

RAPPORT PRELIMINAIRE DES ACTIVITES SCIENTIFIQUES REALISEES
DANS LE CADRE DE L'ETUDE DES GISEMENTS D'EMERAUDE DE LA
CORDILLIERE ORIENTALE DE LA COLOMBIE

Mission du 01 au 25 octobre 1988
ORSTOM/ECOMINAS/UN. BRASILIA

GIULIANI G.
ORSTOM
EMBAIXADA DA FRANÇA
C.P. 665
70.359 BRASILIA - DF
BRASIL

Dr. Giuliani Gaston
Chercheur ORSTOM
Département T.O.A.
U.R. 606

Bogotá, le 25/10/88

Ce voyage d'étude scientifique en Colombie, réalisé en collaboration avec l'ECOMINAS, s'est déroulé du 1 au 25 octobre 1988. Le but de cette étude était de visiter et échantillonner les différents gisements d'émeraude de la partie centrale de la Cordillère Orientale de la Colombie afin de réaliser une étude géochimique des phénomènes d'altération hydrothermale et des processus physico-chimiques responsables du transport du béryllium et du dépôt de l'émeraude.

A - ORGANISATION DE LA MISSION : CHRONOGRAMME

Cette mission, effectuée en collaboration avec M. CAMILLO RODRIGUEZ T., Chef du Département de Géologie de l'ECOMINAS, M. FELIX A. RUEDA, Ingénieur des Mines, et sous la coordination de M. ADOLFO PACHECO M., Directeur Général de l'entreprise en l'absence de M. VICENTE GIORDANELLI D., s'est déroulée en trois périodes.

I. Période du 1 au 9/10/88
=====

- Prise de contact avec le personnel de l'ECOMINAS afin de connaître la structuration de l'entreprise, ses opérations, finalités et projets futurs.

- Secteur évaluation des émeraudes et contrôle de l'exportation sous la responsabilité de M. Diego ESTRADA et M. Alvaro VIÑA.

- Secteur géologie sous la responsabilité de M. Camillo RODRIGUEZ T., qui m'a permis de discuter des projets en cours et futurs, développés par ECONOMINAS, notamment sur

les thèmes Au, Pt, émeraude et marbre. Une discussion intéressante nous a permis d'entrevoir les différents projets auxquels pourrait participer l'ORSTOM, notamment sur les problèmes liés à la prospection géochimique à l'échelle régionale, d'aires favorables à la présence d'émeraude (plan pilote de la Palma-Yacopi) et aussi sur la métallogénie de l'Au avec les projets Guainia, Vetas, Bolivar, Traira, Caño Negro, Chigorado et Marmato.

- Secteur documentation qui m'a permis l'accès à une importante bibliographie relative aux gisements d'émeraude, compilée à la bibliothèque de l'ECOMINAS. Cette étude bibliographique s'est avérée enrichissante et indispensable avant le voyage sur le terrain, au vu du manque de diffusion des travaux réalisés par les chercheurs et géologues colombiens à l'étranger.

L'étude des gisements d'émeraude de Colombie a fait l'objet de nombreuses publications et controverses quant à l'origine des fluides minéralisateurs et des éléments chimiques indispensables à la formation des émeraudes.

Ces gisements sont localisés dans deux départements de la Colombie, respectivement ceux du Cundinamarca et de Boyacá, et dans deux structures géologiques différentes à savoir les zones ouest et est de la partie centrale de la Cordillère Orientale. Les formations encaissantes, correspondent dans les deux secteurs aux formations du Crétacé moyen à inférieur constituant à l'Ouest, le groupe de la Villeta, et à l'Est, le groupe Caqueza.

Un contrôle structural apparaît évident quant à la localisation des gisements d'émeraude. Ceux-ci se rencontrent dans des structures anticlinales d'extension régionale qui sont faillées, accidents de direction N 20-30°. Les études structurales ont montré que le système de fracturation était plus complexe et que les gisements d'émeraude se rencontreraient à l'intersection d'accidents importants de direction NE et de fractures de direction NW. En conséquence, les zones minéralisées se matérialisent par la présence de brèches tectoniques, de fractures, et la formation de veines à remplissage de calcite, recoupant ou bréchifiant les lutites carbonatées (type shales noirs) riches en matière organique du Crétacé moyen ou inférieur. Il est à noter aussi que des occurrences d'émeraude peuvent se rencontrer dans le Crétacé supérieur.

L'étude des Nations-Unies (1975) montre que les zones minéralisées sont reliées à des anomalies géochimiques en sol et roche, notamment en Be mais aussi en Na; ainsi, un paramètre applicable à la prospection géochimique a été défini reliant les éléments Na, K, Ba et Li. Les relations Na/K ont été aussi confirmées par les études récentes de GUERRE-RO (1986, 1988). Cet enrichissement en Na est relié pour ces différents auteurs à un phénomène hydrothermal du type albitisation.

HALL (1973, 1976) a remarquablement défini la suc-

cession paragénetique associée aux gisements, et la précipitation de l'émeraude apparaît reliée à une phase silicatée tardive post-calcite.

Les théories épigénétiques se confrontent aux théories syngénétiques. Le rapport des Nations-Unies (1975) ainsi que les travaux de Medina (1970) sont favorables à une hypothèse de préconcentration en Be dans les strates notamment dans les lutites riches en matière carbonée (LC) du groupe Caqueza ou de la Villeta, avec remobilisation de cet élément par l'action de fluides hydrothermaux, non magmatiques, donc d'origine sédimentaire (eaux connées).

De nombreux travaux dont ceux de Scheibe (1916), Restrepo (1961), Hall (1973), Beus et Mineev (1971), Escovar (1975), Guerrero (1986, 1988) sont favorables à une origine épigénétique par apport du Be par des solutions pegmatitiques ou des solutions hydrothermales de basse température, mais reliées toujours au développement d'un système géothermique important.

La version épigénétique versus syngénétique est alimentée par l'absence d'un métamorphisme thermique bien que Scheibe (1933) et Hall (1973) signalent la présence d'andalousite et du chloritoïde dans les formations encaissants les minéralisations, et, aussi par l'absence d'intrusions granitiques spécialisées du type coupole leucogranitique ou filons de pegmatites recoupant les formations crétacées. Des intru-

sions basiques du type diabase ou granitoidiques du type diorite ont été observées dans les zones à émeraude, et, ULLOA (1978) envisage leur participation comme flux thermique permettant la circulation de fluides (cas du lamprophyre de Pajarito).

Une troisième hypothèse envisagée par Mc LAUGHLIN (1971) serait l'existence d'une relation avec la présence de dômes diapiriques du type "salins" qui intrudent généralement les formations crétacées; en effet, des occurrences d'émeraude ont été signalées notamment dans la mine de sel de Zipaquira et de Nemocon.

Malgré la quantité d'études développées sur les gisements d'émeraude de la Colombie, le débat reste toujours ouvert, et le problème posé : origine syngénétique ou épigénétique ?

Suite à cette étude bibliographique, et suite aux nombreuses et fructueuses discussions avec Mrs. RODRIGUEZ, RUEDA et PACHECO, un plan de travail a été mis au point pour la mission de terrain ainsi que pour l'orientation de l'échantillonnage :

- thèmes de recherche : * géochimie (éléments majeurs, mineurs et traces) des formations encaissantes minéralisées et stériles.

* Géochimie des phases fluides associées aux gisements d'émeraude de la partie centrale de la Cordillère Orientale.

- Programme de travail :

- * Etude du district à émeraude de la région de Gachalá : 10 au 13/10/88
Visite des gisements de la Vega de San Juan, Las Auces, El Diamante, El Toro, Chivor.
- * Etude du district à émeraude de la région de Coscuez-Muzo : 14 au 19/10/88
Visite des gisements de Coscuez, Tequendama, Porto Arturo, Quipama, Las Pabas.
- * Etude du district à émeraude de la région La Palma-Yacopí : 20 au 22/10/88.

II. Visite et étude des gisements d'émeraude de la Cordillère Orientale. Période du 10/10/88 au 22/10/88

1- Le district à émeraude de la région de GACHALÁ

Il s'agit d'une série de gisements situés région de Gachalá (Cundinamarca) et Chivor(Boyacá).

1.1 Environs de Gachalá

1.1.1 Gîte de la Vega San Juan

Il se localise dans les formations du Guavió, d'âge Berriasien, caractérisées par une série de conglomérats, arénites, calcaires avec des intercalations de lutites noires riches en matière carbonée (LC). Le gisement

se situe approximativement à l'intersection d'une faille, d'extension régionale, LA PICHONERA, de direction N-NE qui met en contact des formations calcaires des lutites noires, et une faille transversale de direction NW (N140°). L'observation sur le terrain est rendue difficile par la présence d'un fort colluvionnement mais il est possible de remarquer que les formations minéralisées correspondent à des panneaux de la formation Guavio, qui ont basculés et glissés le long de la pente. Par conséquent, la minéralisation apparaît du type "disséminée" et aucun contrôle lithologique et/ou structural ne peut être mis en évidence. Les couches sont subhorizontales, parfois verticales et des brèches de faille sont observables. L'exploitation s'avère anarchique et assez coûteuse; un lavage du matériel minéralisé (lutites noires fracturées, zones limonitiques) serait souhaitable plutôt qu'une exploitation "hasardeuse".

1.1.2 Les gîtes LAS CRUCES, EL DIAMANTE
et EL TORO

Ces trois gisements sont voisins de celui de la Vega San Juan. Ils se localisent au long d'une faille, de direction NE, appelée la faille de San Fernando, qui met en contact les roches paléozoïques du groupe FARRALONES (DCF) avec les formations crétacées du Guavió.

Au contact de la faille, et sur une distance approximative de 100m, on peut observer les ca-

ractéristiques suivantes : - présence de zones de bréchifications affectant les LC riches en lits de pyrite syngénétique, avec des fragments de lutites cimentés par une association pyrite et calcite grossière. Les zones de fracturation plus importantes se caractérisent par le développement de veines et veinules à calcite fibreuse (Ca CO_3 , I)*, et de remplissages légèrement postérieurs à calcite rhomboédrique (Ca CO_3 , II)*. Les émeraudes sont reliées à ce deuxième stade de remplissage en association avec la pyrite (dodécaèdres);

- présence de zones blanchâtres appelées "zones de Kaolin" par les mineurs correspondant à des zones bréchifiées comportant des fragments d'une roche blanche fortement altérée, et à ciment de calcite et pyrite. De nombreux boxworks peuvent être observés et correspondent à la dissolution de carbonates. L'émeraude n'a pas été vue mais, suivant les mineurs, elle peut y être associée. L'exploitation apparaît assez peu organisée et planifiée et les conditions pour l'observation géologique sont difficiles.

Les travaux miniers dans le secteur d'El Toro permettent cependant une meilleure observation. La carte géologique établie par Guerrero en 1988, permet de mettre en évidence la présence de failles de direction NW qui se relie à la faille de San Fernando. Deux galeries sont en cours de traçage, celles de la faille Matecana (NW) et celle de Violetas de direction EW, afin de recouper la faille de San Fernando.

* CaCO_3 , I = calcite de première génération (1^{er} stade de précipitation) : CaCO_3 fibreuse

CaCO_3 , II = calcite de deuxième génération : CaCO_3 rhomboédrique

La galerie Violetas nous a permis de mettre en évidence une série de petites zones caractérisées par la présence de veinules à calcite fibreuse, au front de l'avancement, situé à 74m de l'entrée de la galerie. Une veine de 5 cm d'épaisseur, à calcite fibreuse et pyrite, est associée à une zone bréchique de très faible extension. L'ensemble de veines et veinules est disposé en échelon (fentes de tension).

Pour l'instant, l'émeraude n'a pas encore été observée mais la présence de zones plissotées, de veines disposées en échelon, de petites cavités à CaCO_3 , II sont favorables à la poursuite des travaux. Comme nous avons pu l'observer dans les travaux de Las Cruces, la fracturation et bréchification est plus importante à proximité de la faille de San Fernando. Le développement d'une fine pyritisation dans la roche est aussi un critère favorable quant à l'importance du développement de la fracturation, donc de la circulation des fluides hydrothermaux.

1.2 Région de Chivor

Ce gisement, situé en bordure de l'axe anticlinal de Miralindo et de la faille de Guacharos, de direction régionale NE, est encaissé dans la formation du Guavío. Dans ce secteur, une alternance de lutites grises siliceuses (LS) avec des lutites noires riches en matière carbonée (LC) peut être observée.

1.2.1 Le Secteur Klein

Il se caractérise par une exploitation à ciel ouvert et une série de galeries d'exploration. La mine montre clairement le contact entre les deux unités décrites précédemment, et l'importante fracturation qui affecte les LS plus compétentes que les LC. Cette fracturation se matérialise par le développement de veines et fissures de direction N30° variant du cm à 7-8 cm d'épaisseur, à remplissage de CaCO₃, I, II, pyrite, émeraude. Cette dernière forme des tapissages sur les épontes des veines. L'altération hydrothermale paraît insignifiante à l'échelle macroscopique, si ce n'est une légère pyritisation des épontes. Il est courant dans ces formations de rencontrer des remplissages à quartz. Les LC sont aussi recoupées par des veinules et veines.

L'exploitation à ciel ouvert montre à nouveau les alternances LC et LS. Une zone de bréchification importante peut s'observer au contact LS-LC, matérialisée par des fragments anguleux cimentés par de la CaCO₃, I, II et pyrite.

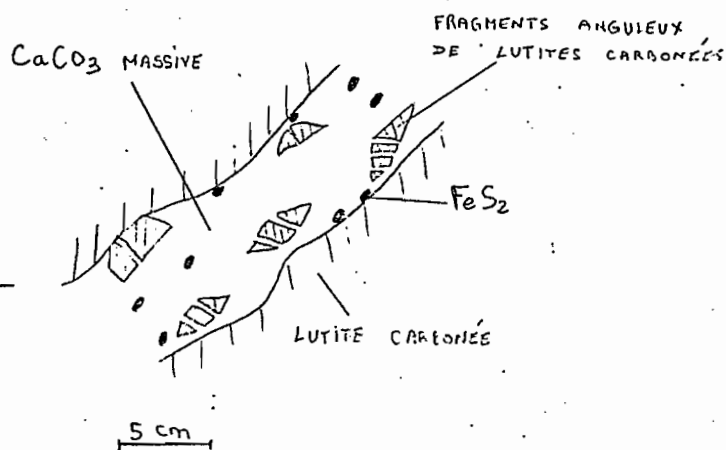
Dans ce secteur s'observe aussi les zones appelées à "Kaolin" composées de CaCO₃, pyrite et de fragments de roches blanchâtres très altérées (effervescence faible à HCl, probablement : dolomite). L'émeraude est signalée dans ce type de formation mais elle n'a pu être observée.

Un autre aspect important de certaines zones bréchiques est leur extension qui n'excède pas le mètre. L'encaissant est donc bréchifié mais les fragments de la brèche sont anguleux et ne présentent aucun déplacement, ni rotation. Ces brèches sont probablement l'expression d'une fracturation du type hydraulique, qui caractérisent une brèche d'implosion due à des suppressions fluides locales. La matrice des brèches est à CaCO_3 et pyrite.

VEINE À CaCO_3 ET FeS_2 MONTRANT
UNE BRÉCHIFICATION DU TYPE FRACTURATION
HYDRAULIQUE

Il est aussi intéressant de remarquer l'existence de zones pyriteuses (pyrite hydrothermale) formant des bancs pyriteux interstratifiés et concordant avec la stratification So des lutites. Ces zones sont, suivant M. Victor

QUINTERO, propriétaire de la mine de Chivor, fortement minéralisées. A l'affleurement, elles forment d'importantes zones limonitiques. Ce caractère montre le développement d'une importante infiltration hydrothermale au long des plans So de la formation du Guavió (direction $\text{N}20-40^\circ$, pendage 30 à 40° NW). Dans l'exploitation à ciel ouvert du secteur Klein, ces



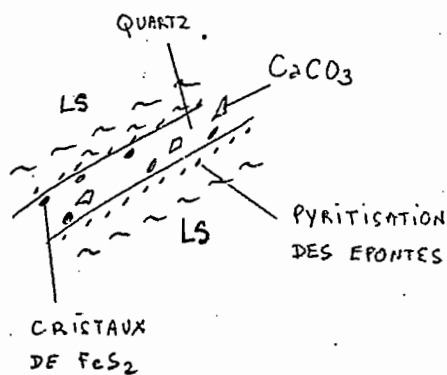
SECTEUR KLEIN

zones pyriteuses sont bien développées au contact LS-LC.

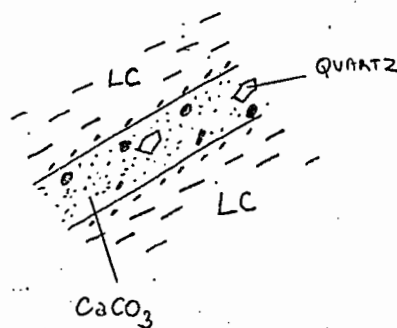
Une question intéressante : relations : altération pyriteuse, altération du type "Kaolin" (albitites ?); brèches de failles et brèches de fracturation hydraulique ? Dans la carrière Klein, il se peut que les brèches de failles soient antérieures aux brèches de fracturation hydraulique.

L'altération hydrothermale du type "Kaolin" peut être simplement le reflet d'une variation de la composition des fluides au cours de l'évolution hydrothermale.

Les filons de quartz fréquemment décrits dans la littérature au sujet de la mine de Chivor ne sont pas prépondérants. Notre observation a pu montrer que les enrichissements en quartz dans les veines se réalisaient lorsque l'encaissant était une LS (augmentation du coefficient d'activité de la silice dans le fluide due à la nature de l'encaissant).



VEINE DE QUARTZ
DANS DES LS



VEINE DE CALCITE
DANS DES LC

1.2.2 Le Secteur Oriente

La piste menant au secteur Oriente nous permet de remarquer toujours l'existence de ces zones pyriteuses, limonitisées en surface (zone d'oxydation) mais concordantes avec les formations du Guavió, zones appelées "niveaux amarillos". Ces niveaux résultent probablement de la circulation préférentielle de fluides au contact des plans de stratification LS-LC, contacts qui peuvent être marqués par de petites structures faillées à pendage W.

Deux galeries de reconnaissance Oriente 1 et Oriente 2 ont été visitées ainsi qu'un front de travail à ciel ouvert.

Les galeries montrent toujours l'alternance LS/LC avec le développement de veines de 1 à 10 cm d'épaisseur, à remplissage d'émeraude-pyrite et calcite. La galerie Oriente 1 montre la présence de veines, à remplissages géodiques, marqués par la cristallisation d'une dolomite grise automorphe (probablement la Codazzite). L'émeraude semble pénécontemporaine ou légèrement postérieure à la cristallisation du carbonate magnésien.

Le front de travail de l'Oriente consiste en l'exploitation d'une terrasse de 50m de long, 10m de large et de 15m de hauteur...

Les alternances LS/LC sont toujours visibles mais on peut noter l'existence de plans de

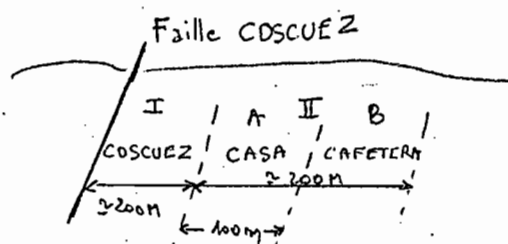
failles \pm parallèles à la stratification et à pendage prononcé vers l'Ouest. Ces failles se matérialisent dans leur terminaison par un plan net, et dans les zones plus larges par la présence d'une brèche. C'est dans ces dernières zones qu'un puits de reconnaissance a été réalisé et que la minéralisation a été reconnue. De nombreuses veines de direction N120°, d'un mètre d'extension et de 2 à 5cm d'épaisseur recoupent la stratification. Elles révèlent une disposition en échelon et sont aussi entourées d'une zone bréchique de faible extension (cm à 5cm). Le remplissage de ces veines est constitué de CaCO₃, I, II, pyrite et émeraude.

2- Les districts à émeraude de la région Coscuez-Muzo

2.1 Le district de Coscuez

Deux secteurs peuvent être définis :

- I secteur de la faille de Coscuez exploité par l'entreprise ESMERACOL
- II secteur adjacent au premier, exploité par Cundiboyacá avec les zones de la Casa et de Cafetera.



2.1.1 Le secteur de la faille de Coscuez (I)

Ce gisement se caractérise par la présence d'éléments structuraux bien définis qui sont d'une part, l'existence d'une faille principale (faille de Coscuez), de direction NE, d'extension régionale, et de failles visibles dans la topographie d'orientation NW. L'encaissant est constitué par des formations de lutites siliceuses (LS) dans la partie supérieure du secteur, et des lutites à matière carbonée (LC) dans la partie inférieure.

Les failles se matérialisent par la formation de brèches à fragments anguleux et par une forte déformation des roches encaissantes. La minéralisation est associée à ces zones bréchifiées et s'étend sur une distance d'approximativement 200m. La minéralisation se rencontre dans deux types de formations :

- brèches
- veines et veinules.

Les zones de brèches observées présentent une direction générale N10° et se caractérisent par la présence d'éléments anguleux qui n'ont subi ni déplacements, ni rotations (brèches de fracturation hydraulique). Le remplissage des zones bréchifiées est constitué par une matrice à CaCO₃, pyrite. L'émeraude s'observe en position géodique. Les systèmes de veinules et veines sont apparemment reliés à la présence des zones bréchiques. Les veines de di-

rection N 90-100° recourent la stratification So des lutites.

La paragenèse des veines se caractérise par la cristallisation d'une première génération de calcite (CaCO_3 , I), suivie par une réouverture des veines et précipitation dans des vacuoles ou géodes de la CaCO_3 , II. La pyrite est associée au stade I et II. Un troisième stade de minéralisation s'évidencie par la cristallisation du quartz hyalin, émeraude, fluorite blanche à verdâtre, codazzite, pyrite (dodécaèdres), phases minérales visibles à l'échelle macroscopique. La paraspate n'a pas été observée mais signalée par le responsable de l'exploitation, M. BARRETO LUIS E.

Le béryl vert se présente sous deux formes dans les vacuoles : - en amas non cristallisés, - en cristaux automorphes à terminaison basale parfaite (pinacoïde). La couleur de l'émeraude varie suivant les secteurs d'exploitation notamment ceux du Ganso ou das Aguás; les cristaux sont souvent zonés avec un coeur de couleur jaune vert et une périphérie verte.

Les bordures des veines ne présentent pas d'altération hydrothermale visible à l'échelle macroscopique, si ce n'est parfois la présence d'une pyritisation diffuse ou le développement d'un minéral fibreux, de couleur verte, qui correspond probablement à la pyrophyllite décrite par HALL (1973).

Les zones appelées de "Kaolin"

correspondent pour M. BARRETO aux zones d'albitisation. A Coscuez, l'observation ne nous permet pas de caractériser vraiment la composition minérale de ces zones, vu l'importante altération superficielle. Elles se présentent soit en zones bréchiques de couleur blanche à matrice grossière riche en pyrite et calcite, soit en petites veines d'extension réduite (2,5m au maximum), d'une épaisseur de 3cm, sans altération évidente des épontes.

Des observations ponctuelles nous ont montré que ces zones bréchifiées "type Kaolin" pouvaient être postérieures à la mise en place des veines à CaCO_3 . Le caractère albitique de ces zones est à démontrer par des travaux plus détaillés de pétrographie et géochimie. Ces zones bréchiques de couleur blanche sont, selon M. BARRETO, plus importantes dans les niveaux inférieurs de l'exploitation, et une relation étroite entre densité de veines en superficie et présence de zones bréchiques sous-jacentes paraît établie. Cependant, l'important recouvrement des zones exploitées ne nous a pas permis d'observer de façon évidente cette relation.

2.1.2 Le secteur de la Casa (IIA), exploité par la Société Cundiboyacá est développé dans des LS. Les phénomènes de bréchification du type fracturation hydraulique sont toujours présents et la densité des veines est importante. La paragenèse minérale est identique à celle rencontrée dans le secteur de la faille de Coscuez mais l'émeraude est quasi absente. La galerie d'exploitation de la Casa nous a

permis de recouper le système filonien et d'observer quelques zones de "kaolin".

2.1.3 Le secteur de Cafetera (IIB), situé à une altitude inférieure à celle du secteur de la faille de Coscuez est formé d'une galerie d'exploration. Les formations sont à nouveau constituées par des LC recoupées par un ensemble de veines et veinules à CaCO_3 , I, II, quartz hyalin. L'émeraude est absente et, en conséquence les travaux sont abandonnés. Il est intéressant de noter que le secteur Cafetera possède les mêmes caractéristiques lithologiques et structurales que le secteur de la faille de Coscuez mais que la minéralisation est absente. Ceci montre que la précipitation de l'émeraude est bien reliée à la présence de la faille de Coscuez i.e. à la circulation de fluides au long de ces plans de fractures, et d'autre part que la minéralisation à émeraude est postérieure au stade à calcite II.

Le secteur de la Casa, situé approximativement à 100m du secteur de Coscuez, est très peu minéralisé. Cependant, cette absence de minéralisation peut être qu'apparente, vu que les formations porteuses des minéralisations sont les LC. Un approfondissement des travaux est conseillé.

Il apparaît que les LS ne sont pas des formations favorables à la présence de minéralisations à émeraude, et que, sans aucun doute, les LC ont joué un rôle

prépondérant sur la stabilité des complexes chimiques porteurs du béryllium associé aux fluides hydrothermaux.

A Coscuez, deux facteurs principaux paraissent contrôler la minéralisation :

- structural - * failles de direction NE et ses satellites
- * failles de direction NW
- lithologique * LC riches en matière organique.

2.2 Le district de Muzo

Plusieurs secteurs ont été visités :

- Secteur Masato-Cincho exploité par la Société TECMINAS
- Secteur Porto-Arturo-Tequendama exploité par la Société COEXMINAS
- Secteur Salis-Pavas.

Les formations sédimentaires appartiennent à la formation de la VILLETA qui se compose dans ces secteurs : - à la base : de LC avec de nombreuses intercalations de niveaux de pyrite sédimentaire; - au milieu : de LS, à grain plus grossier et avec des couches pouvant atteindre 50cm d'épaisseur, caractérisées par la présence de nodules pyriteux; - au sommet : d'argilites siliceuses de couleur gris clair à jaune.

2.2.1 Le secteur Masato-Cincho

La coupe verticale effectuée au long de la piste menant du secteur Masato au Cincho permet d'observer clairement ces trois unités sédimentaires, de direction N120-130 et à pendage NE. De nombreuses failles recoupent les formations provoquant bréchification et verticalisation des strates. Dans les LS, on peut observer le développement important de veines de 5 à 10cm d'épaisseur à remplissage de CaCO_3 , I et pyrite sécantes sur So. Le contact de ces veines avec l'encaissant de LS se matérialise par la formation de brèches de fracturation hydraulique.

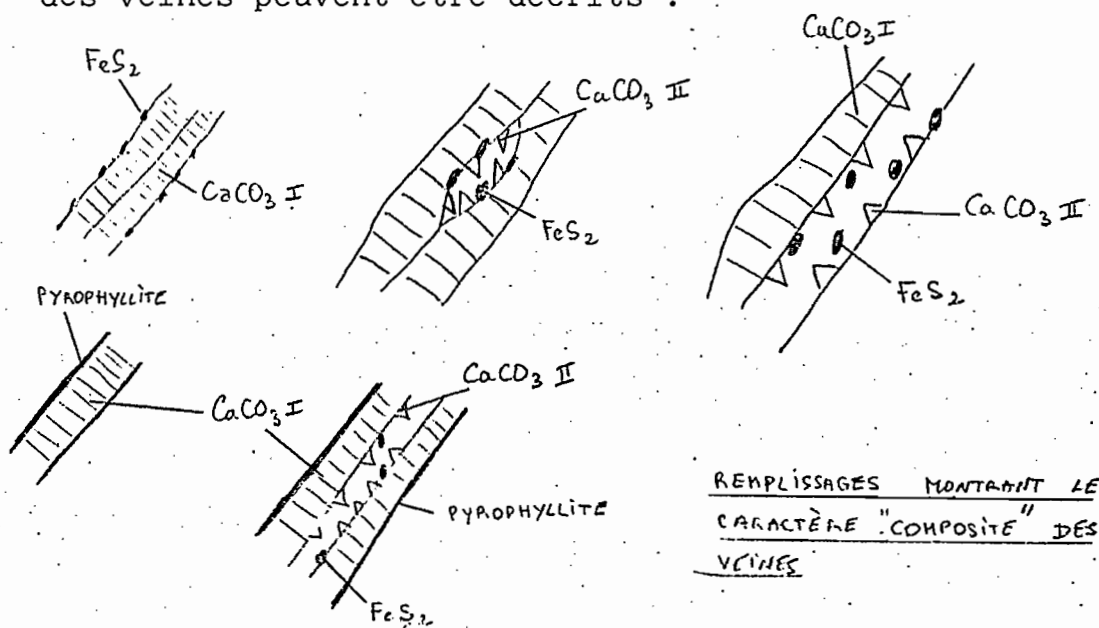
Les travaux de reconnaissance du secteur Masato, situés à 50m environ au dessus du secteur du Cincho, se matérialisent par l'existence d'un tunnel de 50m de long poursuivi par le développement de diverses galeries disposées en doigt de gant. Les formations encaissantes sont des LC affectées par d'intenses bréchifications, et par le développement d'un système de veines et veinules disposées parfois en échelon. Les remplissages de ces veines sont à CaCO_3 , I parfois de couleur grise, de CaCO_3 , II géodique mais peu abondante et de béryl vert.

Le secteur du Cincho correspond au coeur d'une structure anticlinale de direction N140°, bien observable dans les travaux actuels, recoupée par un système de failles de direction NE et NW. Une étude stéréos-

copique nous permettra, sans aucun doute, de mieux caractériser l'attitude de ces failles mais il semble que le secteur du Cincho soit localisé dans une zone d'intersection d'accidents tectoniques importants.

La partie ouest de l'anticlinal se caractérise par la présence de plis disharmoniques décalés par de petits cisaillements senextres de direction N90°. La direction générale des couches est de 130° et à pendage variant de 5-20° NE, on peut y noter l'injection d'une série de veines, concordantes à So, composées de CaCO₃I, pyrite et de CaCO₃II en géodes. Dans ces veines, l'émeraude peut déjà précipiter en association avec la parasite.

La partie centrale de l'anticlinal, actuellement exploitée est constituée par une zone fortement fracturée, bréchifiée et recoupée par des veines à CaCO₃I, II, de direction générale N120°. Il s'agit de la zone productive où la paragenèse est similaire à celle rencontrée dans le secteur de Coscuez. Cependant, la parasite est un minéral caractéristique. Plusieurs types de remplissages des veines peuvent être décrits :



Dans le secteur du Cincho, les zones appelées à "Kaolin" sont observables mais elles sont fortement altérées. Il est intéressant de noter que ces zones blanchâtres d'extension métrique à plurimétrique, de faible épaisseur (10 à 30cm), sont subconcordantes avec les formations encaissantes (LC). La zone apparaît bréchifiée et les éléments de la brèche sont à bords anguleux ou rectangulaires; ceux-ci sont composés d'un matériel montrant une fine stratification, de couleur blanche, et faiblement calcaire. Il s'agit vraisemblablement de niveaux dolomitiques (à confirmer). Le ciment de ces brèches est constitué de calcite fine à grossière, et de pyrite laquelle peut se présenter parfois en dodécaèdres. Ces zones qui sont assimilées à des zones "d'albitisation" par les géologues de la mine sont peu développées; la présence d'albite n'a pu être confirmée. Les mineurs affirment que ces brèches peuvent être minéralisées mais, jusqu'à présent, aucune minéralisation n'a pu être observée durant ce travail.

Sur l'ensemble du secteur Cincho-Masato, il apparaît que la liaison brèches à ciment calcitique-pyrite, et veines à CaCO_3 , soit une relation importante.

2.2.2 Secteur Porto Arturo-Tequendama

Le secteur de Porto Arturo est le lieu d'importants travaux miniers caractérisés par le fonçage de deux puits verticaux de 40m et de galeries de reconnaissance

Ces travaux sont l'aboutissement d'une exploitation antérieure irrationnelle ayant provoquée le colmatage d'excellentes veines minéralisées, lesquelles sont à présent recouvertes par 60m de colluvions et alluvions (RUIZ FERNANDO, communication personnelle). La visite d'un de ces puits a été effectuée et on a pu y remarquer l'excellent travail dirigé par M. ALVARO TENJO GUTIERREZ, assurant une bonne ventilation des galeries, évacuation de l'eau d'infiltration, sécurité et direction des travaux d'avancement.

Le but de ces galeries, orientées présentement vers le NW, est de recouper le cordon pyriteux décrit par BEUS (1969), comme une veine pyriteuse, de 150m d'extension et d'une épaisseur de 20cm, de direction NE et minéralisée en émeraude, qui constituerait la limite ouest de la zone minéralisée principale.

L'observation des galeries a permis de remarquer :

- présence du banc de dolomite affleurant en superficie à Porto Arturo; ce niveau intercalé dans les LC est affecté par d'intenses bréchifications qui ont donné lieu à la formation de veines à dolomite et pyrite.
- zone importante de failles qui bréchifient les LC et la dolomite ainsi que des veines à calcite minéralisées à émeraude. Il s'agit de failles postérieures à la formation de la minéralisation.

- galeries de direction NW qui révèlent la présence de zones de brèches hydrothermales ainsi que des veinules et des veinés à CaCO_3 , I disposées en échelon. Ces structures apparaissent favorables pour la continuation des galeries et pour la rencontre de niveaux minéralisés.

Le secteur de Tequendama permet d'observer à nouveau l'organisation de la séquence sédimentaire; base : LC; sommet : LS. Le système filonien développé sur une hauteur avoisinant les 50 mètres, se caractérise par l'amortissement des structures dans le niveau des LS qui sont plus compétentes que les LC. Les veinés et veinules ne se poursuivent pas de façon continue dans les LS et ne sont pas, économiquement parlant, intéressantes.

La minéralisation à émeraude s'observe dans des veines d'extension métrique et d'une épaisseur maximale de 10 cm, disposées une fois de plus en échelon. Dans la galerie étudiée, il n'a pas été possible de rencontrer des zones bréchiques du type "Kaolin". L'émeraude cristallise dans les géodes avec la CaCO_3 , II, développée préférentiellement sur les épontes des filons en association avec la parassiteet le quartz hyalin. A proximité d'une veine minéralisée, on peut observer le développement d'un réseau très serré de petites veinules (mm à xmm) constituant un véritable stockwerk qui n'est pas minéralisé, et qui appartient, sans aucun doute, au même système de contraintes responsable de la

fracturation. La relation bréchification-fracturation apparaît bien évidente et systématique dans le secteur.

Dans la partie ouest du banc de Tequendama, affleurent une série de veines à CaCO_3 , I, II, de direction $\text{N}75^\circ$ à pendage NW ($70-80^\circ$), qui recoupent les LC, avec une épaisseur de l'ordre de 20 à 50cm. Ces veines sont totalement stériles bien qu'elles présentent des caractéristiques structurales et paragénétiques identiques aux veines productives.

Il est à noter que, dans le banc de Tequendama, on a pu observer ni zones de "kaolin", ni zones de fortes bréchifications.

2.2.3 Le secteur de Salis-Pavas

Situé au NW du secteur Tequendama, ce secteur est recoupé par une faille de direction $\text{N}30-40^\circ$ qui sépare un compartiment occidental où affleurent des LC d'un compartiment oriental où s'observe des LS.

Ce secteur se caractérise par le développement de veinules et veines, à CaCO_3 , I, II, pyrite, de faible extension (m à 3m) encaissées dans les LS; la direction de ce complexe filonien est de $\text{N}125-135^\circ$.

La minéralisation à émeraude se rencontre sporadiquement mais les cristaux observés sont bien cristallisés, de coloration vert clair, et intimement associés avec le quartz byalin. L'agencement des cristaux et leur

forme cristallographique mettent en évidence une cristallisation en milieu géodique.

Au contact de la faille, la zone étudiée est plissée et fortement fracturée. La partie ouest de la faille se caractérise par la présence de LC; la visite d'anciens travaux miniers effectués par les "guaqueiros" nous a montré la présence de zones bréchifiées, et de parements parcourus par un réseau de veinules et veines à CaCO_3 , I, II, pyrite, parisite, émeraude.

Cette partie ouest apparaît nettement plus favorable pour la continuation des travaux surtout qu'une exploitation à ciel ouvert et en bancs est possible. La continuation des travaux actuels dans le compartiment est, semble coûteuse, et sans aucun doute peu favorable pour la rencontre de veines bien minéralisées, sachant que les lutites siliceuses sont généralement peu fracturées et peu minéralisées. Il serait cependant intéressant de vérifier une éventuelle présence du niveau de LC au niveau du Rio Itoco.

2.3 Le district La Palma-Yacopí

Deux secteurs ont fait l'objet d'investigations :

- Mine de la Glorieta
- Mine de Chirripay

2.3.1 La Mine de la Glorieta

Ce secteur se caractérise par la

présence de formations appartenant au groupe de la Villeta; on y rencontre notamment de la base au sommet, des LC, LS et argilites jaunâtres.

Ce secteur se situe à proximité de la faille de la Mina, de direction NE, d'extension régionale et prolongement direct de la faille de Coscuez.

La mine se localise à l'intersection d'une faille de direction NE, probablement une faille satellite des grandes failles régionales, et de la faille dénommée Naranjo, de direction NW.

L'ensemble LC et LS est recoupé par un ensemble de veines et veinules de direction dominantes N40-45°, N130-140°, et à remplissage de dolomite, $^+CaCO_3$, FeS_2 , quartz hyalin ou massif et émeraude. Cette dernière cristallise en prismes de couleur blanc à vert clair mais pour l'instant, elle s'observe de façon occasionnelle.

Le contact LC-LS s'effectue par la faille de direction NE, décrite précédemment, mais il est intéressant de noter que les veines et veinules recoupent apparemment cette faille et qu'elles se poursuivent dans les LC.

Les travaux arrêtés depuis début octobre, par faute de bulldozers en condition de fonctionnement, n'ont pas encore réellement décapé le niveau des LC.

Dans la partie supérieure de la mine, intercalé dans les LS, s'observe un niveau de 3m d'é-

paisseur et d'extension inconnu à cause de l'important recouvrement, d'une roche sédimentaire bien stratifiée et marquée par l'alternance de bancs dolomitiques (à vérifier en géochimie) de couleur blanche. Ces bancs se caractérisent par une fine alternance de lits de pyrite et de lits de dolomite rhomboédrique. L'origine sédimentaire de ce niveau apparaît évidente.

Il est intéressant d'observer que ce banc ainsi que les LS encaissantes sont recoupées par une faille, et que les brèches observées sont identiques à celles observées dans les autres secteurs miniers, et dénommés communément zones à "Kaolin". Le ciment de la zone de brèche est composé d'une calcite fine à grossière et de pyrite.

Dans la partie inférieure, affleure un banc de même composition fortement bréchifié et altéré. identique aux structures observées dans les mines de Cosquez, Muzo ou Gachalá. Ainsi, ces niveaux bréchiques à kaolin correspondent vraisemblablement à des niveaux de dolomite et/ou calcaire dolomitique, intercalés dans les LS et LC, lesquels ont été par différence de compétence, bréchifiés préférentiellement lors des fracturations reliées aux stades hydrothermaux.

La présence d'intercalations dolomitiques (?) dans les lutites de la mine de la Glorieta, et la prédominance de la dolomite hydrothermale dans les veinules et veines est à signaler. Cette relation géochimique en-

caissant-minéraux hydrothermaux est intéressante car elle tient à montrer le contrôle de la lithologie de l'encaissant sur la variation de la composition des fluides hydrothermaux s'infiltrant au long de fractures.

La présence ponctuelle de niveaux de LS, rubannés, pyritisés et composés de minéraux calciques comme calcite, épidote, et de micas verts ainsi que de minéraux opaques est à signaler. La roche résultante de cette altération métasomatique est très dure, compacte, et prend l'apparence de roches du type skarn calco-silicaté. Elle résulte probablement de l'infiltration de fluides hydrothermaux au long des plans de stratification So des lutites, phénomène observé dans de nombreux gisements notamment à Chivor. L'altération météorique de ces niveaux conduit à la formation de niveaux limoniteux.

Cette mine de la Glorieta, en activité depuis 1987, est intéressante car elle nous présente la partie supérieure d'un gisement d'émeraude, constitué par des LS recoupées par des veines à dolomite, \pm calcite. La présence d'un important système de veinules et veines (stockverte) où se rencontre déjà de la minéralisation, de bancs dolomitiques bréchifiés (équivalent de zones à "kaolin"), et surtout la présence de LC dans la partie inférieure des travaux sont des critères favorables pour la rencontre et la continuation d'un important système filonien à plus grande profondeur.

2.3.2 Le Secteur de Chirripay

Cette mine, actuellement abandonnée, n'a pas permis de réaliser une étude détaillée des phénomènes. Des zones de brèches ainsi que quelques veinules à CaCO_3 ont pu être observées mais cependant le site ne semble pas d'un intérêt fondamental.

III. Discussion et premières conclusions

Les gisements d'émeraude de la partie centrale de la Cordillère Orientale, et des départements de Cundinamarca et Boyacá présentent les caractéristiques suivantes :

1- Ils sont en relation avec des accidents tectoniques d'extension régionale, de direction NE qui caractérisent des failles du type "chevauchement" comme, par exemple, les failles de San Fernando, San Isidro, Guacharos ou Coscuez, Aguardiente, Minabuco, Mina, à pendage marqué vers l'Ouest (cf. carte géologique quadrilatère K12); cependant, le pendage de la faille de San Fernando semble être vers l'Est.

Il est remarquable d'observer que les gisements se localisent aux intersections de ces failles NE avec des failles de direction NW qui apparemment ne présentent pas une extension régionale connue. Le rôle de ces failles de direction NW, devra être étudié plus sérieusement par des études de photo-satellites à l'échelle de la Cordillère Orientale.

2- Ces grands accidents développés au coeur de structures anticlinales comme celles des Farallones et de la

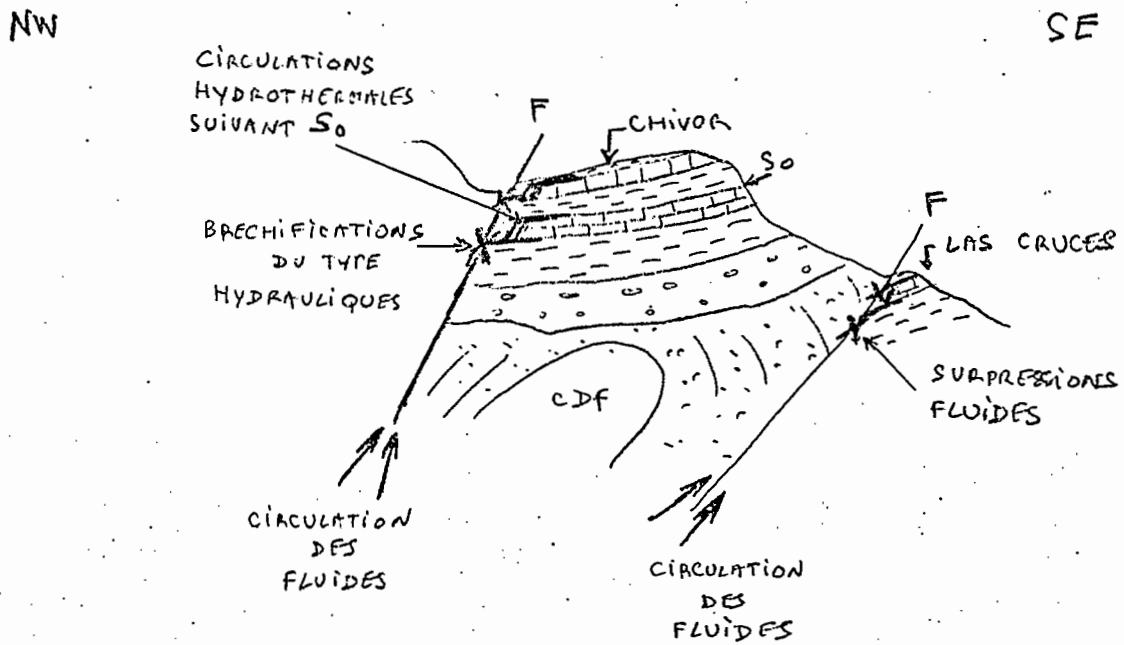
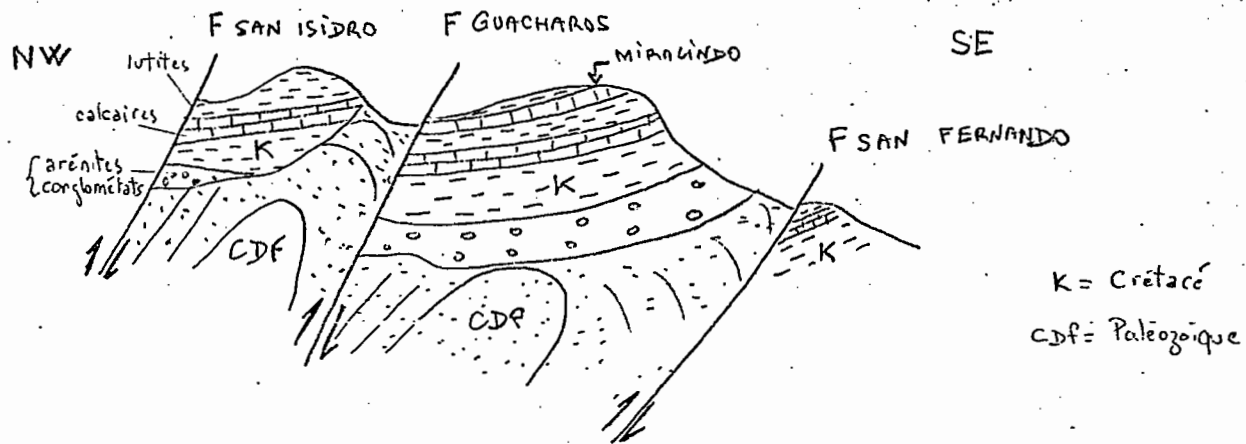
Villeta-Portores se matérialisent par la présence de zones bréchiques. Ils ont d'autre part permis la circulation de fluides hydrothermaux qui ont provoqué une altération des roches encaissantes marquée sur le terrain par une intense pyritisation et carbonation^{at}. Cette altération hydrothermale est associée au développement d'une intense fracturation matérialisée par la formation de veinules et veines de calcite. L'albitisation signalée par différents auteurs n'est apparemment pas visible à l'échelle macroscopique.

3- Les formations encaissantes dans la région du Guavió sont du Crétacé inférieur et appartiennent aux unités du groupe Caquezá; dans la région de Vasquez-Yacopí, elles appartiennent aux formations Pajá (secteur Muzo, Coscuez, Yacopí) d'âge Albien-Aptien.

L'étude de ces divers gisements, excepté celui de Peñas Blancas, nous a permis de remarquer que les minéralisations étaient associées à des LC généralement surmontées par des LS. Un contrôle lithologique lié aux LC semble prépondérant vu que la minéralisation dans les lutites siliceuses est peu abondante.

4- La présence de ces failles de direction NE a permis sans aucun doute l'infiltration de grandes quantités de fluides au long de fractures mais aussi au long des plans So des formations encaissantes. Ce phénomène peut être responsable des rubannements à calcite-pyrite qui forment des ni-

veaux, d'épaisseur parfois décimétrique intercalés dans les LS ou LC. Cette altération métasomatique a bien été observée dans les district de Chivor, Muzo et Yacopí. L'exemple de Chivor est particulièrement illustratif.



5- Les minéralisations sont associées soit à des zones bréchiques à remplissage de calcite, pyrite, soit à des veinules et veines de calcite.

Les zones bréchiques se caractérisent par la présence d'éléments (LC ou LS) de forme anguleuse. La roche donne l'impression d'avoir subi une implosion : les fragments sont disjoints mais ils n'ont pas subi de déplacements ni de rotation. Ce phénomène peut s'observer dans tous les gisements, sur les épontes de quelques veines de calcite ou dans des zones bréchiques.

Ces brèches s'apparentent aux brèches de fracturation hydraulique (Phillips, 1973) rencontrées dans de nombreux gisements métallifères ainsi qu'associées aux phénomènes d'épisyénitisation ou de tourmalinisation reliés aux granitoïdes. Elles résultent de l'accumulation d'une grande quantité de fluides qui produisent une augmentation de la pression fluide. Lorsque celle-ci est supérieure à la pression solide (PF PS), il se produit une fracturation importante appelée fracturation hydraulique.

De telles fracturations impliquent de grandes décompressions à l'échelle locale, lesquelles peuvent avoir d'importantes conséquences sur l'évolution des conditions physico-chimiques d'un fluide (possibilité d'ébullition, mécanisme favorable à la démixion d'un fluide et précipitation massive d'un métal par déstabilisation de complexes).

De telles suppressions de fluides peuvent être occasionnées par des niveaux de roches fortement imperméables et peu compétents comme le sont dans notre cas les LC. Le développement d'un tel phénomène pourrait expliquer le fait que toutes les minéralisations à émeraude de la Cordillère Orientale soient développées dans ces LC. Ces fracturations ont donné naissance au développement d'un complexe filonien qui recoupe naturellement les LC mais aussi les LS. Dans ces dernières, la fracturation ainsi que la minéralisation sont peu importantes.

6- L'étude de HALL (1973) sur la séquence paragenétique associée à ces gisements d'émeraude est apparemment complète et bien décrite :

- 1) phase à CaCO_3 fibreuse
- 2) a) phase à CaCO_3 rhomboédrique + silicates + émeraude
- b) phase à dolomite, codazzite, parisite, pyrite
- c) phase à fluorine
- d) phase à baytine

La phase 1 est bien marquée et il s'agit généralement de veinules parallèles ou perpendiculaires à la stratification. Une légère pyritisation s'observe sur les éponges des veines.

La phase 2a a été aussi observée et la cal-

cite automorphe cristallisant en rhomboèdres (cristaux > 2cm), tapisse généralement des vacuoles au sein des veines à CaCO₃ fibreuse. A cette phase est associée la codazzite, parasite, pyrite, émeraude et quartz hyalin. Tous ces minéraux sont automorphes et ont cristallisé dans des conditions de croissance stables. Certains échantillons du secteur du Cincho nous font penser que la fluorine est aussi associée à la phase 2a.

La barytine ainsi que l'albite n'ont pas été identifiées à l'échelle macroscopique. L'étude microscopique nous donnera sans aucun doute de plus amples informations notamment sur la présence et l'importance de l'albite dans les veines mais surtout dans les zones bréchiques.

7- Dans tous les gisements étudiés, des zones à "Kaolin" ont été rencontrées. Généralement, ces zones sont fortement météorisées et il est bien difficile de pouvoir identifier la texture originelle de la roche. La mine de la Glorieta nous a permis de vérifier que ces formations blanchâtres correspondent à des intercalations de lentilles, probablement dolomitiques, à litages de dolomite et pyrite sédimentaire bien marqués, au sein des LS et LC. Leur fréquente bréchification doit être reliée à un problème de compétence qui est, bien sur, différent des lutites encaissantes.

Macroscopiquement, il a été impossible d'identifier les zones d'albitisation. Ces bancs dolomitiques (?)

bréchifiés peuvent correspondre au "Cenicero gris" décrit par SCHEIBE (1933) lequel signale la discontinuité de cette zone. L'irrégularité de ces niveaux doit être reliée au fait que ces bancs dolomitiques constituent des lentilles intercalées dans les lutites. Comme le décrivent Beus et Mineev (1977) : "le Cenicero n'est pas continu au long d'une zone bréchifiée; lorsqu'il est absent, on y trouve une zone fracturée".

8- Problème de l'origine des éléments indispensables pour la formation du béryl et des fluides responsables des altérations hydrothermales observées ? Origine du béryllium ? Origine syngénétique ou épigénétique ?

Il est évident que ces gisements sont liés à un phénomène d'infiltration hydrothermale développé au long de plans de fractures profondes qui recoupent les formations du Paléozoïque jusqu'au Crétacé.

Les altérations hydrothermales :

- carbonation
- albitisation
- pyritisation

La paragenèse minérale :

- carbonates
- silicates + émeraude
- sulfures (pyrite, chalcopyrite)
- fluorine

Questions ? Quels sont les facteurs qui peuvent contrôler la

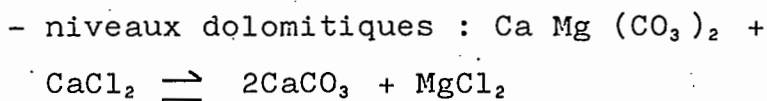
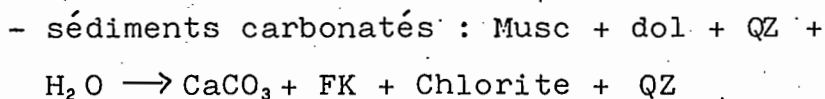
déstabilisation des complexes qui transportent le béryllium ?
Rôle des lutites carbonées ? Existe-t-il des préconcentrations
en Be dans les LC ? ou dans d'autres formations notamment du
paléozoïque ?

Une coupe transversale effectuée entre Las Juntas et Santa Maria nous a permis de réaliser un échantillonnage représentatif des différentes formations (lutites, arénites, argilites) du groupe Farallones et des formations du Macanal. L'étude géochimique de ces différentes roches nous fournira une première réponse à ces questions.

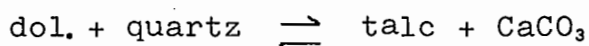
D'autre part, il est clair que, si les fluides sont d'origine profonde i.e. pegmatitique, et reliés à des coupoles granitiques spécialisées notamment en béryllium, ceux-ci ont subi des rééquilibrages constants au cours de leur cheminement. Ces rééquilibrages doivent se manifester par des phénomènes de métasomatose comparables à ceux associés aux skarns (silicification, enrichissement en alcalins notamment Na, K, Ca).

L'enrichissement en calcium des fluides démontre que le fluide hydrothermal a lixivié de grandes quantités de Ca, présent dans les formations calcaires du Guavió ou de Rosablanca, en sachant que cet élément chimique est mobile. Au cours de ces interactions fluide-roche, les complexes de béryllium sont demeurés stables et le béryl n'a pas précipité (conditions d'oxydo-réduction particulières, absence de formations alumineuses).

Quelque soit les sédiments carbonatés, l'enrichissement en CaCO_3 peut s'exprimer de la façon suivante :



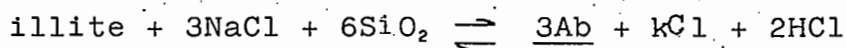
- si sulfates à silicates (alumine) magnésiens non potassiques :



Un fait intéressant est la présence d'inclusions fluides saturées en sels et minéraux de saturation (entre autre la halite) associées aux émeraudes (Roedder, 1984). Ces fluides riches en sel montrent que le fluide hydrothermal contenait des éléments tels (Na, Ca, K) Cl, et que cet enrichissement peut être dû soit à une concentration de ces éléments dans les formations sédimentaires, soit que le fluide s'est enrichi en sels au cours d'un phénomène thermodynamique précis comme l'ébullition (phénomène de démixion de fluides). Ces deux hypothèses sont à démontrer mais la première peut se comprendre facilement : la présence de niveaux d'évaporites intercalés dans les formations de lutites (ex : mines de sel associée aux formations du Macanal, dômes de sel) peut tout simplement expliquer l'enrichissement en sel du fluide au cours de son interaction avec ces niveaux sédimentaires.

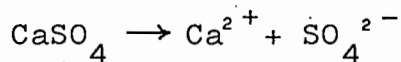
De toute façon, ces fluides salés peuvent

expliquer les phénomènes d'albitisation décrits par de nombreux auteurs :

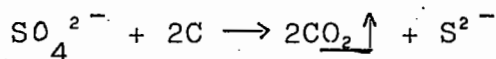


La pyritisation :

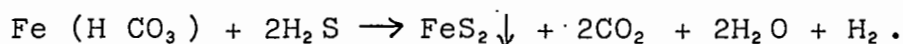
+ présence d'anhydrite dans les formations crétacées



+ réaction avec la matière carbonée des lutites noires



+ précipitation de pyrite



L'origine sédimentaire du béryllium ainsi qu'une origine syngénétique pour la formation des gisements d'émeraude ne peut être écartée (Medina, 1970). En effet, les concentrations en béryllium dans les LC sont de l'ordre de 3 à 5 ppm (Rapport Nations-Unies, 1975; Escovar, 1979). D'autre part, les gisements sont d'une façon générale développés dans ces formations; en analysant la quantité de Be contenu dans la structure du béryl (14% BeO) ainsi que le volume de béryl extrait des formations minéralisées (lequel est faible), il apparaît qu'une concentration de 3 à 5 ppm est sûrement suffisante, par lixiviation de cet élément dans les lutites carbonées, pour la précipitation du béryl.

D'autre part, l'infiltration et le réchauffement d'eaux connées dans ces structures profondes représentées par ces failles régionales ne peut être écartée. Ces fluides

d'origine sédimentaire enrichis en sels et calcium réagiraient avec les lutites carbonées en lixiviant le béryllium (composition et conditions d'oxydo-réduction du fluide particulières) mais aussi le Li et Mo. Ces trois éléments devraient normalement dans le cas d'une origine profonde i.e. magmatique s'enrichir dans les zones minéralisées; effectivement le béryllium s'enrichit mais le Li et le Mo sont évacués par le fluide (Rapport Nations-Unies, 1975). Si on examine les veines et veinules à CaCO_3 , les phénomènes d'altération métasomatique sont limités; ceux-ci sont apparemment plus développés dans les zones de brèches. Ainsi, dans les zones où les fluides s'accumulent et où ils ne peuvent s'échapper à cause de la "couche imperméable" constituée par les LC, la lixiviation des éléments de la roche encaissante serait optimale dont le béryllium, lithium, etc. L'augmentation de la pression des fluides causerait une bréchification reliée à une "fracturation hydraulique"; et, en conséquence, la formation de l'ensemble de veines et veinules. Cette brusque décompression serait hautement favorable à la déstabilisation des complexes de béryllium et à la formation de l'émeraude.

D'un autre côté, le phénomène d'infiltration hydrothermale est particulièrement bien illustré par ces gisements (plans de failles, fractures, bréchifications, altérations). Ces fluides hydrothermaux peuvent percoler des structures perméables sur des kilomètres (cas de nombreux skarns

tungstifères où les intrusifs ne sont pas présents dans l'aire minéralisée, ex : King Island (Tasmanie) ou Sangdong (Corée), mais où les études isotopiques ont montré une forte participation de fluides d'origine magmatique), et ainsi l'hypothèse d'une source magmatique profonde ne peut-être écartée.

La question reste toujours posée : origine syngénétique ou épigénétique ? L'étude géochimique des encasements minéralisés et stériles ainsi que l'étude des phases fluides associées aux minéraux tels l'émeraude, calcite, quartz, dolomite, codazzite, parisite fluorine nous permettront d'apporter une nouvelle contribution à la genèse des gisements d'émeraude de Colombie.

IV. Activités réalisées du 23 au 25/10/88 à Bogotá

1. Synthèse des données de terrain
2. Rapport d'activités réalisées au cours de ce séjour d'étude en Colombie
3. Rencontre des directeurs du Département de Géologie de l'Universidad Nacional de Bogotá, et de l'INGEOMINAS
4. Exposé sur les gisements d'émeraude au Brésil ainsi que sur la mission de terrain effectuée en Colombie
5. Préparation de l'échantillonnage et établissement d'une liste d'échantillons (voir feuilles annexes).

B - BIBLIOGRAPHIE

BEUS, A.A. - 1969 - Indicaciones sobre el programa de exploracion a desarrollar en la region esmeraldifera de Muzo-Coscuez en la Cordillera Oriental (Colombia). ECOMINAS, 22p.

BEUS, A.A. y MINEEV, D.A. - 1972 - Some geological and geochemical features of the Muzo-Coscuez emerald-zone, Cordillera Oriental, Colombia. ECOMINAS, 35 p.

GUERRERO, J.R. y VILLANUEVA, A.G. - 1986 - Cartografia geologica y geoquimica y prospeccion geoquimica en la mina de esmeraldas El Indio, Muzo, Boyaca, 144 p.

GUERRERO, J.R. - 1988 - Informe final del estudio geologico y geoquimico de la mina de esmeraldas "El Toro", aportes n° 331 y 351. Region de Gachalá, Cundinamarca.

HALL, L. - 1973 - The mineralogy and geochemistry of the Muzo emerald veins. Facultad de Geologia, Minas y Petróleos, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

HALL, L. - 1976 - La mineralogia y geoquimica de las vetas esmeraldiferas de Muzo, Boyacá. Inf. Colciencias. Bogotá.

Mc LAUGHLIN, D. y ARCE M. - 1971 - Recursos minerales de parte de los departamentos de Cundinamarca,

- Boyacá y Meta. *Boletín Geológico*. INGEOMINAS, 19(1) :
1-102 p.
- MEDINA, L.F. - 1970 - Consideraciones sobre la génesis de los yacimientos esmeraldíferos de Muzo. Segundo Congr. Colomb. de Min. ECOMINAS, Manigalés.
- NACIONES-UNIDAS - INGEOMINAS - 1975 - Proyecto de esmeraldas. Informe técnico final. INGEOMINAS, Inf. Inédito, 71 p.
- PHILLIPS, W.J. (1973) - Hydraulic fracturing and mineralization. *J. Geol. Soc. Lond.*, Vol. 128, p.337-350.
- RESTREPO, H. - 1958 - Reconocimiento de las minas de esmeraldas de Muzo, Departamento de Boyacá, Inf. 1309. *Serv. Geol. Nat.*
- ROEDDER, E. - 1984 - Fluid inclusions. *Spec. Vol. Reviews in Mineralogy*, Mineralogical Society of America.
- SCHEIBE, R. - 1916 - Publ. 1933a. Informe geológico sobre la mina de esmeraldas de Muzo. *Comp. Est. Geol. of en Colombia*. Tomo I. 169-198.
- SHEIBE, R. (1922) - Publ. 1933b - Informe sobre las esmeraldas de Nemocón. *Comp. Est. Geol. of en Colombia* - Tomo I : 223-228.
- ULLOA, C.E. - 1978 - Ambiente geológico de los yacimientos esmeraldíferos en Colombia, INGEOMINAS, 19 p.

C - LISTE DES ECHANTILLONS

Ces échantillons devront être envoyés à l'adresse suivante :

Dr. GIULIANI GASTON
ORSTOM
EMBAIXADA DA FRANÇA
CP 665
70.359 BRASILIA DF
BRASIL

LISTE DES ECHANTILLONS
=====

COSCUEZ

A) Secteur faille COSCUEZ
B) Secteur CUNDIBOYACÁ

- A) CO-0 brèche de fracturation hydraulique
CO-1 veine productive : association CaCO_3 , I, II, Codazzite, Emeraude, pyrite
CO-2a autre veine parallèle à la veine productive avec Codazzite et calcite
CO-2b autre système avec échantillon pour étude d'altérations en bordure des veines
CO-3a échantillon de LC situé à 40 cm d'une veine à CaCO_3 (CO-1)
CO-3b échantillon de LC situé à 80 cm d'une veine à CaCO_3 (CO-1)
CO-4 calcite fibreuse + pyrite hydrothermale

- CO-5 zone de lutites comprise dans zone de veines à CaCO_3 , I (cm)
 - CO-6 zone de lutites sans bréchification + FeS_2 sédimentaire
 - CO-7 FeS_2 hydrothermale avec CaCO_3 , I
 - CO-8 éponte de veine à "Kaolin", association de la veine à CaCO_3 + béryl
 - CO-9 lutite dans une zone stérile de 10m d'épaisseur
 - CO-10 zone de brèche minéralisée
 - CO-10a émeraude
 - CO-11 zone de fracturation importante dans les LC
 - CO-12 CaCO_3 , II grise
 - CO-13 Paragenèse Coscuez : CaF_2 , QZ, Émeraude, Calcite
- B)
- COI-1 veine à CaCO_3 , II avec codazzite grise
 - COI-6 zone de bréchification non minéralisée
 - COI-7 lutites noires siliceuses
 - COI-2 quartz hyalin géodique
 - COI-3 CaCO_3 , II
 - COI-4 LC sans fracturations
 - COI-5 zone bréchifiée de LC mais sans minéralisation
- } secteur casa
- } secteur cafetera

MUZO

A) Secteur TEQUENDAMA

- T-1 → association émeraude, calcite, parisite
- T2 → LC en bordure de veine minéralisée
- T3 → zone à graphite.

B) Secteur PORTO ARTURO

- T-3 LS sans bréchification, ni veine
- T-4 bréchification avec dolomite, calcite, pyrite
- T-5 dolomite, parisite, calcite, émeraude.

C) Secteur MASATO

- MA-1 lutite en dehors de zone de veines
- MA-2 veine de CaCO_3 , II grise.

D) LAS PAVAS

- SP1 - émeraude + quartz
- SP2 - lutites siliceuses en dehors de la zone fracturée
- SP3 - LS parcourue par des veinules
- SP4 - veines à CaCO_3 , I, II + pyrophyllite
- SP5 - LC

E) Secteur CINCHO

- CIN-1 veinules de CaCO_3 , I, II, FeS_2 , II, parisite
- CIN-2 veines de CaCO_3 , compacte + FeS_2
- CIN-3 LC recoupée par veines
- CIN-4 LC sans zone à calcite mais non recoupée par veinules
- CIN-5 parisite en veine
- CIN-6 émeraude
- CIN-7 LC zone productive
- CIN-8 LC zone productive recoupée par veines
- CIN-9 FeS_2 sédimentaire

- CIN-10 filon 50cm FeS_2 , CaCO_3 , Émeraude, Albite (?)
concordant So
- CIN-11 brèche à "Kaolin"
- CIN-12 fragments de brèches
- CIN-13 fragments de brèches
- CIN-14 CaCO_3 , parisite, émeraude, quartz, CaF_2
- CIN-15 brèche "Kaolin"
- CIN-16 veine + pyrophyllite
- CIN-17 Cedazzite

GACHALÁ

A) LAS CRUCES

- CR-1 zone de brèche avec émeraude
- CR-2 LC + FeS_2 sédimentaire
- CR-3 LC non minéralisée
- CR-4 niveau carbonaté avec Ab, recoupant les lutites
- CR-5 brèche à dolomite (?)

B) EL DIAMANTE

- DIA S béryl vert
- DIA N béryl vert

C) LA VEGA SAN JUAN

- V1 béryl vert

D) EL TORO

Galerie VIOLETAS

- TOV - 3 : LC pyriteuses
- TOV - 4 : LC pyriteuses

- TOV - 5 : LC pyriteuses
- TOV - 6 : intercalation de calc. dolomitique noir (?)
- TOV - 7 : veine à CaCO_3 I avec FeS_2
- TOV - 8a: veinules à CaCO_3 dans zone bréchique
- TOV - 8b: lutites non bréchifiées
- TOV - 8c: pyrite hydrothermale

Galerie MANTECANA

- TOM-1 : veine à CaCO_3 II
- TOM-2 : lutite à FeS_2 sédimentaire
- TOM-2 : LC

CHIVOR

Secteur ORIENTE

- 01 = oriente 1
- 02 = oriente 2
- 03 = banco oriente

- CHI-01-1 : filon dolomite + FeS_2 dans LS
- CHI-02-2 : intercalations de \neq niveaux dolomitiques
ou bien LS (?)
- CHI-0B-3 : fracturation et bréchification à CaCO_3 ,
pyrite dans LS
- CHI-0-4 : béryl vert
- CHI-0-5 : LS litées

Secteur KLEIN

- CHI-K1-1 : veine de quartz dans LS
- CHI-K1-2 : bordure de veine dans LS
- CHI-K13 : infiltration hydrothermale dans LS avec
 $\text{FeS}_2 + \text{CaCO}_3$ III

- CHI-K14 : épontes veines avec émeraude
- CHI-K15 : zone d'infiltration à $\text{CaCO}_3 + \text{FeS}_2$
- CHI-K16 : amandes de $\text{CaCO}_3 + \text{FeS}_2$ dans LS (?)
- CHI-K17 : LS
- CHI-K18 : LS
- CHI-K19 : veine de quartz dans LS + FeS_2 hydrothermale
- CHI-K110 : FeS_2 hydrothermale
- CHI-K111 : CaCO_3 hydrothermale
- CHI-K112 : roche hydrothermalisée à litage calcite-pyrite dans LS
- CHI-K113 : veine à $\text{CaCO}_3 + \text{FeS}_2 +$ épontes
- CHI-K114 : béryl vert

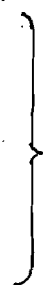
YACOPI

- YA-1 : banc de dolomite
 - YA-2 : LS à zonation de $\text{CaCO}_3 + \text{FeS}_2$
 - YA-3 : LS
 - YA-4 : QZ, calcite, pyrite, émeraude
 - YA-5 : graphite
 - ya-6 : zonation des LS à FeS_2 , calcite, épide
 - YA-7 : LS ou dolomie (?) → CHIRRIPIY
- } LA GLORIETA

COUPE GEOLOGIQUE. LAS JUNTAS - STA MARIA

- C1 = argilite
 - C2 = arénite
 - C3 = lutite
 - C4 = arénite
- } FARALLONES / Paléozoïque.

C5 = LS
C6 = LC
C7 = LC
C8 = arénite
C9 = LS



MACANAL / Crétacé