

BULLETIN

de

L'A.M.I.S

Numéro 41

La traçabilité des émeraudes

Conférence donnée par Alain Cheilletz
à l'AMIS le 19 Octobre 2002

Les recherches fondamentales sur la traçabilité des gemmes sont actuellement menées dans de nombreux laboratoires à l'aide des techniques d'analyse les plus sophistiquées, quelquefois, hors du champ d'utilisation possible par les laboratoires d'expertise gemmologique. Ces investigations s'appuient généralement sur des banques de données les plus exhaustives possibles et devraient permettre d'affiner les diagnostics d'expertise du point de vue de l'authenticité, des améliorations ou de l'origine des gemmes.

C'est dans le domaine de l'expertise d'émeraude que ces résultats semblent avoir été les plus spectaculaires au cours des dernières années.

La recherche de l'origine géographique des gemmes

Les émeraudes naturelles résultent de l'interaction entre un fluide hydrothermal et une roche. La grande variabilité de ces paramètres fondamentaux dans la nature et les multiples solutions qui résultent de leur combinaison expliquent le grand nombre de gisements d'émeraudes dispersés à travers le monde et la difficulté de leur appliquer une classification simple. Cette diversité est également à l'origine de la variabilité des caractéristiques physiques des pierres (couleur, zonation, inclusions, pureté, brillance, etc..) bien connue des grands amateurs mais extrêmement difficile sinon impossible à relier à une origine précise. Nos recherches lancées voici plus de dix ans ont porté sur la caractérisation simultanée de ces deux paramètres

essentiels, *fluide et roche*, par les méthodes d'analyse les plus modernes, sans oublier les indispensables études de terrain.

La roche percolée par le fluide subit une altération ou transformation, la plupart du temps en micas (phlogopite) qui constitue le berceau de croissance ou écrin naturel de l'émeraude. On retrouve ainsi dans les cristaux des éléments chimiques en traces, tels le Chrome, le Vanadium ou le Fer (chromophores) issus des roches encaissantes. C'est en partant de cette observation déjà ancienne qu'est née l'idée du traçage isotopique des émeraudes, dite méthode de l'oxygène 18 ($\delta^{18}\text{O}$). En effet, l'oxygène constitue 45 % en poids de la structure de l'émeraude et c'est en outre le constituant chimique le plus abondant de la croûte terrestre; il était donc tout désigné pour refléter le plus parfaitement possible la nature des roches encaissant les émeraudes lors de leur croissance. Effectivement, l'étude systématique des différents gîtes dans le monde (Giuliani, France-Lanord, Coget, Schwarz, Cheilietz, Branquet, Giard, Martin-Izard, Alexandrov et Piat, 1998, *Mineralium Deposita*, 33 : 513-519) montra une grande variabilité du paramètre $\delta^{18}\text{O}$ des émeraudes, compris entre + 6,2 et + 24,7 pour mille corrélée aux écarts relevés sur les roches où se forment les différents gisements. L'explication de ce phénomène est relativement simple : l'oxygène incorporé dans l'émeraude a gardé la signature isotopique (ou mémoire) de la roche encaissante; on appelle cela l'effet tampon. Cependant, si cette technique se révèle tout à fait efficace dans le cadre de l'étude de la genèse des gisements, elle apparaît malheureusement limitée dans son application en gemmologie du fait du recouvrement des données $\delta^{18}\text{O}$ entre un certain nombre de gisements. Il convient donc de rester très prudent dans l'application de cette technique en terme de traçabilité, et d'éviter dans ce domaine les déclarations tapageuses en forme de "scoop" (Giuliani et al., 2000 : *Oxygen isotopes and emerald trade route since Antiquity*. *Science*, 287, 631-633). Parallèlement, la technique de l'analyse protonique était pour

la première fois appliquée à la caractérisation du contenu en éléments majeurs et traces des émeraudes (Calligaro et al., 2000 : PIXE-PIGE characterisation of emeralds using an external micro-beam. Nuclear Instruments and Methods en Physics Research B 161-163, 769-774). La banque de données établie à partir de 128 mesures permet la caractérisation de 12 gisements à partir du contenu des émeraudes en Be, Si, Al (éléments majeurs) et Li, F, Na, Mg, Ca, Rb, Cs et métaux de transition (éléments traces). La comparaison de ces références avec les spectres obtenus sur des émeraudes provenant de bijoux Romains et Visogoths permet de leur attribuer une origine soit autrichienne, soit égyptienne. Cette méthode non destructive et permettant de travailler directement sur des objets montés apparaît donc comme un complément important aux investigations gemmologiques classiques.

Le fluide qui constitue le deuxième paramètre du système géochimique peut être piégé à deux endroits distincts de la matrice de l'émeraude : les inclusions fluides et les canaux. Un grand nombre de techniques destructives ou non sont aujourd'hui à notre disposition pour l'étude de ces fluides (spectrométrie de masse, spectrométrie Raman...). Parmi celles-ci, la microscopie infrarouge présente un double avantage : c'est une méthode non destructive et elle possède un grand pouvoir de résolution sur les composés moléculaires comme l'eau et le CO₂, abondants dans les fluides hydrothermaux nourriciers naturels. La méthode d'investigation que nous développons dans les laboratoires de l' Ecole de Géologie à Nancy (LEM-UMR 7569 du CNRS et CRPG-UPR A9046 du CNRS) repose sur la comparaison des données transmises par ces sondes infrarouge entre gemmes inconnues et cristaux appartenant à une banque de données référencée. Les résultats obtenus jusqu'ici permettent une identification absolue, sans recouvrement de 30 gisements provenant de 14 pays dans le monde. En outre, l'utilisation de la microscopie infrarouge permet la discrimination fine des traitements subis par les émeraudes en vue de l'embellissement des pierres.

La vie de la collection

Comme chaque fin d'année, l'événement minéralogique majeur a été la bourse de Munich (31 oct.-2nov. 2002). Celle-ci se classe sans conteste parmi les trois principales bourses mondiales (avec Sainte-Marie-aux-Mines et Tucson). Le nombre d'exposants y dépasse 800, l'organisation y est irréprochable et les expositions thématiques provisoires sont les plus attrayantes après celles de Tucson. C'est cependant une bourse où il est difficile de faire de bonnes affaires : les coûts d'exposition y sont très élevés et seuls les marchands de haut niveau, très au faits des cotes des minéraux, peuvent se permettre d'y participer. De plus, cette manifestation a lieu après celle de Denver (Colorado) qui, malgré une chute de fréquentation dramatique après les événements du 11 septembre, reste le lieu où de nombreuses découvertes sont dévoilées.

La principale découverte de cette année (dévoilée à Denver) a été celle des épidotes du Pakistan (secteur d'Alchuri, région de Shigar, province de Gilgit). L'ouverture d'une "crypte" de grandes dimensions (2x5x3m) a livré des cristaux d'une qualité tout à fait similaire à celle des épidotes classiques du Knappenwand (Autriche). Les plus grands cristaux ont atteint plusieurs décimètres. Malheureusement, l'ouverture de cette crypte, à l'explosif, a détruit plus de 80% des cristaux. L'essentiel des cristaux de bonne qualité, gemmes et transparents pour les moins épais, ne dépassent pas une dizaine de centimètres et les groupes de cristaux (même recollés) sont de grandes raretés. Il a été possible d'acquérir, pour l'AMIS, un cristal presque complet de 16x5x3cm. Loi des séries oblige, il y a eu une autre découverte importante d'épidotes à Capelinha (Minas Gerais, Brésil). Les cristaux de taille plus modeste sont d'assez bonne qualité (moins gemmes que les pakistanais) et quelques groupes esthétiques ont été proposés. Pour en finir avec l'épidote, signalons que l'un des thèmes des expositions de cette année a été la minéralogie des Hohe Tauern (Alpes orientales, Autriche) où l'un des gisements les plus marquants est bien sûr celui des épidotes du Knappenwand !

Les autres découvertes sont plus modestes. Les monts Akjaylau, au Kazakhstan, ont livré des fluorapatites, en primes hexagonaux à terminaison basale, centimétriques (6x4x4 au maximum) de couleur rose saumonée. Cette couleur est, selon certains dires, instable. Le célèbre gisement de lapis lazuli de Sar et Sang a produit des cristaux de scapolites pluricentimétriques (13cm maximum), sous formes de prismes quadratiques à terminaisons pyramidales. Ces cristaux sont de couleur blanchâtre, grisâtre, voir bleuâtre peu attrayante, il sont opaques avec un éclat porcelané à terne. Ils ne peuvent prétendre rivaliser avec les scapolites de Dodoma (Tanzanie) dont notre collection possède une remarquable série. Ce même gisement continue à produire des afghanites et des sodalites exceptionnelles. Des herderites de bonne qualité en cristaux bien formés, marrons pluricentimétriques (10cm maximum) isolés

ont été récoltés à Lavra de Corrego (Linopolis, Minas Gerais, Brésil).

Parmi les gisements, déjà connus pour leur production, on peut signaler ceux du Congo (ex-Zaïre) qui se sont signalés par des carrolites d'une qualité exceptionnelle (certains cristaux atteignent 4cm d'arête) et des malachites fibreuses d'une esthétique étonnante. La production chinoise reste toujours aussi soutenue sans qu'il y ait eu de nouveauté marquante en quantité et qualité. Signalons cependant un lot de calcite stalactiformes en forme de "coupes de champagne" récoltées à proximité de Guilin. Un des rares spécimens de cette trouvaille a été acquis (AMIS).

En marge de ces faits marquants "visibles", il faudrait ajouter toutes les découvertes beaucoup plus confidentielles dont il est impossible de faire le détail car elles ne sont souvent dévoilées qu'à des acheteurs potentiels sélectionnés. Parmi elles, il m'a été possible de voir une hambergite gemme du Népal, une enstatite de Kilosa, Tanzanie (acquisition AMIS), plusieurs macles de La Gardette en améthyste de Daye (Chine) (une pièce a été acquise par l'AMIS ainsi qu'une autre macle en X en quartz blanc), une fluorine rose-rouge du Mont Blanc de la meilleure qualité et de grande taille (cristal de 8cm d'arête).

La remarquable exposition sur les Hohe Tauern a permis de se remémorer la minéralogie de cette région et de voir des échantillons "classiques" mais encore compétitifs comme les épidotes (Knappenwand), les adulaires (Unterschutzbachtal), les brookites (Frossnitz, etc.), les titanites (Anertal, Felbertal, etc.) et les milarites (Ahrntal). On pouvait aussi y voir des espèces plus confidentielles (raretés ou minéraux de classe inférieure) : datolites, schéelites, phénacites, apatites, bavénites, bornites, tétradymite, kainosite-Y, etc. À cette exposition s'ajoutait celle sur une découverte de minéraux pegmatitiques effectuée par le Musée de Milan dans le parc régional du massif d'Adamello en Italie, et ce avec l'accord de l'administration du parc ! Enfin, deux collectionneurs américains ont décliné les différents mois de l'année à l'aide de minéraux de très haute qualité (des gemmes surtout) et de commentaires et digressions poétiques que je ne commenterai pas.

À la suite de Munich, j'ai participé à la bourse de Lyon, qui est toujours aussi attrayante et qui réserve de façon régulière des surprises de haut niveau, j'y ai acquis (AMIS) un groupe de quatre cristaux de topaze sur gangue du Pakistan (il n'y avait dans la collection de Jussieu que des cristaux isolés). Comme chaque année, l'organisateur de la bourse du Sofitel (1^{er} week-end de décembre), M Roger Pelloux, a mis gracieusement à la disposition de l'AMIS, un stand, qu'il en soit vivement remercié ici. Il est inutile de faire ici l'éloge de cette manifestation qui compte parmi les meilleures en France et qui est le rendez-vous de fin d'année incontournable des minéralogistes français.

Le début de l'année 2003 a été marquée par la bourse de Tucson qui contre vents et marées continue à être la plus importante du monde. Les problèmes

ont été récoltés à Lavra de Corrego (Linopolis, Minas Gerais, Brésil).

Parmi les gisements, déjà connus pour leur production, on peut signaler ceux du Congo (ex-Zaïre) qui se sont signalés par des carrolites d'une qualité exceptionnelle (certains cristaux atteignent 4cm d'arête) et des malachites fibreuses d'une esthétique étonnante. La production chinoise reste toujours aussi soutenue sans qu'il y ait eu de nouveauté marquante en quantité et qualité. Signalons cependant un lot de calcite stalactiformes en forme de "coupes de champagne" récoltées à proximité de Guilin. Un des rares spécimens de cette trouvaille a été acquis (AMIS).

En marge de ces faits marquants "visibles", il faudrait ajouter toutes les découvertes beaucoup plus confidentielles dont il est impossible de faire le détail car elles ne sont souvent dévoilées qu'à des acheteurs potentiels sélectionnés. Parmi elles, il m'a été possible de voir une hambergite gemme du Népal, une enstatite de Kilosa, Tanzanie (acquisition AMIS), plusieurs macles de La Gardette en améthyste de Daye (Chine) (une pièce a été acquise par l'AMIS ainsi qu'une autre macle en X en quartz blanc), une fluorine rose-rouge du Mont Blanc de la meilleure qualité et de grande taille (cristal de 8cm d'arête).

La remarquable exposition sur les Hohe Tauern a permis de se remémorer la minéralogie de cette région et de voir des échantillons "classiques" mais encore compétitifs comme les épidotes (Knappenwand), les adulaires (Unterschutzbachtal), les brookites (Frossnitz, etc.), les titanites (Anertal, Felbertal, etc.) et les milarites (Ahrntal). On pouvait aussi y voir des espèces plus confidentielles (raretés ou minéraux de classe inférieure) : datolites, schéelites, phénacites, apatites, bavénites, bornites, tétradymite, kainosite-Y, etc. À cette exposition s'ajoutait celle sur une découverte de minéraux pegmatitiques effectuée par le Musée de Milan dans le parc régional du massif d'Adamello en Italie, et ce avec l'accord de l'administration du parc ! Enfin, deux collectionneurs américains ont décliné les différents mois de l'année à l'aide de minéraux de très haute qualité (des gemmes surtout) et de commentaires et digressions poétiques que je ne commenterai pas.

À la suite de Munich, j'ai participé à la bourse de Lyon, qui est toujours aussi attrayante et qui réserve de façon régulière des surprises de haut niveau, j'y ai acquis (AMIS) un groupe de quatre cristaux de topaze sur gangue du Pakistan (il n'y avait dans la collection de Jussieu que des cristaux isolés). Comme chaque année, l'organisateur de la bourse du Sofitel (1^{er} week-end de décembre), M Roger Pelloux, a mis gracieusement à la disposition de l'AMIS, un stand, qu'il en soit vivement remercié ici. Il est inutile de faire ici l'éloge de cette manifestation qui compte parmi les meilleures en France et qui est le rendez-vous de fin d'année incontournable des minéralogistes français.

Le début de l'année 2003 a été marquée par la bourse de Tucson qui contre vents et marées continue à être la plus importante du monde. Les problèmes

économiques liés à la chute du marché boursier ont conduit à une certaine morosité. Plusieurs collectionneurs ont revu à la baisse leur volume d'achat ou bien ont abandonné la collection. Les "high numbers" (minéraux dont le prix dépasse 100K\$ et avoisine parfois le million de dollars) ont vu leur prix chuter. Telle tourmaline d'Itatiaia, issue d'une collection française, et vendue 300K\$ il y a peu, ne trouverait preneur aujourd'hui qu'à la moitié de ce prix. Cette décote n'affecte cependant pas les autres spécimens de haut niveau (dont le prix est en dessous de la barre "psychologique" des 100K\$). Il y a même une sorte d'effet inverse : comme les minéraux de très haut prix se vendent moins rapidement, il est possible de les voir sur les stands et de les comparer aux spécimens équivalents plus modestes qui voient leur prix ainsi conforter (un spécimen à 10K\$ paraît "bon marché" quand l'échantillon quatre fois plus grand vaut 15 fois plus cher). On le comprendra, malgré les allégations de certaines Cassandres, la bourse de Tucson a encore de beaux jours devant elle.

Plusieurs nouveautés ont émaillé le cru de cette année. La plus surprenante a, sans conteste, été celle de béryls goshénite rouge-framboise d'Ambatovita (Madagascar). Leur couleur, très inhabituelle, est d'une qualité moindre que celle des béryls rouges de l'Utah. Par contre elles sont plus transparentes et leur caractéristiques anormales (indice de réfraction pouvant atteindre 1,625 avec une densité de 3,2) en ont fait des pierres très appréciées par les gemmologues. Les cristaux aplatis de contour hexagonal sont tout à fait typique des goshénites, leur dimension dépasse rarement 4cm. La collection a acquis deux cristaux (2 et 3cm, dons Minerama et Tropic Stone). L'autre découverte marquante a été celle de mimétites de la région de Guilin (Chine). Les cristaux jaune-orangé, orangé à caramel, centimétriques au mieux, ont des formes variés qui évoquent celles de vanadinites de Mibladen. Plus confidentielles, certaines pentagonites (ce minéral est un dimorphe de la cavansite) d'Inde se sont singularisées par des dimensions impressionnantes (cristaux prismatiques fins de 4 à 5 cm en touffes). Enfin pour en finir (provisoirement) avec la loi des séries déjà évoquée, il y a eu peu avant Tucson, une découverte importante d'épidotes issues d'une localité non spécifiée à proximité de la frontière nord du Kenya ! Les cristaux souvent en groupe s'apparentent par leur éclat, transparence et couleur aux épidotes d'Alaska. Leur faciès est cependant plus allongé.

Le Pakistan a produit un nombre important de topazes brunes de grandes dimensions (décimétriques) mais de qualité contestable. L'Afghanistan a connu plusieurs découvertes de minéraux maintenant classiques mais de dimensions et/ou de qualité inhabituelle : pollucites géantes (15 à 20cm), tourmalines roses de grande qualité, afghanites géantes (la plus grosse, 10x5x5cm a été acquise par l'AMIS), bastnaésites géantes (8cm maximum), etc. Il était aussi possible d'admirer le plus grand cristal (60cm !) intact d'épidote sauvé de la trouvaille de l'an dernier.

La Chine a fourni un grand nombre de minéraux intéressants (outre les mimétites). Il a été possible d'acquérir pour l'AMIS, une très belle stibine en bouquet de cristaux fins très brillants (20x15x15cm) de Wuling (Jiangxi) et une kermesite (12x10x8cm) très esthétique en gerbe inversée qui compte parmi les meilleurs spécimens de la découverte, assez confidentielle, effectuée l'an dernier. Ces kermésites rivalisent sans conteste avec les échantillons classiques de Kwe Kwe (Zimbabwe) dont la collection possède un spécimen assez remarquable.

La Russie, le Brésil, le Mexique, le Pérou ainsi que d'autres grands pays producteurs de minéraux de haut niveau maintiennent un taux soutenu d'approvisionnement mais ne se sont pas particulièrement distingués par des découvertes nouvelles. Il faudrait cependant faire une remarque pour les tourmalines de Pederneira (Brésil) qui ont une grande qualité esthétique mais qui sont parfois contestées pour leurs restaurations poussées. Il a été possible d'acquérir (AMIS) une très belle scapolite gemme (5X4x4cm) de Tanzanie ainsi qu'une ancienne tennantite (10x8x6cm) de Tsumeb recouverte de malachite et de dolomite où le plus grand cristal (incomplet) montre une arête de 7cm. Ce minéral pourtant classique est très peu représenté dans les collections françaises.

Ajoutons enfin que Tucson est un haut lieu pour les systématiciens. Parmi les très nombreuses espèces proposées, signalons les lorandites de la mine Mercure (Utah) qui ont longtemps été confondues avec des réalgars (les plus grands cristaux avoisinent 3x3x3cm) et les "pandaïtes" (kerstérites ?) centimétriques bien cristallisées de Yao Guan Xian, trouvées en petit nombre l'an dernier.

L'exposition temporaire avait pour thème cette année, les minéraux des Andes. Comme il arrive assez souvent à Tucson, peu d'exposants ont joué le jeu : les minéraux andins exposés ont été pour l'ensemble décevants, très en dessous de ce que l'on était en droit d'espérer. Les meilleures vitrines ont été celles présentant une sélection de minéraux chinois issus d'une collection célèbre ou mis à la vente par des marchands de haut niveau. Elles ont mis en relief à quel point ce pays a révolutionné, pour de nombreuses espèces minérales, les critères d'appréciation jusque là bien admis.

Jean-Claude Boulliard

A.M.I.S

**Association des Amis
de la Collection de Minéraux de la Sorbonne.**

Tour 25 - Rez de chaussée

**4, place Jussieu
75252 PARIS Cedex 05**