

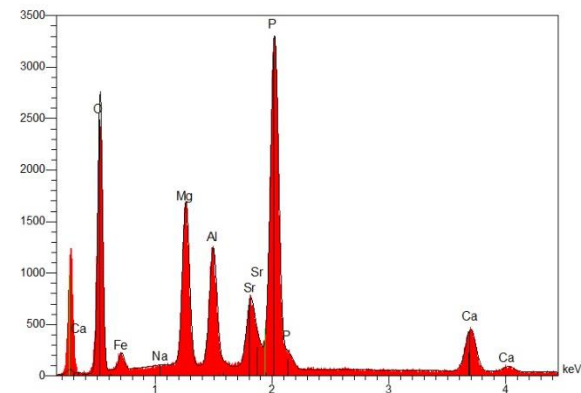
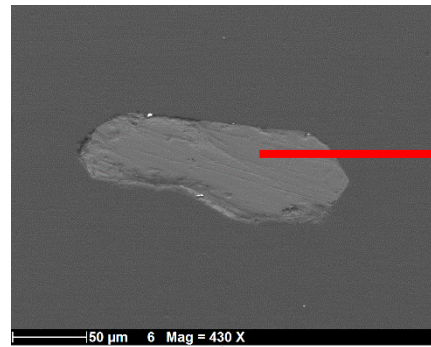
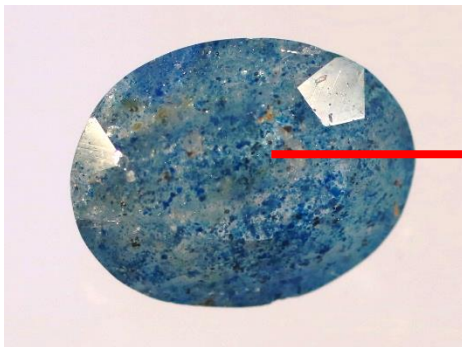
Définition d'un phosphate d'Al, Mg, Fe, Ca, Sr : EDS pour trouver une nouvelle espèce minérale, WDS pour la définir.

Benjamin Rondeau¹, Nicolas Stéphent², Constance Boulet³, Emmanuel Fritsch²

¹ Laboratoire de Planétologie et Géodynamique, univ. Nantes, UMR-CNRS 6112

² Institut des Matériaux Jean Rouxel, Univ. Nantes

³ Centre de Recherches Gemmologiques, univ. Nantes

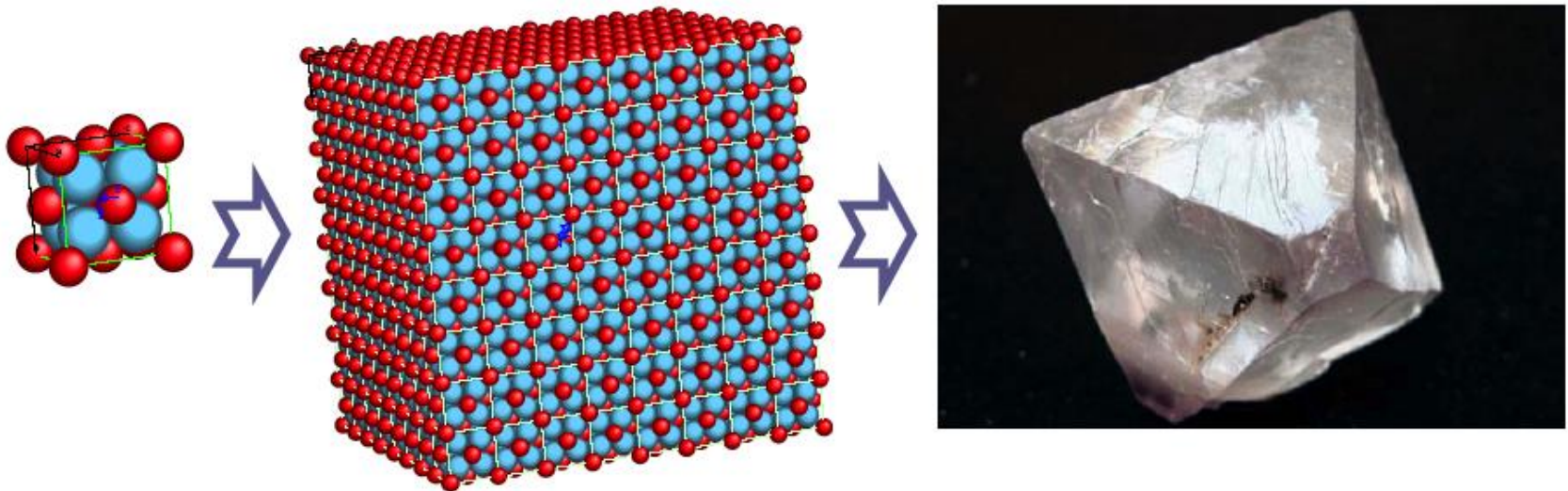


quartzite à lazulite de Madagascar

Préambule :

espèce minérale naturelle = structure + chimie

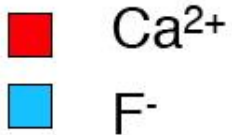
La Fluorine (CaF₂)



La maille

Assemblage
tridimensionnel
tripériodique des mailles

Le cristal macroscopique

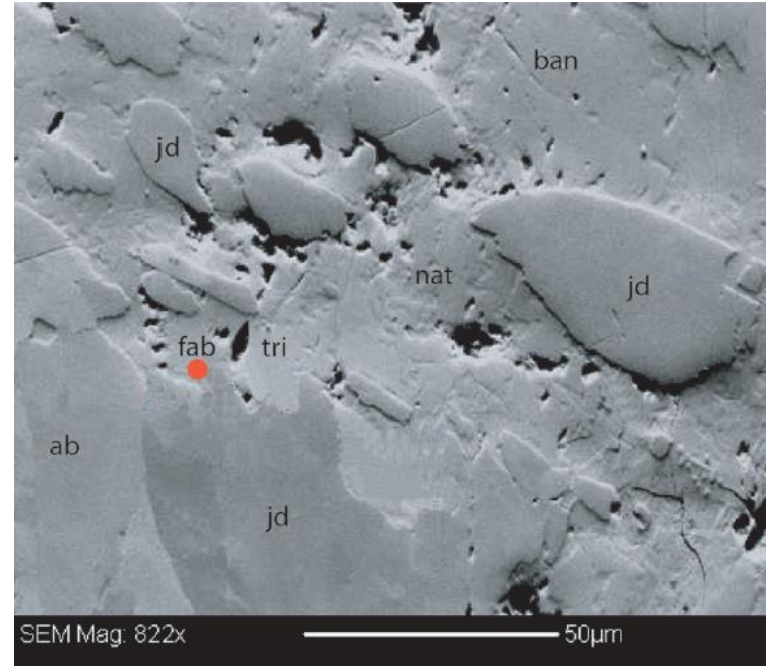


Préambule :

environ 5000 espèces naturelles décrites,
la plupart très rares



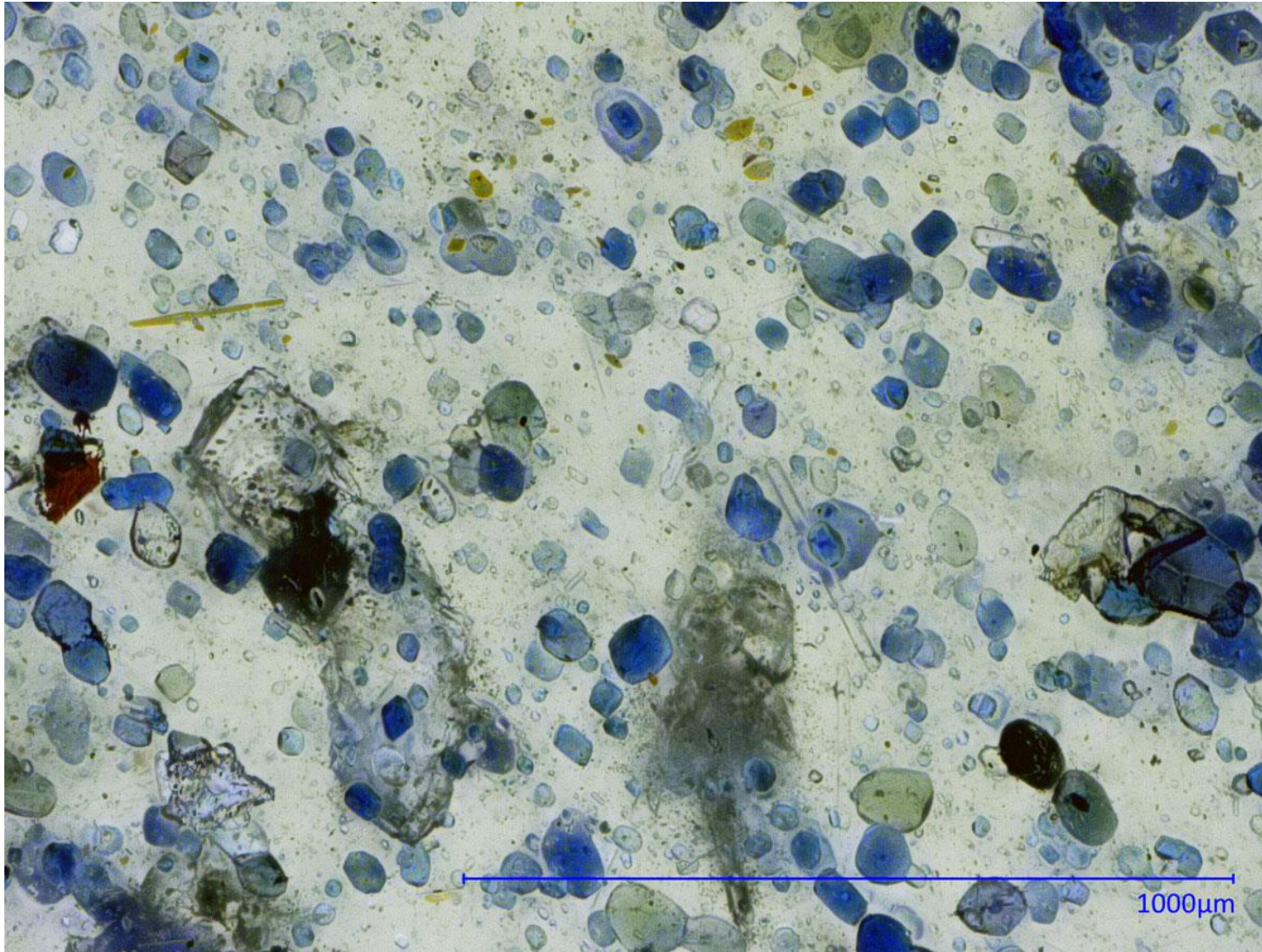
quartz : SiO_2 , hexagonal



fabrièsite : $\text{Na}_3\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, orthorhombique

État des connaissances

quartzite à lazulite d'Itrema, Madagascar, roche métamorphique



lazulite
ilmenite
titanomagnétite
rutile
zircon
monazite-Ce
xenotime
célestite
hematite
anhydrite
clinoamphibole
muscovite
svanbergite
kyanite
apatite
augelite
trolleite
goyazite
crandallite
berlinite
dumortierite
tourmaline
arrojadite(Sr-Fe)
cassitérite ?
.....

identification : MEB-EDS + spectrométrie Raman

Microscopie optique



inclusion : transparente, brun-rose très clair

Cristal automorphe

anisotrope (biréfringente), extinction oblique => monoclinique ou triclinique

Micro-analyse:

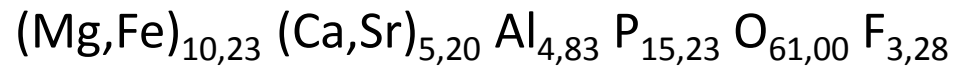
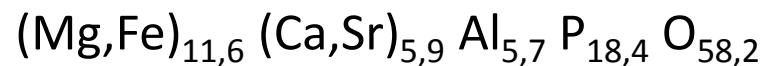
1) EDS, quanti

Elt	P%	A%
Mg	7,38	8,57
Fe	6,01	3,04
Ca	4,99	3,52
Sr	7,63	2,46
Al	5,52	5,77
P	20,22	18,41
O	33,04	58,25
<i>total</i>	<i>84,79</i>	<i>100</i>

2) WDS, quanti

Elt	P%	A%	σ
Mg	7,72	7,37	0,21
Fe	6,90	2,85	0,08
Ca	5,46	3,14	0,14
Sr	7,86	2,06	0,18
Al	5,64	4,83	0,26
P	20,35	15,23	0,33
O	42,09	61,00	0,36
F	2,70	3,28	0,20
<i>total</i>		<i>100</i>	

formule structurale brute :



formule structurale possible : $(\text{Mg,Fe})_2 (\text{Ca,Sr}) \text{Al} (\text{PO}_4)_3 \text{F}_{0,65}$

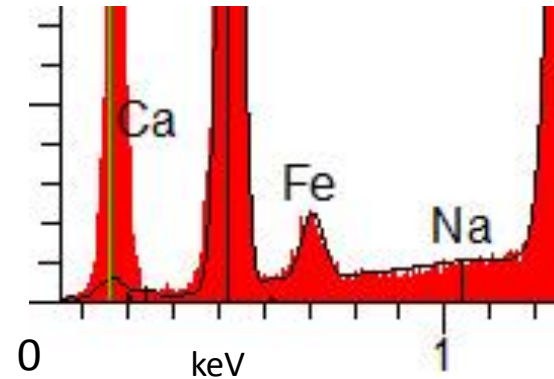
mais : oxygène sous-estimé
(58% mesuré pour 84% attendu)

oxygène parfait
manque 0,65 charge positive

Fluor or not Fluor ?

$K\alpha$ du fluor = 0,677 eV

$L\alpha$ du fer = 0,704 eV et $L\beta_1$ = 0,717

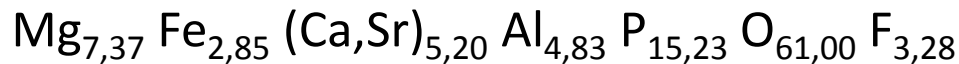


* EDS : 125 eV de résolution, Fluor et fer « confondus »

* WDS : 10 eV de résolution, Fluor et fer bien distingués =>
pas de doute : Fluor = OUI.

Charge positive manquante. Fer trivalent ? élément léger ?

1) fer trivalent



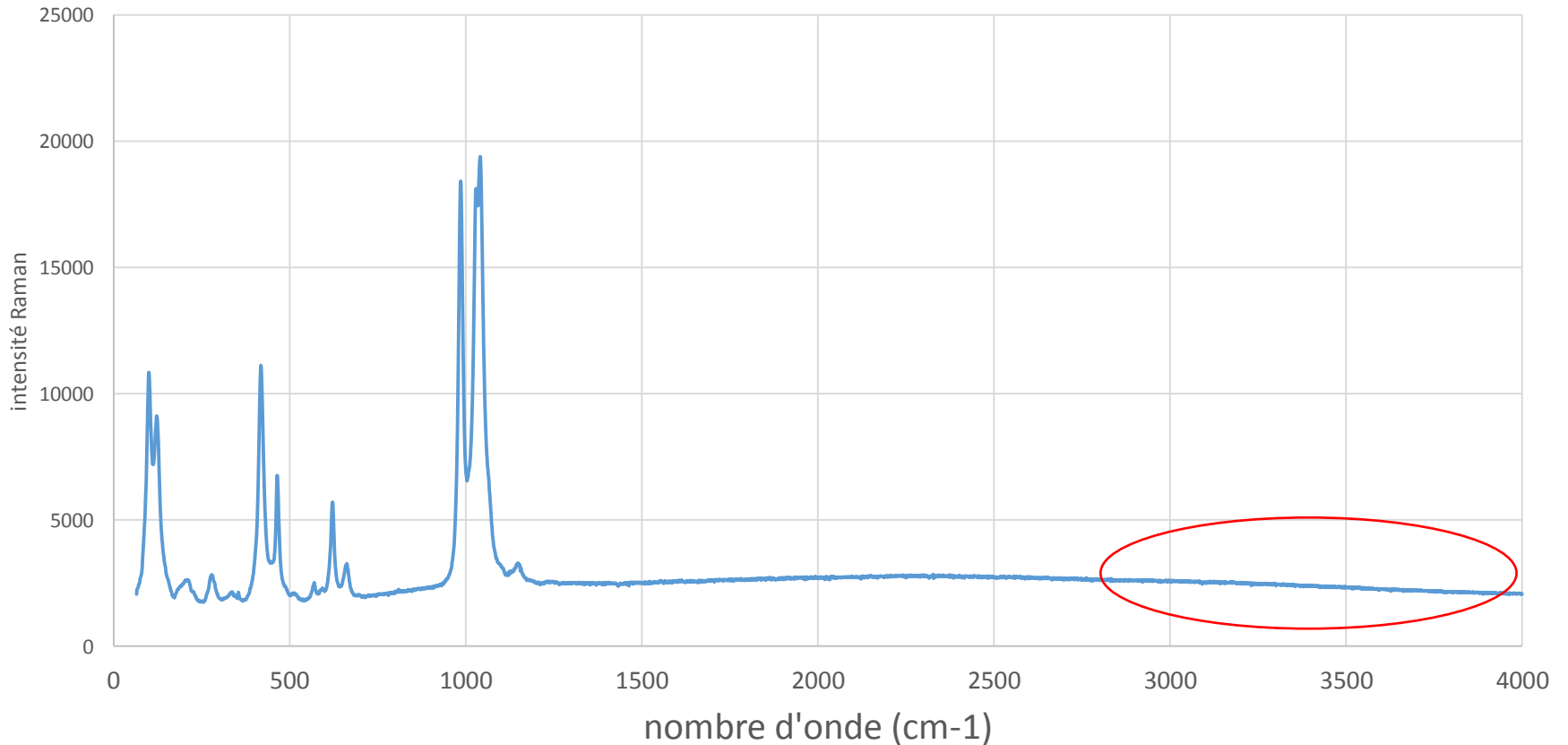
formule structurale possible : $\text{Mg}_3 (\text{Ca,Sr})_2 (\text{Al,Fe})_3 (\text{PO}_4)_6 \text{F}$

2) hydrogène : spectrométrie Raman

3) Lithium, Béryllium, Bore : LA-ICPMS

Spectrométrie Raman

zone de l'eau : aucun signal, donc *a priori* ni H_2O ni OH .



LA-ICPMS

Be < 3 ppm

Li < 3 ppm

tous sous la limite de détection

B < 180 ppm

reste l'hypothèse de H isolé, dans la structure PO_4

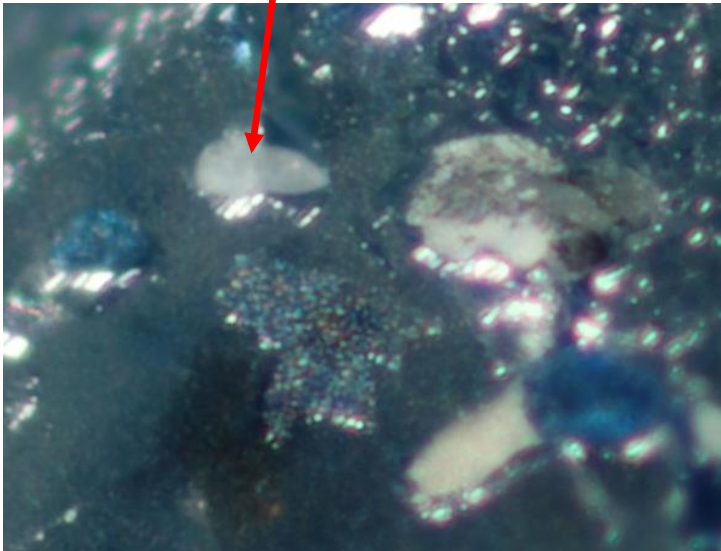
exemple : arrojadite $\{\text{Sr}\square\}\{\text{Fe}^{2+}\square\}\{\text{Ca}\}\{\text{Na}_2\square\}\{\text{Fe}_{13}^{2+}\}\{\text{Al}\}(\text{PO}_4)_{11}(\text{HPO}_4)(\text{OH})_2$

Structure

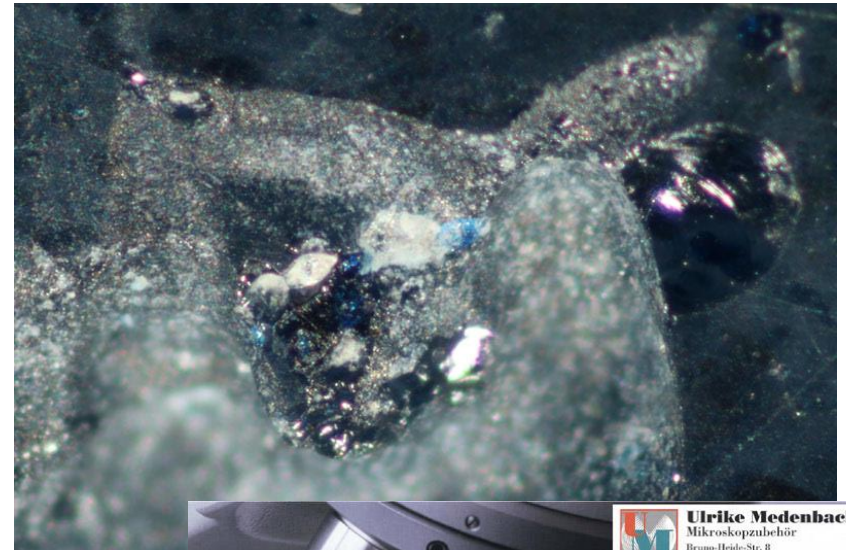
diffraction des rayons X

=> isoler un monocristal

1) Dissolution du quartz
dans HF : raté !



2) extraction mécanique

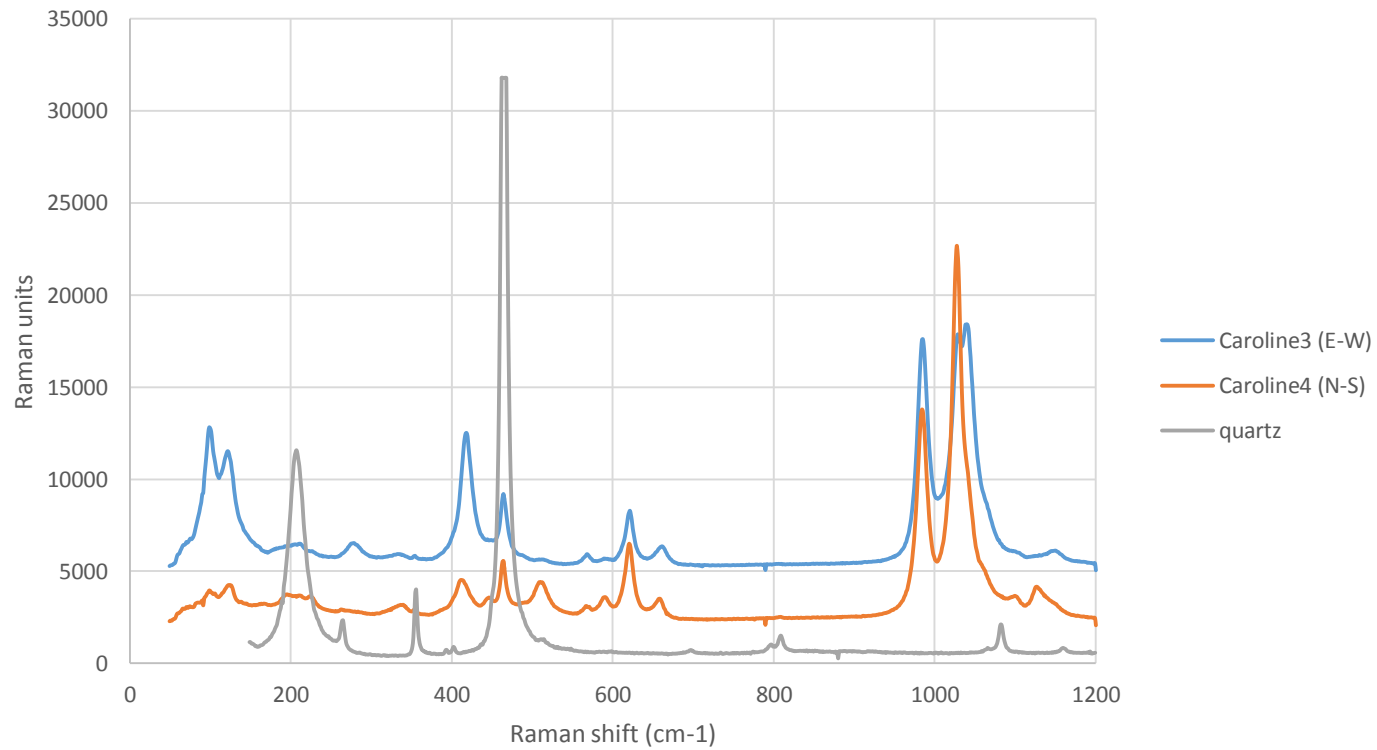


A suivre !

Raman

Plusieurs modes très pléochroïques

spectres orientés sur Caroline



Chemical Search - Results for query

Minerals that include P, O, Al, Mg

Aldermanite	Mg ₅ Al ₁₂ (PO ₄) ₈ (OH) ₂₂ · 32H ₂ O
Angastonite	CaMgAl ₂ (PO ₄) ₂ (OH) ₄ · 7H ₂ O
Bjarebyite	(Ba,Sr)(Mn ²⁺ ,Fe ²⁺ ,Mg) ₂ Al ₂ (PO ₄) ₃ (OH) ₃
'Bořickýite'	(Ca,Mg)(Fe ³⁺ ,Al) ₄ (PO ₄ SO ₄ CO ₃) ₂ (OH) ₈ · 3-7.5H ₂ O
Ferrowyllite	(Na,Ca,Mn)(Fe,Mn)(Fe,Fe,Mg)Al(PO ₄) ₃
'Ferrowyllite-Rosemaryite Series'	(Na,Ca,Mn)(Fe ²⁺ ,Mn)(Fe ²⁺ ,Fe ³⁺ ,Mg)Al(PO ₄) ₃ - (Na,CaMn ²⁺)(Mn ²⁺ ,Fe ²⁺)(Fe ³⁺ ,Fe ²⁺ ,Mg)Al(PO ₄) ₃
'Ferrowyllite-Wyllieite Series'	(Na,Ca,Mn)(Fe ²⁺ ,Mn)(Fe ²⁺ ,Fe ³⁺ ,Mg)Al(PO ₄) ₃ - (Na,Ca,Mn ²⁺)(Mn ²⁺ ,Fe ²⁺)(Fe ²⁺ ,Fe ³⁺ ,Mg)Al(PO ₄) ₃
Gordonite	MgAl ₂ (PO ₄) ₂ (OH) ₂ · 8H ₂ O
Gormanite	(Fe ²⁺ ,Mg) ₃ (Al,Fe ³⁺) ₄ (PO ₄) ₄ (OH) ₆ · 2H ₂ O
Griphite	Na ₄ Li ₂ Ca ₆ (Mn ²⁺ ,Fe ²⁺ ,Mg) ₁₉ Al ₂ (PO ₄) ₂₄ (F,OH) ₈
Kastningite	(Mn ²⁺ ,Fe ²⁺ ,Mg)Al ₂ (PO ₄) ₂ (OH) ₂ · 8H ₂ O
Krasnovite	Ba(Al,Mg)(PO ₄ CO ₃)(OH) ₂ · H ₂ O
Kulanite	Ba(Fe ²⁺ ,Mn ²⁺ ,Mg) ₂ (Al,Fe ³⁺) ₂ (PO ₄) ₃ (OH) ₃
Lavoisierite	Mn ₈ ²⁺ [Al ₁₀ (Mn ³⁺ Mg)]Si ₁₁ P ₁₀ O ₄₄ (OH) ₁₂
Lazulite	(Mg,Fe ²⁺)Al ₂ (PO ₄) ₂ (OH) ₂
Lulzacite	Sr ₂ Fe ²⁺ (Fe ²⁺ ,Mg) ₂ Al ₄ (PO ₄) ₄ (OH) ₁₀
Lun'okite	(Mn,Ca)(Mg,Fe,Mn)Al(PO ₄) ₂ OH · 4H ₂ O
Mantiennite	KMg ₂ Al ₂ Ti(PO ₄) ₄ (OH) ₃ · 15H ₂ O
Matioliite	NaMgAl ₄ (PO ₄) ₄ (OH) ₆ · 2H ₂ O
Montgomeryite	Ca ₄ MgAl ₄ (PO ₄) ₆ (OH) ₄ · 12H ₂ O
Overite	CaMgAl(PO ₄) ₂ (OH) · 4H ₂ O
Parwanite	(Na,K)(Mg,Ca) ₄ Al ₈ (PO ₄) ₈ (CO ₃)(OH) ₇ · 30H ₂ O
Paulkerrite	K(Mg,Mn ²⁺) ₂ (Fe ³⁺ ,Al,Ti,Mg) ₂ Ti(PO ₄) ₄ (OH) ₃ · 15H ₂ O
Penikisite	Ba(Mg,Fe ²⁺ ,Ca) ₂ Al ₂ (PO ₄) ₃ (OH) ₃
Qingheite	NaMn ³⁺ Mg(Al,Fe ³⁺)(PO ₄) ₃
Qingheite-(Fe2+)	Na ₂ Fe ²⁺ MgAl(PO ₄) ₃
Rittmannite	((Mn ²⁺ ,Ca)Mn ²⁺)(Fe ²⁺ ,Mn ²⁺ ,Mg) ₂ ((Al,Fe ³⁺) ₂)(PO ₄) ₄ (OH) ₂ · 8H ₂ O
Rosemaryite	(Na,Ca,Mn)(Mn,Fe ²⁺)(Fe ³⁺ ,Mg)Al(PO ₄) ₃
'Rosemaryite-Wyllieite Series'	(Na,Ca,Mn ²⁺)(Mn ²⁺ ,Fe ²⁺)(Fe ³⁺ ,Fe ²⁺ ,Mg)Al(PO ₄) ₃ - (Na,Ca,Mn ²⁺)(Mn ²⁺ ,Fe ²⁺)(Fe ²⁺ ,Fe ³⁺ ,Mg)Al(PO ₄) ₃
Souzalite	(Mg,Fe ²⁺) ₃ (Al,Fe ³⁺) ₄ (PO ₄) ₄ (OH) ₆ · 2H ₂ O
Tululite	Ca ₁₄ (Fe ³⁺ ,Al)(Al,Zn,Fe ³⁺ ,Si,P,Mn,Mg) ₁₅ O ₃₆
Whiteite-(CaFeMg)	(Ca)((Fe ²⁺ ,Mn ²⁺))Mg ₂ ((Al ₂)(PO ₄) ₂ (OH) ₂ · 8H ₂ O
Whiteite-(CaMnMg)	(Ca)(Mn ²⁺)(Mg ₂)(Al ₂)(PO ₄) ₂ (OH) ₂ · 8H ₂ O
Whiteite-(MnFeMg)	((Mn ²⁺ ,Ca)((Fe ²⁺ ,Mn ²⁺))Mg ₂ (Al ₂)(PO ₄) ₂ (OH) ₂ · 8H ₂ O
'Whiteite-(MnMnMg)'	MnMnMg ₂ Al ₂ (PO ₄) ₄ (OH) ₂ · 8H ₂ O
Wyllieite	(Na,Ca,Mn)(Mn,Fe)(Fe,Mg)Al(PO ₄) ₃

Mindat

Chemical Search - Results for query

Minerals that include O, P, Al, Ca, Mg, Sr, Fe

[Click here to select a new chemical element search](#)

Critère de sélection :

- Ni H2O ni OH
- Al / P = 1/3

Viennent :

les minéraux du groupe de la **wyllieite-rosemaryite**, (Na,Ca,Mn)(Mn,Fe)(Fe,Mg)Al(PO₄)₃ anhydre
Pas mal du tout, sauf pour le fluor.

Lun'okite et **overite**, dont les cations sont bons mais pas les proportions, et qui sont hydratés + hydroxylés.

Griphite : pas mal du tout à part le Na, et Li?
Qingheite(Fe2+) : manque un site pour Ca et un pour F

Chemical Search - Results for query

Minerals that include P, Al, O, Ca, Mg

Angastonite	$\text{CaMgAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
'Bořickýte'	$(\text{Ca},\text{Mg})(\text{Fe}^{3+},\text{Al})_4(\text{PO}_4,\text{SO}_4,\text{CO}_3)_2(\text{OH})_8 \cdot 3-7.5\text{H}_2\text{O}$
Ferrowyllieite	$(\text{Na},\text{Ca},\text{Mn})(\text{Fe},\text{Mn})(\text{Fe},\text{Fe},\text{Mg})\text{Al}(\text{PO}_4)_3$
'Ferrowyllieite-Rosemaryite Series'	$(\text{Na},\text{Ca},\text{Mn})(\text{Fe}^{2+},\text{Mn})(\text{Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Mg})\text{Al}(\text{PO}_4)_3 - (\text{Na},\text{CaMn}^{2+})(\text{Mn}^{2+},\text{Fe}^{2+})(\text{Fe}^{3+},\text{Fe}^{2+},\text{Mg})\text{Al}(\text{PO}_4)_3$
'Ferrowyllieite-Wyllieite Series'	$(\text{Na},\text{Ca},\text{Mn})(\text{Fe}^{2+},\text{Mn})(\text{Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Mg})\text{Al}(\text{PO}_4)_3 - (\text{Na},\text{Ca},\text{Mn}^{2+})(\text{Mn}^{2+},\text{Fe}^{2+})(\text{Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Mg})\text{Al}(\text{PO}_4)_3$
Griphite	$\text{Na}_4\text{Li}_2\text{Ca}_6(\text{Mn}^{2+},\text{Fe}^{2+},\text{Mg})_{19}\text{Al}_8(\text{PO}_4)_{24}(\text{F},\text{OH})_8$
Lun'okite	$(\text{Mn},\text{Ca})(\text{Mg},\text{Fe},\text{Mn})\text{Al}(\text{PO}_4)_2\text{OH} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Montgomeryite	$\text{Ca}_4\text{MgAl}_4(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Overite	$\text{CaMgAl}(\text{PO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Parwanite	$(\text{Na},\text{K})(\text{Mg},\text{Ca})_4\text{Al}_8(\text{PO}_4)_8(\text{CO}_3)(\text{OH})_7 \cdot 30\text{H}_2\text{O}$
Penikisite	$\text{Ba}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+},\text{Ca})_2\text{Al}_2(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_3$
Rittmannite	$\{(\text{Mn}^{2+},\text{Ca})\}\{\text{Mn}^{2+}\}\{(\text{Fe}^{2+},\text{Mn}^{2+},\text{Mg})_2\}\{\text{Al},\text{Fe}^{3+}\}_2\{\text{PO}_4\}_4(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Rosemaryite	$(\text{Na},\text{Ca},\text{Mn})(\text{Mn},\text{Fe}^{2+})(\text{Fe}^{3+},\text{Mg})\text{Al}(\text{PO}_4)_3$
'Rosemaryite-Wyllieite Series'	$(\text{Na},\text{Ca},\text{Mn}^{2+})(\text{Mn}^{2+},\text{Fe}^{2+})(\text{Fe}^{3+},\text{Fe}^{2+},\text{Mg})\text{Al}(\text{PO}_4)_3 - (\text{Na},\text{Ca},\text{Mn}^{2+})(\text{Mn}^{2+},\text{Fe}^{2+})(\text{Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Mg})\text{Al}(\text{PO}_4)_3$
Tululite	$\text{Ca}_{14}(\text{Fe}^{3+},\text{Al})(\text{Al},\text{Zn},\text{Fe}^{3+},\text{Si},\text{P},\text{Mn},\text{Mg})_{15}\text{O}_{36}$
Whiteite-(CaFeMg)	$\{\text{Ca}\}\{(\text{Fe}^{2+},\text{Mn}^{2+})\}\{\text{Mg}_2\}\{\text{Al}_2\}\{\text{PO}_4\}_4(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Whiteite-(CaMnMg)	$\{\text{Ca}\}\{\text{Mn}^{2+}\}\{\text{Mg}_2\}\{\text{Al}_2\}\{\text{PO}_4\}_4(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Whiteite-(MnFeMg)	$\{(\text{Mn}^{2+},\text{Ca})\}\{(\text{Fe}^{2+},\text{Mn}^{2+})\}\{\text{Mg}_2\}\{\text{Al}_2\}\{\text{PO}_4\}_4(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Wyllieite	$(\text{Na},\text{Ca},\text{Mn})(\text{Mn},\text{Fe})(\text{Fe},\text{Mg})\text{Al}(\text{PO}_4)_3$

RRUFF-IMA

Search:

IMA Approved Minerals Only

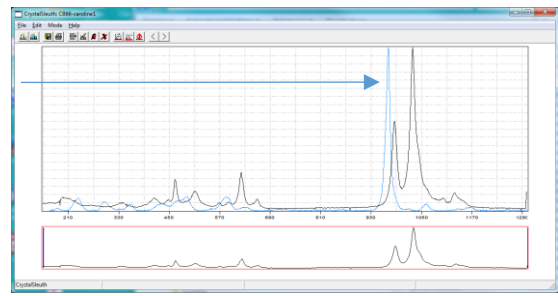
Minerals found: 7

Hide Selected Minerals

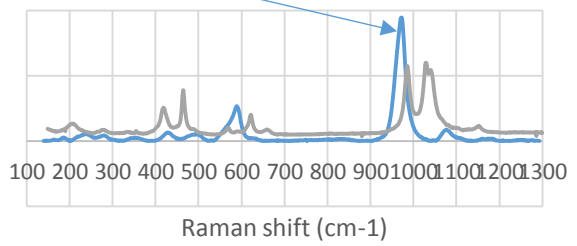
Search Tags: [clear all]

- Angastonite
- Montgomeryite
- Overite
- Rittmannite
- Tululite
- Whiteite-(CaFeMg)
- Whiteite-(CaMnMg)

overite $\text{Ca Mg Al (PO}_4)_2 (\text{OH})_2 \text{H}_2\text{O}$



Whiteite-(CaFeMg) : $\text{CaFe}^{2+}\text{Mg}_2\text{Al}_2(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$



Mauvais candidats :

Rittmannite : phosphate de Mn essentiellement.

Angastonite $\text{CaMgAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ très alumineuse / Mg

Montgommeryite $\text{Ca}_4\text{MgAl}_4(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ est vraiment trop alumineuse et trop peu magnésienne

Tululite : $\text{Ca}_{14}(\text{Fe}^{3+},\text{Al})(\text{Al},\text{Zn},\text{Fe}^{3+},\text{Si},\text{P},\text{Mn},\text{Mg})_{15}\text{O}_{36}$ décrit en 2014

SEARCH TAGS [clear tags]

Mineral Chemistry Includes:

ALL OF: **AT LEAST ONE OF:** **NONE OF:**

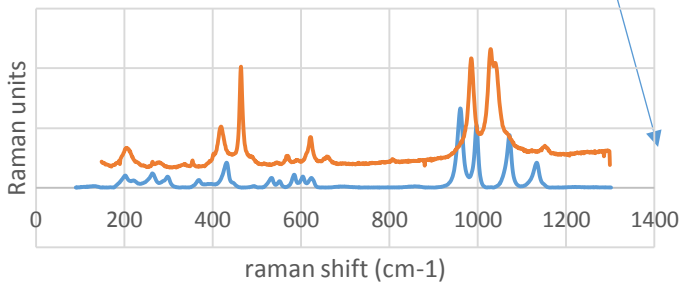
Contains the string ? :

Click an element once to include, twice to exclude.

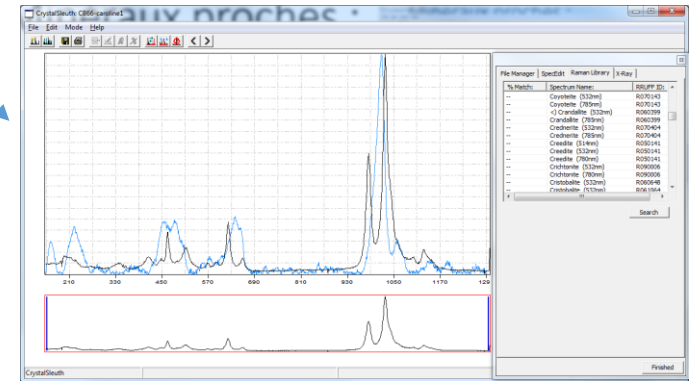
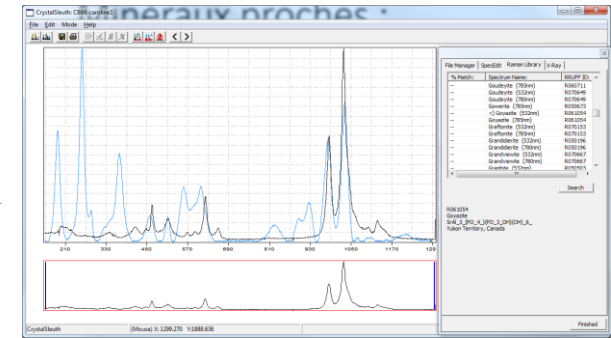
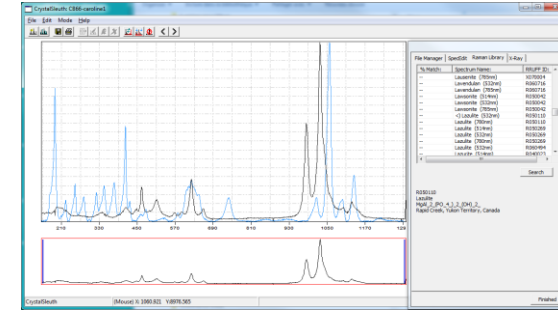
H	Li	Be	Clear Chemistry																B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Exclude all non-selected																Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr							
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe							
Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn							
Fr	Ra	**																						
			*	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu						
			**	Ac	Th	Pa	U																	

Autres minéraux proches :

- lazulite $Mg Al_2 (PO_4)_2 (OH)_2$
- scorzalite $Fe Al_2 (PO_4)_2 (OH)_2$ pas de Raman sur crystal
- Sleuth
- goyazite $Sr Al_3 (PO_{3,5} (OH)_{0,5})_2$
- (OH)
- crandallite $Ca Al_3 (PO_{3,5} (OH)_{0,5})_2 (OH)_6$
- goedkenite $Sr_2 Al (PO_4)_2 (OH)$
- bearthite $Ca_2 Al (PO_4)_2 (OH)$ pas de Raman sur
- crystal Sleuth



— goedkenite
— Caroline



Autres minéraux proches :

merrillite $\text{Ca}_9\text{NaMg}(\text{PO}_4)_7$

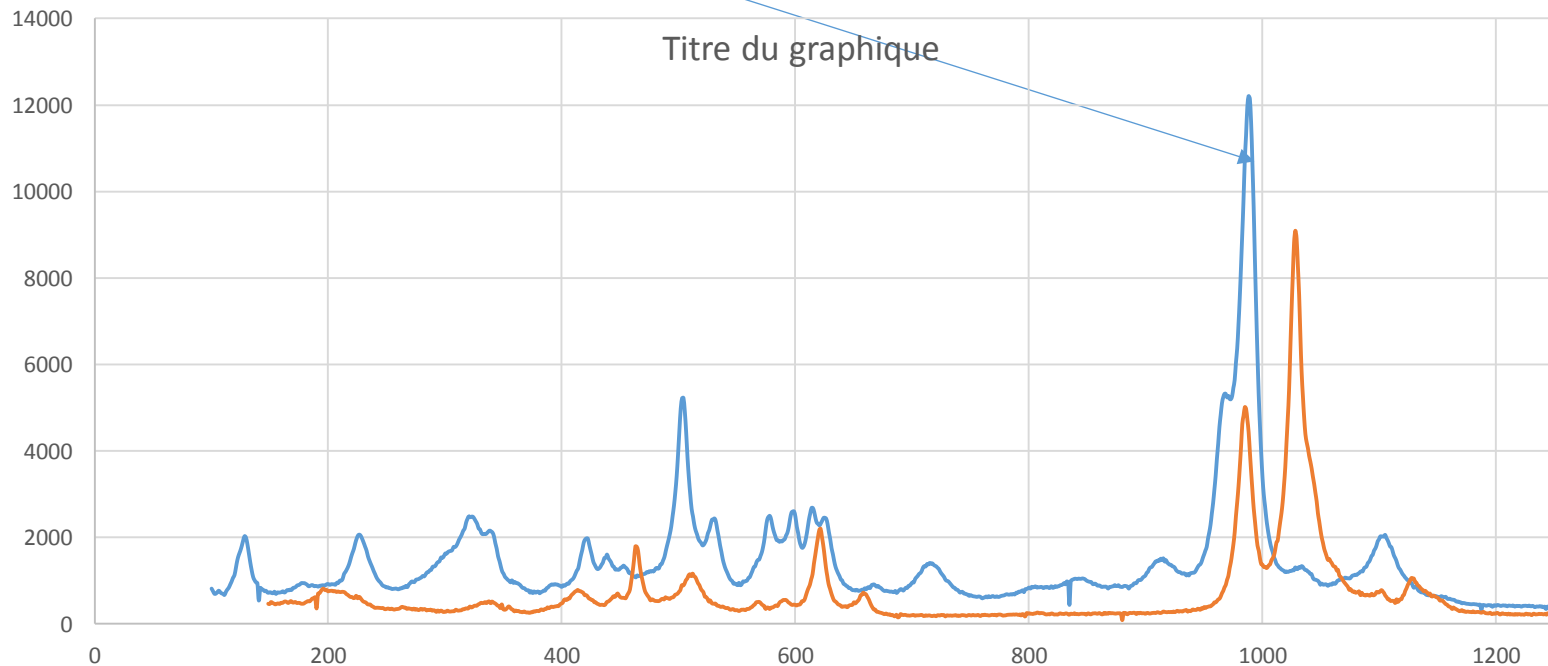
anhydre

lulzacite $\text{Sr}_2\text{Fe}(\text{Fe,Mg})_2\text{Al}_4(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_{10}$

rosemaryite et wyllieite

$(\text{Na,Ca,Mn})(\text{Mn,Fe})(\text{Fe,Mg})\text{Al}(\text{PO}_4)_3$

anhydre



ICPMS-LA

Conditions :

spot 15 μm de diameter

fluence : 4,54 J/cm^2

fréquence : 10 Hz

dwell time 20 ms

Minéraux associés à Madagascar

Morteani 2006 :

muscovite
kyanite
apatite
Celestine
anhydrite
zircon
monazite
xenotime
lazulite
augelite
trolleite
svanbergite
goyazite
crandallite
berlinite
dumortierite
tourmaline

Lasnier 1996 (IGC) et 2000 (RST) :

lazulite
ilmenite et titanomagnétite
rutile
chlorapatite
zircon
monazite-Ce
célestite
hematite
anhydrite
clinoamphibole
muscovite
svanbergite
cassitérite ? Sn et O, en aiguilles <math>< \mu\text{m}</math>

Gisements métamorphiques similaires

Serro do Espinhaço, Bahia, Brésil (Morteani et al., 2004) :

lazulite-scorzalite
muscovite
dumortierite
hematite
xénotime
monazite
zircon
rutile
disthène, pyrophyllite
augelite
trolleite
berlinite
apatite
crandallite-goyazite-svanbergite
amblygonite

Métaquartzite lité

Diamantina, Minas Gerais, Brésil (Morteani et al., 2001) :

à peu près pareil

Métaquartzite lite, méta sebkhra

Slovaquie (Uher et al., 2009) :

lazulite-scorzalite
barite
muscovite
rutile
hematite
goedkenite, $(\text{Sr,Ca})_2\text{Al}[(\text{OH})(\text{PO}_4)_2]$
bearthite
gorceixite
crandallite
svanbergite
jarosite

Métaquartzite lité

Styrie, Autriche (Bernhard et al., 1996)

:

Gisements métamorphiques similaires

Grave Mountains, Georgia USA (Pecora & Fahey 1950) :

lazulite-scorzalite
staurolite
garnet
rutile
disthène, pyrophyllite

quartzite séricitique

White Mountain Andalusite Mine, Mono County, California & Clubbs Mountain, Gaston County, California (Pecora & Fahey 1950) :

lazulite-scorzalite
corundum
muscovite
diaspore
alunite
woodhouseite
augelite
rutile
andalousite, pyrophyllite

quartz dike

Haut-Adige, Italie (Morteani & Ackermant, 1996) :

disthène
hematite-Ti
muscovite
crandallite-goyazite
apatite
tourmaline
svanbergite
bearthite
apatite
celestite
staurolite
chlorite

Métaquartzite lite, Sebkh

Gisements pegmatitiques

**Corrego Frio, municipio of
Conselheiro Pena, Minas Gerais,
Brazil (Pecora & Fahey 1950) :**

lazulite-scorzalite

quartz

muscovite

albite

apatite

brazilianite

souzalite

**Victory mica mine, 2 miles NE of
Custer, Custer County, South Dakota
USA (Pecora & Fahey 1950) :**

lazulite-scorzalite

quartz

muscovite

albite

tourmaline

triphylite

border zone of a granite pegmatite

border zone of a granite pegmatite

géol

Metasedimentary, phosphate-bearing horizons, notably enriched in P, Sr, and locally B were described in the close vicinity of some lazulite-bearing phosphate mineralizations in the Alps, Brazil or Madagascar, and the protolith was interpreted as marine sabkha-like or alluvial shallow sea fan sediment, sediment of closed lake system in (semi)arid climate, and/or acid volcanic rock

Uher et al. (2009) qui cite (Morteani & Ackermann, 1996; Morteani et al., 2001; Morteani & Ackermann, 2004, 2006).

Akermand et al. (2006)

carte

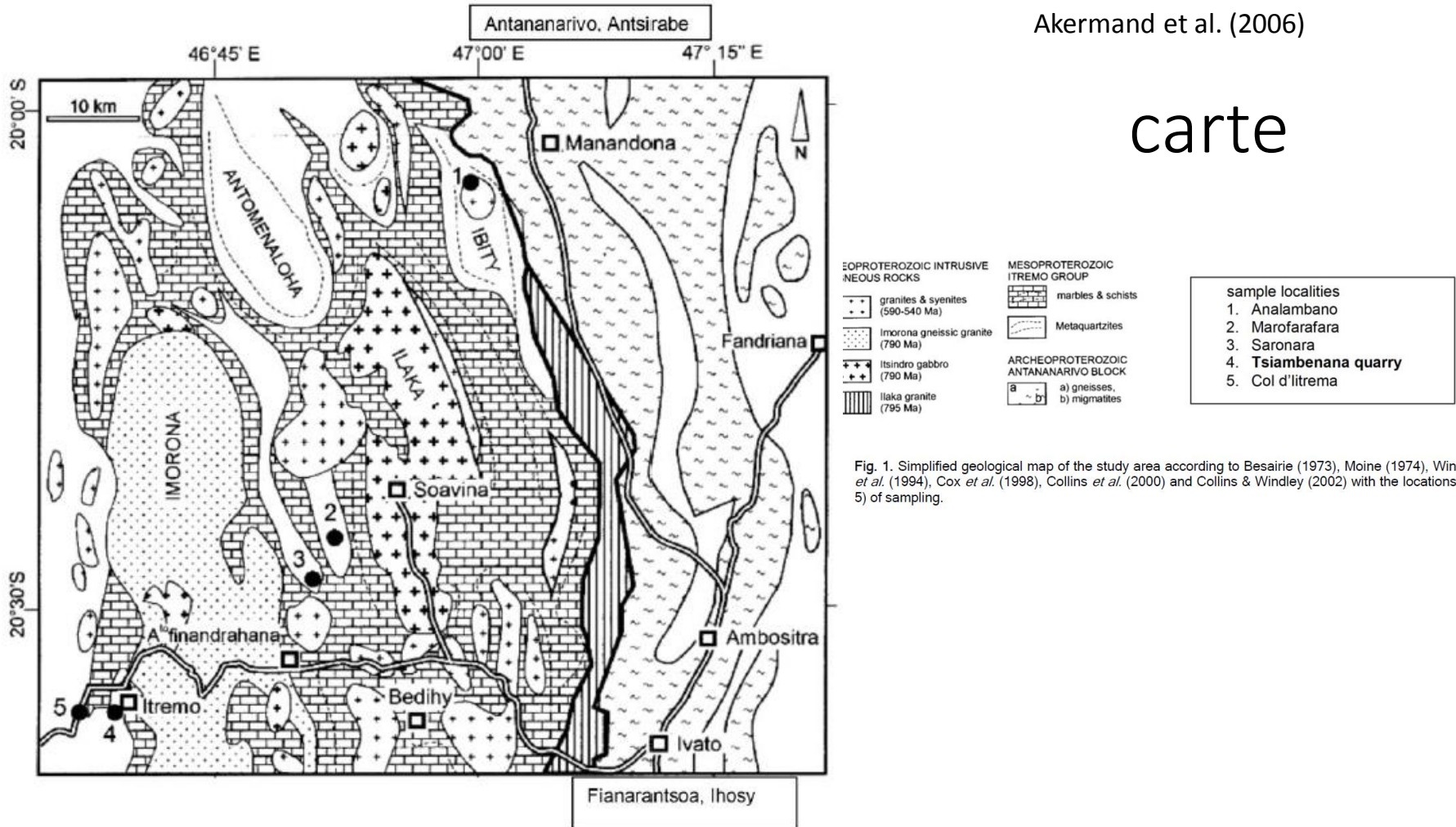


Fig. 1. Simplified geological map of the study area according to Besairie (1973), Moine (1974), Windley *et al.* (1994), Cox *et al.* (1998), Collins *et al.* (2000) and Collins & Windley (2002) with the locations (1 - 5) of sampling.

Manipes au programme et personnes à contacter

Philippe d'Arco, a travaillé sur la synthèse des phosphates.

extraction d'un monocristal par microdrill :

Bertrand Devouard

Brigitte Zanda