IOS Services Géoscientifiques inc.

PÉTROGRAPHIE NUMÉRIQUE DE SIX (6) LAMES MINCES POLIES À L'AIDE DE LA TECHNOLOGIE ARTSECTION

Présenté à

M. Jean-Sébastien David

NioBay Metals inc.

Par

Marie-Odile Chartier, géo.

Ville de Saguenay

Date : 12 décembre 2022
Projet : 2022-1532
Copie numérique

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES II
LISTE DES TABLEAUX II
LISTE DES ANNEXES II
INTRODUCTION 1
BUT DE L'ÉTUDE 1
METHODOLOGIE 2
Acquisition 2
Traitement de données 3
Limitations 4
RÉSULTATS 5
DISCUSSION 9
CONCLUSION 10
RÉFÉRENCES 11

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Liste des sept échantillons à l'étude 1
Tableau 2 : Sommaire des phases minérales identifiées lors de l'analyse automatisée 8

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Images optiques, en électrons rétrodiffusés et de phases en fausses couleurs accompagnées des tableaux contenant les phases minérales identifiées, leurs proportions modales et leurs compositions chimiques

INTRODUCTION

Six intervalles de carotte de forage ont été sélectionnés M. Mickaël Block, géologue chez IOS, afin d'y fabriquer des lames minces polies et d'y effectuer une pétrographie numérique automatisée à l'aide de la technologie ARTSection. Les échantillons proviennent du projet Crevier détenu par NioBay Metals inc. (72,5 %) et Niobec inc. (27,5 %), situé au nord de Girardville (Lac-Saint-Jean, Québec). Le ***tableau 1*** liste les échantillons étudiés selon la correspondance client et le numéro interne IOS. La minéralogie attendue n'a pas été indiquée à l'auteure, mais une attention particulière aux minéraux porteurs de niobium et de tantale était requise.

No. Forage	No. IOS
1532-22-03_113.70	1532-1
1532-22-06_236.70	1532-2
1532-22-06_266.75	1532-3
1532-22-09_180.00	1532-4
1532-22-09_204.65	1532-5
1532-22-09_305.20	1532-6

***Tableau 1** : Liste des six échantillons à l'étude.*

Ce rapport présente la méthodologie de la technologie ARTSection, les résultats, ainsi que les limitations de la méthode. Aucune interprétation des résultats n'a été demandée.

BUT DE L'ÉTUDE

L'objectif principal d'une pétrographie automatisée au microscope électronique à balayage (MEB) est d'identifier les phases minérales présentes sur les lames minces polies et d'évaluer leurs proportions modales. La technologie ARTSection consiste : **i)** à acquérir une image en lumière transmise à l'aide d'un microscope optique et d'une caméra numérique ; **ii)** à acquérir une image en électrons rétrodiffusés à l'aide d'un microscope électronique à balayage (MEB) ; **iii)** à produire une carte des phases minérales en fausses couleurs ; **iv)** et à rapporter les compositions chimiques des minéraux obtenues par spectrométrie des énergies dispersives (EDS).

METHODOLOGIE

ACQUISITION

Les échantillons ont été sélectionnés au préalable par M. Mikaël Block, géologue chez IOS. Les lames minces polies ont été fabriquées dans les installations d'IOS selon la méthode habituelle. Les biscuits et les retailles seront retournés au client.

Les images optiques (lumière transmise polarisée non analysée) sont acquises à l'aide d'un microscope numérique Axio Zoom.V16 de Zeiss muni d'une platine et d'une mise au foyer motorisé, d'un objectif PlanNeoFluar Z 2.3x/0.57 et d'une caméra Zeiss AxioCam 506 Colour de 6 mégapixels. La mosaïque d'images optiques est obtenue par le module *Tiles* du logiciel ZEN Pro de Zeiss avec un grossissement optique de 32x, ce qui correspond à une taille des champs de vue de 6,3 mm, une résolution optique de 2,4 µm et une profondeur de champ de 0,11 mm. Un recouvrement des champs de vue de 10 % est utilisé afin d'atténuer les effets d'ombre aux bordures et une surface Z est modélisée afin que l'image soit au focus en tous points. Les champs de vues sont alignés, puis assemblés avec une fusion linéaire des bordures afin de minimiser l'aberration chromatique au pourtour des grains.

Pour effectuer les analyses au MEB, les lames minces polies sont recouvertes d'un film de carbone pour rendre leur surface conductrice afin d'assurer le drainage des électrons. Le film de carbone, d'une épaisseur de 18,0 ± 0,3 nm, est uniformément déposé sur l'échantillon à l'aide d'un métalliseur Leica EM ACE600 à plateau rotatif.

Les images en électrons rétrodiffusés ainsi que les cartes du rayonnement X (non fournies) ont été acquises à l'aide d'un microscope électronique à balayage à effet de champ (*field emission gun, FE-SEM*) Zeiss Sigma 300 VP muni de deux spectromètres à dispersion des énergies (EDS-SDD) nouvelle génération Ultim-Max 170 mm^2 d'Oxford Instruments. Les paramètres de configuration du MEB sont les suivants :

- Courant de faisceau de 80 µA ;
- Voltage d'accélération de 20 kV ;
- Ouverture du collimateur de 60 µm (courant élevé) ;
- Distance de travail ≈10 mm.

Le logiciel d'Oxford Instruments AZtec 5.1 est utilisé pour l'automatisation de l'acquisition et le traitement des données. Les paramètres d'acquisition sont établis afin de détecter toutes les phases, incluant celles en traces, et d'obtenir des analyses de haute qualité. L'acquisition s'effectue sur une mosaïque de champs de vue qui est assemblée avant d'effectuer le traitement. Il est à noter que tous les éléments sont analysés simultanément, sauf les éléments les plus légers (H, Li, Be, B, N). Les analyses sont normalisées à 100 % et la déconvolution des spectres en analyses chimiques utilise les calibrations d'usine de l'appareil, c'est-à-dire que les analyses ne sont pas calibrées sur des matériaux de référence et que les résultats sont donc semi-quantitatifs. Plusieurs essais ont permis d'optimiser les paramètres d'acquisition afin de jumeler la qualité des résultats à un temps d'analyse raisonnable. Le temps d'intégration (*process time*) est réglé dans le but d'optimiser l'équilibre entre la résolution spectrale et la vitesse d'acquisition. Ainsi, pour ce projet, les paramètres suivants ont été utilisés :

- Résolution de 256 pixels par champ de vue (bond de 7 µm/pixel) ;
- Temps d'analyse de 400 µs/pixel ;
- Traitement des énergies selon 2048 canaux ;
- Vitesse d'acquisition supérieure à 400 000 comptes effectifs à la seconde (*output count rate*) grâce au couplage de deux détecteurs EDS.

TRAITEMENT DE DONNEES

Les phases minérales sont définies à partir des cartes de rayonnement X par l'algorithme de regroupement (*clustering*) AutoPhaseMap d'AZtec. Cet algorithme permet de discriminer les phases minérales présentes sur la base de leur dissemblance sans devoir préétablir une liste de phases potentielles, mais sans attribuer une espèce minérale auxdites phases. Plusieurs paramètres de l'algorithme de regroupement doivent être optimisés afin que les phases mineures, accessoires ou en trace soit détectées, qu'un maximum de pixels soit classifié, et que les phases légèrement distinctes soient correctement discriminées, au risque de générer plusieurs classes de phases suffisamment similaires nécessitant d'être subséquemment fusionnées. La composition chimique d'une classe est générée à partir de la somme des spectres de chacun des pixels attribués à cette classe. Chacun des éléments chimiques détectés dans les spectres est validé par un professionnel afin de s'assurer qu'aucune interférence spectrale résiduelle ne s'y retrouve et que les raies significatives soient correctement attribuées. Ainsi, les résultats des analyses, bien qu'ils soient semi-quantitatifs, sont complets et exempts d'artefacts d'interférence. Les analyses chimiques validées sont

ensuite utilisées pour identifier les phases minérales, nécessitant parfois l'assistance du logiciel MinIdent (Smith et Leibovitz, 1986).

LIMITATIONS

Deux des grandes forces de la présente méthode sont la détection des phases en traces et l'identification de phases aux propriétés visuelles non discriminantes, ainsi que l'acquisition de la composition chimique de ces phases. La méthode possède toutefois des limitations intrinsèques, la plus importante étant que l'algorithme d'essaimage requiert un minimum de pixels similaires et exempts d'interférences afin de générer une phase distincte. De plus, au moins une dizaine de pixels sont requis afin d'obtenir un nombre de comptes suffisant pour déconvoluer les spectres EDS en résultats semi-quantitatifs. Considérant la résolution EDS utilisée de 7 µm/pixel (espacement entre les analyses), un amas de 4 x 4 pixels (environ 30 µm de diamètre) est requis pour discriminer une particule. En deçà de cette taille, les grains ne peuvent pas être correctement discriminés et sont donc invisibles pour le système.

Les phases ayant un nombre total de pixels très bas montrent des résultats d'analyses chimiques imprécis, lesquels s'éloignent des formules stœchiométriques. Aussi, certains éléments ne peuvent être déconvolués même si leurs raies sont discernables sur le spectre EDS. Ces données sont présentées sous forme de 0 dans les tableaux (***annexe 1***). D'autres limitations incluent :

- Les analyses étant effectuées sous vide complet, la surface des pastilles polies doit être recouverte d'un film d'un élément conducteur, généralement le carbone, afin de la rendre conductrice. La métallisation a pour effet de fausser le rayonnement de basse énergie, ce qui peut causer une surévaluation de l'abondance des éléments légers ;
- Aucune certification sur des matériaux de référence n'est utilisée pour ce type d'analyse. Les calibrations d'usine sont utilisées ;
- L'hydratation des minéraux n'est pas mesurée et les analyses sont normalisées. La classification minérale peut en être affectée ;
- Les phases minérales ne sont pas correctement discriminées lorsqu'elles sont trop fines, telles que les fines paillettes de micas blancs dans les feldspaths ;
- L'inclusion et l'exclusion de certains éléments chimiques dans les spectres sont subjectives au professionnel qui valide les analyses. Ceci peut expliquer pourquoi certains éléments traces peuvent ne pas être présents dans certaines analyses, notamment celles ayant très peu de signaux (comptes EDS bas).

Outre les limitations générales qui s'appliquent à l'ensemble des lames minces polies, des limitations spécifiques ont été observées, notamment la présence de phases mixtes et dont les minéraux contenus ne sont pas entièrement distingués, tels que « sodalite + albite », « muscovite + albite », « strontianite + burbankite » (1532-22-03_113.70) et « chalcopyrite + acanthite » (1532-22-06_236.70). Aussi, de faux contours de pyrrhotite sont visibles en périphérie des grains de pyrite et de chalcopyrite (1532-22-06_236.70) causés par la contiguïté des phases.

Les images en électrons rétrodiffusés sont toutefois très utiles pour confirmer les phases minérales puisque la résolution est plus élevée que celle utilisée pour les cartes EDS.

Les phases minérales sont nommées au meilleur des connaissances de l'auteure, laquelle ne connait pas l'environnement géologique et les processus encourus. Sans l'aide d'analyses quantitatives ou de diffraction des rayons X, il est difficile de nommer correctement les amphiboles, les micas, et les minéraux argileux.

Des cartes chimiques et des analyses ponctuelles peuvent être acquises sur demande, à plus forte résolution, sur des grains spécifiques, afin d'y décrire les textures ou les zonations, notamment les cœurs et les bordures de grains de pyrochlore.

RÉSULTATS

Les résultats fournis pour chacun des échantillons, en format numérique, comprennent :

- Les images haute résolution en format .png ;
- Un fichier Excel comprenant les phases minérales identifiées, leurs proportions (Vol. %), leurs compositions chimiques moyennes, et la légende des couleurs utilisées dans les cartes de phases.

Les miniatures des images optiques, en rétrodiffusions et de phases en fausses couleurs, ainsi que les tableaux contenant les phases minérales, leurs proportions modales et les chimies minérales se retrouvent à l'***annexe 1***.

IOS travaille présentement à l'élaboration d'un logiciel de visualisation des résultats, pour l'instant nommé *ARTSection Viewer*. Une version non commerciale est présentement à l'essai. Ce logiciel permet de visualiser et de naviguer dans les diverses images de lames minces, assemblées en mosaïques. Plusieurs options sont disponibles, telles qu'une échelle dynamique

et la possibilité d'ajouter des points d'intérêts. Ce logiciel étant en version « béta », il n'est pas autorisé de le distribuer à de tierces parties.

Le ***tableau 2*** présente le sommaire des phases identifiées lors de la pétrographie automatisée. Quarante-quatre (44) phases minérales distinctes ont été identifiées lors de la pétrographie automatisée à l'aide de la technologie ARTSection. Un seul grain, s'il est de taille suffisante (>30 µm) pour être détecté avec la résolution utilisée, et s'il possède une composition chimique discriminante, sera détecté, abaissant la limite de détection à aussi peu que (<0,00001 Vol.%).

Plusieurs minéraux de Nb ont été identifiés, dont trois (3) types dans la famille des pyrochlores ; soient le pyrochlore usuel $(Na,Ca)_2Nb_2O_6(OH,F)$, l'uranpyrochlore $(U,Ca,Ce)_2(Nb,Ta)_2O_6(OH,F)$ et une phase en solution solide entre les pôles pyrochlore et microlite $(Na,Ca)_2Ta_2O_6(OH,F)$, nommée « pyrochlore-microlite ». On retrouve sur chaque échantillon au moins un de ces trois types de pyrochlore, mais seul l'échantillon 1532-22-06_236.70 contient les trois espèces simultanément.

Les ilménites contiennent entre 0,82 et 1,13 % Nb_2O_5, excepté pour celle de l'échantillon 1532-22-06_266.75 qui en est dépourvu (≤ limite de détection d'un EDS, ± 800 ppm). Du niobium est également visible dans les titanites jusqu'à concurrence de 4,34 % Nb_2O_5, excepté celle de l'échantillon 1532-22-06_236.70 qui ne contient pas de niobium (≤ limite de détection). Des traces de rutile-Nb ont été observé dans les échantillons 1532-22-06_266.75 et 1532-22-09_305.20.

Plusieurs sulfures ont été observés sur les échantillons, dont la pyrrhotite qui est une phase d'importance sur l'échantillon 1532-22-06_236.70 (36,03 Vol%) et en traces dans les échantillons 1532-22-03_113.70, 1532-22-09_204.65 et 1532-22-09_305.20. Des traces de chalcopyrite et de sphalérite sont observées dans les échantillons 1532-22-06_236.70, 1532-22-09_204.65 et 1532-22-09_305.20. Des traces de pyrite sont observées dans tous les échantillons, sauf le 1532-22-03_113.70. Notons la présence de 0,0002 Vol% molybdénite sur l'échantillon 1532-22-09_204.65 et d'un fin mélange d'acanthite et de chalcopyrite sur 1532-22-06_236.70 (0,004 Vol%).

Plusieurs carbonates ont été identifiés lors de l'étude. La calcite se retrouve dans tous les échantillons selon une proportion variant entre 0,16 à 38,29 %. Des traces d'ankérite ont été distinguées dans l'échantillon 1532-22-06_266.75. Également, des traces de burbankite $(Na,Ca)_3(Sr,Ba,Ce)_3(CO_3)_5$ ont été identifiées dans ce même échantillon, par contre, il pourrait également s'agir d'une version hydratée de cette phase minérale (l'hydratation des minéraux

n'étant pas mesurée). Quelques traces d'une phase mixte composée de strontianite $SrCO_3$ et de burbankite, des traces de dolomite et de dawsonite $NaAl(CO_3)(OH)_2$ sont disséminées dans l'échantillon 1532-22-03_113.70.

Outre les sulfures et les carbonates, d'autres minéraux d'intérêts ont été identifiés, tels que l'aegirine $NaFe^{3+}Si_2O_6$, l'analcime $NaAlSi_2O_6(H_2O)$, la catapleiite $Na_2ZrSi_3O_92(H_2O)$, le diaspore $AlO(OH)$, la goyazite $SrAl_3(PO_4)_2(OH)_5(H_2O)$, la néphéline $(Na,K)AlSiO_4$, la pyrophanite $MnTiO_3$ et la sodalite $Na_8Al_6Si_6O_{24}Cl_2$.

Mineral	1532-22-03_113.70	1532-22-06_236.70	1532-22-06_266.75	1532-22-09_180.00	1532-22-09_204.65	1532-22-09_305.20
Aegirine				53.04		0.58
Albite	44.50	16.34	40.87	20.67	66.08	57.68
Analcime			0.02			
Ankerite			0.002			
Apatite	0.07	0.007	0.03	2.27	0.28	0.002
Biotite	0.17	14.07	0.66		18.11	0.009
Burbankite			0.003			
Calcite	6.66	2.81	38.29	8.37	0.21	0.16
Catapleiite	0.0007			0.004		
Chalcopyrite		0.46			0.04	0.01
Chalcopyrite + Acanthite		0.004				
Chamosite	0.03	1.41	0.005		0.16	0.02
Clinochlore		0.004	0.04	0.02	0.00003	0.04
Corundum	0.0003		0.0003			
Dawsonite	0.0008					
Diaspore	0.003					
Dolomite	0.07					
Feldspar-K	25.43	12.81	19.33	13.18	9.39	35.05
Goyazite	0.0004					
Ilmenite	14.46	15.21	0.001			0.13
Ilmenite-Mn			0.001		0.006	
Molybdenite					0.0002	
Muscovite		0.001			0.03	
Muscovite + Albite	0.27					
Nepheline	6.29	0.05				
Oxide-Fe	0.04	0.0006	0.002			0.0003
Pyrite		0.76	0.0002	0.002	0.13	0.06
Pyrochlore		0.0008		0.0006	0.45	0.002
Pyrochlore-Microlite		0.005	0.03		0.04	0.003
Pyrophanite			0.0004			
Pyrrhotite	0.02	36.03			1.77	1.93
Quartz				0.0008	0.005	
REE-Carbonate				0.004		
Rutile	0.0008					
Rutile (altered)		0.0009				
Rutile-Nb			0.0010			0.005
Siderite		0.0009				
Sodalite	0.05					
Sodalite + Albite	1.89					
Sphalerite		0.008			0.01	0.00009
Strontianite + Burbankite	0.003					
Titanite		0.002		2.44	0.80	4.30
Uranpyrochlore	0.04	0.02	0.70			
Zircon	0.002	0.008	0.01	0.0007	2.47	0.02

***Tableau 2** : Sommaire des phases minérales identifiées lors de l'analyse automatisée. Valeurs en pourcentage volume calculées à partir du nombre de pixels (surface).*

DISCUSSION

Le pyrochlore est l'espèce minérale détecté ayant les teneurs les plus élevées en niobium et en tantale, bien qu'elle soit présente en faibles concentrations, atteignant 0,45 Vol.% dans l'échantillon 1532-22-09_204.65. Aucun minéral enrichi en tantale tel que la tantite ou la tantalite n'a été détectée, quoiqu'une solution solide entre le pyrochlore et la microlite ait été quantifiée dans quatre des six échantillons. Le rutile est aussi porteur de niobium, dans les échantillons 1532-22-06_266.75 (8,93 % Nb_2O_3) et 1532-22-09_305.20 (8,41 %Nb_2O_3), et les contaminants tels que le Pb et l'U n'ont pas été détectés (sous la limite de détection).

Les contaminants dans les pyrochlores devraient être caractérisés, car cette étude a montré la présence non négligeable de plomb et d'uranium dans certains grains qui seront possiblement considérés comme délétères lors d'un traitement métallurgique. Les teneurs variables en tantale dans le pyrochlore devraient aussi être quantifiées. La présence de strontium, de baryum et de terres rares dans la structure cristalline du pyrochlore pourrait aussi avoir certains effets indésirables sur le comportement du minerai durant l'extraction métallurgique.

Concernant les éléments de terres rares, la monazite, i.e. le phosphate de terres rares légères le plus commun, n'a pas été détecté. Seules des traces de carbonates de terres rares indéterminés ont été perçues dans 1532-22-09_180.00 et de burbankite dans l'échantillon 1532-22-06_266.75.

Certaines espèces minérales peu communes ont été nommées suite à une recherche des formules théoriques dans la librairie de l'IMA (International Mineralogical Association), quoique certaines analyses n'étaient pas stœchiométriques, notamment lorsque les grains sont hydratés. Ceci est dû aux détecteurs EDS qui ne mesurent pas les radicaux OH. Les espèces suivantes sont incertaines, mais leurs chimies sont tout de même d'intérêt : dawsonite, catapleite et analcime

La minéralogie sommaire des roches montre de nombreux minéraux sodiques, incluant des minéraux usuels comme l'albite, la sodalite et la néphéline, mais aussi d'autres plus exotiques comme la burbankite, la dawsonite, la catapleite (quoiqu'incertain) ou l'analcime. Cet assemblage de minéraux sodiques est typique des roches magmatiques alcalines plus ou moins fénitisées.

CONCLUSION

La minéralogie automatisée à l'aide de la technologie ARTSection a permis d'identifier les assemblages minéralogiques sur six lames minces polies provenant du projet Crevier. Quoique certaines restrictions liées à la méthode soient présentes (p. ex., mélanges de phases contiguës, effets de bordure, granulométrie trop fine, etc.), des minéraux pouvant être d'intérêt pour la campagne d'exploration ont été détectés, dont des minéraux porteurs de Nb (pyrochlore, uranpyrochlore, pyrochlore-microlite, rutile-Nb, ilménite, titanite), des carbonates (calcite, dolomite, sidérite, carbonate-REE, strontianite, burbankite), des sulfures (pyrrhotite, pyrite, sphalérite, chalcopyrite, acanthite, molybdénite) et des feldspathoïdes (néphéline, sodalite). La détection de divers types de pyrochlore, dont ceux enrichis en Pb, en Ta ou en U peuvent être étudiés pour mieux comprendre la genèse de la pegmatite sujette à la campagne d'exploration.

2022_1532_ARTSection_Report
Projet Crevier, 12 décembre 2022

GÉOLOGUE MARIE-ODILE CHARTIER # 2069

Marie-Odile Chartier, géologue
OGQ nº 2069

Contributions:

Karine Desbiens, assistante administrative: Édition
Olivier Nadeau, P.Geo., Ph.D. : Révision Scientifique

Seules les copies imprimées du présent rapport portant les signatures manuscrites sont considérées comme originales. Toute reproduction électronique de ce document, même si fournie par l'auteur, ne peut être considérée comme officielle ou originale et ne peut être invoquées en regard de sa responsabilité professionnelle. Deux copies du document original ont été remises au client plus une copie archivée par l'auteur.

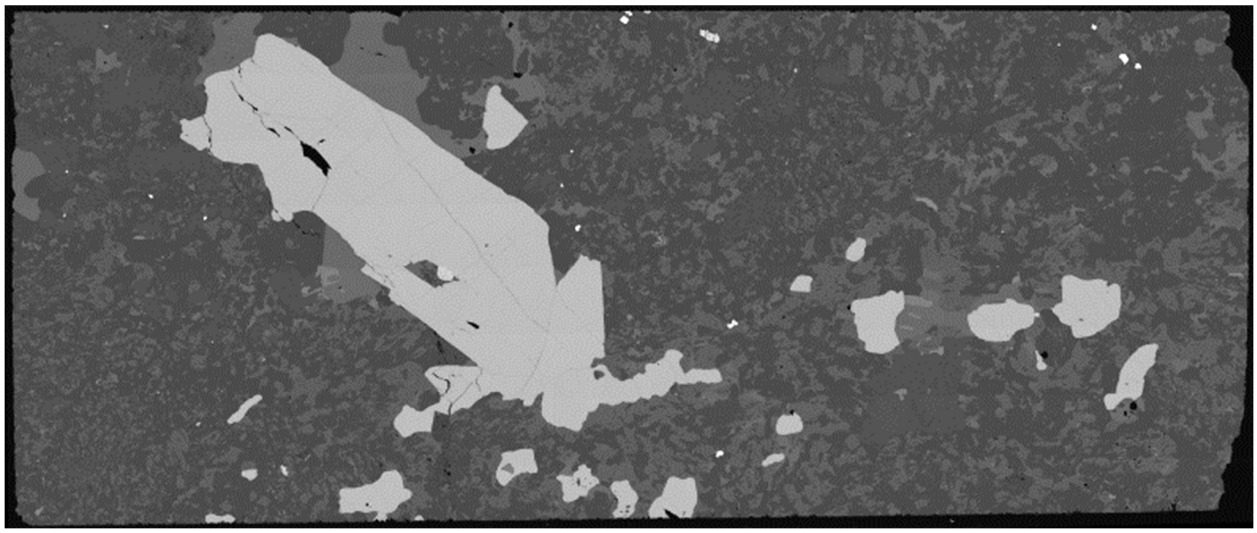
RÉFÉRENCES

SMITH, D.G.W., and LEIBOVITZ, D.P. (1986). *MinIdent - a data base for minerals and a computer program for their identification.* The Canadian Mineralogist, 24: 695-708.

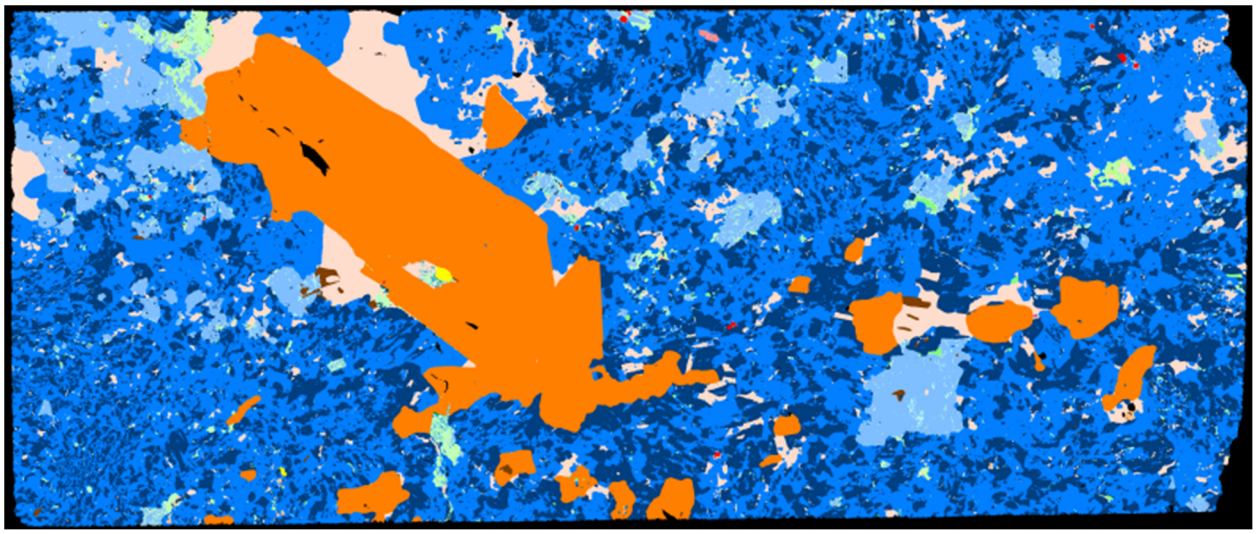
ANNEXE 1

IMAGES OPTIQUES, EN ÉLECTRONS RÉTRODIFFUSÉS ET DE PHASES EN FAUSSES COULEURS ACCOMPAGNÉES DES TABLEAUX CONTENANT LES PHASES MINÉRALES IDENTIFIÉES, LEURS PROPORTIONS MODALES ET LEURS COMPOSITIONS CHIMIQUES

1532-22-03_113.70



Échantillon* 1532-22-03_113.70 *: *Image optique et en électrons rétrodiffusés.*



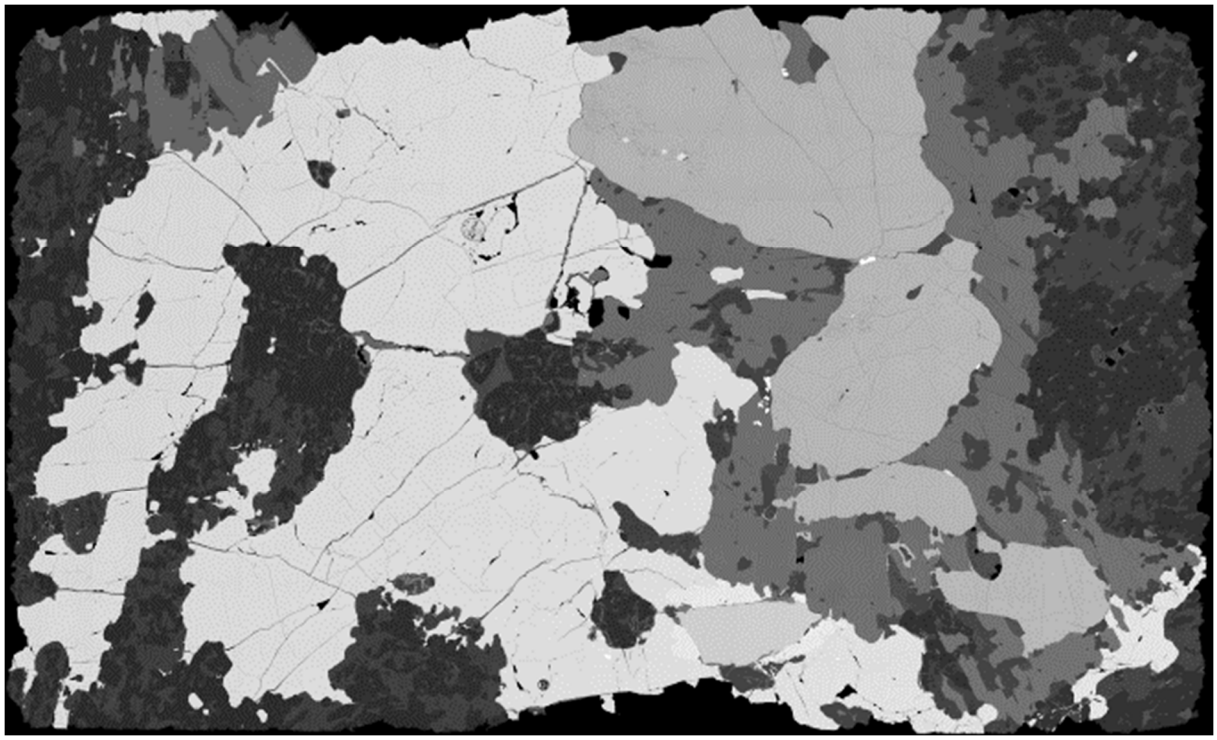
1532-22-03_113.70

Mineral	Couleur	NbPixel	Proportion	Cl	CO2	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe	FeO	SrO	Y2O3	ZrO2	Nb2O5	BaO	Ta2O5	PbO	UO3
Albite		5507739	44.50			11.10		20.15	68.49		0.19					0.08								
Feldspar-K		3148157	25.43			0.94		19.08	63.80		15.50					0.10					0.57			
Ilmenite		1790123	14.46										48.40	1.21		49.27				1.12				
Calcite (1)		824813	6.66		45.43		0.90					48.32		1.05		2.42	1.89							
Nepheline		778305	6.29			15.15		34.40	43.95		6.18					0.32								
Sodalite + Albite (2)		233983	1.89	2.15		19.01		30.18	47.02		0.47	0.87				0.31								
Muscovite + Albite (2)		32997	0.27	0.11		8.17		37.73	45.50		6.59					1.36					0.54			
Biotite		21122	0.17				8.80	14.00	36.10		9.91		5.12			26.06								
Dolomite		9062	0.07		45.99		7.73					27.05		2.62		15.82	0.79							
Apatite		8132	0.07							39.37		55.27					2.32	3.05						
Sodalite		5655	0.05	6.64		25.57		32.54	35.25															
Uranpyrochlore		5217	0.04			2.78			6.59			3.86	7.31			1.31	2.37			27.97	5.00	19.82	3.40	19.60
Oxide-Fe		4878	0.04													100								
Chamosite		3767	0.03				6.15	18.40	30.19		0.55	0.36		0.32		44.02								
Pyrrhotite		2944	0.02												61.80									
Strontianite + Burbankite (2)		402	0.003		54.78	7.04						11.87					20.34				5.97			
Diaspore (3)		318	0.003					100																
Zircon		282	0.002						33.95										66.05					
Rutile		103	0.0008			2.09		2.99	4.26				90.67											
Dawsonite		99	0.0008		46.75	19.39		33.85																
Catapleiite (3)		92	0.0007			11.38			45.64		4.81		7.61			5.34			25.23					
Goyazite		55	0.0004					40.38		36.53		6.41					16.68							
Corundum		34	0.0003					100																

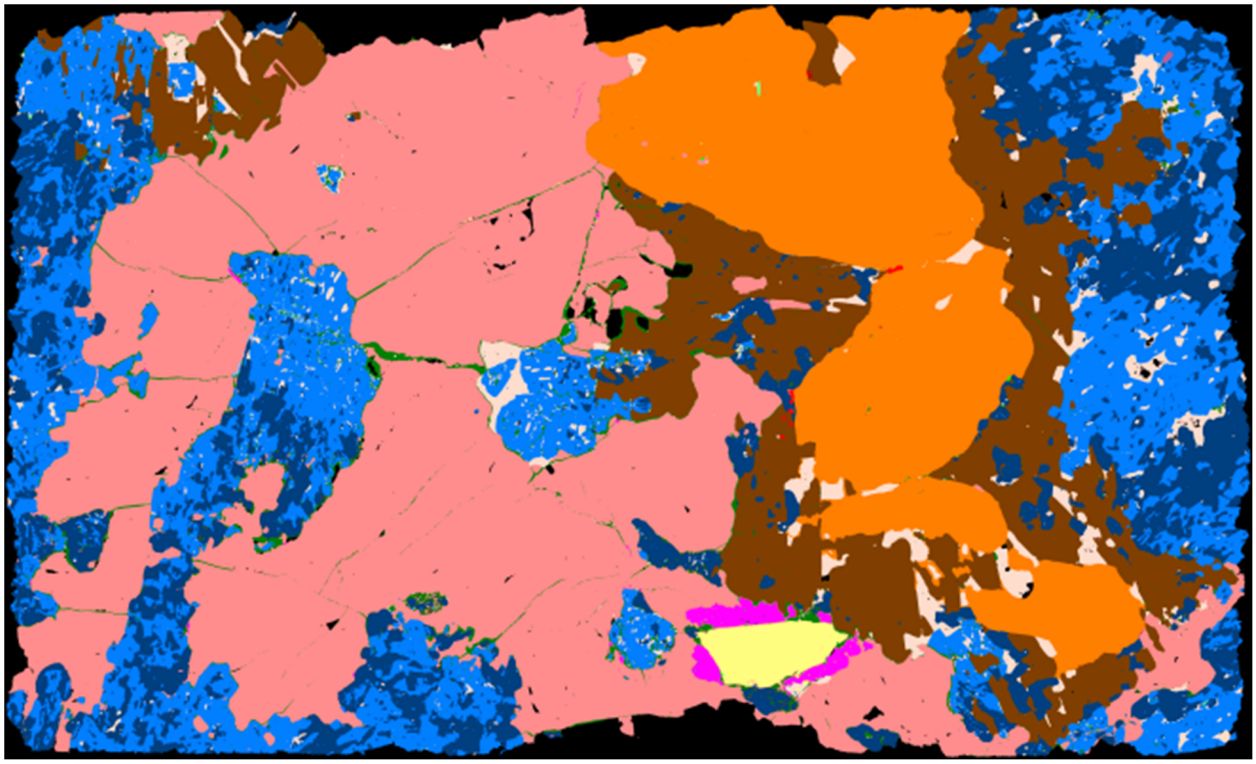
1 : Avec de fines inclusions de strontianite
2 : Phases mélangées
3 : Incertain

***Échantillon* 1532-22-03_113.70 :** *Carte minérale en fausses couleurs obtenues par le traitement des cartes EDS et tableau contenant les phases minérales, les proportions modales et les compositions chimiques moyennes.*

1532-22-06_236.70



Échantillon* 1532-22-06_236.70 *: *Image optique et en électrons rétrodiffusés.*



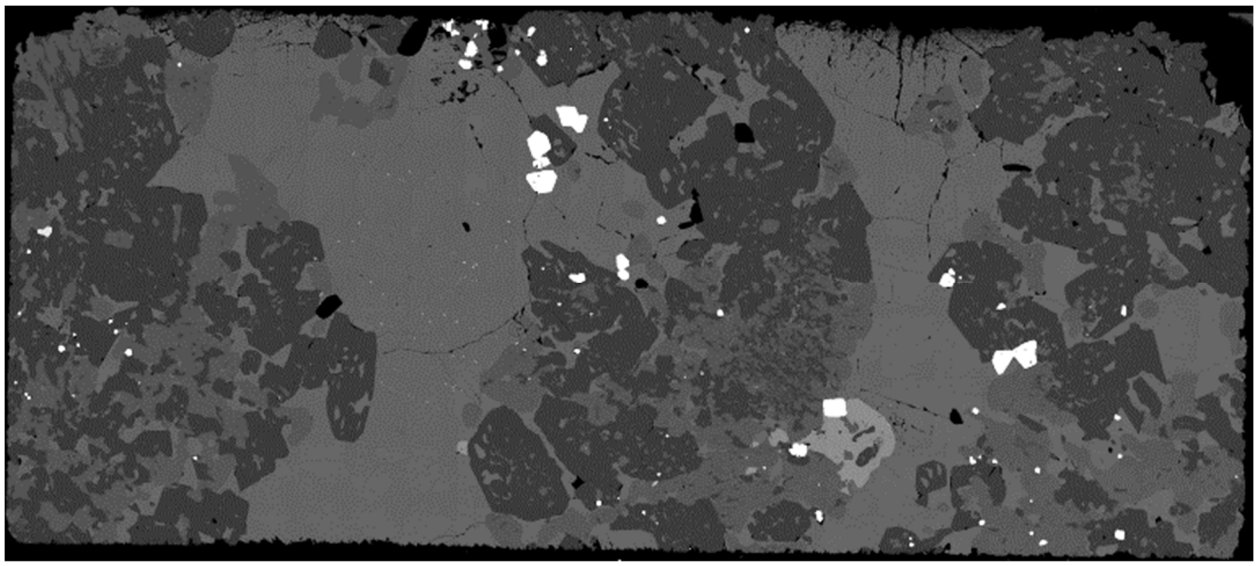
1532-22-06_236.70

Mineral	Couleur	NbPixel	Proportion	F	Cl	CO2	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	S	SO3	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe	FeO	Co	Cu	CuO	Zn	SrO	ZrO2	Nb2O5	Ag2O	BaO	Ce2O3	Ta2O5	HgO	ThO2	UO3
Pyrrhotite		6173927	36.03									38.10						61.90															
Albite		2799081	16.34				11.08		20.10	68.52				0.18					0.12															
Ilmenite		2605506	15.21													48.85	0.87		49.15							1.13							
Biotite		2410701	14.07					7.25	14.10	35.77				9.81		4.84			28.24														
Feldspar-K		2195010	12.81				0.67		19.06	63.79				15.90					0.13									0.45					
Calcite		481172	2.81			45.21		0.50							50.33		0.94		2.03					0.99									
Chamosite		241263	1.41					6.92	15.85	31.45					0.32		0.68		44.77														
Pyrite		130169	0.76									51.98						46.31		1.70													
Chalcopyrite		79168	0.46									33.90						31.52			34.58												
Nepheline		7944	0.05				16.18		30.25	52.71				0.10	0.14				0.62														
Uranpyrochlore		3652	0.02				1.67		0.66						7.88	6.32	0.54		1.05					3.05		48.56		1.09	0.73	14.84			13.60
Zircon		1450	0.008							33.97															66.03								
Sphalerite		1332	0.008									31.69						6.54					61.77										
Apatite		1254	0.007	3.50	0						39.75				56.75																		
Pyrochlore-Microlite		812	0.005				6.69								14.22	2.19			0.66					2.27		53.25				20.74			
Chalcopyrite + Acanthite (1)		729	0.004										43.53						21.09			21.23					12.08				2.07		
Clinochlore		644	0.004					17.08	31.63	30.87							1.24		19.18														
Titanite		309	0.002						8.65	35.25					28.95	27.15																	
Muscovite		252	0.001						39.47	46.70				12.21					1.62														
Rutile (altered)		158	0.0009					1.84	5.65	6.23						72.65	2.03		11.61														
Siderite		155	0.0009			39.09		12.27									4.25		44.39														
Pyrochlore		145	0.0008	4.85			8.79								13.08											67.18				0		6.10	
Oxide-Fe		96	0.0006													1.81			98.19														

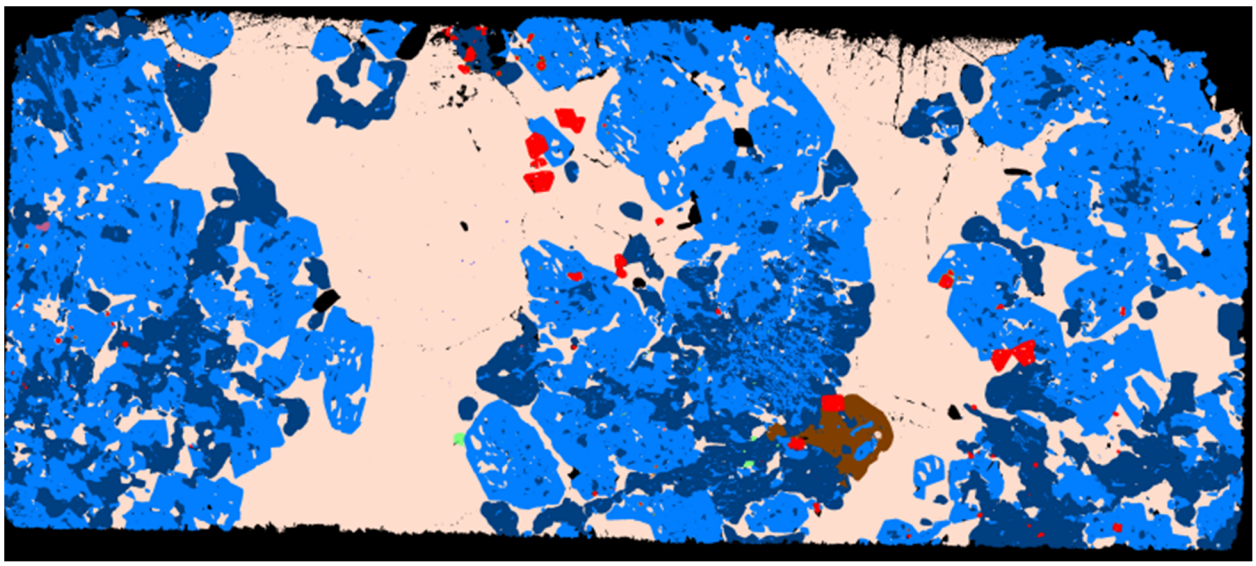
1 : Grains fins d'acanthite et de chalcopyrite mélangés

***Échantillon* 1532-22-06_236.70 :** *Carte minérale en fausses couleurs obtenues par le traitement des cartes EDS et tableau contenant les phases minérales, les proportions modales et les compositions chimiques moyennes.*

1532-22-06_266.75



Échantillon* 1532-22-06_266.75 *: *Image optique et en électrons rétrodiffusés.*



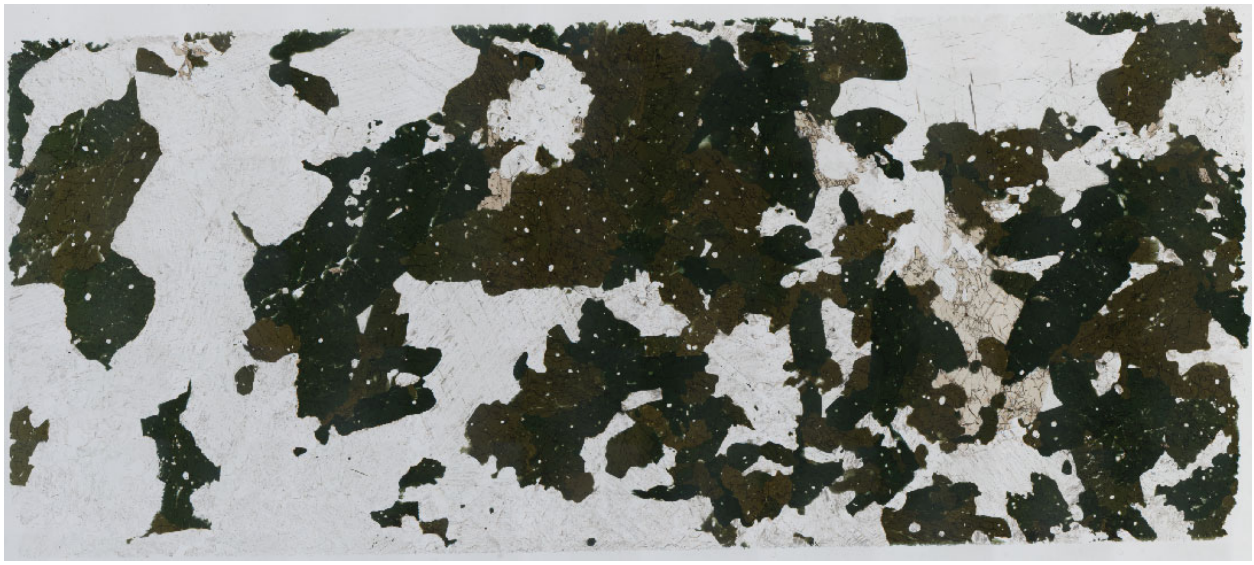
1532-22-06_266.75

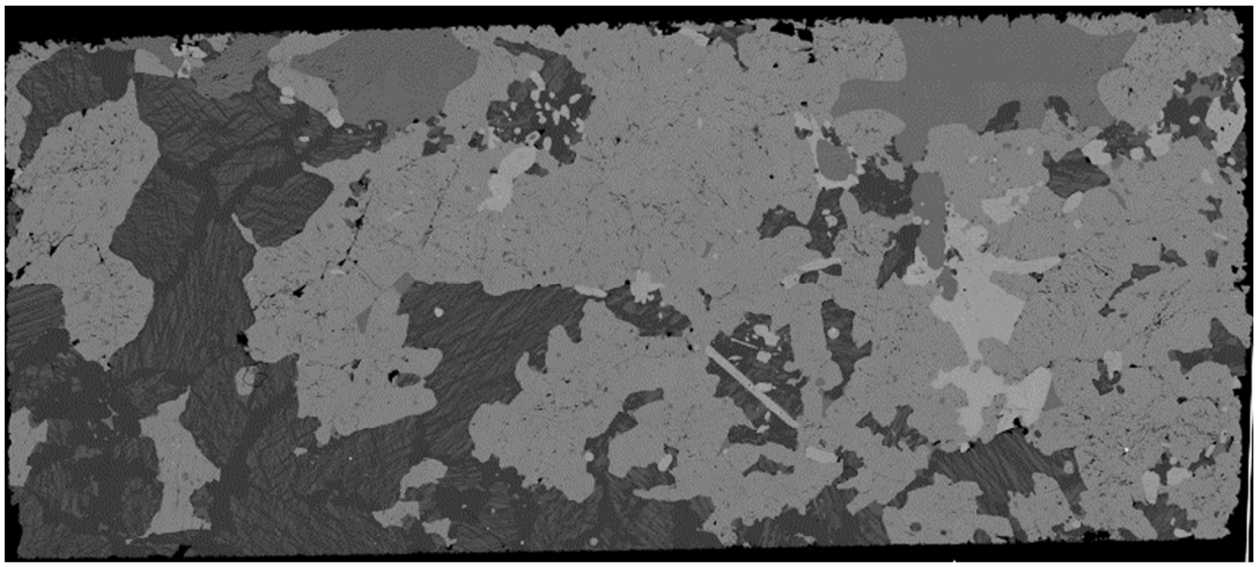
Mineral	Couleur	NbPixel	Proportion	F	Cl	CO2	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	S	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe	FeO	SrO	ZrO2	Nb2O5	BaO	La2O3	Ce2O3	Nd2O3	HfO2	Ta2O5	PbO	UO3
Albite		4726550	40.87				11.11		20.07	68.57			0.18					0.08											
Calcite		4428987	38.29			45.74								51.46		0.53		1.25	1.03										
Feldspar-K		2235751	19.33				0.80		19.01	63.93			15.70					0.09				0.48							
Uranpyrochlore		80622	0.70				1.67							11.85	8.89	0.41		0.35	2.28		38.08						13.65	2.50	20.31
Biotite		75976	0.66					7.78	14.02	35.96			9.82		5.00			27.43											
Clinochlore		4551	0.04					20.11	19.14	35.87				1.47		1.82		20.56			1.03								
Apatite		3952	0.03	3.62	0						39.85			56.53															
Pyrochlore-Microlite		3802	0.03				0.94							8.67	7.41	1.07		1.17	4.78		39.84	2.05					14.16	1.21	18.70
Analcime (1)		2301	0.02				13.54		24.62	61.15								0.69											
Zircon		1688	0.01							33.93										64.50						1.57			
Chamosite		624	0.005					11.14	14.53	34.65				1.06		1.78		36.83											
Burbankite		330	0.003			47.12	10.38							8.76					15.30			2.98	5.02	7.75	2.68				
Ankerite		269	0.002			38.18		1.16						23.16				37.50											
Oxide-Fe		189	0.002															100											
Ilmenite		134	0.001												50.63	1.32		48.05											
Ilmenite-Mn		131	0.001						1.57	5.18				4.97	51.71	10.79		25.78											
Rutile-Nb		111	0.0010							4.77				4.41	78.37			3.53			8.93								
Pyrophanite (2)		51	0.0004												55.88	44.12													
Corundum		33	0.0003						100																				
Pyrite		21	0.0002									48.06					51.94												

1 : Incertain
2 : Comptes insuffisants

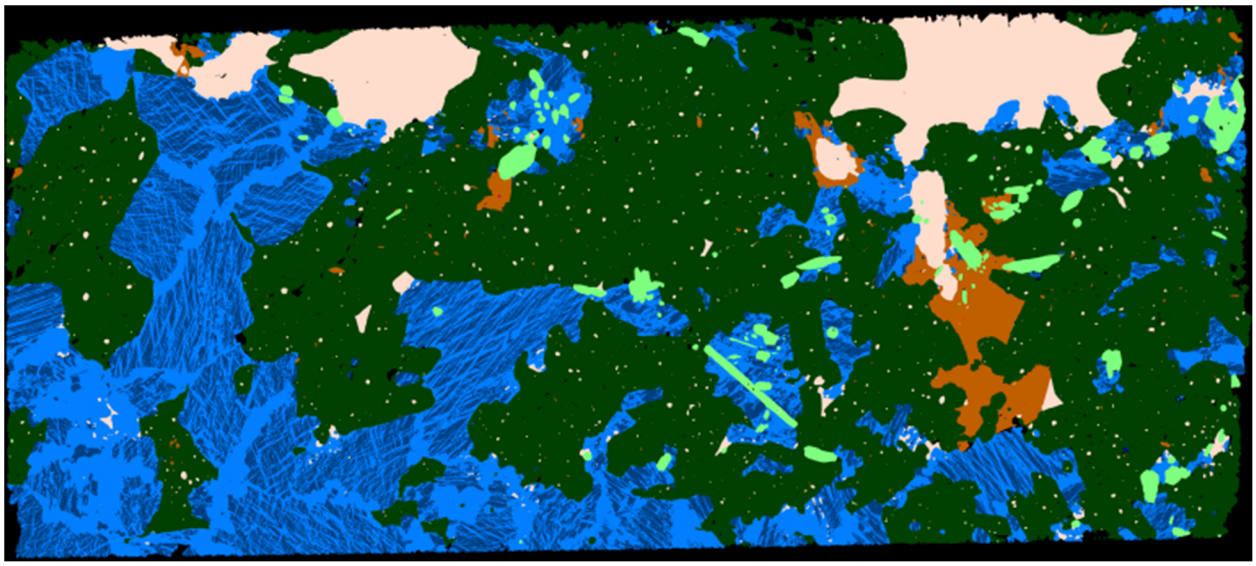
***Échantillon* 1532-22-06_266.75 :** *Carte minérale en fausses couleurs obtenues par le traitement des cartes EDS et tableau contenant les phases minérales, les proportions modales et les compositions chimiques moyennes.*

1532-22-09_180.00





Échantillon* 1532-22-09_180.00 *: *Image optique et en électrons rétrodiffusés.*



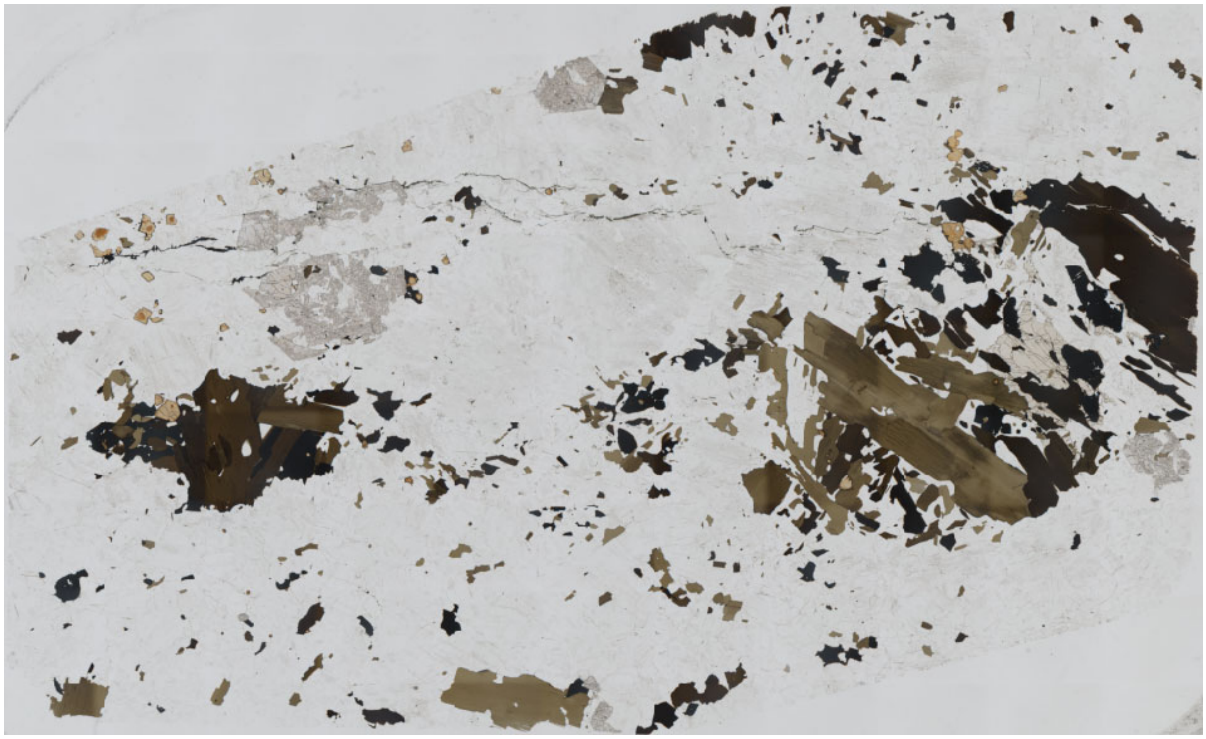
1532-22-09_180.00

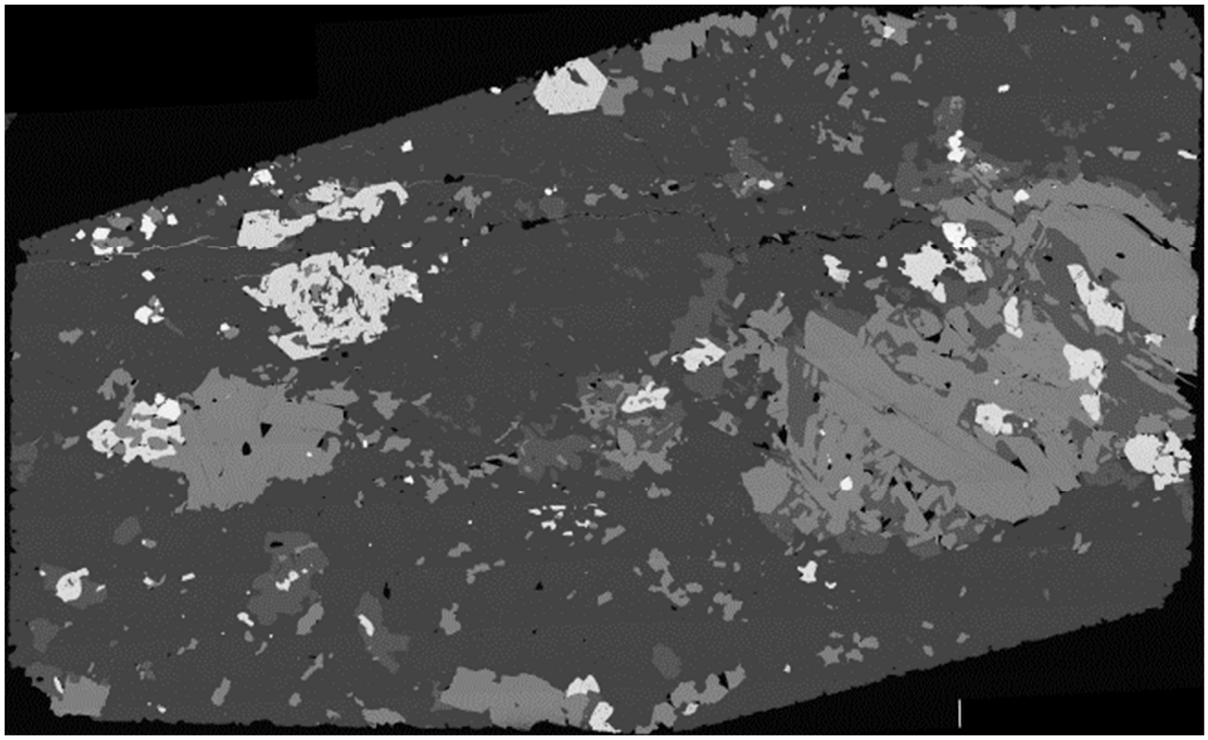
Mineral	Couleur	NbPixel	Proportion	CO2	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	S	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe	FeO	NiO	SrO	ZrO2	Nb2O5	La2O3	Ce2O3	Nd2O3	Tm2O3	UO3
Aegirine		6388820	53.04		5.76	3.98	1.00	52.07				13.35	0.35	1.03		22.46									
Albite		2489127	20.67		11.04		19.90	68.37			0.30					0.39									
Feldspar-K		1587767	13.18				19.01	64.61			16.06					0.32									
Calcite		1008516	8.37									94.03		0.75		0.48	0.99	2.83						0.93	
Titanite		294173	2.44		0.90		0.46	29.72				26.69	37.27			1.78				3.18					
Apatite		272925	2.27						40.60			58.38					0.59	0.43							
Clinochlore		2347	0.02			19.73	8.54	49.85				2.48				19.40									
Catapleiite (1)		500	0.004		5.42			49.86				7.79	1.03			4.44			31.46						
REE-Carbonate		424	0.004	40.08				3.23				5.36				4.72					18.31	23.08	5.22		
Pyrite		205	0.002							51.28					48.72										
Quartz		99	0.0008					100																	
Zircon		90	0.0007					34.87											65.13						
Pyrochlore (2)		71	0.0006				3.93	15.36				12.05	11.66							39.42					17.58

1 : Incertain
2 : Comptes insuffisants

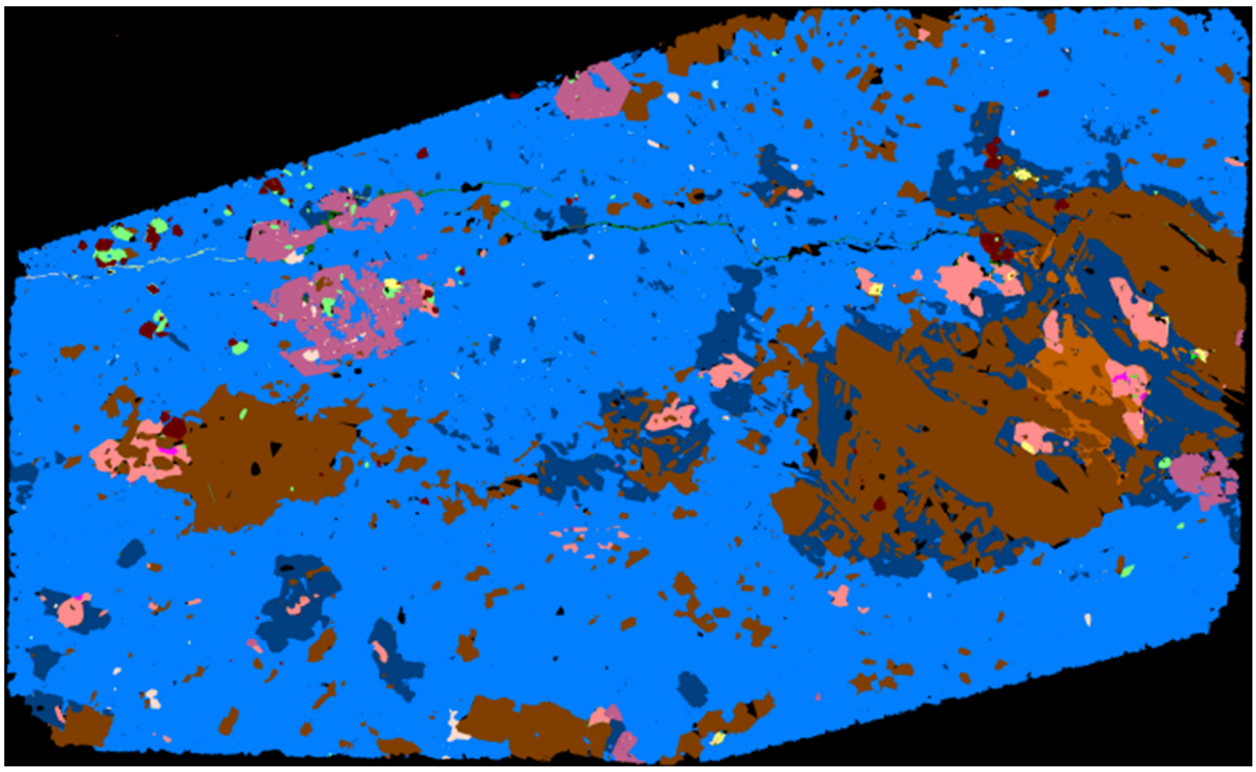
1532-22-09_180.00 *: Carte minérale en fausses couleurs obtenues par le traitement des cartes EDS et tableau contenant les phases minérales, les proportions modales et les compositions chimiques moyennes.*

1532-22-09_204.65





Échantillon* 1532-22-09_204.65 *: *Image optique et en électrons rétrodiffusés.*



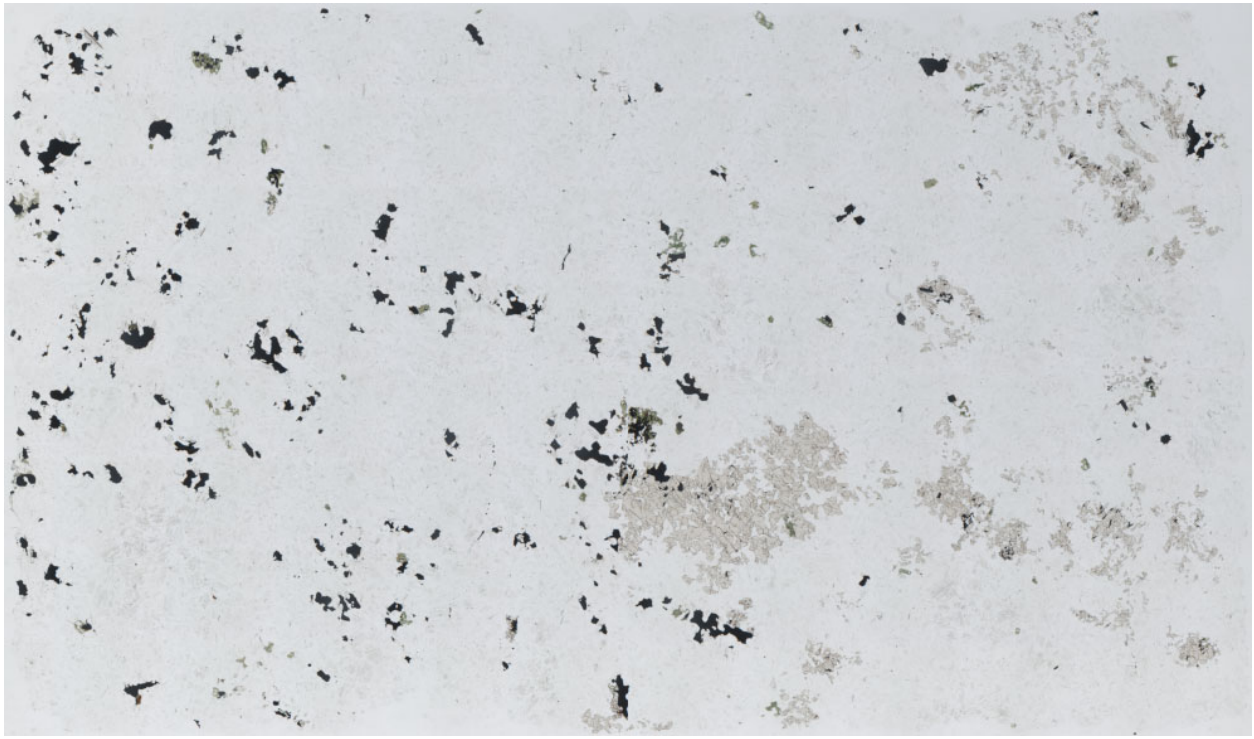
1532-22-09_204.65

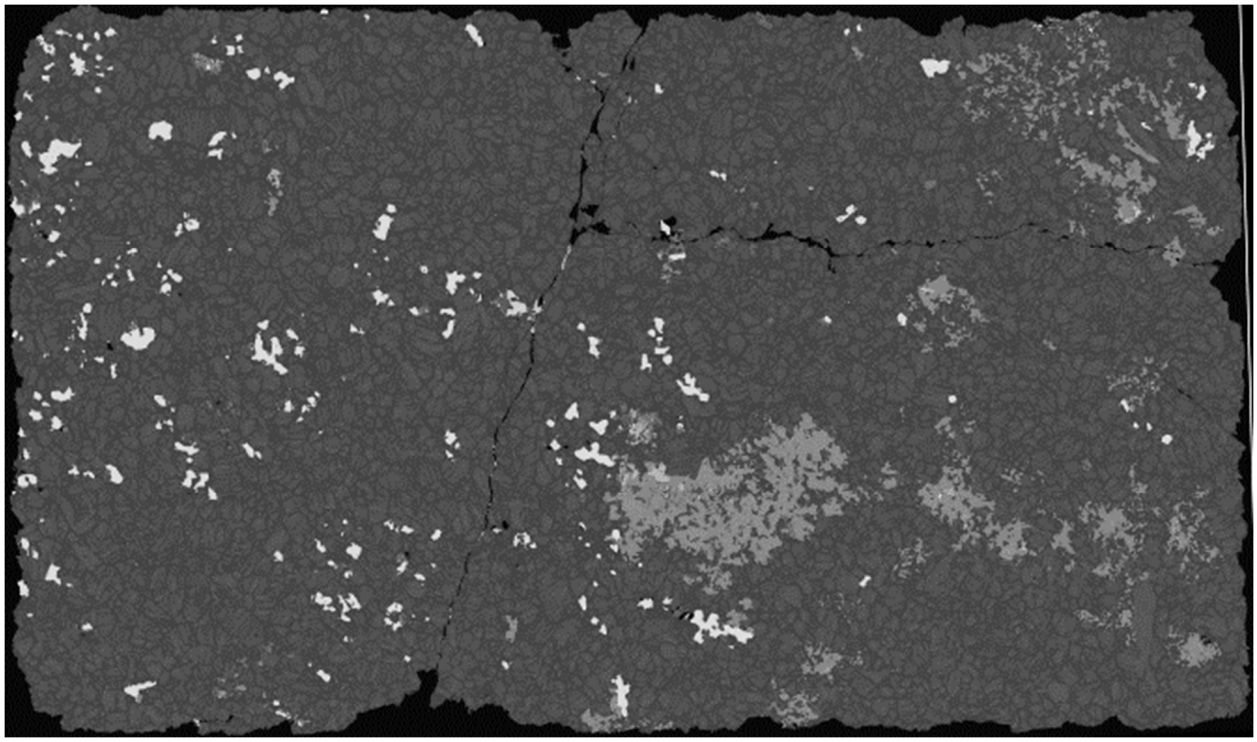
Mineral	Couleur	NbPixel	Proportion	F	Cl	CO2	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	S	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe	FeO	Cu	Zn	SrO	ZrO2	Nb2O5	Mo	BaO	Ce2O3	HfO2	Ta2O5	ThO2	UO3
Albite		9805630	66.08				10.72		20.79	67.60			0.24	0.57				0.08												
Biotite		2687005	18.11					3.86	15.31	34.23			9.57		3.62	0.77		32.63												
Feldspar-K		1393319	9.39				0.97		19.24	63.58			15.24					0.15							0.82					
Zircon		367174	2.47							34.27								0.08				64.61					1.05			
Pyrrhotite		262984	1.77									38.24					61.76													
Titanite		119415	0.80						2.53	30.49				27.79	35.49			2.23					1.47							
Pyrochlore		67328	0.45	5.12			4.77							14.30	8.04			0.50			1.27		54.65			1.85		6.37	3.13	
Apatite		41665	0.28	4.13	0						39.23			56.64																
Calcite		30695	0.21			45.06								53.92		0.34		0.24			0.44									
Chamosite		24412	0.16					14.66	10.88	39.55				0.99				33.92												
Pyrite		19684	0.13									51.89					48.11													
Pyrochlore-Microlite		6427	0.04	3.60			2.12		0.94					10.48	10.28			1.35			3.19		53.23			3.13		6.44	3.73	1.51
Chalcopyrite		5688	0.04									33.92					31.65		34.43											
Muscovite		4929	0.03						39.89	46.91			11.76					1.44												
Sphalerite		1493	0.01									31.94					6.28			61.78										
Ilmenite-Mn		928	0.006												51.77	17.43		30.80												
Quartz		761	0.005							100																				
Molybdenite (1)		26	0.0002									100												0						
Clinochlore		4	0.00003					25.12	29.66	32.47								12.76												

1 : Comptes insuffisants

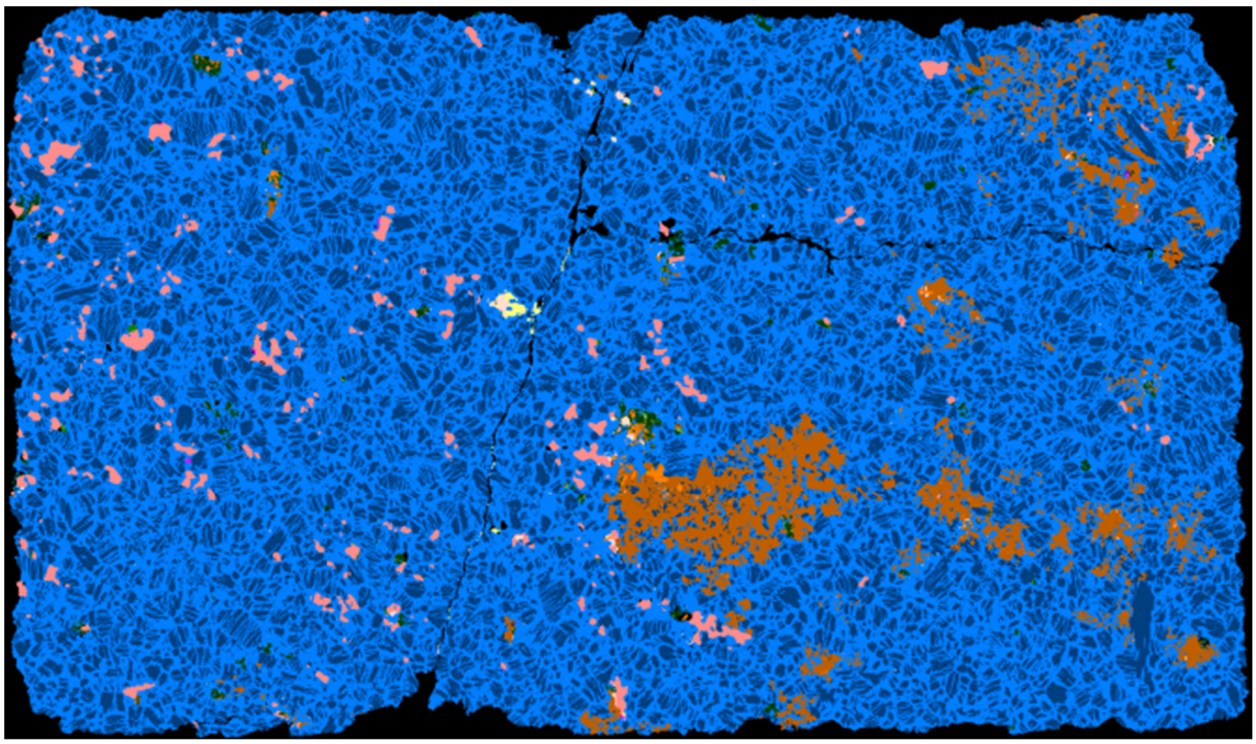
***Échantillon* 1532-22-09_204.65 :** *Carte minérale en fausses couleurs obtenues par le traitement des cartes EDS et tableau contenant les phases minérales, les proportions modales et les compositions chimiques moyennes.*

1532-22-09_305.20





Échantillon* 1532-22-09_305.20 *: *Image optique et en électrons rétrodiffusés.*



1532-22-09_305.20

Mineral	Couleur	NbPixel	Proportion	F	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	S	SO3	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe	FeO	Cu	ZnO	SrO	ZrO2	Nb2O5	Ta2O5	PtO	UO3
Albite		9899055	57.68		10.65		19.70	69.08				0.30					0.27								
Feldspar-K		6014515	35.05				18.97	64.71				16.08					0.23								
Titanite		738069	4.30		1.23		0.40	29.25					26.07	37.03			0.94					4.34	0.11	0.64	
Pyrrhotite		331686	1.93								53.14						46.86								
Aegirine		99373	0.58		10.70	2.42	2.10	53.65					4.74	0.93			25.45								
Ilmenite		22596	0.13											51.29	2.48		45.41					0.82			
Calcite		22548	0.16										95.25		0.96		0.75			3.05					
Pyrite		10246	0.06								67.18						32.82								
Clinochlore		6763	0.04			22.52	12.45	40.73					0.74				23.56								
Zircon		4100	0.02					33.88					1.04								65.08				
Calcite		4077	0.02			0.85		1.22					90.43							7.51					
Chamosite		3365	0.02			6.04	18.92	30.81					0.57				43.67								
Chalcopyrite		1735	0.01							33.94						31.83		34.23							
Biotite		1479	0.009			6.73	12.89	36.63				8.73		3.14			31.88								
Rutile-Nb		808	0.005					0.92						86.32			4.35					8.41			
Pyrochlore-Microlite		467	0.003										9.28	8.74								45.36	18.28		18.35
Apatite		398	0.002						40.65				56.13							3.22					
Pyrochlore		304	0.002	5.69	6.40								13.70	2.19						4.23		55.29	12.49		
Oxide-Fe		43	0.0003														100								
Sphalerite		16	0.00009								51.36								48.64						

***Échantillon* 1532-22-09_305.20 :** *Carte minérale en fausses couleurs obtenues par le traitement des cartes EDS et tableau contenant les phases minérales, les proportions modales et les compositions chimiques moyennes.*