = (010)$  plan des axes. La bissectrice aiguë est négative,  $N_g - N_p = 0,023$ ,  $N_g - N_m = 0,010$ ,  $N_m - N_p = 0,013$ ,  $2V = 82^\circ$ ,  $N_g =$  brun verdâtre pâle,  $N_p =$  brunâtre très-pâle. Cette amphibole est par endroits transformée en chlorite grisâtre. Les feldspaths se présentent en sections lenticulaires, transparentes, dont le grand axe est orienté parallèlement avec les prismes d'amphibole.

Ces sections sont ordinairement lisses et sans clivages. Quelques rares spécimens cependant présentent des mâcles de l'albite très floues. Sur une section SNm, on a mesuré pour l'SNm une extinction de  $3^\circ$ , et de  $3^\circ$  également pour l'; d'autre part les sections de la zone de symétrie de la mâcle de l'albite s'éteignent sous des petits angles qui ne dépassent pas  $12^\circ$  comme maximum, la variété correspond sans doute à un oligoclase.

Analyse du No 516:

Si O <sub>2</sub> = 59,72	Ca O = 7,05	84,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 16,98	Mg O = 3,32	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 3,65	K <sub>2</sub> O = 1,05	
Fe O = 3,73	Na <sub>2</sub> O = 3,35	
Mn O = traces	P. A. F. = 1,63	
84,08	100,48	

No 19. A l'orifice du puits de la mine de Biriel. Roche schisteuse, grisâtre, paraissant être un schiste quartziteux.

S. L. M. Elle est formée par de nombreuses plages ferrugineuses, translucides ou opaques, dispersées dans une masse lamellaire et schisteuse constituée par une multitude de petites lamelles de chlorite incolore, saupoudrée par une fine poussière d'oligiste. Dans cette masse, on trouve des trainées parallèles et des rubans d'un mica blanc, uniaxe et négatif, de biréfringence = 0,038. Par places ces rubans sont larges, et enserrant les plages chloriteuses comme des lentilles.

#### 6) Les schistes quartzito-chloriteux riches en calcite.

Ces roches qui paraissent fort répandues, et que j'ai trouvées un peu partout, sont vertes également ou grisâtres, toujours très compactes, à grain très fin, et ordinairement légère-

ment schisteuses. Cette schistosité se voit surtout sur le terrain, bien plus que sur l'échantillon. Plusieurs de ces roches présentent un aspect moucheté tout à fait caractéristique, d'autres ressemblent beaucoup aux roches vertes porphyriques, et j'avoue très franchement qu'au début, leur examen microscopique a été pour moi une surprise. Ces roches sont en effet toujours formées en principe des mêmes minéraux, quartz, calcite et chlorite, et ne diffèrent entre elles que par la disposition réciproque de ces éléments. Elles sont souvent si chargées de calcite qu'elles font fortement effervescence avec les acides; presque toutes sont imprégnées de pyrite.

Ces roches sont certainement d'origine sédimentaire, et ont éprouvé un métamorphisme subséquent.

No 17. Mine Remington. Niveau III Sud au front de taille. Roche vert-grisâtre, compacte, légèrement schisteuse.

S. L. M. La coupe est parallèle à la schistosité. La roche paraît être détritique, elle est formée par des petits grains de quartz arrondis, disséminés dans une masse constituée par de très nombreuses lamelles de chlorite vert d'herbe, associées à quelques paillettes de mica blanc d'assez basse biréfringence, et à beaucoup de calcite en grains, le tout saupoudré d'une poussière ferrugineuse. Quelques grands cristaux de pyrite.

No 540. Mine Remington (sans désignation spéciale). Roche vert-grisâtre, compacte, finement grenue.

S. L. M. Elle est analogue au No 17, et formée par de la calcite et de la chlorite, ces deux minéraux prédominent régionalement l'un sur l'autre. La structure est manifestement parallèle. Dans la masse chlorito-calcique, quelques gros grains arrondis de quartz. La chlorite est uniaxe positive  $N_p = \text{vert-p\^a}le$ ,  $N_g = \text{incolore}$ .

Analyse du No 540:

		73,00
Si O <sub>2</sub> = 42,49	Ca O = 8,08	
Ti O <sub>2</sub> = 1,11	Mg O = 3,92	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 13,84	K <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> O = 2,86	
	par différence	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 3,32	C O <sub>2</sub> = 9,54	
Fe O = 12,24	H <sub>2</sub> O = 2,60	
<u>73,00</u>	<u>100,00</u>	

No 10. Remington galerie du Niveau No IV Nord, au front de taille. Roche verte avec veinules blanches, compacte, d'apparence légèrement schisteuse.

S. L. M. Elle est tout à fait semblable au numéro précédent. La chlorite forme ici des rubans parallèles, séparés par des grains de calcite. Beaucoup de quartz en petits grains arrondis.

No 18. Remington au niveau No III, galerie Sud, front de taille. Roche vert-grisâtre, schisteuse, analogue à la précédente.

S. L. M. L'analogie constatée macroscopiquement avec les numéros qui précèdent, se continue sous le microscope. Elle est également formée de chlorite, de calcite et de quartz. La calcite paraît être dominante, les lamelles de chlorite en enveloppent les petits grains. Régionalement quelques gros grains de quartz dispersés parmi les accumulations de calcite.

No 7. Mine du Tigre. La roche est vert-grisâtre, compacte, très semblable comme aspect à la porphyrite.

S. L. M. L'origine détritique n'est pas douteuse. La roche est formée par une grande quantité de grains de quartz, qui semblent être des petits galets dont ils ont la forme arrondie. Ces grains sont disséminés dans une masse formée de calcite, et de nombreuses petites lamelles de chlorite verte, avec des produits ferrugineux opaques en traînées allongées et parallèles, puis quelques gros cristaux de pyrite. Ça et là quelques rares lamelles de mica blanc.

No 523. Mine de San Felipe. Roche vert-grisâtre, finement grenue, paraissant quartzreuse.

S. L. M. Elle est formée exclusivement par des très petites lamelles de chlorite incolore ou à peine verdâtre, mêlées à de petits grains de calcite assez irrégulièrement distribués. Dans cette sorte de masse principale, on trouve des nids formés par une association de grains beaucoup plus gros de quartz et de calcite.

Analyse du No 523:

Si O <sub>2</sub> =	46,14		
Ti O <sub>2</sub> =	0,43	Mg O =	7,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =	13,22	K <sub>2</sub> O =	0,83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =	5,14	Na <sub>2</sub> O =	1,59
Fe O =	4,86	C O <sub>2</sub> =	9,24
Ca O =	11,60	H <sub>2</sub> O =	1,44
	<hr/>		<hr/>
	81,39		101,89

No 500. Colline du Régalo. Roche verte, un peu schisteuse, avec de la pyrite.

S. L. M. Elle est formée par des rubans et des traînées de chlorite vert d'herbe très abondante, qui alternent avec des zones parallèles formées par une association de calcite et de lamelles de chlorite. Dans les traînées de chlorite on observe des petites aiguilles brunes et réfringentes de rutile; puis aussi quelques lamelles et traînées de mica blanc, et par places des petits amas de quartz. Ce dernier minéral se trouve abondamment en gros grains isolés ou réunis en plages à extinctions onduleuses, dans les régions où la roche s'enrichit en calcite.

Analyse du No 500:

		69,38
Si O <sub>2</sub> =	45,52	Mg O = 8,30
Ti O <sub>2</sub> =	0,36	K <sub>2</sub> O = 0,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =	10,02	Na <sub>2</sub> O = 0,72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =	5,26	H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , CaO = 21,24
Fe O =	8,22	par différence
	<hr/> 69,38	<hr/> 100,00

No 24. El Régalo, près du filon de quartz. Roche verdâtre, très compacte, paraissant quartzeuse.

S. L. M. La roche est pour ainsi dire exclusivement formée de quartz en lentilles assez grosses, et en grains plus petits, disséminés au milieu de très nombreux grains de calcite. On y trouve aussi de la chlorite vert-pâle, en lamelles et en rubans soulignant la schistosité; la roche toutefois est en grande partie formée par les deux premiers éléments.

No 23. El Régalo, au toit du filon. Cette roche est en tout point identique au No 24; elle renferme en plus beaucoup de produits ferrugineux et limonitiques.

No 26. Mine de la Experiencia, au toit schisteux de la veine quartzeuse. Roche verdâtre, compacte, légèrement schisteuse.

S. L. M. Elle est semblable à celle du Régalo, et formée d'un mélange de petits grains de quartz et de calcite, puis d'abondantes plages de chlorite à peine colorée, calées entre ces grains, mais aussi disposées en traînées parallèles soulignant la schistosité. La structure de la roche est assez uniforme, il y a cependant des régions d'accumulation du

quartz en gros grains, ressemblant à des galets. On trouve aussi dans la roche des traînées et des rubans plus ou moins froissés et parallèles d'un minéral filamenteux, très légèrement coloré et polychroïque, qui sont disposées parallèlement à la schistosité. L'allongement de ce minéral est négatif, le plan des axes est parallèle à cet allongement, et l'extinction se fait à  $0^\circ$ . La bissectrice aiguë est positive, la biréfringence  $N_g - N_p = 0,020$ ,  $N_g =$  légèrement brunâtre,  $N_p =$  incolore.

No 514. Colline Sud de la Remington. Roche verdâtre, compacte, d'aspect moucheté.

S. L. M. Elle est également semblable aux précédentes, et formée par une sorte de canevas résultant de l'association de la calcite et de la chlorite, dans les mailles duquel on observe des plages irrégulières formées par du quartz, de la chlorite, et plus rarement des éléments ferrugineux opaques.

#### 7) Les schistes séricito-chloriteux riches en calcite.

J'ai donné ce nom à des roches extrêmement curieuses, que je n'ai pas vues en place, mais que j'ai trouvées sur les haldes du puits No VI du Vieux-Callao, ainsi que sur celles voisines du puits principal de la Columbia. Ces roches sont gris-blanchâtre presque blanches, parfois légèrement schisteuses, et sont souvent imprégnées de pyrite: Leur cassure est esquilleuse, et leur grain très fin. Au début, je pensais qu'elles représentaient peut-être les fameuses quartzites trouvées par le puits No VI du Vieux-Callao, à la terminaison du filon en profondeur, mais leur dureté ne me paraissait pas suffisante, et l'examen microscopique est venu confirmer cette impression. Il ne s'agit ici en effet, ni de quartzites, ni de roches filoniennes leucocrates, mais bien de véritables schistes chlorito-séricitiques riches en calcite, qui doivent certainement constituer un niveau dans la formation des roches vertes, puisqu'ils se retrouvent avec des caractères identiques sur deux mines aussi distantes que la Columbia et le Vieux-Callao.

No 21. Sur les haldes, du puits No 6, Vieux-Callao. Roche gris-blanchâtre, compacte, à cassure esquilleuse.

S. L. M. Cette roche est formée par une pâte excessivement fine, qui ne peut se résoudre qu'aux forts grossissements. Celle-ci est constituée par une foule de petites lamelles de chlorite incolore, alignées parallèlement, et mêlées à des pail-

lettes de même nature d'un minéral séricitique plus abondant, dont la biréfringence est relativement basse. Ces deux éléments se sont intimement associés, et forment une masse très homogène à structure nettement parallèle, ponctuée par une sorte de poudre leucoxénique, et dans laquelle on trouve de nombreux grains et rhomboèdres de calcite de taille très supérieure à celle des lamelles.

No 20. Sur les haldes du puits No 6, Vieux-Callao. Roche macroscopiquement analogue à la précédente, mais riche en jolis cristaux de pyrite.

S. L. M. Elle est un peu différente, et semble d'origine nettement détritique. Elle renferme des nombreuses et très petites sections de f e l d s p a t h s tout à fait altérés et indéterminables, sur lesquelles on voit parfois des restes de lamelles de l'albite qui, dans la zone de symétrie, s'éteignent sensiblement à 0, puis on y trouve aussi quelques grains de q u a r t z, et principalement des petites plages et des rhomboèdres de calcite. Ces divers éléments sont reliés par des petites lamelles d'une chlorite incolore, mêlée à des lamelles de séricite de biréfringence  $N_g - N_p = 0,026$ , et à des petits grains de quartz secondaire.

Analyse du No 20:

Si O <sub>2</sub> = 54,94	85,26
Ti O <sub>2</sub> = —	Mg O = 1,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 15,43	K <sub>2</sub> O = 1,98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 3,69	Na <sub>2</sub> O = 4,03
Fe O = 2,92	C O <sub>2</sub> = 7,68
Ca O = 8,28	H <sub>2</sub> O = 0,56
85,26	101,11

No 16. Mine Columbia, sur les haldes du grand puits. Roche blanchâtre, schisteuse, d'aspect calcaire.

S. L. M. Elle ressemble beaucoup au No 21, et comme lui, est formée d'une multitude de grains de calcite, réunis par des lamelles de chlorite et de séricite, le tout avec une structure parallèle manifeste.

La séricite est négative, légèrement brunâtre en lumière naturelle, elle paraît l'importer en quantité sur la chlorite, sa biréfringence  $N_g - N_p = 0,018$  au plus. Dans toute la masse on observe une poussière de produits ferrugineux et leucoxéniques.



### 8) Les roches jaspoïdes.

Ces roches sont les seules qui présentent de beaux affleurements; leur position au milieu des roches vertes aurait dû immédiatement suggérer l'idée que celles-ci ne pouvaient être éruptives dans leur ensemble. Elles sont extrêmement développées sur la colline du Papelon (fig. 5), qui domine le village



Fig. 5. Le Papelon, colline formée par les jaspes.

de Callao. Là, j'ai trouvé, près du sommet, et sur les flancs, de nombreux affleurements de ces roches qui forment même quelques belles dalles. La direction des couches est ici  $N 80^{\circ} E$ , avec plongement assez rapide vers l'Ouest. Ces jaspes sont très durs, compactes, de couleur grisâtre ou violacée, la cassure est esquilleuse ou conchoïdale. Latéralement, ces roches passent à des schistes quartziteux.

No 534. Potrero sur le Yuruari. Roche rouge violacée, plus ou moins bariolée, très compacte, très dure, à cassure esquilleuse.

S. L. M. La roche est formée entièrement par de très petits grains de quartz mêlés à une poussière ferrugineuse et opaque disséminée partout, et concentrée aussi sur certains points sous forme de petits amas opaques. Par endroits, le quartz est plus gros, et forme dans la masse des nids ou des veinules; on y trouve aussi quelques plages de calcite. Aux faibles grossissements, on voit que les ponctuations ferrugineuses ne sont pas distribuées dans le quartz au hasard, mais concentrées sur des régions plus ou moins sphériques, dispersées dans le quartz finement grenu qui en est totalement exempt.

No 515. Colline au Sud de la mine Remington. Roche cornéenne, siliceuse, violacée, à cassure conchoïdale.

S. L. M. Elle ressemble tout-à-fait au type précédent, mais n'est pas ferrugineuse. Elle est formée exclusivement par des grains de quartz très petits et calibrés, qui constituent la masse principale de la roche. Dans celle-ci on trouve également des grains de quartz de beaucoup plus grande dimension, disposés en nids ou en veinules. Quelques rares petits grains d'oligiste; le type est tout-à-fait exempt de calcite.

#### **Conclusions qui se dégagent de l'étude des roches vertes.**

L'étude détaillée qui précède, montre clairement que, contrairement à ce qu'on a prétendu, la roche du Callao n'est pas une, mais représente au contraire des types très différents, rattachables soit aux roches éruptives d'épanchement (porphyrites), soit aux roches filoniennes et intrusives (aplites et diabases), soit aux roches sédimentaires détritiques et métamorphiques (jaspes, tufs, schistes détritiques etc.). La conséquence logique de cette constatation est que la roche verte du Callao n'a jamais fait éruption en bloc à l'air libre en une seule ou plusieurs venues, mais qu'il faut au contraire se représenter le complexe de ces roches vertes comme formé par des coulées sous-marines, séparées les unes des autres par des produits tufacés détritiques ou sédimentaires. J'ai déjà exprimé quelques doutes au sujet des roches volcaniques en coulées qui, parfois, ressemblent bien plus à des tufs qu'à des roches d'épanchement, mais l'état d'altération profonde de ces roches ne permettant pas de serrer de plus près le problème, j'ai considéré les variétés vertes très compactes et sans traces de stratification, comme roches de coulée. Quant aux formations détritiques ou métamorphiques, leur origine est tout-à-fait nette et incontestable. J'ai éprouvé également quelques doutes au sujet des schistes quartzito-chloriteux avec calcite, qui sont très répandus, mais que l'on trouve fréquemment dans le voisinage immédiat des veines de quartz, alors qu'à une faible distance de là on observe la roche verte compacte (Remington). Comme les veines quartzzeuses du Callao n'ont pas d'épontes, et que souvent j'ai trouvé ces roches quartzito-chloriteuses au front de taille, là où la veine s'effilait, je me suis demandé si ce n'était peut-être pas un produit de transformation locale. J'ai dû abandonner cette idée, car j'ai re-

trouvé les mêmes roches en place, et fort loin de toute veine de quartz; d'ailleurs la structure microscopique est également très démonstrative. Quelle est maintenant la proportion des roches vertes éruptives dans le complexe, et quelle en est la stratigraphie?

En apparence, ce sont les variétés dites de coulée qui paraissent de beaucoup les plus répandues; en réalité la question est difficile à résoudre par le fait que, quand un affleurement est visible, c'est, pour des raisons faciles à comprendre, presque toujours la roche verte la plus compacte qui le constitue. Quant à la stratigraphie, elle est pour le moment impossible à établir, et ceci pour les motifs déjà exposés. Ce qui paraît certain toutefois, c'est que tout le complexe de ces roches vertes dont l'âge est indéterminé, mais qui vraisemblablement est plus jeune que le gneiss de la savane, a été émergé, plissé, et disloqué, et que les produits tuffoïdes et arénacés ont été transformés par le métamorphisme. On comprend dès lors parfaitement que certains géologues aient attribués l'ensemble des roches du Callao à l'archéen, et y aient vu une série sédimentaire métamorphosée et litée. Et cependant la disposition en bancs n'est pas toujours aisée à discerner, et quiconque verrait, par exemple, le travers-banc de la mine Laguna, arriverait à la conclusion que les roches vertes forment une masse compacte, homogène et dépourvue de toute stratification. L'erreur consisterait dans le cas particulier, à avoir limité ses observations sur un seul point.

Il résulte de ce qui précède, que les roches vertes du Callao, par le fait de leur nature même, doivent être litées en bancs très épais, quand elles sont éruptives, en bancs moins épais quand elles sont sédimentaires ou détritiques, ce qui correspond absolument avec ce que l'on observe en réalité. Et cependant cette question a fait l'objet d'innombrables controverses, nées de la rareté des affleurements observables, et du fait que la plus grande partie des veines exploitées se trouvent précisément dans la roche éruptive verte, en apparence non litée. Il est superflu de revenir sur les observations déjà citées que j'ai faites sur le terrain (jaspes du Papelon, roches litées de certaines mines etc.) ainsi que sur celles fournies par l'examen microscopique; j'ajouterai comme complément, que dans les terrains de surface (cascajo) dont il sera parlé plus loin, qui résultent d'une altération in situ de la roche sous-jacente, j'ai constaté maintes fois que ceux-ci présentaient une

structure nettement schisteuse, qui était très certainement celle de la roche en place avant sa décomposition. Ces considérations ont, comme nous le verrons, une certaine importance pour la discussion de la nature et de d'origine des cassures remplies par le quartz aurifère. Les roches vertes en apparence les plus compactes, présentent d'ailleurs des zones d'écrasement dynamique qui sont ordinairement parallèles à la direction générale des bancs des roches franchement litées.

Les relations des diabases et roches gabbroïdes avec les roches vertes apparaissent maintenant d'une façon tout-à-fait claire; ces roches sont nettement intrusives dans le complexe, et partant plus jeunes que lui. Elles y forment des dykes et des amas qui très souvent sont restées en profondeur, et n'ont été reconnus que par des travaux souterrains. Le magma des diabases paraît d'ailleurs différer de celui des porphyrites, comme on peut s'en convaincre par la comparaison des analyses des No 501 et No I, ce qui est d'ailleurs parfaitement normal.

Quant aux filons aplitiques, leur signification est particulièrement importante, et j'aurai à en reparler dans la suite. Au point de vue chronologique, il n'y a jusqu'ici pas de critère pour préciser si ces aplites sont antérieures aux diabases, ou vice-versa.

#### **Terrains superficiels qui résultent de l'altération des roches vertes.**

1) **Cascajo.** Partout, et quel qu'en soit le type, les roches vertes subissent une altération profonde sous l'influence des agents atmosphériques et de la végétation (eau, acide carbonique, matières organiques solubles etc.). Elles se transforment de proche en proche, en une masse argileuse, ocreuse, solide (car on peut y forer des puits assez profonds sans enboiser), et toujours très peu perméable, à laquelle on donne dans le pays le nom de „cascajo”. Cette transformation se fait in situ, sans altérer en aucune façon la structure de la roche, de sorte que si le cascajo provient d'une roche compacte et non litée, il est lui-même compact, il provient au contraire d'une roche schisteuse, il garde la structure parallèle qu'avait celle-ci avant sa décomposition. Cette transformation s'effectue donc de haut en bas, et se poursuit théoriquement jusqu'au niveau hydrostatique; le cascajo franc passe donc progressivement en profondeur à une roche de moins en moins altérée, pour aboutir finalement à la roche fraîche. L'épaisseur du

cascajo qui recouvre les formations en place est très variable, elle atteint jusqu'à 50 mètres et même davantage, et comme il ne fait jamais défaut, il en résulte que partout la roche en place est masquée, et qu'elle ne peut se rencontrer que dans des conditions tout-à-fait exceptionnelles, notamment dans le lit, et sur les berges de certaines rivières (Yuruari, Salto etc.). Quelquefois cependant on trouve inopinément dans la forêt quelques blocs arrondis de roches relativement fraîches au milieu du cascajo, disposition qui provient probablement d'une inhomogénéité primitive de la roche.

D'habitude, le cascajo se rencontre sous une faible couche de terre végétale. Dans certaines conditions cependant, il peut être recouvert par différentes formations qui sont:

2) *Le Moco de Hierro*. On donne ce nom dans le pays à une sorte de limonite caverneuse, plus ou moins homogène, de couleur brunâtre ou noirâtre, qui affecte parfois la forme d'un véritable conglomérat renfermant des petits cailloux de quartz et de roche verte, réunis par un ciment limonitique. On y trouve quelquefois des morceaux de cascajo. Cette formation se développe surtout sur les plateaux, elle est parfois fort étendue (plateau de St. Louis). Son épaisseur est ordinairement faible, elle peut atteindre cependant plusieurs mètres. Elle fait défaut dans les vallées, mais se trouve souvent en porte à faux sur les pentes. L'origine du Moco de Hierro n'est pas encore établie d'une façon certaine. Pour les uns, il provient de l'oxydation des pyrites contenues dans la roche verte, ce qui est peu vraisemblable; pour d'autres c'est une formation analogue à celle de la limonite de certains marais. Je pense qu'il résulte plutôt d'une exudation d'eaux imprégnées de sels de fer, qui sont montées par capillarité dans le cascajo, puis se sont évaporées à la surface, les sels de fer ayant été réduits subséquemment par l'intervention de matières organiques.

3) *La gréda*. On a beaucoup discuté sur cette formation, et les opinions à son sujet sont fort différentes; j'en resterai à ce que j'ai vu dans le pays, et aux explications bien nettes qui m'ont été données par les orpailleurs. La gréda n'est pas, comme on l'a prétendu, un produit de transformation de la roche in situ; c'est simplement un produit alluvial, qui se trouve fréquemment, il est vrai, dans les vallées sèches et sur les pentes, et qui, dans certains cas, est intermédiaire entre les alluvions et les éluvions. En principe je ne l'ai jamais ren-

contrée que dans les vallées, et reposant directement sur le cascajo.

Elle consiste en une couche argileuse, le plus souvent de faible épaisseur, mais qui peut cependant atteindre plusieurs mètres de puissance, qui renferme à sa base de blocs assez volumineux de quartz et de roches vertes, blocs qui sont parfois anguleux, mais ordinairement arrondis, et dont la proportion par rapport à l'argile varie d'un cas à l'autre. Cette gréda est généralement recouverte par une couche plus ou moins épaisse d'argiles rougeâtres et de terre végétale, ou bien par des graviers argileux appelés calice, surmontés eux-mêmes par de l'argile.

L'épaisseur totale des formations de la gréda, calice compris, dépasse rarement 10 mètres, elle se rencontre aussi sur certaines pentes des vallées au-dessus du Thalweg, et représente ici sans doute d'anciennes terrasses.

### **C. Les filons de quartz dans la formation des roches vertes.**

#### **Morphologie générale des filons.**

1) Révélation des filons en surface. J'ai déjà dit que les filons quartzeux aurifères du Callao sont exclusivement encaissés dans les roches vertes, et je puis ajouter maintenant dans les roches vertes, quelle qu'en soit la nature. Il existe bien cependant dans les gneiss de la savane, des filons parfois considérables de quartz blanc, souvent pyriteux, qui donnent aux essais des traces d'or, mais ceux-ci sont sans intérêt pratique. Les filons quartzeux du Callao sont ordinairement révélés en surface par des affleurements de blocs de quartz parfois volumineux qui, tantôt sont cantonnés sur un espace restreint, tantôt se poursuivent avec continuité sur un même alignement à travers la forêt vierge. Souvent ces blocs sont remplacés par une véritable crête de quartz compact qui fait saillie de quelques mètres, et qui affleure d'une manière continue sur une certaine longueur. Ces blocs de quartz résultent toujours du démantèlement d'un filon sous-jacent; ce sont eux qui déterminent les emplacements où l'on doit exécuter les premières recherches.

Si les affleurements quartzeux se rencontrent sur un plateau, on peut admettre que le filon en place n'est pas éloigné, et se trouve dans le voisinage immédiat, ou au-dessous des blocs de la surface, mais quand ils apparaissent à flanc de

coteau, ils ont généralement glissé sur la pente et sont alors assez distants du filon en place qu'il faut rechercher plus haut. Il m'est même arrivé de trouver dans une vallée une série de blocs alignés simulant un affleurement, qui étaient en réalité des éboulis d'une veine située plus haut sur la colline. Souvent comme nous l'avons vu, les plateaux sont recouverts par le Moco di Hierro, les affleurements sont alors totalement masqués. Si les affleurements de quartz se suivent de très près sur le même alignement, il est à peu près certain qu'ils appartiennent au même filon, quant ils sont assez distants, ils peuvent parfaitement appartenir à une veine parallèle. Il est à remarquer qu'au Callao, les filons principaux sont fréquemment accompagnés de petites veinules parallèles disposées au toit comme au mur, qu'on appelle ordinairement des „conducteurs". Dans un examen superficiel, ces veinules passent inaperçues, elles jouent cependant un rôle important.

2) Orientation, pendage et extension des filons de quartz. Si, sur un plan, on examine la disposition générale des filons de quartz dans la région du Callao, on voit qu'en grande majorité ceux-ci sont dirigés NE. SO, et parfois EO direction qui d'ailleurs est celle que l'on peut relever sur les couches litées quand leur stratification est visible. Exceptionnellement on trouve des filons qui sont orientés NS ou même N quelques degrés O. Le pendage se fait le plus ordinairement vers le S ou le SE, beaucoup plus rarement vers le N. Le tableau suivant, dont les éléments ont été relevés sur le terrain, ou sur des documents miniers, résume les orientations et les pendages des principales veines du Callao. Comme celles-ci subissent de nombreuses incurvations locales, la direction moyenne générale seule a été prise en considération.

Nom des filons	Direction	Pendage
Eureka	E-O	S
Sorpresa	N 10° O	E 40°
Regalo	N 10° O	E 60°
Vieux Callao	N S	O de 45 à 0°
Columbia IV	N S	E 40—45°
San Felipe	NE SO	SE 25—30°
Panama	NE SO	SO 45—50°
Lagunita	E O	S 30—50°
Los Frailes	E O	S 40—50°
Union	NE SO	SE 25—30°

Nome des filons	Direction	Pendage
Tigre	N 50° E	SE 35—40°
Columbia	ENE OSO	SE 30—40°
Yguana	E 20° N	S 30°
Experiencia	EO	S 45°
Biriél	N 60° E	SE 60°
Hanza	EO	N 30°
Remington	N 45° E	N 75°
Monserate	N 30° E	O 28—30°
Nadal	EO	N 50°

La longueur des filons de quartz est très variable. Ordinairement elle ne dépasse pas quelques centaines de mètres, dans certains cas cependant elle peut atteindre un kilomètre. Ainsi la veine Laguna sur la concession du Pérou, a une longueur totale d'environ 900 mètres; la veine de la mine Remington 570 m, celle de la Columbia 400 m, celle du Tigre 180 m.

3) Disposition lenticulaire des veines, allure en profondeur, épaisseur moyenne. Incurvation des filons et disposition en tasse. J'ai déjà indiqué que la direction du système principal des filons du Callao coïncide sensiblement avec celle des roches qui paraissent litées ou des zones d'écrasement qui leur sont parallèles. Il en résulte que la majorité de ces veines appartiennent à la catégorie des filons-couches. La disposition que présente la presque totalité des filons du Callao est celle dite lenticulaire; elle s'observe aussi bien dans l'ensemble que dans le détail. La veine, qui est tout d'abord épaisse dans une région déterminée dite centrale, dont la longueur varie d'un cas à l'autre, commence à s'amincir de part et d'autre de celle-ci, et présente en direction une série de renflements et d'étranglements successifs, dont l'importance va en diminuant progressivement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la région centrale. Les renflements deviennent de plus en plus minces, de moins en moins nombreux, et finissent par disparaître complètement à l'endroit où l'effilement de la veine est complet. Le phénomène dans son ensemble équivaut à un amincissement progressif du filon de part et d'autre de la lentille centrale (fig. 6).

Le plus ordinairement, la zone centrale épaisse est relativement réduite de part et d'autre par rapport aux deux prolongements en chapelets qui lui font suite; son épaisseur est



variable d'une mine à l'autre et aussi sur une même mine, par suite de la disposition en chapelets indiquée qui s'y retrouve, quoique moins accentuée. Elle oscille ordinairement entre un,

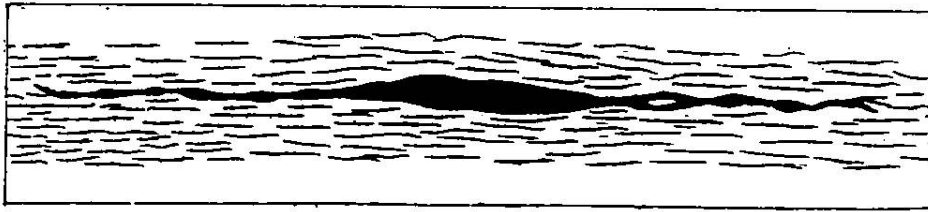


Fig. 6. Vue en plan d'une veine de quartz, avec lentille centrale épaisse, prolongements effilés de part et d'autre, et disposition en chapelets.

deux ou trois mètres, et a même atteint jusqu'à six mètres sur certaines veines, rares il est vrai, et encore cette épaisseur anormale n'a-t-elle été que tout-à-fait accidentelle.

La disposition lenticulaire indiquée s'observe par exemple fort bien à la mine Remington, où elle est tout-à-fait typique. Sur cette mine, l'épaisseur de la lentille principale oscillait entre un ou deux mètres, de la surface jusqu'au troisième niveau, et sa longueur était de 100 à 125 m. A mesure que l'on s'éloignait de celle-ci, dans le tronçon SO, l'épaisseur moyenne, déduite de la moyenne entre les parties élargies et étranglées, tombait successivement à 0,45 sur les 60 premiers mètres, puis à 0,25 sur les 80 mètres suivants, et à 0,18 de là jusqu'à l'extrémité. Il en était absolument de même pour le tronçon NE.

La disposition en chapelets que l'on observe en direction, se retrouve également suivant le pendage (fig. 7), et aussi bien dans la lentille centrale que dans les régions effilées, on ob-

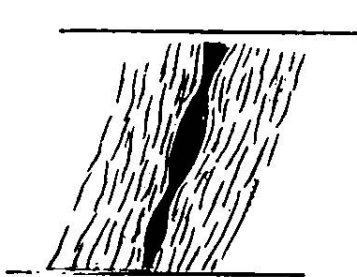


Fig. 7. Disposition en chapelets de la veine suivant le pendage.

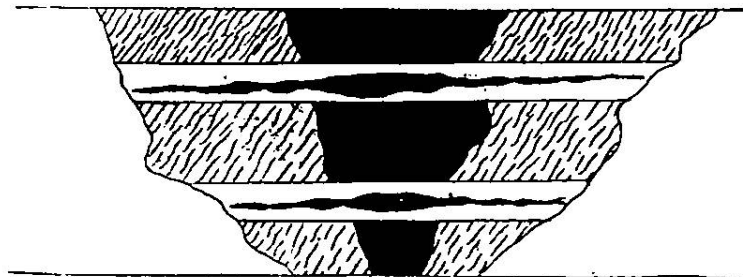


Fig. 8. Projection de la veine sur un plan vertical, montrant la disposition en coin de la lentille centrale (partie noire) et les régions effilées de part et d'autre de celle-ci (partie striée de lignes noires). La lentille est coupée par deux sections dans le plan horizontal, montrant l'aspect de la veine à deux niveaux différents.

serve des alternances entre les parties renflées et rétrécies. Il est également évident que l'épaisseur moyenne du filon diminue avec la profondeur, ce qui résulte des documents qui existent sur les mines actuellement inaccessibles, et ce que l'on pouvait voir nettement sur la mine Remington en comparant cette épaisseur au troisième et au quatrième niveau.

En descendant en profondeur, on observe, suivant la direction, que la longueur de la lentille centrale diminue progressivement, et finit par se réduire à fort peu de chose; il en est de même pour les parties effilées qui la prolongent de part et d'autre, comme le montre la fig. 8 qui est une projection sur le plan vertical du filon dans son ensemble. Cette disposition en delta est tout-à-fait caractéristique, elle explique l'aspect cunéiforme que présentent invariablement les dépilages des anciennes mines, fait que l'on peut constater sur tous les plans. On a tout d'abord localisé les premiers travaux dans la partie la plus épaisse de la lentille centrale, puis à mesure que l'on descendait en profondeur, la longueur de la partie épaisse diminuait, et la zone à dépiler se réduisait. A chaque niveau de part et d'autre de la région où les dépilages avaient été arrêtés, on a toujours poussé des galeries d'exploration, et c'est précisément sur celles-ci qu'il est aisé de constater les réductions d'épaisseur mentionnées.

Le schéma qui vient d'être donné se retrouve presque partout avec quelques variantes locales; ainsi la lentille centrale unique peut être parfois remplacée par une série de lentilles successives, d'autrefois dans les parties effilées qui la prolongent de part et d'autre, il réapparaît un renflement d'une certaine importance, mais le fait est plutôt rare, et ce renflement n'est jamais très considérable.

La profondeur atteinte par les filons quartzeux, n'est jamais très grande, c'est du moins ce qui se dégage des résultats acquis par les exploitations minières de la région. La mine la plus profonde fut celle du Vieux Callao, où la veine cesse à la profondeur verticale de 205 m. Pour les autres mines, on n'a généralement pas atteint le point où le filon disparaît en profondeur, car les travaux ont été arrêtés à partir du moment où la veine n'était plus payante, mais il paraît évident que dans la plupart des cas, on a dû se trouver bien près de la terminaison du filon. De toute façon les profondeurs atteintes par les travaux souterrains dans les différentes mines de la région, sont notablement inférieures à celles du Callao;

ainsi à la Remington, qui peut être citée comme une mine profonde, le puits vertical mesure 152 m, et il est probable que la veine se termine non loin de son fond, car sur les derniers mètres, la veine primitivement compacte, se résolvait en une série de petites veinules de quartz parallèles, disséminées dans la roche verte, indice certain d'un effilement prochain.

Pour terminer, il convient de signaler l'incurvation que subissent la plupart de ces filons; ce phénomène est particulièrement net au Vieux Callao, où il se complique d'une diminution sensible du pendage en profondeur. Cette incurvation est considérable, et si l'on en juge d'après l'allure des galeries d'exploration, toute la veine présentait une forme dite en *demi tasse*, tout à fait caractéristique. Une incurvation semblable bien que notamment moins forte, s'observe à la Remington, à la Columbia, à San Felipe, à Laguna, etc.

#### **D. L'or dans les filons quartzeux.**

##### **1) Aspect des quartz aurifères.**

L'aspect du quartz varie beaucoup d'une mine à l'autre, et aussi dans une même veine suivant la profondeur. D'habitude, dans la zone d'oxydation voisine de la surface, le quartz est friable, caverneux, carié, et de couleur jaunâtre; il renferme souvent des géodes ocreuses, et parfois il est imprégné de pyrolusite, ou autres oxydes de manganèse infiltrés dans les cassures; la pyrite ne s'y rencontre que tout-à-fait exceptionnellement. Cette règle n'est cependant pas absolument générale, car il existe des filons où le quartz, à l'affleurement, est parfaitement compacte et ne présente pas de traces visibles d'altération. Le quartz carié et altéré est toujours encaissé dans le cascajo; à mesure que l'on descend en profondeur et que ce cascajo passe à la roche compacte, l'aspect du quartz change. Il devient plus homogène, plus dur, souvent laiteux, et strié de veinules de couleurs variées, empruntées ordinairement au matériel constitutif de la roche encaissante. A ce moment, on voit apparaître dans le quartz de jolis petits cubes de pyrite, qui peuvent même y être assez nombreux. La roche verte quelle qu'en soit la nature pétrographique, est alors tout-à-fait fraîche, et comme les veines n'ont pas d'éponges, cette roche fait corps avec le filon. Elle est alors, à son contact immédiat, complètement imprégnée de pyrite, et ceci sur une faible épaisseur, qui ne dépasse pas quelques centi-

mètres. Le filon de quartz est souvent accompagné, au toit comme au mur, de petites veinules parallèles plus ou moins discontinues, qui sont séparées par des zones imprégnées et pyriteuses de roche verte. Au toit, on observe parfois des apophyses quartzieuses qui se détachent du filon principal et pénètrent en coin dans la roche. D'autrefois comme au Tigre par exemple, il n'y a pas partout de filon quartzieux au sens du mot, mais une zone plus ou moins épaisse, imprégnée de quartz, et criblée de cristaux de pyrite disposés en nids dans ce quartz, ou en auréoles au contact de celui-ci avec la roche verte. Il est à remarquer que d'une mine à l'autre, l'aspect et la couleur du quartz varient, et qu'à première vue, les mineurs savent reconnaître souvent la provenance de tel ou tel fragment qui leur est montré.

J'ai déjà fait remarquer que les filons de quartz n'avaient pas d'épontes, ce n'est pas toujours absolument le cas, à la mine Laguna notamment, on observe en certains endroits, et au mur, une mince zone argileuse de très faible épaisseur. Souvent aussi j'ai pu voir là où la veine est compacte, des miroirs dûs au glissement de celle-ci de long du toit ou du mur.

## **2) Disposition et répartition de l'or dans les filons.**

L'or contenu dans le quartz, est tantôt visible à l'oeil nu, tantôt invisible, et dans ce cas ne peut être mis en évidence que par des essais au creuset. L'or visible se trouve partout, aussi bien dans la zone d'oxydation que dans les régions profondes du filon, la disposition qu'il affecte dans le quartz est alors fort variable. Ordinairement il est disséminé en petites particules dans toute la masse, et souvent celles-ci sont si petites qu'on ne peut les voir qu'à la loupe. D'autrefois il est distribué en filaments, en mouches ou en cocardes, qui sont alors concentrés sur les fissures, ou le long des veinules colorées de quartz, ou encore qui se trouvent au contact immédiat de la roche verte. Dans la zone d'oxydation, l'or n'est ordinairement pas accompagné de pyrite, et se localise volontiers dans les cryptes et dans les parties ocreuses du filon. Il est quelquefois recouvert de dépôts ferrugineux, ou d'oxydes noirs de manganèse; dans ces conditions il échappe à l'amalgamation. En profondeur, l'or est toujours associé à la pyrite, et les deux minéraux sont interpénétrés. Je n'ai jamais trouvé que de la pyrite associée au quartz; il paraît que l'on a aussi rencontré de la pyrite cuivreuse, fait que je n'ai pas eu l'occasion de con-

stater. Je n'ai jamais vu non plus ni galène, ni blende, ni mispickel dans le quartz du filon ou dans la roche encaissante; les séléniures et tellurures font également défaut. Les veines du Callao rentrent donc dans le type le plus classique des filons aurifères quartzeux avec pyrite.

Je n'ai jamais eu l'occasion de rencontrer de l'or en cristaux, mais il existe, cela est certain, et on en a trouvé à plusieurs reprises en cristaux un peu gros dans les formations de surface dont il sera question plus loin.

Au Callao comme au Cuyuni, les grosses pépites ne sont point rares, et les petites sont très-fréquentes dans les terrains de surface, comme dans la formation qui porte le nom de gréda, et celles-ci proviennent incontestablement des filons quartzeux du voisinage. Or dans le quartz des veines principales du Callao, je n'ai jamais vu une accumulation d'or un peu considérable pouvant donner naissance à des pépites de ce genre; l'exactitude de mon observation m'a d'ailleurs été confirmée par de nombreux mineurs. L'or des pépites ne provient donc pas ordinairement des filons principaux, mais bien des veinules accessoires qui accompagnent ces derniers (conducteurs). A la mine du Tigre par exemple, cette disposition est frappante, et à maintes reprises les mineurs ont trouvé in situ de grosses accumulations d'or natif dans les veinules du toit ou du mur.

L'or invisible se rencontre dans les quartz de toute espèce, les deux formes existent ordinairement ensemble sur toutes les mines, mais leur proportion relative varie beaucoup d'un cas à un autre. Sous quelle forme se trouve cet or invisible? Existe-t-il à l'état libre et très divisé dans le quartz, ou au contraire est-il intimement associé à la pyrite? C'est sans doute la seconde alternative qui est la vraie, car si on isole les pyrites, et si on les passe au creuset, on voit qu'elles renferment des quantités d'or assez considérables (8 à 10 onces à la tonne et davantage). En tout cas, pour juger de la valeur d'un quartz quelle qu'en soit la nature, un essai au creuset est toujours indispensable.

La distribution de l'or dans les filons de quartz est très capricieuse, et c'est pourquoi il est dangereux de procéder à l'exploitation d'une veine de quartz sans recherches préalables très complètes en vue d'établir la teneur moyenne du quartz sur une grosse réserve, et encore souvent les résultats de l'ex-

exploitation sont-ils en désaccord avec ceux prévus par les essais. C'est une erreur de croire qu'une veine peut être exploitée dans sa totalité, même dans le cas d'un filon très minéralisé, et il existe toujours des régions qu'il faut abandonner parcequ'elles sont trop pauvres. Si l'on en juge par la disposition ordinaire des anciens travaux, il semble que la lentille centrale correspond ordinairement à une zone particulièrement enrichie. Cela est juste si on estime les teneurs d'après le rendement au broyage et à l'amalgamation. Mais il ne faut pas oublier que dans cette estimation, intervient l'épaisseur de la veine, car pratiquement il faut broyer tout ce qu'on extrait sur une épaisseur de 0,80 m environ, le triage n'étant pas possible, et toutes choses égales d'ailleurs, si la veine est mince quoique riche, la teneur se trouve de ce par ce fait abaissée. Si par contre, on examine les teneurs fournies simplement par les analyses du quartz faites au creuset, et ceci en différents points de la veine, l'enrichissement de la lentille centrale apparaît déjà comme beaucoup plus problématique, et on trouve dans plusieurs régions du filon souvent fort éloignées de cette lentille, des teneurs égales et mêmes supérieures à celles fournies par celle-ci au même niveau.

Cependant il existe certainement dans les veines de quartz des colonnes riches, dans lesquelles les teneurs sont en moyenne beaucoup plus élevées qu'ailleurs, et ces colonnes sont souvent localisées dans la lentille principale. Tel fut le cas pour la célèbre „rich pay shoot” du Vieux-Callao qui fit la fortune de cette mine. Cette colonne riche mesurait de 200 à 250 m de longueur suivant la direction, et 320 m suivant le pendage, son épaisseur oscillait entre 0,6 et 2 m, mais par endroits atteignait exceptionnellement jusqu'à 9 mètres. La teneur moyenne de ce quartz était de 4 onces (120 gr en chiffres ronds), alors qu'ailleurs dans le filon, elle oscillait entre 1 et 1½ onces, et en certains endroits de la colonne cette teneur atteignit le chiffre énorme de 10 onces (300 gr à la tonne).

Quelle est maintenant la variation de la teneur avec la profondeur? Ici encore, si on s'en tient aux résultats fournis par l'exploitation des différentes mines de la région, il paraît avéré que, près de la surface, et dans la zone d'oxydation, les veines ont été plus riches que plus profondément, ce qui d'ailleurs n'a rien d'étonnant. D'une manière générale cependant, la teneur du quartz paraît diminuer constamment avec la profondeur. Mais il ne faut pas oublier qu'il s'agit ici de teneurs

évaluées d'après le rendement de la tonne de quartz broyé et amalgamé au moulin, et non sur des analyses au creuset de ce quartz. Mais on sait qu'au-dessous du niveau hydrostatique, le quartz de la plupart des mines du Callao devient souvent très pyriteux, et l'or associé à cette pyrite, que l'on retrouve d'ailleurs dans les tailings, nē s'amalgame pas, et ne peut se récupérer que par la cyanuration de ces derniers. Or cette cyanuration n'existait ni au Vieux Callao, ni sur la plupart des mines qui ont fourni des données relativement à la variation de la teneur avec la profondeur.

D'autre part j'ai déjà dit que l'épaisseur moyenne de la veine diminue avec cette profondeur, ces deux facteurs agissent donc dans le même sens, pour amener un abaissement de la teneur avec celle-ci. Par contre, si on envisage seulement les résultats fournis par les analyses du quartz, l'abaissement de la teneur semble beaucoup moins net, ce que l'on peut constater par les chiffres donnés dans les régions correspondantes des niveaux I, III et IV de la mine Remington par exemple, le I à 54,09 m de profondeur, le III à 88,10 m et le IV à 116,45. Il est probable qu'en général la teneur moyenne diminue avec la profondeur, mais il n'est pas possible d'être absolument affirmatif à cet égard.

## **E. L'or dans les terrains de surface.**

### **1) L'or de flor.**

La désagrégation superficielle des filons quartzeux contenus dans le cascajo a pour effet de mettre en liberté l'or qu'ils contiennent. Cet or va rester en surface, et dans la terre végétale; il porte dans le pays le nom d'or de flor, et se trouve toujours à une très faible profondeur, souvent sous les racines des arbres et sous la végétation de la forêt. Cet or est toujours anguleux, grossier, et fréquemment en pépites non roulées, qui peuvent être fort grosses; il est exclusivement localisé dans le voisinage immédiat des filons quartzeux apparents ou cachés, et ne se rencontre jamais à une certaine distance de ceux-ci. Cet or est souvent accompagné dans la terre de petits morceaux de quartz anguleux, ordinairement très cariés, il provient à l'évidence du démantèlement sur place du filon quartzeux.

L'importance d'un gisement de flor est en relation directe avec la puissance, l'étendue, et le pendage du filon initial; suivant la disposition du sol, le ruissellement qui est, dans certains cas, très violent, a pu légèrement déplacer l'or libéré de sa gangue. De fait, on trouve fréquemment l'or de flor sur le sol même, après de fortes pluies qui ont lessivé la terre avoisinante. On donne dans le pays le nom de *pinta*, à toute région particulièrement riche dans les terrains de surface. Ces *pinta* de flor ont quelquefois produit des quantités très notables d'or vierge, et ont presque toujours été le point de départ des premiers travaux faits sur le filon.

### 2) L'or de cantera.

Cet or de surface provient de la désagrégation complète de veinules de quartz disposées dans le *cascajo*. Celles-ci sont ordinairement des *conducteurs* qui accompagnent le filon principal, et en représentent des apophyses. Elles sont souvent fort riches, surtout dans les régions où la veine principale est elle-même enrichie. L'or y est ordinairement gros et légèrement verdâtre, les morceaux de quartz qui l'accompagnent se laissent écraser sans difficultés. L'or de cantera (comme d'ailleurs l'or de flor), est fréquemment recouvert par une pellicule d'oxydes qui lui communique l'aspect d'un rognon d'hématite, avec laquelle on le confondrait aisément, sans sa densité élevée. Ces ors noirs ne sont pas directement amalgamables.

### 3) L'or de gréda.

C'est, comme je l'ai déjà dit, de l'or exclusivement alluvial, qui se trouve dans les vallées sèches, ou dans les lits actuels des cours d'eau. La gréda est souvent recouverte par le calice, qui supporte à son tour les argiles et les terres de surface. Ce calice renferme souvent de l'or très fin, mais en petite quantité. Quant à la gréda, elle est fréquemment très aurifère, l'or qu'on y rencontre est le plus ordinairement roulé, gros, et brillant. Les galets, souvent grossiers, sont formés en majorité par du quartz qui est en partie assez riche pour être broyé par les indigènes avec des procédés très primitifs. Cette gréda s'exploite dans les vallées sèches et sur les pentes; dans les vallées aquifères elle reste intacte, les venues d'eau empêchent leur exploitation avec les moyens trop primitifs dont disposent les orpailleurs.



## F. Genèse des filons aurifères quartzeux du Callao.

### 1) Opinions émises par divers auteurs.

Les opinions les plus diverses ont été émises sur l'origine des filons aurifères du Callao. Sans vouloir entrer dans les détails, je les résumerai en quelques mots.

Certains géologues et surtout certains ingénieurs qui ont visité ces gisements, attribuent l'or des filons à la sécrétion latérale. Pour eux, les causes premières de l'or sont les roches vertes, considérées dans leur ensemble comme éruptives. Celles-ci ont fait éruption en masse, en apportant dissous dans le magma l'or et les sulfures (pyrite). La distribution de ces derniers a été originellement assez régulière; mais pyrite et or ont été postérieurement à la solidification de la roche, remis en mouvement par les eaux d'infiltration, et concentrés dans les cassures de retrait qui se sont formées au moment de la solidification de celle-ci.

D'autres attribuent également les filons de quartz aurifère et l'or qu'ils renferment à la piedra azul, considérée aussi comme éruptive. Celle-ci s'est fissurée par le processus déjà indiqué, et le remplissage des filons est alors dû aux émanations minéralisatrices gazeuses ou solubilisées dans les eaux thermales, qui ont circulé dans les fentes. Là encore c'est la roche verte qui est cause première de la minéralisation.

On a aussi cherché à expliquer la venue de l'or et des pyrites en tout ou partie par l'intrusion des diabases dans le complexe des roches vertes.

De Launay\* considère les gisements du Callao comme appartenant au type des filons minces et multiples, soit en lentilles et poches dans les schistes. Il les rapproche des gisements de l'Oural (Kotchkar, Bérésowsk), de la Transbaikalie, de l'Australie orientale etc., gisements à associations fréquentes du groupe stannifère, en relation directe avec les granits. N. Paquet\*\* qui a visité longuement le Callao et les environs, interprète l'origine des filons aurifères d'une manière toute différente. Il considère les gîtes comme interstratifiés, et par conséquent les veines quartzieuses sont simplement intercalées dans les roches vertes qu'il qualifie de gneiss. L'or existait

\* de Launay. *Traité de Métallogénie* T. III p. 595. — Paris. Béranger, éditeur 1913.

\*\* N. Paquet. *L'or en Guyane vénézuélienne*. Publication de la société des ingénieurs du Hainaut, 1902—1903, Liège (*Revue universelle des mines*).

initialement dans la roche encaissante ainsi que la pyrite, ils en ont émigré, soit par la circulation de certains fluides à travers la masse, soit par un processus analogue au cheminement du carbone dans le fer doux solide pour former l'acier de cémentation. Il estime que la venue des roches diabasiques n'a eu aucune influence sur l'arrivée de l'or et des pyrites dans le gneiss [?] (roche verte), qui les renfermaient déjà avant cette éruption, mais qu'elle a simplement contribué à fissurer le milieu, et à rendre perméables et attaquables les roches traversées.

## 2) Genèse probable des filons aurifères d'après l'auteur.

Avant de tenter d'expliquer l'origine des filons du Callao, il convient de résumer un certain nombre de points fondamentaux qui découlent des observations que j'ai faites dans la région.

1) Toute la contrée qui avoisine le Callao est formée par des schistes et des gneiss plus ou moins fortement injectés et imprégnés par le granit qui affleure d'ailleurs en de très nombreux points de la savane. Ce granit est ordinairement d'un type acide (granulite), il est souvent accompagné de filons de pegmatite.

2) Le complexe des roches vertes est incontestablement assis sur un soubassement granito-gneissique, qui est la continuation des mêmes formations qui affleurent sur la savane.

3) Dans celles-ci, les granits et gneiss injectés sont traversés par de puissantes veines de quartz, dont les affleurements continus se poursuivent souvent sur plus d'un kilomètre. Ces filons sont nombreux, près de Guacipati par exemple on les remarque déjà à une assez grande distance. Les analyses que j'ai faites sur les quartz de plusieurs de ces filons, ont établi qu'ils renfermaient toujours de très petites quantités d'or (1 ou 2 gr à la tonne).

4) Mes recherches ont démontré que les roches vertes du Callao ne sont pas éruptives dans leur ensemble, mais forment au contraire un complexe qui comprend des types variés, dont quelques-uns sont d'origine sédimentaire indiscutable (jaspes).

Si certaines roches vertes de ce complexe sont réellement éruptives, leur éruption ne s'est jamais produite à l'air libre, et les types pétrographiques examinés ne laissent aucun doute sur la genèse de tout ce complexe.

5) L'ensemble des roches vertes a subi une compression énergétique, et là où celles-ci sont en apparence le plus compacte, elles présentent des zones d'écrasement parallèles aux veines les plus voisines.

Bien qu'il soit pour le moment impossible d'établir une tectonique, les pendages parfois inverses des mines voisines sembleraient indiquer la présence de plis dans l'ensemble de ces formations.

6) Les veines de quartz sont indifféremment encaissées dans l'un quelconque des types pétrographiques du complexe.

J'écarte d'emblée l'hypothèse de la sécrétion latérale, elle est incompatible avec les faits. Tout d'abord les roches vertes ne sont pas éruptives dans leur ensemble, et n'ont jamais fait éruption à l'air libre en une seule venue; elles ne se sont donc pas fissurées par retrait. Elles renferment sans doute de la pyrite, mais surtout dans le voisinage et au contact des filons quartzeux. Quand on s'éloigne quelque peu de ceux-ci et qu'on fait l'analyse de la roche verte, on n'y trouve jamais la plus petite trace d'or, ceci je l'ai vérifié par de très nombreux essais au creuset.

Je ne pense pas non plus, après ce qui a été dit des conditions de la formation et de la nature des roches vertes, qu'une genèse dûe à des émissions minéralisatrices émanées de la porphyrite soit possible.

L'or et les filons ne sont pas davantage attribuables à l'intrusion des diabases dans le complexe des roches vertes. Les filons de quartz existaient en effet avant l'intrusion des diabases qui souvent les ont interrompus et rejetés, et d'autre part le magma des diabases n'est ordinairement pas un véhicule très approprié aux genres de minéralisateurs qui agissent dans la formation des filons aurifères quartzeux avec pyrite.

Je ne conçois pas davantage la genèse donnée par N. Paquet et en admettant comme possible la migration qu'il indique, je ne m'expliquerais pas en tout cas la venue primordiale de l'or et des pyrites dans la roche verte qualifiée par lui de gneiss. Quant au rapprochement fait par M. de Launay entre les filons du Callao et ceux de Bérésowsk, que j'ai visités à fois réitérées, et que je connais en détail, je ne le comprends pas davantage, et je verrais bien plus une analogie du Callao avec certains filons quartzeux de l'Oural (dans la Syssertskaïa datcha par exemple), qui sont entièrement encaissés dans les roches vertes de nature variée, mais qui en partie rappellent

celles du Callao, et sans connexion apparente avec des roches granitiques. A Bérésowsk, les associations minérales réalisées dans les filons quartzeux, sont tout-à-fait différentes de celles des veines du Callao, et les filons eux-mêmes ont un tout autre caractère. Les veines de quartz traversent ici des gros filons de bérésite, sorte de granulite très acide, qui est elle-même légèrement aurifère, et passent rarement dans les schistes encaissants. Par contre, une chose m'a frappé, c'est que M. de Launay n'a pas l'air de considérer la roche verte comme la source première de l'or des filons, et en ceci je suis entièrement de son avis.

J'estime, en effet, que la roche verte n'a joué aucun rôle dans la venue de l'or des filons du Callao, elle n'en pouvait pas jouer après ce qui a été dit de la nature du complexe des roches vertes, et des conditions probables de leur formation. Elles ont simplement fonctionné comme récepteur, comme filtre en quelque sorte, pour fixer des émanations minéralisatrices qui ont amené avec elles l'or et les pyrites. Les dislocations subies par ces roches, jointes à une grossière stratification primitive, y ont en effet créé des zones de pénétration aisée, qui sont en l'espèce les fissures remplies qui forment aujourd'hui les filons. Mais quelle est alors la source première de ces émanations minéralisatrices? Pour moi, il faut la rechercher dans les roches granitiques qui forment le soubassement de la série du Callao. Celles-ci ont émis en abondance des minéralisateurs, et ont profondément injecté et granitisé les assises qu'elles ont traversées. Ceci, nous le voyons dans la savane immédiatement voisine, et j'ai déjà indiqué quels énormes filons de quartz y traversent les formations. Sans doute cette intrusion de granit doit être concomitante ou postérieure à l'émersion et à la dislocation des roches vertes, et bien que nulle part dans le complexe de celles-ci, je n'aie rencontré de pointement granitique ou de roches injectées, je n'hésite cependant pas à penser qu'il en a en été ainsi. Les filons d'aplite connus sur la mine Remington et sur d'autres mines également, comme aussi la fameuse microgranulite rencontrée au niveau 206 m par la veine du Vieux Callao, sont pour moi des apophyses lancées par un magma granitique resté en profondeur, qui, selon toute vraisemblance, ne s'y trouve pas à une très grande distance du point le plus profond atteint par les travaux miniers. On objectera sans doute la rareté relative de ces filons granulitiques dans le complexe; mais il ne

faut pas oublier que nous ne connaissons ce dernier que d'une façon tout à fait insuffisante, et que l'exemple du Vieux Callao est là pour montrer que bon nombre de ces apophyses ont dû rester en profondeur. Je me représente donc la genèse des filons aurifères du Callao comme suit: Tout d'abord formation des roches vertes dans les conditions qui ont été indiquées précédemment, puis émergence et dislocation de celles-ci, avec création de fissures qui sont, soit des plans de décollement (lesquels donnent volontiers des vides lenticulaires), soit de vraies fissures produites par l'écrasement et le laminage de certaines parties du complexe. A cette époque, ou postérieurement et toujours à la suite d'une dislocation qui a dû présenter une grande ampleur, survient l'intrusion du granit dans les roches qui forment le soubassement du Callao, avec granitisation et injection de celles-ci, puis lancement d'apophyses qui ont pénétré jusque dans le complexe. En même temps, émission abondante d'émanations minéralisatrices (et de solutions correspondentes), qui se sont concentrées dans les fissures aussi bien des schistes injectés du soubassement, que dans celles du complexe des roches vertes, et qui ont donné naissance aux filons quartzeux avec or et pyrite. Il résulte de ceci que ces filons de quartz, abstraction faite de leurs caractères morphologiques, doivent se rencontrer dans les roches granitiques et gneissiques du soubassement, comme dans celles vertes du Callao, ce qui est bien le cas; seulement ces filons de quartz sont toujours pauvrement minéralisés dans les roches du soubassement, tandis qu'ils sont parfois fort riches dans le complexe des roches vertes. Je m'explique ce phénomène (qui est loin d'être seul de son espèce), comme lié à une action particulière et spécifique des roches vertes, qui ont fonctionné comme filtre, ou mieux comme fixateurs, en favorisant par leur présence certaines réactions qui ont permis une précipitation plus abondante des substances minérales (en l'espèce l'or et les pyrites) dans le quartz des filons.

### **G. Description de quelques gisements de la région.**

#### **Répartition des principaux filons.**

Les différents filons de quartz aurifère qui sont ou ont été exploités dans la région du Callao, ou encore qui ont simplement fait l'objet de quelques travaux de reconnaissance peuvent se répartir comme suit (fig. No 9):

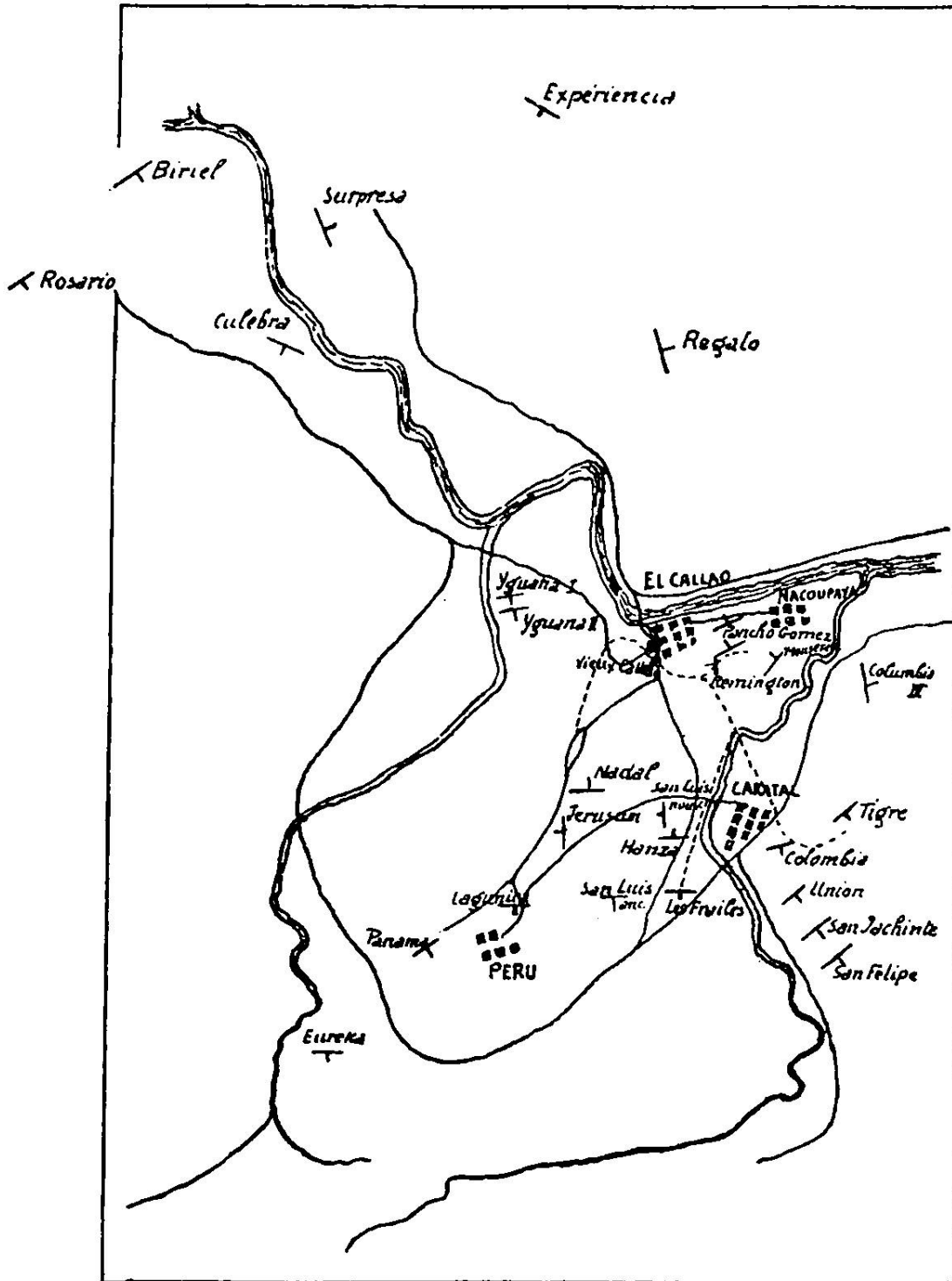


Fig. 9. Plan général des veines du Callao.

1) Groupe du Callao. Il comprend les mines du Vieux Callao, de la Remington, de Monserrate, de Pancho Gomez, ainsi qu'un filon sans nom qui se trouve sur la rive gauche du Yuruari.

2) **G r o u p e d u C a r a t a l**. Il est divisé en deux groupes, situés l'un sur la rive droite, l'autre sur la rive gauche de la rivière Mocupya affluent du Yuruari.

Le groupe de la rive droite comprend les filons de la Columbia, du Tigre, de l'Union et de San Felipe.

Le groupe de la rive gauche ceux de San Luis, de Los Frailes, et de la Hanza II.

3) **L e g r o u p e d u P é r o u**, représenté par deux veines, celle de Laguna et celle de Lagunita.

4) **L e g r o u p e d e N a c u p a y a**, avec un seul filon, celui de la Columbia IV.

5) **L e g r o u p e d e J e s u r u m**, avec les veines de Nadal, de Jesurum et de l'Yguana.

6) **L e g r o u p e d e l a S o r p r e s a** qui comprend les filons du Regalo, de la Sorpresa et de l'Experiencia.

7) **L e g r o u p e d u M o n t e S a c r o**, avec les filons de Culebra, de Biriél et de Rosario.

Je n'ai nullement l'intention de décrire ici ces filons que j'ai cependant tous examinés en détail, je voudrais simplement, à titre d'exemple, donner la description d'une ou de deux mines particulièrement importantes et caractéristiques.

### 1) **Le Vieux Callao.**

Il serait impossible de parler des gisements du Callao sans dire quelques mots du Vieux Callao, cette mine fameuse, qui fut une des plus riches du monde. Depuis 1896 elle est fermée, et les travaux souterrains sont inaccessibles. Son histoire ne peut être reconstituée que par l'examen des anciens plans, puis aussi par l'étude du matériel extrait des puits et des galeries, matériel qui se trouve en partie sur les haldes, enfin par le souvenir, souvent précis, d'un certain nombre de mineurs contemporains de la période de grande prospérité de cette mine.

Le gisement du Vieux Callao paraît avoir été découvert par un affleurement de quartz qui émergeait de la plaine alluviale du Yuruari, laquelle à cette époque était couverte par la forêt vierge. On travailla tout d'abord sur les affleurements, dont il ne reste plus aucune trace, puis en profondeur, par quelques descendries tout-à-fait improvisées. Les débuts de la première société constituée pour l'exploitation de ce filon furent difficiles, et ce n'est qu'après quelques années d'efforts

que l'on parvint à monter une véritable exploitation, comprenant les installations nécessaires pour les travaux souterrains, et les moulins destinés à broyer le quartz. La direction de la veine du Vieux Callao, relevée dans la région des premiers travaux, est tout d'abord NS, mais les plans montrent qu'elle s'infléchit au NO, et si par exemple, on prolonge la ligne du niveau 50 mètres qui suit la direction de la veine, on voit que celle-ci passe manifestement sous le lit du Yuruari. A ce niveau, les travaux ont été arrêtés à plus de 125 mètres de cette rivière par crainte de l'eau, et dans cette région le filon est resté intact. Au niveau 100 mètres, la veine a été suivie par la galerie appelée Panama, elle est d'abord dirigée NE. SO et plonge de  $50^\circ$  à l'O dans la partie S E., et de  $28^\circ$ — $40^\circ$  dans la partie NO, la veine tourne ensuite vers l'Ouest puis le Sud Ouest. Au niveau 150 m la veine est encore tout d'abord dirigée NNO, puis tourne de plus en plus vers l'Ouest, devient EO, et descend de là au SO. Enfin au niveau 200 m la galerie décrit une courbe fermée. La fig. 10 représente incomplètement la disposition indiquée, c'est une réduction du plan de la mine en 1887. Il existe un plan manuscrit beaucoup plus récent qui fut le dernier, et qui a servi de base à l'étude rétrospective que j'ai faite du Vieux Callao, je n'ai malheureusement pas pu en avoir la copie.

En résumé, si on ne considère que les affleurements ou la place qu'ils occupaient, on peut dire que la veine est courbe, et que la flèche de cette courbe est à peu près orientée NS. Mais si on tient compte de l'allure des galeries en direction, il est clair que la veine tourne à l'Ouest et au Sud Ouest.

Quelles étaient maintenant les formations qui encaissaient cette veine? Tous les rapports consultés mentionnent la roche vert sans autres explications. Or, sur les haldes des six puits d'exploitation dont on retrouve encore les traces, on rencontre des roches fort différentes de la série, notamment des types éruptifs, d'autres tuffacés, d'autres qui appartiennent au groupe des schistes quartzito-chlorito-calcaires, d'autres enfin qui sont des schistes chlorito-séricitiques avec calcite. Ces schistes d'aspect calcaire se trouvent à la surface des haldes du puits No 6 le plus profond, qui a été poussé à 118 mètres au-dessous de la terminaison du filon. Il est donc probable que ces schistes représentent les formations les plus profondes rencontrés par le puits et les galeries, ce n'est en tout cas pas eux qui encaissaient la veine au toit comme au mur, mais bien plutôt



# PLAN HORIZONTAL DES TRAVAUX DE LA MINE DU CALLAO

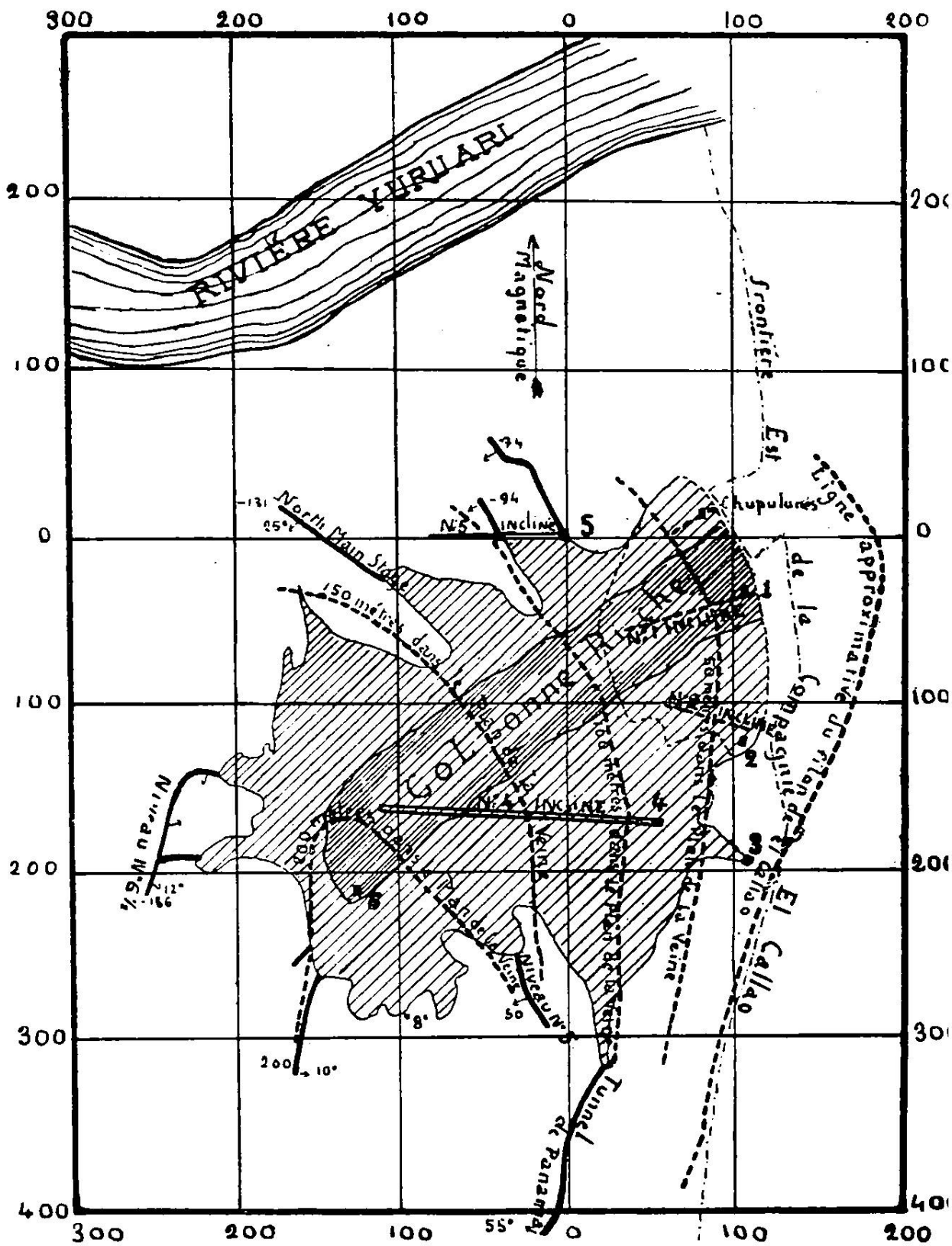


Fig. 10. Plan de la mine du Vieux Callao.

la roche verte porphyrique compacte, et sans doute en partie les schistes quartzito-chloriteux avec calcite.

Quant à la veine elle-même, elle présente les caractères habituels, soit une région lenticulaire centrale épaisse, qui correspondait avec celle des grands dépilages, et des prolongements en chapelets, qui représentent la zone amincie. Cet amincissement de part et d'autre de la région centrale se vérifie non seulement par la lecture des rapports de l'époque, mais encore par l'examen des plans. Dans la partie Sud, la longue galerie d'exploration appelée Panama n'a pas quitté la veine, mais elle n'a pas été accompagnée de dépilages, ce qui démontre que celle-ci n'était pas payante, et ce, non-seulement par le fait de l'abaissement de la minéralisation, mais surtout par la diminution de l'épaisseur. Il en est exactement de même dans la région NO, pour la longue galerie Main stage Norte, qui fut prolongée fort loin, et resta à l'état de simple galerie d'exploration, pour la même raison. Dans la région centrale, j'ai déjà dit que la veine de quartz mesurait de 1 à 3 mètres d'épaisseur et exceptionnellement 6 mètres et même davantage. Dans la partie NS, la veine plongeait vers l'Ouest de  $40^\circ$  à  $50^\circ$ , puis au fur et à mesure que l'on descendait en profondeur, le pendage diminuait, et la veine s'aplatissait. A la profondeur de 205 mètres elle se bifurquait, et enveloppait une soi-disant lentille de microgranulite (d'autres disent quartzite) dans laquelle elle se ramifiait. Cette lentille a été traversée de part en part par le puits No 6 qui a rencontré à deux reprises la veine de quartz presque horizontale, et qui est descendu à 118 m au-dessous sans rencontrer de nouveau filon, mais seulement quelques petites lentilles de quartz. La disposition de cette microgranulite en lentille isolée et horizontale dans les roches vertes est tout à fait bizarre, et incompréhensible. Tout d'abord est-ce vraiment de la microgranulite ou une quartzite comme on l'avait prétendu? D'après le diagnostic microscopique de Michel sur un fragment de provenance certaine, ce serait une microgranulite, mais celle-ci doit avoir une racine et se trouver ou bien en filon, ou bien en dyke qui se continue en profondeur. Or je n'ai pu avoir à ce sujet aucun renseignement précis. Les rapports parlent constamment de roches vertes et dures traversées par le puits No 6, prolongé au-dessous de la veine, et rencontrées par les différentes galeries qui s'amorçaient sur ce puits. D'autre part, dans le profil du Vieux Callao, qui figure dans le livre du Dr. Morisse, le puits No 6,

au-dessous du filon, n'a pas quitté les quartzites (alias microgranulites) qui formeraient bien un dyke s'élargissant en profondeur.

A l'Ouest du puits No 6, et toujours d'après l'allure des galeries d'exploration, il semblerait que la demi tasse que dessine la veine tend à se fermer complètement, la veine tournant vers le Sud et ensuite le S. E., ce que l'on ne voit pas sur le plan fig. No 10 qui est trop ancien, mais ce qui est évident sur le dernier plan manuscrit de la mine. Le pendage, qui, dans la partie NS était à l'O, passait successivement au SO au S, au SE, à l'E et finalement au NE, mais comme les pendages indiqués au Main stage Norte et au niveau 5 Norte sont très faibles, il en résulte que les affleurements qui devraient correspondre au relèvement du bord Sud Ouest de la cuvette doivent nécessairement se trouver à une assez grande distance à l'Ouest du puits No 6. De fait, à 432 m à l'Ouest de ce puits, on en a fait un nouveau, le No 7, au fond duquel on a poussé un sondage qui, à la profondeur 111 m; a recoupé une veine de quartz de un mètre de puissance, plongeant de 30° à l'Est.

Quant à la minéralisation de la veine du Vieux Callao elle fut tout-à-fait exceptionnelle dans la fameuse colonne riche (rich pay shoot) qui fit la fortune de cette mine. Cette colonne mesurait de 200 à 250 mètres, et coïncidait sensiblement avec la région de la lentille centrale. Les teneurs oscillaient entre 2 et 10 onces à la tonne, mais dans certaines régions on trouva des accumulations d'or vierge souvent considérables. L'or était ordinairement libre et en grande partie amalgamable; on trouva cependant des pyrites en profondeur, mais la mine n'eut jamais d'installations pour la cyanuration et les tailings étaient simplement jetés à la rivière. Cette colonne riche se trouvait sur le bord Est de la mine, dans le voisinage du puits No 1, elle coïncide en grande partie avec les principaux dépilages, bien que l'on ait cependant travaillé au delà de part et d'autre de la colonne. Ce fut l'épuisement de cette colonne riche qui entraîna l'arrêt des travaux du Vieux Callao. Et cependant sur les parties plus minces, les teneurs quoique plus basses que dans la partie centrale, ont été parfois très satisfaisantes. Seulement le prix de revient exorbitant de la tonne de quartz broyé et amalgamé, ainsi que le manque de cyanuration qui eût été indispensable, ont entraîné la cessation des travaux, qui n'ont jamais été repris sur cette mine.

## 2) La Remington.

Cette mine se trouve à vol d'oiseau à environ 1400 mètres du moulin du Vieux Callao, et à 54 mètres au-dessus du Yururari. Elle affleure entre deux collines appelées Calvaire et Monserrate. sa direction est en moyenne N 60 E. A une cinquantaine de mètres du SO du puits principal, elle décrit un fort coude vers l'O, puis reprend ensuite une direction N 25 E. Le pendage, variable d'un point à un autre, oscille entre 60°—82° au N.; à partir de la profondeur 116 mètres, la veine devient quasi verticale. La longueur totale de la veine Remington est de 560 m environ (en faisant abstraction des ondulations). Les affleurements ont aujourd'hui complètement disparu, le quartz en a été extrait, et ils sont remplacés actuellement par des tranchées en partie remplies d'éboulis. Les travaux souterrains consistent en un puits d'extraction vertical qui mesure 146,8 m de profondeur et un puits incliné suivant le pendage dont la hauteur verticale est de 61 m. Du puits principal partent 4 niveaux de galeries, dont l'un, le No 2, n'a actuellement plus aucune importance, ces niveaux sont respectivement situés aux cotes: le No 1 à — 54,09 m, le No 2 à — 70,6 m, le No 3 à — 88,10 m, le No 4 à — 116,45 m. Chaque niveau comporte deux galeries à droite et à gauche du puits principal, formant deux tronçons, celui du NE et celui du SO. Il existe aussi un cinquième niveau appelé 2 bis, qui n'est pas relié au puits principal, mais qui sort à la surface par un travers-banc à 12 m plus bas que l'orifice du puits. Pour connaître la Remington, il est indispensable d'examiner les travaux souterrains, car la surface ne peut rien nous apprendre, vu son état actuel. Le niveau 2 bis suit la veine encastrée ici dans le cascajo. A partir de son intersection avec le travers-banc débouchant à air libre, en cheminant dans le tronçon NE, on traverse d'anciens dépilages, et on vient buter au front de taille arrêté sur des remblayages de vieux travaux. Dans cette région la veine est nettement lenticulaire, et son épaisseur varie de 0,20 à 1 m, elle se bifurque parfois en deux veinules séparées par du cascajo, qui se réunissent plus loin. Sur le tronçon SO, la veine devient plus pauvre et se rétrécit considérablement, la disposition lenticulaire s'observe toujours en direction et en pendage, la région n'a pas été dépilée. Entre les cheminées 3 et 4 la disposition lenticulaire persiste, les parties les plus épaisses de la veine mesuraient 1 mètre, les plus minces 0,17, en moyenne 0,27 m, une partie de la veine a été

dépilée en cet endroit. De la quatrième à la cinquième cheminée l'épaisseur moyenne de la veine est de 0,47 et la teneur de 22 gr, ce qui explique le dépilage; au-delà la veine s'amincit de plus en plus et devient infiltrée d'oxydes, ce qui lui communique une couleur noirâtre, son épaisseur moyenne n'est plus que de 0,24 et sa teneur de 13 gr. A ce moment, la galerie traverse un filon de microgranulite complètement kaolinisée. Au delà de ce filon, la veine s'amincit encore, et se réduit à quelques centimètres, elle est friable et imprégnée d'oxydes de manganèse. Au front de taille il n'y a plus de veine du tout mais un réseau digité de veinules sans orientation définie.

Niveau No 1. Il est situé immédiatement au-dessous des grands dépilages de surface; le tronçon NE est éboulé et inaccessible, le tronçon SO à été déblayé à partir du point où cette galerie rencontre un second dyke de granulite kaolinisée également. La galerie traverse le dyke et ratrape la veine qu'il a légèrement rejetée. La veine est ici presque verticale, rubanée, et comme lardée de cascajo. A l'intersection de la cheminée qui fait communiquer ce niveau avec la surface, la veine a la même structure, mais le quartz est plus compacte, et imprégné de pyrolusite. Sur le chantier de dépilage elle mesure encore 0,30, puis sur les douze mètres qui suivent, successivement 0,40, puis 0,20 et 0,15. Près de l'amorce de la deuxième descendrie B, elle mesure 0,20, se réélargit à 0,30, puis s'amincit à nouveau et s'effile progressivement.

Niveau No III. Dans le tronçon SO, depuis le puits principal, la galerie traverse une région totalement dépilée de la lentille centrale, on ne peut juger des caractères qu'avaient la veine que par les piliers de soutènement. Dans toute cette partie, la veine était très compacte et rubanée, encaissée au toit comme au mur dans la roche verte fraîche, elle mesurait de 0,50 à 0,70 m, le quartz en était blanc, homogène, avec veinules et mouchetages au mur, les épontes faisaient défaut. La galerie a rencontré le dyke de granulite déjà trouvé à l'étage supérieur, mais ici parfaitement fraîche et imprégnée de pyrite. Au delà du dyke, la veine est réduite, mais présente toujours des alternances de parties renflés et rétrécies. Au front de taille, elle mesure 0,30, plonge de 75° au NO, et semble criblée de zones verdâtres parallèles. La roche qui encaisse la veine au front de taille est un schiste quartzito-chloriteux riche en calcite (No 17).

Dans le tronçon NE, on suit à partir du puits principal, une vaste région dépilée et non remblayée, qui donne bien l'aspect qu'avait la lentille centrale. L'épaisseur de la veine oscillait entre 0,2 et 2 mètres et était en moyenne de 1 mètre. Sur les piliers restés en place, on constate que le filon principal est accompagné de veinules parallèles plissotées qui mesurent 1 à 3 centimètres, et qu'on trouve au toit comme au mur. La roche qui les encaisse est toujours fortement pyriteuse. Les teneurs moyennes obtenues sur un échantillonnage fait sur les piliers, a été de 30 gr; dans la région exploitée elle a été certainement supérieure à ce chiffre. En continuant à avancer au delà des dépilages l'épaisseur de la veine se réduit notablement, elle se sépare fréquemment en veinules encaissées dans la roche verte. A partir de la première cheminée qu'on rencontre, on rentre dans la roche décomposée; entre les cheminées 1 et 2 le boisage de la galerie rend toute observation impossible. Après la cheminée No 2, le quartz forme deux veines distinctes de 0,65 à 0,25, séparées par un mètre de roche verte; à la cheminée 3 la veine redevient unique et mesure 0,25. Entre la première et la troisième cheminée il existe, au-dessus de la galerie, des dépilages assez importants, qui correspondent à un renflement local de la veine, laquelle, en certains endroits mesurait jusqu'à 1 mètre d'épaisseur; ce renflement a été très local, car au-delà de la troisième cheminée jusqu'au puits incliné, la veine s'effile progressivement et se termine par des veinules digitées.

Niveau No IV. Dans le tronçon SO, à partir du puits, sur toute la longueur du pilier de sécurité, la veine toujours lenticulaire et compacte, ne mesure en moyenne que 0,30 m seulement dans la région de la lentille centrale. Elle est accompagnée de veinules minces encaissées dans la roche verte. Au delà du pilier de sécurité, elle reste lenticulaire, mais se réduit encore; elle est criblée de trainées de roches vertes. Après la région dépilée, elle s'amincit à nouveau et présente toujours la disposition en chapelets jusqu'à sa rencontre avec le filon d'aplite. Là elle se bifurque, l'une des deux veines reste au mur du dyke, elle mesure quelques centimètres à peine et se poursuit jusqu'au front de taille. La roche verte qui encaisse les veinules sur celui-ci, est toujours formée de chlorite de quartz et de calcite (schiste quartzito-chloriteux avec calcite No 11). Au dessous du niveau No IV, le puits a été poussé jusqu'à 146 m, il a suivi la veine qui est verticale,

et qui se réduit ici à quelques petites veinules de quartz parallèles.

La minéralisation de la veine Remington est, comme d'habitude, très capricieuse. Dans les régions voisines du niveau 1 de la lentille centrale, les teneurs, d'après les documents existants, ont dû osciller entre 1 et 2 onces; aux niveaux suivants, et dans la même région, elle s'abaissent. Le tableau suivant donne les épaisseurs et les teneurs moyennes de la veine dans les parties désignées par R sur le plan.

Sections	Epaisseurs	Teneurs
R 1	0,25	7,5
R 2	0,18	10,3
R 3	0,46	15,4
R 4	0,39	14,0
R 5	0,42	14,0
R 6	0,50	25,0
R 7	0,27	27,7
R 8	0,27	30,0
R 9	0,25	10,0

Ce tableau est très suggestif, il montre bien que dans la région qui correspond à la lentille centrale, les teneurs sont élevées (R 6), mais elles le sont également dans d'autres parties du filon, bien qu'en général les régions qui correspondent

à l'effilement de la veine soient pauvres. Par contre l'épaisseur moyenne reste maximum dans la région de la lentille centrale,

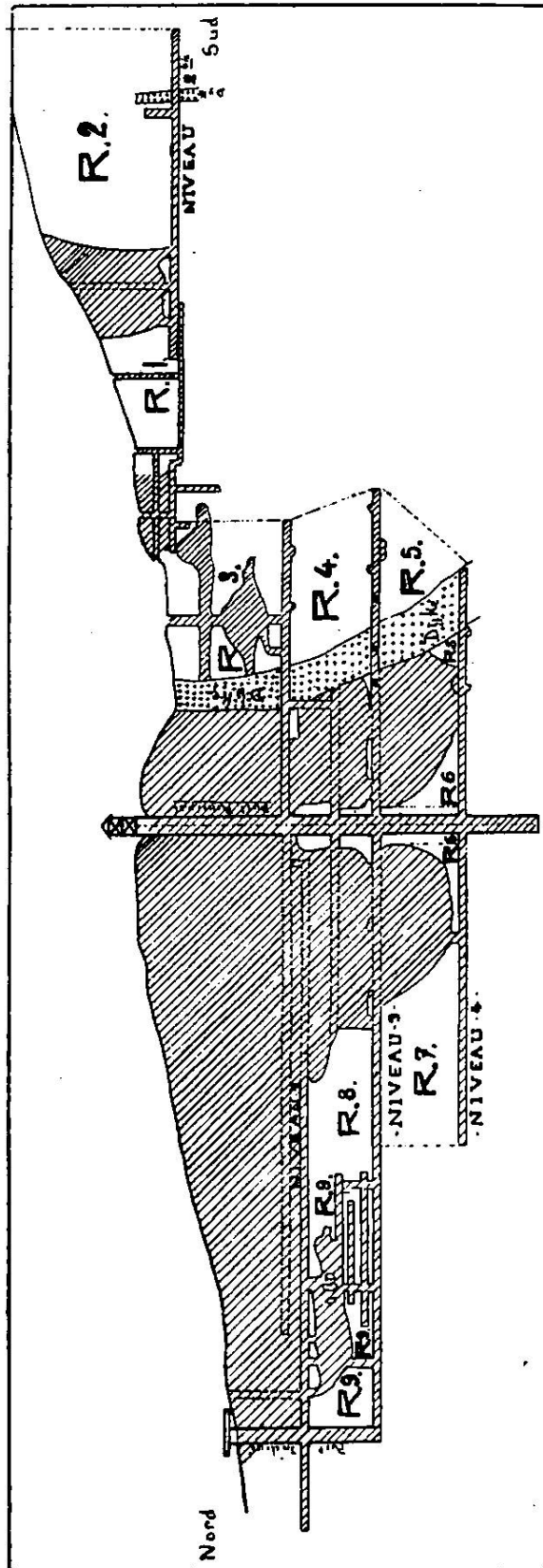


Fig. 11. Projection de la veine Remington sur le plan vertical.

soit 0,50 entre les niveaux III et IV. Or cette épaisseur était certainement de 0,70 à un mètre, aux niveaux supérieurs, ce qui montre bien la diminution progressive de l'épaisseur avec la profondeur.

En résumé: la Remington apparaît au premier chef comme une mine lenticulaire. La lentille centrale, qui se trouve suivant l'axe du puits vertical, représente la zone épaisse. Elle montre bien des renflements et des rétrécissements successifs, mais aux niveaux supérieur son épaisseur moyenne atteint et dépasse 1 mètre; elle diminue au fur et à mesure que l'on descend. De même cette lentille se rétrécit également en profondeur. La veine se continue de part et d'autre de la lentille centrale avec la disposition en chapelets, elle finit par s'effiler et disparaître dans la roche verte. La minéralisation paraît particulièrement riche dans la zone centrale, mais des teneurs élevés se retrouvent souvent à une notable distance de celle-ci. Cependant, dans les régions effilées, ces teneurs sont en moyenne inférieures à celles de la lentille centrale. La veine Remington paraît s'effiler et se terminer en profondeur à une faible distance du fond du puits principal.

### 3) La Laguna.

Je décrirai la veine de Laguna qui est exploitée par la compagnie du Pérou, parcequ'elle présente précisément un type assez particulier parmi celles exploitées dans la région du Callao. Le filon est situé tout entier dans une colline élevée, au pied de laquelle se trouve le moulin. Toute l'exploitation se fait au-dessus du niveau hydrostatique, la mine est sèche, et l'extraction n'utilise que la pesanteur. La veine de Laguna a été reconnue sur 200 mètres environ suivant le pendage au dessus de la vallée, et à 50 mètres au-dessous du niveau de celle-ci. Son orientation est sensiblement  $0\ 12^\circ\ N$ , le plongement de  $30^\circ\text{—}40^\circ$  au S SO. On accède à la veine par un grand travers banc de base, qui s'ouvre au niveau de la vallée, et qui mesure 300 m environ, c'est par ce travers-banc que se fait la sortie de tout le minéral. Il communique avec un premier niveau de galeries dit niveau de base, à la cote  $0^\circ$ , auquel succède trois autres niveaux aux cotes 145,8, 206,8 et 267,47 pieds; ces niveaux communiquent entre eux par des cheminées. Le niveau No II est accessible également par un second travers-banc, qui se trouve à l'Est et au-dessus du premier.



Le travers-banc de base est entièrement percé dans une roche verte, compacte et homogène, qui, au microscope, s'est montrée une porphyrite (No 4). Dans cette roche on observe localement des zones schisteuses d'écrasement, qui sont dirigées EO. La roche verte est décomposée jusqu'à 50 mètres de l'entrée du travers-banc, puis elle devient tout-à-fait compacte. La galerie du niveau O à partir de son intersection avec le travers-banc de base est divisé en deux tronçons, celui de l'O mesure 1050 pieds, celui de l'E 1440 pieds, ce dernier débouche à air libre et à flanc de coteau.

Sur le tronçon Ouest la veine mesure tout d'abord de 0,80—1 m, elle occupe manifestement une zone d'écrasement dans la roche verte, compacte au mur, schisteuse au toit. Dans cette dernière on distingue une série de veines plus ou moins parallèles de quartz, dont l'épaisseur va de quelques millimètres à quelques centimètres, séparées les unes des autres par des bandes de roche verte. Entre les veinules parallèles, on remarque des petits filaments transversaux formant réseau. La pyrite est abondante dans la zone imprégnée. A la cheminée qui figure sous le No 646, l'aspect de la veine change un peu, les veinules se réunissent en une veine compacte de 0,20 au mur, séparée du toit par 2 m de roche verte compacte imprégnée de pyrite. A la cheminée suivante, la veine de quartz s'élargit considérablement et mesure plus de 1,10 m puis la disposition change à nouveau, la veine unique est remplacée par une zone imprégnée de 0,60, au toit et au mur de laquelle se trouvent deux veines de quartz de 2 et 4 cm d'épaisseur; la zone imprégnée intermédiaire est fortement pyriteuse. L'examen microscopique de la roche du front de taille (No 3) qui ressemble beaucoup à celle de la Remington trouvée dans les mêmes conditions aux niveaux III et IV, montre qu'elle est formée de chlorite, de calcite et de quartz, avec une disposition parallèle marquée. La constatation de la présence de cette même roche sur tous les fronts de taille, m'a rendu longtemps perplexe; à la Laguna, la veine est nettement encaissée au toit dans la roche verte de facies éruptif qu'on trouve comme telle à une faible distance du filon; et qui forme toute la région traversée par le travers-banc. Au mur, il n'existe pas de travers-banc permettant de vérifier quelles sont les formations qui se rencontrent à une petite distance du filon. Dans ces conditions, je me suis demandé si les roches schisteuses que j'ai qualifié de schistes quartzito-chloriteux avec calcite, n'étaient

pas simplement un produit de transformation et de métamorphisme local dans l'axe et dans le voisinage immédiat de la veine. Le seul fait qui m'a fait penser que ces roches représentaient vraisemblablement un horizon, c'est qu'elles ont été retrouvées avec les mêmes caractères en des points où il n'y avait pas trace de filon de quartz.

Sur le tronçon Est, on voit peu de chose, la veine est en partie encastrée dans le cascajo, et affecte la disposition déjà indiquée, mais comme la galerie est en grande partie boisée, on ne voit la veine que sur de courts espaces.

Niveau No II. Il est aisément accessible depuis le travers-banc No 2. Sur le tronçon Ouest, la veine présente les mêmes caractères que ceux observés au précédent niveau. C'est une fissure d'écrasement injectée de quartz, qui passe à la veine compacte avec une disposition lenticulaire évidente, mais cependant moins manifeste que sur les autres mines, surtout en ce qui concerne la lentille centrale. Près de la première descendrie que l'on croise chemin faisant, la veine subit un renflement spontané, elle mesure alors plus de 2 m de quartz compact. Plus loin, cette épaisseur se maintient, mais on voit dans le quartz des intercalations de roches vertes. En avançant vers le front de taille, la division du filon principal en veinules devient de plus en plus manifeste, et au front de taille même il n'y a plus de veine au sens du mot, mais sur une épaisseur de 1—5 m environ, on observe une série de veinules parallèles très étroites, injectées dans une roche laminée. L'aspect que présente ce front est alors celui de certains gneiss d'injection.

Sur le tronçon Est qui est très court, la disposition observée est absolument la même.

Niveau III. J'ai gagné ce niveau par une cheminée, sur laquelle on voit que la veine est toujours formée par une injection lenticulaire de quartz dans la roche verte. Sur la galerie même, la veine présente toujours les caractères d'une zone d'injection, mais avec apparition fréquente de lentilles de quartz compacte dans la zone injectée. Au front de taille, le filon a été interrompu momentanément par un dyke de diabase ophitique (No 1), que la galerie et en train de traverser.

Il résulte ce qui suit des différentes observations que j'ai pu relever sur la Laguna:

- 1) La veine de Laguna se trouve dans une roche verte éruptive compacte qui a été écrasée suivant des zones dirigées sensiblement EO.
- 2) Cette veine provient d'un remplissage par le quartz d'une de ces zones d'écrasement, dont la longueur totale mesure environ 1 km.
- 3) Cette veine est une injection quartzeuse dans les feuillettes d'une roche verte, qui n'a plus le caractère de la roche éruptive, mais celui des chistes quartzito-chloriteux avec calcite précédemment mentionnés. Cette injection donne par place naissance à des veines et des lentilles épaisses de quartz compacte.
- 4) La pyrite accompagne toujours le quartz dans la zone d'imprégnation.
- 5) La structure de la zone de remplissage reste dans son ensemble toujours lenticulaire, mais la lentille centrale si manifeste sur les autres gisements, est ici moins apparente.

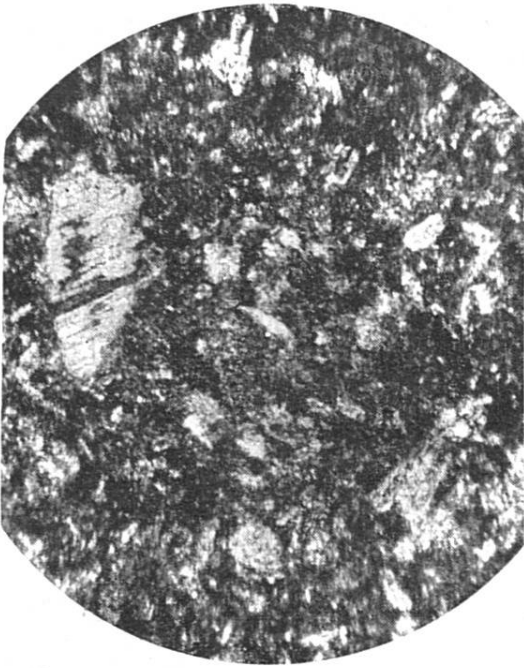
L'ensemble de la veine de Laguna rappelle en somme beaucoup certaines régions de gneiss ou de schistes injectés par le granit, dans lesquels on trouve des lentilles de pegmatite qui correspondent à celles du quartz massif, alors que les schistes injectés lit par lit sont souvent criblés de veinules de granulite.

La distribution de l'or dans le quartz de la veine de Laguna est, comme d'ordinaire très capricieuse; dans les régions dépilées, la teneur atteint 18 à 30 gr, mais il existe de nombreuses régions restées intactes, où les teneurs sont notablement inférieures à celles indiquées.

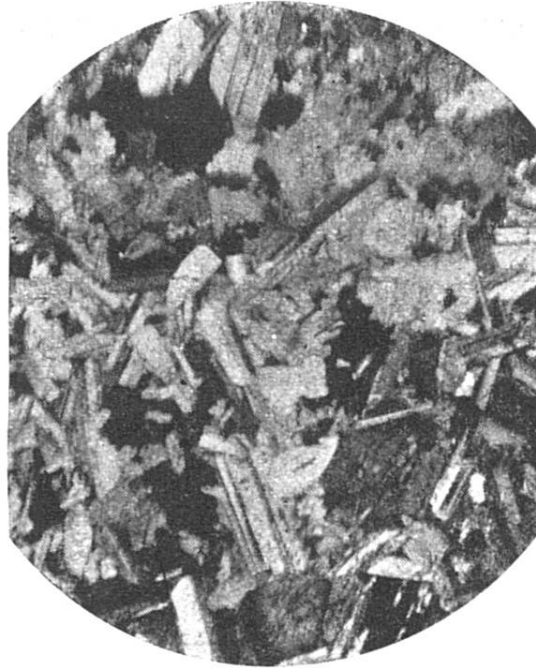
Genève, Février 1922.

## Bibliographie.

- N a i s s a n t, District aurifère du Caratal. Bull. Ecole d. min., p. 150. 1882.  
M a n t h é s Paul, Rapport sur les mines d'or du Callao. 1882.  
E s c h w e g e, Exploitations aurifères du Vénézuéla Bull. Ec. d. min., p. 114. 1885.  
B o u t a n, Lettres aux actionnaires du Callao et rapport sur la mine d'or du Callao. 1885.  
P e r k i n s, Rapports sur la mine du Callao. 1886—1887.  
B e l, L'industrie minière au Vénézuéla en 1887. Bull. Ec. d. min., p. 36. 1888.  
S i e v e r s W., Zweite Reise in Venezuela, in den Jahren 1892—1893. Mitteilungen der geographischen Gesellschaft in Hamburg. Band XII. 1895.



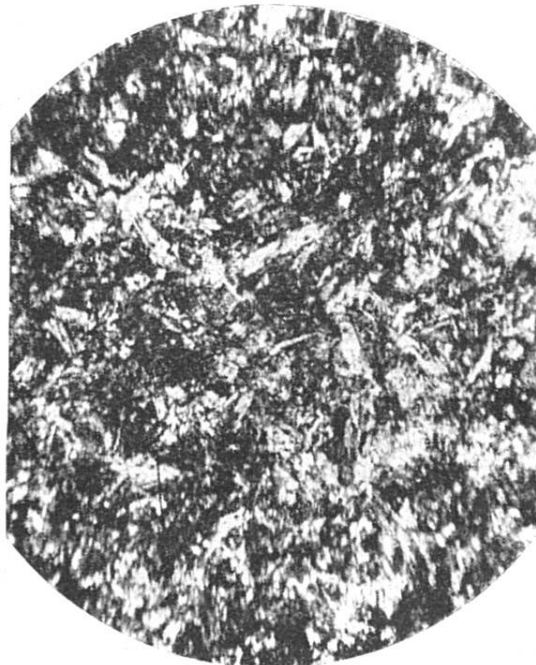
No 0. Porphyrite à hornblende. Haldes de la Remington. Première consolidation surtout formée de hornblende en cristaux informes. Feldspaths plus petits, et complètement décomposés. Pâte quasi opaque. Objectif Zeiss C oculaire O.



No 1. Diabase ophitique. Mine de Laguna. La coupe montre les plages d'augite moulant les plagioclases du groupe du labrador. Planar Zeiss No 1, oculaire O.



No 6. Aplite en filon dans les roches vertes. Mine Remington. La coupe montre les petites lamelles de muscovite calées entre les cristaux d'orthose, de plagioclase et de quartz. Structure granitique. Objectif Zeiss C oculaire O.



No 12. Tuf amphibolique métamorphique. Mine de San Felipe. La coupe montre l'enchevêtrement des aiguilles d'amphibole, qui forment ici un tissu serré avec quelques grains de calcite. Objectif Zeiss 4 oculaire O.

- Sievers W., Karte des venezolanischen Gebirgslandes zwischen Coro und Trinidad. Mitteilungen der geographischen Gesellschaft in Hamburg. Bd. XII. 1896.
- Paquet Norbert, L'or en Guyane Vénézuélienne. Publications de la Soc. des Ingénieurs du Hainaut. Tome XI. 1902.
- Morisse Dr. L., Excursions dans l'Eldorado (el Callao) Flammarion édit. Paris 1904.
- Braly A., Rapport sur les mines d'or de la New-Callao Gold mining Co. 1913.
- Duparc L. et Grosjean M., Sur les gîtes aurifères du Callao (Vénézuéla). Comptes rendus de la société de physique de Genève. Vol. 36; No 3. 1919.
- Jahn Alfredo, Esbozo de las formaciones geologicas de Venezuela, Caracas. 1921.

## Table des matières.

<b>A. Topographie, hydrographie et Aperçu géologique de la région comprise entre l'Orénoque et le Callao</b>	3
1) Topographie	3
2) Hydrographie	6
3) Aperçu géologique de la région	7
<b>B. Les roches vertes du Callao</b>	9
Considérations générales sur les roches vertes	9
Description pétrographique des roches vertes	11
1) Les porphyrites à hornblende	11
2) Les diabases et leurs produits d'altération	15
3) Les filons aplitiques (microgranulites)	19
4) Les tufs et les roches tuffoïdes	21
5) Les schistes d'origine détritique	25
6) Les schistes quartzito-chloriteux riches en calcite	26
7) Les schistes séricito-chloriteux riches en calcite	30
Conclusions qui se dégagent de l'étude des roches vertes	33
Terrains superficiels qui résultent de l'altération des roches vertes	35
<b>C. Les filons de quartz dans la formation des roches vertes</b>	37
Morphologie générale des filons	37
<b>D. L'or dans les filons quartzeux</b>	42
1) Aspect des quartz aurifères	42
2) Disposition et répartition de l'or dans les filons	43
<b>E. L'or dans les terrains de surface</b>	46
1) L'or de flor	46
2) L'or de cantera	47
3) L'or de gréda	47
<b>F. Genèse des filons aurifères quartzeux du Callao</b>	48
1) Opinions émises par divers auteurs	48
2) Genèse probable des filons aurifères d'après l'auteur	49
<b>G. Description de quelques gisements de la région</b>	52
Répartition des principaux filons	52
1) Le Vieux Callao	54
2) La Remington	59
3) La Laguna	63
Bibliographie	64