ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE LYON

CONCOURS D'ADMISSION SESSION 2014

Filière universitaire: 2nd concours

GEOSCIENCES

Durée : 3 heures

L'usage de calculatrices électroniques de poche à alimentation autonome, non imprimantes et sans document d'accompagnement, est autorisé. Cependant, une seule calculatrice à la fois est admise sur la table ou le poste de travail, et aucun échange n'est autorisé entre les candidats.

Ce livret comprend 9 pages numérotées de 1 à 9

LE SUJET EST A RENDRE AVEC VOTRE COPIE. **LES DOCUMENTS PEUVENT ETRE ANNOTES ET LEGENDES.**

N° Anonymat:

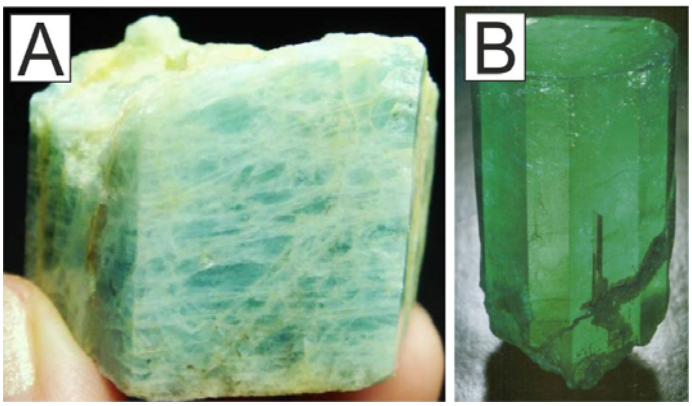
Formation des émeraudes

A. L'émeraude un minéral particulier.

L'émeraude est un minéral de qualité gemme d'un vert profond. C'est une variété de Béryl $Be_3Al_2(Si_6O_{18})$. Il existe au sein du Béryl de nombreuses substitutions: (Na, K) $Be_3R^{3+}R^{2+}(Si_6O_{18})$ R^{3+}=Fe^{3+}, Cr^{3+}, V^{3+} R^{2+}=Fe^{2+}, Mg^{2+}

-A l'aide des documents 1 à 4 vous discuterez pourquoi les émeraudes sont vertes et pourquoi elles sont très prisées?

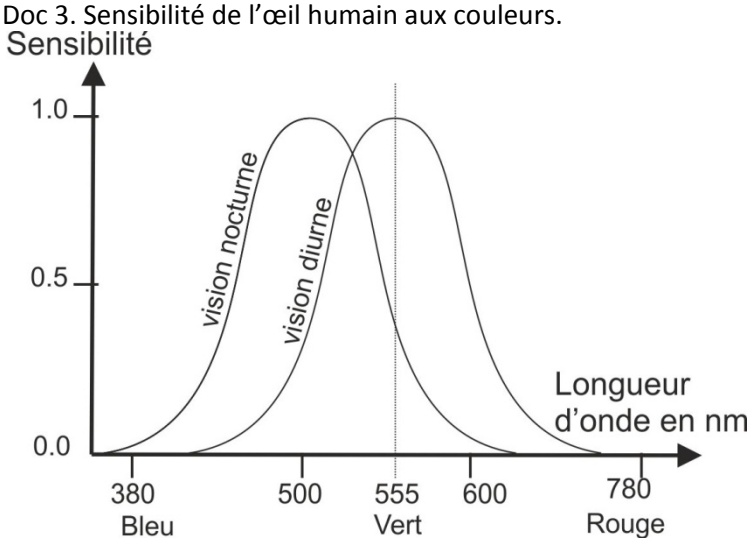
Doc. 1. A: Photographie de Béryl. B: photographie d'émeraude de qualité gemme.



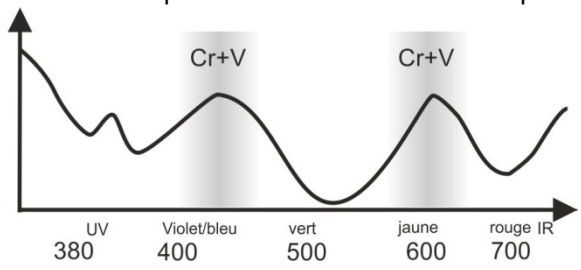
Doc. 2. Analyses de minéraux à la microsonde électronique en wt%.

	Béryl	Emeraude	Emeraude
	Pegmatite	Gemme	Gemme
	Suède	Brazil	Brazil
SiO_2	64,16	63,94	64,23
Al_2O_3	18,73	14,39	17,3
V_2O_3	0	0,07	0,04
Cr_2O_3	0	0,9	0,45
Fe_2O_3	0,28	0,64	0,44
BeO	12,98	13,06	13,32
MgO	0,22	2,81	1,16
Na_2O	1,27	1,65	1,02
K_2O	0,39	0,02	0,02
H_2O	1,46	2,24	1,7
Total	99,49	99,72	99,68

Doc 3. Sensibilité de l'œil humain aux couleurs.



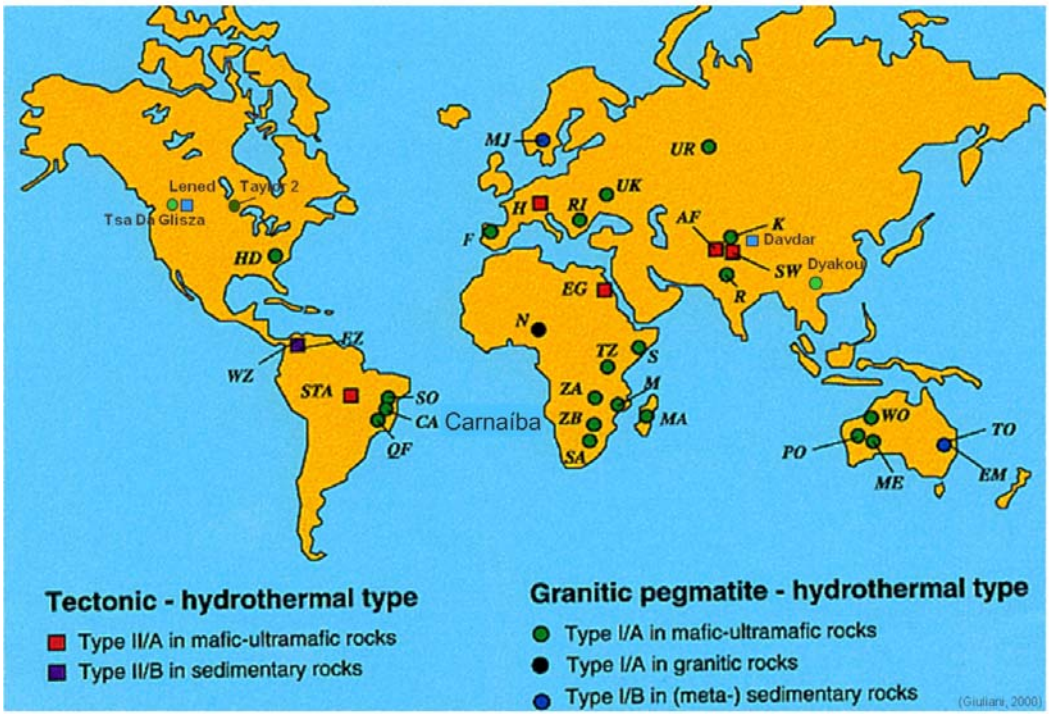
Doc 4: Spectre d'absorption d'une émeraude naturelle selon différentes longueurs d'onde (nm). Le Cr et le V sont responsables des bandes d'absorption entre 400 et 460 nm et entre 580 et 640 nm.



B. Gisements d'émeraude.

-Que penser de la carte des gisements d'émeraude du monde?

Doc**.** 5. Carte mondiale de l'ensemble des gisements d'émeraude (Giuliani, 2000).

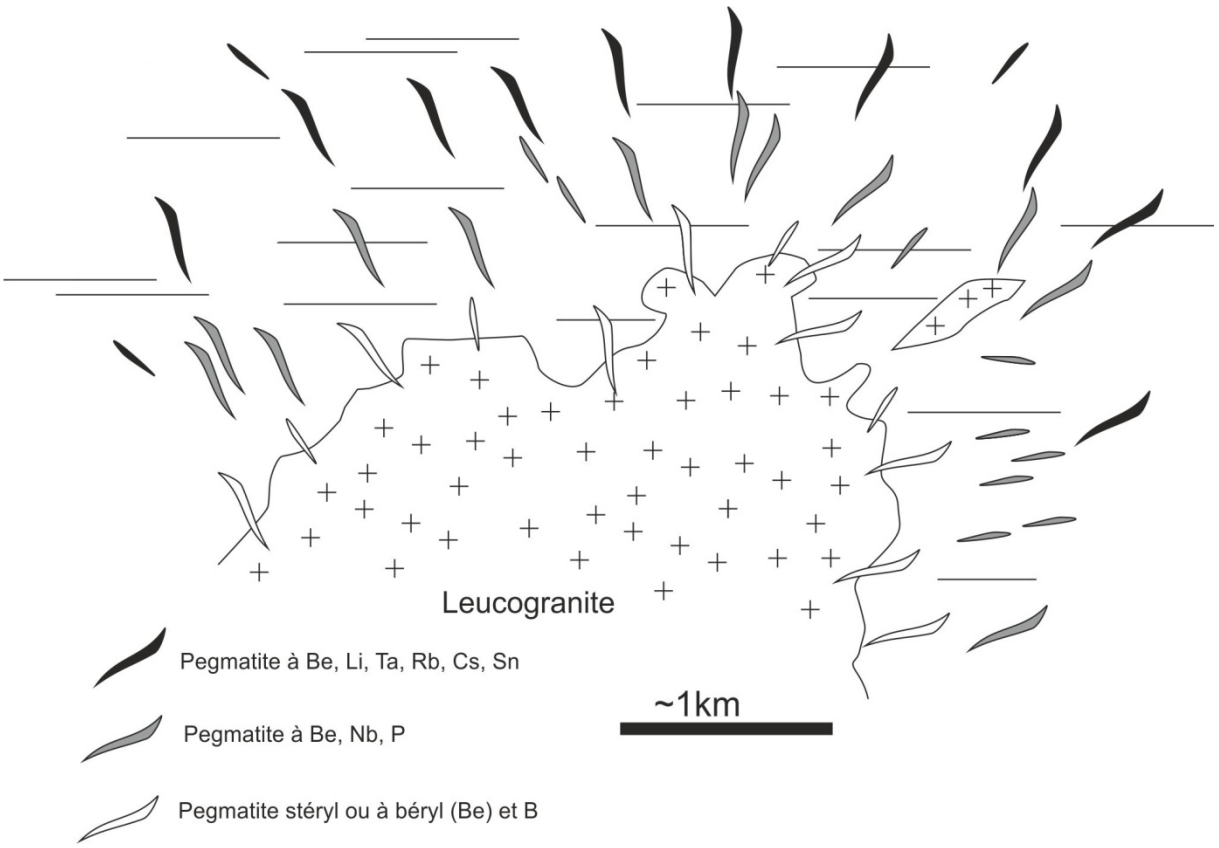


C. Pegmatite.

D'après les documents 6 et 7:
-Définissez ce qu'est une pegmatite.
-Pourquoi ces roches sont-elles si intéressantes économiquement?
-Quels processus géologiques (au moins 2) peuvent contrôler les teneurs anormales en éléments traces?

Doc 6. A: photo d'affleurement de pegmatite (zone blanche sécante). B: Photos de pegmatite dans un granite à petits grains. C: Détail de pegmatite à tourmaline (Silicate de Bore hydraté). Légender les documents.

Doc 7. Coupe géologique verticale idéalisée de la zonalité de pegmatites autour d'un granite (Jébrak & Marcoux, 2008). Légender le document (ordre de cristallisation, isotherme, circulation fluide théorique, etc.)

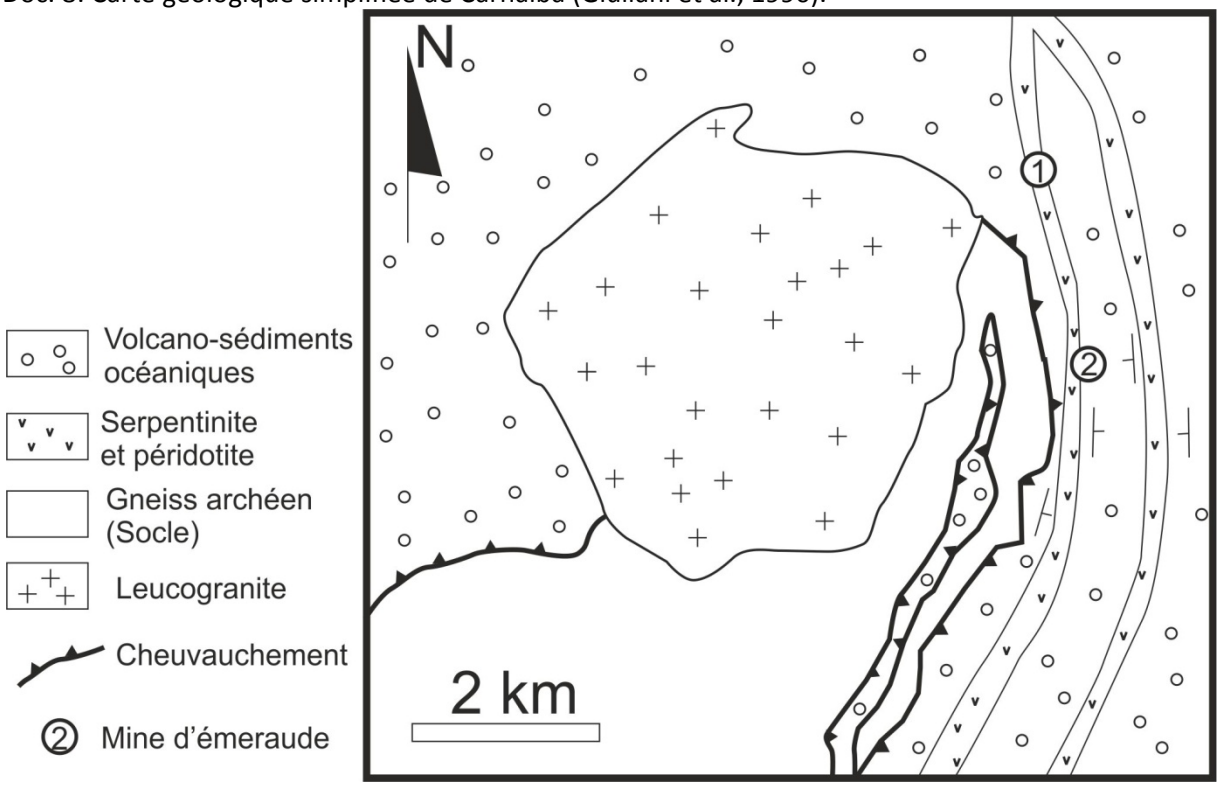


D. Le gisement d'émeraude de Carnaíba, Brésil.

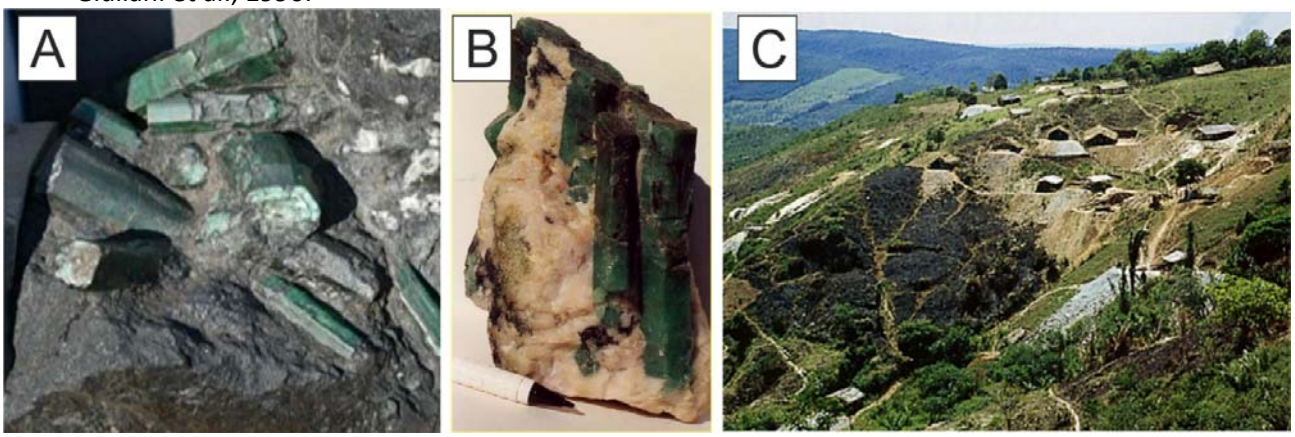
Nous nous intéresserons particulièrement au site d'exploitation d'émeraude de Carnaíba (Docs 8, 9, 10, 11).

-Réalisez à partir du document 8 une coupe géologique "à main levée" Est-Ouest à la hauteur de la mine n°2.
-Décrivez les processus géologiques et le bilan chimique de la coupe verticale de l'affleurement de la mine n°2 (Doc. 10, aidez vous également des formules structurales des minéraux page 8).
-En intégrant les documents pertinents, proposez un modèle génétique de formation des émeraudes.

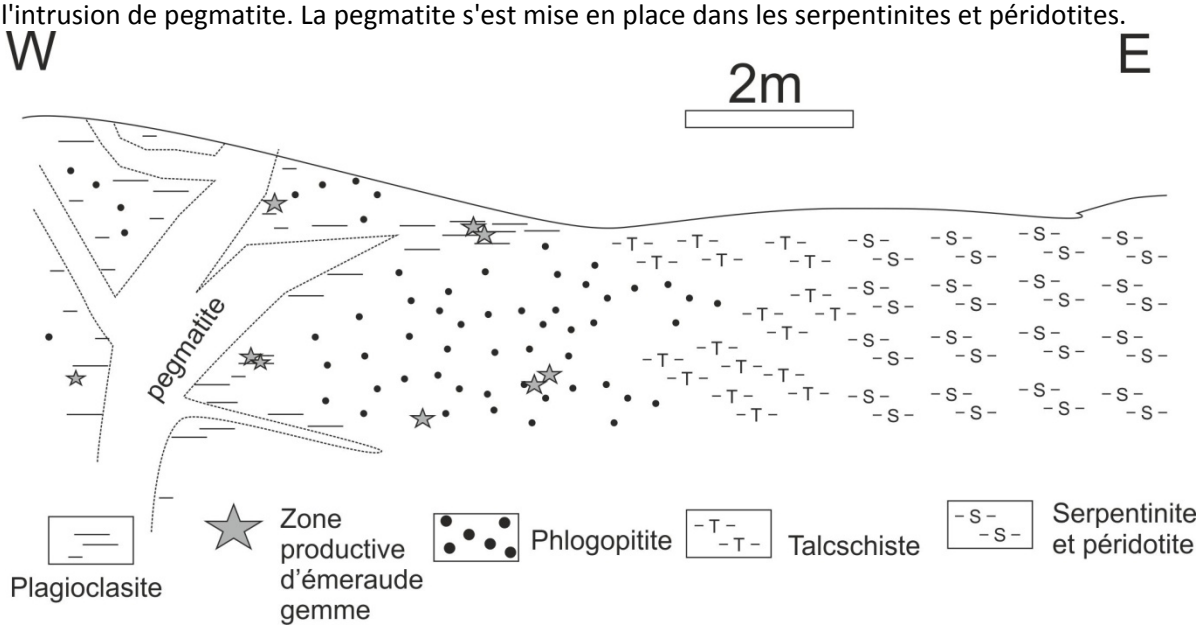
Doc. 8: Carte géologique simplifiée de Carnaíba (Giuliani et al., 1990).



Doc. 9. A: Phlogopitite à émeraude. B: Plagioclasite à émeraude. C: Zone d'extraction de Carnaíba. Giuliani et al., 1990.



Doc 10: Coupe verticale d'une mine d'émeraude montrant la modification des roches proches de l'intrusion de pegmatite. La pegmatite s'est mise en place dans les serpentinites et péridotites.



Doc. 11. Analyse roche totale en éléments majeurs (wt%) et en éléments traces (ppm), et liste de minéraux de différentes roches (Granite, Pegmatite, manteau sous océanique Harzburgite et lherzolite).

	Granite	Pegmatite	Manteau sous océanique	Manteau sous océanique
	Quartz	Quartz	Olivine	Olivine
	Feldspaths potassiques	Feldspaths potassiques	Clinopyroxène	Clinopyroxène
	Plagioclase	Plagioclase	Orthopyroxène	Orthopyroxène
	Biotite	Tourmaline	Spinelle	Spinelle
			Harzburgite	lherzolite
SiO_2	74,04	70,54	43,44	45,87
Al_2O_3	14,94	15,38	0,81	3,12
Fe_2O_3	0,64	0,04	8,69	8,02
MnO	0,02	1,1	0,12	0,13
MgO	0,15	0,02	45,07	39,46
CaO	0,43	0,05	1,04	3,09
Na_2O	4,13	0,77	bdl	0,1
K_2O	3,99	9,5	bdl	bdl
TiO_2	0,05	0,04	0,01	0,08
LOI	1,5	2,5	0	0
Total	99,89	99,94	99,18	99,87
Trace élément (ppm)				
Be	75	3491	bdl	bdl
Ta	2	187	bdl	bdl
Cr	bdl	bdl	2340	2420
V	bdl	bdl	49	75

bdl: bellow detection limit

Liste de minéraux et leur formule structurale

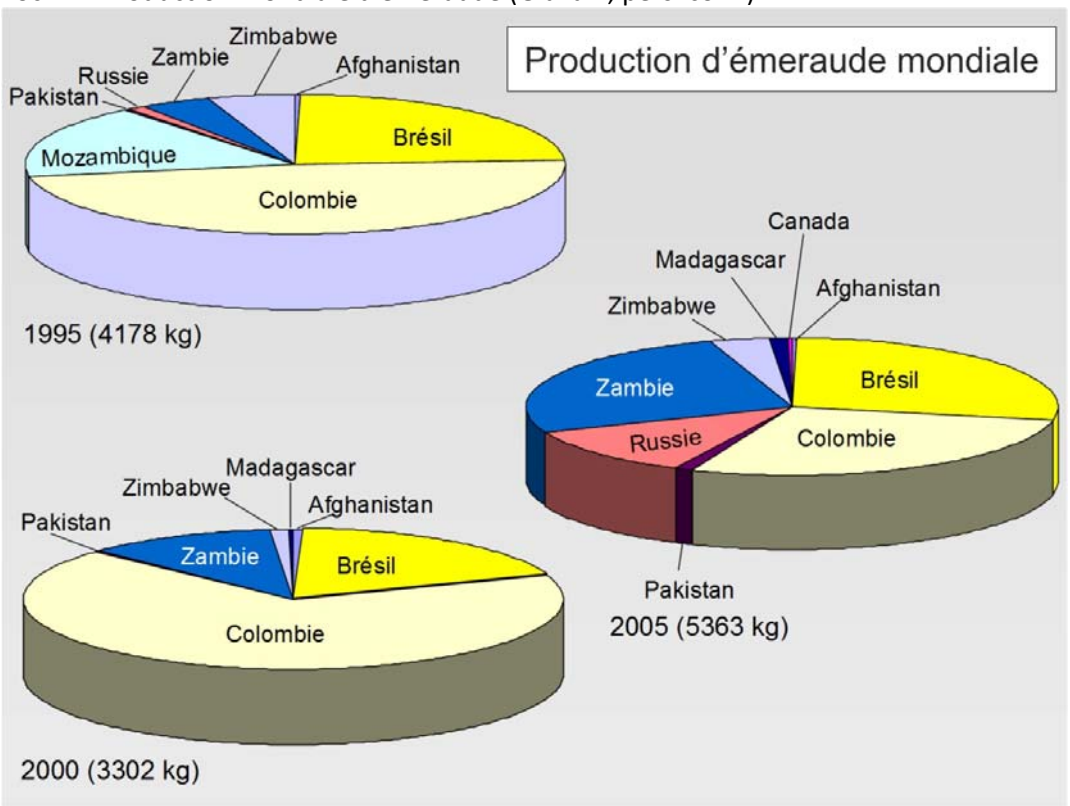
Plagioclase $CaAl_2Si_2O_8$
Feldspath potassique $KAlSi_3O_8$
Béryl $Be_3Al_2Si_6O_{18}$
Phlogopite $KMg_3AlSi_3O_{10}$ (OH)
Talc $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
Serpentine $(Fe,Mg)_3Si_2O_5(OH)_4$
Spinelle $FeCr_2O_4$
Orthopyroxène $(Mg,Fe)_2Si_2O_6$
Clinopyroxène $Ca(Mg,Fe)Si_2O_6$
Olivine $(Mg,Fe)_2SiO_4$

E. Production mondiale.

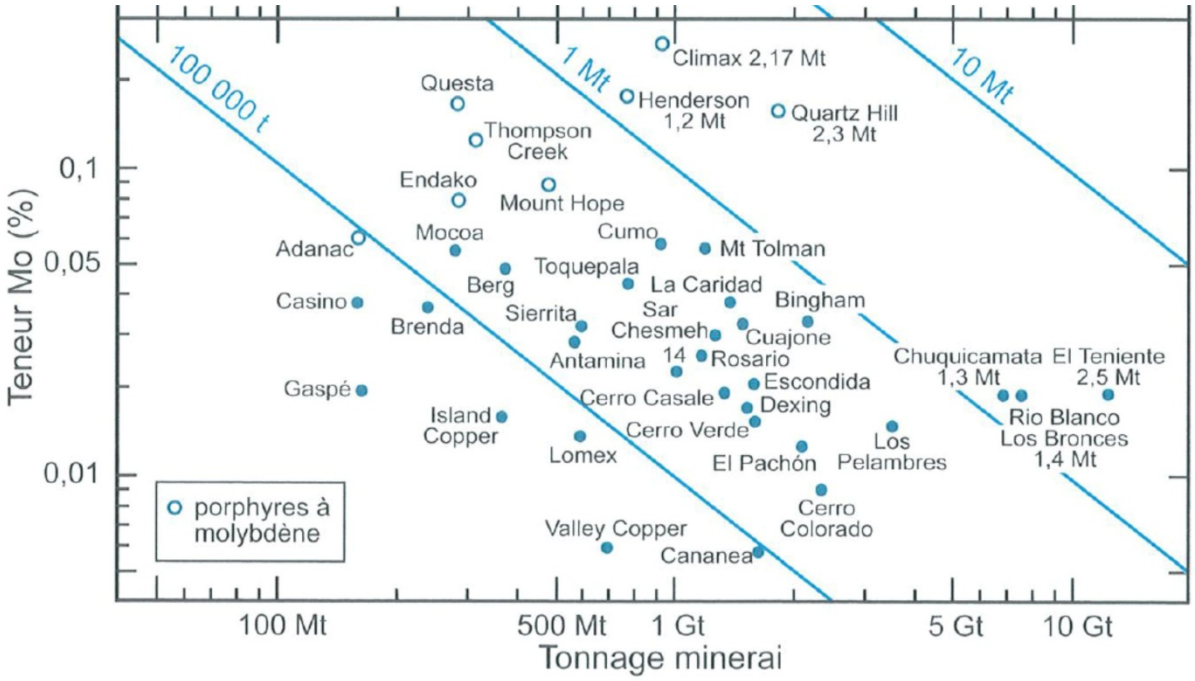
Le prix des émeraudes varie selon leur qualité de 300 à 5000 euros le carat pour de bons cristaux et jusqu'à 100000 euros et plus le carat pour les cristaux de grande taille et de très bonne qualité (un carat = 0,2 g). La poudre d'oxyde de molybdène (Mo) atteint les 14 euros la livre (0,45 kg).

-Discutez la production mondiale d'émeraude en 1995, 2000 et 2005 (Doc. 12).
-La teneur est la concentration d'oxyde de Mo dans un minerai, le tonnage est la quantité totale potentiellement disponible de ce minerai (Doc. 13). Calculer le potentiel économique de la mine de Thompson Creek.
- Comparez au premier ordre les différences des gisements de minerais de Mo et de gisement d'émeraude.
- Comparez également les modes d'exploitation des émeraudes et des minerais de Mo.

Doc. 12: Production mondiale d'émeraude (Giuliani, pers. com.).



Doc. 13: Gisements d'intérêt économique de minerais à Mo, concernant uniquement la côte Ouest de l'Amérique (Jébrak & Marcoux, 2008). Le minerai de Mo est associé à des porphyres (granites) liés à la zone de subduction Ouest-américaine.



Références.

Jébrak, M. & Marcoux, E. 2008. Géologie des ressources minérales. Québec. ISBN 9782551237371 https://www.gac.ca/publications/view_pub.php?id=195

Giuliani, G., Silva, L. J. H. D., & Couto, P. 1990. Origin of emerald deposits of Brazil. Mineralium Deposita, 25, 57–64.

Giuliani, G. 2000. Emerald. In McGraw-Hill yearbook of Science and Technology 2001: comprehensive coverage of recent events and research as compiled by the staff of the McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology (pp. 92–94).