

centaines de gemmes gravées que l'on a retrouvées dans la région de la mer Noire, seules deux sont des émeraudes.

Jusqu'au XIII^e siècle, les émeraudes égyptiennes alimentent l'Europe, le Proche-Orient et l'Inde. Puis les mines d'Égypte s'épuisent et les pillages des anciens tombeaux de la région d'Alexandrie constituent un nouveau type de gisement ! En Europe, cette pénurie conduit les orfèvres à réemployer des émeraudes antiques. L'emplacement des mines d'Égypte est peu à peu oublié : l'explorateur français Frédéric Caillaud les redécouvre en 1816, en Haute Égypte, sur la mer Rouge. Au XIX^e et XX^e siècles, on envisage de les réexploiter, mais elles ne sont pas rentables.

L'énigme du gisement autrichien

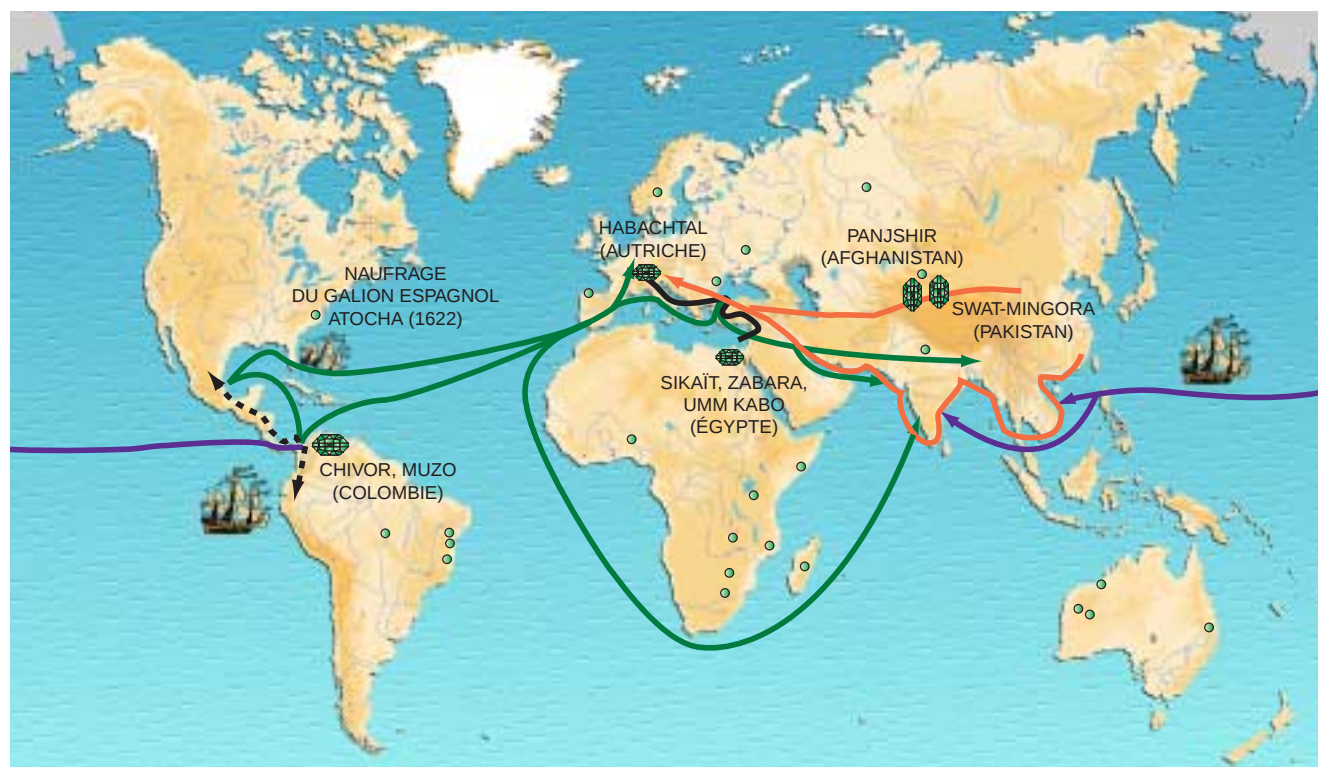
Les orfèvres du Moyen Âge ne connaissent-ils pas le gisement d'Habachtal ? On a parfois affirmé, sans aucune preuve, que les Romains le connaissent déjà. La seule émeraude fixée sur un bijou romain (une boucle

d'oreille) et retrouvée en Autriche, de surcroît dans la région d'Habachtal, est vraisemblablement égyptienne, d'après les restes de la roche mère dans laquelle elle a cristallisé (voir l'encadré des pages 62 et 63). L'archevêque de Salzbourg aurait exploité la mine au Moyen Âge. Cependant, le premier document qui la mentionne (une lettre de la veuve de l'archiduc Ferdinand Charles d'Autriche à son frère), ne daterait que de 1622 et le deuxième (une chronique minière) de 1727.

L'analyse de l'émeraude dite de la Sainte Couronne, conservée au Muséum national d'histoire naturelle (voir la figure 2), apporte un nouvel éclairage au débat. Les résultats sont compatibles avec trois provenances : l'Autriche, le Brésil et le Zimbabwe. Ces deux dernières sont exclues du fait de la découverte des gisements au XX^e siècle, postérieurement à la datation présumée de l'usage de la gemme. Celle-ci aurait orné le centre du lys frontal de la Sainte Couronne (voir la figure 2), datée du XII^e ou du XIII^e siècle. Cette pierre, exceptionnelle par sa taille (elle mesure 3 centimètres de longueur

et 2,4 centimètres de large) et par son poids (51,6 carats), a échappé aux ventes révolutionnaires. Sa provenance autrichienne bouleverse les données historiques, puisqu'elle prouverait l'existence d'une exploitation dès le Moyen Âge. De plus, son polissage, d'une qualité exceptionnelle, semble avoir été réalisé selon des techniques romaines employées du II^e au IV^e siècle : il laisse entrevoir une antériorité de son ramassage.

Avant que les conquistadores espagnols arrivent en Colombie, au XVI^e siècle, les autochtones exploitaient déjà les gisements d'émeraudes depuis au moins six siècles, comme l'attestent leurs bijoux. D'après leurs légendes, ils les auraient même découverts avant notre ère. Les Espagnols font le commerce des émeraudes qu'ils vont chercher chez les Incas, les Mayas, les Toltèques et les Aztèques (en Équateur, au Pérou et en Amérique centrale). Ils pillent les trésors des souverains locaux. Notamment, l'Espagnol Gonzalo Jimenez de Quesada en aurait rapporté près de 7 000 de son expédition en Colombie, en



3. LA ROUTE COMMERCIALE DES ÉMERAUDES : avant le XVIII^e siècle, seuls cinq gisements ont été exploités à des époques diverses (représentés par des cristaux verts). La route de la soie (en rouge) a longtemps été utilisée pour commercialiser les émeraudes d'Orient vers l'Europe. Les Grecs et les Romains ont rapporté les émeraudes égyptiennes en Europe, à partir du III^e siècle avant notre ère (en suivant la route en noir). Avant l'arrivée des conquistadores en Amérique du Sud, les autochtones y effectuaient déjà le

commerce des émeraudes entre le Pérou, l'Équateur et l'Amérique centrale (le long du trajet en pointillés noirs). Puis, les Espagnols en ont rapportées des milliers en Europe, d'où elles repartaient à bord des galions portugais vers les comptoirs indiens de Goa et de Diu (routes en vert). À partir de 1571, les Espagnols sont directement allés en Inde, en partant de Colombie (route maritime en violet). Depuis, de nombreux autres gisements ont été découverts dans le monde entier (points verts).

La formation des émeraudes

L'émeraude est la variété verte du beryl, un minéral constitué de silicium, d'oxygène, de béryllium et d'aluminium (de formule chimique $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$), qui cristallise dans le système hexagonal. Sa couleur verte est due à d'infimes quantités de chrome, et parfois de vanadium, qui remplacent des atomes d'aluminium. Les autres variétés de beryl colorées contiennent des substituants différents : la couleur bleu-vert de l'aigue-marine est due à la présence de fer, et celle de la bixbite, rouge, résulte de la présence de manganèse et de césium dans le réseau cristallin.

L'émeraude est un minéral rare, car le chrome (et le vanadium) et le béryllium ont des comportements géochimiques opposés : le chrome se concentre dans les roches issues du manteau (l'enveloppe de la Terre située sous la croûte continentale ou océanique), tandis que le béryllium a une affinité pour la croûte continentale et se concentre dans les magmas granitiques. La formation d'une émeraude résulte d'un concours de circonstances exceptionnelles qui réunit le chrome (et le vanadium) et le béryllium dans un même lieu. On distingue quatre types de gisements d'émeraudes.

Les gisements de type granitique (voir la figure), tel le gisement de Carnaíba, au Brésil (voir l'encart a), résultent de la rencontre entre une serpentinite, issue de la transformation d'une roche du manteau pauvre en silice (basique), mais riche en magnésium, en fer, en chrome et en vanadium, et un magma granitique riche en silice (acide) et en alumine. En remontant vers la surface terrestre, le magma fissure les roches basiques, notamment la serpentinite, et y injecte des filons de pegmatite : à mesure que le magma refroidit, ses divers constituants se solidifient les uns après les autres, formant une série de roches magmatiques. La pegmatite est «au bout» de cette chaîne : ses constituants (du quartz, du feldspath et du mica, dont les cristaux atteignent parfois des tailles de l'ordre du mètre) sont les derniers à se solidifier. Le refroidissement du magma libère un fluide hydrothermal constitué d'eau, de dioxyde de carbone et de sels, dont la température est comprise entre 400 et 600 °C. Ce fluide cir-

cule le long des zones de contact entre les filons de pegmatite et la serpentinite, dont il solubilise la plupart des constituants (notamment le béryllium de la pegmatite, et le chrome et le vanadium de la serpentinite). Il transforme ces roches respectivement en plagioclase (constituée de feldspath blanc riche en sodium) et en phlogopite (un schiste, c'est-à-dire une roche à structure feuilletée, contenant de la phlogopite : un mica magnésien de couleur marron). Ainsi, le chrome provenant de la dissolution de la chromite contenue dans la serpentinite, et le béryllium de la pegmatite, sont concentrés dans la phlogopite et dans la plagioclase, où les émeraudes cristallisent.

Au cours de leur croissance, ces émeraudes englobent des minéraux de leur matrice, notamment de la phlogopite, dans des cavités intracristallines : ces inclusions solides leur font perdre de leur transparence. Des petites gouttes de fluide hydrothermal sont également piégées dans les émeraudes, sous forme d'inclusions fluides.

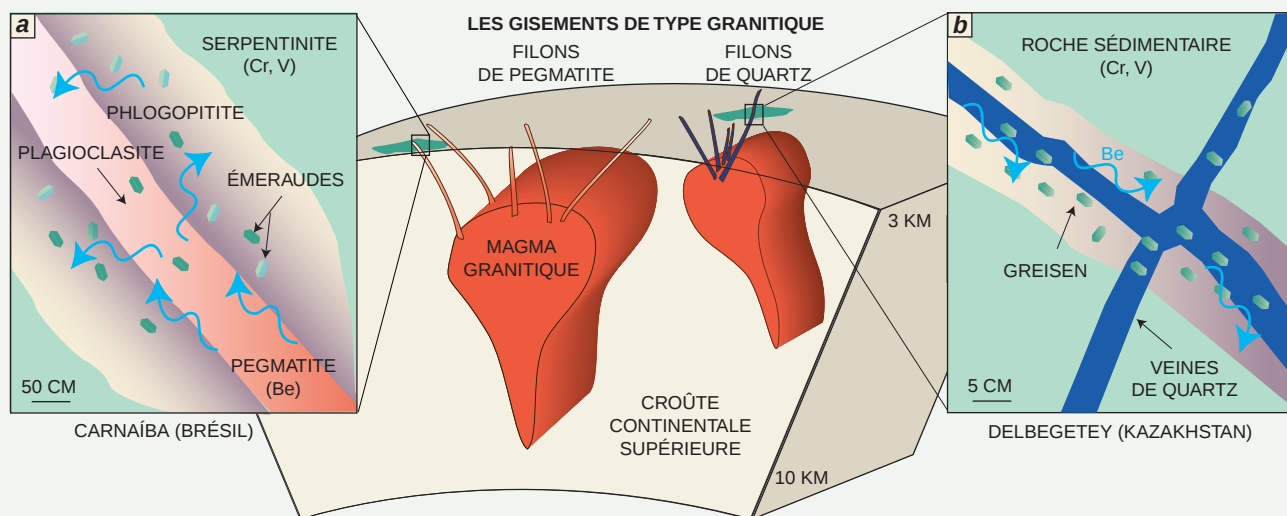
Les gisements de type granitique sont les plus courants. On en trouve notamment au Brésil, en Zambie, au Zimbabwe, en Australie et en Russie. Le gisement de Delbegetey, au Kazakhstan (voir l'encart b), est une variante du type précédent, car l'émeraude est contenue dans des filons de quartz et des greisens (des

roches constituées de quartz et de muscovite, un mica blanc) issus du magma granitique, qui a fissuré une roche sédimentaire. Le béryllium est apporté par les fluides hydrothermaux issus du granite, et le chrome probablement par les roches sédimentaires.

Les gisements associés à des accidents tectoniques profonds, tel le gisement de Santa Terezinha de Goiás, au Brésil (voir l'encart c), sont situés sur des zones de failles profondes et de cisaillements dans la croûte continentale. Ces accidents tectoniques permettent la remontée, dans les parties plus superficielles de la croûte, de fluides métamorphiques (qui circulent dans les parties inférieures de la croûte). Ces fluides, entre 400 et 600°C, sont constitués de gaz carbonique, d'eau et d'éléments légers, notamment de béryllium. Au cours de leur remontée vers la surface, ils circulent à travers des roches basiques, notamment des schistes à talc, qu'ils transforment, là aussi, en phlo-

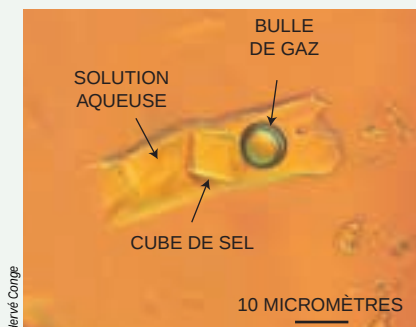


Émeraudes trapèzes de la mine de Coscuez, en Colombie, cristallisées dans une matrice de schiste noir (d'environ quatre centimètres de diamètre).



Dans les différents types de gisements, les roches «mères» contenant du chrome (en vert) sont transformées en roches «filles» (en violet) par le fluide hydrothermal qui y circule (flèches bleues). Celui-

ci s'est enrichi en béryllium (Be), qu'il a solubilisé en traversant la pegmatite (a) ou des roches plus profondes (non représentées), en chrome (Cr) provenant de la dissolution de la chromite contenue



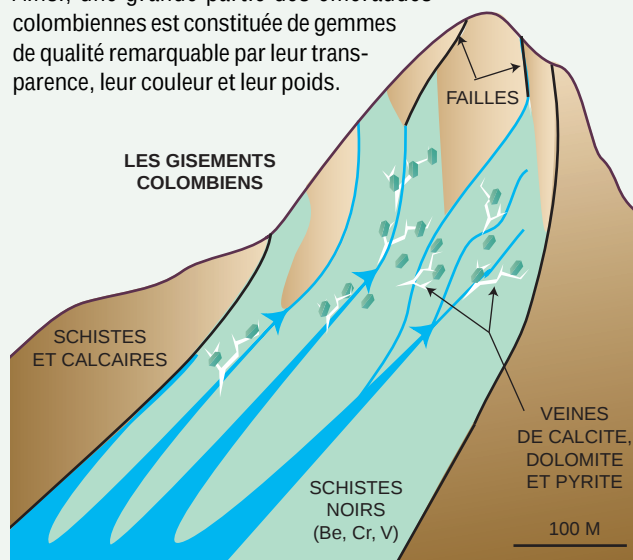
Les inclusions triphasées (cube de sel, solution aqueuse, gaz) sont caractéristiques des émeraudes colombiennes.

quartz associées soit à de la phlogopite, soit à des assemblages de dolomite et de quartz (voir l'encart d).

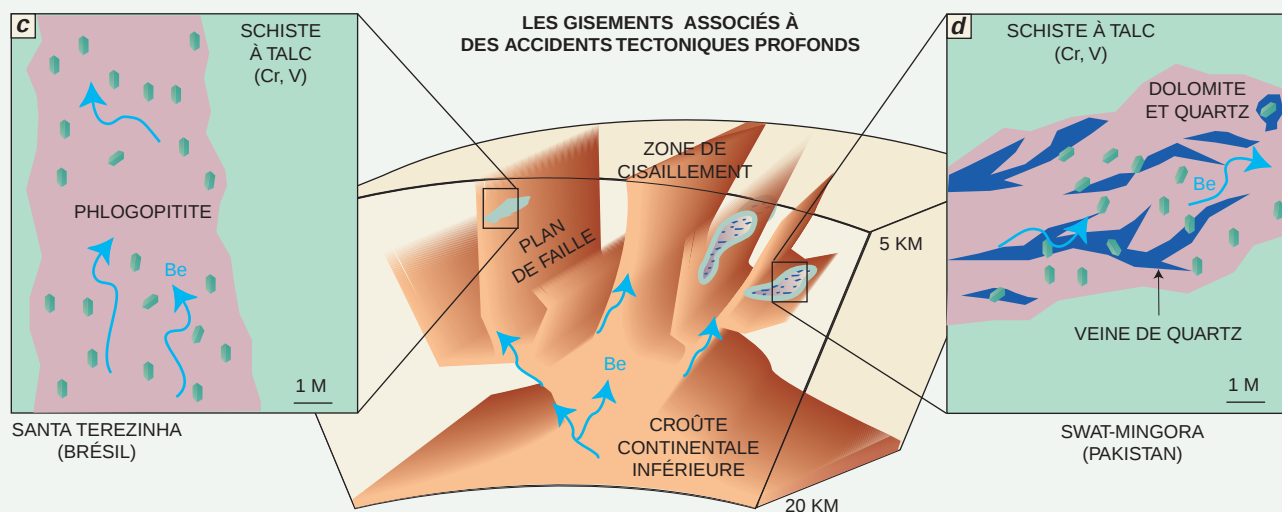
Les gisements issus du métamorphisme régional, tel celui d'Habachtal, en Autriche, résultent de la transformation chimique des roches à l'état solide (à cause d'une élévation de température et de pression liée à leur enfouissement dans la croûte terrestre) et des déformations tectoniques qu'elles subissent. Les émeraudes cristallisent dans des phlogopitites qui se sont formées au contact de roches basiques (les serpentinites) et de roches volcaniques acides (les schistes à muscovite et grenat). Ces dernières sont enrichies respectivement en chrome (et en vanadium) et en béryllium, nécessaires à la formation des émeraudes. Ces éléments ont été solubilisés par des fluides entre 500 et 550°C, composés d'eau et de gaz carbonique. Les gisements de Sikait et de Zabara, en Égypte, de Poona, en Australie, et de Gravelotte, en Afrique du Sud, appartiennent à ce type particulier de gisement.

Dans les gisements colombiens, les roches porteuses du béryllium et du chrome sont des roches sédimentaires. Ces éléments, issus du démantèlement de roches de surface, dont certaines contenaient du chrome et d'autres du béryllium, se sont déposés dans les sédiments du bassin de la cordillère orientale, les schistes noirs à grain très fin, principalement constitués d'argile et riches en matières carbonées. Les épisodes de déformation du bassin ont

entraîné l'apparition de failles dans les schistes noirs, où les eaux superficielles se sont infiltrées et se sont mélangées aux eaux présentes dans le fond du bassin. Ces fluides à 300 °C, saturés en sel, ont dissous le chrome, le vanadium et le béryllium des schistes noirs. Grâce à la réunion de ces éléments, des émeraudes ont cristallisé dans des petites cavités nommées géodes, à l'intérieur de veines de calcite, de pyrite et de dolomite emplissant les failles. Les cristaux sont bien formés. Ils n'ont pas englobé la matrice de la roche mère, de sorte que les inclusions solides sont quasiment absentes : les émeraudes colombiennes sont limpides. Cependant, elles contiennent des «jardins», formés par des inclusions fluides, où coexistent un cube de sel, une phase vapeur, composée d'azote et de gaz carbonique, et une solution aqueuse. Ainsi, une grande partie des émeraudes colombiennes est constituée de gemmes de qualité remarquable par leur transparence, leur couleur et leur poids.



Coupe géologique du gisement colombien de Coscuez, qui s'est formé il y a 38 millions d'années. À cette époque, cinq kilomètres de sédiments le recouvraient. Des fluides salés, qui circulaient dans les failles du bassin sédimentaire ont solubilisé le béryllium (Be), le chrome (Cr) et le vanadium (V) des schistes noirs. Ces éléments ont permis la cristallisation des émeraudes dans les veines de calcite, de dolomite et de pyrite, qui se sont formées aux extrémités des failles.



dans des roches basiques (serpentinite, schistes à talc) et en vanadium (V). L'émeraude cristallise dans les roches «filles» où ces deux éléments sont réunis : généralement des phlogopitites (c),

mais aussi parfois des veines de quartz ou des assemblages de quartz et de dolomite (d) et de quartz et de micas blancs, les greisens (b).