

Conférence

Laboratoire Français de Gemmologie

16 mai 2018

L'émeraude colombienne d'hier et d'aujourd'hui



Giuliani Gaston
GET/IRD
et CRPG/CNRS



C R P G

**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**

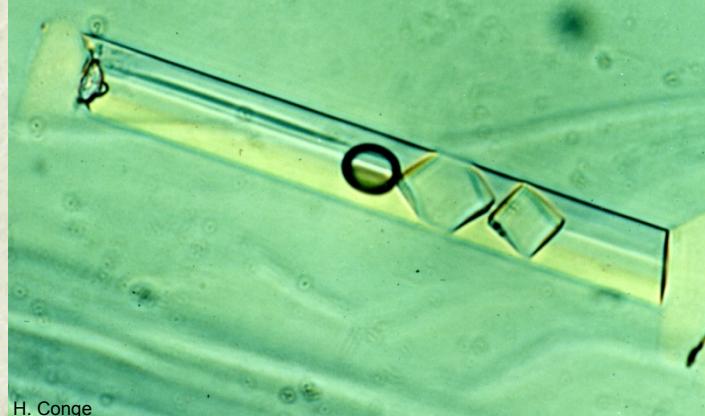
CNRS



(Extra Lapis, 2002)



(Extra Lapis, 2002)



H. Conge

Colombian emerald deposits

Plan de la conférence



- 1 – L'émeraude : définition, paradoxes et mode de formation
- 2 – La particularité géologique des gisements colombiens
- 3 – L'émeraude colombienne d'hier et d'aujourd'hui
- 4 – Conclusions



H. Conge



L.-D. Bayle



G. Giuliani

Gisements d'émeraude brésiliens et zambiens

1



1 - L'émeraude : définition, paradoxes et mode de formation



(Extra Lapis, 2002)

Qu'est-ce qu'une émeraude ?

Un minéral, un silicate, une variété du beryl



(Extra Lapis, 2002)

Quelle sera la formule chimique d'une émeraude ?



Le premier paradoxe de l'émeraude : la source des éléments?

GROUPE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PÉRIODE	Hydrogène																Hélium	
1	1 H																	
2	Lithium 3 Li	Borium 4 Be																
3	Sodium 11 Na	Magnésium 12 Mg																
4	Potassium 19 K	Calcium 20 Ca	Scandium 21 Sc	Titanium 22 Ti	Vanadium 23	Chromium 24 Cr	Manganèse 25 Mn	Fer 26 Fe	Cobalt 27 Co	Nickel 28 Ni	Cuivre 29 Cu	Zinc 30 Zn	Gallium 31 Ga	Germanium 32 Ge	Arsenic 33 As	Sélénium 34 Se	Brome 35 Br	Krypton 36 Kr
5	Rubidium 37 Rb	Strontium 38 Sr	Yttrium 39 Y	Zirconium 40 Zr	Nobium 41 Nb	Molybdène 42 Mo	Technétium 43 Tc	Ruthénium 44 Ru	Rhodium 45 Rh	Palladium 46 Pd	Argent 47 Ag	Cadmium 48 Cd	Indium 49 In	Étain 50 Sn	Antimoine 51 Sb	Tellure 52 Te	Iode 53 I	Xénon 54 Xe
6	Césium 55 Cs	Baryum 56 Ba		Hafnium 72 Hf	Tantale 73 Ta	Tungstène 74 W	Rhéinium 75 Re	Osmium 76 Os	Iridium 77 Ir	Platine 78 Pt	Or 79 Au	Mercure 80 Hg	Thallium 81 Tl	Plomb 82 Pb	Bismuth 83 Bi	Polonium 84 Po	Astate 85 At	Radon 86 Rn
7	Francium 87 Fr	Radium 88 Ra		Rutherfordium 104 Rf	Dubnium 105 Db	Seaborgium 106 Sg	Bohrium 107 Bh	Hassium 108 Hs	Méitnerium 109 Mt	Darmstadtium 110 Ds	Roentgenium 111 Rg	Copernicium 112 Cn	Ununtrium 113 Uut	Ununquadium 114 Uuq	Ununpentium 115 Uup	Ununhexium 116 Uuh	Ununseptium 117 Uus	Ununoctium 118 Uuo
				Lanthane 57 La	Cérium 58 Ce	Praséodyme 59 Pr	Néodyme 60 Nd	Prométhium 61 Pm	Samarium 62 Sm	Euroeuropium 63 Eu	Gadolinium 64 Gd	Terbium 65 Tb	Dysprosium 66 Dy	Holmium 67 Ho	Erbium 68 Er	Thulium 69 Tm	Ytterbium 70 Yb	Lutécium 71 Lu
				Actinium 89 Ac	Thorium 90 Th	Protactinium 91 Pa	Uranium 92 U	Neptunium 93 Np	Plutonium 94 Pu	Américium 95 Am	Curium 96 Cm	Berkélium 97 Bk	Californium 98 Cf	Einsteinium 99 Es	Fermium 100 Fm	Mendéléïum 101 Md	Nobélium 102 No	Lawrencium 103 Lr

tableau-periodique.fr → lithophile

sidérophile à HT

Légende:									
Non-métaux	Métaux alcalins	Métaux alcalino-terreux	Métaux de transition						
Métaux pauvres	Métalloïdes	Halogènes							
Gaz nobles	Lanthanides	Actinides							

Be vs. Cr-V

La croûte continentale et ses granites : source du Be

Lithosphère continentale

C.C.

Manteau (attaché à C.C. ou C.O.)

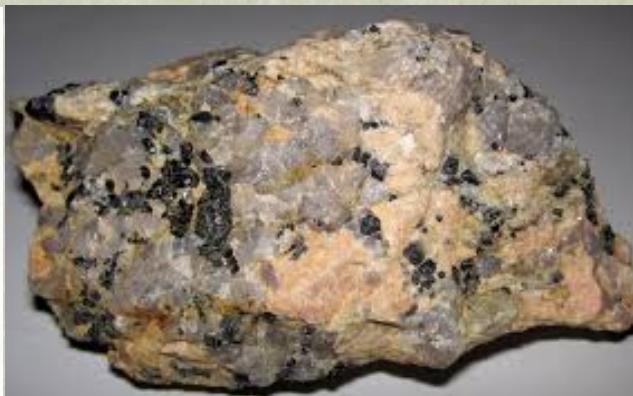
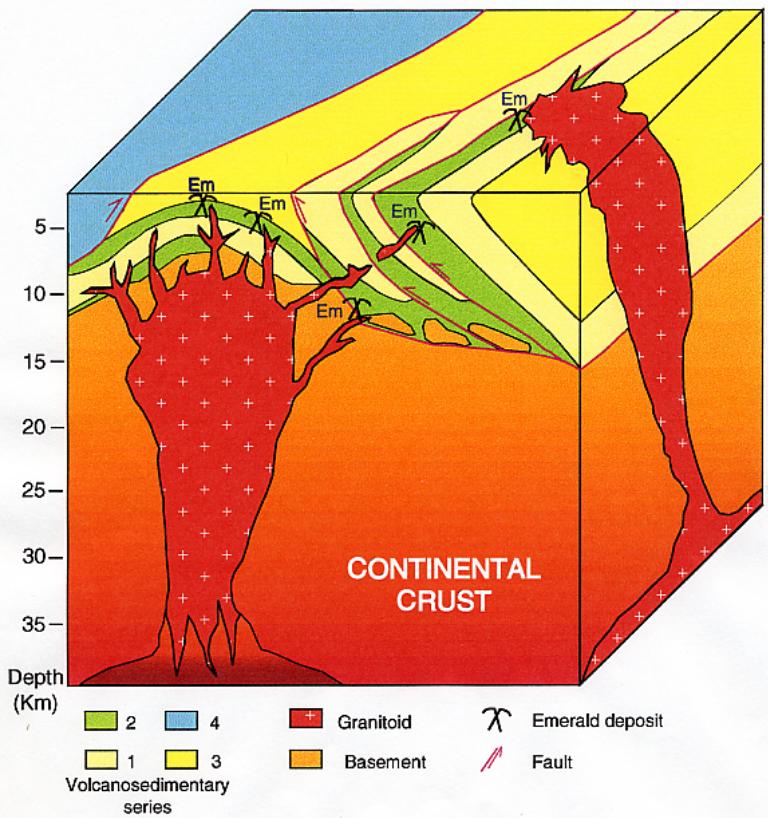
C.O.

Moho

Asthénosphère

Lithosphère océanique

Granites et pegmatites



Be

CRYSTAL



granites et pegmatites crustaux

Gisements de beryl

Be métal (industries spatiales et militaires, alliages,...)

Croûte continentale = 2.1 ppm (ppm = 1mg/kg)

Granites à deux micas = 5 à 10 ppm

Granites spécialisés > 200 ppm

La croûte océanique et ses roches : source du V et Cr

Lithosphère continentale

C. C.

Manteau (attaché à C.C. ou C.O.)

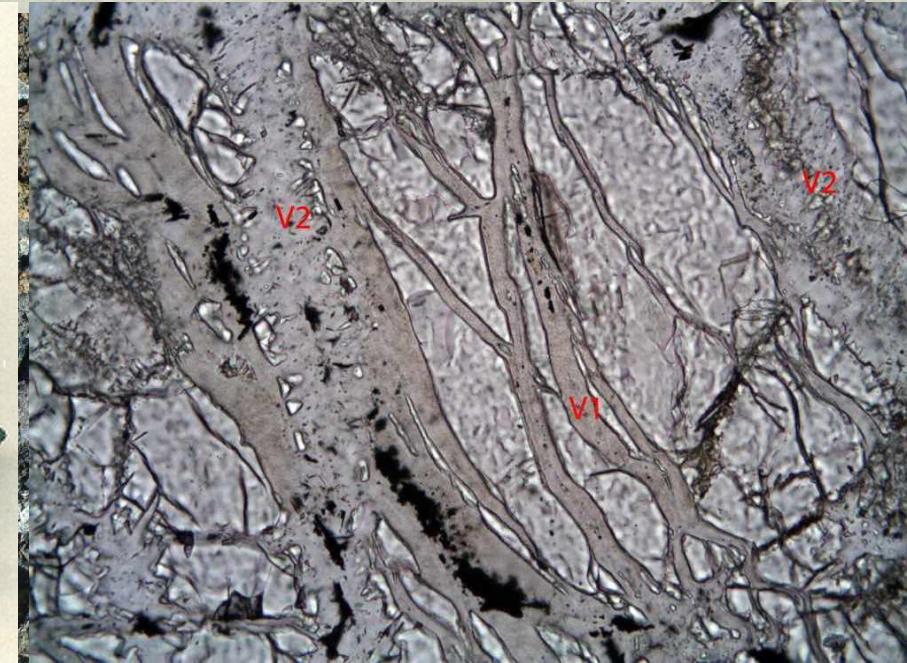
C.O.

Moho

Asthénosphère

Lithosphère océanique

Péridotites (dunite, Iherzolite,...) transformées en serpentinites



MANTELLIQUE



Chromite ($\text{Fe}^{2+}\text{Cr}_2\text{O}_4$)

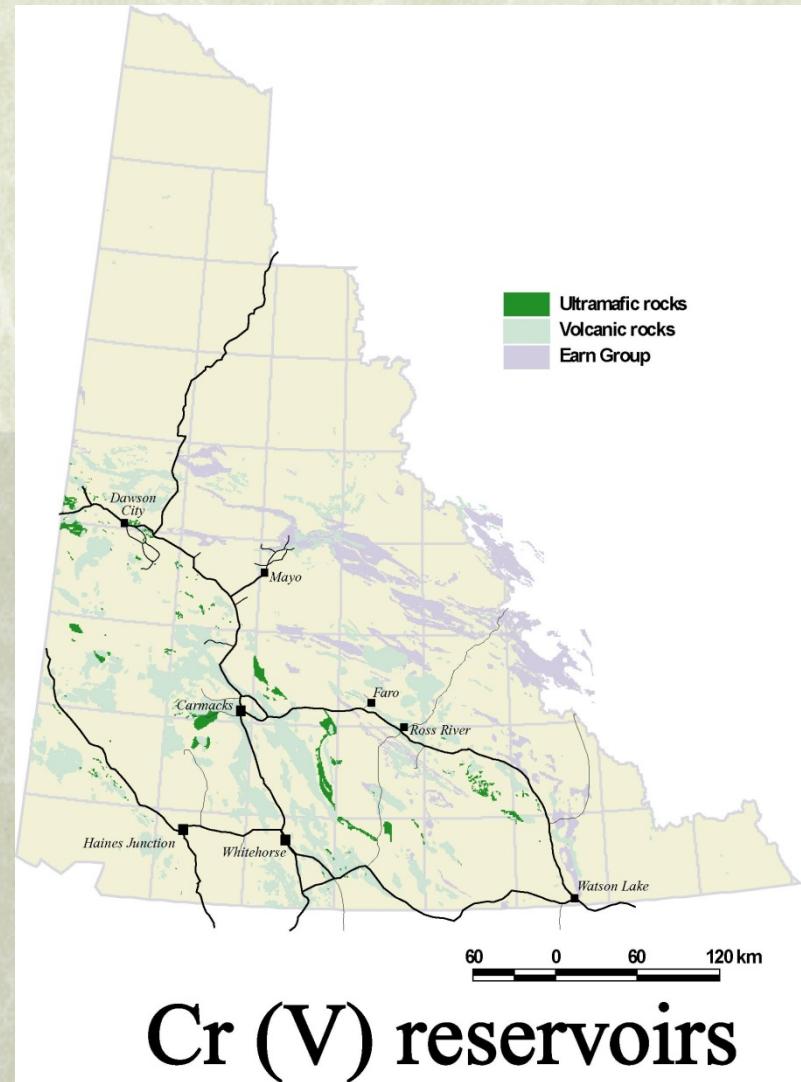
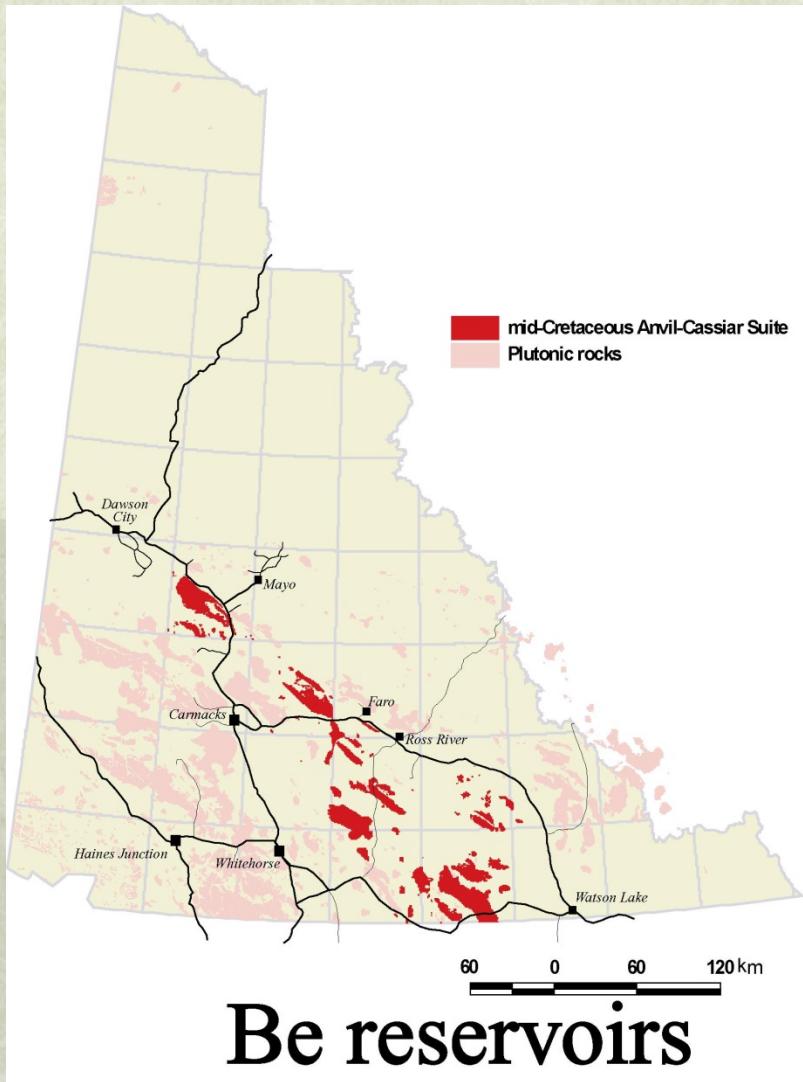


Coulsonite ($\text{Fe}^{2+}\text{V}^{3+}_2\text{O}_4$)

Cumulats de formations ultramafiques litées
dunites, serpentinites, anorthosites

Gisements de chromite : Cr et V métal (industrie, alliages,...)

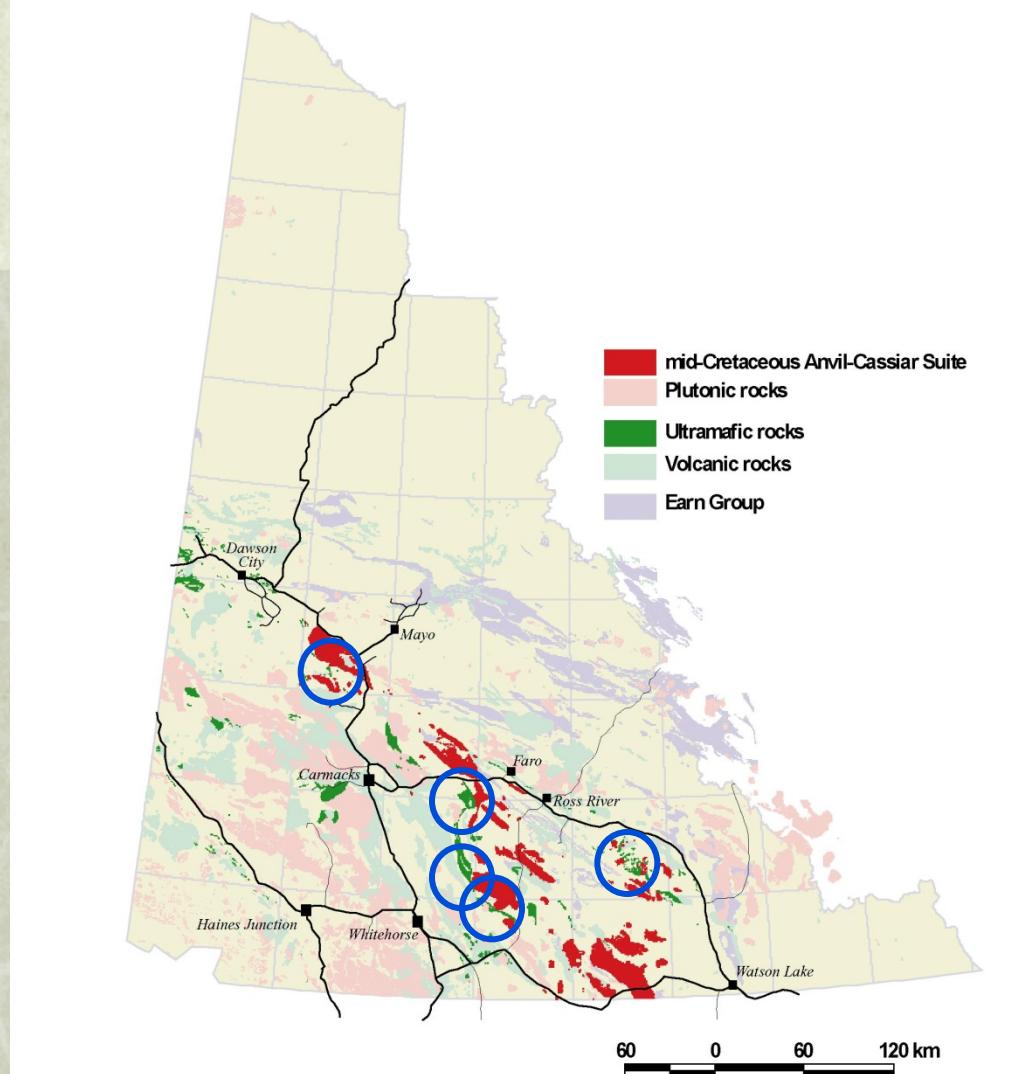
Croûte continentale Cr = 140 ppm
V = 190 ppm



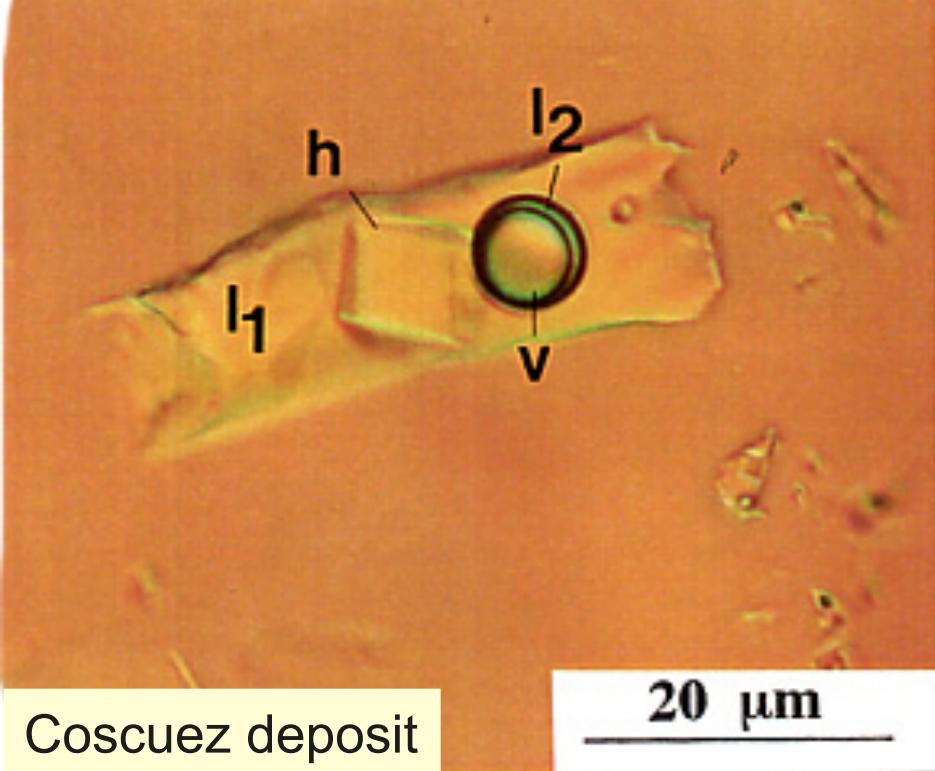
carte courtoisie
de D.C. Murphy

Le deuxième paradoxe de l'émeraude : rencontre des deux réservoirs et mobilité des éléments?

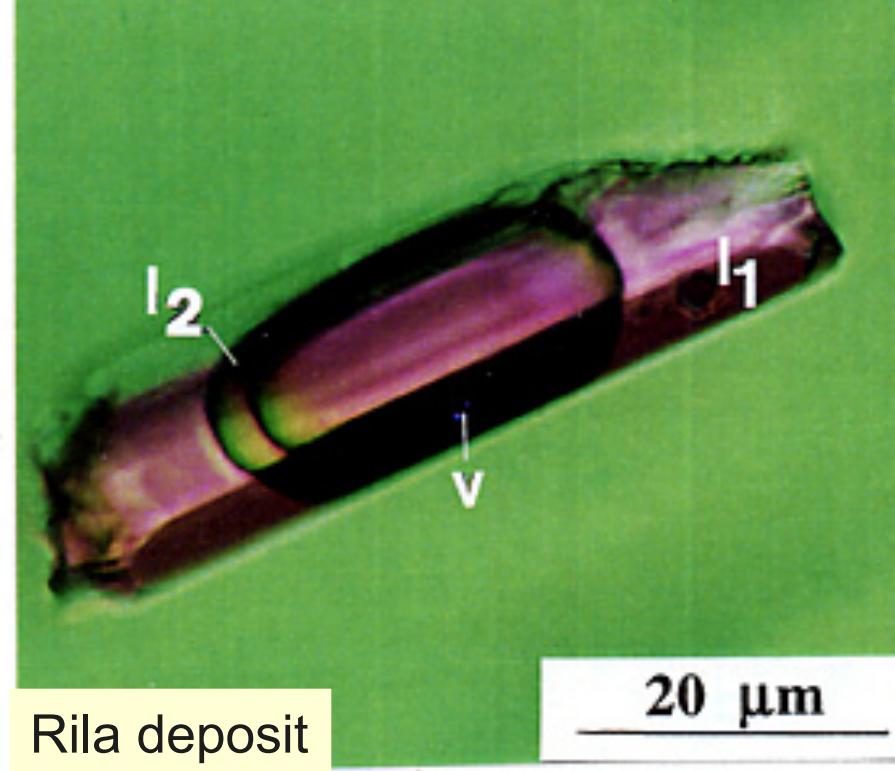
Where the two reservoirs come together...



carte courtoisie
de D.C. Murphy



Coscuez deposit

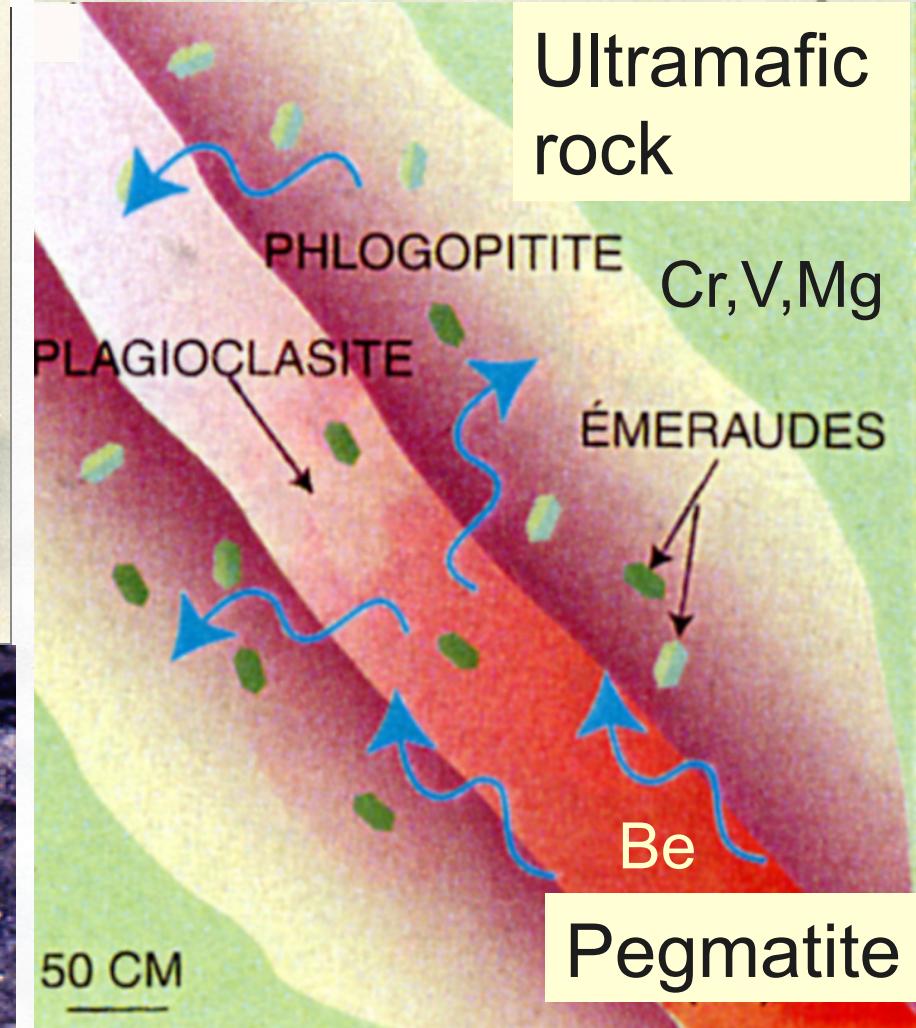


Rila deposit

Les inclusions fluides, vestiges des fluides parentaux de l'émeraude et des circulations fluides

La condition préalable à la mobilité des éléments ?

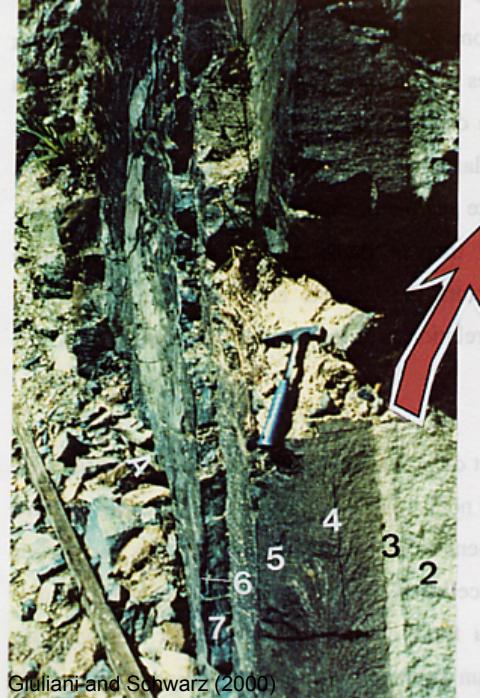
La circulation de fluides entre les deux réservoirs chimiques



← Fluide →
Be versus Cr et V

Type Granite

Gisements d'émeraude



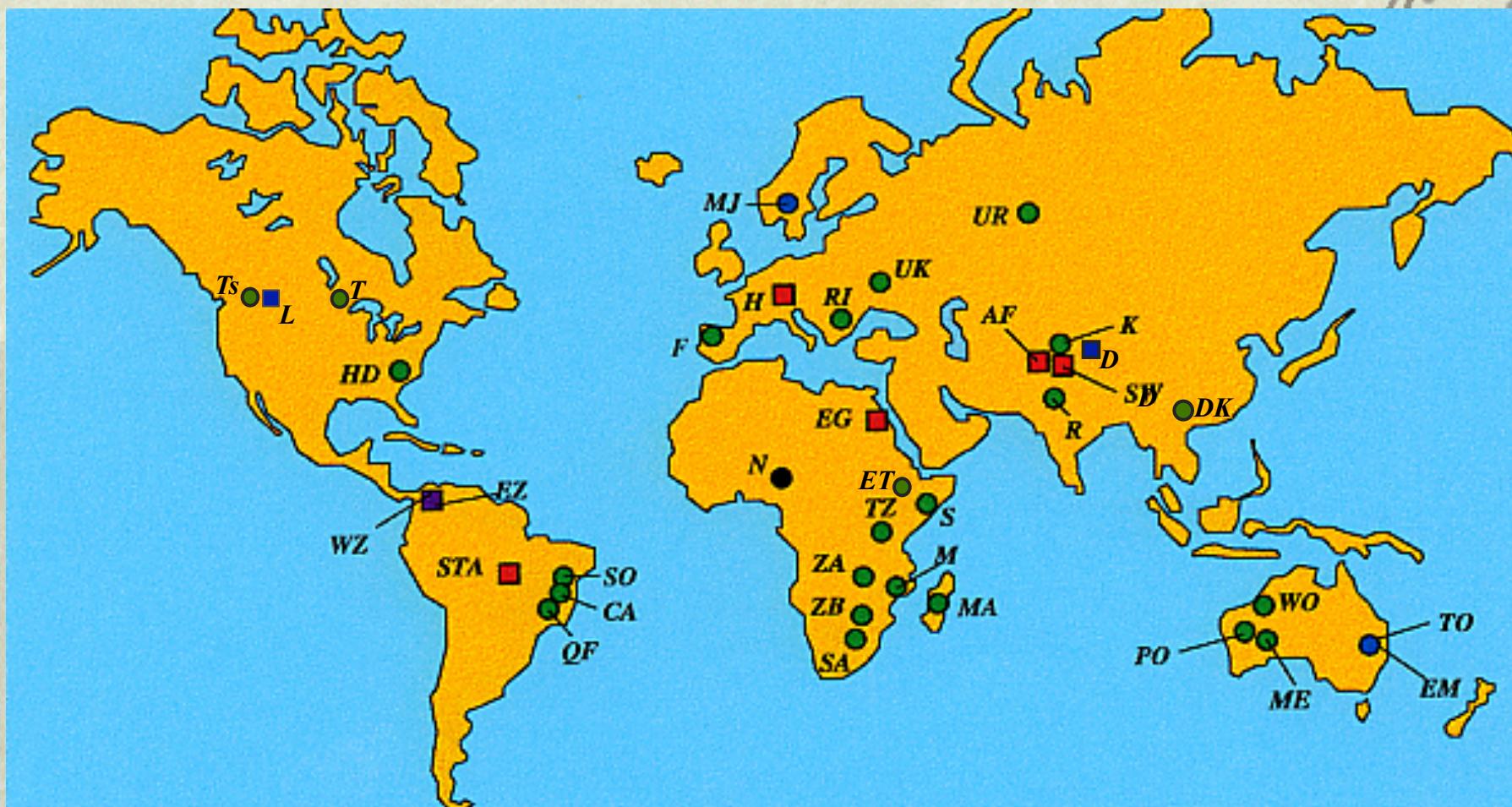
Giuliani and Schwarz (2000)



Gangues à émeraude



Les gisements d'émeraude dans le monde



Tectonic - hydrothermal type

- Type II/A in mafic-ultramafic rocks
- Type II/B in sedimentary rocks

Granitic pegmatite - hydrothermal type

- Type I/A in mafic-ultramafic rocks
- Type I/A in granitic rocks
- Type I/B in (meta-) sedimentary rocks

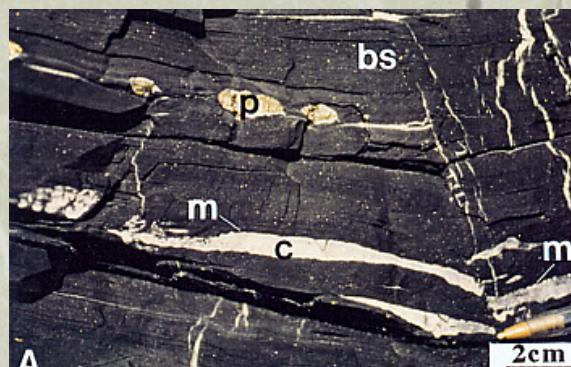
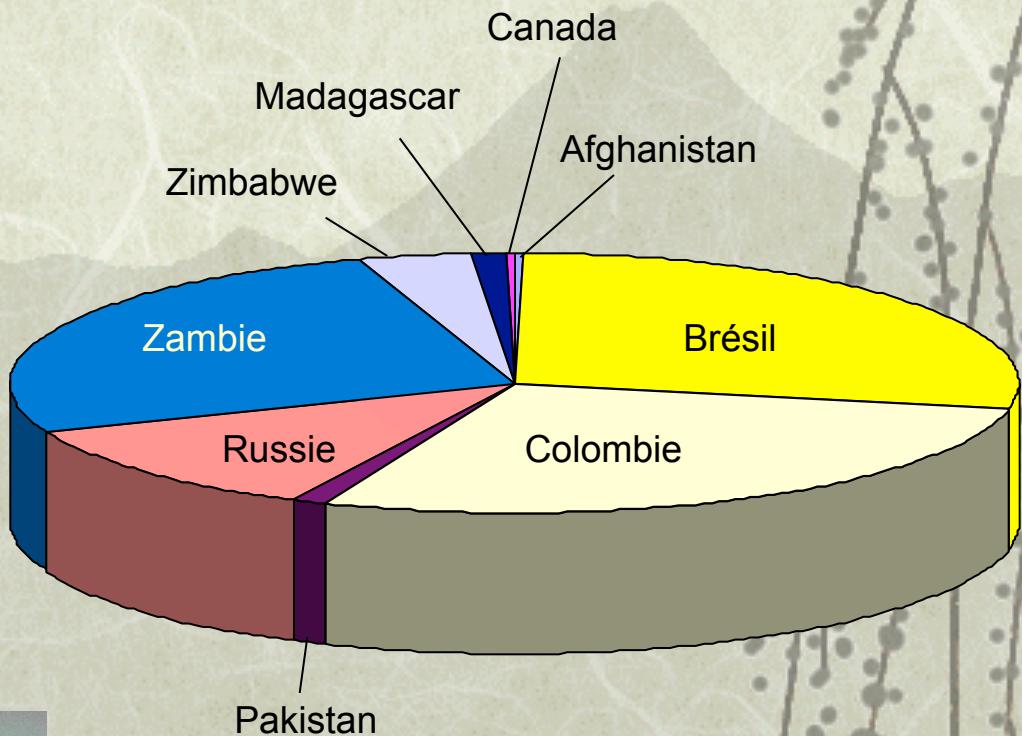
Production officielle d'émeraude dans le monde

2005 ~ 5400 kg

par l'USGS (Yager et al., 2008)

En 2011
55% production mondiale (4,4 M. Ct)

~70 % Type granitique ou Brésilien



~30% Type schiste argileux ou Colombien



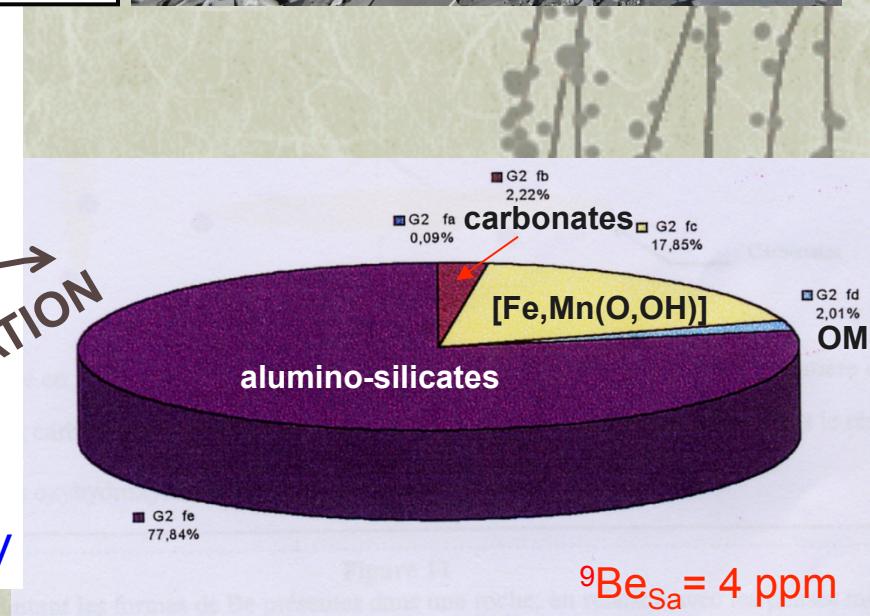
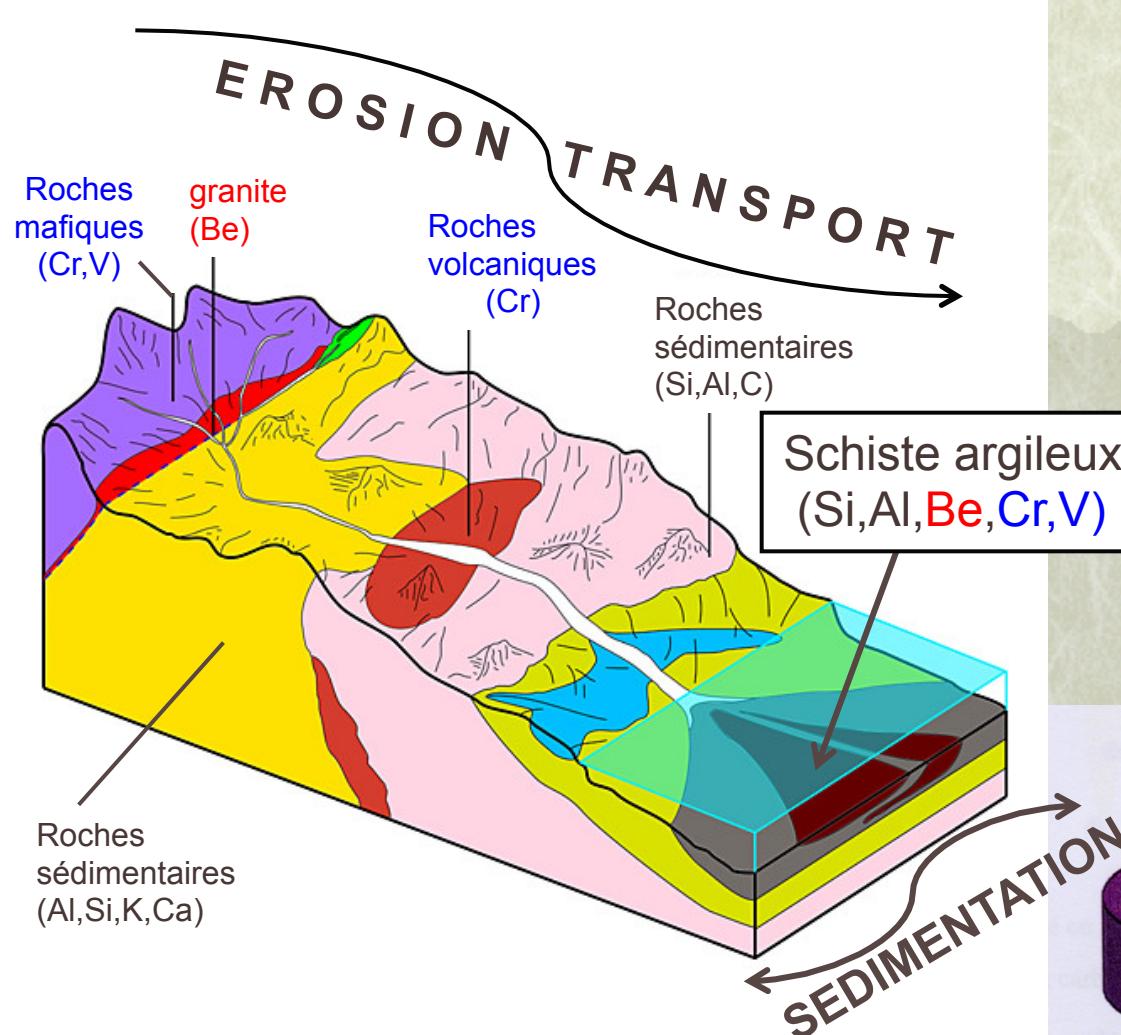
Colombian emerald deposits

2



2 - La particularité géologique des gisements colombiens

Bassin sédimentaire de la Cordillère orientale schiste argileux à MO - calcaires - évaporites



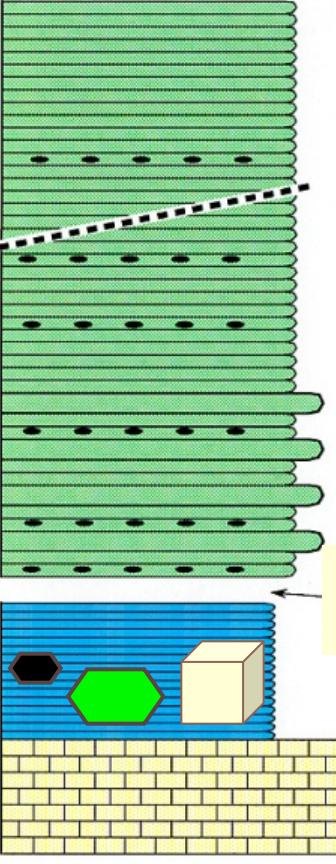
$${}^9\text{Be}_{\text{Sa}} = 4 \text{ ppm}$$

Dépôts sédimentaires de type argilite à Be, Cr, V

Pourcentage en ⁹Be dans les minéraux du schiste argileux (Sa) de Chivor

125 Ma

Barremian - Hauterivian



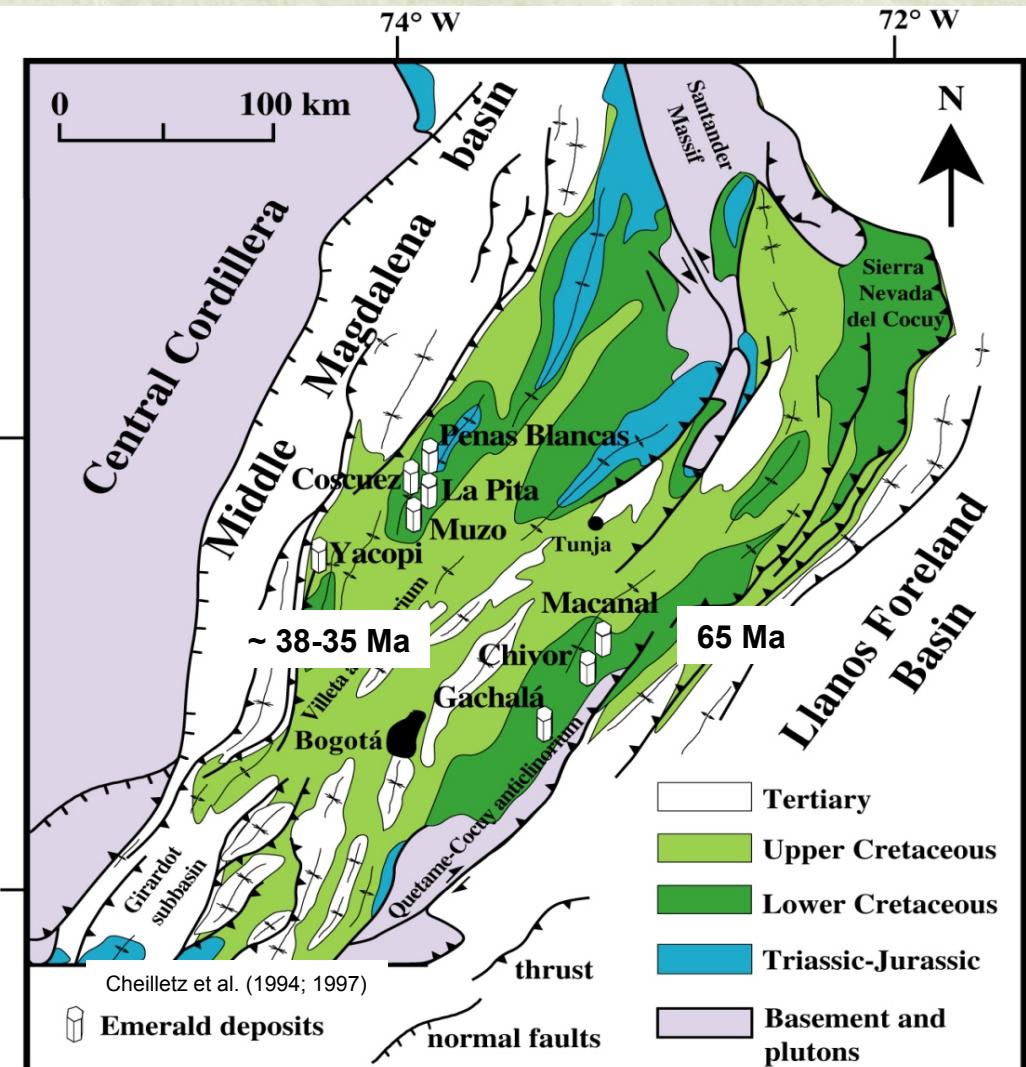
134 Ma

Veines et brèches
à carbonates et pyrite

Bassin sédimentaire de la Cordillère orientale schiste argileux à MO – calcaires - évaporites



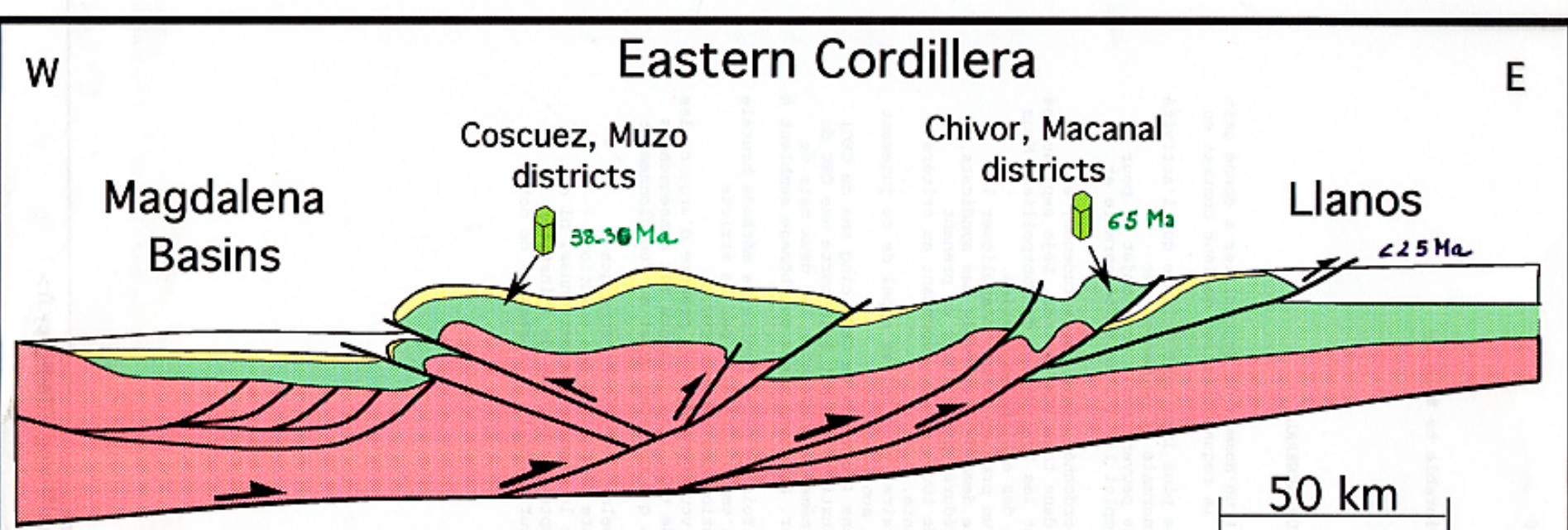
Emeraudes du bassin sédimentaire de la Cordillère orientale de Colombie



Deux âges de formation au Cénozoïque



Déformation et structuration du bassin de la Cordillère orientale dues à l'accélération de la convergence entre les plaques Nazca et sud-américaine

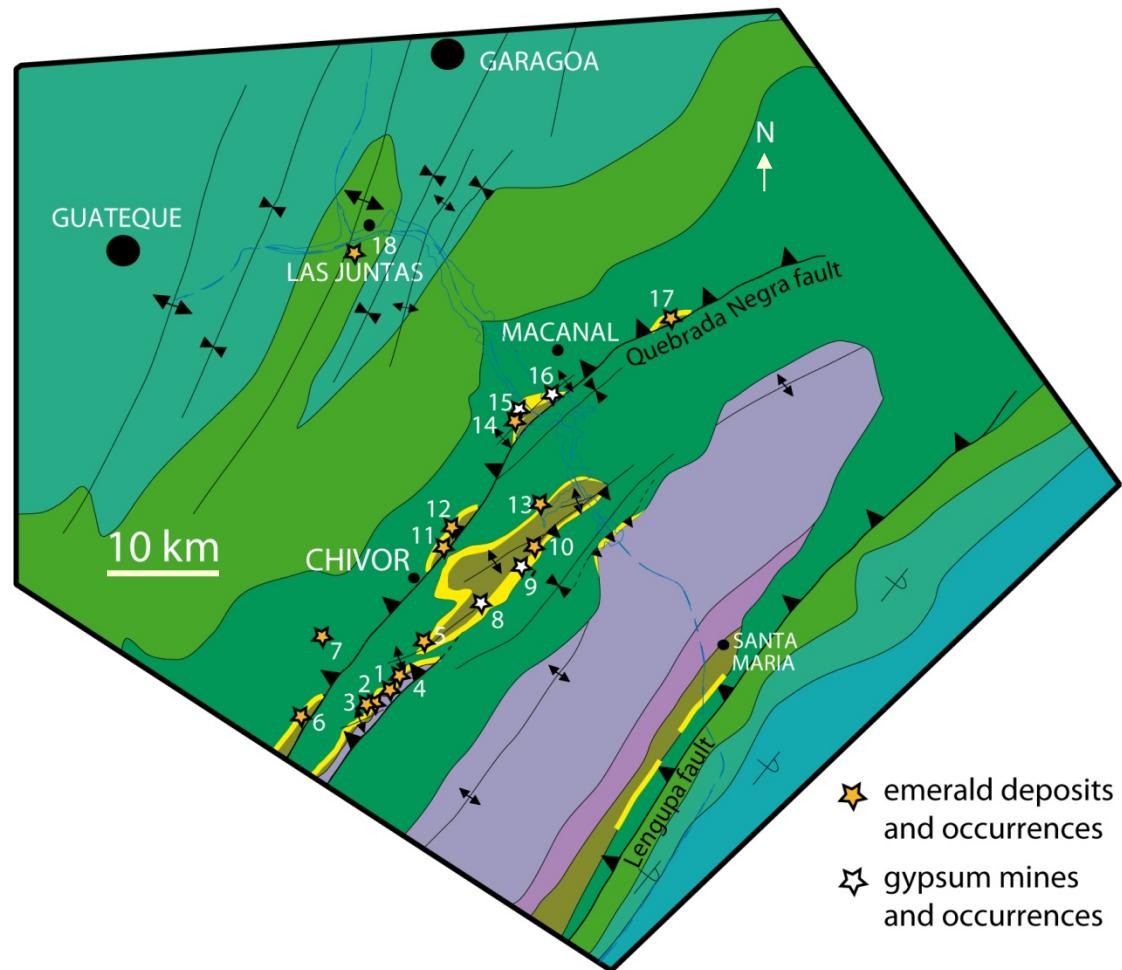
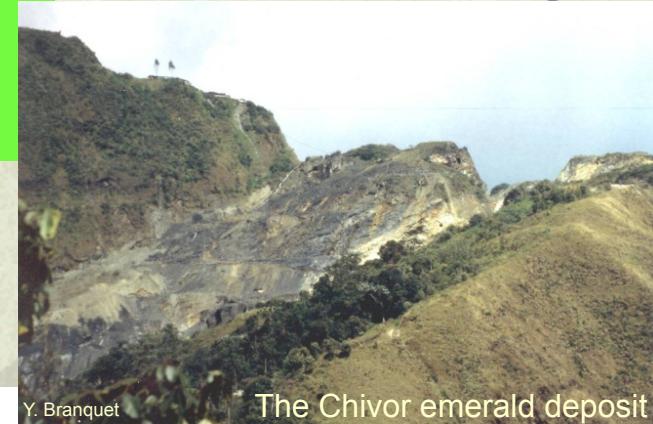


(Modified from Cooper et al., 1995)

Zone à émeraude orientale

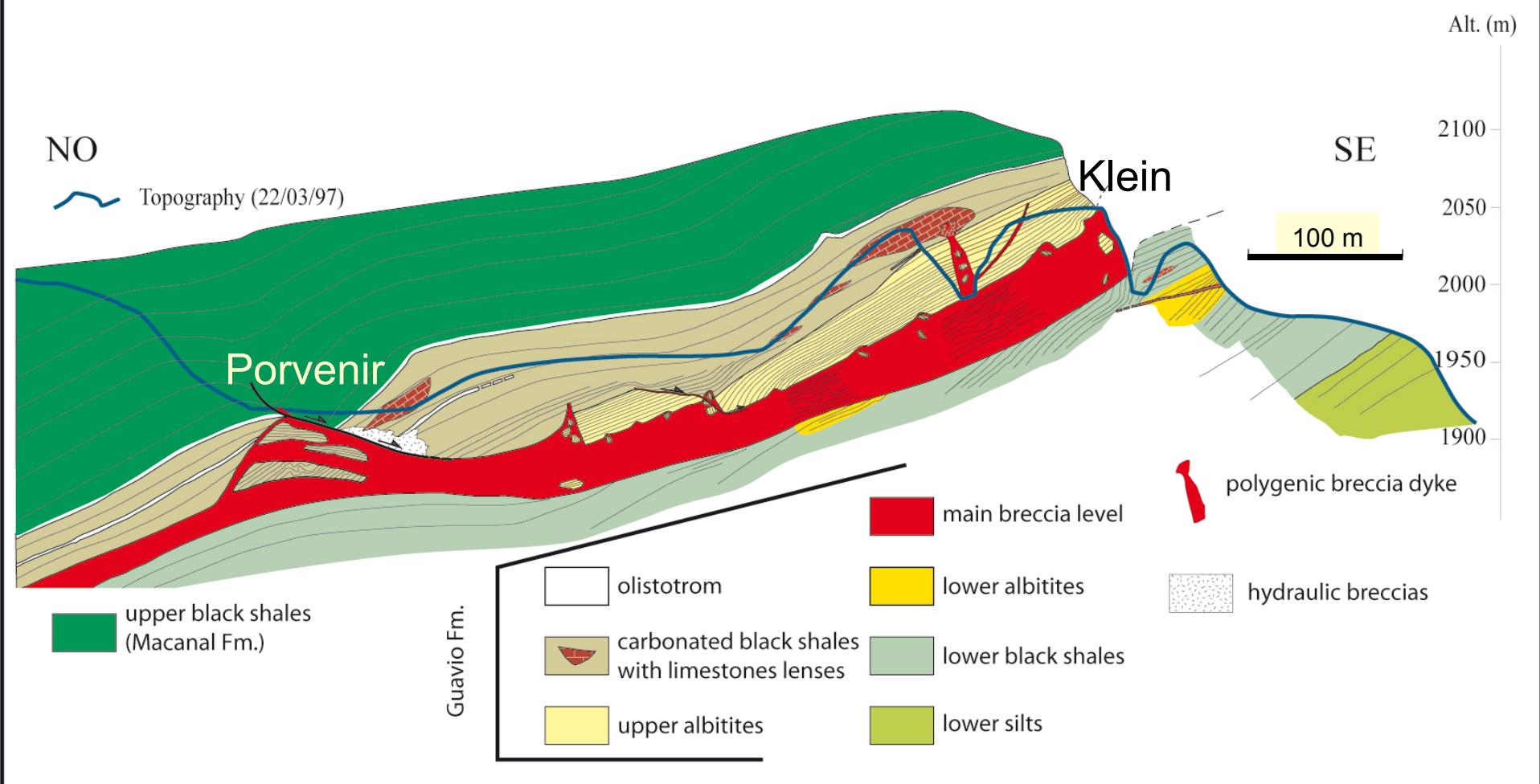
Lithostratigraphie du district minier de Chivor

Niveau régional de brèche hydrothermale
d'origine évaporitique



Zone à émeraude orientale

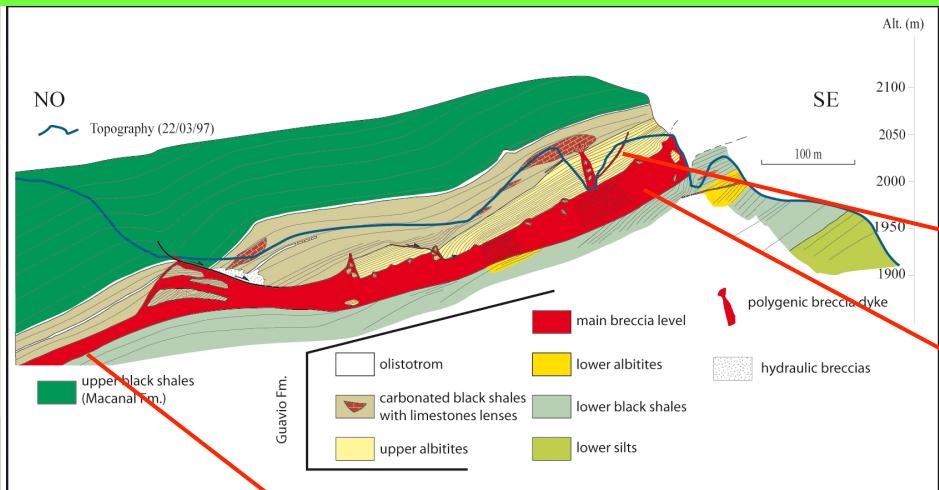
Lithostratigraphie du district minier de Chivor



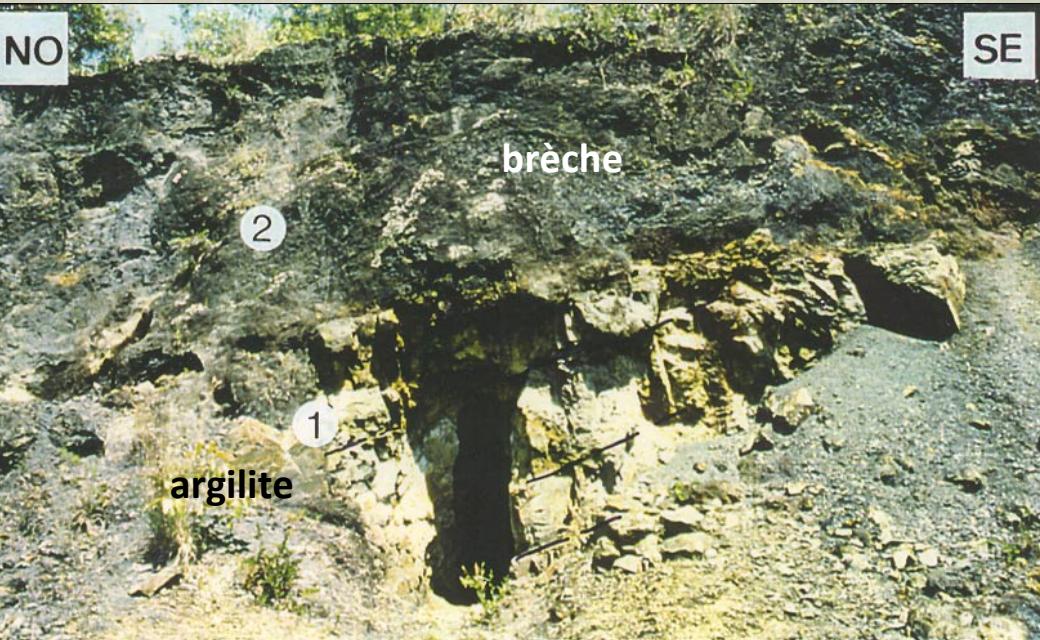
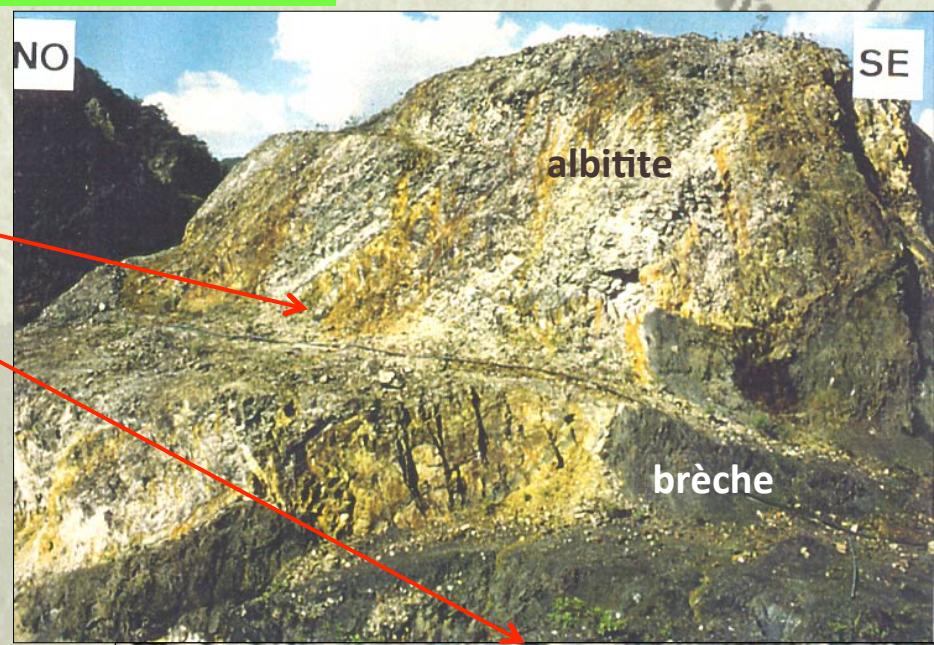
Branquet et al. (1999)

Zone à émeraude orientale

Lithostratigraphie du district minier de Chivor

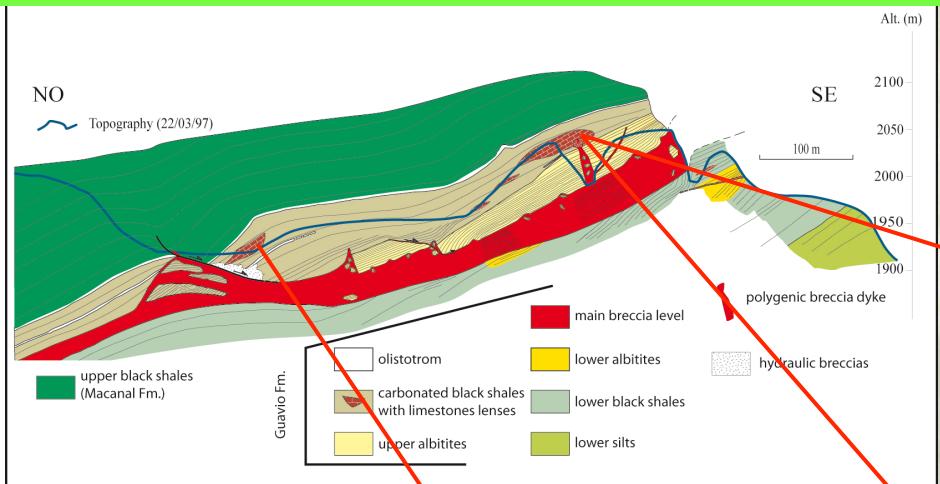


Branquet et al. (1999)

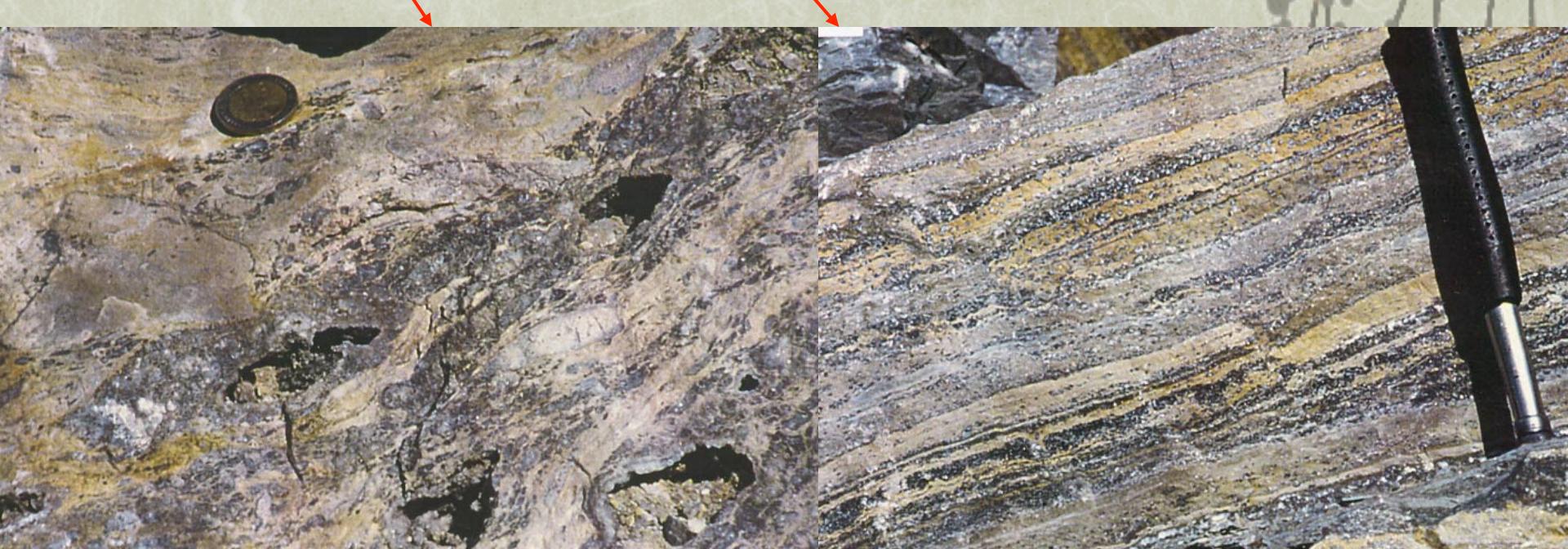
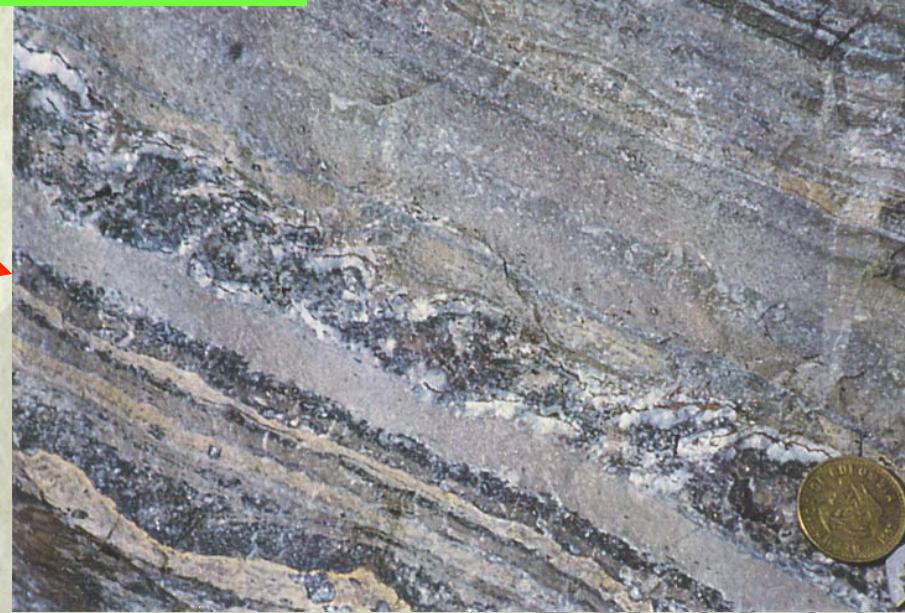


Zone à émeraude orientale

Lithostratigraphie du district minier de Chivor

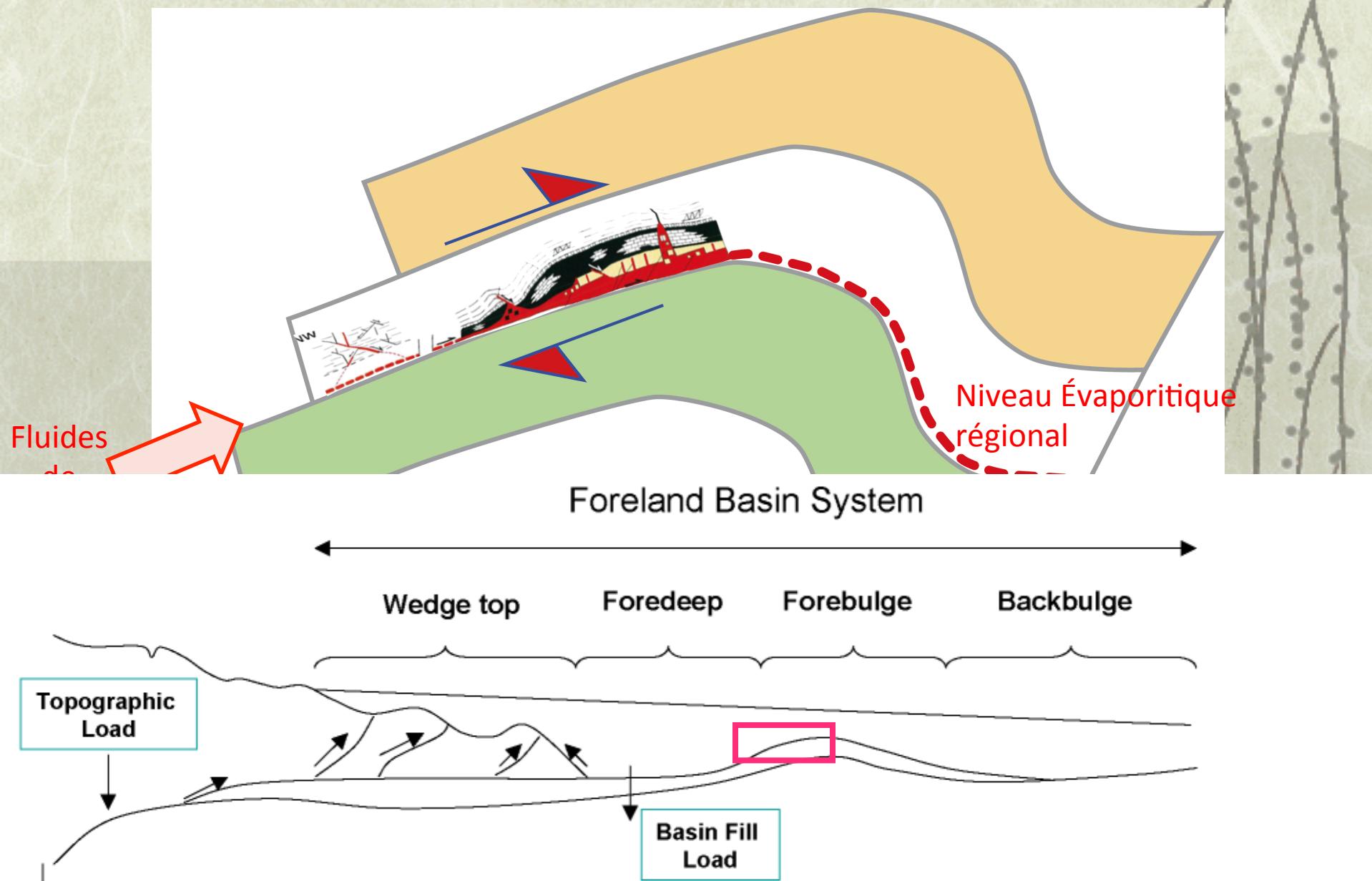


Branquet et al. (1999)



Zone à émeraude orientale

La minéralisation et son interprétation à 65 Ma

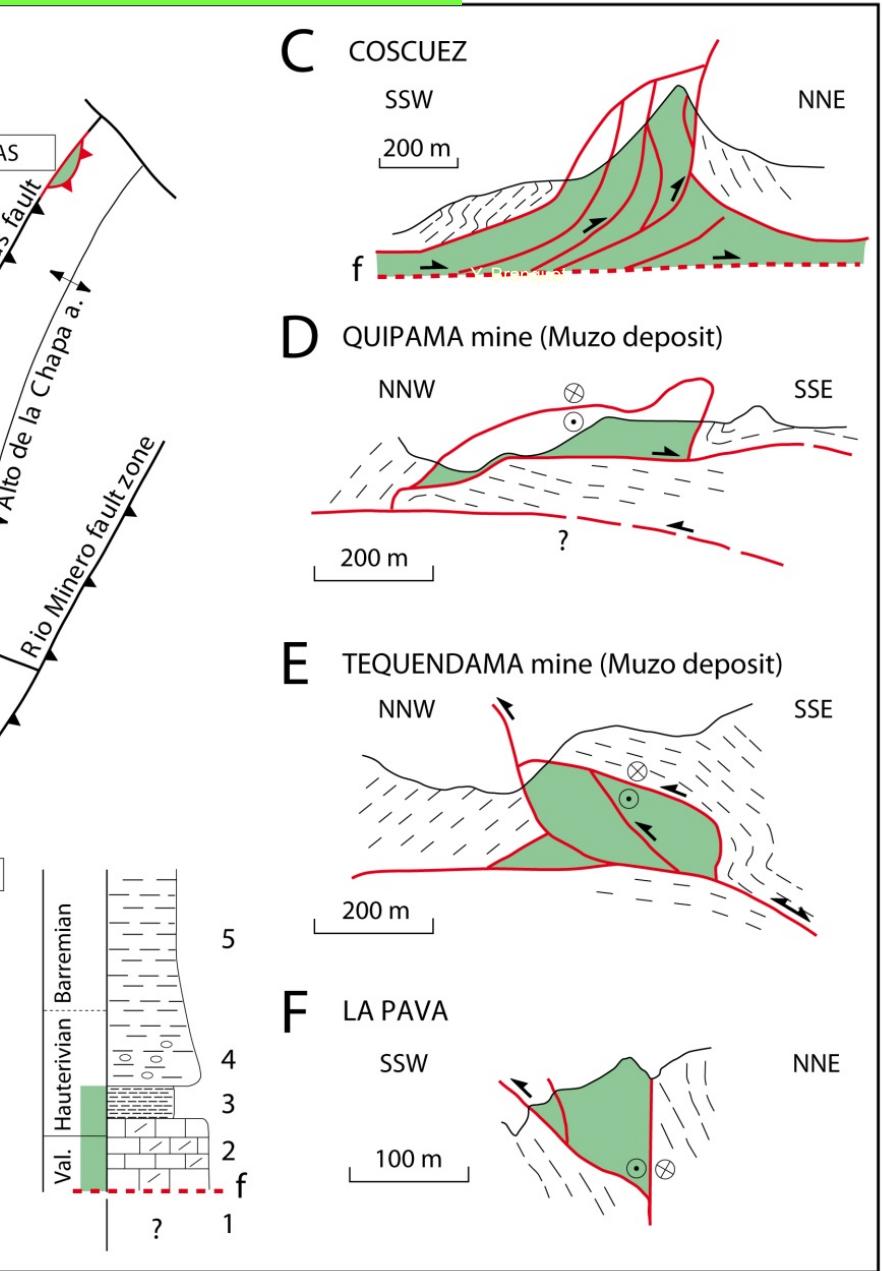


Zone à émeraude occidentale

Lithostratigraphie du district minier de Coscuez



Tectonique régionale
en compression

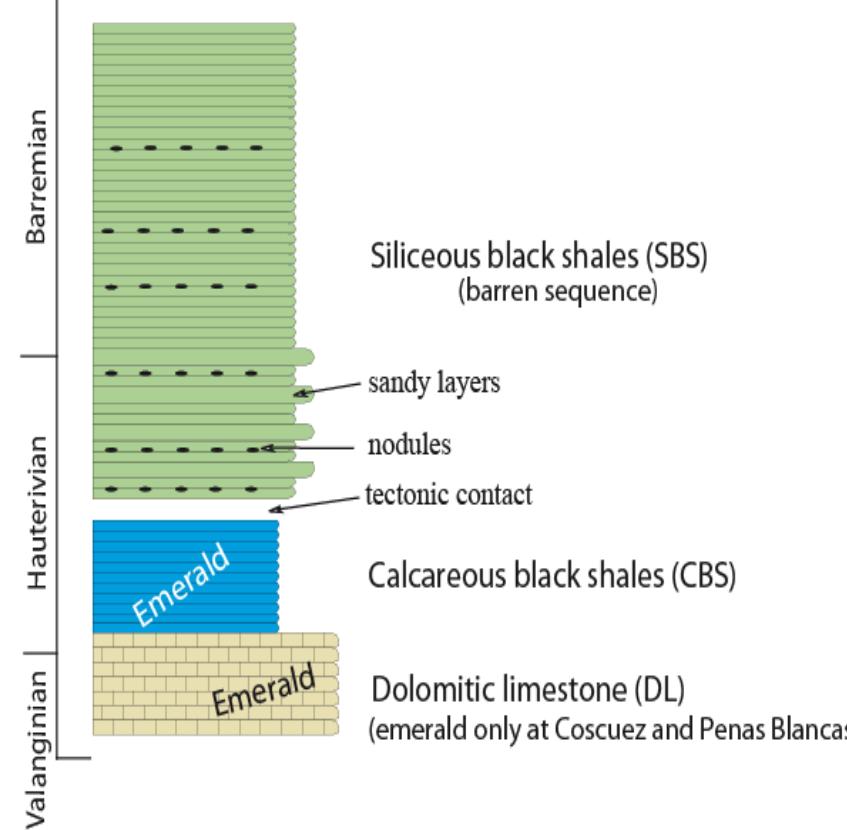


Zone à émeraude occidentale

Lithostratigraphie du district minier de Coscuez

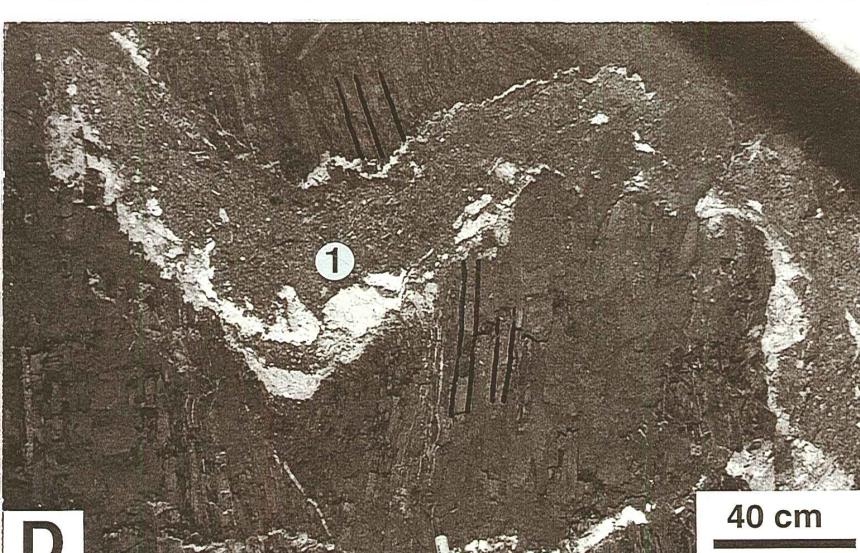
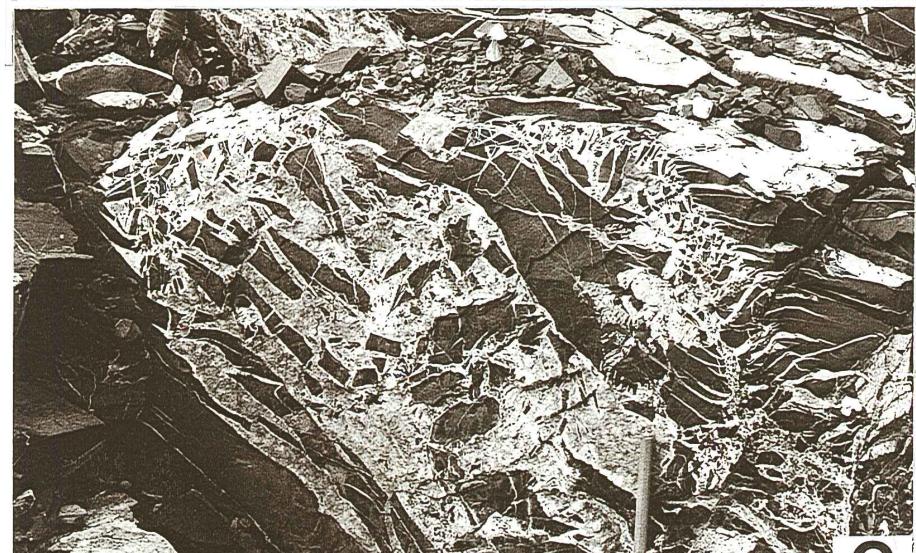
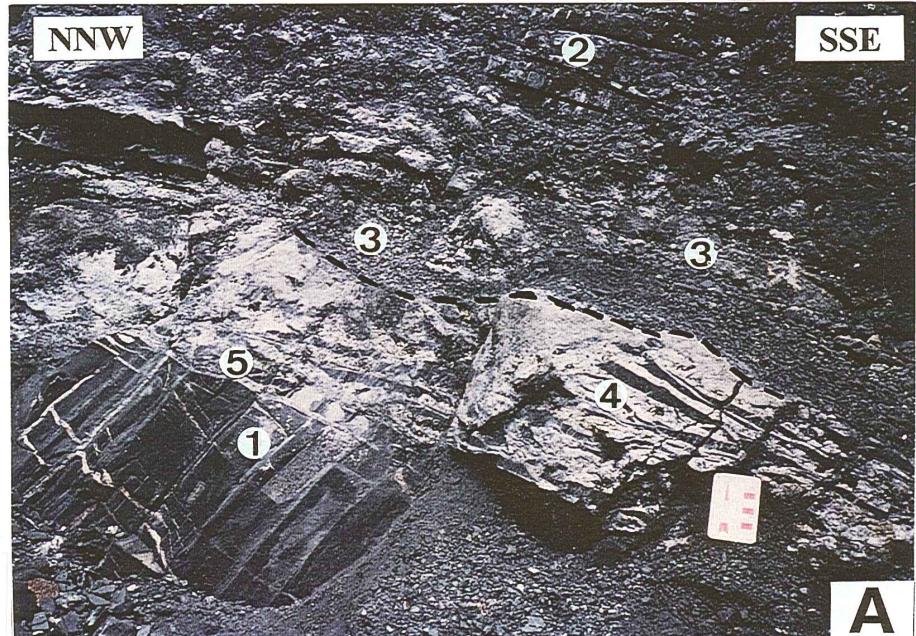


Branquet (1999)



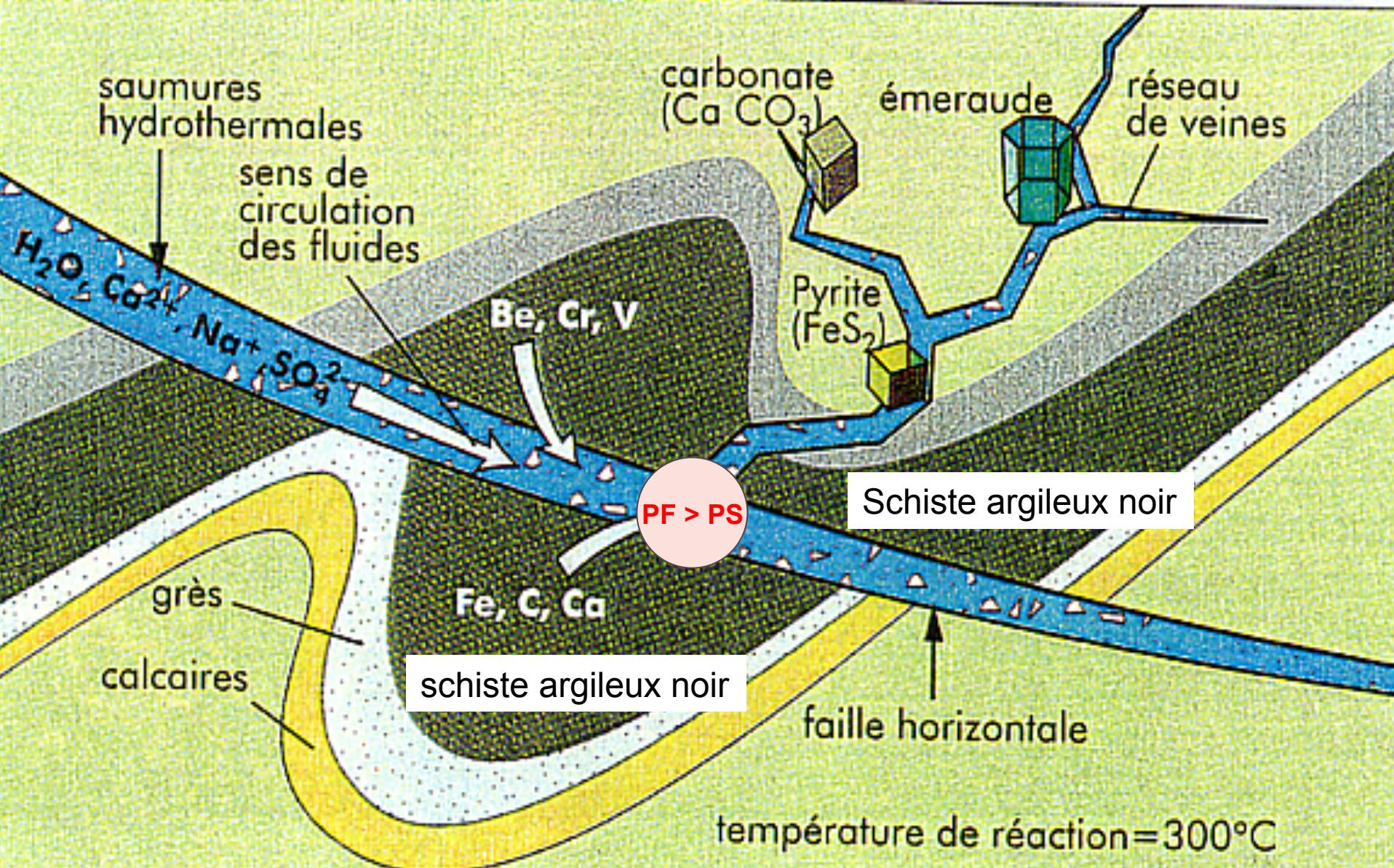
Zone à émeraude occidentale

Tectonique du district minier de Coscuez



Zone à émeraude occidentale

Modèle génétique



Conséquences du modèle génétique sur les caractéristiques et les particularités de l'émeraude colombienne et de sa paragenèse



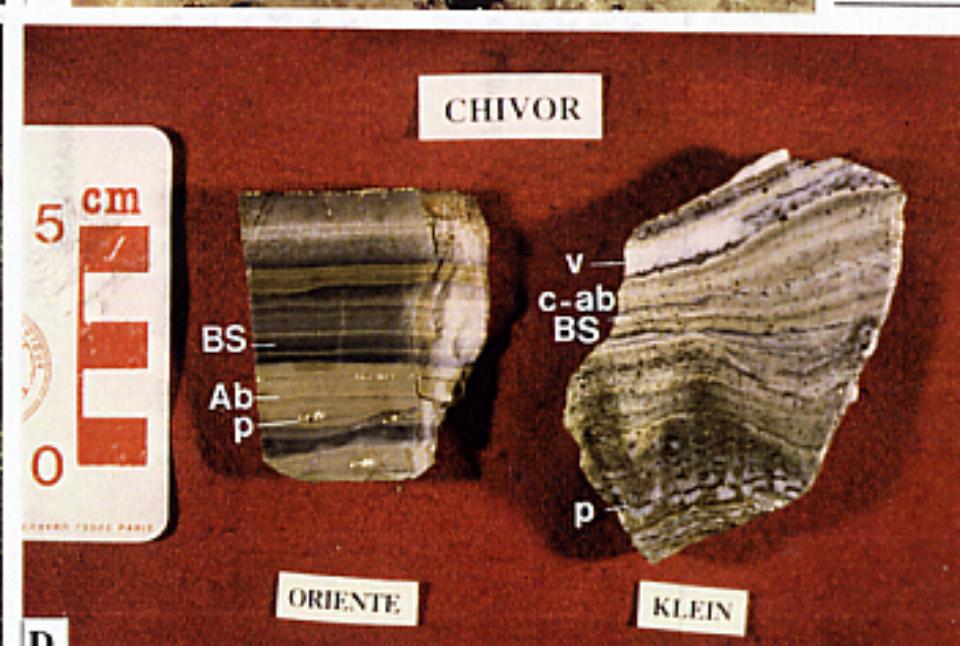
A



B



C



D

Conséquences du modèle génétique sur les caractéristiques et les particularités de l'émeraude colombienne et de sa paragenèse



R. Currier

Emeraude de Gachalá,
868 ct, 5 cm



H. Et E. van Pelt

4 émeraudes du «Banco de la
República», de 220 à 1796 ct

Magnifiques cristaux



Arkenstone

Cristaux d'émeraude, 4 cm

Conséquences du modèle génétique sur les caractéristiques et les particularités de l'émeraude colombienne et de sa paragenèse



J. Budd

Parisite et émeraude sur calcite, L: 7cm, La Pita



J. Scovill

Pyrite et émeraude, l: 3,2cm, Chivor

Paragenèses uniques



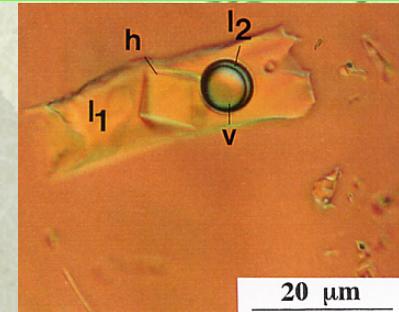
J. Scovill

Quartz et parisite, h: 8,4cm, Muzo

Conséquences du modèle génétique sur les caractéristiques et les particularités de l'émeraude colombienne et sa paragenèse

Inclusions fluides

$\text{H}_2\text{O-NaCl-CO}_2-(\text{Ca-K-Mg-Fe-Li-SO}_4)$
Salinité ~ 40 wt % eq. NaCl



Fluides de bassin

SO_4 ~ 400 - 500 ppm
 Pb ~ 30 - 380 ppm
 Zn ~ 200 - 300 ppm
 Ba ~ 200 - 600 ppm
 Li ~ 400 – 4300 ppm



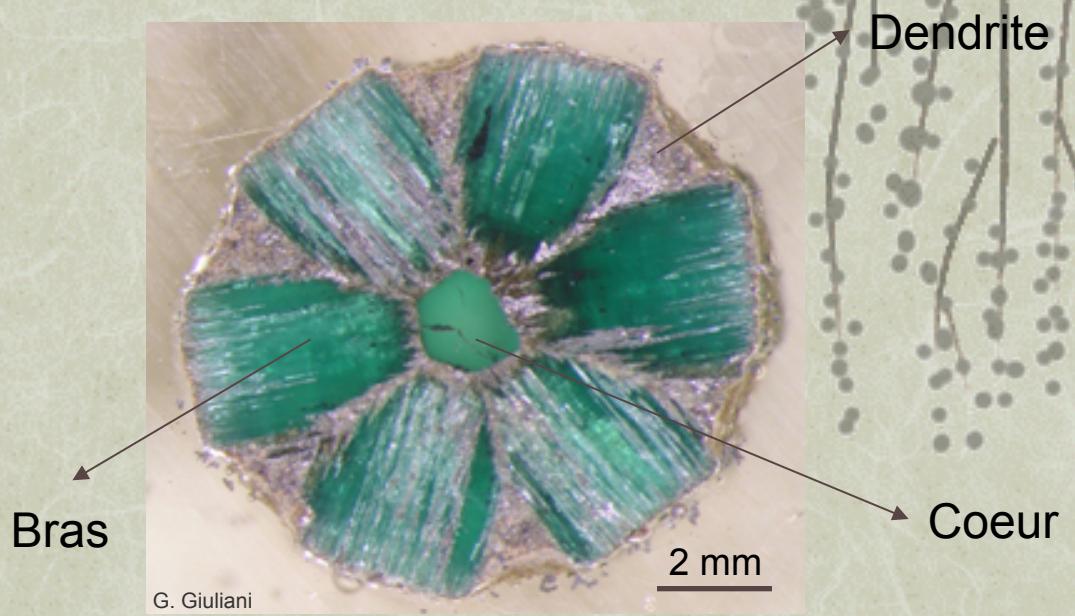
S de la pyrite = sulfates évaporitiques
 H_2O de l'émeraude = eaux de bassin

Giuliani et al. (2017)

Conséquences du modèle génétique sur les caractéristiques et les particularités de l'émeraude colombienne et sa paragenèse



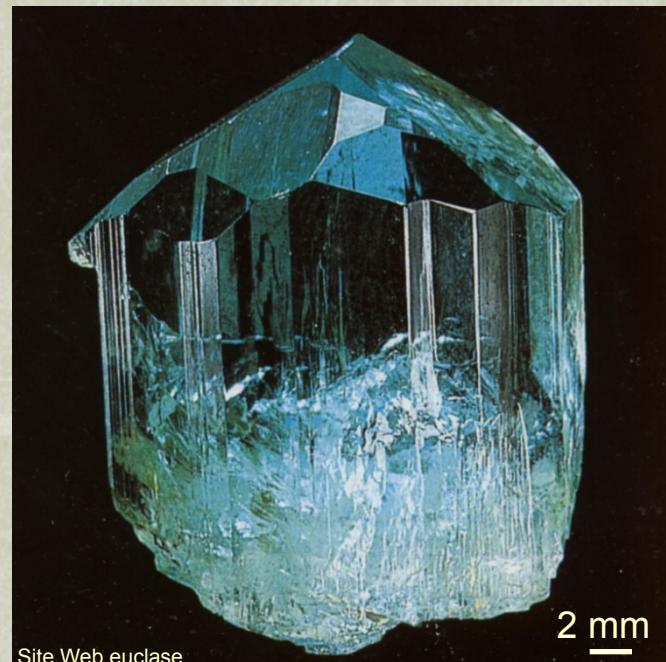
Emeraude «trapiche»



Conséquences du modèle génétique sur les caractéristiques et les particularités de l'émeraude colombienne et sa paragenèse



L.-D. Bayle



Gachalá

Euclase
 $\text{BeAlSiO}_4(\text{OH})$

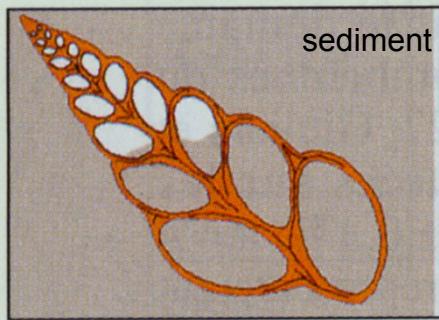


La Marina

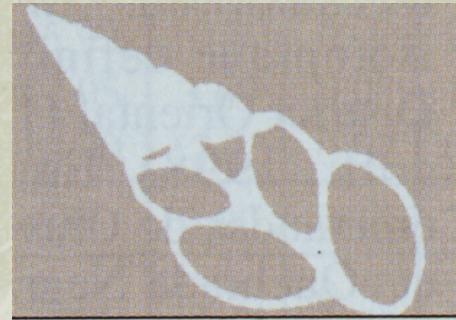
Conséquences du modèle génétique sur les caractéristiques et les particularités de l'émeraude colombienne et sa paragenèse



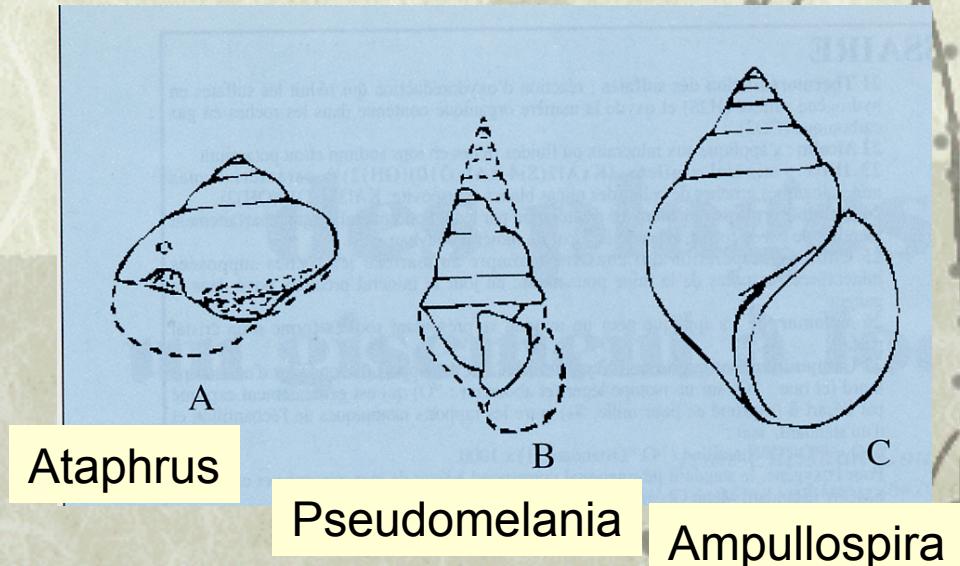
H. et E. Van Pelt



145 Ma : Berriasien



135 à 99 Ma : dissolution
de la coquille en aragonite

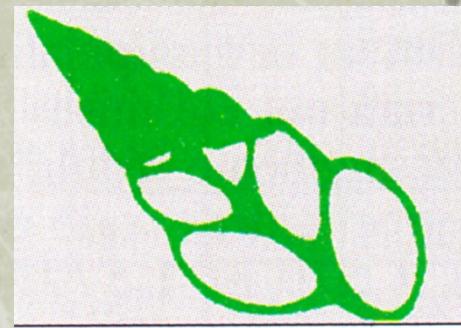


Ataphrus

Pseudomelania

Ampullospira

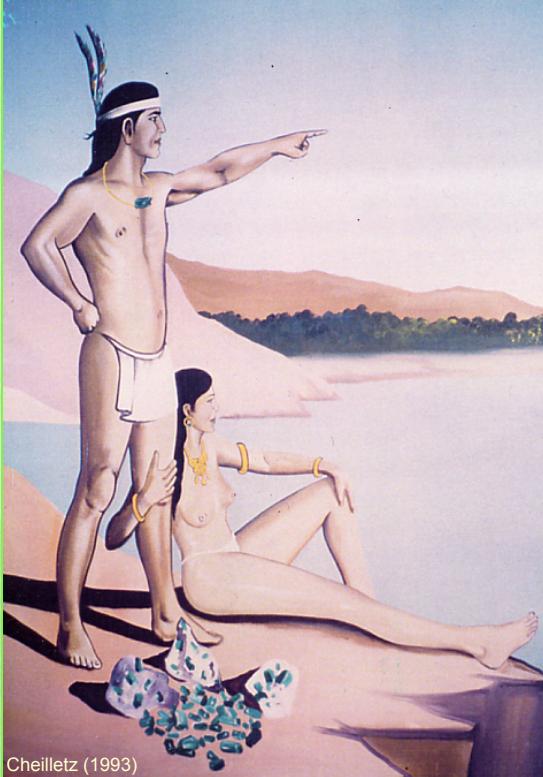
Détermination : J-C Fischer (MNHN)



65 Ma : remplissage par l'émeraude
avec imprégnation des espaces vacants



(ExtraLapis, 2002)



Cheilletz (1993)



(ExtraLapis, 2002)



Mine Tequendama

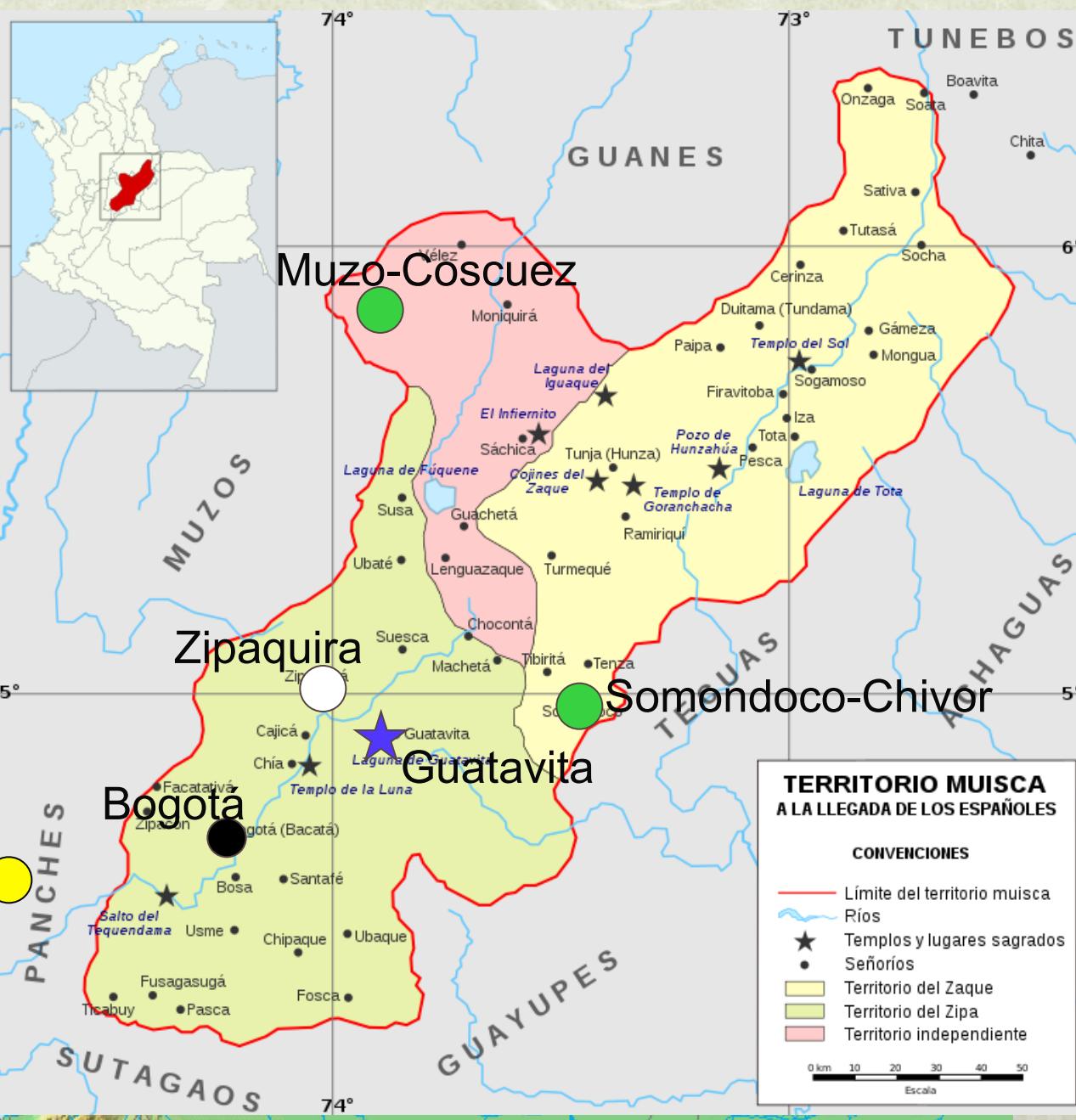
Giuliani (1988)

3



L'émeraude colombienne d'hier et d'aujourd'hui

Epoque Précolombienne et le territoire Muisca au XVI^{ème} siècle



Cacique Tisquesusa (1514-1537)



Radeau d'or et légende de Guatavita (Musée de l'or) (1514-1537)



Bijoux Muisca

A l'Epoque Précolombienne : les Muiscas (600-1600)



Le présumé cadeau de l'Empereur aztèque Moctezuma II à H. Cortez (1519) fut en fait offert par Philippe II d'Espagne à son cousin Ferdinand II de Habsbourg.



(ExtraLapis, 2002)

1537-38 Gonzalo Jiménez de Quesada fonda Bogotá



Cheilletz (1993)

Culture Muiscas



La découverte des mines :
Chivor (1537-38)
Muzo (~1560-64)
Coscuez (1590-1600)
Peña Blancas (1650)



Mine Tequendama

Giuliani (1988)

L'exploitation des mines de Somondoco par les conquistadores

1000-1537 : exploitation des mines par les Muiscas

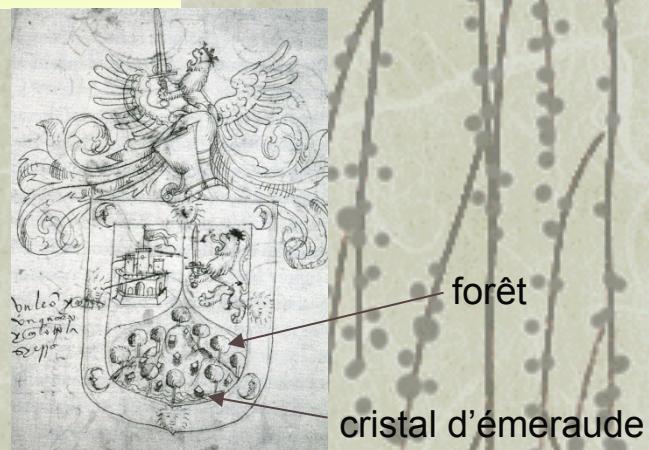


1537-1672 : Les conquistadores exploitent plusieurs mines



Capitaine Valenzuela, 12 mars 1537

Cotte d'armes de
G. J. de Queseda



1672 : fin de l'exploitation (et de l'esclavage) suite
à un ordonnance du roi Charles II d'Espagne



1672-1896 : Les mines sont oubliées pendant deux
siècles

Au XVI et XVIIème siècle dans le Nouveau monde, le commerce des émeraudes

Armada espagnole : commerce par mer avec le nouveau monde

L'émeraude et les gemmes favorites des souverains Moghols notamment les empereurs Jahangir et Shah Jahan au Rajhastan (1605-1658)



Portrait de
Shahuddin Mohammed
Shah Jahan



L'émeraude du grand Moghol gravée en 1695, vendue en 2001 pour 2.2 millions US\$, Doha, Quatar, (h= 5,1 cm)

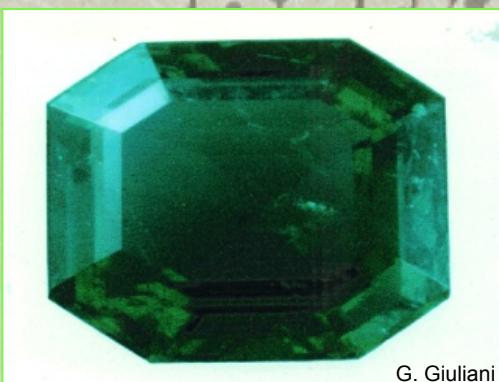
Au XVIème siècle dans le Nouveau monde et le commerce des émeraudes

L'émeraude favorite des souverains Moghols au XVIème siècle notamment les empereurs Jahangir et Shah Jahan: les émeraudes dites «veilles mines»



T. Hammid

Emeraude de Coscuez, 150 ct,
gravée en Inde au 19ème siècle



G. Giuliani

Emeraude « Moghol »
dite “Vieilles mines”

Galions espagnols et naufrages

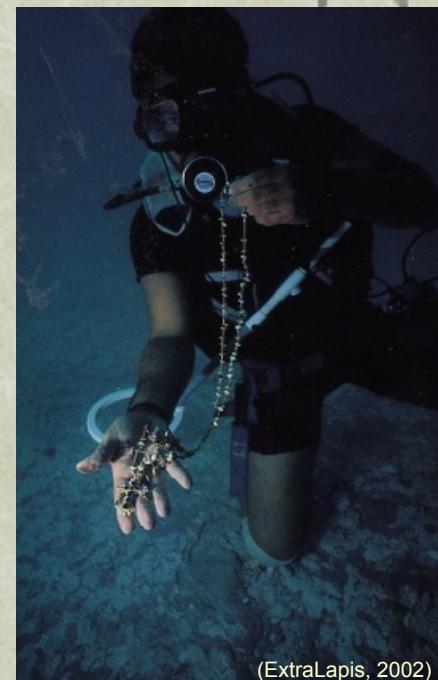


(Kane et al., 1989)

Naufrage du galion Nuestra señora de Atocha en Floride (1622)

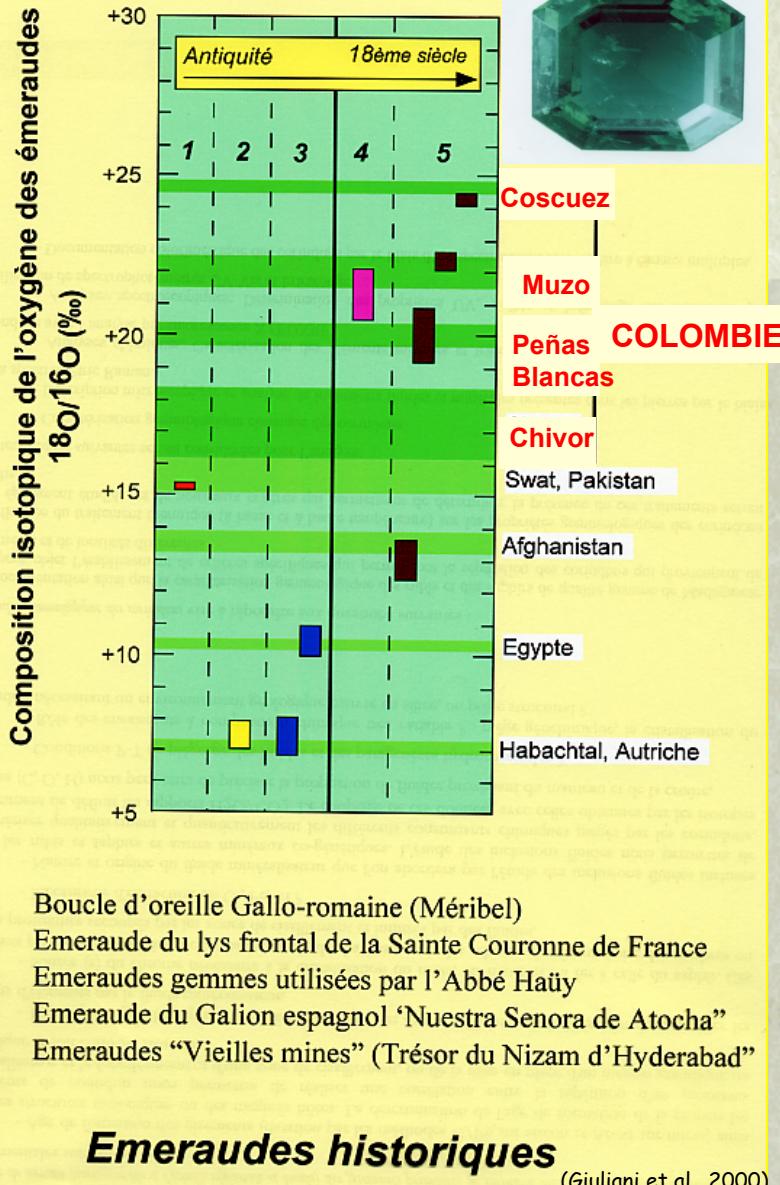
LFG 16/05/18

Découverte du galion en 1985 par l'équipe de Mel Fisher
Exposition au Musée de Key West, Floride (USA)

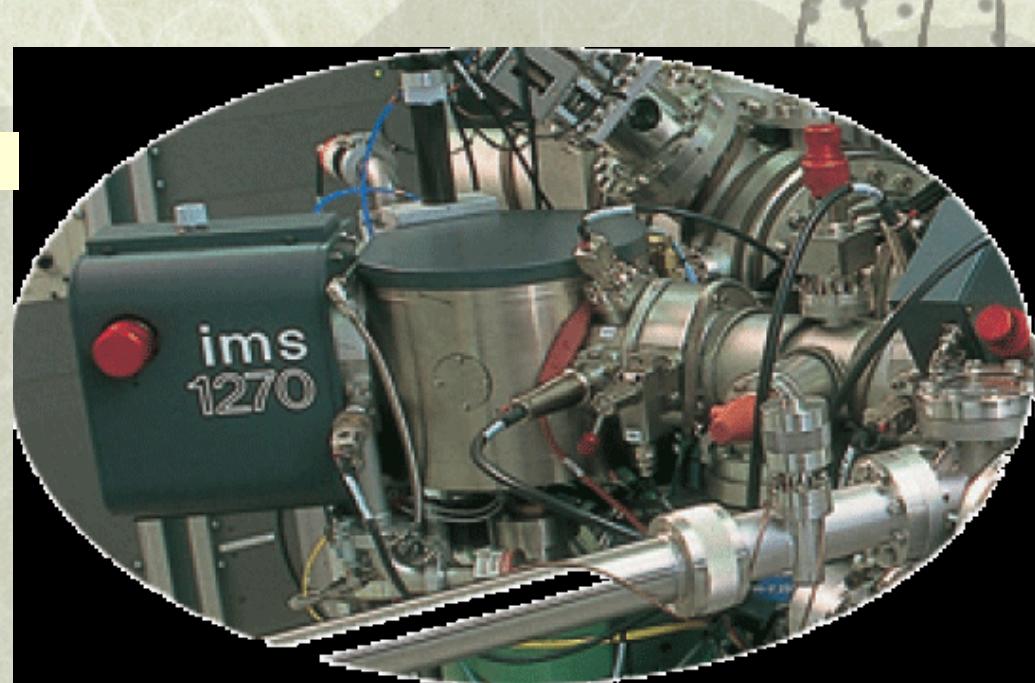


(ExtraLapis, 2002)

Détermination de l'origine géographique des émeraudes historiques

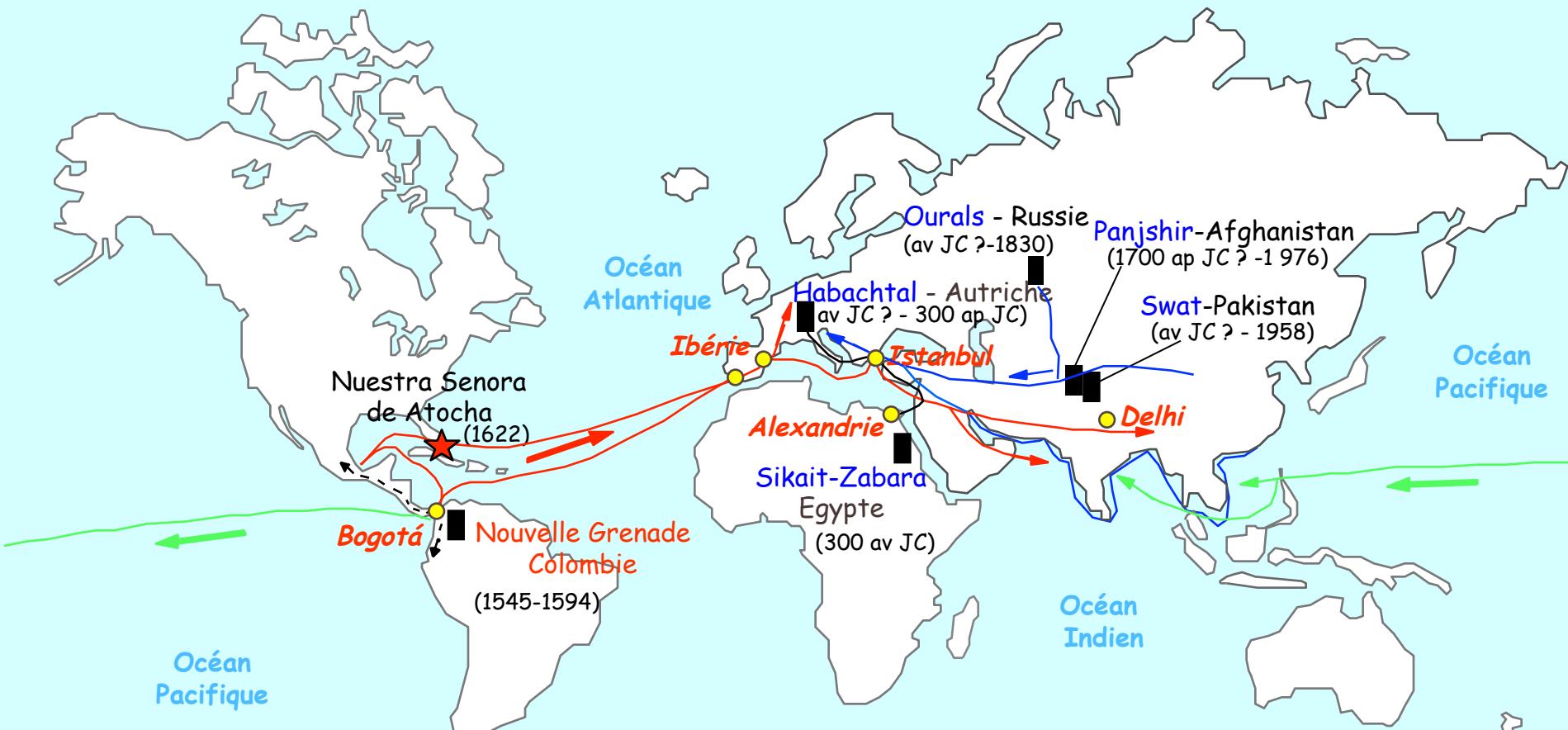


Sonde ionique du CRPG/CNRS
Les isotopes de l'oxygène
(54% O_2 émeraude)



- 1 ■ Boucle d'oreille Gallo-romaine (Méribel)
- 2 ■ Emeraude du lys frontal de la Sainte Couronne de France
- 3 ■ Emeraudes gemmes utilisées par l'Abbé Haüy
- 4 ■ Emeraude du Galion espagnol 'Nuestra Senora de Atocha'
- 5 ■ Emeraudes "Vieilles mines" (Trésor du Nizam d'Hyderabad")

Les routes commerciales des émeraudes historiques



LES ROUTES COMMERCIALES DE L'EMERAUDE

- Route de la soie (18^{ème} siècle Av J.-C. - 15^{ème} siècle Ap. J.-C)
- Route romaine (5^{ème} siècle Av J.-C. - 3^{ème} siècle Ap. J.-C)
- Route Précolombienne (5 - 15^{ème} siècle Ap. J.-C)
- Route conquistadores avant 1571
- Route conquistadores après 1571

L'exploitation des mines de Chivor au XXème siècle

1672-1896 : Les mines sont oubliées pendant près de deux siècles

1896-1911 : Francisco Restrepo les redécouvre et les exploite...

1911-1914 : Fritz Klein rejoint Francisco Restrepo



Verres émeraudes

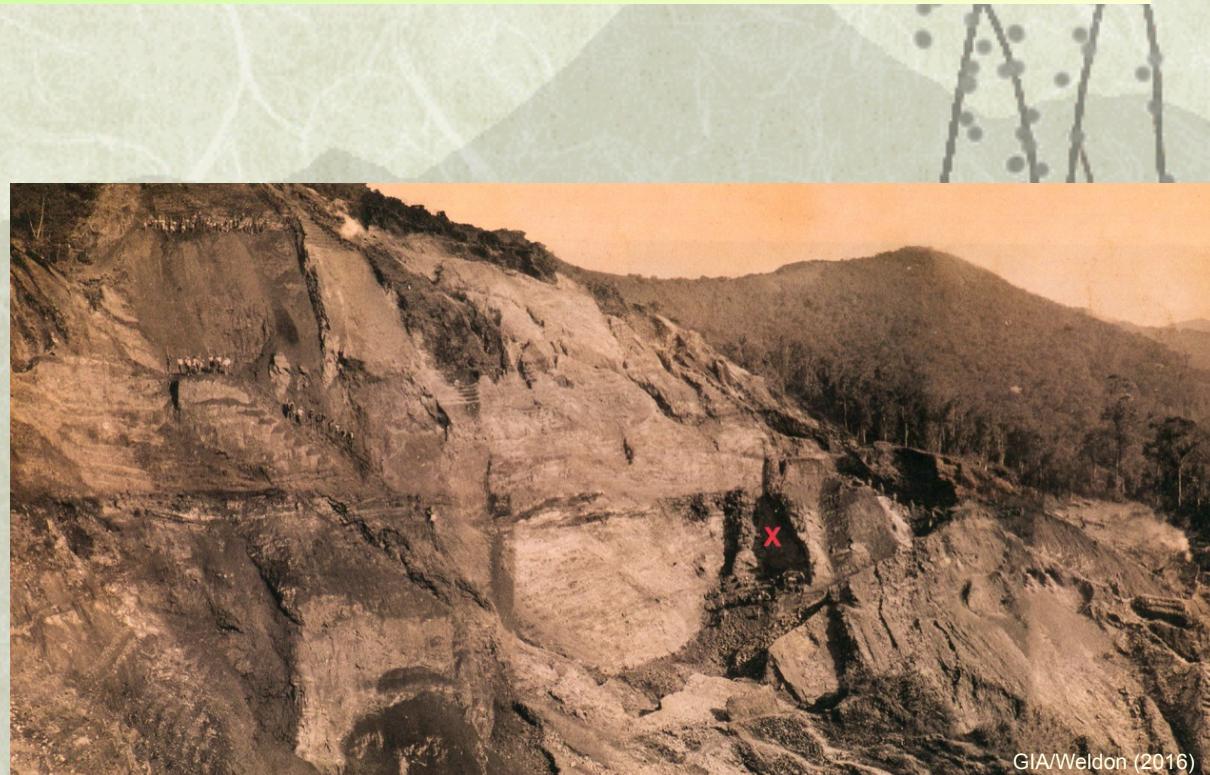
R. Weldon

Livre de Klein (1925) Smaragde Unter dem Urwald. O. Arnold press, Berlin
(Emeraude dans la jungle)

1915-1924 : mines gérées par McFadden

L'exploitation des mines de Chivor au XXème siècle

1926-1931 : mines gérées par Peter W. Rainier aidé par Chris Dixon en 1932



Exploitation des mines vers 1930 (Photo P. Rainier)

Rainier P.W. (1942) Green Fire. Random House, New York.
mis en scène en 1954 avec Grace Kelly et Stewart Grenger

L'exploitation des mines de Chivor au XXème siècle

1932-1936 : Opérations suspendus à cause de fortes agitations

1940-1950 : mines gérées par Anderton

1956-1977 : mines gérées par Bronkie

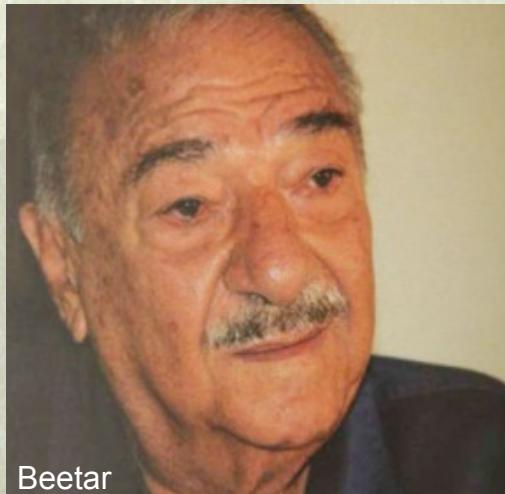


R. Weldon

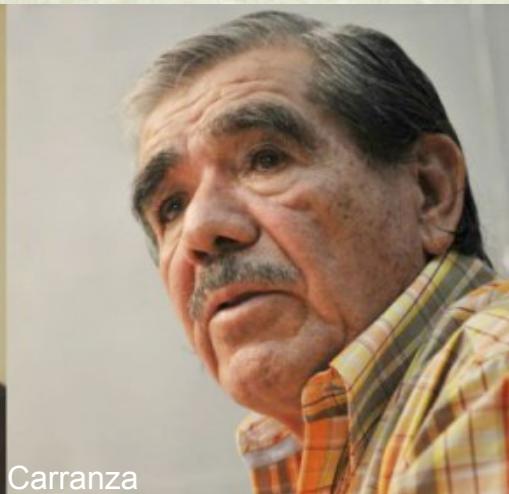
Collier à émeraude de Chivor et diamant,
36.02 ct émeraudes en taille briolette,
18,34 ct autres émeraudes et le diamant
central de 5,03 ct. Pionner Gems

L'exploitation des mines de Chivor au XXème siècle

1977-1981 : propriété des «Mines de Chivor», consortium Beetar, Carranza, frères Quintero



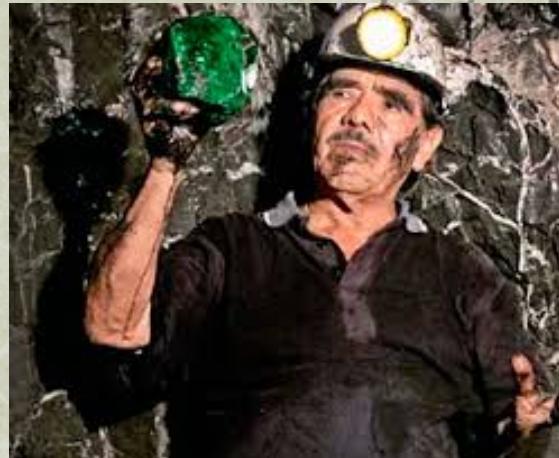
Beetar



Carranza



Victor Quintero



1981- : Propriété de «Inversiones Quintero»

Le Tsar des émeraudes, Victor Carranza,
né en 1935 et mort le 4 avril 2013 (à 77 ans)

L'exploitation des mines de Chivor et Gachalá au XXème siècle



H. et E. Van Pelt

Emeraude Patricia, 650 ct, 6.5x2.5 cm,
Chivor, offerte par Klein au American
Museum of Natural History de New York

Cristaux fameux
El monstro : 16.020 ct
Emilia : 7025 ct



Rock Currier

L'émeraude de Gachalá, 1967, 868 ct, 5 cm, Gachalá

...et du côté de Muzo dans les années 1988-1998...



Le Rio Itoco en 1998

D. Schwarz

...et du côté de Muzo dans les années 1988-1998...



G. Giuliani

Le chantier du Zincho en 1988

LFG 16/05/18



A. Cheilletz

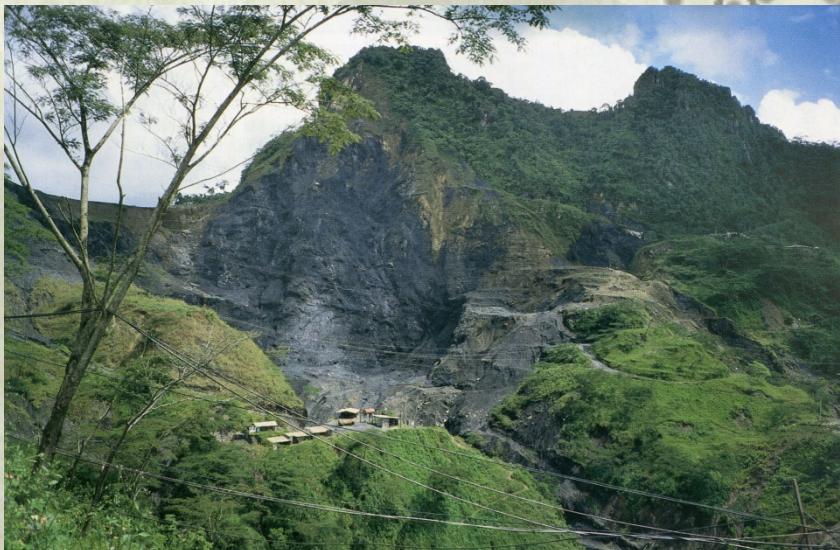
30.000 guaqueiros indépendants en 1993

...et du côté de Cossouz dans les années 1985-1995



1988

Exploitations en carrière



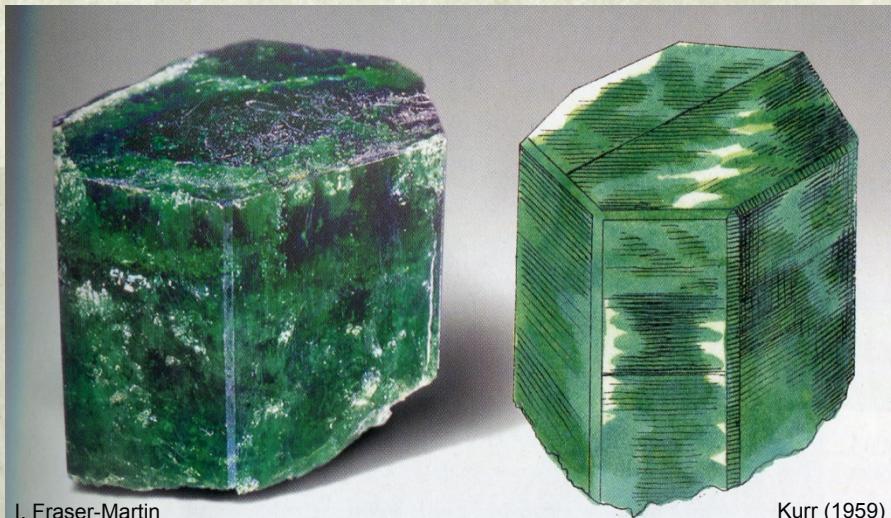
1992



1995

Modification du paysage
et énormes rejets d'argilite et carbonates
dans les vallons et rivières :
formation de barrages artificiels
et pollution argileuse des rivières

...Les cristaux du côté de Muzo et Coscuez



I. Fraser-Martin

Kurr (1959)

Emeraude «Duc de Devonshire», 1383,95 ct, 5x6 cm,
Muzo, offerte par Pierre I du Brésil en 1831 au 6^{ème} duc
du Devonshire William Cavendish



H. et E. Van Pelt

Emeraude de Coscuez, 1759 ct, 8.9x5 cm, découverte
entre 1947-1969, Banco de la Republica, Bogotá,
Musée de l'Or, N°8 de la collection

Et la découverte de la mine de la Pita en 1997

Mine située entre Muzo et Coscuez

2015 : Zuliana De Esmeraldas Ltda



A. Watzl, Mineralogical Record

Cristaux d'émeraude, h = 3,7 cm



R. Weldom, Mineralogical Record

El Itoco, h = 10 cm, 472 ct



Site Web La Pita

Emeraude et calcite, 4 cm

...et la magnificence de l'émeraude au cours du temps



Muiscas



Broche émeraude Hooker, 75,47 ct, 1955,
National Museum, Washington

Conquistadores au
XVI-XVIIème siècle



Custodia de la Iglesia de San Ignacio
de Bogotá « La Lechuga » Musée de l'or



Collier du Maharadja d'Indore (45ct)

R. Weldon

Moghols au XVIIème siècle



... *Enough said*

4



Conclusions

Conférence

Laboratoire Français de Gemmologie

16 mai 2018



Merci de votre attention

C R P G

