

# La formation des gisements d'émeraudes de Colombie



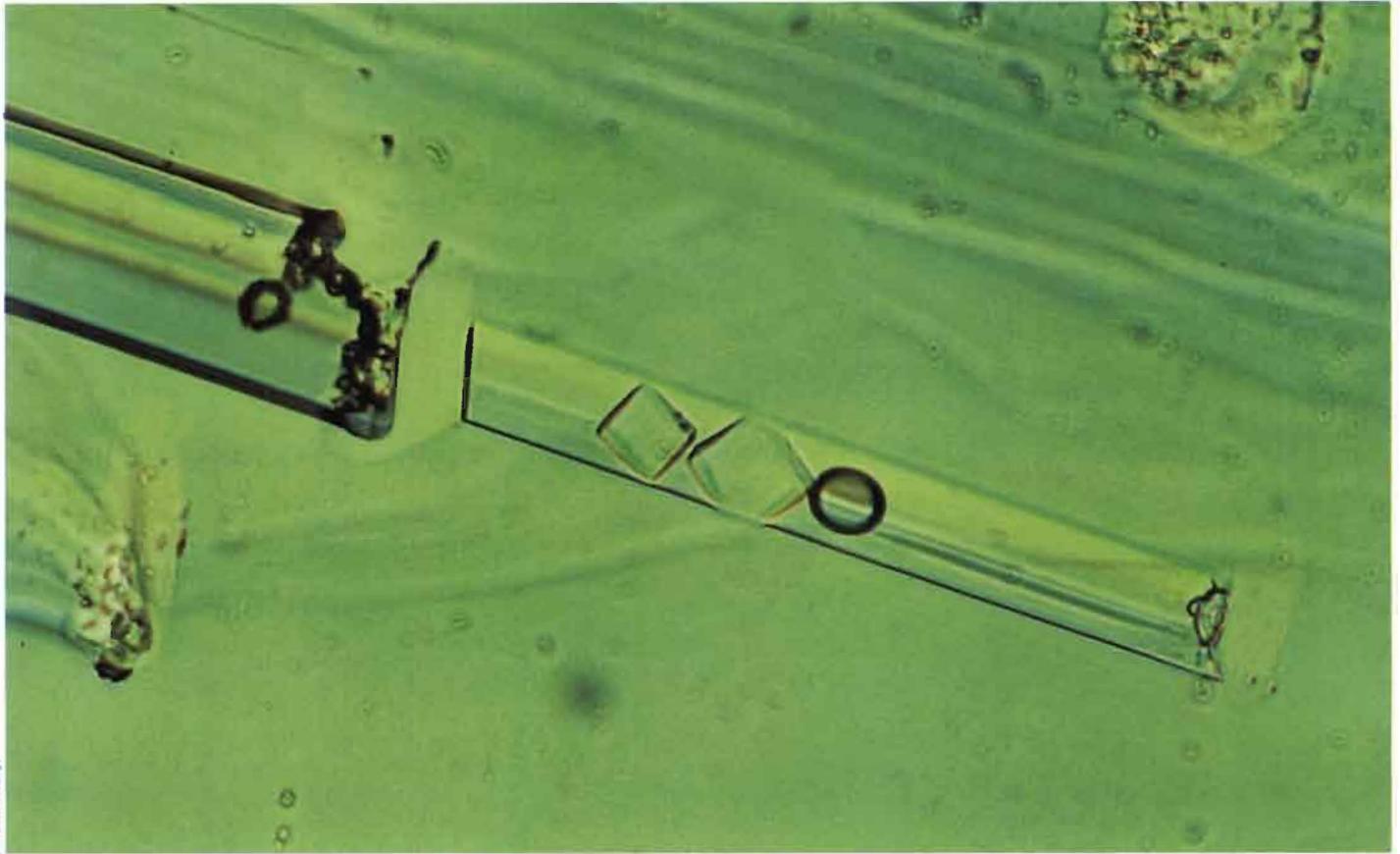


Photo: Hervé Corge

**Cavité, de 100 microns de long, formée lors de la cristallisation de l'émeraude. Elle contient un fluide formé de trois phases: un liquide (eau), un gaz et deux cubes de sel (halite, NaCl). Mine d'Oriente, Chivor.**



Photo: Quynh Chauhan

**Vue partielle de la mine de Porvenir (mines de Chivor) montrant les niveaux d'albitisation\* (en blanc) des shales noirs.**

*Un modèle, nouveau et original expliquant la genèse des gisements d'émeraude de Colombie a été mis au point par une équipe pluridisciplinaire au sein de laquelle l'Orstom a joué un rôle de premier plan. Son originalité tient au rôle fondamental joué par des roches sédimentaires qui génèrent normalement du pétrole, tandis que les modèles classiques associent l'émeraude à des granites. Ces roches sédimentaires, soumises à un lessivage par des fluides chargés de saumures qui proviennent de la dissolution de couches de sel, entraînent, à une température de 300°C, la libération des éléments chimiques indispensables à la formation de l'émeraude, tel le béryllium.*

**D**écouvert par Vauquelin en 1797, le béryllium est un métal léger dont les propriétés sont voisines de celles du magnésium et de l'aluminium. Il s'agit d'un métal stratégique qui, sous la forme d'oxyde, de sel et d'alliage est utilisé notamment dans l'aéronautique pour ses propriétés mécaniques et l'industrie nucléaire, comme modérateur de neutrons dans les piles atomiques. Dans la nature, cet élément est incorporé dans la structure des silicates, aluminates, phosphates ou oxydes. Le seul minéral industriel demeure le béryl, aluminosilicate de béryllium. Le béryl est un minéral dont l'importance économique est grande, non seulement en tant que minerai de béryllium, mais également en raison de ses variétés gemmes\*, émeraude, aigue-marine, héliodore, etc. Le béryl, l'aigue-marine et l'émeraude sont associés aux roches granitiques et/ou leurs équivalents, notamment les pegmatites\*. L'émeraude, variété chromifère du béryl, est un minéral peu fréquent, exploité notamment au Brésil, en Australie, en Zambie, dans l'Oural et en Tanzanie. Elle se rencontre classiquement au voisinage de pegmatites, dans des schistes à biotite\* qui

résultent de la transformation de roches basiques et ultrabasiques (type serpentinites\*) par percolation d'un fluide\* hydrothermal.

Dans ce modèle, la source du béryllium est la pegmatite et la source du chrome, élément nécessaire à l'acquisition d'un cristal de couleur verte, la serpentinite. L'émeraude qui a poussé directement sur une matrice de biotite s'enrichit en inclusions solides et perd de sa transparence. Ainsi, une faible partie de la production mondiale est gemme.

#### **LES GISEMENTS D'ÉMERAUDE DE COLOMBIE**

La Colombie est, à l'heure actuelle, le premier producteur mondial d'émeraude. La vente officielle de cette gemme totalise 450 millions de US \$ par an. Elle est au sixième rang des exportations colombiennes. Les gisements se localisent sur les flancs est et ouest de la Cordillère orientale (cf. carte) à 100 km au nord et à l'est de Bogotá. La zone orientale à émeraude, située entre 1 500 et 2 000 m d'altitude, est formée par les districts miniers de Gachalá, Chivor et Macanal; la zone occidentale étagée entre 550 et 1 300 m d'altitude comporte les districts

## Glossaire

**brèche hydraulique** : roche formée pour 50% au moins d'éléments anguleux de roches de dimension > 2 mm résultant d'une explosion provoquée par une surpression fluide.

**calcitisation, albitisation** : modification de la composition chimique globale de la roche originelle par développement de calcite (CaCO<sub>3</sub>) ou d'albite (NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>).

**chevauchement** : mouvement tectonique qui conduit au recouvrement d'un terrain par un autre suivant un contact anormal.

**Crétacé inférieur** : dernière période de l'ère secondaire comprise entre 135 et 96 millions d'années.

**décollement** : désolidarisation de deux terrains à la faveur

d'une discontinuité.

**eaux de bassin** : eaux d'origine sédimentaire.

**encaissant** : terrain dans lequel s'est mis en place un filon

**évaaporite** : dépôts sédimentaires riches en chlorures et sulfates alcalins.

**fluide hydrothermal** : eau chaude liée à la présence d'une source de chaleur (magma, métamorphisme, éruption volcanique), salée et pour des températures comprises entre 100 et 500°C.

**gemme** : cristal transparent dont la couleur et l'éclat sont magnifiés par le lapidaire.

**Néogène** : partie la plus récente de l'ère tertiaire comprise entre 25 et 1.8 millions d'années.

**Paléogène** : partie la plus

ancienne de l'ère tertiaire comprise entre 65 et 25 millions d'années.

**pegmatite** : roche magmatique silicatée liée très souvent aux granites et dont les cristaux sont de grande taille (du centimètre au mètre).

**PIRSEM** : Programme interdisciplinaire de recherches sur les sciences pour l'énergie et les matières premières.

**pli anticlinal** : pli où les éléments situés à l'intérieur de la courbure étaient, avant la déformation, les plus bas.

**rapport isotopique** : les isotopes d'un élément chimique (X) ont tous le même numéro atomique Z mais des masses atomiques M différentes. Le rapport isotopique représente le quotient des

masses des isotopes de X, la masse de l'isotope le plus léger figurant au dénominateur du rapport.

**schiste à biotite** : roche marquée par un débit facile en feuillets dû à une orientation des cristaux- la biotite, mica noir- parallèlement à ces plans.

**serpentinite** : roche composée en totalité de serpentine (silicate de magnésium) et résultant de la transformation de roche ultrabasique.

**shale** : roche sédimentaire à grain très fin, à dominante argileuse ou marneuse.

**tectonique de couverture** : ensemble de déformations à faible profondeur acquises par une couverture sédimentaire qui s'est désolidarisée de son substratum.

miniers de Coscuez, Muzo et La Palma-Yacopi. Le mode de gisement des émeraudes de Colombie est unique au monde. En effet, elles ont poussé dans des veines à carbonates (calcite, dolomite et pyrite), dans les séries de shales\* noirs du Crétacé inférieur\*. Les émeraudes se rencontrent dans des cavités sous la forme de prismes aux faces bien développées, limpides et pauvres en inclusions solides. Ainsi, une grande partie de la production colombienne est gemme. Les concessions minières sont délivrées par le ministère des Mines et de l'Énergie, sous l'autorité de l'entreprise Minerales de Colombia (Mineralco SA). Actuellement, une superficie totale de 621 716 hectares a été proposée pour l'exploration mais seulement 2 904 hectares sont exploités. Les Sociétés Coexminas et Tecminas qui possèdent la majeure partie des célèbres mines de Muzo exploitent 216 hectares. Un tiers des exploitations sont des mines à ciel ouvert et la production est assurée à l'aide de systèmes de perforations classiques, explosifs, eau et bulldozers. Ces opérations de surface provoquent le déplacement de près de 1 million de m<sup>3</sup> de roches par an. Les mines souterraines (70%) ont pris le relais des exploitations superficielles pour des raisons topographiques et d'extension des gisements, notamment à Coscuez et à Muzo. Les dif-

férentes sociétés minières emploient 5 000 personnes environ. A la périphérie des mines se concentre une population estimée à environ 30 000 personnes. Ces mineurs qui travaillent de façon artisanale sont appelés "guaqueros". Ils retraitent les déblais minéralisés rejetés par les exploitations et récupèrent, par ailleurs, 20 à 30% de la production. La pérennité des mines a provoqué une sédentarisation de cette population, le développement d'infrastructures urbaines et d'activités rurales.

### LE PREMIER MODELE MÉTALLOGÉNIQUE D'UN GISEMENT DE BÉRYL D'ORIGINE SÉDIMENTAIRE

L'environnement géologique particulier des gisements colombiens (bassin sédimentaire Crétacé-Néogène\*) a alimenté depuis un siècle une controverse sur leur genèse : résultent-ils de la circulation de fluides hydrothermaux d'origine pegmatitique, comparable à ceux mis en évidence dans les gisements classiques ? Cette question en soulève une autre : celle de l'origine du béryllium nécessaire à la formation de l'émeraude, et de son mode de concentration par un fluide dont la nature et l'origine sont, elles-mêmes, à élucider. La nécessité de l'élaboration d'un modèle métallogénique cohérent, permettant de



Cristal centimétrique d'émeraude contenu dans une cavité de calcite. Mine de Coscuez.

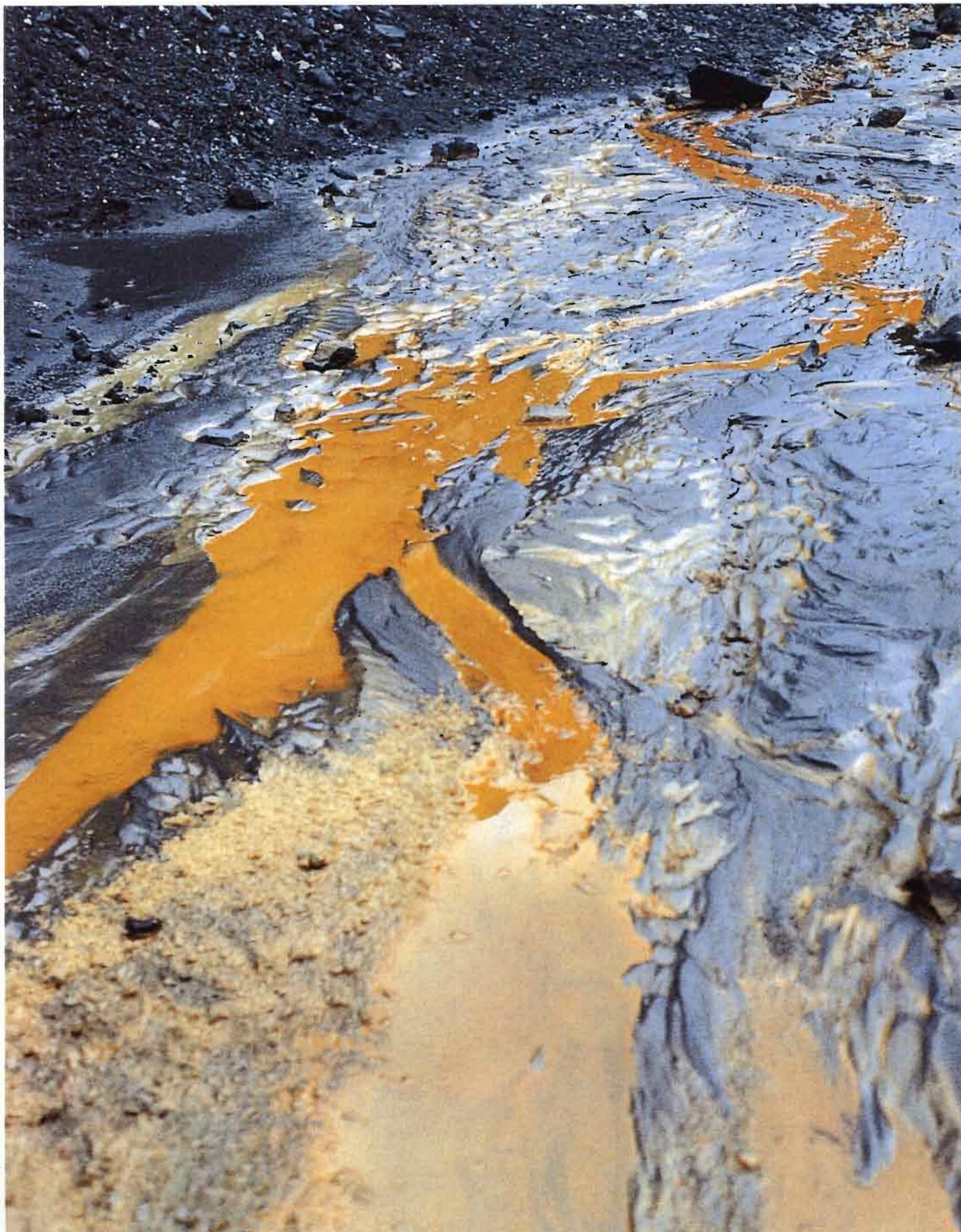


Photo: Alain Chastant

**Eaux acides des fleuves recoupant les sites miniers (mine de Tequendama).**

nouvelles découvertes, se faisait d'autant plus pressante que les réserves des gisements connus, exploités depuis 500 ans, diminuaient rapidement.

En 1988, à l'issue d'une première mission sur le terrain menée depuis le Brésil, où l'Orstom étudiait déjà les gisements d'émeraude du type pegmatite, plusieurs faits majeurs furent soulignés. Ces gisements se caractérisent par l'absence de pegmatites et de granites, la présence de roches sédimentaires riches en matière organique (shales noirs) similaires aux roches mères du pétrole et surtout, pour la première fois, par la présence de brèches hydrauliques\* typiques de zones en surpressions fluides. Il apparut immédiatement que la genèse de ces gisements ne pouvait être expliquée selon le modèle classique et nécessitait des études approfondies de géologie structurale et de géochimie isotopique. En outre, la spécificité de l'encaissant\* des gisements posait des problèmes relevant de la géochimie organique, en particulier du mode de fixation du béryllium par la matière organique. Ces différentes contraintes imposèrent dès 1990, la création d'une équipe pluridisciplinaire de recherche. Plusieurs financements incitatifs successifs permirent d'aborder le problème métallogénique dans des conditions optimales. Il faut souligner également l'excellente collaboration établie dès le début du projet avec nos partenaires de Mineralco. Les premiers résultats permirent de démontrer que les principaux éléments constituant l'émeraude, en particulier le béryllium et le chrome, étaient mobilisés et lessivés des shales noirs au cours de l'altération hydrothermale (calcitisation\* et albitisation\*) des formations sédimentaires. Les fluides hydrothermaux vecteurs correspondent à des



**Association d'émeraude et de parasite brune (carbonate de terre rare) de la mine de Muzo.**

saumures piégés à une température de 300°C et une pression de 1 kilo bar. Les mesures des rapports isotopiques  $18\text{O}/16\text{O}$  et  $13\text{C}/12\text{C}$  des différentes phases carbonatées et silicatées (quartz, muscovite, albite et émeraude), et celles des rapports deuterium/hydrogène des muscovites et des inclusions fluides piégées par les minéraux, ont mis en évidence une signature d'eaux\* de bassin sédimentaire pour les fluides minéralisateurs. Cette donnée écarte définitivement l'hypothèse d'une source de fluides hydrothermaux d'origine pegmatitique. Ces résultats surprisent bien des professionnels en Colombie. Ils montraient pour la première fois que pour des températures supérieures à 200°C (pour information, les températures de formation d'hydrocarbures sont  $60^\circ < T < 120^\circ\text{C}$ ), des saumures sont capables de mobiliser certains éléments chimiques réputés inertes comme le béryllium. D'autre part, les missions de terrain successives nous permirent de déterminer les caractéristiques géométriques des structures minéralisées et de mettre en évidence une phase tectonique compressive à l'origine de la mobilisation des saumures et de la formation des pièges à émeraude. Celle-ci se caractérise par des chevauchements\*, des décollements\* banc sur banc et des plissements qui contrôlent l'infiltration des fluides hydrothermaux et l'altération conséquente des shales noirs. Cet épisode s'accompagne aussi d'injections salifères dans les charnières de plis anticlinaux\* associés aux failles chevauchantes. Bien que les échelles d'observation soient différentes, ce type de tectonique\* de couverture s'intègre parfaitement au style de déformation affectant la Cordillère orientale, notamment celle observée dans les gisements

de sel et les gisements pétrolifères du Llanos et du Bassin moyen de la Magdalena. La datation des minéraux hydrothermaux contemporains de la formation des émeraudes a donné un âge Paléogène\* aux structures tectoniques associées. Cette phase de compression est antérieure à l'âge de la phase tectonique majeure responsable de la surrection de la chaîne andine et des structures qui ont piégé le pétrole, datés du Néogène\*.

Le modèle métallogénique, ainsi que les principaux résultats de cette recherche sur les gisements d'émeraude de Colombie, ont été présentés à Prague en août 1995, à l'occasion du troisième Meeting international organisé par la Société pour la géologie appliquée aux gisements minéraux.

## LA THERMORÉDUCTION DES SULFATES ET LA PRÉCIPITATION DE L'Émeraude

Les gisements d'émeraude sont très riches en pyrite. La mesure du rapport isotopique  $34\text{S}/32\text{S}$  de ces pyrites indique une origine évaporitique pour le soufre. Cet autre résultat majeur démontre que les fluides hydrothermaux d'origine sédimentaire ont lessivé des niveaux d'évaporites ( $\text{CaSO}_4$ , anhydrite) présents dans le bassin sédimentaire. La pyrite a précipité par thermoréduction des sulfates d'origine évaporitique avec interaction de la matière organique contenue dans les shales noirs. Cette réaction d'oxydoréduction réduit les sulfates en hydrogène sulfuré et oxyde la matière orga-

## Origin of Colombian emerald deposits

Colombia is at present the world's biggest producer of emeralds but, to identify suitable sites for further prospecting, a proper understanding was required of the conditions in which these deposits are formed. Emerald, a chromium-bearing form of beryl, is usually found in the neighbourhood of granites (or, more especially, pegmatites), in biotite schists formed by hydrothermal transformation of basic and ultrabasic rocks of the serpentinite type. In these cases, the emerald is formed with beryllium from the pegmatite, chromium from the serpentinite and the common elements Al, Si and O. The Colombian deposits, however, are found in veins of carbonates (calcite, dolomite and pyrite) within sedimentary rocks - black shales dating from the early Cretaceous and rich in organic matter. They also include an exceptionally high proportion of pure, gem-quality emeralds. So where, in this case, did the essential beryllium come from? What processes were at work? Orstom and its Colombian and french partners made an extensive study of local structural geology, isotopic geochemistry and organic geochemistry, and from their findings devel-

oped the following explanation: Tectonic activity during the Palaeogene (i.e. before the main period of mountain-building in the Andes) created conditions of high temperature and pressure in the black shale. Water of sedimentary origin was present, and dissolved evaporites (common salt and anhydrite) that are well supplied in the Eastern Colombian Andes. Under these conditions, a highly aggressive, alkaline brine set up complex chemical (hydrothermal) reactions in the sedimentary rock, causing the above-mentioned carbonates to precipitate out and washing out the beryllium and chromium required for the growth of emerald crystals. The team's task now is to test the validity of this model for the different Colombian deposits and so define geological criteria for prospecting. At the same time, field training is being provided for university and mining company experts. A second strand of the team's work is to study the environmental impact of emerald mining, the main pollution problems being the release of highly acidic waters carrying dissolved pollutants, and greatly increased sediment loads in the rivers.



**Brèche de fracturation hydraulique\* à ciment carbonaté recoupant un shale noir (Mine de Coscuez).**



Cristal prismatique d'émeraude de la mine de Coescuez.

nique en gaz carbonique. Elle produit d'importantes quantités d'hydrogène sulfuré et d'ions hydrogénocarbonates, lesquels, par interaction avec le fer et le calcium contenus dans le fluide hydrothermal, provoquent la précipitation des carbonates (calcite et dolomite) et la pyrite. D'autre part, la matière organique reprécipite sous la forme d'antracite dans les veines. L'émeraude se dépose au cours de cette réaction hydrothermale.

#### LES NIVEAUX D'ÉVAPORITES ET LEUR IMPORTANCE DANS LA GÈNESE DES GISEMENTS D'ÉMERAUDE

Les études réalisées jusqu'à présent montrent l'importance des évaporites (halite ou "sel de cuisine", anhydrite, gypse) dans la genèse des gisements d'émeraude. Une question se pose alors : existe-t-il une preuve de la présence d'évaporites dans la Cordillère orien-

tale ? La carte géologique de cette région donne la réponse. En effet, des mines de sel (halite, anhydrite) sont exploitées à Zipaquirá, Tausa, Nemocon, Sesquilé et Restrepo, des mines de gypse ont fonctionné à Gachalá et Macanal et les sources salées sont innombrables. Le sel ne manque pas !

D'un point de vue géochimique, la dissolution des évaporites par les fluides de bassin de la Cordillère a fourni, pour une température de 300°C et une pres-

sion de 1 kilo bar, une saumure hydrothermale alcaline très agressive. Celle-ci, par interaction avec la matière organique a réagi avec les encaissants sédimentaires et lessivé le béryllium et le chrome indispensables à la formation de l'émeraude.

D'un point de vue géologique, les niveaux évaporitiques ont probablement joué un rôle important dans le développement de la tectonique de couverture mise en évidence dans les gisements.



Exploitation artisanale des sources salées de la Cordillère orientale (source de Mambita) permettant la récupération du sel et sa commercialisation.

Ces niveaux de faible résistance mécanique deviennent, au cours de phases compressives, des plans majeurs de décollement qui permettent le déplacement d'importantes unités sédimentaires. De telles structures sont bien connues dans le Jura et la chaîne alpine où les niveaux de décollement sont les niveaux de gypse triasique.

#### PERSPECTIVES ET PROSPECTIVES

Le projet en cours de développement s'intitule "La genèse des gisements d'émeraude de la Cordillère Orientale de Colombie : aspects structuraux, géochimiques et impacts sur l'environnement". Il a pour but de confirmer et d'appliquer sur les différents gisements de Colombie le modèle de formation présenté ici, afin de pouvoir définir les paramètres géologiques applicables à la prospection dans la Cordillère orientale. Dans ce cadre, une action est entreprise au moyen de stages de terrain et de séminaires pour la formation des personnels techniques de Mineralco et universitaires de l'Universidad nacional de Bogotá.

Ce projet aborde aussi le problème de l'impact sur l'environnement des exploitations minières. En effet, celles-ci pro-

voquent d'une part, le déplacement de gigantesques volumes de terrain (1 million de m<sup>3</sup> par an) dans un environnement de type andin et tropical et d'autre part, ces rejets contiennent des quantités considérables de sulfures (pyrite). Leur oxydation, accentuée par un climat tropical humide, est à l'origine de la génération d'eaux acides riches en espèces dissoutes parfois polluantes. Le but de l'étude sera de caractériser la composition chimique des eaux de drainage des sites miniers et d'estimer l'étendue de la pollution afin de proposer des techniques de stabilisation des résidus. En outre, la caractérisation des structures tectoniques favorables à la minéralisation permettra d'organiser la planification d'extraction et d'éviter la surcharge en sédiments des rios.

Le modèle de genèse des gisements d'émeraude permettra à nos partenaires colombiens, Mineralco et aux différentes sociétés minières, de mettre en œuvre des guides de prospection aux niveaux tactique et stratégique. La découverte de nouveaux gisements dans la Cordillère orientale aurait un réel impact économique et social pour le pays. En effet, à l'image du fameux gisement de Muzo, la découverte provoque dans un premier temps une inévitable ruée humaine désorganisée mais qui, par la

suite, avec l'aide financière des sociétés minières et de l'État, se sédentarise et développe des activités économiques de substitution ■

#### Gaston Giuliani

Orstom, Département "Terre, Océan, Atmosphère", UR "Histoire et structure de la lithosphère", affecté au Centre de recherches pétrographiques et géochimiques du CNRS à Vandœuvre-lès-Nancy

#### Alain Cheilletz

Ecole nationale supérieure de géologie et de prospection minière, CNRS.

#### Félix Rueda

Minerales de Colombia, Bogotá, Colombie.

## La formación de los yacimientos de esmeraldas en Colombia

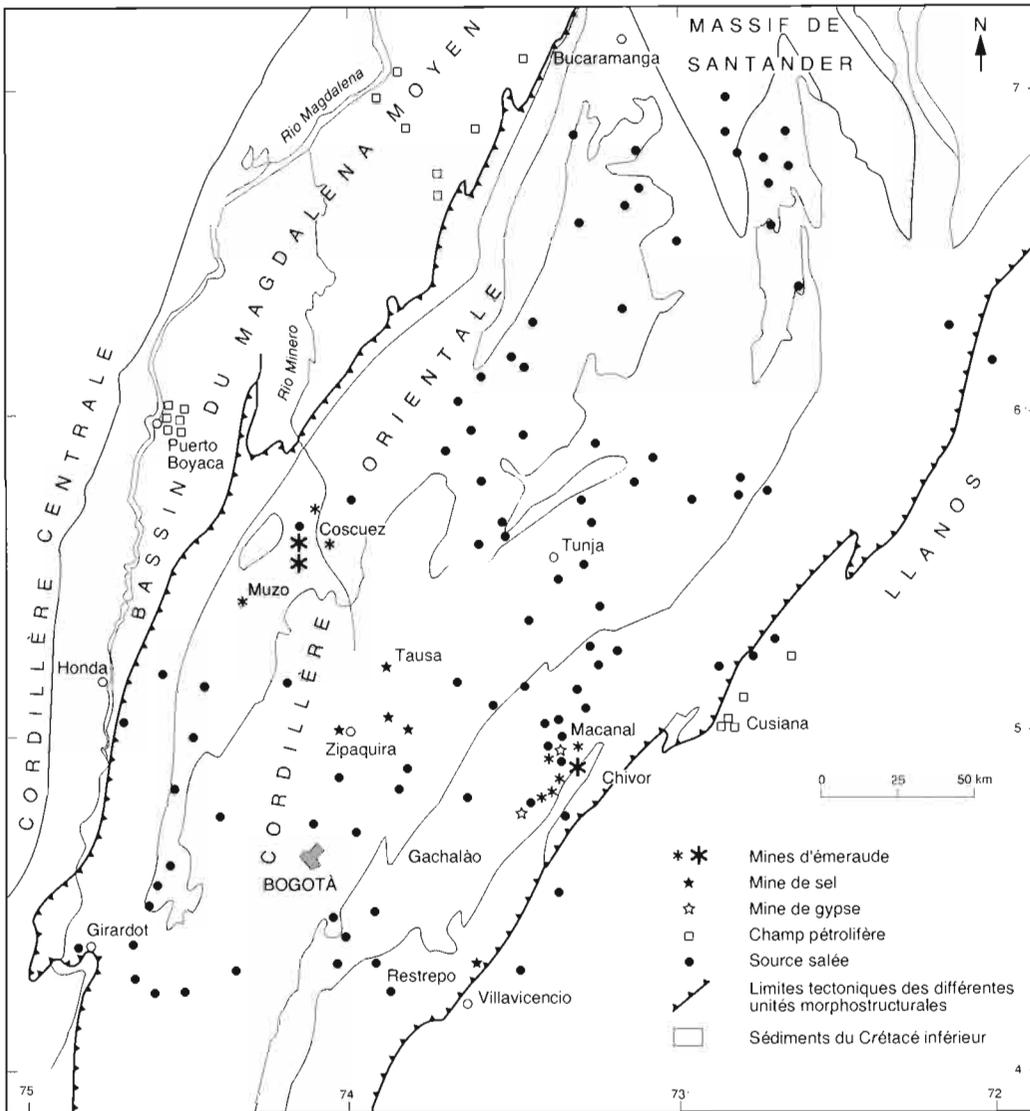
Colombia es hoy en día el principal productor de esmeraldas en el mundo. Sin embargo, para identificar los yacimientos probables, ha sido necesario conocer las condiciones en que se formarán.

Los principales elementos que constituyen la esmeralda son el berilio y el cromo. La esmeralda se encuentra generalmente cerca de granito (pegmatitas), en esquistos de biotita formados por transformación hidrotermal de rocas básicas y ultrabásicas de tipo serpentinita. En estos casos, la esmeralda se forma con el berilio de la pegmatita, el cromo de la serpentinita y los elementos Al, Si y O. No obstante, los yacimientos colombianos se encuentran en vetas de carbonatos (calcita, dolomita y pirita) dentro de esquistos negros de rocas sedimentarias del cretáceo inferior y son ricas en materia orgánica. También contienen una proporción muy alta de esmeraldas puras, de calidad. ¿De dónde vino entonces el berilio esencial? ¿qué procesos se llevaron a cabo? Orstom y sus homólogos colombianos y franceses realizaron un extenso estudio de la geología estructural, de la geoquímica isotópica y de la geoquímica orgánica local. A partir de sus resultados concluyeron lo siguiente :

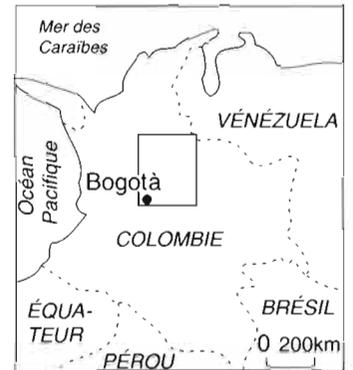
La actividad tectónica durante

el Paleoceno (antes del principal período de la formación de las montañas en los Andes) produjo condiciones de altas temperaturas y presión en los esquistos negros. Agua de cuenca sedimentar circuló y disolvió evaporitas (sal común y anhídrita) que se encuentran en gran cantidad en la Cordillera oriental. Bajo dichas condiciones, una salmuera alcalina muy agresiva desencadenó reacciones químicas complejas (hidrotermales) en la roca sedimentaria, provocando que los carbonatos arriba mencionados se precipite sacando el berilio y el cromo necesarios para la formación de los cristales de esmeralda.

Ahora, la tarea del equipo es probar la validez de este modelo para los diferentes yacimientos en Colombia, para así definir los criterios geológicos por la prospección. Al mismo tiempo, trabajos de campo son realizados por los universitarios y expertos en minas. Otro objetivo del equipo es estudiar el impacto medioambiental de la minería de la esmeralda, ya que el principal problema de contaminación consiste en la liberación de aguas altamente ácidas que llevan solventes contaminantes así como el aumento de cargas sedimentarias en los rios.



Carte de localisation des gisements d'émeraude de la Cordillère orientale de Colombie



Laboratoire de cartographie appliquée

## Pour en savoir plus

**Beus A.A.** (1966) Geochemistry of beryllium. W.H. Freeman Editor, 401p.  
**Cheilletz A., Féraud G., Giuliani G. and Rodriguez C.T.** (1994) Time-pressure-temperature constraints on the formation of Colombian emeralds : a laser-probe and fluid inclusion study. *Economic Geology* 89, 2 : 362-380  
**Cheilletz A., Giuliani G., Zimmermann J.L. and Ribeiro-Althoff A.M.** (1995) Ages, geochemical signatures and origin of Brazilian and Colombian emerald deposits : a magmatic versus sedimentary model., *Mineral deposits*,

**Pasava, Kribek & Zak** (eds), Balkema, Rotterdam : 569-572  
**Dominguez R.**, (1965) Historia de las esmeraldas de Colombia. Graficas Ducal, Bogotá, 297p.  
**Forero H.O.** (1987) Esmeraldas, in *Recursos minerales de Colombia*, Pub. Geol. Esp. Ingeominas, N°1, Tomo 2, Bogotá, 567-605  
**Giuliani G., Rodriguez C.T. et Rueda F.** (1990) Les gisements d'émeraude de la Cordillère orientale de la Colombie : nouvelles données métallogéniques. *Mineralium Deposita*, 25 : 105-111

**Giuliani G., Sheppard S.M.F., Cheilletz A., and Rodriguez C.T.** (1992) Fluid inclusions and  $^{18}O/^{16}O$ ,  $^{13}C/^{12}C$  isotope geochemistry contribution to the genesis of emerald deposits from the Oriental Cordillera of Colombia. *Compte rendus Académie des Sciences, Paris*. Vol. 314, série II : 269-274  
**Giuliani G., Cheilletz A., Arboleda C., Carrillo V., Rueda F., and Baker J.** (1995) An evaporitic origin of the parent brines of Colombian emeralds: fluid inclusion and sulfur isotope evidence. *Eur. Journal of Mineralogy* 7 : 151-165

**Giuliani G., Cheilletz A., Rueda F., Féraud G. and France Lanord C.** (1995) The genesis of Colombian emerald deposits : an unique example of beryllium mineralization developed in a black shale environment, *Mineral deposits*, Pasava, Kribek & Zak (eds), Balkema, Rotterdam : 943-946  
**Ottaway T.L., Wicks F.J., Bryndzia L.T., Kyser T.K. and Spooner E.T.C.** (1994) Formation of the Muzo hydrothermal emerald deposit in Colombia. *Nature* 369 : 552-554  
**Sinkankas J. and Read P.** (1986) *Beryl*, Butterworths Gem Books, USA, 225 p.

Giuliani Gaston, Cheilletz A., Rueda F.

La formation des gisements d'émeraudes de Colombie

ORSTOM Actualités, 1996, (50), p. 17-24. ISSN 0758-833X