

MB 2022-04

Carbonatite de Girardville, Lac-Saint-Jean, Québec

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



Licence

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources
naturelles

Québec 



Carbonatite de Girardville, Lac-Saint-Jean, Québec

Charles Saint-Laurent, Paul Bédard, Renée-Luce Simard et Abdelali Moukhsil

MB 2022-04



Avertissement

Ce document est une copie fidèle du manuscrit soumis par l'auteur, sauf pour une vérification sommaire destinée à assurer une qualité convenable de diffusion.

Carbonatite de Girardville, Lac-Saint-Jean, Québec

Charles Saint-Laurent¹, Paul Bédard¹, Renée-Luce Simard¹ et Abdelali Moukhsil²

1 : Université de Québec à Chicoutimi

2 : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelle, Québec

19 avril 2022



Résumé

Les carbonatites sont des roches rares issues d'une forme de magmatisme alcalin. Plusieurs de ces carbonatites sont hôtes de minéralisations d'intérêt économique telles que le niobium (Nb) et les éléments de terres rares (ETR). La carbonatite de Girardville est localisée dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, à environ 4,5 km au nord du village de Girardville. Cette carbonatite, en intrusion dans la Province de Grenville, a été décrite comme un dyke de carbonatite à calcite dans lequel on trouve des enclaves de gneiss encaissant, des mégacristaux de microcline et d'ilménite. Des analyses chimiques effectuées par le MERN sur des échantillons de carbonatite ont révélé des teneurs de 1539,59 ppm ETR totales et 10 ppm Nb (*Moukhsil et El Bourki, 2021*). Des analyses effectuées sur des mégacristaux d'ilménite par *Dupuis et David (2013)* ont présenté des teneurs allant jusqu'à 0,6 % Nb₂O₅.

Des travaux de terrains effectués lors de l'été 2021 ont permis de cartographier et de décrire en détail l'affleurement du dyke principal de la carbonatite de Girardville, ainsi qu'un dyke satellite de pegmatite à microcline et un second dyke de carbonatite. Le dyke principal de la carbonatite de Girardville est orienté N-S avec un pendage de 64 à 67°. Il est principalement visible dans une tranchée de 40 m de long par 5 m de large. On trouve dans la carbonatite des enclaves de syénite grise à biotite ainsi que des mégacristaux de microcline et d'ilménite. De la biotite et l'apatite sont aussi présentes en concentration élevée aux contacts avec les enclaves de syénite grise à biotite et les cristaux de microcline. Le dyke de pegmatite à microcline est situé à environ 200 à 300 m à l'est de la carbonatite de Girardville. Ce dyke est aussi orienté N-S et mesure jusqu'à 1 m de large. Cette pegmatite est essentiellement composée de mégacristaux de microcline. On y trouve aussi de l'ægyrine sous la forme d'amas et des cristaux d'ilménite. Le second dyke de carbonatite a été observé à environ 4 km au nord-ouest de la carbonatite de Girardville, près du lac des Coudes. Il s'agit essentiellement d'une zone d'injections multiples où l'on observe un syénogranite, un dyke de pegmatite à microcline, d'ægyrine et de carbonatite.

Les analyses géochimiques effectuées sur le dyke principal de la carbonatite de Girardville n'ont pas révélé de teneurs importantes en Nb ou en ETR. Les analyses présentent des teneurs atteignant 93 ppm Nb, 1304 ppm ETR légères et 212 ppm ETR lourdes. Un échantillon principalement composé d'apatite présente des teneurs de 38,23 % P₂O₅, 6027 ppm ETR légères et 498 ppm ETR lourdes. Des analyses effectuées sur cinq échantillons d'ilménite contiennent des teneurs entre 4740 à 6010 ppm Nb.

Table des matières

1.0 Introduction	1
2.0 Contexte géologique.....	1
2.1 Géologie régionale	1
2.2 Les carbonatites de la région.....	2
2.2.1 La carbonatite de Saint-Honoré	2
2.2.2 La carbonatite de Crevier.....	2
2.3 Revue de la littérature sur la carbonatite de Girardville.....	5
3.0 Description de terrain et pETRographie.....	7
3.1 La carbonatite de Girardville (affleurement 21-CS-01).....	8
3.1.1 Granite à feldspath alcalin (encaissant régional)	9
3.1.2 Syénite grise à biotite.....	13
3.1.3 Le dyke de carbonatite.....	14
3.2 Dyke de pegmatite à microcline (affleurement 21-CS-02 et 21-CS-03).....	24
3.2.1 Granite à feldspath alcalin (encaissant régional)	25
3.2.2 Dyke de pegmatite à microcline	26
3.3 La carbonatite du Lac des Coudes (affleurement 21-CS-04).....	29
3.3.1 Granite à amphiboles (encaissant régional)	30
3.3.2 Syénogranite	31
3.3.3 Dyke de pegmatite à microcline	33
3.3.4 Aegyrine (blocs détachés de l’affleurement)	34
3.3.5 Carbonatite (blocs détachés de l’affleurement)	34
3.3.6 Fénite	35
3.3.5 Enclave	37
4.0 Analyses géochimiques de roche totale.....	38
4.1 Méthode d’analyses.....	38
4.2 Contrôle de qualité.....	39
4.3 Interprétation des données de géochimie	39
4.3.1 Les carbonatites	39
4.3.2 Les teneurs en Nb	43
4.3.3 La fénitisation	45
4.3.4 Les teneurs en ETR.....	46
5.0 Conclusion.....	48
6.0 Références	50
7.0 Annexe.....	53

1.0 Introduction

La carbonatite de Girardville est une carbonatite située dans la région du Lac-Saint-Jean, à environ 4,5 km au nord du village de Girardville. Les carbonatites sont des roches ignées composées de plus de 50 % modale de carbonates et de moins de 20 % massique de SiO₂ (*Le Maître, 2002*). Plusieurs de ces carbonatites peuvent être hôtes de minéralisations d'intérêt économique, dont des minéraux critiques et stratégiques (MCS), telles que le niobium (Nb) et les éléments de terres rares (ETR) (*Verplanck et al., 2016*). Les MCS sont des minéraux indispensables pour soutenir la transition énergétique et technologique du futur afin de faire face aux changements climatiques (*MERN, 2020*). Puisque la demande pour ces minéraux est grandissante, les gouvernements du Québec et du Canada ont respectivement mis en place des plans d'action afin de valoriser les ressources sur leur territoire en encourageant la recherche sur les MCS (*MERN, 2020 ; Mines Canada, 2020*).

Le présent document vise à faire l'état des connaissances sur la carbonatite de Girardville et présenter les différents résultats acquis depuis mai 2021 par Charles Saint-Laurent, géo. stag., dans le cadre du programme de maîtrise en sciences de la Terre de l'Université du Québec à Chicoutimi. Les données présentées sont issues de travaux de terrains réalisés pendant l'été 2021 et de travaux d'observations pETRographiques¹. Plusieurs résultats de géochimie sur roche totale sont aussi présentés.

2.0 Contexte géologique

2.1 Géologie régionale

La carbonatite de Girardville est en intrusion dans la Province de Grenville (*Figure 1*). Le Grenville est issu d'une collision majeure continent-continent lors du protérozoïque et est localisé au sud-est du craton nord-américain avec une orientation nord-est sud-ouest (*Rivers et al., 2012*). Il s'est formé lors de deux principaux stages : (1) la formation d'une croûte juvénile issue de systèmes d'arc et d'arrière-arc en marge du vieux continent Laurentia du paléoprotérozoïque au mésoprotérozoïque (1,71 à 1,18 Ga) (*Rivers et Corrigan, 2000 ; Rivers et al., 2012 ; Groulier et al., 2018*) et (2) l'Orogenèse grenvillienne issue de la collision entre deux continents à la fin du mésoprotérozoïque (1091 à 960 Ma) (*Rivers et al., 2012*). La ceinture orogénique de Grenville est composée de deux domaines tectonométamorphiques : l'allochtone et le parautochtone. Au sud-est, l'allochtone représente principalement des terranes accrétées à la marge

¹ Les termes et noms utilisés dans ce rapport sont des noms de terrains ou issus de premières descriptions. Ils peuvent être sujet à changement à la suite de travaux d'analyses supplémentaires.

du continent Laurentia (*Rivers et al., 2012*). Au nord-ouest et sous-jacent à l'allochtone, le parautochtone représente des unités de la Province de Supérieur et d'autres terranes d'accrétion préorogénèses (*Rivers et al., 2012 ; Groulier et al., 2018*). Lors des phases d'orogénèse, plusieurs épisodes magmatiques ont mis en place des roches intrusives dans la ceinture du Grenville (*Groulier et al., 2020*).

2.2 Les carbonatites de la région

Dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, outre la carbonatite de Girardville, on retrouve deux autres carbonatites (*Figure 2*). Il s'agit des carbonatites de Saint-Honoré et de Crevier.

2.2.1 La carbonatite de Saint-Honoré

La carbonatite de Saint-Honoré est située à proximité de la ville de Saguenay (*Figure 2*). Cette carbonatite est actuellement exploitée par Niobec Inc. pour ses ressources en Nb. Ce gisement a été découvert en 1967 et l'exploitation y a commencé en 1976. La mine de Niobec fournit environ 8 à 10 % de la production mondiale de Nb₂O₅ (*Vallière et al., 2013*). Bien qu'elle ne soit exploitée que pour le Nb, elle présente aussi une zone enrichie en ETR. La carbonatite de Saint-Honoré est une intrusion verticale de forme elliptique, superposée par une zone sub-latéritique d'environ 80 m d'épaisseur (*Néron et al., 2018*). Elle fait partie du complexe alcalin de Saint-Honoré qui est principalement composé de syénites (*Fortin-Bélanger, 1977*). Des xénolithes de ces syénites sont aussi présents dans la carbonatite. Ce complexe alcalin est interprété comme faisant partie d'un regroupement d'intrusions calco-alcaline possiblement relié au rift du Saint-Laurent et aux failles de graben du Saguenay (*Kumarapeli et Saull, 1966*). Le complexe alcalin de Saint-Honoré est daté à 565 Ma par méthode K-Ar (*Doig et Barton, 1968*). Des datations plus récentes ont été effectuées sur la carbonatite de Saint-Honoré. Les âges obtenus sont : 571 ± 5 Ma par méthode Ar-Ar (*McCausland et al., 2009*); et 564 ± 8 Ma par méthode Rb-Sr (*Kamenetsky et al., 2015*).

2.2.2 La carbonatite de Crevier

La carbonatite de Crevier se trouve à environ une cinquantaine de kilomètres au nord du village de Girardville (*Figure 2*). Elle a été découverte en 1975 et a été étudiée pour ses ressources significatives en Nb et Ta. La carbonatite est en association co-magmatique avec principalement des roches sous-saturées en silices (ijolite, syénite à néphéline et syénite alcaline). Ces roches sont exposées sur une superficie d'environ 25 km². Ce complexe carbonatitique est en intrusion dans la Province de Grenville et daté à 957,2 ± 2,9 Ma par U-Pb dans des zircons pour les syénites et 934 ± 25 Ma par Pb-Pb dans des apatites pour les carbonatites (*Groulier et al., 2020*). La mise en place de ce complexe carbonatitique serait liée

au corridor de déformation majeur Waswanipi-Saguenay et aux failles de graben du Saguenay qui aurait affaibli la croûte et permis la remontée du magma et la mise en place de la carbonatite (Groulier et al., 2020).

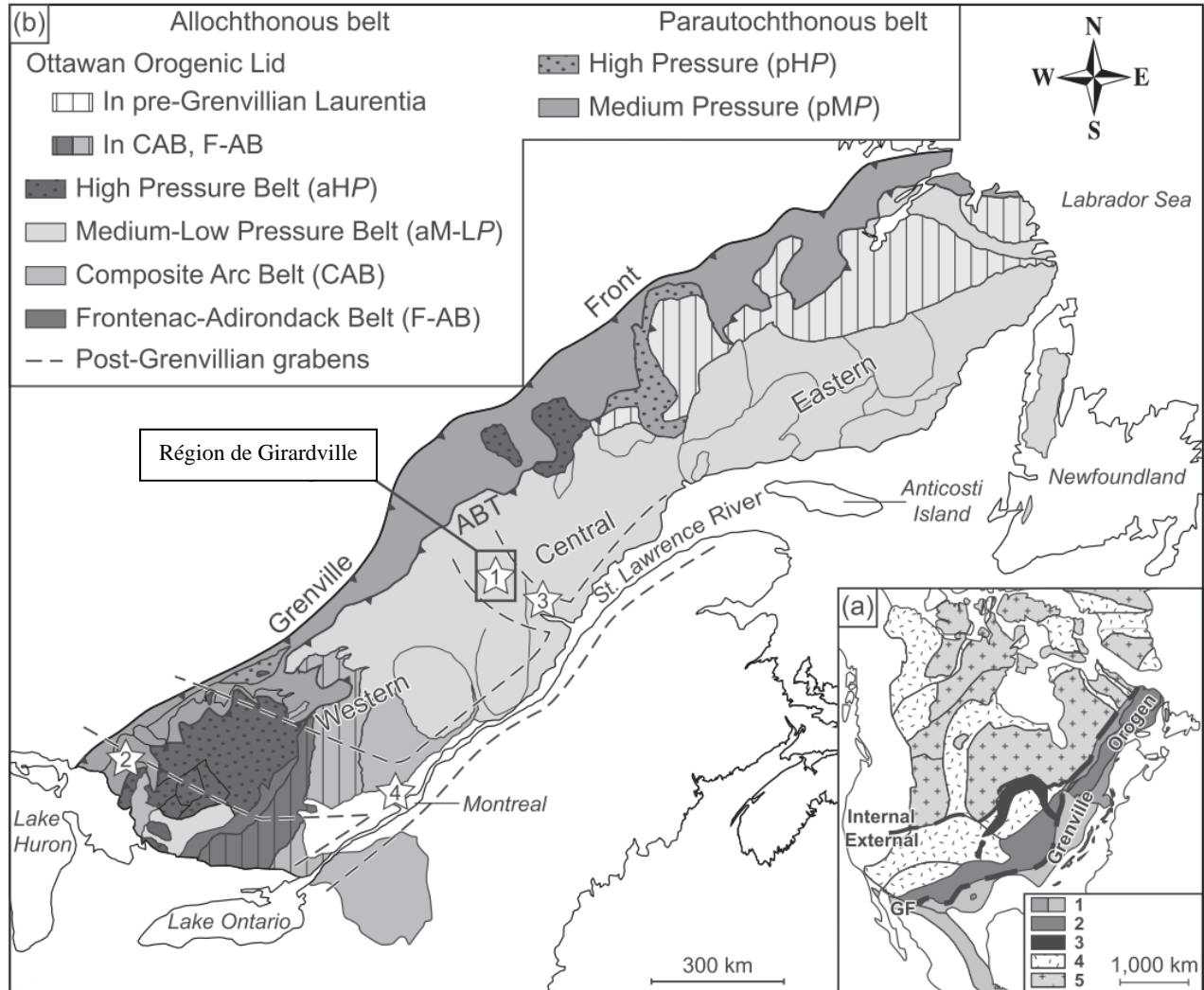


Figure 1 : Localisation de la Carbonatite de Girardville et de la Province de Grenville. (a) Carte géologique de la localisation de la Province de Grenville en Amérique du Nord le long du continent Laurentia: 1. Province de Grenville; 2. Province magmatique de granite et rhyolite (1,5-1,34 Ga); 3. Zone de rift médo-continentale; 4. Orogenèse paléoprotérozoïques (1,9-1,8 Ga, 1,65 Ga); 5. Craton archéen. Les couvertures paléozoïques ou plus jeunes sont omises. (b) Carte géologique de la portion québécoise et ontarienne du Grenville. Les étoiles représentent les principales carbonatites connues : 1. Crevier, 2. Complexes alcalins de Manitou et des Iron Islands (Ontario), 3. Saint-Honoré, et 4. Oka. La région de Girardville est représentée par le petit encadré. La ligne de faille ABT (Allochthon Boundary Thrust) représente la limite entre l'allochtone (sud-est) et le parautochtone (nord-ouest) (modifié de Hoffman, 1989 ; Rivers, 2008 ; Rivers et al., 2012 ; Groulier et al., 2020).

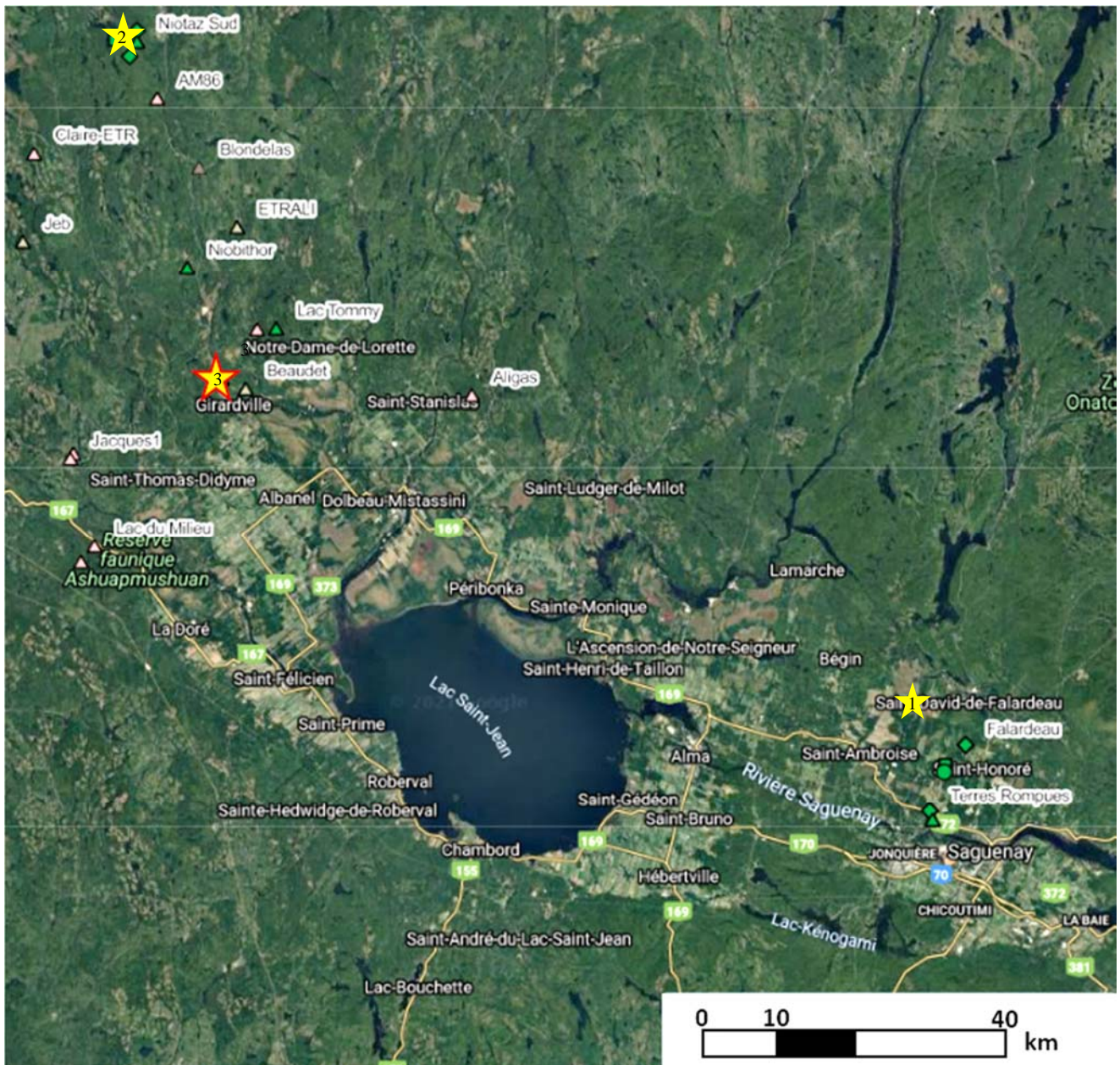


Figure 2 : Carte satellite de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (tirée du SIGEOM). Les étoiles jaunes représentent les carbonatites de 1. Saint-Honoré (sud-est) et 2. Crevier (nord-ouest). L'étoile avec les contours rouges représente la localisation de 3. La carbonatite de Girardville.

2.3 Revue de la littérature sur la carbonatite de Girardville

La carbonatite de Girardville se trouve à environ une dizaine de kilomètres au nord du Lac-Saint-Jean, plus précisément 4.5 km au nord du village de Girardville (*Figure 2*). Elle est en intrusion dans la portion allochtone du Grenville central (*Figure 1*). La roche encaissante est un granite appartenant à la deuxième unité de la Suite intrusive de Sainte-Hedwidge (unité mPshe2, syénite quartzifère et mangérite porphyrique, granite à feldspath alcalin, gabbronorite; présence d'enclaves de paragneiss et de gneiss granitique) daté à 1017 ± 36 Ma par méthode U-Pb sur zircon (*Moukhsil et Daoudene, 2019 ; Papapavlou, 2019*).

La carbonatite de Girardville se présente sous la forme d'un dyke orienté 030 avec un pendage de 55 degrés (*Dupuis et David, 2013*). Il s'agit d'une carbonatite à calcite, qui peut prendre des teintes rougeâtres associées à de l'hématite disséminée, avec de petits minéraux de fluorite et fluoronatropyrchlore disséminé (*Dupuis et David, 2013*). Trois principaux « corps lithologiques » ont été décrits « flottant » dans ce dyke de carbonatite : (1) des xénolithes de gneiss², (2) de larges cristaux de microcline et (3) de larges cristaux d'ilménite (*Dupuis et David, 2013*).

Dupuis et David (2013) estiment que les xénolithes proviennent d'un gneiss encaissant localisé dans un corridor de déformation, et que les cristaux de microcline retrouvés dans la carbonatite sont associés à une pegmatite (*Dupuis et David, 2013*). Les cristaux d'ilménite ont été décrits par *Dupuis et David (2013)* comme « flottant » dans la carbonatite, ou associés aux xénolithes de gneiss. Lorsqu'associés aux xénolithes de gneiss, les cristaux d'ilménite sont généralement dans des cavités. Ces cristaux y sont généralement plus petits (moins de 10 cm) que les cristaux que l'on retrouve libres dans la carbonatite (jusqu'à 52 cm) (*Dupuis et David, 2013*). Les cristaux d'ilménite sont aussi associés dans la plupart des cas à d'autres oxydes soit par altération ou inclusion : hématite, magnétite, rutil, anatase, pyrochlore (*Dupuis et David, 2013*).

Selon *Dupuis et David (2013)*, les associations spatiales entre les cristaux d'ilménite et de microcline avec la carbonatite suggèrent que la carbonatite est plus jeune que ces cristaux, et que le dyke de carbonatite recoupe le gneiss et la pegmatite à microcline.

² Le terme de « gneiss » est un nom de terrain donné par *Dupuis et David (2013)*. Un nouveau nom est proposé pour cette lithologie dans la section 3.1.2 ci-bas.

Dupuis et David (2013) ont décrit d'autres minéraux qui peuvent être observés sur le site de la carbonatite de Girardville notamment de la phlogopite-Fe et de la fluorapatite, principalement au contact avec les xénolithes de gneiss. On retrouve aussi de l'ægyrine, de la jadéite, de la chamoisite et d'autres pyroxènes et amphiboles sodiques dans les encaissements le long des contacts avec la carbonatite. Ces derniers ont été interprétés comme le résultat de processus félicitants associés à la carbonatite (*Dupuis et David, 2013*).

Les cristaux d'ilménite présentent des teneurs jusqu'à 3,6% massique de MnO et des teneurs jusqu'à 0,6% massique de Nb₂O₃ (*Dupuis et David, 2013*). Les analyses chimiques effectuées sur un échantillon de carbonatite y ont révélé des teneurs de 1539,59 ppm ETR totales (675 ppm Ce, 318 ppm La, 289 ppm Nd) et 10 ppm Nb (*Moukhsil et El Bourki, 2021*).

3.0 Description de terrain et pETRographie

Dans le cadre de ce projet de maîtrise, des travaux de cartographie ont été effectués par Charles Saint-Laurent et L.Paul Bédard entre le 7 et le 11 juin 2021. Les 4 affleurements décrits dans les sections suivantes sont situés à moins dans un secteur de 25 km² (Figure 3).

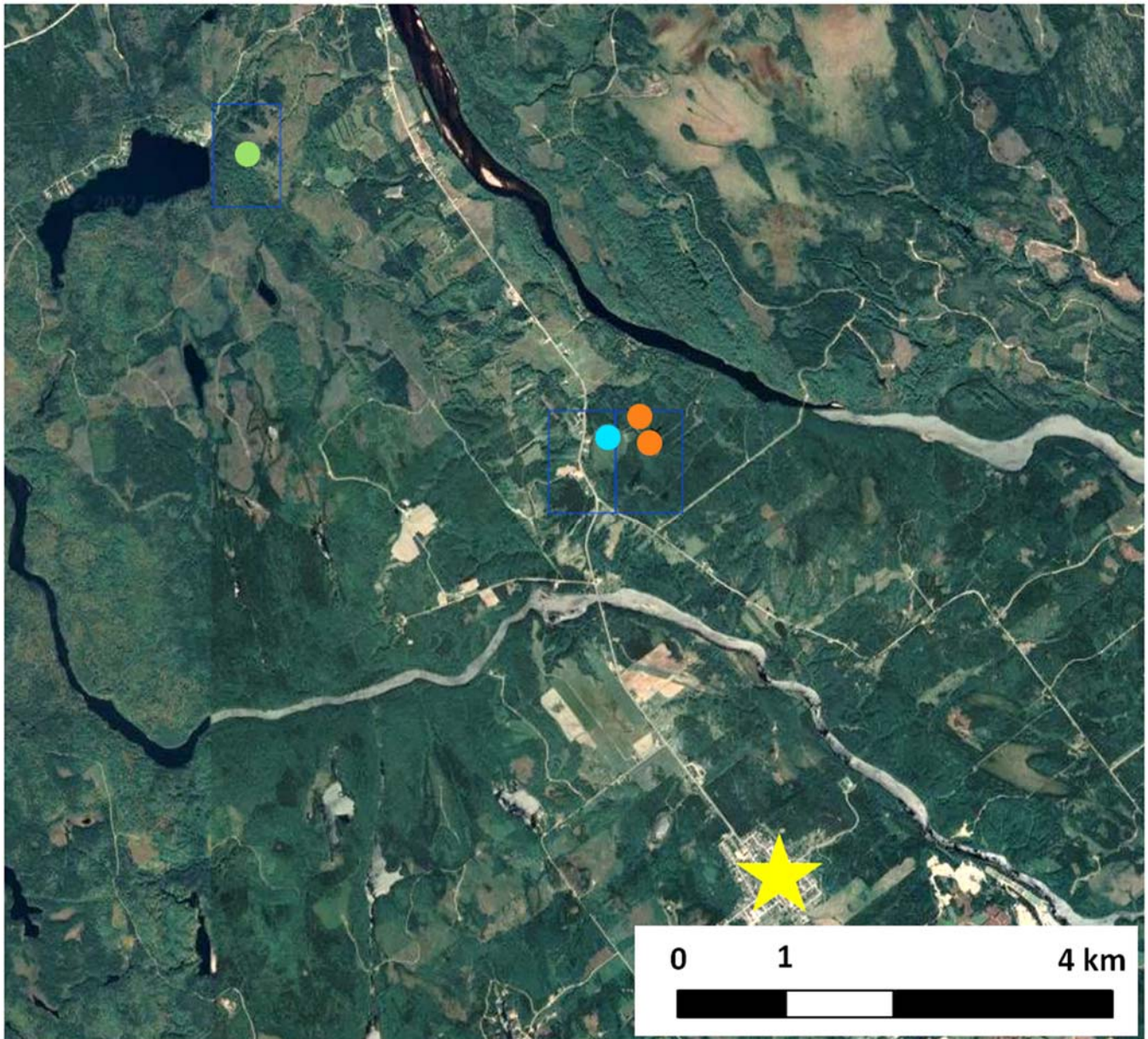


Figure 3 : Carte satellite de la région de Girardville (tiré de SIGEOM). Les affleurements décrits dans les sections qui suivent sont indiqués sur la carte : la carbonatite de Girardville 21-CS-01 (bleu); la pegmatite à microcline 21-CS-02 (orange nord) et 21-CS-03 (orange sud); la carbonatite du Lac des Coudes 21-CS-04 (vert). Le village de Girardville est indiqué par l'étoile jaune (sud-est).

3.1 La carbonatite de Girardville (affleurement 21-CS-01)

Référence antérieure : 20-AM-129 (Moukhsil et El Bourki, 2021)

Localisation: UTM E677774 N5434707 Zone 18 NAD83 (Figure 3)

L’affleurement 21-CS-01 est localisé à proximité d’un chemin privé, accessible par le rang Saint-Joseph Nord, à environ 4,5 km au nord du village de Girardville au Lac-Saint-Jean. Il s’agit du seul affleurement dans la région où le dyke de la carbonatite de Girardville est observable. .

Une grande partie du dyke affleurant a été mise en évidence par des travaux de tranchée. La tranchée mesure environ 40 mètres de long par 5 mètres de large. Elle est suivie de plusieurs petits buttons affleurants sur environ une trentaine de mètres en direction sud. La majorité de l’affleurement est visible sur la paroi du côté est de la tranchée d’environ 3 à 4 mètres de haut et sur des buttons dans le fond de la tranchée.

Trois lithologies sont présentes sur cet affleurement (Figure 4 et 5) : 1) la roche encaissante, un granite à feldspath alcalin (section 3.1.1), 2) un dyke de syénite grise à biotite (section 3.1.2), et 3) le dyke de carbonatite (section 3.1.3). À l’intérieur de ce dyke de carbonatite, il est possible de retrouver plusieurs enclaves de syénite grise à biotite, ainsi que des mégacristsaux d’ilménite et de microcline.

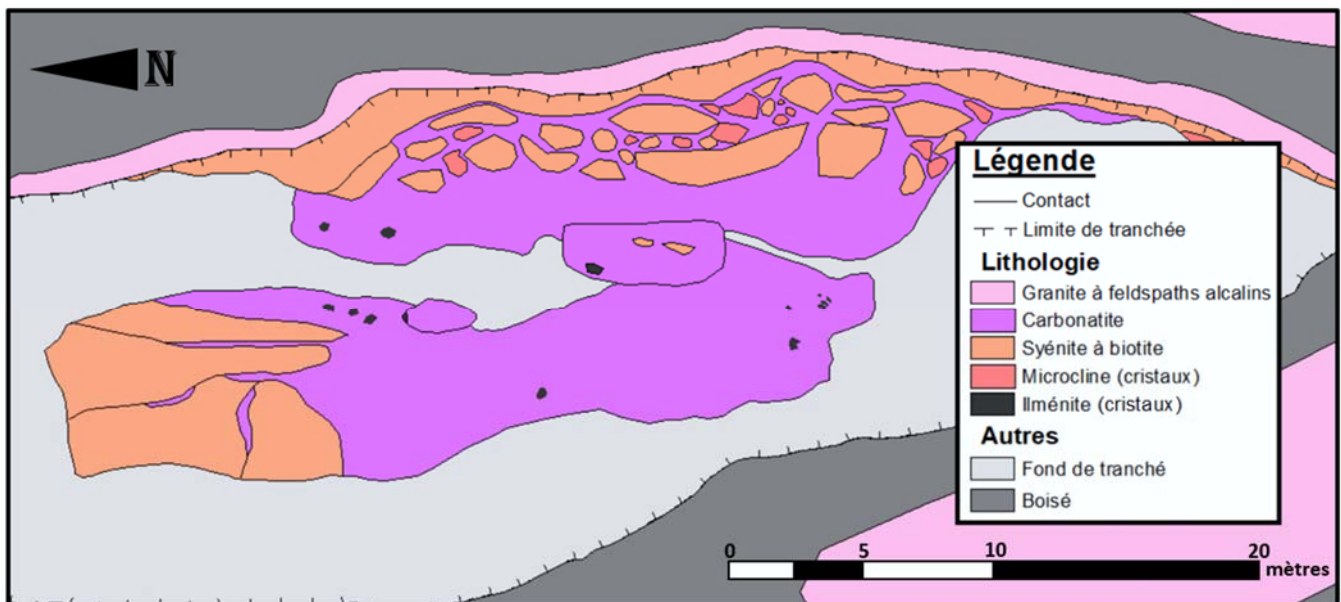


Figure 4 : Cartographie détaillée de l’affleurement 21-CS-01 de la carbonatite de Girardville.

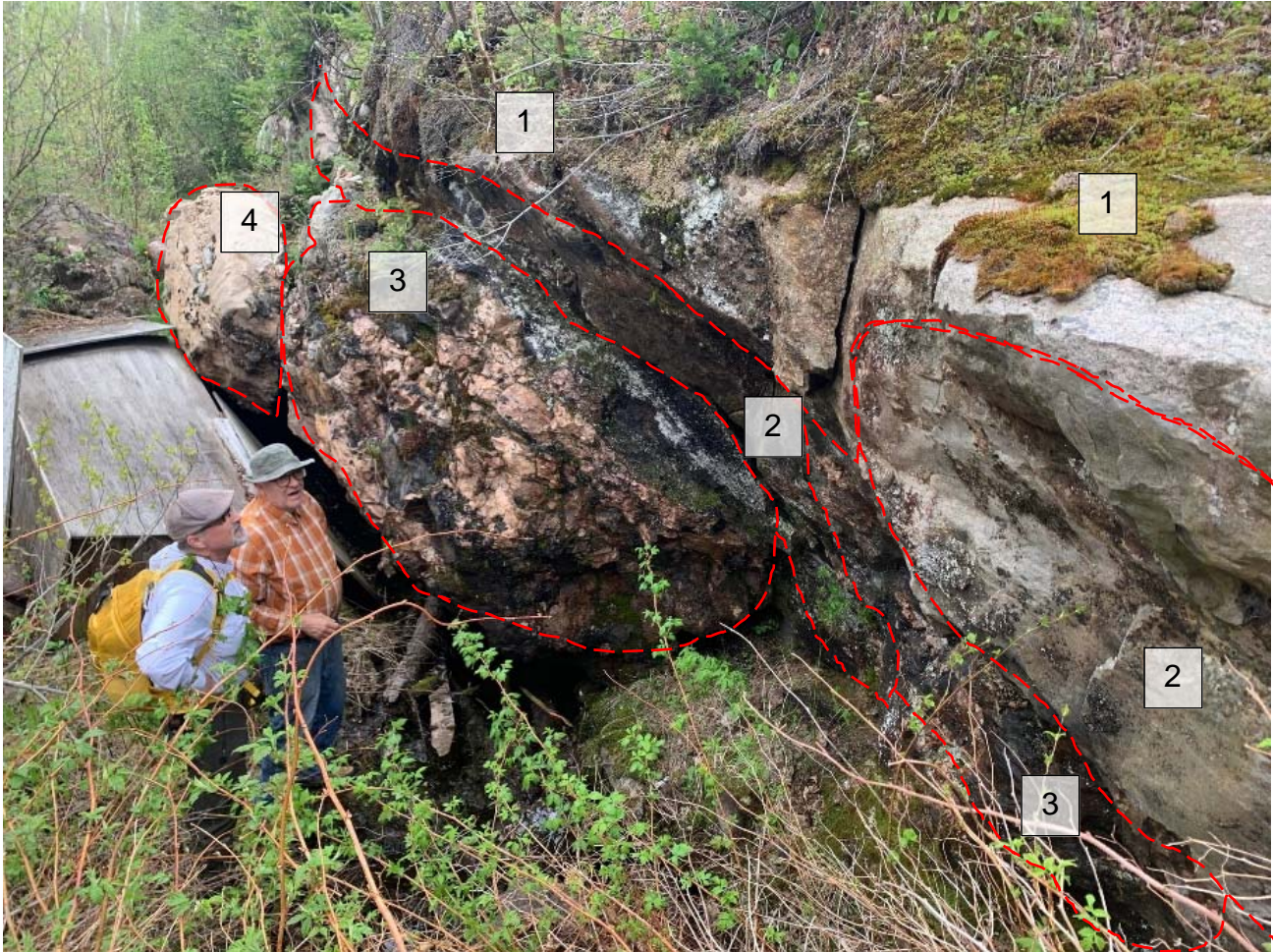


Figure 5 : Photographie de la tranchée de la carbonatite de Girardville, vue vers le nord-est, affleurement 21-CS-01. Sur la photographie sont identifiés : 1) le granite à feldspath alcalin; 2) un lambeau en place du dyke de syénite grise à biotite; 3) la carbonatite à enclaves; et 4) la carbonatite propre.

3.1.1 Granite à feldspath alcalin (encaissant régional)

Le granite à feldspath alcalin est visible directement sur l’affleurement principal (*Figure 4*), mais aussi sur plusieurs autres affleurements en boutons dans les alentours. Le granite présente des teintes généralement rosâtres. La granulométrie y est assez grossière (entre 0,5 et 1 cm). En affleurements, les principaux minéraux sont de la microcline (rose orangé à blanchâtre, 60 %), du quartz (gris translucide, 20 %), de la biotite (noir, en feuillet, 10 %) et de l’albite (blanc, 10 %) (*Figure 6*). L’étude de lames minces a aussi permis d’identifier d’autres phases mineures ou traces (1 % total) telles que des zircons, de

l'apatite, de la hornblende et de la magnétite. Dans l'ensemble, cette lithologie ne semble pas présenter (ou très peu) de signe de déformation (*Planche 1A et 1B*).



Figure 6 : Photographie de surface du granite à feldspath alcalin, affleurement 21-CS-01. Les minéraux visibles sont de la microcline (rose), du quartz (gris translucide), de l'albite (blanc) et de la biotite (noir).

Les minéraux de feldspaths et de quartz sont généralement, grossièrement grenus, idiomorphes à hypidiomorphes. La biotite est plus fine et localisée dans les interstices des autres phases majeures. Plusieurs cristaux de microclines présentent des signes d'altération dans leur cœur ce qui leur donne une allure chagrinée. Cette altération semble être une séricitisation. Des perthites (exsolution d'albite) et des myrmékites (fines sphérules ou veinules de quartz) ont été observées dans certaines microclines.

Le granite à feldspath alcalin, au niveau des contacts avec le dyke de carbonatite ou avec le dyke de syénite grise à biotite, peut présenter des signes de fénitisation³ sur des distances variables de 10 à 50 cm. Le granite à feldspath alcalin fénitisé est facilement identifiable sur le terrain car il présente une importante quantité de minéraux verdâtres (pyroxène, *Figure 7*). L'intensité de la fénitisation est généralement uniforme et la transition entre la zone fénitisée et la zone non fénitisée est plutôt abrupte (*Figure 8*). Les plans de fracture présents dans la portion fénitisée du granite présentent un remplissage de baguette d'ægryrine de quelques millimètres de large et plus de 1 cm de long avec des orientations généralement perpendiculaires à celles des fractures.

³ La fénitisation est un métasomatisme alcalin (sodique ou potassique), où l'on retrouve une variation de la composition chimique et minéralogique sans changement textural ou structural de la roche. Les roches produites par les processus de fénitisation sont nommées fénite. Les minéraux typiques des fénites sont des amphiboles sodiques ou potassiques, de l'ægryrine, de l'augite, des feldspaths alcalins, des perthites, de la néphéline et des micas (*Le Bas, 2008 ; Elliot et al., 2018*).

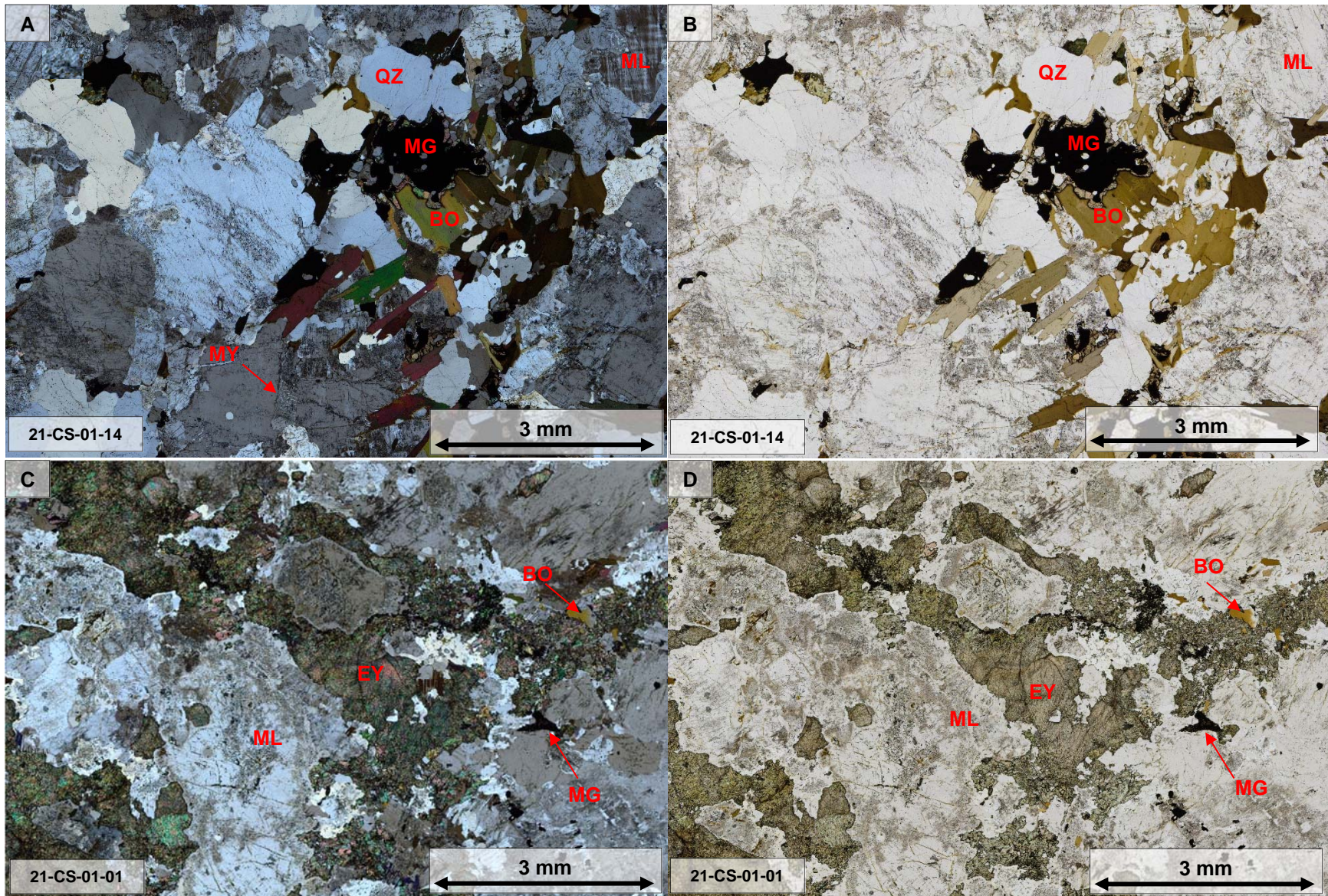


Planche 1 : Photomicrographies de sections en lames minces du granite à feldspath alcalin, affleurement 21-CS-01. Granite à feldspath alcalin frais sous A) lumière polarisée et analysée; et B) lumière polarisée non analysée. Granite à feldspath alcalin fénitisé sous C) lumière polarisée et analysée; et D) lumière polarisée non analysée, (ML : microcline, QZ : quartz, MY : myrmékite, BO : biotite, MG : magnétite, EY : aegyrine).

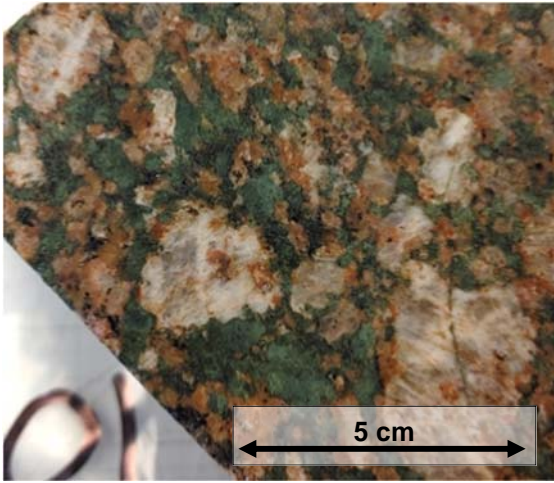


Figure 7 : Photographie d'une surface plane du granite à feldspath alcalin fénitisé, échantillon 21-CS-01-01. Les minéraux visibles sont de la microcline (blanc et rouge) et de l'aegyrine (vert).

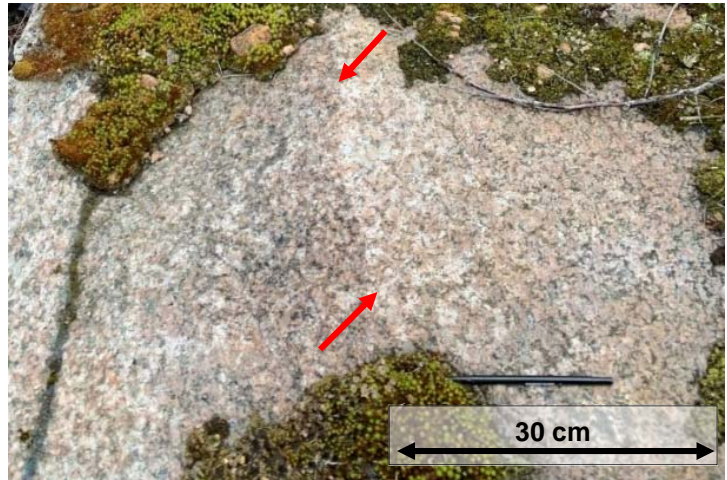


Figure 8 : Photographie de la transition entre le granite à feldspath alcalin fénitisé et non fénitisé, affleurement 21-CS-01, vue vers le nord. Les flèches rouges pointent la zone de transition (léger changement de teinte de couleur).

La composition minéralogique de la zone fénitisée est sujette à d'importants changements. La quasi-totalité de la biotite et du quartz semble disparaître (environ 4 % quartz et 1 % biotite restant) et laisser place à d'autres minéraux verdâtres, principalement des clinopyroxènes (possiblement de l'aegyrine; la présence d'arfvedsonite et d'augite est aussi supposée). En affleurement, les plus gros microclines prennent une teinte généralement blanche, alors que les plus petits prennent des teintes rougeâtres. Il n'est plus possible d'identifier les minéraux d'albite en affleurement, mais ils sont toutefois toujours observables en lames minces. Les microclines de couleurs rouges forment souvent des couronnes autour des microclines blanches. On peut aussi retrouver microclines rouges dans les interstices formés par les minéraux les plus grossiers.

En lames minces (*Planche 1C et 1D*), le granite fénitisé est toujours principalement composé de microcline (55 %). Le microcline présente une forme xénomorphe. L'altération des grains de microcline est généralement plus intense au cœur et s'étend graduellement vers l'extérieur des grains, donnant une texture chagrinée au minéral. Elle peut couvrir l'entièreté de certains grains. L'altération est aussi plus forte au niveau des plans de macles et des microfractures. Une plus grande quantité de perthites sont aussi visibles dans les microclines. Les minéraux verdâtres (30 %) sont essentiellement de l'aegyrine. Leur

granulométrique est extrêmement fine (moins de 10 μm). Ils sont généralement sous forme de gros amas (jusqu'à 1 cm de large) entre les cristaux plus grossiers.

3.1.2 Syénite grise à biotite

La syénite grise à biotite est présente sous deux formes sur l'affleurement 21-CS-01 (Figure 4), soit sous la forme d'un dyke (Figure 9) presque entièrement démembré par la carbonatite, et sous la forme d'enclaves dans la carbonatite (Figure 10).



Figure 9 : Photographie du contact entre le granite à feldspath alcalin et le dyke de syénite grise à biotite, affleurement 21-CS-01.

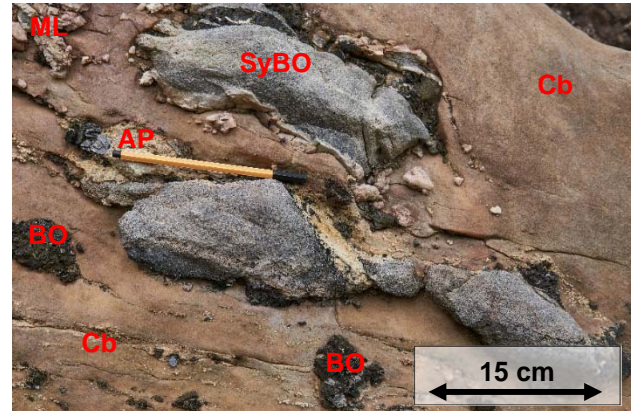


Figure 10 : Photographie d'enclaves de syénite grise à biotites dans la carbonatite, affleurement 21-CS-01. L'enclave située dans la partie supérieure de la photographie semble légèrement recourbée (ML : microcline, AP : apatite, BO : biotite, Cb : carbonatite, SyBO : syénite grise à biotite).

Ce dyke de syénite grise à biotite est localisé au contact entre la carbonatite et le granite à feldspath alcalin sur la paroi est de la tranchée, où il est présent de manière discontinue sur une distance d'environ 5-6 m. Sa largeur varie de 20 à 50 cm.

Des enclaves de syénite grise à biotite se trouvent dans le dyke de carbonatite. Ils présentent des tailles et des formes variables. Les enclaves les plus rapprochées des contacts sont généralement plus allongées (jusqu'à 2 m de long). Ces enclaves sont généralement orientées parallèlement à l'orientation des contacts avec le dyke de carbonatite. Lorsque ces enclaves sont présentes plus loin des contacts, elles sont plus petites (25 cm ou moins) et sont de formes plus arrondies ou ovoïdes. Certaines de ces enclaves présentent des formes recourbées (Figure 10).

En affleurement, la syénite grise à biotite, en enclaves ou en dyke, présente des teintes grisâtres. La granulométrie de la roche est très fine, pratiquement aphanitique (1mm et moins). En lames minces (*Planche 2A et 2B*), la syénite grise à biotite est composée principalement de feldspath-K (40 %), de plagioclase (25 %), de quartz (19 %), et de biotite (15 %). Les feldspath-K et les plagioclases peuvent être très difficiles à différencier dût à la taille et la forme des grains. Il est aussi possible d'y retrouver d'autres phases mineures et traces (moins de 1%) telle que des zircons, apatites, carbonates et magnétite. Les minéraux présentent généralement des formes différentes. Les biotites sont de formes idiomorphes à hypidiomorphe, alors que les quartz, feldspaths-K et plagioclases sont hypidiomorphes à xénomorphes. Cette lithologie présente une forte déformation définie par l'orientation préférentielle de tous les minéraux parallèlement à l'orientation du dyke de carbonatite.

Certaines enclaves de syénite grise à biotite, distribuées de façon aléatoire dans la carbonatite, possèdent des couronnes d'albite (*Figure 11*). Ces couronnes sont généralement de moins de 1 cm d'épaisseur. On retrouve aussi en général une très grande quantité de biotite et d'apatite autour de ces enclaves dans la carbonatite (*Figure 12*).

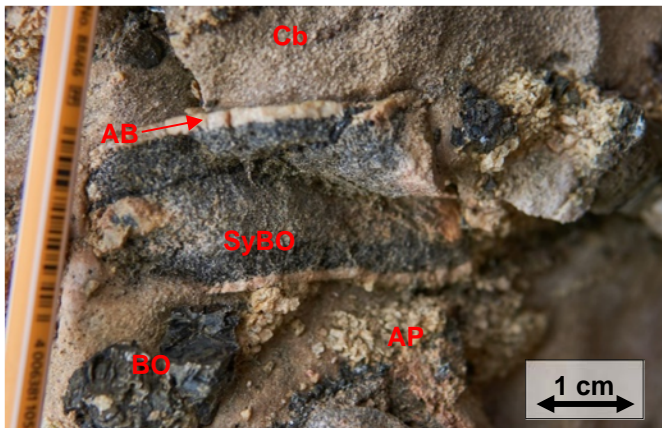


Figure 11 : Photographie d'une petite enclave de syénite grise à biotite avec une couronne d'albite, affleurement 21-CS-01 (AB : albite, AP : apatite, BO : biotite, Cb : carbonatite, SyBO : syénite grise à biotite).

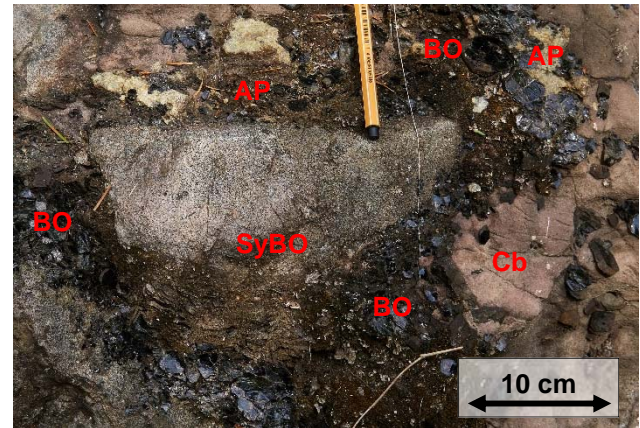


Figure 12 : Photographie d'une enclave de syénite grise à biotite avec une grande quantité de biotite et d'apatite autour, affleurement 21-CS-01 (AP : apatite, BO : biotite, Cb : carbonatite, SyBO : syénite grise à biotite).

3.1.3 Le dyke de carbonatite

Le dyke de carbonatite présent à l'affleurement 21-CS-01 est le principal dyke de carbonatite de la carbonatite de Girardville. Il est principalement visible sur la paroi du côté est et dans le fond de la tranchée

de l’affleurement 21-CS-01 (*Figure 4*). Il est aussi possible de suivre ce dyke sur les petites collines affleurantes en direction sud sur une distance d’environ 30 m. Les contacts du dyke de carbonatite présentent une orientation nord-sud de 350 à 010 avec un pendage de 64 à 67. Il coupe l’ensemble des autres lithologies présentes sur l’affleurement, soit le granite à feldspath alcalin et la syénite grise à biotite.

En affleurement, la carbonatite présente généralement une couleur beige légèrement rosée. Il peut parfois arriver que la roche prenne des teintes légèrement plus rougeâtres. La granulométrie y est assez passablement variable (entre 1 et 5 mm). Essentiellement, les carbonates sont les seuls minéraux distinguables à l’œil nu (99 % de la roche) (*Figure 13*). Les grains de carbonates présentent dans l’ensemble des formes xénomorphes avec une texture granoblastique (*Planche 2C et 2D*). Il est aussi possible d’observer plusieurs petits minéraux, non

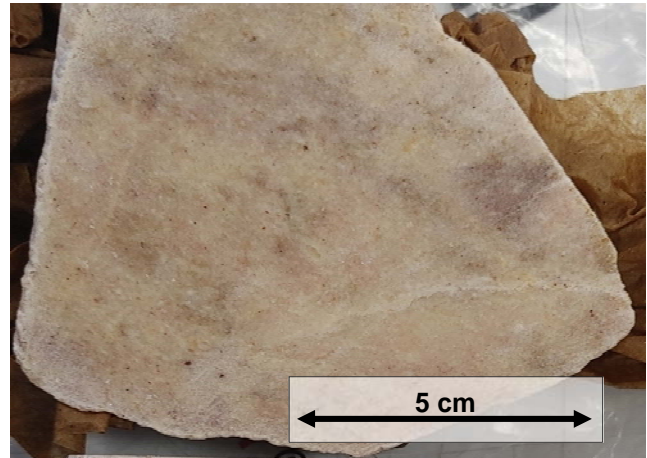


Figure 13 : Photographie de la surface plane d’un échantillon de carbonatite propre, échantillon 21-CS-01-07.

identifiables à l’œil nu, de taille inférieure à 1 mm avec des couleurs noires ou rougeâtres dont le pourcentage total fait moins de 1 %. En lames minces, plusieurs de ces minéraux ont été identifiés comme du rutile, ilménite, biotite et apatite. D’autres minéraux plus petits n’ont toutefois pas pu être identifiés.

On retrouve une très grande quantité d’enclaves de syénite grise à biotite (voir section 3.1.2) de forme et taille variable dans la carbonatite. On y retrouve aussi plusieurs cristaux de microcline et d’ilménite, ainsi que des amas de biotite et d’apatite. Certaines de ces enclaves de syénite grise à biotite et de microcline forment des traînées/plans d’orientation entre 315 à 009 avec un pendage de 38 à 73.

En général, la portion centrale du dyke semble présenter qu’une plus faible quantité d’enclaves (~10 %), jusqu’à ne pas en avoir du tout. Lorsque l’on se rapproche des contacts, on retrouve de plus en plus d’enclaves (jusqu’à 75 %) et ces dernières sont de plus en plus grosses. Il est aussi possible de retrouver de larges amas de biotite et d’apatite aux contacts avec les enclaves de syénite. À plusieurs endroits, on retrouve aussi des amas d’apatite au contact avec les cristaux de microcline.

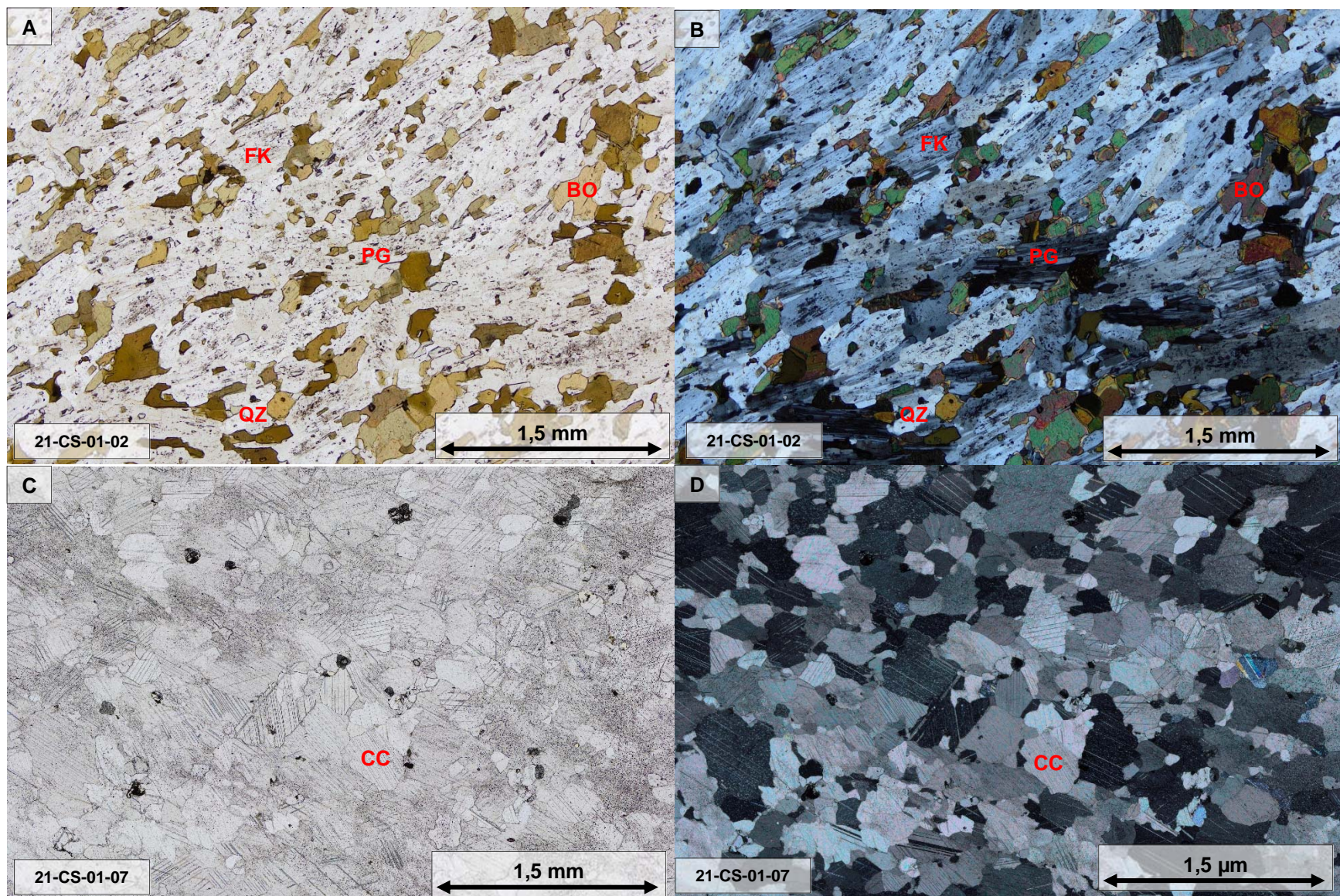


Planche 2 : Photomicrographies de sections en lames minces de la syénite grise à biotite et de la carbonatite, affleurement 21-CS-01. Syénite grise à biotite sous A) lumière polarisée non analysée et B) lumière polarisée et analysée. Carbonatite propre sous C) lumière polarisée non analysée et D) lumière polarisée et analysée, (QZ : quartz, BO : biotite, FK : feldspath-K, PG : plagioclase, CC : calcite).

Cristaux de microcline

Les cristaux de microcline contenu dans le dyke de carbonatite sont souvent des mégacristaux. En affleurement, ces mégacristaux possèdent des teintes de beiges rosées à roses foncées. Leurs tailles varient de 2-3 cm à plus de 25 cm (*Figure 14*). Ces cristaux de microcline sont généralement plus gros à proximité des contacts avec le granite à feldspath alcalin ou avec le dyke de syénite grise à biotite et rapetissent en se rapprochant du centre du dyke. En général, les cristaux sont dispersés individuellement dans la carbonatite. Il est toutefois possible d'observer des amas de cristaux microclines près des contacts avec le granite à feldspath alcalin ou le dyke de syénite grise à biotite.

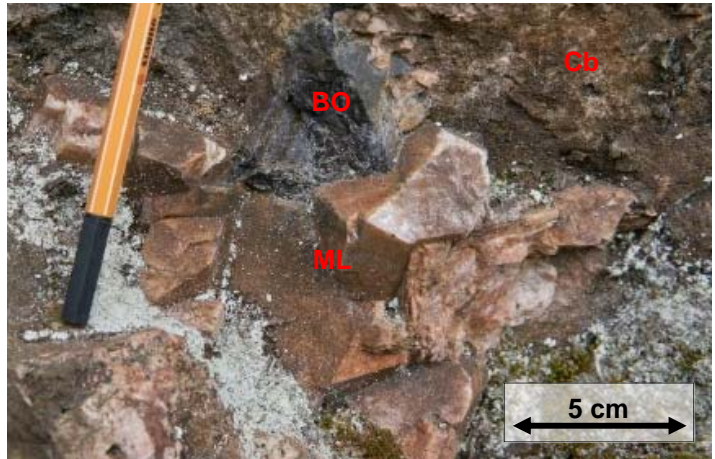


Figure 14 : Photographie d'une enclave de microcline contenu dans la carbonatite, affleurement 21-CS-01 (BO : biotite, Cb : carbonatite, ML : microcline).

Les cristaux de microcline sont généralement bien formés et sans inclusions ou altération. En lame mince, ils peuvent présenter quelques textures de perthites (*Planche 3A et 3B*). Toutefois, certains cristaux peuvent présenter des réseaux de microfracturation, des espaces ouverts et parfois quelques inclusions. On peut retrouver dans ces espaces ainsi que le long des plans de macles, des minéraux tels que de l'apatite, biotite, rutile, ilménite et de l'aégyrine. Les inclusions ne dépassent que rarement 2-3 mm de large.

Biotite et apatite

Une grande quantité de biotite et d'apatite sont retrouvés en amas par endroit dans la carbonatite. Les biotites sont brun foncé à noir et de tailles extrêmement variables. Certains feuillets de biotite atteignent des tailles de près de 20 cm et forment des livrets (ou des accumulations) de plus de 20 cm d'épaisseur (*Figure 15*). Les apatites présentent généralement des teintes jaunâtres et parfois verdâtres ou rougeâtres (hématitisation). Les grains possèdent une taille plutôt uniforme de 2-3 mm. Les grains d'apatites forment généralement des amas de plusieurs centimètres de largeur (*Figure 16*).

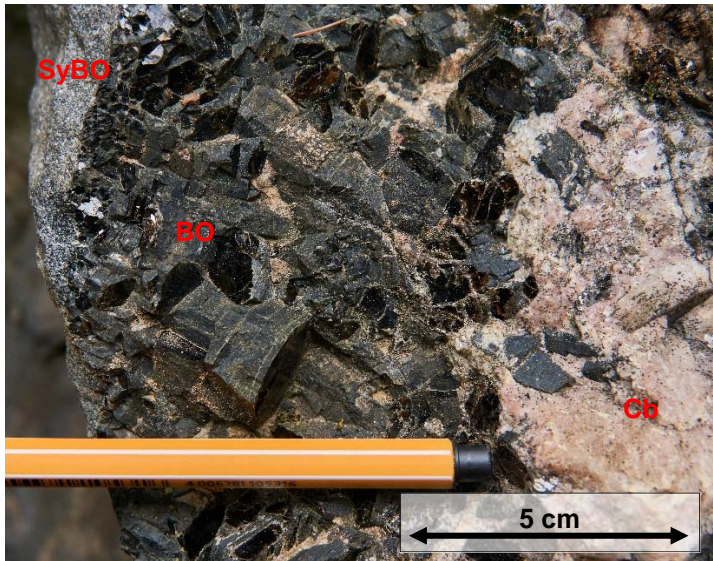


Figure 15 : Photographie d'une accumulation de feuillets de biotite au contact entre la carbonatite et une enclave de syénite grise à biotite, affleurement 21-CS-01 (BO : biotite, Cb : carbonatite, SyBO : syénite grise à biotite).

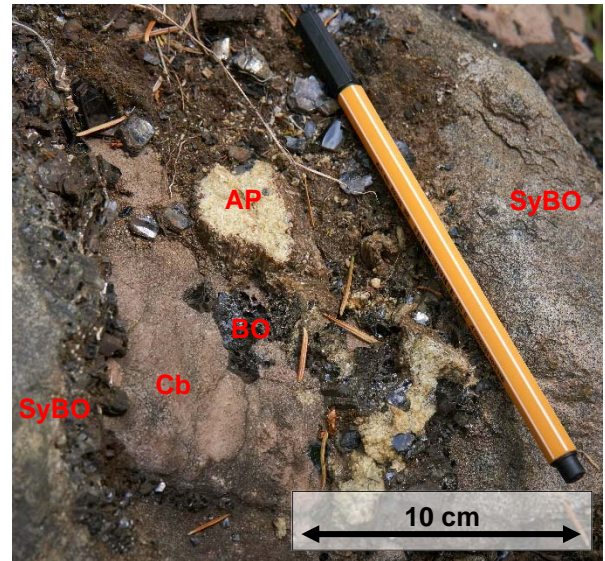


Figure 16 : Photographie d'amas d'apatite et de biotite dans la carbonatite dans une zone avec plusieurs enclaves de syénite grise à biotite, affleurement 21-CS-01 (AP : apatite, BO : biotite, Cb : carbonatite, SyBO : syénite grise à biotite).

La biotite et l'apatite sont généralement associés les uns avec les autres. Les grains d'apatite se retrouvent régulièrement en inclusion dans les biotites. Les amas de biotite et d'apatite sont généralement concentrés dans les zones où l'on retrouve le plus d'enclaves de syénite grise à biotite ou de microclines. La biotite et l'apatite peuvent former de larges couronnes (jusqu'à 10 cm d'épaisseur) autour des enclaves de syénite grise à biotite. Autour des cristaux de microcline, la biotite ne forme que rarement des couronnes et lorsque c'est le cas, elles sont de moins de 1 ou 2 cm d'épaisseur. Les cristaux de microcline présentent régulièrement des couronnes ou des plaquages d'apatites de quelques millimètres d'épaisseur. Il est toutefois à noter que lorsque les enclaves de syénite grise à biotite sont plus grosses (plus de 1 m de long) et en plus grande concentration (plus de 90 % de la roche), on ne retrouve pas ou très peu de biotite et d'apatite sur leurs bordures.

Cristaux d'ilménite

Des cristaux d'ilménite sont observables « flottant » dans la carbonatite. La taille de ces cristaux est très variable. Certains d'entre eux peuvent atteindre plus de 30 centimètres de largeur. Ces cristaux d'ilménite sont généralement bien formés (forme cristallographique presque parfaite). Leur teinte transite de noir à gris métalliques avec parfois de légères teintes rougeâtres.

La dispersion de ces cristaux d'ilménite dans l'intrusion carbonatitique est très hétérogène. Dans le cas de plusieurs cristaux, il est possible d'observer un alignement des autres phases minérales dans la carbonatite les contournant (*Figure 17*).

Plusieurs cristaux d'ilménite ont aussi été observés dans des enclaves de la syénite grise à biotite. Ces cristaux sont généralement regroupés ensemble et semblent s'être formés dans des espaces ouverts (ou genre de géode) (*Figure 18*).

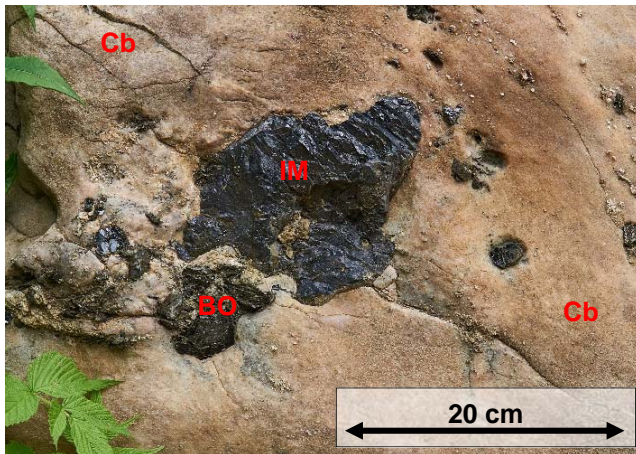


Figure 17 : Photographie d'un cristal d'ilménite dans la carbonatite, affleurement 21-CS-01. Les cristaux de la carbonatite contournent les grands cristaux (IM : ilménite, BO : biotite, Cb : carbonatite).

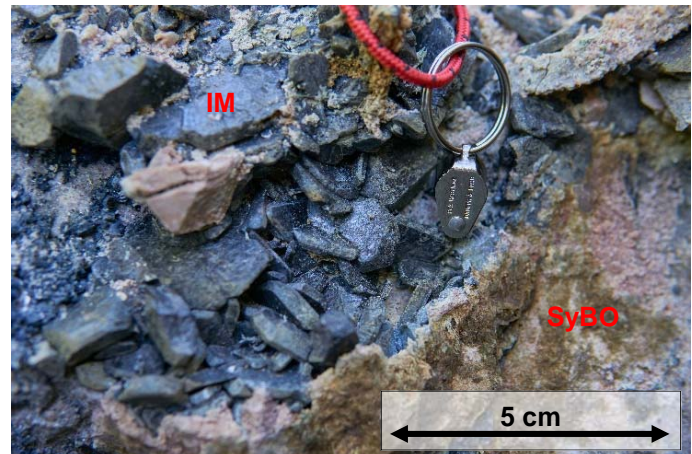


Figure 18 : Photographie de plusieurs petits cristaux d'ilménite automorphes (cristallisation en espace ouvert) dans une enclave de syénite grise à biotite, affleurement 21-CS-01 (IM : ilménite, SyBO : syénite grise à biotite).

En lames minces, on peut observer de l'apatite en inclusion dans les cristaux d'ilménite. Il est aussi possible d'observer quelques exsolutions sous la forme de petites sphères à l'intérieur des cristaux d'ilménite. La composition de ces exsolutions n'a pas été déterminée (*Planche 3C et 3D*).

Faciès de carbonatites

À des fins descriptives, la carbonatite a été subdivisée en 3 faciès. La délimitation de ces faciès est affectée par les textures et la présence de différents composants lithologiques dans la roche (cristaux de microcline et d'ilménite, enclaves de syénite grise à biotite, minéraux de biotite et apatite). Les trois faciès délimités sont nommés: carbonatite propre, carbonatite à enclaves et carbonatite déformée (*Figure 19*)

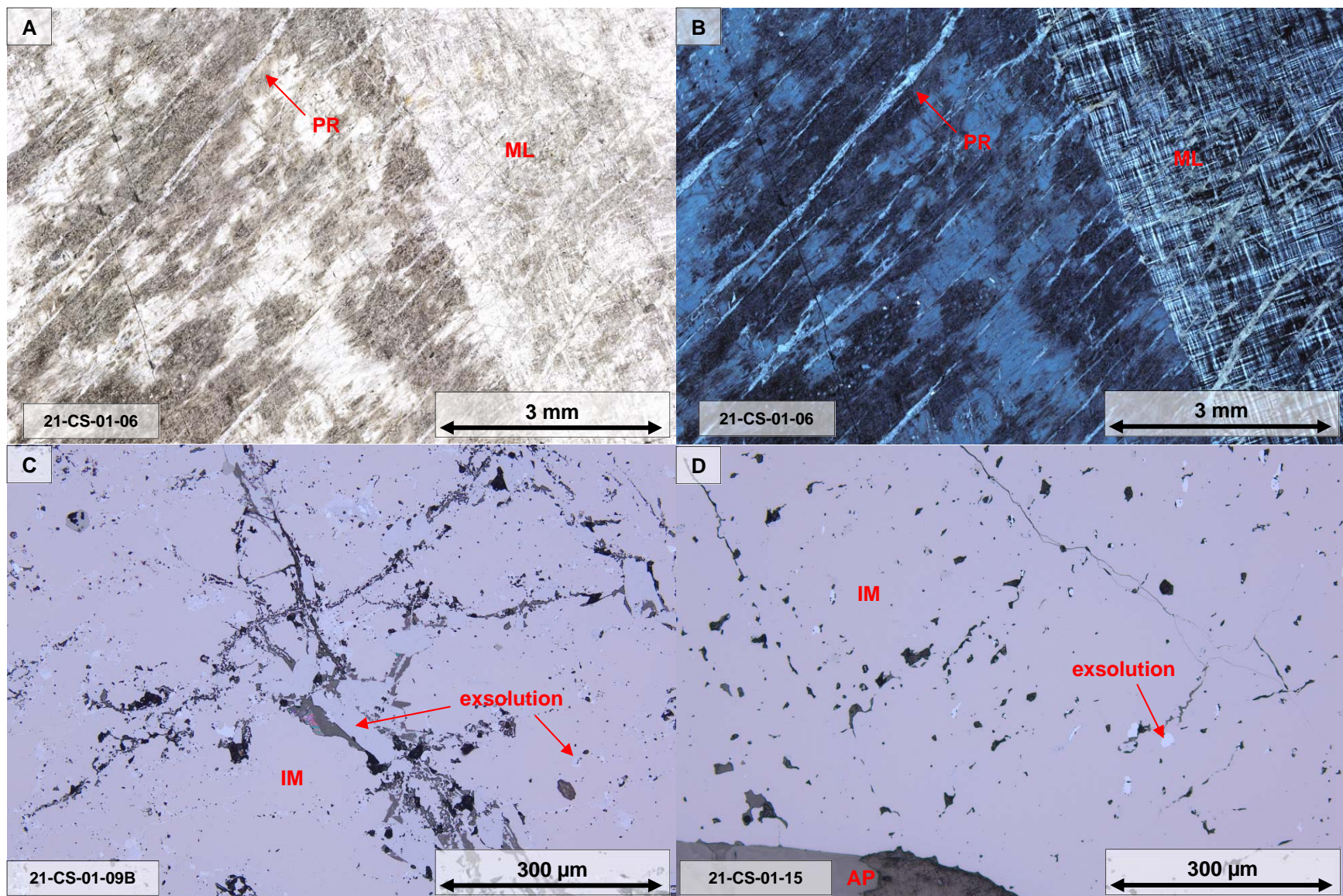


Planche 3 : Photomicrographies de sections en lames minces de microclines et ilménites, affleurement 21-CS-01. Microcline avec des textures de perthite sous A) lumière polarisée non analysée et B) lumière polarisée et analysée. C) Ilménite avec des exsolutions en fractures sous lumière réfléchie non polarisée. D) Ilménite avec de fines exsolutions sphériques et inclusions d'apatite sous lumière réfléchie non polarisée, (ML : microcline, PR : perthite, IM : ilménite, AP : apatite).

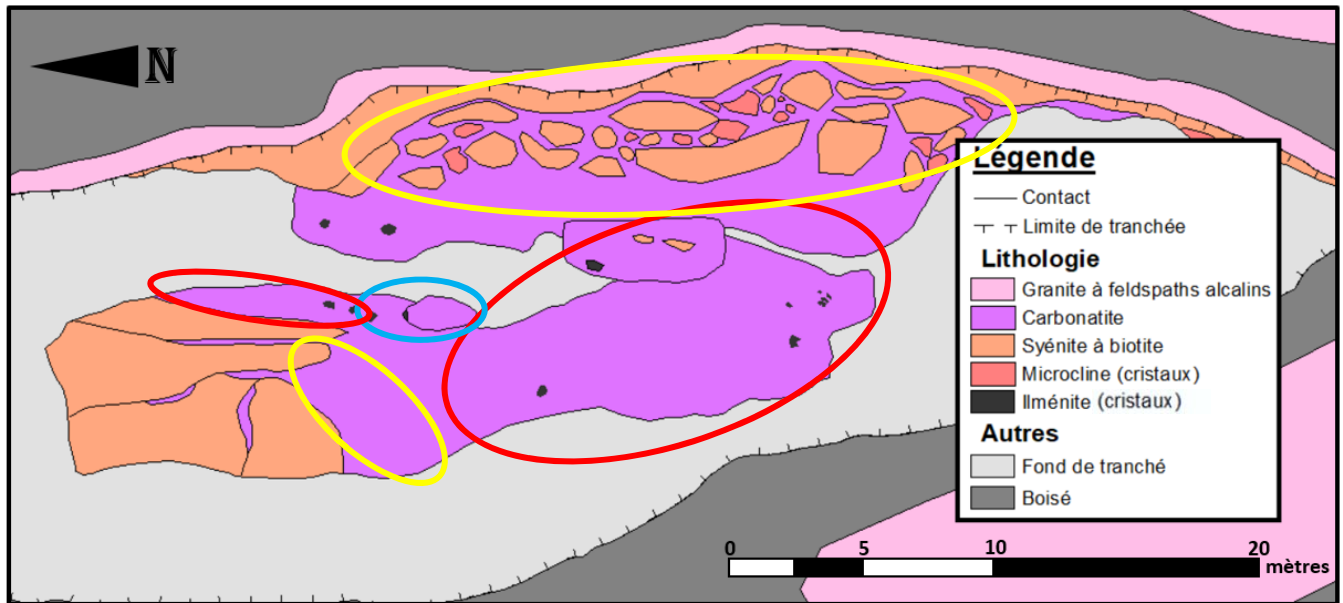


Figure 19 : Cartographie détaillée de l’affleurement 21-CS-01 de la carbonatite de Girardville. Les cercles de couleurs représentent les principales zones où sont visibles chaque faciès de carbonatite : carbonatite propre : rouge; carbonatite à enclaves : jaune; et carbonatite déformée : bleu.

Carbonatite propre

La carbonatite propre est principalement observée dans la partie centrale du dyke (Figure 19). En général, on ne retrouve que très peu d’enclaves ou d’amas de biotite et d’apatite dans la carbonatite propre. De plus, dans cette partie de la carbonatite, l’alignement des cristaux de la carbonatite contourne les enclaves, les gros cristaux et les amas de cristaux suggérant une texture d’écoulement (Figure 20).

Carbonatite à enclaves

La carbonatite à enclaves est située près des contacts avec le granite à feldspath alcalin et le dyke de syénite grise à biotite (environ 1 à 2 m à partir du contact) (Figure 19). À ces endroits on retrouve une forte concentration des enclaves de syénite grise à biotite (25 à 75 %) et des mégacristaux de microcline (10 à 30 %) dans la carbonatite (10 % ou plus). C’est aussi dans ces endroits que l’on retrouve les plus grandes quantités de biotites (10 à 30 %) et d’apatites (5 à 15 %) (Figure 21).

Hormis la présence des enclaves, apatite et biotite, la roche carbonatitique, entre les enclaves et cristaux, est extrêmement similaire à celle décrite pour la carbonatite propre. Les teintes, la granulométrie et la composition minérale y sont essentiellement les mêmes. On ne semble pas retrouver de textures d’écoulement dans cette zone.



Figure 20 : Photographie d'une carbonatite propre. L'alignement dans la carboantite (Cb) des petites enclaves de syénite grise à biotite (SyBO), des feuillets de biotite (BO), des apatites (AP) et des microclines (ML) suggère une texture d'écoulement , affleurement 21-CS-01.



Figure 21 : Photographie de la carbonatite à enclaves (vu sur la paroi est; affleurement 21-CS-01) (Cb : carbonatite; SyBO : syénite grise à biotite; BO : biotite; ML : microcline)

Carbonatite déformée

Ce faciès de la carbonatite n'a été observé que sur une petite portion de l'intrusion (1 m par 2 m) et sur un bloc détaché de l'affleurement de 1 m de large (Figure 19). Cette partie de la carbonatite présente des teintes plus fortement rosées et rougeâtres que la carbonatite propre. La granulométrie y est aussi plus fine (entre 1 et 3 mm). Les textures sont toutefois très différentes de la carbonatite propre. Sur les échantillons macroscopiques, la déformation est définie par une série de petites fractures (Figure 22). Les observations effectuées sur les lames minces montrent que ces fractures sont généralement remplies de carbonates. On peut également retrouver dans ces fractures du quartz et de la chlorite et parfois du rutile (Planche 4A et 4B).

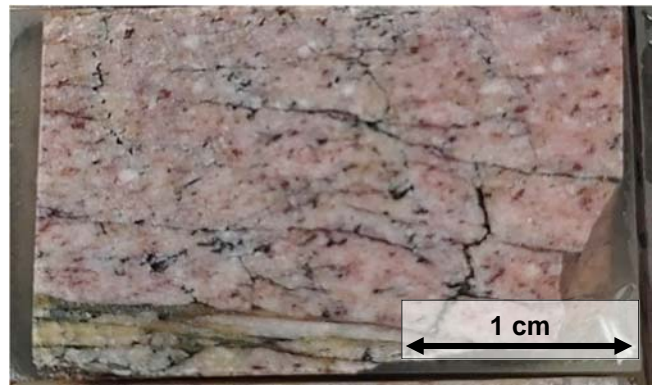


Figure 22 : Photographie de la surface plane d'un échantillon provenant de la carbonatite déformée, échantillon 21-CS-01-03. On peut y observer un réseau de petites fractures orientées.

3.2 Dyke de pegmatite à microcline (affleurement 21-CS-02 et 21-CS-03)

Localisation : UTM E677974 N5434902 Zone 18 NAD 87 (21-CS-02) (Figure 3)

UTM E678196 N5434760 Zone 18 NAD 87 (21-CS-03) (Figure 3)

Un dyke de pegmatite à microcline est observable à environ 200 à 300 m à l'est de la carbonatite de Girardville. Ce dyke est visible à la fois sur les affleurements 21-CS-02 et 21-CS-03 (Figure 3). Ces deux affleurements sont distancés de 250 m. Ils ont été mis en évidence dans une longue tranchée (continue entre les deux affleurements) de 1-2 m de large par 1-2 m de profond. La figure 23 présente une coupe de cette tranchée.

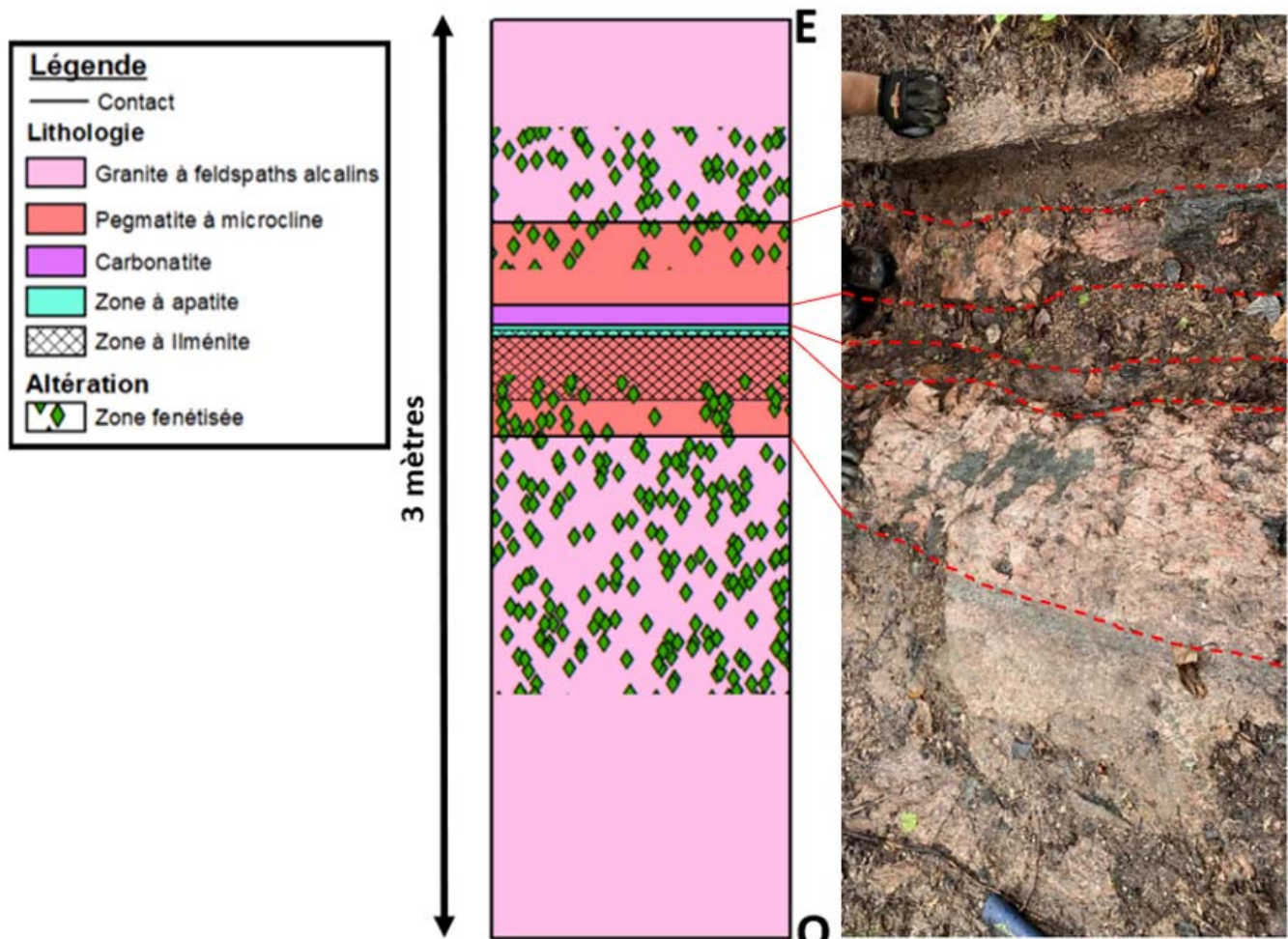


Figure 23 : Coupe schématique interprétant les injections de la tranchée (21-CS-02 et 21-CS-03) montrant le dyke de pegmatite à microcline et de son encaissant, avec une photographie de l'affleurement 21-CS-02 vue de haut représentant cette même coupe.

Deux lithologies principales sont présentes à ces localités. La roche encaissante est un granite à feldspath alcalin. Ce granite est coupé par un dyke de pegmatite à microcline. Tout comme l’affleurement 21-CS-01, il est aussi possible d’observer des mégacristaux d’ilménites sur ces affleurements. Certaines observations de terrain suggèrent aussi la présence de carbonatite, tel que présenté sur la coupe schématique (Figure 23).

3.2.1 Granite à feldspath alcalin (encaissant régional)

Le granite à feldspath alcalin présente dans l’ensemble les mêmes caractéristiques que celui présenté à la section 3.1.1. La granulométrie peut toutefois y être plus fine, soit entre 3 et 7 mm. La particularité de ce granite à cet endroit est qu’il est folié sur une portion d’environ 30 à 50 cm de large à proximité du dyke de pegmatite du côté est (Figure 24). Des fractures sont aussi visibles, accentuées par un mince halo d’oxydation rougeâtre.

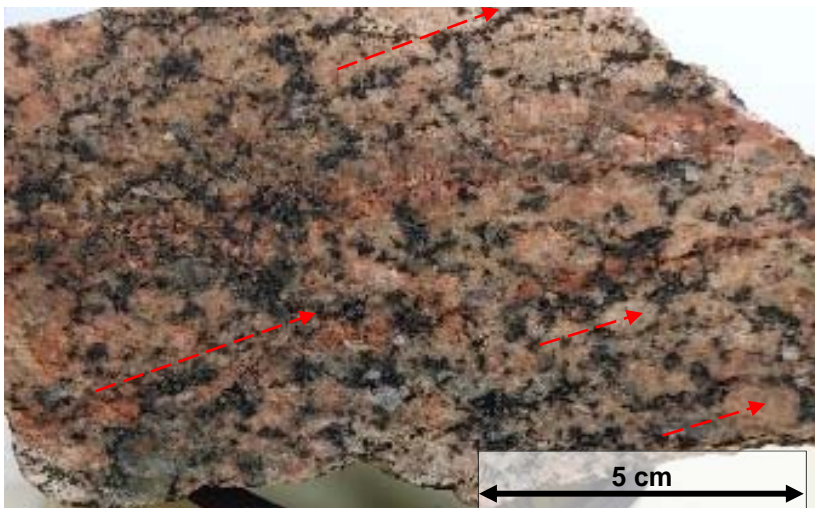


Figure 24 (gauche): Photographie du granite à feldspath alcalin à proximité du dyke de pegmatite, échantillon 21-CS-02-01. Les flèches pointillées rouge montrent l'orientation de la foliation définie par les minéraux de biotite (noir).

Le granite à feldspath alcalin présente aussi des signes de fénitisation à proximité du dyke de pegmatite à microcline. Elle s’exprime toutefois de façon différente que celle de l’affleurement 21-CS-01. Du côté est de la pegmatite, la zone fénitisée est approximativement de 20 cm de large. La transition entre la zone fénitisée et la zone non fénitisée est abrupte et délimitée à cet endroit par une fracture. À l’inverse, du côté ouest, la zone fénitisée est plutôt graduelle, et s’étend sur une distance d’environ 1 m. Elle se traduit par un remplacement progressif de la biotite par des clinopyroxènes (aegyrine) en s’approchant du contact avec le dyke de pegmatite (Figure 25).

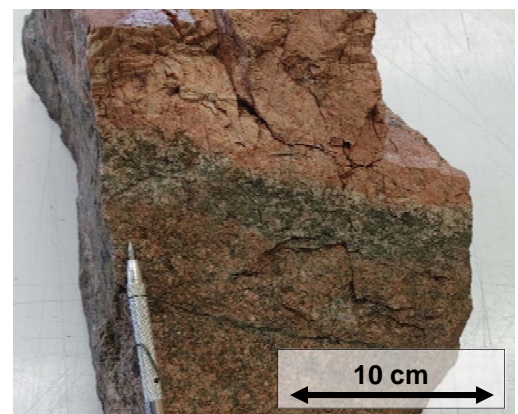


Figure 25 : Photographie d'un bloc provenant de l'affleurement 21-CS-02, montrant le contact entre le dyke de pegmatite à microcline et le granite à feldspath alcalin. L'intensification de la fénitisation du granite en se rapprochant du dyke est visible par l'augmentation des proportions en minéraux verdâtres dans la roche (aegyrine).

3.2.2 Dyke de pegmatite à microcline

Le dyke de pegmatite à microcline recoupe le granite à feldspath alcalin. Il mesure un peu moins de 1 m de large et les contacts y sont nets. Le dyke présente une teinte généralement rosâtre. La roche est composée presque exclusivement de microcline, ce qui classe cette pegmatite comme une syénite à feldspath alcalin. Les cristaux de microcline dans la pegmatite peuvent atteindre plus de 20 cm. La majeure partie du dyke est composée de microcline. Il est toutefois possible d'observer quelques larges amas d'aegyrine (jusqu'à 20 cm) et quelques mégacristsaux d'ilménite dans la pegmatite (*Figure 26, Planche 4C et 4D*).

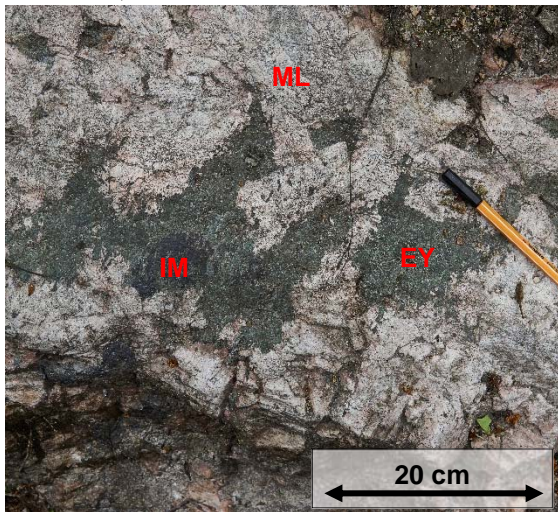


Figure 26 : Photographie de la pegmatite à microcline (ML), dans laquelle sont visibles des larges amas d'aegyrine (EY) et des mégacristsaux d'ilménite (IM), affleurement 21-CS-02.

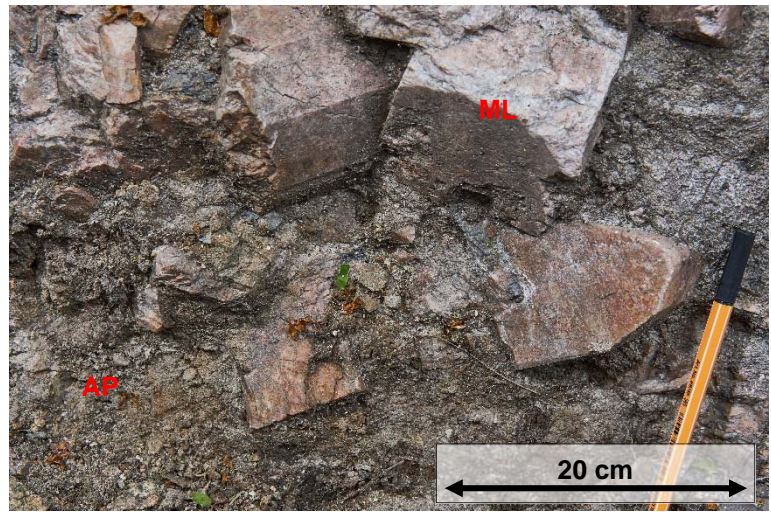


Figure 27 : Photographie de la paroi ouest de la tranchée où on observe un plaquage d'apatite (AP) sur des cristaux de microcline (ML), affleurement 21-CS-02.

Les cristaux d'ilménite présentent des tailles variables de quelques centimètres à plus de 20 cm de large. Ces cristaux sont généralement bien formés (forme cristallographique presque parfaite) et présentent des teintes qui transitent du noir à gris métallique. En lames minces, il est aussi possible d'observer de l'apatite en inclusion dans les cristaux d'ilménite. Des exsolutions à l'intérieur des cristaux d'ilménite sont aussi visibles soit sous la forme de petites sphères ou dans les fractures. La composition de ces exsolutions n'a pas été déterminée. Quelques inclusions d'aegyrine y ont aussi été observées (*Planche 5A et 5B*). Au centre du dyke de pegmatite, dans le fond de la tranchée, entre la paroi du côté ouest et la pegmatite située dans le fond la tranchée, une portion d'environ 5 à 10 cm est manquante (totalement érodée). Cette zone a été recreusée pour exposer cette lithologie manquante, mais en vain. Sur la paroi du côté ouest de la tranchée, on peut observer un plaquage riche en apatite sur le dyke de pegmatite (*Figure 27*). Un test à

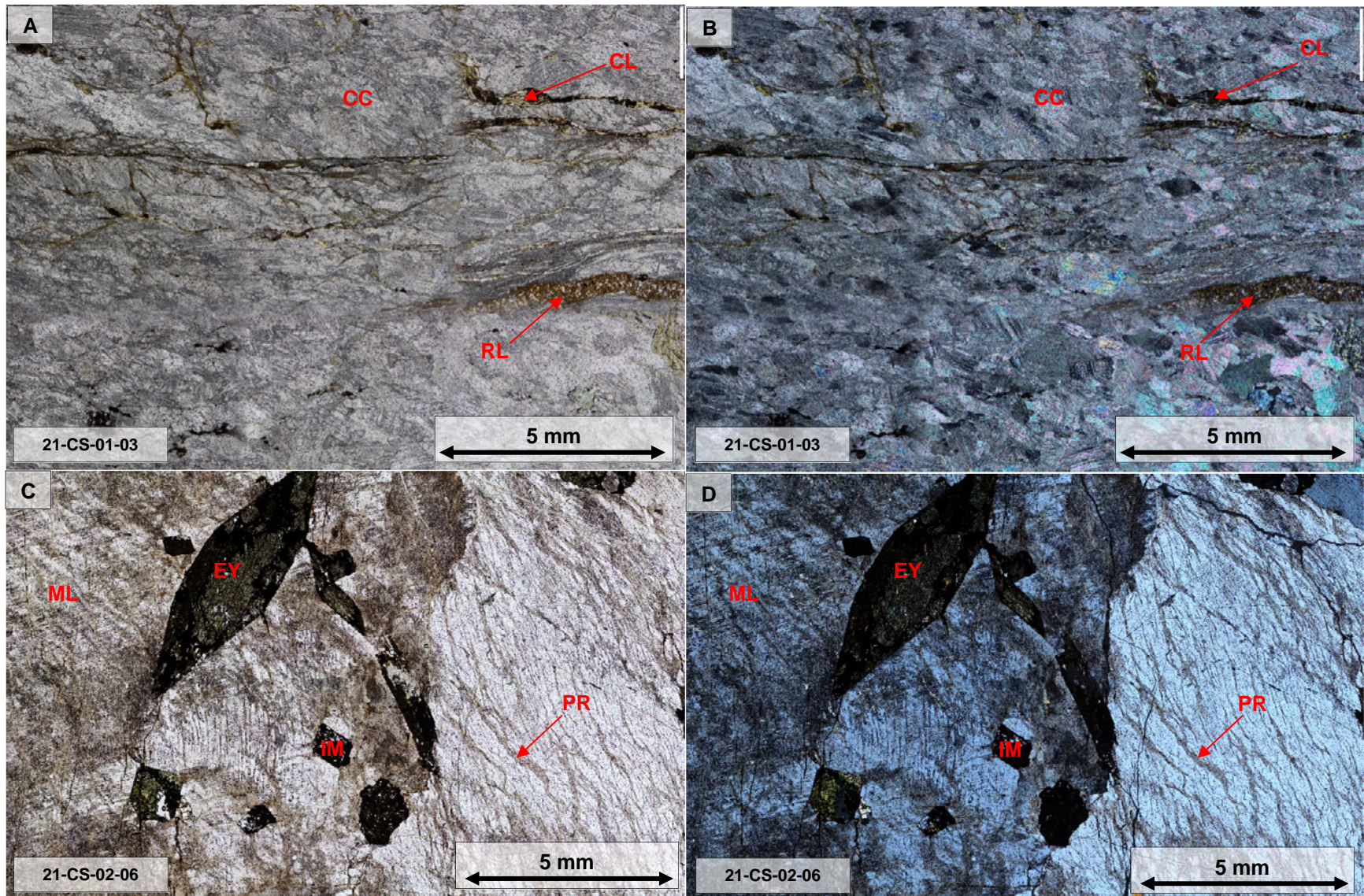


Planche 4 : Photomicrographies de sections en lames minces de carbonatite (affleurement 21-CS-01) et de microcline (affleurement 21-CS-02). Carbonatite déformée dont l'orientation de la foliation est définie par des fractures avec remplissage de rutile, chlorite ou calcite sous A) lumière polarisée non analysée et B) lumière polarisée et analysée. Microcline avec inclusions d'ilménite et d'aégyrine sous C) lumière polarisée non analysée et D) lumière polarisée et analysée (CC : calcite, Cl : chlorite, RL : rutile, ML : microcline, EY : aégyrine, PR : perthite, IM : ilménite).

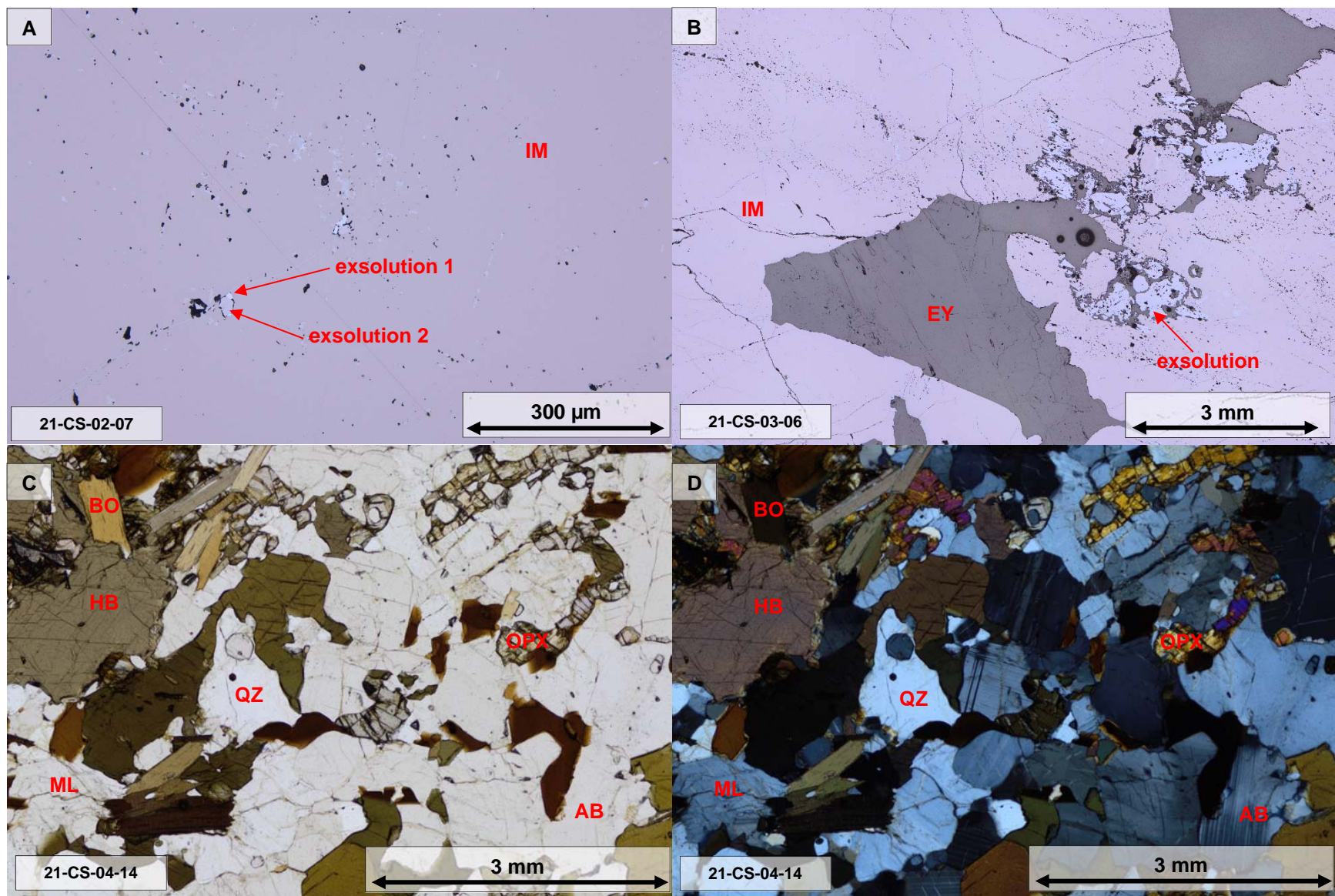


Planche 5 : Photographies de sections en lames minces d'ilménites (affleurement 21-CS-02 et 21-CS-03) et du granite à amphibole (affleurement 21-CS-04). A) Ilménite sous lumière réfléchie non polarisée présentant deux exsolutions de composition différente. B) ilménite avec inclusions d'aegyrine et larges exsolutions sous lumière réfléchie non polarisée. Granite à amphibole sous C) lumière polarisée simple et D) lumière polarisée double (IM : ilménite, EY : aegyrine, BO : biotite, HB : hornblende, QZ : quartz, ML : microcline, OPX : orthopyroxène, AB : albite).

l'acide chlorhydrique (10 %) qui a été effectué sur cette paroi a créé une effervescence, suggérant la présence de carbonate. Aucun échantillon de carbonatite n'a toutefois été récolté sur cet affleurement.

3.3 La carbonatite du Lac des Coudes (affleurement 21-CS-04)

Localisation : UTM E677344 N5437178 Zone 18 NAD83 (Figure 3)

L'affleurement de la carbonatite du Lac de Coudes est situé à environ 4 km nord-ouest de la carbonatite de Girardville (Figure 3). Il est localisé au sommet de la montagne du Lac des Coudes. Cet affleurement a aussi été mis en évidence par d'anciens travaux de tranchée. Des travaux de nettoyage ont été effectués dans le cadre de cette étude pour exposer davantage les lithologies présentes. La tranchée mesure environ une quarantaine de mètres de long par 1 à 3 mètres de large.

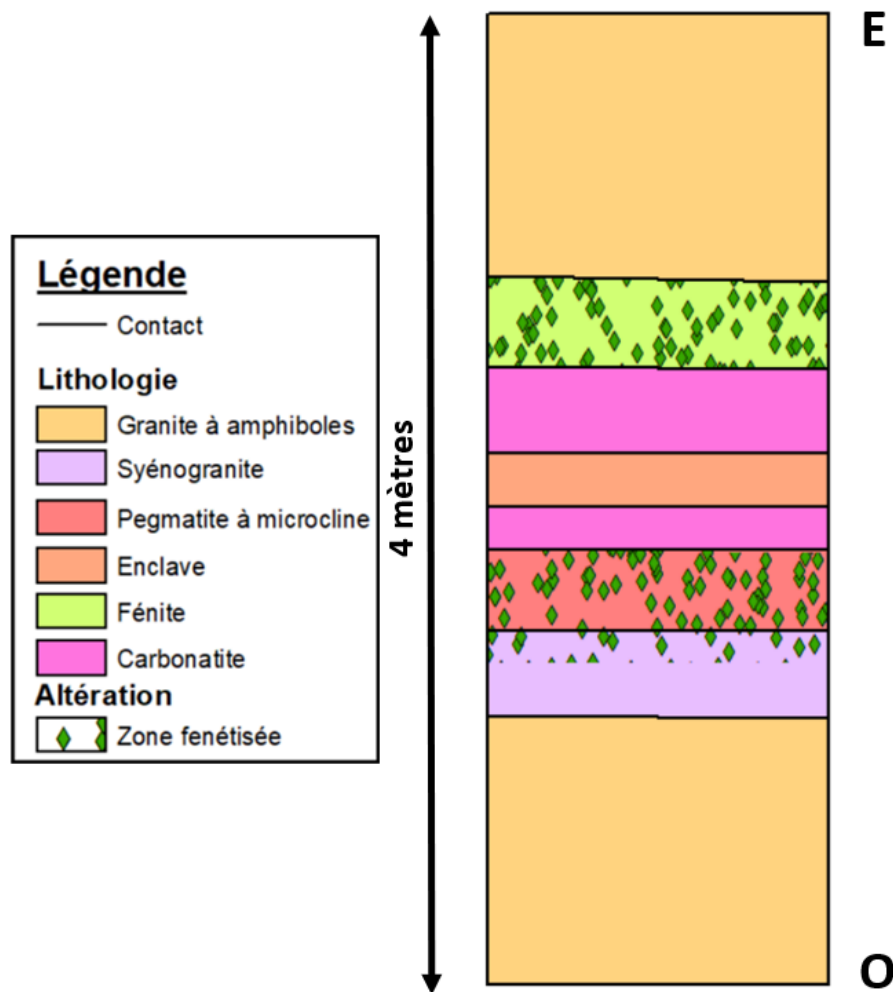


Figure 28 : Coupe schématique interprétée de la zone de dyke à l'affleurement 21-CS-04 de la carbonatite du Lac des Coudes.

Plusieurs lithologies sont présentes sur cet affleurement, soit 1) un granite folié à amphibole (roche encaissante), et une zone à injections multiples comprenant 2) un syénogranite, 3) un dyke de pegmatite à microcline, 4) de l'aegyrine (blocs non en place), 5) de la carbonatite (blocs non en place) et 6) une fénite. La présence de mort terrain recouvre le fond de la tranchée et cache les contacts des différentes unités, ne laissant voir que peu de roche en place. Plusieurs de ces lithologies présentent des signes de fénitisation d'intensité variable suggérant que certaines lithologies pourraient être une version altérée d'autres lithologies. Une enclave très altérée riche en biotite a également été observée au milieu de la zone de dyke. La figure 23, présente la coupe schématique de la zone de dykes.

3.3.1 Granite à amphiboles (encaissant régional)

Le granite à amphiboles est observé sur les parois de la tranchée, principalement à son extrémité sud. Il est aussi repérable sur plusieurs petits affleurements aux alentours de la tranchée. La roche présente des teintes noirâtre-grisâtre et légèrement orangées (*Figure 29*).

Ce granite à amphibole est composé de quartz (30 %), albite (30 %), microcline (2-3 %), d'amphibole (hornblende verte 20 %), actinote (2-3 %), de biotite (10%) et d'orthopyroxène (5 %). La granulométrie est moyenne et uniforme (entre 2-4 mm) (*Planche 5C et 5D*). Les grains ont une forme hypidiomorphe à xénomorphe. On peut aussi observer quelques zircons et un peu de magnétite comme minéraux accessoires.

À proximité de la zone de dyke, la roche présente des fractures orientées nord-sud parallèlement à ces derniers. Elle présente aussi une foliation modérée à forte définie par l'orientation préférentielle des minéraux ferromagnésiens (*Figure 30*). L'intensité de la foliation diminue graduellement jusqu'à devenir faible en s'éloignant de la zone de dykes.

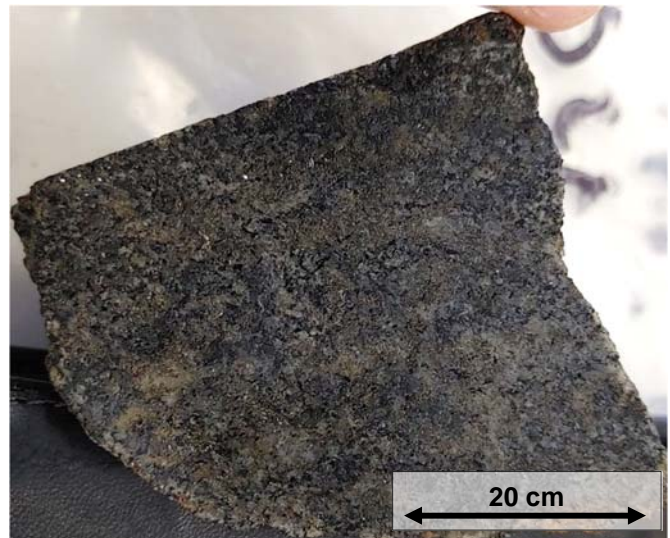


Figure 29 : Photographie du granite à amphibole récolté à plusieurs mètres de la zone de dykes, échantillon 21-CS-04-14.

La concentration en minéraux ferromagnésiens est légèrement plus faible (de 35 à 25 %) à proximité de la zone de dykes (partie foliée du granite à amphibole). Les proportions minérales de cette section sont : quartz (30 %), albite (35 %), microcline (10 %), biotite (15 %) et d'orthopyroxène (5 %) (*Planche 6A et 6B*). Les orthopyroxènes sont altérés et remplacés graduellement sur les contours par de l'aegyrine (5 %). On peut aussi retrouver jusqu'à 2 % de magnétite concentrée dans certains plans de foliation.

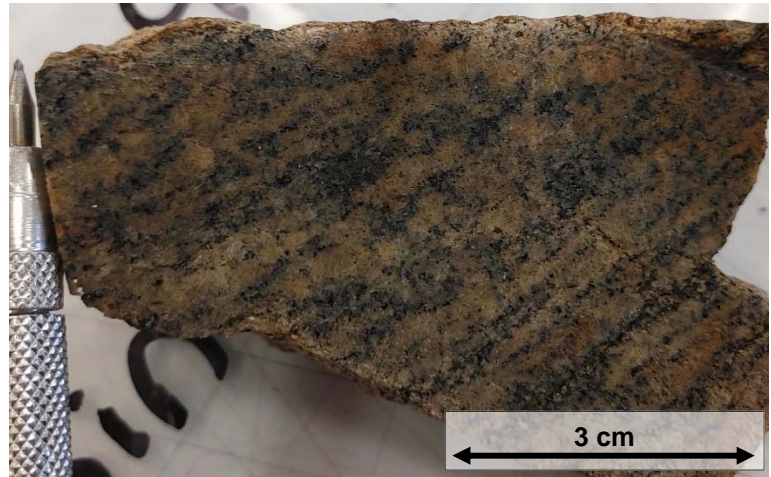


Figure 30 : Photographie du granite à amphibole récolté à proximité de la zone de dykes, échantillon 21-CS-04-20. L'échantillon montre une forte foliation définie par des minéraux de biotite (noir).

3.3.2 Syénogranite

Le syénogranite est l'unité en contact avec la roche encaissante du côté ouest. La roche présente une teinte rougeâtre, et graduellement en se dirigeant vers le centre du dyke, transige vers une teinte légèrement verdâtre (*Figure 31*).

La composition minéralogique de cette lithologie présente une grande variation spatiale. Une grande proportion de ce syénogranite est composé d'albite (10 à 50 %; pourcentage plus élevé lorsque la teinte de la roche est verte), de microcline (10 à 50 %; pourcentage plus élevé lorsque la teinte de la roche est rouge), de quartz (20 à 25 %) et de biotite (1 à 5 %; pourcentage plus élevé lorsque la teinte de la roche est rouge) (*Planche 6C et 6D*). La granulométrie relativement uniforme de ces minéraux varie entre 1 et 2 mm. Les grains sont

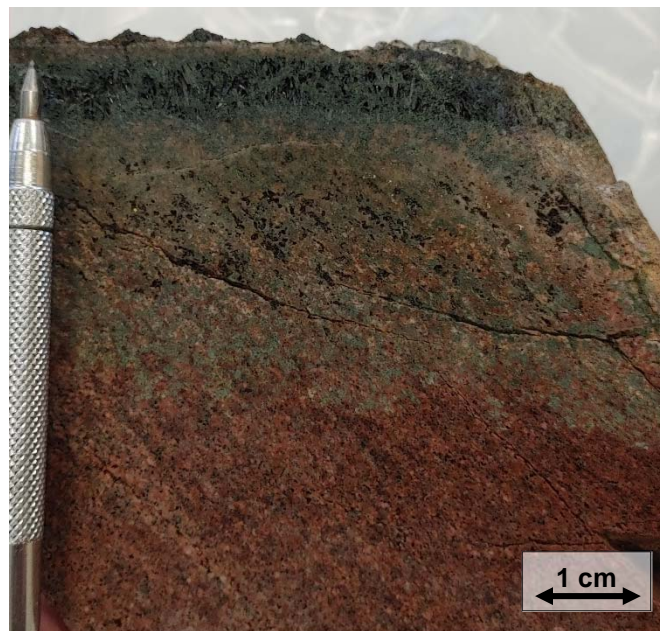


Figure 31 : Photographie de la surface plane d'un échantillon de syénogranite, échantillon 21-CS-04-16. L'échantillon montre la transition des teintes rouges vers une teinte verte. Une veine d'aegyrine de 1 cm d'épaisseur est visible dans la partie supérieure de la photographie. La roche montre aussi une forte porosité.

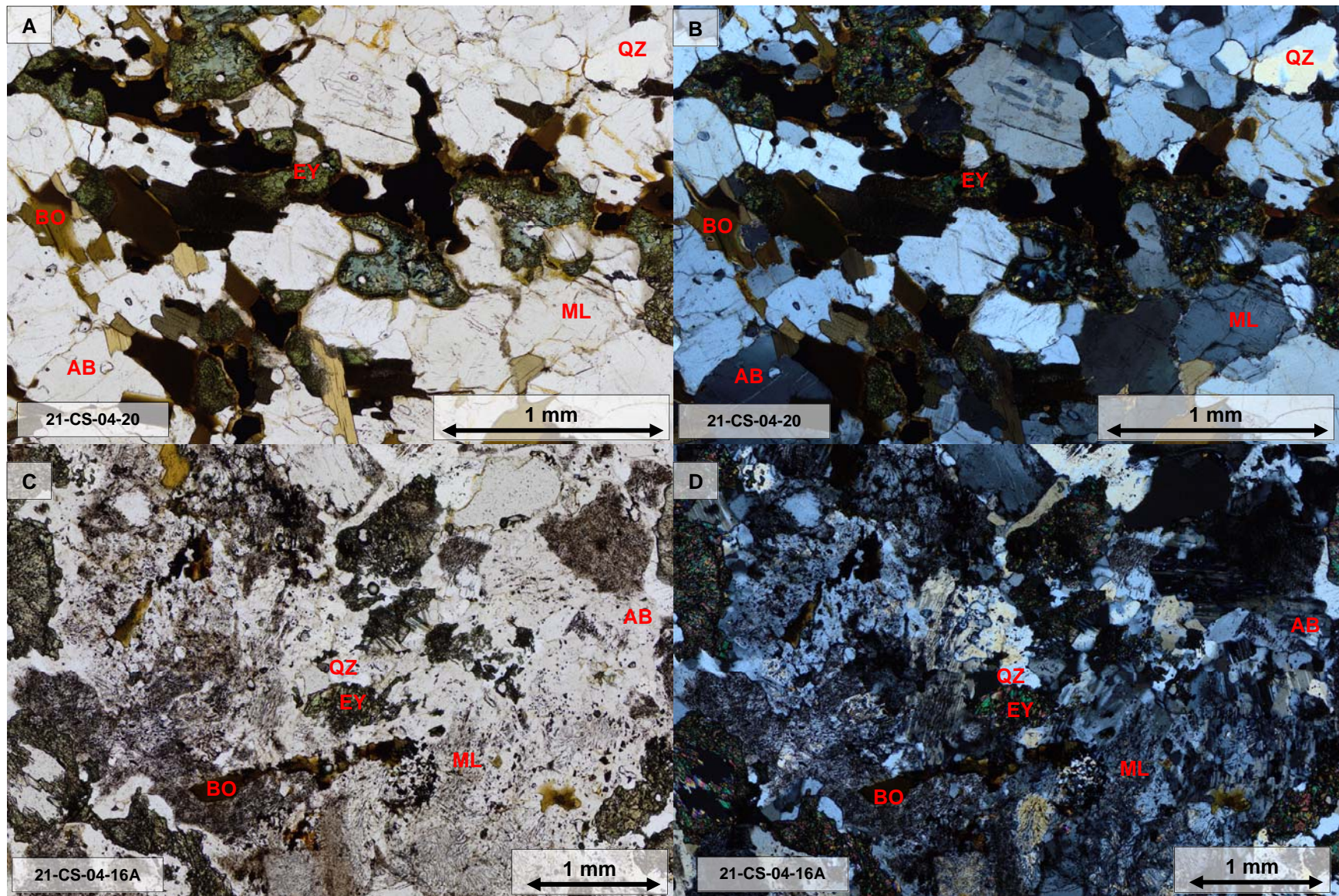


Planche 6 : Photomicrographies de sections en lames minces du granite à amphibole et du syénogranite, affleurement 21-CS-04. Granite à amphibole folié, les amphiboles semble disparaître dans cette section de la roche, sous A) lumière polarisée non analysée et B) sous lumière polarisée et analysée. Syénogranite C) sous lumière polarisée non analysée et D) lumière polarisée et analysée (EY : aegyrine, BO : biotite, QZ : quartz, ML : microcline, AB : albite).

généralement xénomorphes. On y retrouve aussi plusieurs amas (1-2 mm) d'aegyrine (5 à 20 %; pourcentage plus élevé lorsque la teinte de la roche est rouge), dont la granulométrie est très fine (environ 10 µm; *planche 6C et 6D*). Plusieurs petits minéraux opaques sont aussi observables, mais n'ont pas pu être identifiés. En lame mince, les microclines et les albites sont généralement altérés. L'altération est trop fine pour pouvoir être identifiée. Le degré d'altération varie de plus intense au cœur et s'étend graduellement vers l'extérieur des grains, donnant une texture chagrinée au minéral. Certains grains sont entièrement altérés. L'altération est toutefois très faible à proximité des veines d'aegyrine et plus intenses lorsque la roche est de teinte rouge.

La roche présente dans l'ensemble une faible foliation définie par l'alignement des petits amas d'aegyrine et par un réseau de microfractures. Cette foliation est plutôt uniforme et orientée parallèlement à la tranchée. La roche est recoupée par plusieurs veines de 2 cm ou moins composées d'aegyrine. Les baguettes d'aegyrine dans ces dernières sont perpendiculaires à la veine. Ces veines sont généralement orientées dans la même direction que la foliation, malgré que plusieurs de ces veines sont orientées avec un angle pouvant aller jusqu'à 60° par rapport à celui de la foliation. Autour de ces veines, la roche prend des teintes plus intenses de verts (la proportion en aegyrine augmente). Dans les 5 premiers mm du syénogranite à partir du contact avec les veines d'aegyrine, les minéraux d'aegyrine contenus présentent des tailles de 1-2 mm. L'aegyrine et l'albite présentent des formes plus hypidiomorphes à cet endroit.

3.3.3 Dyke de pegmatite à microcline

Le dyke de pegmatite à microcline est aussi orienté nord-sud. Il est en contact net avec le syénogranite du côté ouest de la tranchée. Le contact du côté est n'a pas été observé. Le dyke mesure environ 20-30 cm de large. Il présente une teinte généralement rosâtre avec certaines zones plus bleu grisonnant à l'intérieur des cristaux. Le dyke est principalement composé de microcline, ce qui classe cette pegmatite comme une syénite à feldspath alcalin. Les microclines sont de taille variable allant de quelques cm jusqu'à plus de 20 cm de large. En lame mince, le microcline affiche aussi des textures de perthites. L'albite des perthites peut couvrir par endroit jusqu'à 15 % des microclines. On retrouve aussi plusieurs baguettes d'aegyrine en inclusion dans les cristaux de microcline pouvant atteindre plus de 5 cm de long par 1 cm de large. Ces baguettes d'aegyrine se retrouvent aussi dans des fractures dans la pegmatite. L'aegyrine peut aussi se retrouver sous la forme d'amas de plus de 10 cm de large (*Figure 32*).

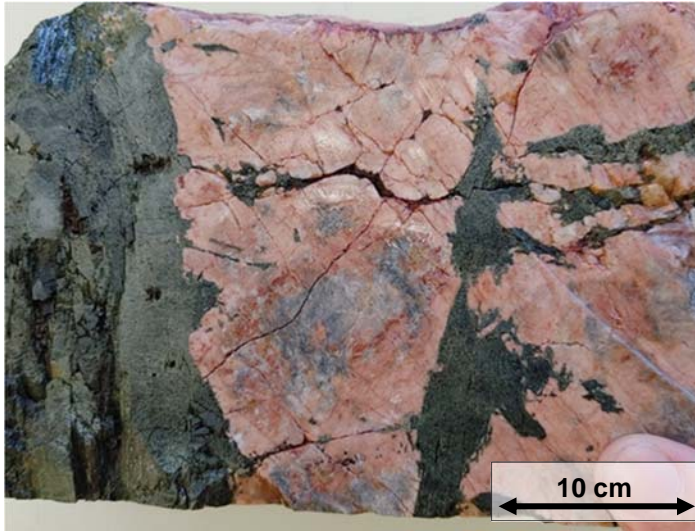


Figure 32 : Photographie de la surface plane d'un échantillon du dyke de pegmatite à microcline, échantillon 21-CS-04-06. On peut observer de larges amas d'aegyrine dans les fractures des microclines.



Figure 33 : Photographie d'un bloc d'aegyrine, affleurement 21-CS-04. Les baguettes d'aegyrine orientées sont orientées perpendiculairement à l'axe long du bloc. Les cotés latéraux du bloc (extrémité des baguettes d'aegyrine) forme une face généralement lisse.

3.3.4 Aegyrine (blocs détachés de l'affleurement)

De gros blocs d'aegyrine détachés de l'affleurement ont été observés dans la tranchée (Figure 33), principalement près de la pegmatite à microcline. Ces gros blocs mesurent plus de 30 cm de large et 50 cm de long. Ils sont composés principalement de baguettes d'aegyrine qui peuvent atteindre des tailles de plus de 10 cm de long. Ces baguettes ont toutes la même orientation (perpendiculaire à l'axe long du bloc). Il est aussi possible d'observer en traces du rutile et de l'ilménite.

3.3.5 Carbonatite (blocs détachés de l'affleurement)

Plusieurs blocs détachés de l'affleurement de carbonatite ont été observés dans la tranchée. Ces blocs sont de taille variable allant jusqu'à 25 cm de large. Ils sont généralement arrondis. Il est souvent possible d'observer des baguettes d'aegyrine idiomorphe de (jusqu'à 1 cm de large par 5 cm de long) dans les blocs de carbonatite (Figure 34). En lame mince, la matrice de la carbonatite présente une granulométrie variable de 0,1 à 0,5 mm. Elle est principalement composée de carbonate (calcite ou dolomite; 99 %). Les cristaux de carbonate les plus petits (0,1 mm) sont généralement hypidiomorphe alors que les cristaux les plus gros (0,5mm et plus) sont généralement xénomorphe. Le 1 % de la matrice restante représente

quelques grains de quartz et d'albite, et parfois de biotite présente dans la carbonatite. Quelques grains de fluorite et d'apatite ont aussi été observés.



Figure 34 : Photographie d'un échantillon d'un bloc de la carbonatite du Lac des Coudes (affleurement 21-CS-04) avec des baguettes d'aegyrine de plus de 1cm de large et près de 5 cm de long.

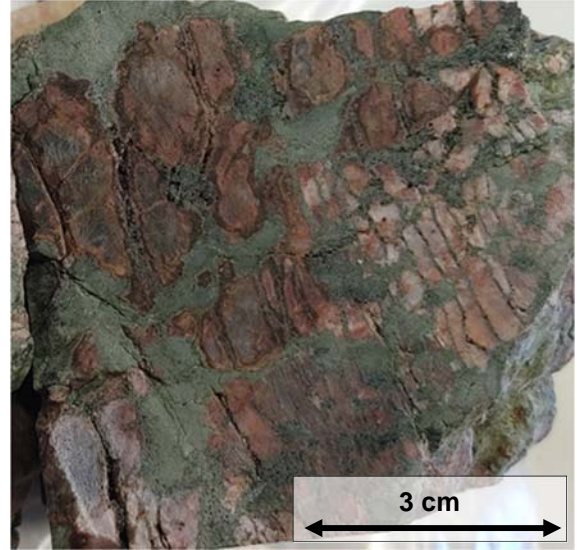


Figure 35 : Photographie de la surface plane de la fénite, échantillon 21-CS-04-05.

3.3.6 Fénite

La fénite est une roche métasomatisée en Na et/ou K dont le protolithe, dans ce cas, n'est plus identifiable. Il s'agit de la première lithologie visible du côté est de la tranchée, en contact avec le granite à amphibole. Le contact du côté ouest n'est toutefois pas visible sur l'affleurement. En général, les seuls minéraux identifiés sont des cristaux de microcline (60 %) de 1 cm ou moins, contenus dans une matrice fine de minéraux verdâtres (aegyrine; 40 %). Dans quelques cas, les microclines sont fracturés et de l'aegyrine remplit ces fractures (Figure 35; Planche 7A et 7B).

En lame mince, les minéraux sont xénomorphes. Le microcline est généralement très altéré ce qui donne aux grains une allure chagrinée. Il est possible d'observer quelques perthites et certains grains ont aussi une texture poecilitique (la composition des minéraux en inclusions n'a pas été identifiée avec certitude, mais semblerait s'agir d'albite). Il est aussi possible d'observer quelques grains de quartz, d'albite, de rutile et de magnétite.

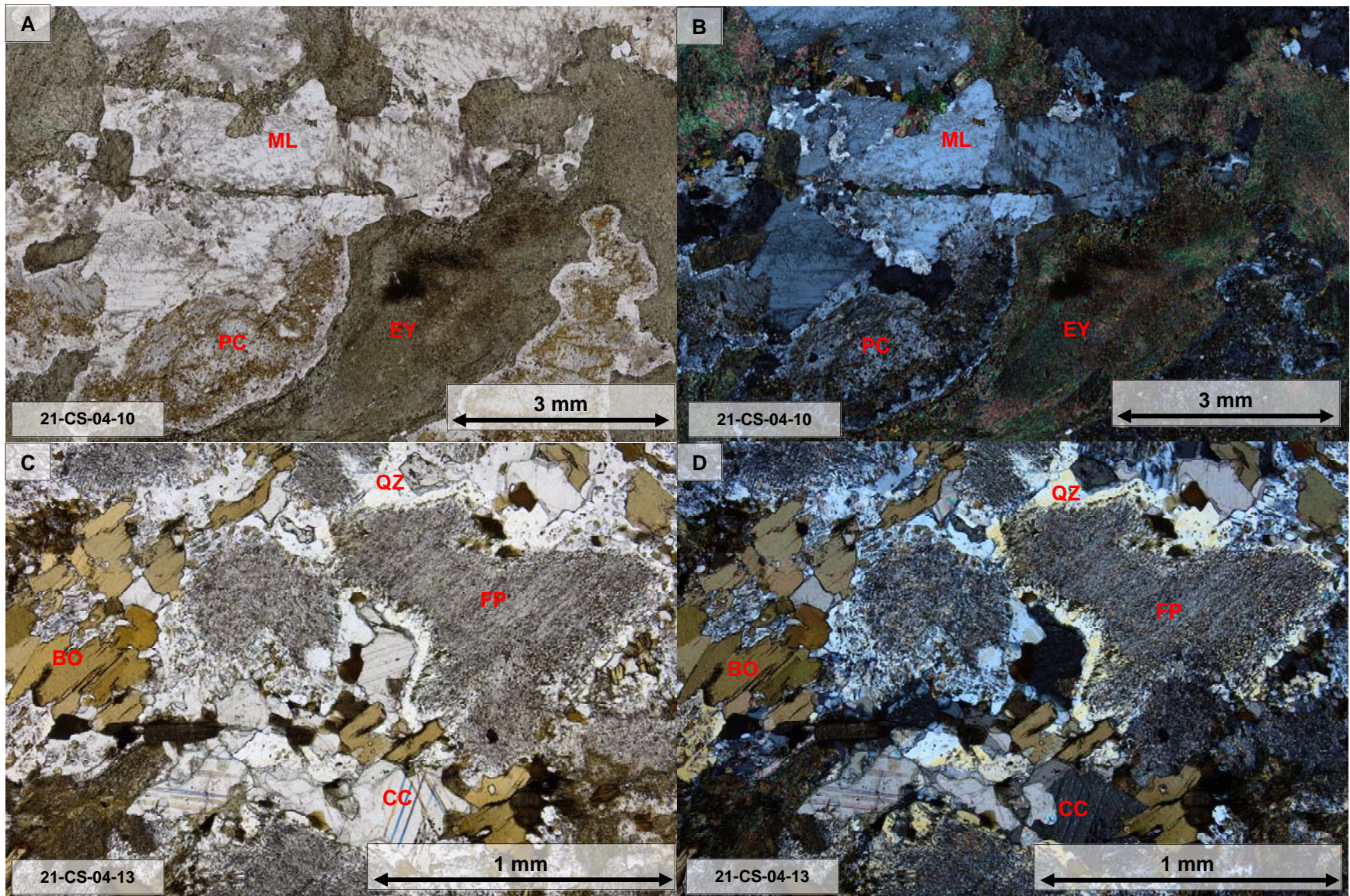


Planche 7: Photomicrographies de sections en lames minces de la fénite et de l'enclave (affleurement 21-CS-04). Fénite avec des grains de microcline très altéré présentant une texture poecilitique (PC), sous A) lumière polarisée non analysée et B) lumière polarisée et analysée. C) Enclave dont les feldspaths sont très altérés sous C) lumière polarisée non analysée et D) lumière polarisée et analysée (ML : microcline, EY : aegyrine, BO : biotite, QZ : quartz, FP : feldspath, CC : calcite).

3.3.5 Enclave

Au milieu de la tranchée, il y a une petite enclave très altérée et riche en biotite qui semble en place. La roche est toutefois trop altérée pour pouvoir l'identifier. Les contacts avec la lithologie qui l'encadre ne sont pas visibles sur l'affleurement. L'enclave présente une teinte grise pâle à gris foncé, mesure environ 15 cm de large par plus de 50 cm de long et est orientée nord-sud.

L'enclave est composée principalement de feldspath (70%), biotite (15%), de quartz (10%) et de calcite (5%). La biotite est généralement hypidiomorphe. Les autres minéraux sont xénomorphes. Des feldspaths-K et de l'albite ont été identifiées dans la roche, mais ces minéraux sont généralement trop altérés pour pouvoir être différenciés (*Planche 7C et 7D*). Ces minéraux présentent généralement une allure chagrinée.

4.0 Analyses géochimiques de roche totale

4.1 Méthode d'analyses

Les analyses géochimiques de roches totales ont été effectuées sur des échantillons choisis provenant des quatre affleurements (21-CS-01, 21-CS-02, 21-CS-03, 21-CS-04) de façon à représenter toutes les lithologies et les faciès présents. Les analyses ont été réalisées au laboratoire Actlabs (Ancaster, ON). Plusieurs méthodes analytiques ont été utilisées afin de maximiser la quantité d'analytes et la qualité des données récoltées (*Tableau 1 pour détails*). L'ensemble des résultats d'analyses chimiques sont disponibles en annexe.

Tableau 1 : Tableau des analytes analysés lors des travaux de caractérisation de la carbonatite de Girardville. Les différentes méthodes d'analyses utilisées et l'intervalle des limites de détections possible sont présentés.

Analytes	Méthodes	Limites de détection*
C, S	Infrarouge	0.01%
Cl, Nb	XRF (Fusion avec métaborate et tETRaborate de lithium)	Varie entre 20 à 50 ppm
F	ISE (Fusion avec métaborate et tETRaborate de lithium + dissolution à l'acide nitrique)	0.02%
Au, As, Cr, Sc, Sb, Se	INAA	Varie entre 0.1 à 5 ppm
V, Co, Ga, Gd, Ge, In, Sn, Cs, Ba, Pb, Rb, Nb, Hf, Ta, W, Tl, Bi, Th, Tm, U, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu	ICP-MS (Fusion avec métaborate et tETRaborate de lithium + dissolution à l'acide nitrique)	Varie entre 0.002 à 5 ppm
Be, Sr, Zr, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, TiO ₂ , P ₂ O ₅ , Cr ₂ O ₃	ICP-OES (Fusion avec métaborate et tETRaborate de lithium + dissolution à l'acide nitrique)	Varie entre 0.0001% à 0.01%
Ag, Cd, Cu, Ni, Mo, Zn, S	ICP-OES (Digestion totale avec 4 acides : nitrique, chlorhydrique, fluorhydrique et perchlorique)	Varie entre 0.01 à 5 ppm

* La limite de détection varie entre chaque analyte.

4.2 Contrôle de qualité

Afin de s'assurer de la précision et de la justesse des données, un blanc et un matériau de référence ont été insérés à tous les 20 échantillons. Le blanc utilisé lors des analyses est le blanc st-urb et les matériaux de référence utilisés sont : les matériaux de références certifiés sont SY-4 (PCMRC) et STM-2 (USGS) ainsi que le matériau de référence non-certifié man1 (MERN). À la suite de la vérification des résultats associée à ce blanc et ces matériaux de référence, les analytes suivants présentent des résultats d'analyses à l'extérieur du champ d'acceptabilité : TiO₂, Nb et Mo (analyses sur des blancs); Nb, Ge, Yb et Se (analyses sur man1); SiO₂, Ge, Hf, As et Cr (analyses sur SY-4); et Hf, Ni et Ag (analyses sur STM-2).

De plus, les analyses de Nb effectuées par méthode ICP-MS sur cinq échantillons ont dépassé le plafond analytique. Pour cette raison, ces échantillons ont été réanalysés avec une méthode XRF. Les analyses de blancs et du matériel de référence qui ont suivi ces hautes teneurs présentent des teneurs surélevées en TiO₂ et en Nb par rapport à l'intervalle de valeurs acceptées ce qui suggère une contamination par les échantillons précédents lors de l'analyse. Six analyses ont donc été réeffectuées, dont le blanc et le matériel de référence afin de s'assurer de la validité des données. Les analyses qui ont été refaites sur le blanc et le matériel de référence démontrent des résultats justes à l'exception du V et du Mo lors de l'analyse du blanc et du TiO₂, V, La, Lu, et Se lors de l'analyse du standard.

À la suite de l'évaluation générale de la qualité des données, les résultats d'analyses présentent dans l'ensemble des résultats fiables. Les résultats d'analyses dont les données sont moins fiables ne sont généralement pas des analytes présentant une grande importance dans le cadre de ces travaux ou encore, les variations de teneur ne sont pas assez importantes pour avoir un impact significatif lors de l'utilisation de ces résultats. Une attention particulière sera toutefois portée sur les éléments de terres rares de La, Yb et Lu tout au long de cette étude. De plus, les analyses qui suivent les échantillons riches en Ti et Nb ont tendances à présenter une légère contamination en TiO₂ et en Nb. Comme mentionné plus tôt, ces échantillons ont été identifiés et traités en conséquence. Tous les tableaux d'évaluations des blancs et matériaux de référence sont disponibles en annexe.

4.3 Interprétation des données de géochimie

4.3.1 Les carbonatites

Les analyses chimiques démontrent avec certitude que les roches étudiées sont bel et bien des carbonatites et non des roches d'origines sédimentaires. Les résultats d'analyses des échantillons de carbonatites sont comparés aux moyennes retrouvées dans des calciocarbonatites et dans les carbonates sédimentaires du

Bouclier canadien (Tableau 2). Si on porte une attention particulière aux teneurs en ETR et en Sr, les hautes teneurs confirment en effet le caractère igné de ces carbonates. Les analyses chimiques démontrent aussi que la carbonatite de Girardville est une calciocarbonatite (Figure 36). L'échantillon le plus représentatif de l'intrusion carbonatitiques (21-CS-01-07 ; échantillon représentant la plus grande majorité de l'affleurement) présente des teneurs en CO₂ de 46,5 % et en CaO de 51,47 %. Ces teneurs sont légèrement au-dessus des teneurs moyennes observées dans les calciocarbonatites qui sont respectivement de 36,64 % et 49,12 % (Woolley et Kempe, 1989 ; Figure 37). L'échantillon 21-CS-01-07 présente aussi une teneur en SrO supérieure à la moyenne, soit de 1,16 % vs 0,86 %.

Cet échantillon présente toutefois un appauvrissement par rapport à la moyenne pour la majorité des autres éléments majeurs et traces (ex : Nb, F, Ba, P, Ti, K, Na, Fe, Mg, Si, Ta, Zr, Pb, etc.) (Figure 38 et 39).

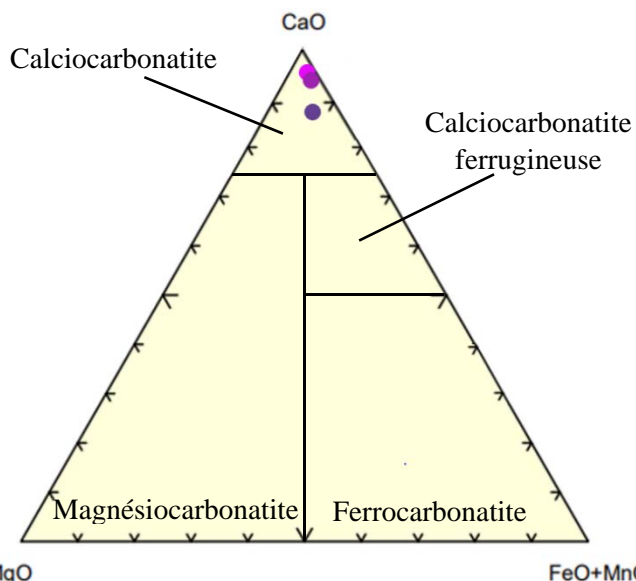


Figure 36 : Diagramme ternaire de classification des carbonatites selon le modèle proposé par Gittins et Harmer (1997). Le point mauve pâle représente un échantillon de la carbonatite déformée (21-CS-01-03). Le point mauve moyen représente un échantillon de la carbonatite propre (21-CS-01-07). Le point mauve foncé représente un échantillon de la carbonatite à enclaves (21-CS-01-08).

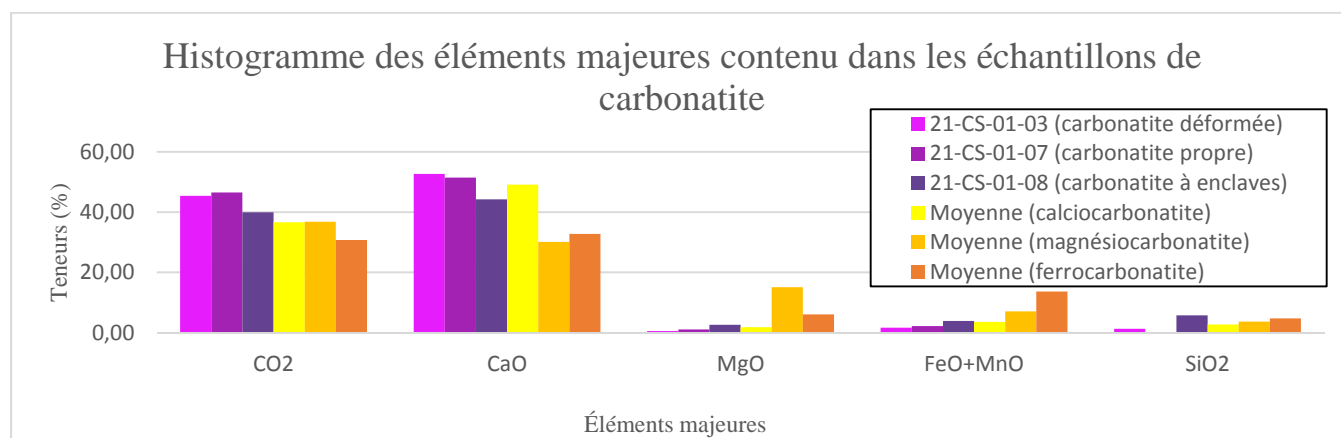


Figure 37 : Histogramme des teneurs des éléments majeurs analysés sur des échantillons de carbonatite provenant de la carbonatite de Girardville comparé aux compositions moyennes des calciocarbonatites, magnésiocarbonatites et ferrocarbonatites. Les compositions moyennes sont tirées de Woolley et Kempe (1989).

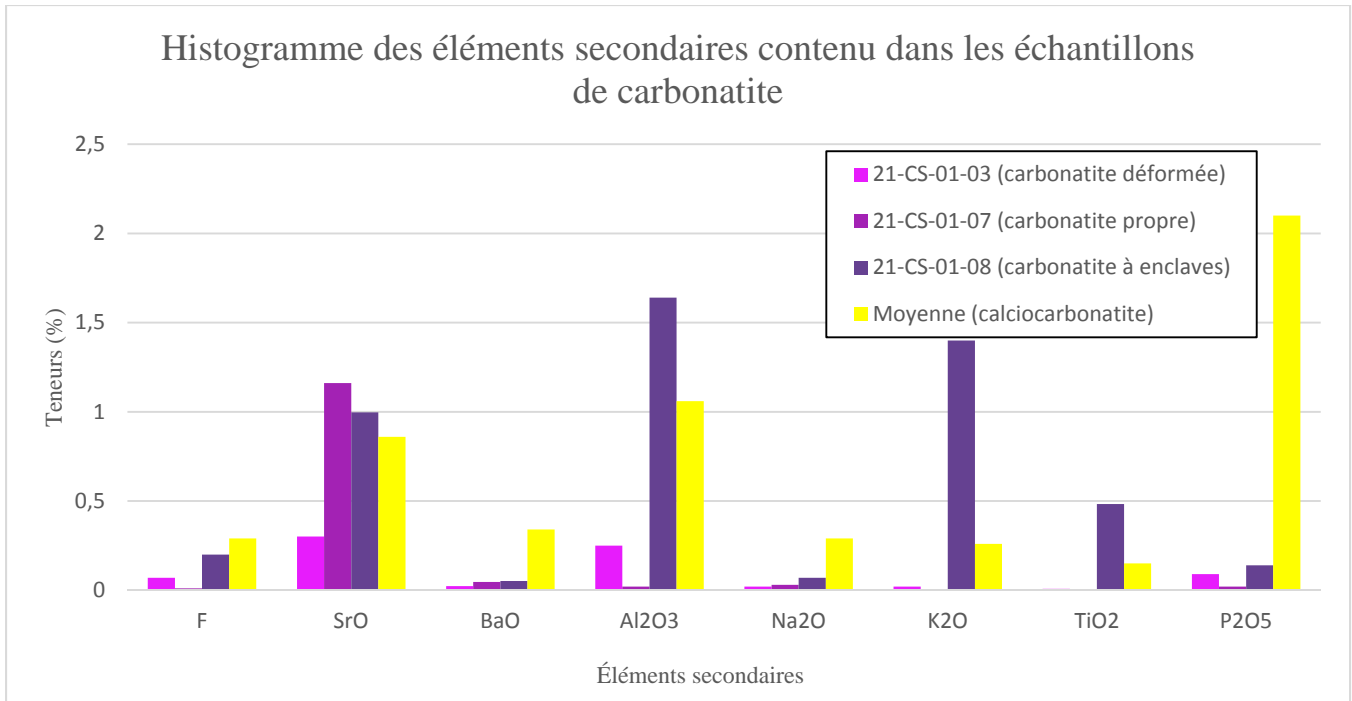


Figure 38 : Histogramme des teneurs des éléments secondaires analysés sur des échantillons de carbonatite provenant de la carbonatite de Girardville comparer aux compositions moyennes des calciocarbonatites. Les compositions moyennes sont tirées de Woolley et Kempe (1989).

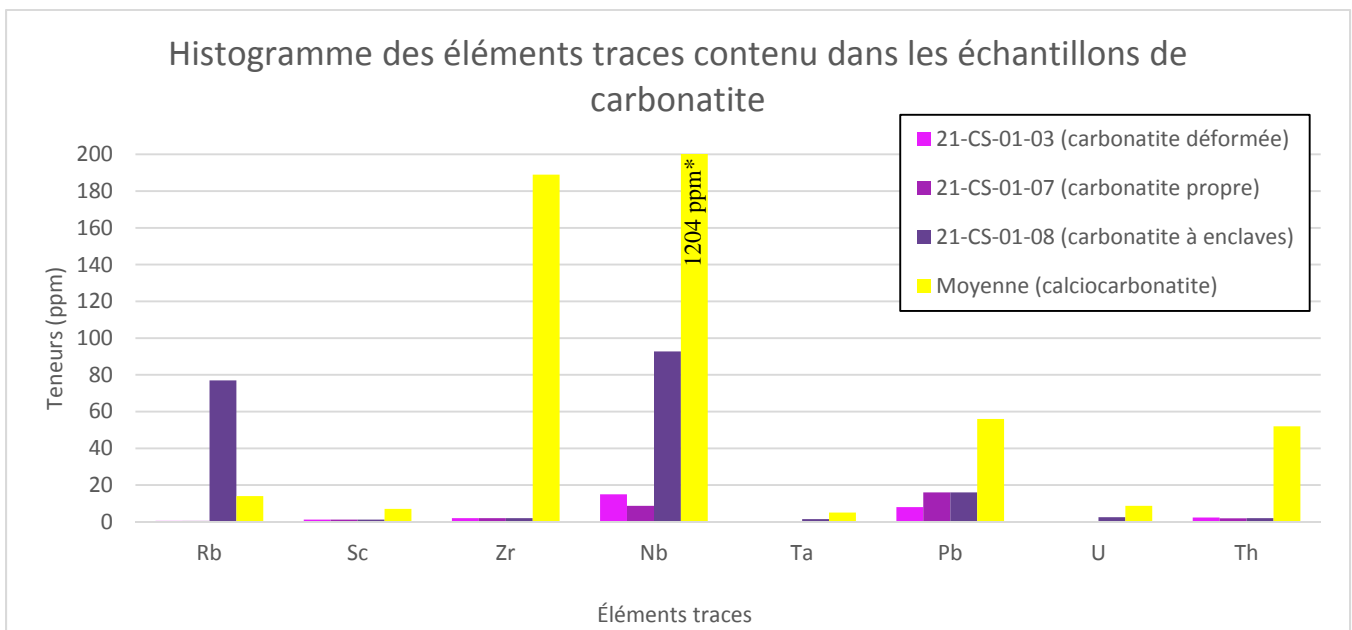


Figure 39 : Histogramme des teneurs des éléments traces analysés sur des échantillons de carbonatite provenant de la carbonatite de Girardville comparer aux compositions moyennes des calciocarbonatites. Les compositions moyennes sont tirées de Woolley et Kempe (1989).

*La teneur moyenne en Nb dans les calciocarbonatites est de 1204 ppm

Tableau 2 : Tableau des données d'analyses des échantillons de carbonatite de la carbonatite de Girardville comparées aux moyennes retrouvées dans les calciocarbonatites et dans les carbonates sédimentaires du Bouclier canadien

Analyte		21-CS-01-03	21-CS-01-07	21-CS-01-08	Moyenne	Moyenne
		Carbonatite déformée	Carbonatite propre	Carbonatite à enclaves	Calciocarbonatite**	Carbonates*** Bouclier canadien
CO2	(%)	45,44	46,54	39,94	36,81	36,41
SiO2	(%)	1,27	0,07	5,7	3,63	16,32
Al2O3	(%)	0,25	0,02	1,64	1,06	1,61
Fe2O3(T)*	(%)	1,22	1,6	3,53	3,03	2,21
MnO	(%)	0,519	0,746	0,698	0,52	0,06
MgO	(%)	0,53	1,06	2,57	15,06	19,04
CaO	(%)	52,67	51,47	44,27	30,12	23,17
Na2O	(%)	0,02	0,03	0,07	0,29	0,11
K2O	(%)	0,02	< 0,01	1,4	0,26	0,14
TiO2	(%)	0,008	0,001	0,483	0,15	0,10
P2O5	(%)	0,09	0,02	0,14	2,10	N/A
Total	(%)	98,57	97,70	97,77		
PAF	(%)	41,97	42,68	37,26		
Ba	ppm	207	413	464	3045	N/A
Pb	ppm	8	16	16	56	N/A
Rb	ppm	< 1	< 1	77	14	5,4
Nb	ppm	15	8,7	92,7	1204	N/A
Ta	ppm	0,09	0,08	1,51	5	0,2
Th	ppm	2,38	1,93	1,95	52	N/A
U	ppm	0,24	0,02	2,54	8,7	N/A
Sr	ppm	2542	9814	8427	7272	59
Zr	ppm	2	2	2	189	16,2
Sc	ppm	1,2	1,2	1,2	7	2,8
Y	ppm	112,0	146,0	115,0	119	N/A
La	ppm	268,0	288,0	211,0	608	1,63
Ce	ppm	556,0	594,0	442,0	1687	4,08
Pr	ppm	62,8	67,3	50,2	219	N/A
Nd	ppm	241,0	259,0	193,0	883	2,15
Sm	ppm	41,4	47,3	34,9	130	0,37
Eu	ppm	10,8	13,1	9,8	39	0,10
Gd	ppm	28,8	34,9	26,8	105	N/A
Tb	ppm	3,9	5,0	3,8	9	0,05
Dy	ppm	21,2	27,5	21,6	34	N/A
Ho	ppm	3,7	4,9	3,8	6	N/A
Er	ppm	10,4	13,2	10,4	4	N/A
Tm	ppm	1,6	1,9	1,6	1	N/A
Yb	ppm	10,3	11,8	9,8	5	0,19
Lu	ppm	1,7	1,9	1,6	N/A	0,03

* Le Fe est calculé en totalité sous la forme de Fe2O3

** Les données moyennes sur les carbonatites sont tirées de *Woolley et Kempe (1989)*

*** Les données moyennes sur les carbonates sédimentaires du Bouclier canadien sont tirées de *Shaw et al, (1967,1976)*

4.3.2 Les teneurs en Nb

Les analyses géochimiques effectuées sur 5 échantillons de mégacristaux d'ilménites ont toutes révélé des teneurs importantes en Nb variant de 4740 à 6010 ppm (*Tableau 3*). Des travaux de cartographie chimiques supplémentaires ont été effectués au μ XRF (Micro-XRF EDAX Eagle III, LabMaTer, UQAC) sur une lame mince provenant de l'échantillon 21-CS-01-15 dans le but de déterminer la distribution spatiale de ces hautes teneurs (*Figure 40*). Ces travaux ont démontré une dispersion plutôt uniforme des teneurs en Nb dans ces échantillons. Ces travaux n'ont toutefois pas permis d'identifier la présence de micro-inclusion de minéraux de Nb (ex. pyrochlore), ou du remplacement du Ti ou du Fe dans la structure chimique de l'ilménite par du Nb. Les teneurs en Nb analysés dans les échantillons d'ilménites ne semblent pas corrélérer avec les teneurs d'aucun autre élément. Outre, les teneurs en Nb contenu dans les échantillons d'ilménites, aucune autre lithologie ne contient des teneurs supérieures à 225 ppm (21-CS-01-13) et les teneurs mesurées dans les échantillons de carbonatite ne dépassent pas 100 ppm. Ces données démontrent un appauvrissement par rapport aux teneurs moyennes en Nb dans les carbonatites (*Woolley et Kempe, 1989*).

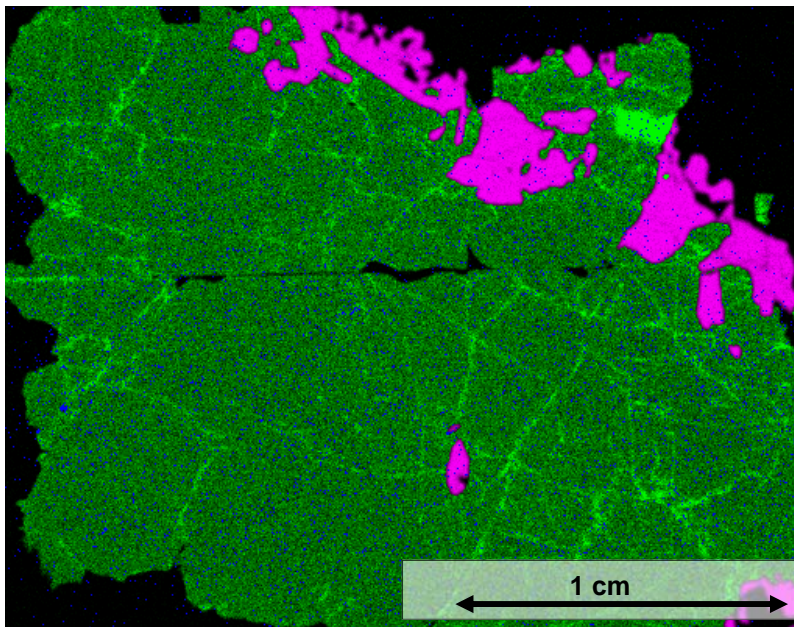


Figure 40 : Carte chimique d'une lame mince réalisée à l'aide d'un appareil μ XRF sur un échantillon d'ilménite (21-CS-01-15). Le vert et bleu représente le minéral d'ilménite. Le rose représente de l'apatite. Trois éléments sont définis sur la carte : le rose représente le P, le vert représente le Mn et le bleu représente le Nb. La résolution est à l'échelle du 50 μ m.

Tableau 3 : Tableau des données d'analyses effectué sur des échantillons de mégacristaux d'ilménites

Analytes		21-CS-01-15	21-CS-01-17	21-CS-02-07	21-CS-02-09	21-CS-03-06
SiO ₂	(%)	0,46	0,36	0,5	0,94	0,57
Al ₂ O ₃	(%)	0,08	0,1	0,04	0,13	0,05
Fe ₂ O ₃ (T)*	(%)	49,07	47,58	49,15	48,87	51,2
MnO	(%)	2,14	2,30	2,89	2,43	2,75
MgO	(%)	0,33	0,29	0,37	0,25	0,51
CaO	(%)	1,88	1,12	0,48	0,48	0,08
Na ₂ O	(%)	0,06	< 0,01	0,05	0,06	0,1
K ₂ O	(%)	0,02	< 0,01	0,02	0,05	0,02
TiO ₂	(%)	49,47	50,94	50,4	50,49	49,4
P ₂ O ₅	(%)	1,22	0,02	0,14	0,06	0,06
Total	(%)	100,7	100,8	99,65	100,3	100,4
PAF	(%)	-4,03	-1,96	-4,38	-3,42	-4,34
Sr	(ppm)	384	127	65	116	13
Ba	(ppm)	12	27	16	23	6
Sc	(ppm)	2,9	2,9	2,9	3,4	3,9
Zr	(ppm)	12	15	29	27	19
V	(ppm)	44	39	37	32	47
Nb	(ppm)	4920	4740	5170	6010	5150
Ta	(ppm)	81	27	61	50	53
Pb	(ppm)	< 5	6	< 5	< 5	< 5
U	(ppm)	0,03	0,8	2,6	5,0	0,06
Th	(ppm)	3,0	0,8	5,3	7,0	0,4
La	(ppm)	51	32	7,4	7,4	4,1
Ce	(ppm)	118	57	19	14	8,2
Pr	(ppm)	15	5,3	2,6	2,8	0,9
Nd	(ppm)	58	18	12	12,2	3,2
Sm	(ppm)	10	3,8	2,6	3,9	0,5
Eu	(ppm)	2,6	1,3	0,6	0,6	0,1
Gd	(ppm)	6,8	3,0	1,5	3,9	0,4
Tb	(ppm)	0,8	0,5	0,2	0,7	0,05
Dy	(ppm)	3,9	3,3	1,1	4,2	0,2
Ho	(ppm)	0,6	0,6	0,2	0,8	0,04
Er	(ppm)	1,4	1,8	0,4	2,2	0,1
Tm	(ppm)	0,1	0,2	0,05	0,3	0,02
Yb	(ppm)	0,8	1,6	0,3	2,1	0,1
Lu	(ppm)	0,1	0,2	0,04	0,3	0,02
Y	(ppm)	16	14	3,4	23	1

* Le Fe est calculé en totalité sous la forme de Fe₂O₃

4.3.3 La fénitisation

La variation de la composition chimique entre le granite à feldspath alcalin frais et le granite à feldspath alcalin fénitisé est observable dans les analyses de roches totales des échantillons 21-CS-01-14 et 21-CS-01-11 (frais); et 21-CS-01-01 (fénitisé) (*Tableau 4*). Les principales variations visibles sont au niveau des compositions en Si, Fe et Na. Dans la portion fénitisée de la roche, la teneur en SiO₂ passe de 67,61 % et 67,87 % à 60 %; la teneur en Fe₂O₃ (fer total) augmente de 4,07 % et 4,04 % à 9,88 %; et la teneur en Na₂O augmente aussi de 3,35 % et 3,46 % à 7,44 %. On peut aussi remarquer une légère perte en MgO et K₂O dans la portion fénitisée. Plusieurs éléments traces présentent des variations de composition du granite frais au granite fénitisé. On discerne une perte en Rb, Ta, Pb, U et Th; et un gain en V, Nb et Sc. finalement, il est aussi possible d'observer une diminution des teneurs pour tous les ETR. Les teneurs en ETR légères passent de 280,17 et 329,79 ppm à 100,39 ppm; et les teneurs en ETR lourdes passent de 38,75 et 47,18 ppm à 10,99 ppm.

Ces variations de composition chimique sont aussi observables sur l'affleurement 21-CS-02. La comparaison des données de géochimie d'une roche fraîche du granite feldspath alcalin encaissant avec la lithologie à proximité du dyke de microcline (qui avait préalablement été identifié comme une syénite) indiquerait plutôt que cette roche soit sujette à la fénitisation. Les variations de composition chimique entre les deux lithologies sont pratiquement les mêmes que celles observées sur les granites de l'affleurement 21-CS-01. Ces observations suggèrent en similitude entre les deux processus fénitisants.

Tableau 4 : Tableau de comparaison des variations des teneurs entre les granites à feldspath alcalin frais et fénitisés des affleurements 21-CS-01 et 21-CS-02

Échantillon	Granite	Pb	Rb	Nb	U	Sc	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ (T)	Na ₂ O	ETRLE*	ETRLO*
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	%	ppm	ppm
21-CS-01-14	frais	21	154	18	1,9	5,6	67,6	4,07	3,35	280	39
21-CS-01-11	frais	21	155	19	1,7	5,3	67,9	4,04	3,46	330	47
21-CS-01-01	fénitisé	9	92	42	1,1	10,9	60	9,88	7,44	100	11
21-CS-02-05	frais	20	149	24	2,4	3,7	68,7	4,4	3,6	772	77
21-CS-02-01	déformé	19	135	30	1,9	9,6	63,9	5,3	4,7	495	65
21-CS-02-03	fénitisé	8	98	127	0,8	9,3	60,4	7,8	7,3	103	14
21-CS-02-08	fénitisé	8	96	69	1,0	9,4	60,6	9,7	7,7	109	12

* Les couleurs représentent l'intensité de la variation entre les teneurs des granites fénitisés et non fénitisés : le vert représente un enrichissement par rapport à la roche fraîche, le rouge représente un appauvrissement et l'orange est attribué aux échantillons de granite déformé dont les teneurs se trouvent à mi-chemin entre celle du granite frais et du granite fénitisé. L'absence de couleur représente une absence de variation.

*ETRLE : éléments de terres rares légères

*ETRLO : éléments de terres rares lourdes

4.3.4 Les teneurs en ETR

Les principales zones enrichies en ETR semblent principalement associées aux échantillons de carbonatites et aux zones enrichies en biotite et apatite associés à celle-ci (*Figure 41 et 42*). Un échantillon en particulier (21-CS-02-10) possède des teneurs de 6027 ppm en ETR légères et 498 ppm en ETR lourdes. Il s'agit d'un échantillon essentiellement composé d'apatite. Outre cet échantillon, les teneurs obtenues dans la carbonatite se situent entre 967 et 1304 ppm pour les ETR légères et 108 et 212 ppm pour les ETR lourdes. Ces informations suggéreraient alors que les teneurs en ETR pourraient être associées à plus d'une minéralisation et cette minéralisation varierait en fonction de la zone échantillonnée.

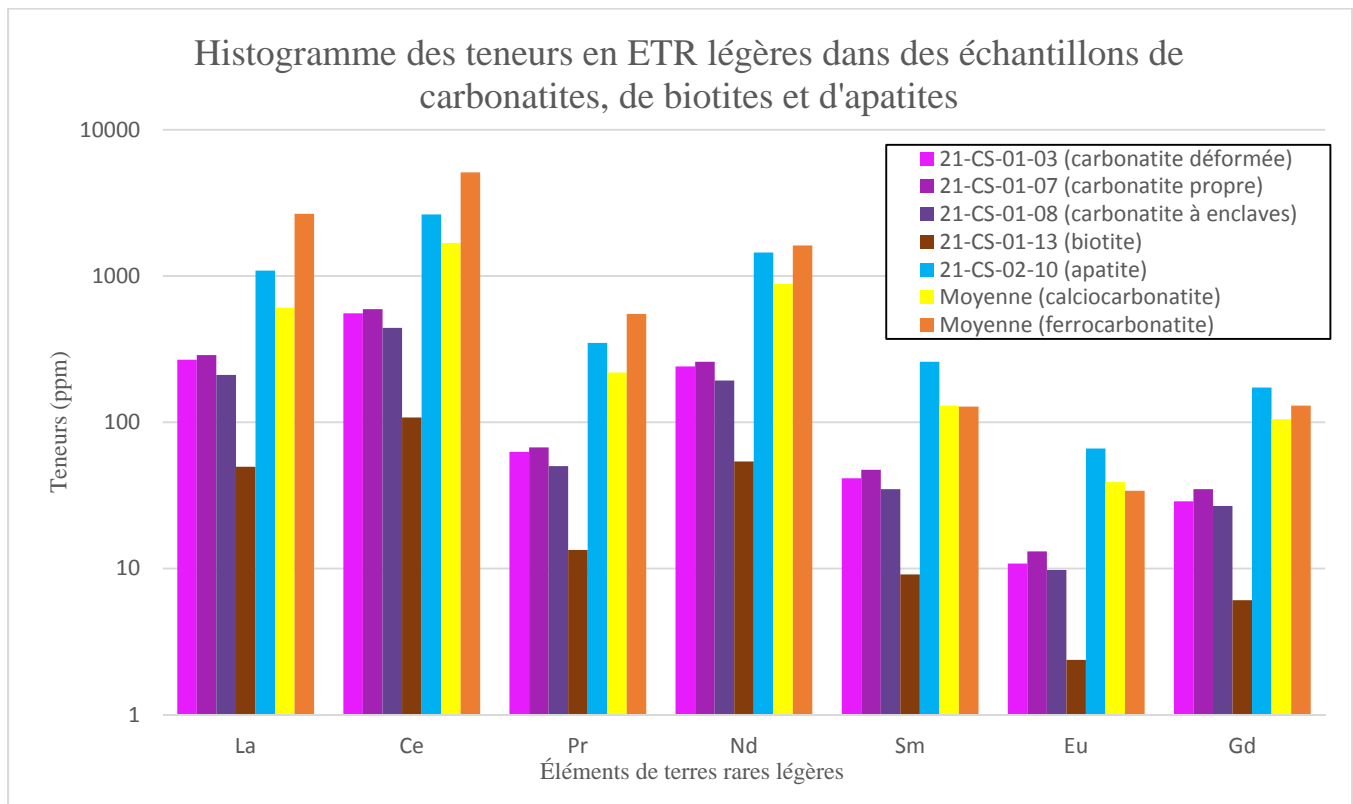


Figure 41 : Histogramme des teneurs en ETR légères d'échantillons de carbonatite, de biotite et d'apatite comparer aux compositions moyennes des calciocarbonatites et des ferrocarbonatites. Les compositions moyennes sont tirées de Woolley et Kempe (1989). Les moyennes des ferrocarbonatites sont présentées puisque c'est en général ce type de carbonatite qui possède les plus hautes teneurs en ETR.

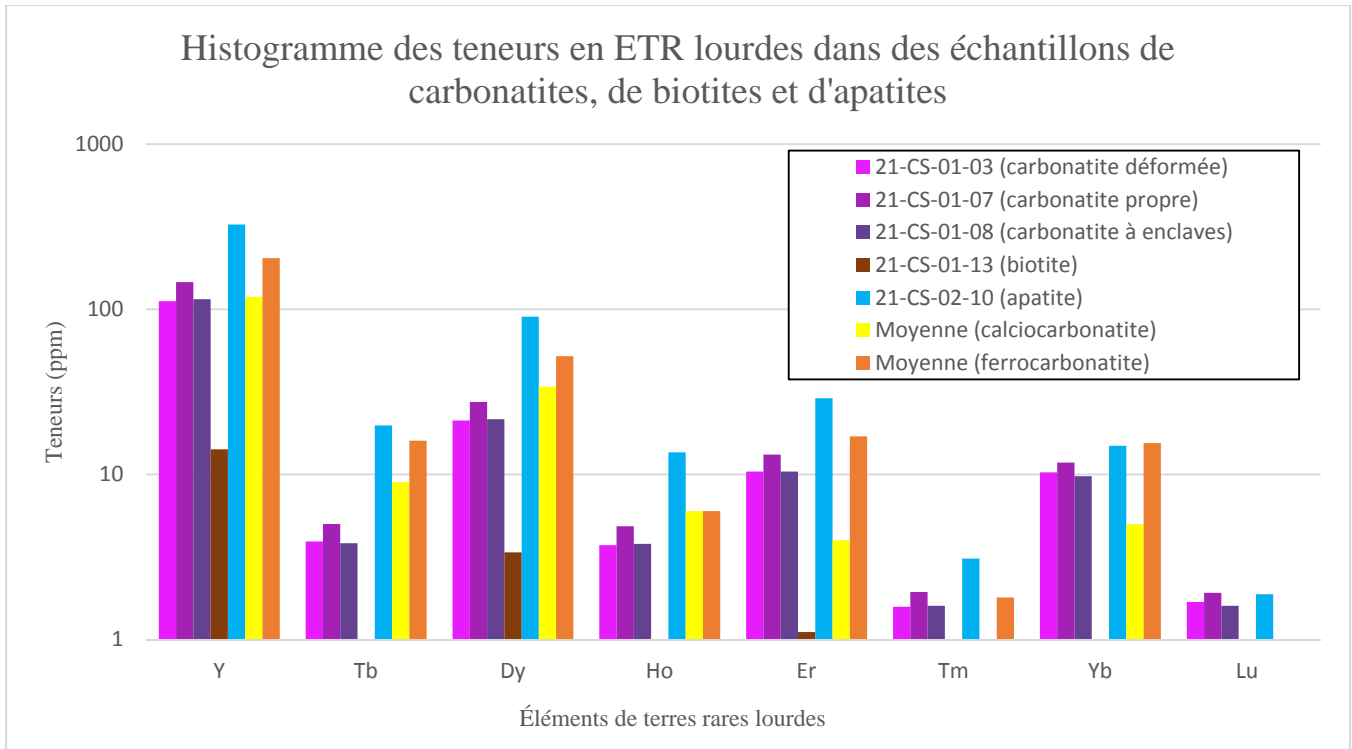


Figure 42 : Histogramme des teneurs en ETR lourdes d'échantillons de carbonatite, de biotite et d'apatite comparer aux compositions moyennes des calciocarbonatites et des ferrocarbonatites. Les compositions moyennes sont tirées de Woolley et Kempe (1989). Les moyennes des ferrocarbonatites sont présentées puisque c'est en général ce type de carbonatite qui possède les plus hautes teneurs en ETR.

5.0 Conclusion

Les trois zones intrusives décrites à la section 3 présentent de très fortes similarités. La comparaison des différents affleurements permet de mieux cerner les événements qui auraient pu mener à la mise en place des zones de dykes (*Tableau 5*).

Tableau 5 : Tableau de comparaison des différents corps lithologiques et autres caractéristiques retrouvés sur chaque une des zones intrusives.

Affleurement/ Corps lithologiques ou caractéristiques	Carbonatite de Girardville (21-CS-01)	Dyke de pegmatite à microcline (21-CS-02/03)	Carbonatite du Lac des Coudes (21-CS-04)
Roche encaissante	Granite à feldspath alcalin	Granite à feldspath alcalin	Granite à amphibole
Pegmatite à microcline	Possible (représenté par les mégacristaux de microcline)	Oui	Oui
Présence de carbonatite	Oui (Calciocarbonatite)	Possible (Associé aux plaquages d'apatite)	Oui (Blocs détachés de l'affleurement)
Enclaves de syénite	Oui	Non	Non
Fénitisation des encaissants	Oui	Oui	Oui
Biotite	Importante autour des enclaves de syénite grise à biotite	Non	Non
Apatite	Importante autour des enclaves de syénite grise à biotite et de microcline	Importante en plaquage sur la pegmatite à microcline	Oui (associé à aux échantillons de carbonatite)
Ilménite	Oui	Oui	Non
Aegyrine	Dans les zones fénitisées et dans les fractures.	Dans la pegmatite à microcline et dans les zones fénitisées	Sous la forme de blocs détachés de l'affleurement, dans la pegmatite à microcline et en baguette dans la carbonatite
Hautes teneurs en ETR	Associé aux minéralisations d'apatite à proximité des contacts et à la carbonatite	Associé aux minéralisations d'apatite	N/A
Hautes teneurs en Nb	Associé aux cristaux d'ilménite	Associé aux cristaux d'ilménite	N/A

En résumé, la carbonatite de Girardville est une calciocarbonatite qui ne présente pas d'enrichissement notable en ETR ou en Nb par rapport à la moyenne des carbonatites. Dans le cas des ETR, les premiers travaux de géochimie ont démontré qu'il existe deux zones avec des concentrations plus importantes. La première est associée un enrichissement en apatite près des contacts avec les enclaves de syénite grise à biotite et les enclaves de microcline. La seconde est associée aux teneurs de bases directement contenues dans la carbonatite. Les facteurs qui contrôlent ces teneurs sont encore inconnus. Pour ce qui est du Nb, les seules analyses présentant des teneurs élevées en Nb ont toutes été effectuées sur des mégacristaux d'ilménite. L'origine de ces cristaux et la raison de ces hautes teneurs demeurent toutefois incomprises. Il est donc évident que des travaux supplémentaires sont nécessaires sur des échantillons de carbonatite, les zones à apatite et biotite, et les ilménites afin de mieux caractériser l'origine des teneurs en ETR et en Nb.

6.0 Références

- Doig, R. et Barton Jr., J.M. 1968. Ages of carbonatites and other alkaline rocks in Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **5**: 1401-1407.
- Dupuis, C. et David, E. 2013. Giant Crystals of Ilmenites and Baveno-Twinned Microclines from Girardville, Quebec, Canada. *Rocks & Minerals*, **88**: 420-433.
- Elliott, H.A.L., Wall, F., Chakhmouradian, A.R., Siegfried, P.R., Dahlgren, S., Weatherley, S., Finch, A.A., Marks, M.A.W., et Deady, E. 2018. Fenites associated with carbonatite complexes: A review. *Ore Geology Reviews*, **93**: 38-59.
- Fortin-Bélanger, M. 1977. Le complexe annulaire à carbonatites de St-Honoré (PQ, Canada) et sa minéralisation a niobium: étude pETRographique et géochimique. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard, Lyon, France.
- Gittins, J. et Harmer, R.E. 1997. What is ferrocarbonatite? A revised classification. *Journal of African Earth Sciences*, **25**: 159-168.
- Groulier, P.A., Indares, A., Dunning, G., Moukhsil, A., et Wälle, M. 2018. Peri-Laurentian, Pinwarian-age oceanic arc crust preserved in the Grenville Province: insights from the Escoumins supracrustal belt. *Precambrian Research* **311**: 37–64.
- Groulier, P.A., Turlin, F., André-Mayer, A.S., Ohnenstetter, D., Crépon, A., Boulvais, P., Poujol, M., Rollion-Bard, C., Armin, Z., Moukhsil, M., Solgadi, F., et El basbas, A. 2020. Silicate-carbonate liquid immiscibility: insights from the Crevier alkaline intrusion (Quebec). *Journal of Petrology*, **61**: egaa033.
- Hoffman, P.F. 1989. Precambrian geology and tectonic history of North America. *Dans The Geology of North America — An Overview. Édité par A.W. Bally et A.R. Palmer. Geological Society of America*, p. 447–512.
- Kamenetsky, V.S., Mitchell, R.H., Maas, R., Giuliani, A., Gaboury, D., et Zhitova, L. 2015. Chlorine in mantle-derived carbonatite melts revealed by halite in the St.-Honoré intrusion (Québec, Canada). *Geology*, **43**: 687-690.
- Kumarapeli, P.S., et Saull, V.A. 1966. The St. Lawrence valley system: a North American equivalent of the East African rift valley system. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **3**: 639-658.
- Le Bas, M.J. 2008. Fénites associated with carbonatites. *The Canadian Mineralogist*, **46**: 915-932.
- Le Maître, R.W. 2002. *Igneous rocks: a classification and glossary of terms*. Cambridge University Press, New York.
- McCausland, P.J., Pisarevsky, S., Jourdan, F., et Higgins, M., 2009. Laurentia at 571 Ma: Preliminary paleomagnetism and Ar-Ar age of the Ediacaran St Honore alkali intrusion, Quebec. *Proceedings, American Geophysical Union - Geological Association of Canada - Mineralogical Association of Canada - Canadian Geophysical Union, Joint Assembly, Toronto, Abstract GA12A-01.*

MERN. 2020. Les Minéraux Critiques et Stratégiques : Plan Québécois pour la Valorisation des Minéraux Critiques et Stratégiques 2020-2025. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Gouvernement du Québec.

Mines Canada. 2020. Le Plan Canadien pour les Minéraux et les Métaux : Mise à jour du plan d'action 2020. Gouvernement du Canada.

Moukhsil, A. et Daoudene, Y. 2019. Géologie de la région du lac des Commissaires, Province de Grenville, région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, Québec, Canada. MERN, BG 2019-01.

Moukhsil, A. et El Bourki, M. 2021. Nouvelles minéralisations en éléments des terres rares associées à la Carbonatite de Girardville et aux dykes de pegmatite granitique, à la syénite et au granite à feldspath alcalin. MERN, BG 2021-02.

Néron, A., Bédard, L. P., et Gaboury, D. 2018. The Saint-Honoré carbonatite REE zone, Québec, Canada: Combined magmatic and hydrothermal processes. *Minerals*, **8**: 397.

Papapavlou, K. 2019. U-Pb geochronology report, Grenville 2018-2019. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Manuscrit brut, 2019-11.

Rivers, T. et Corrigan, D. 2000. Convergent margin on southeastern Laurentia during the Mesoproterozoic: tectonic implications. *Canadian Journal of Earth Sciences* **37**: 359–383.

Rivers, T. 2008. Assembly and preservation of lower, mid, and upper orogenic crust in the Grenville Province—Implications for the evolution of large hot long-duration orogens. *Precambrian Research* **167**: 237–259.

Rivers, T., Culshaw, N., Hynes, A., Indares, A., Jamieson, R., et Martignole, J. 2012. The Grenville Orogen — a post-LITHOPROBE perspective. Dans *Tectonic Styles in Canada: The LITHOPROBE Perspective*. Édité par J.A. Percival, F.A. Cook, et R.M. Clowes. Geological Association of Canada, Special Paper, **49**: 97–236.

Shaw, D.M., Reilly, G.A., Muysson, J.R., Pattenden, G.E., et Campbell, F.E. 1967. An estimate of the chemical composition of the Canadian Precambrian Shield. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **4**: 829–853.

Shaw, D.M., Dostal, J., et Keays, R.R. 1976. Additional estimates of continental surface Precambrian shield composition in Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **40**: 73–83.

Vallières, D., Ferlatte, G., Sirois, R., Tremblay, J.F., Pelletier, P., et Gaultier, P. 2013. NI 43-101 Technical Report, Update on Niobec Expansion. Niobec Mine Property, IAMGOLD Corporation.

Verplanck, P.L., Mariano, A.N., et Mariano Jr., A.N. 2016. Rare earth element ore geology of carbonatites. Dans *Rare Earth and Critical Elements in Ore Deposits*. Édité par P.L. Verplanck et M.W. Hitzman. Society of Economic Geologists, Special volume, **18**: 5–32.

Woolley, A.R. et Kempe, D.R.C. 1989. Carbonatites: Nomenclature, average chemical compositions, and element distribution. *Dans Carbonatites: Genesis and Evolution. Édité par K. Bell.* Unwin Hyman, London, p. 1-14.

7.0 Annexe

Tableau 6 : Tableau d'évaluation de la qualité des données pour les analyses effectuées sur les blancs

Standards Report							
Project: charles		Batch:		Fail: ●			
Project date: 10/29/2021		Standard: blanc st urb		Pass: ●			
		Report date: 10/29/2021		Historical: ●			
SiO2 mean: 99.01 % accept: 95.00 ~ 102.00.	Al2O3 mean: 0.35 % accept: 0.19 ~ 0.45.	Fe2O3(T) mean: 0.56 % accept: 0.00 ~ 1.62.	MgO mean: 0.02 % accept: 0.00 ~ 0.13.	MnO mean: 0.01 % accept: 0.00 ~ 0.03.	CaO mean: 0.03 % accept: 0.00 ~ 0.24.	Na2O mean: 0.02 % accept: 0.00 ~ 0.05.	K2O mean: 0.03 % accept: 0.00 ~ 0.04.
TiO2 mean: 0.06 % accept: 0.04 ~ 0.06.	P2O5 mean: 0.01 % accept: 0.00 ~ 0.04.	Cr2O3 mean: 0.01 % accept: 0.00 ~ 0.02.	LOI mean: 0.12 % accept: 0.00 ~ 0.52.	Sr mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 5.00.	Ba mean: 5.50 ppm accept: 0.00 ~ 23.00.	Nb mean: 2.40 ppm accept: 0.00 ~ 1.50.	V mean: 2.50 ppm accept: 0.00 ~ 10.00.
Co mean: 0.50 ppm accept: 0.00 ~ 5.00.	Ga mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 5.00.	Ge mean: 0.55 ppm accept: 0.00 ~ 1.30.	In mean: 0.05 ppm accept: 0.00 ~ 1.00.	Sn mean: 0.50 ppm accept: 0.00 ~ 5.00.	No qualified data		Pb mean: 2.50 ppm accept: 0.00 ~ 15.00.
Hf mean: 1.20 ppm accept: 0.60 ~ 2.40.	Ta mean: 0.13 ppm accept: 0.00 ~ 0.26.	W mean: 3.10 ppm accept: 0.00 ~ 6.80.	No qualified data		Th mean: 2.22 ppm accept: 1.00 ~ 2.63.	U mean: 0.25 ppm accept: 0.15 ~ 0.36.	Rb mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 5.00.
Yt mean: 5.60 ppm accept: 3.00 ~ 7.60.	Zr mean: 55.50 ppm accept: 21.00 ~ 98.00.	La mean: 13.60 ppm accept: 4.50 ~ 20.70.	Ce mean: 29.65 ppm accept: 15.90 ~ 38.30.	Pr mean: 3.55 ppm accept: 1.90 ~ 4.51.	Nd mean: 13.75 ppm accept: 7.00 ~ 17.60.	Sm mean: 2.45 ppm accept: 1.11 ~ 3.33.	Eu mean: 0.33 ppm accept: 0.18 ~ 0.48.
Gd mean: 1.65 ppm accept: 0.90 ~ 2.28.	Tb mean: 0.24 ppm accept: 0.12 ~ 0.31.	Dy mean: 1.23 ppm accept: 0.60 ~ 1.63.	Ho mean: 0.20 ppm accept: 0.10 ~ 0.30.	Er mean: 0.49 ppm accept: 0.24 ~ 0.79.	Tm mean: 0.06 ppm accept: 0.03 ~ 0.10.	Yb mean: 0.38 ppm accept: 0.19 ~ 0.60.	Lu mean: 0.06 ppm accept: 0.02 ~ 0.09.
Cd mean: 0.25 ppm accept: 0.00 ~ 2.50.	Cu mean: 3.50 ppm accept: 0.00 ~ 13.50.	Ag mean: 0.15 ppm accept: 0.00 ~ 1.50.	Ni mean: 3.00 ppm accept: 0.00 ~ 5.10.	Mo mean: 5.50 ppm accept: 0.00 ~ 3.10.	Zn mean: 2.50 ppm accept: 0.00 ~ 10.00.	S(ppm) mean: 50.00 ppm accept: 0.00 ~ 500.00.	Au mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 10.00.
As mean: 0.25 ppm accept: 0.00 ~ 2.30.	Cr mean: 48.00 ppm accept: 0.00 ~ 111.00.	Sc mean: 0.25 ppm accept: 0.00 ~ 0.60.	Sb mean: 0.05 ppm accept: 0.00 ~ 0.50.	Se mean: 1.50 ppm accept: 0.00 ~ 15.00.			

Tableau 7 : Tableau d'évaluation de la qualité des données pour les analyses effectuées sur le matériel interne non certifié man1 (MERN)

Standards Report							
Project: charles		Batch:		Fail: ●			
Project date: 10/29/2021		Standard: man1		Pass: ●			
		Report date: 10/29/2021		Historical: ●			
SiO2 ● mean: 67.07 % accept: 65.07 ~ 68.85.	Al2O3 ● mean: 15.65 % accept: 15.28 ~ 16.39.	Fe2O3(T) ● mean: 3.05 % accept: 2.81 ~ 3.13.	MgO ● mean: 1.40 % accept: 1.37 ~ 1.54.	MnO ● mean: 0.06 % accept: 0.04 ~ 0.06.	CaO ● mean: 2.43 % accept: 2.29 ~ 2.51.	Na2O ● mean: 5.30 % accept: 5.14 ~ 5.80.	K2O ● mean: 3.63 % accept: 3.41 ~ 3.84.
TiO2 ● mean: 0.25 % accept: 0.23 ~ 0.26.	P2O5 ● mean: 0.14 % accept: 0.11 ~ 0.14.	Cr2O3 ● mean: 0.02 % accept: 0.01 ~ 0.03.	LOI ● mean: 0.49 % accept: 0.00 ~ 1.05.	Sr ● mean: 1261.00 ppm accept: 1139.28 ~ 1427.90.	Ba ● mean: 1360.00 ppm accept: 1243.00 ~ 1579.00.	Nb ● mean: 16.20 ppm accept: 3.67 ~ 7.61.	V ● mean: 39.00 ppm accept: 36.83 ~ 47.74.
Co ● mean: 7.00 ppm accept: 6.16 ~ 9.53.	Ga ● mean: 18.00 ppm accept: 14.62 ~ 23.78.	Ge ● mean: 0.90 ppm accept: 0.91 ~ 1.09.	In ● mean: 0.05 ppm accept: 0.00 ~ 0.20.	Sn ● mean: 0.50 ppm accept: 0.30 ~ 2.03.	Cs ● mean: 2.20 ppm accept: 1.80 ~ 2.51.	Pb ● mean: 11.00 ppm accept: 9.95 ~ 20.40.	Be ● mean: 3.00 ppm accept: 0.83 ~ 3.44.
Hf ● mean: 3.10 ppm accept: 2.50 ~ 5.01.	Ta ● mean: 0.42 ppm accept: 0.23 ~ 0.53.	W No qualified data		Tl ● mean: 0.16 ppm accept: 0.00 ~ 0.59.	Bi ● mean: 0.05 ppm accept: 0.03 ~ 0.14.	Th ● mean: 5.39 ppm accept: 3.86 ~ 7.15.	U ● mean: 1.38 ppm accept: 0.87 ~ 1.79.
Yt ● mean: 11.40 ppm accept: 10.69 ~ 13.83.	Zr ● mean: 125.00 ppm accept: 106.15 ~ 166.61.	La ● mean: 26.80 ppm accept: 22.53 ~ 31.10.	Ce ● mean: 52.90 ppm accept: 42.26 ~ 62.43.	Pr ● mean: 6.13 ppm accept: 5.47 ~ 7.24.	Nd ● mean: 23.30 ppm accept: 21.04 ~ 26.12.	Sm ● mean: 4.34 ppm accept: 3.71 ~ 4.85.	Eu ● mean: 1.04 ppm accept: 0.82 ~ 1.36.
Gd ● mean: 3.08 ppm accept: 2.67 ~ 3.86.	Tb ● mean: 0.41 ppm accept: 0.33 ~ 0.51.	Dy ● mean: 2.18 ppm accept: 1.95 ~ 2.43.	Ho ● mean: 0.36 ppm accept: 0.36 ~ 0.46.	Er ● mean: 1.04 ppm accept: 1.02 ~ 1.30.	Tm ● mean: 0.16 ppm accept: 0.14 ~ 0.22.	Yb ● mean: 0.99 ppm accept: 1.02 ~ 1.34.	Lu ● mean: 0.16 ppm accept: 0.15 ~ 0.23.
Cd ● mean: 0.25 ppm accept: 0.00 ~ 0.50.	Cu ● mean: 6.00 ppm accept: 5.57 ~ 13.11.	Ag ● mean: 0.15 ppm accept: 0.00 ~ 1.00.	Ni ● mean: 44.00 ppm accept: 35.63 ~ 59.03.	Mo ● mean: 1.00 ppm accept: 0.43 ~ 2.76.	Zn ● mean: 44.00 ppm accept: 21.05 ~ 57.51.	S(ppm) ● mean: 50.00 ppm accept: 0.00 ~ 200.00.	Au ● mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 5.00.
As ● mean: 3.40 ppm accept: 0.00 ~ 4.26.	Cr ● mean: 133.00 ppm accept: 91.44 ~ 133.36.	Sc ● mean: 5.00 ppm accept: 2.41 ~ 6.75.	Sb ● mean: 0.30 ppm accept: 0.00 ~ 0.66.	Se ● mean: 1.50 ppm accept: 0.00 ~ 0.50.			

Tableau 8 : Tableau d'évaluation de la qualité des données pour les analyses effectuées sur le matériel de référence certifié SY-4 (PCMRC)

Standards Report							
Project: charles		Batch:		Fail: ●			
Project date: 10/29/2021		Standard: sy4		Pass: ●			
		Report date: 10/29/2021		Historical: ●			
SiO2 ● mean: 50.67 % accept: 49.60 ~ 50.20.	Al2O3 ● mean: 20.42 % accept: 20.39 ~ 20.99.	Fe2O3(T) ● mean: 6.16 % accept: 5.91 ~ 6.51.	MgO ● mean: 0.50 % accept: 0.39 ~ 0.69.	MnO ● mean: 0.11 % accept: 0.08 ~ 0.14.	CaO ● mean: 7.99 % accept: 7.75 ~ 8.35.	Na2O ● mean: 7.10 % accept: 6.80 ~ 7.40.	K2O ● mean: 1.66 % accept: 1.36 ~ 1.96.
TiO2 ● mean: 0.29 % accept: 0.26 ~ 0.32.	P2O5 ● mean: 0.13 % accept: 0.10 ~ 0.16.	Sr ● mean: 1175.00 ppm accept: 1131.00 ~ 1251.00.	Ba ● mean: 346.00 ppm accept: 310.00 ~ 370.00.	Nb ● mean: 13.90 ppm accept: 10.00 ~ 16.00.	V ● mean: 5.00 ppm accept: 3.20 ~ 12.80.	Co ● mean: 2.00 ppm accept: 1.30 ~ 4.30.	Ga ● mean: 35.00 ppm accept: 29.00 ~ 41.00.
Ge ● mean: 0.90 ppm accept: 1.00 ~ 4.00.	In ● mean: 0.05 ppm accept: 0.00 ~ 0.10.	Sn ● mean: 7.00 ppm accept: 5.30 ~ 8.90.	Cs ● mean: 1.60 ppm accept: 1.20 ~ 1.80.	Pb ● mean: 12.00 ppm accept: 7.00 ~ 13.00.	Be ● mean: 3.00 ppm accept: 2.00 ~ 3.20.	Hf ● mean: 9.30 ppm accept: 9.40 ~ 11.80.	Ta ● mean: 0.91 ppm accept: 0.30 ~ 1.50.
W No qualified data	Tl ● mean: 0.19 ppm accept: 0.00 ~ 0.50.	Bi ● mean: 0.05 ppm accept: 0.00 ~ 2.00.	Th ● mean: 1.71 ppm accept: 0.80 ~ 2.00.	U ● mean: 1.09 ppm accept: 0.20 ~ 1.40.	Rb ● mean: 54.00 ppm accept: 49.00 ~ 61.00.	Yt ● mean: 117.00 ppm accept: 104.00 ~ 134.00.	Zr ● mean: 483.00 ppm accept: 469.00 ~ 565.00.
La ● mean: 61.40 ppm accept: 52.00 ~ 64.00.	Ce ● mean: 128.00 ppm accept: 107.00 ~ 137.00.	Pr ● mean: 15.30 ppm accept: 12.00 ~ 18.00.	Nd ● mean: 59.00 ppm accept: 51.00 ~ 63.00.	Sm ● mean: 13.10 ppm accept: 11.20 ~ 14.20.	Eu ● mean: 1.95 ppm accept: 1.70 ~ 2.30.	Gd ● mean: 14.00 ppm accept: 11.00 ~ 17.00.	Tb ● mean: 2.68 ppm accept: 2.00 ~ 3.20.
Dy ● mean: 18.40 ppm accept: 16.40 ~ 20.00.	Ho ● mean: 4.22 ppm accept: 4.00 ~ 4.60.	Er ● mean: 13.90 ppm accept: 12.70 ~ 15.70.	Tm ● mean: 2.19 ppm accept: 1.70 ~ 2.90.	Yb ● mean: 14.50 ppm accept: 13.60 ~ 16.00.	Lu ● mean: 2.14 ppm accept: 1.80 ~ 2.40.	Cd ● mean: 0.25 ppm accept: 0.00 ~ 2.00.	Cu ● mean: 4.00 ppm accept: 4.00 ~ 10.00.
Ag ● mean: 0.15 ppm accept: 0.00 ~ 1.20.	Ni ● mean: 9.00 ppm accept: 6.00 ~ 12.00.	Mo ● mean: 0.50 ppm accept: 0.00 ~ 3.00.	Zn ● mean: 93.00 ppm accept: 87.00 ~ 99.00.	As ● mean: 3.70 ppm accept: 0.00 ~ 2.00.	Cr ● mean: 2.50 ppm accept: 9.00 ~ 15.00.	Sc ● mean: 1.00 ppm accept: 0.50 ~ 1.70.	Sb ● mean: 0.30 ppm accept: 0.00 ~ 0.30.
Se ● mean: 1.50 ppm accept: 0.00 ~ 4.00.							

Tableau 9 : Tableau d'évaluation de la qualité des données pour les analyses effectuées sur le matériel de référence certifié STN-2 (USGS)

Standards Report						
Project: charles		Batch:		Fail: ●		
Project date: 10/29/2021		Standard: stm2		Pass: ●		
		Report date: 10/29/2021		Historical: ●		
SiO2	Al2O3	Fe2O3(T)	MgO	MnO	CaO	Na2O
● mean: 60.17 % accept: 58.03 ~ 63.93.	● mean: 18.03 % accept: 16.42 ~ 20.38.	● mean: 5.35 % accept: 5.00 ~ 5.78.	● mean: 0.11 % accept: 0.08 ~ 0.17.	● mean: 0.22 % accept: 0.16 ~ 0.27.	● mean: 1.13 % accept: 0.97 ~ 1.21.	● mean: 8.74 % accept: 7.37 ~ 10.43.
K2O	TiO2	P2O5	Sr	Ba	Nb	V
● mean: 4.13 % accept: 3.47 ~ 4.67.	● mean: 0.15 % accept: 0.10 ~ 0.22.	● mean: 0.18 % accept: 0.11 ~ 0.23.	● mean: 796.00 ppm accept: 725.00 ~ 839.00.	● mean: 608.00 ppm accept: 456.00 ~ 822.00.	● mean: 234.00 ppm accept: 138.00 ~ 396.00.	● mean: 2.50 ppm accept: 2.50 ~ 8.50.
Ga	Sn	Cs	Pb	Be	Hf	Ta
● mean: 32.00 ppm accept: 29.80 ~ 38.20.	● mean: 6.00 ppm accept: 5.40 ~ 7.80.	● mean: 1.40 ppm accept: 1.34 ~ 1.70.	● mean: 12.00 ppm accept: 7.20 ~ 16.80.	● mean: 10.00 ppm accept: 7.00 ~ 12.40.	● mean: 23.90 ppm accept: 24.60 ~ 29.40.	● mean: 16.40 ppm accept: 12.70 ~ 19.30.
W	Th	U	Rb	Yt	Zr	La
● mean: 2.00 ppm accept: 0.70 ~ 3.70.	● mean: 28.30 ppm accept: 12.00 ~ 42.00.	● mean: 8.07 ppm accept: 5.20 ~ 10.00.	● mean: 109.00 ppm accept: 81.00 ~ 147.00.	● mean: 41.20 ppm accept: 37.00 ~ 49.00.	● mean: 1102.00 ppm accept: 1094.00 ~ 1466.00.	● mean: 153.00 ppm accept: 121.00 ~ 187.00.
Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
● mean: 263.00 ppm accept: 187.00 ~ 325.00.	● mean: 25.50 ppm accept: 19.60 ~ 30.40.	● mean: 80.30 ppm accept: 66.60 ~ 95.40.	● mean: 12.10 ppm accept: 9.30 ~ 14.70.	● mean: 3.40 ppm accept: 2.70 ~ 4.20.	● mean: 8.10 ppm accept: 5.90 ~ 10.10.	● mean: 1.30 ppm accept: 0.48 ~ 2.28.
Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Ag
● mean: 7.43 ppm accept: 5.91 ~ 10.11.	● mean: 1.28 ppm accept: 0.65 ~ 2.45.	● mean: 3.84 ppm accept: 3.50 ~ 5.30.	● mean: 0.60 ppm accept: 0.28 ~ 0.82.	● mean: 3.85 ppm accept: 1.80 ~ 6.60.	● mean: 0.59 ppm accept: 0.48 ~ 0.72.	● mean: 3.10 ppm accept: 0.30 ~ 2.10.
Ni	Mo	Zn				
● mean: 2.00 ppm accept: 2.70 ~ 6.90.	● mean: 7.00 ppm accept: 2.90 ~ 9.50.	● mean: 258.00 ppm accept: 166.00 ~ 280.00.				

Tableau 10 : Tableau d'évaluation de la qualité des données pour les analyses effectuées sur les blancs suite à la réanalyse d'échantillon contaminé au Nb

Standards Report							
Project: charles		Batch:		Fail: ●			
Project date: 10/29/2021		Standard: blanc st urb		Pass: ●			
		Report date: 12/08/2021		Historical: ●			
SiO2 mean: 97.8 % accept: 95.00 ~ 102.00.	Al2O3 mean: 0.33 % accept: 0.19 ~ 0.45.	Fe2O3(T) mean: 0.67 % accept: 0.00 ~ 1.62.	No qualified data	MnO mean: 0.01 % accept: 0.00 ~ 0.03.	CaO mean: 0.02 % accept: 0.00 ~ 0.24.	Na2O mean: 0.01 % accept: 0.00 ~ 0.05.	K2O mean: 0.03 % accept: 0.00 ~ 0.04.
TiO2 mean: 0.06 % accept: 0.04 ~ 0.06.	No qualified data	Cr2O3 mean: 0.01 % accept: 0.00 ~ 0.02.	LOI mean: 0.17 % accept: 0.00 ~ 0.52.	No qualified data	Ba mean: 5.00 ppm accept: 0.00 ~ 23.00.	Nb mean: 0.60 ppm accept: 0.00 ~ 1.50.	V mean: 158.00 ppm accept: 0.00 ~ 10.00.
Co mean: 0.50 ppm accept: 0.00 ~ 5.00.	Ga mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 5.00.	Ge mean: 0.80 ppm accept: 0.00 ~ 1.30.	In mean: 0.05 ppm accept: 0.00 ~ 1.00.	Sn mean: 0.50 ppm accept: 0.00 ~ 5.00.	No qualified data	Pb mean: 2.50 ppm accept: 0.00 ~ 15.00.	No qualified data
Hf mean: 0.90 ppm accept: 0.60 ~ 2.40.	Ta mean: 0.03 ppm accept: 0.00 ~ 0.26.	W mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 6.80.	No qualified data	Bi mean: 0.05 ppm accept: 0.00 ~ 0.50.	Th mean: 2.22 ppm accept: 1.00 ~ 2.63.	U mean: 0.30 ppm accept: 0.15 ~ 0.36.	Rb mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 5.00.
Yt mean: 6.30 ppm accept: 3.00 ~ 7.60.	Zr mean: 46.00 ppm accept: 21.00 ~ 98.00.	La mean: 16.30 ppm accept: 4.50 ~ 20.70.	Ce mean: 32.20 ppm accept: 15.90 ~ 38.30.	Pr mean: 3.82 ppm accept: 1.90 ~ 4.51.	Nd mean: 14.60 ppm accept: 7.00 ~ 17.60.	Sm mean: 2.49 ppm accept: 1.11 ~ 3.33.	Eu mean: 0.35 ppm accept: 0.18 ~ 0.48.
Gd mean: 1.86 ppm accept: 0.90 ~ 2.28.	Tb mean: 0.26 ppm accept: 0.12 ~ 0.31.	Dy mean: 1.27 ppm accept: 0.60 ~ 1.63.	Ho mean: 0.22 ppm accept: 0.10 ~ 0.30.	Er mean: 0.50 ppm accept: 0.24 ~ 0.79.	Tm mean: 0.06 ppm accept: 0.03 ~ 0.10.	Yb mean: 0.30 ppm accept: 0.19 ~ 0.60.	Lu mean: 0.04 ppm accept: 0.02 ~ 0.09.
Cd mean: 0.25 ppm accept: 0.00 ~ 2.50.	Cu mean: 7.00 ppm accept: 0.00 ~ 13.50.	Ag mean: 0.15 ppm accept: 0.00 ~ 1.50.	Ni mean: 3.00 ppm accept: 0.00 ~ 5.10.	Mo mean: 6.00 ppm accept: 0.00 ~ 3.10.	Zn mean: 3.00 ppm accept: 0.00 ~ 10.00.	S(ppm) mean: 50.00 ppm accept: 0.00 ~ 500.00.	Au mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 10.00.
As mean: 0.25 ppm accept: 0.00 ~ 2.30.	Cr mean: 47.00 ppm accept: 0.00 ~ 111.00.	Sc mean: 0.20 ppm accept: 0.00 ~ 0.60.	Sb mean: 0.95 ppm accept: 0.00 ~ 0.50.	Se mean: 1.50 ppm accept: 0.00 ~ 15.00.			

Tableau 11 : Tableau d'évaluation de la qualité des données pour les analyses effectuées sur le matériel interne non certifié man1 (MERN) suite à la réanalyse d'échantillon contaminé au Nb

Standards Report							
Project: charles		Batch:		Fail: ●			
Project date: 10/29/2021		Standard: man1		Pass: ●			
		Report date: 12/08/2021		Historical: ●			
SiO2 mean: 66.49 % accept: 65.07 ~ 68.85.	Al2O3 mean: 15.81 % accept: 15.28 ~ 16.39.	Fe2O3(T) mean: 2.98 % accept: 2.81 ~ 3.13.	MgO mean: 1.41 % accept: 1.37 ~ 1.54.	MnO mean: 0.06 % accept: 0.04 ~ 0.06.	CaO mean: 2.49 % accept: 2.29 ~ 2.51.	Na2O mean: 5.30 % accept: 5.14 ~ 5.80.	K2O mean: 3.65 % accept: 3.41 ~ 3.84.
TiO2 mean: 0.28 % accept: 0.23 ~ 0.26.	P2O5 mean: 0.13 % accept: 0.11 ~ 0.14.	Cr2O3 mean: 0.02 % accept: 0.01 ~ 0.03.	LOI mean: 0.71 % accept: 0.00 ~ 1.05.	Sr mean: 1293.00 ppm accept: 1139.28 ~ 1427.90.	Ba mean: 1350.00 ppm accept: 1243.00 ~ 1579.00.	Nb mean: 4.20 ppm accept: 3.67 ~ 7.61.	V mean: 234.00 ppm accept: 36.83 ~ 47.74.
Co mean: 7.00 ppm accept: 6.16 ~ 9.53.	Ga mean: 18.00 ppm accept: 14.62 ~ 23.78.	Ge mean: 1.00 ppm accept: 0.91 ~ 1.09.	In mean: 0.05 ppm accept: 0.00 ~ 0.20.	Sn mean: 1.00 ppm accept: 0.30 ~ 2.03.	Cs mean: 2.10 ppm accept: 1.80 ~ 2.51.	Pb mean: 14.00 ppm accept: 9.95 ~ 20.40.	Be mean: 3.00 ppm accept: 0.83 ~ 3.44.
Hf mean: 2.80 ppm accept: 2.50 ~ 5.01.	Ta mean: 0.33 ppm accept: 0.23 ~ 0.53.	W mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 2.50.	Tl mean: 0.68 ppm accept: 0.00 ~ 0.59.	Bi mean: 0.05 ppm accept: 0.03 ~ 0.14.	Th mean: 5.20 ppm accept: 3.86 ~ 7.15.	U mean: 1.41 ppm accept: 0.87 ~ 1.79.	Rb mean: 108.00 ppm accept: 96.17 ~ 131.39.
Yt mean: 13.80 ppm accept: 10.69 ~ 13.83.	Zr mean: 112.00 ppm accept: 106.15 ~ 166.61.	La mean: 33.10 ppm accept: 22.53 ~ 31.10.	Ce mean: 58.10 ppm accept: 42.26 ~ 62.43.	Pr mean: 6.76 ppm accept: 5.47 ~ 7.24.	Nd mean: 26.00 ppm accept: 21.04 ~ 26.12.	Sm mean: 4.32 ppm accept: 3.71 ~ 4.85.	Eu mean: 1.06 ppm accept: 0.82 ~ 1.36.
Gd mean: 3.33 ppm accept: 2.67 ~ 3.86.	Tb mean: 0.43 ppm accept: 0.33 ~ 0.51.	Dy mean: 2.39 ppm accept: 1.95 ~ 2.43.	Ho mean: 0.44 ppm accept: 0.36 ~ 0.46.	Er mean: 1.30 ppm accept: 1.02 ~ 1.30.	Tm mean: 0.18 ppm accept: 0.14 ~ 0.22.	Yb mean: 1.06 ppm accept: 1.02 ~ 1.34.	Lu mean: 0.14 ppm accept: 0.15 ~ 0.23.
Cd mean: 0.25 ppm accept: 0.00 ~ 0.50.	Cu mean: 12.00 ppm accept: 5.57 ~ 13.11.	Ag mean: 0.15 ppm accept: 0.00 ~ 1.00.	Ni mean: 45.00 ppm accept: 35.63 ~ 59.03.	Mo mean: 2.00 ppm accept: 0.43 ~ 2.76.	Zn mean: 40.00 ppm accept: 21.05 ~ 57.51.	S(ppm) mean: 50.00 ppm accept: 0.00 ~ 200.00.	Au mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 5.00.
As mean: 1.00 ppm accept: 0.00 ~ 4.26.	Cr mean: 116.00 ppm accept: 91.44 ~ 133.36.	Sc mean: 4.60 ppm accept: 2.41 ~ 6.75.	Sb mean: 0.10 ppm accept: 0.00 ~ 0.66.	Se mean: 1.50 ppm accept: 0.00 ~ 0.50.			

Tableau 7 : Tableau des résultats d'analyse effectuée sur les échantillons provenant des affleurements de la carbonatite de Girardville (21-CS-01), du dyke de pegmatite à microcline (21-CS-02/03) et de la carbonatite du Lac des Coudes (21-CS-04)

Échantillons	Analyses L.D.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ (T)	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Total	PAF
		(%) 0,01	(%) 0,01	(%) 0,01	(%) 0,001	(%) 0,01	(%) 0,01	(%) 0,01	(%) 0,01	(%) 0,01	(%) 0,001	(%) 0,01	(%) 0,01	(%) 0,01
21-CS-01-06	80001	65,93	18,01	0,4	0,011	0,01	0,16	1,76	13,93	0,009	0,09	<0,01	100,7	0,4
21-CS-01-12	80002	65,67	18,45	0,4	0,009	0,03	0,05	1,9	13,73	0,007	0,01	<0,01	100,7	0,43
21-CS-01-16	80003	65,21	18,01	0,49	0,012	0,03	0,06	1,62	14,07	0,007	<0,01	<0,01	99,89	0,39
21-CS-01-02	80004	58,53	17,05	4,52	0,062	2,24	1,96	5,78	5,81	1,236	1,04	<0,01	99,22	1
21-CS-01-04	80005	59,42	16,95	3,8	0,083	2,23	2,75	6,47	4,95	1,245	1,06	<0,01	100,5	1,58
21-CS-01-05	80006	56,31	16,83	7,47	0,139	1,76	2,22	5,95	4,71	1,294	1,05	<0,01	98,85	1,1
21-CS-01-19	80007	59,75	17,08	4,08	0,062	2,25	2,07	6,04	5,66	1,234	0,92	<0,01	100,3	1,16
21-CS-01-20	80008	57,3	17,36	5,14	0,105	2,09	2,18	6,29	4,72	1,455	1,06	<0,01	98,86	1,18
21-CS-01-21	80009	55,92	15,96	6,25	0,063	4,45	3,38	7,11	3,03	0,931	1,89	<0,01	100,7	1,71
21-CS-01-01	80010	60	14,04	9,88	0,063	0,57	1,57	7,44	4,86	0,73	0,32	<0,01	100,4	0,91
21-CS-01-11	80011	67,87	14,35	4,04	0,063	0,86	1,7	3,46	5,39	0,757	0,32	<0,01	99,37	0,56
21-CS-01-14	80012	67,61	13,95	4,07	0,066	0,82	1,61	3,35	5,43	0,743	0,31	<0,01	98,52	0,56
21-CS-01-03	80014	1,27	0,25	1,22	0,519	0,53	52,67	0,02	0,02	0,008	0,09	<0,01	98,57	41,97
21-CS-01-07	80015	0,07	0,02	1,6	0,746	1,06	51,47	0,03	<0,01	0,001	0,02	<0,01	97,7	42,68
21-CS-01-08	80016	5,7	1,64	3,53	0,698	2,57	44,27	0,07	1,4	0,483	0,14	<0,01	97,77	37,26
21-CS-01-13	80017	38,31	10,94	18,09	0,163	13,95	1,94	0,2	9,35	3,518	1,17	<0,01	99,36	1,73
21-CS-01-18	80018	42,92	12	7,52	0,145	5,82	10,81	4,03	4,97	1,416	5,44	<0,01	99,9	4,83
21-CS-01-15	80019	0,46	0,08	49,07	2,138	0,33	1,88	0,06	0,02	49,47	1,22	<0,01	100,7	-4,03
21-CS-01-17	80020	0,36	0,1	47,58	2,298	0,29	1,12	<0,01	<0,01	50,94	0,02	<0,01	100,8	-1,96
21-CS-02-04	80021	65,7	18,07	0,77	0,019	0,05	0,16	2,56	12,75	0,131	0,02	<0,01	100,7	0,46
21-CS-02-06	80022	62,03	16,73	2,33	0,029	0,11	1,47	2,07	12,49	0,111	0,86	<0,01	98,65	0,41
21-CS-03-08	80023	65,75	18,06	0,4	0,009	0,02	0,04	2,2	13,22	0,011	0,01	<0,01	99,92	0,19
21-CS-04-06	80024	65,29	18,35	0,7	0,022	0,02	0,11	2,65	12,56	0,012	0,03	<0,01	100,1	0,29
21-CS-04-19	80026	66,02	18,43	0,36	0,009	0,02	0,1	2,28	13,27	0,005	0,04	<0,01	100,8	0,27
21-CS-02-01	80027	63,91	15,32	5,31	0,123	1,21	2,33	4,71	5,3	1,091	0,43	<0,01	100,1	0,4
21-CS-02-05	80028	68,68	14,31	4,42	0,066	0,68	1,53	3,6	5,06	0,611	0,19	0,01	99,69	0,55
21-CS-02-03	80029	60,36	14,7	7,8	0,047	0,61	1,4	7,34	4,93	0,773	0,33	<0,01	99,19	0,9
21-CS-02-08	80030	60,61	14	9,7	0,049	0,49	1,01	7,69	5,18	0,782	0,29	<0,01	100,4	0,57
21-CS-03-01	80031	58,4	12,72	10,55	0,055	0,7	1,7	6,97	5,03	0,308	0,14	<0,01	98,33	1,76
21-CS-03-02	80032	64,05	14,04	7,53	0,089	0,9	2,46	3,92	4,6	0,957	0,39	<0,01	99,96	1,03
21-CS-03-04	80034	55,57	15,32	8,82	0,118	2,43	4,46	4,17	4,29	1,997	1,15	<0,01	98,86	0,54
21-CS-04-05	80035	56,97	11,06	14,76	0,048	0,81	2,01	8,51	3,69	0,322	0,49	<0,01	99,41	0,74
21-CS-04-10	80036	57,28	11,17	16,32	0,053	0,91	1,44	9,59	2,37	0,335	0,09	<0,01	100,6	1,04
21-CS-04-11	80037	68,69	15,09	2,87	0,043	0,61	0,95	4,35	6,26	0,438	0,12	<0,01	100,1	0,64
21-CS-04-16	80038	64,6	16,9	3,38	0,042	0,52	0,96	5,5	6,91	0,55	0,15	<0,01	100,4	0,89
21-CS-04-13	80039	50,13	15,76	6,17	0,146	4,14	6,22	6,08	3,59	1,097	0,37	0,01	99,59	5,87
21-CS-04-20	80040	62,89	17,92	4,89	0,124	1,09	3,31	5,99	3,04	0,554	0,19	<0,01	100,6	0,57
21-CS-04-14	80041	57,23	16,85	9,09	0,202	3,78	5,34	4,77	1,8	0,821	0,31	0,01	100,5	0,29
21-CS-04-17	80042	54,97	17,21	9	0,202	3,83	6,99	5,19	1,4	0,825	0,3	0,01	100,3	0,44
21-CS-04-08	80043	52,79	1,69	28,68	0,062	1,22	1,43	12,24	0,05	1,04	0,03	0,02	99,65	0,43
21-CS-03-05	80044	57,82	13,98	6,33	0,071	0,35	3,87	4,93	7,74	0,374	2,97	<0,01	99,53	1,08
21-CS-02-10	80045	5,31	1,34	0,6	0,06	0,12	49,76	0,45	0,97	0,022	38,23	<0,01	97,72	0,86
21-CS-02-07	80046	0,5	0,04	49,15	2,885	0,37	0,48	0,05	0,02	50,4	0,14	<0,01	99,65	-4,38
21-CS-02-09	80047	0,94	0,13	48,87	2,425	0,25	0,48	0,06	0,05	50,49	0,06	0,01	100,3	-3,42
21-CS-03-06	80048	0,57	0,05	51,2	2,747	0,51	0,08	0,1	0,02	49,4	0,06	<0,01	100,4	-4,34

Tableau 7 : (Suite)

Échantillons	Analyses L.D	Y (ppm) 0,5	La (ppm) 0,05	Ce (ppm) 0,05	Pr (ppm) 0,01	Nd (ppm) 0,05	Sm (ppm) 0,01	Eu (ppm) 0,005	Gd (ppm) 0,01	Tb (ppm) 0,01	Dy (ppm) 0,01	Ho (ppm) 0,01	Er (ppm) 0,01	Tm (ppm) 0,005	Yb (ppm) 0,01	Lu (ppm) 0,002
21-CS-01-06	80001	2,6	16,3	28,8	2,93	10,1	1,29	0,278	0,67	0,1	0,48	0,08	0,22	0,032	0,2	0,026
21-CS-01-12	80002	0,6	10,8	19,3	1,79	5,63	0,56	0,103	0,28	0,04	0,16	0,02	0,06	0,008	0,04	0,005
21-CS-01-16	80003	0,7	6,5	11,9	1,21	4,08	0,6	0,12	0,33	0,03	0,16	0,03	0,07	0,009	0,05	0,006
21-CS-01-02	80004	17	37,3	92	12,2	51,5	9,86	2,65	6,96	0,85	4,06	0,62	1,47	0,194	1,04	0,148
21-CS-01-04	80005	16,8	45	107	13,3	54,8	10,2	2,62	6,96	0,85	4	0,59	1,41	0,182	1	0,14
21-CS-01-05	80006	37,7	98,2	205	23,8	92,6	15,4	4,26	10,3	1,45	7,77	1,33	3,58	0,526	3,08	0,487
21-CS-01-19	80007	17,1	42,7	98,8	12,4	50,7	9,39	2,45	6,36	0,81	4	0,62	1,51	0,2	1,15	0,177
21-CS-01-20	80008	25,2	67,6	156	19,6	79,3	14,4	3,66	9,78	1,21	6,03	0,89	2,23	0,281	1,6	0,233
21-CS-01-21	80009	25,8	49,1	126	16,9	73,7	15	4,09	10,6	1,33	6,53	0,98	2,19	0,238	1,17	0,162
21-CS-01-01	80010	7,3	22,5	44,8	5,26	20,6	3,65	1,11	2,47	0,32	1,58	0,26	0,68	0,096	0,65	0,107
21-CS-01-11	80011	32,1	67,5	153	18,2	68,9	11,8	2,21	8,18	1,19	6,34	1,09	2,95	0,436	2,66	0,415
21-CS-01-14	80012	26,2	54,6	136	14,9	56,5	9,76	1,86	6,55	0,94	5,26	0,88	2,44	0,372	2,3	0,361
21-CS-01-03	80014	112	268	556	62,8	241	41,4	10,8	28,8	3,93	21,2	3,73	10,4	1,58	10,3	1,69
21-CS-01-07	80015	146	288	594	67,3	259	47,3	13,1	34,9	5,01	27,5	4,85	13,2	1,94	11,8	1,92
21-CS-01-08	80016	115	211	442	50,2	193	34,9	9,78	26,8	3,83	21,6	3,8	10,4	1,6	9,76	1,6
21-CS-01-13	80017	14,2	49,7	108	13,4	54	9,12	2,37	6,08	0,73	3,37	0,5	1,11	0,148	0,83	0,113
21-CS-01-18	80018	71,3	263	577	71,9	289	49,9	12,8	33,2	3,95	18,9	2,81	6,04	0,698	3,84	0,495
21-CS-01-15	80019	15,8	50,8	118	14,6	58,4	10,3	2,64	6,76	0,84	3,92	0,61	1,37	0,148	0,79	0,097
21-CS-01-17	80020	13,7	31,7	56,5	5,33	17,8	3,76	1,27	2,99	0,54	3,25	0,6	1,77	0,249	1,55	0,214
21-CS-02-04	80021	1,6	5,84	11,6	1,35	5,58	0,97	0,196	0,63	0,07	0,29	0,05	0,14	0,022	0,14	0,021
21-CS-02-06	80022	13,1	39,6	90,5	11,3	45,4	8,04	2,06	5,33	0,66	3,17	0,49	1,18	0,148	0,9	0,122
21-CS-03-08	80023	<0,5	2,03	3,85	0,36	1,36	0,15	0,045	0,1	0,01	0,08	0,02	0,05	0,006	0,03	0,004
21-CS-04-06	80024	2,8	10,4	20,1	2,03	7,7	1,35	0,34	0,79	0,11	0,6	0,1	0,27	0,036	0,21	0,029
21-CS-04-19	80026	1,4	6,89	12,1	1,24	4,42	0,67	0,165	0,45	0,06	0,27	0,05	0,13	0,019	0,1	0,011
21-CS-02-01	80027	44	109	234	26,4	95,9	15,6	3,34	10,6	1,49	8,18	1,44	4,11	0,628	4,06	0,648
21-CS-02-05	80028	52,4	173	378	41	142	22	2,71	13,4	1,89	10,4	1,72	4,76	0,691	4,38	0,666
21-CS-02-03	80029	9,7	22,4	46	5,42	21,5	3,87	1,17	2,83	0,36	1,92	0,31	0,89	0,127	0,89	0,147
21-CS-02-08	80030	8	24,4	49,1	5,75	22,3	3,9	1,13	2,62	0,34	1,71	0,28	0,69	0,109	0,74	0,12
21-CS-03-01	80031	9,6	38,8	68,6	7,27	25,6	4,02	0,999	2,67	0,36	1,8	0,32	0,93	0,148	1,04	0,166
21-CS-03-02	80032	66,9	234	477	53,8	200	31,4	4,19	20,2	2,83	14,7	2,41	6,25	0,832	4,93	0,745
21-CS-03-04	80034	41,2	105	222	26,9	105	18,4	3,88	12,6	1,68	8,82	1,43	3,74	0,507	2,92	0,432
21-CS-04-05	80035	8,3	24,4	51,5	6,26	24,8	4,41	1,75	2,96	0,39	1,73	0,29	0,71	0,095	0,54	0,079
21-CS-04-10	80036	5	13	20,5	2,35	8,52	1,4	0,889	1,12	0,15	0,83	0,15	0,41	0,059	0,38	0,062
21-CS-04-11	80037	10,2	138	265	27,2	90,3	12,2	1,74	5,89	0,6	2,47	0,33	0,75	0,091	0,47	0,069
21-CS-04-16	80038	29	170	310	31,9	109	15,8	3,12	8,48	1,01	4,98	0,86	2,53	0,369	2,24	0,326
21-CS-04-13	80039	14,8	37,5	74,2	8,46	31,1	5,59	1,63	3,99	0,56	2,89	0,52	1,35	0,193	1,23	0,195
21-CS-04-20	80040	15,6	21,3	41	4,89	20,3	4,06	2,03	3,45	0,52	2,91	0,54	1,58	0,246	1,64	0,258
21-CS-04-14	80041	53	25,2	61,2	8,17	33,7	7,77	1,64	7,07	1,23	8,28	1,63	5,43	0,893	6,11	1,01
21-CS-04-17	80042	28	23,1	52,2	6,76	29,2	6	1,82	4,87	0,79	4,72	0,88	2,74	0,45	2,72	0,457
21-CS-04-08	80043	8,3	21,2	33,9	3,61	12,8	2,16	0,614	1,64	0,22	1,26	0,24	0,69	0,11	0,71	0,113
21-CS-03-05	80044	68,2	186	430	55,2	228	43,8	11	30,7	3,73	18	2,61	5,51	0,611	2,9	0,377
21-CS-02-10	80045	326	1090	2640	349	1450	259	66,2	173	19,8	90,3	13,6	28,9	3,09	14,9	1,88
21-CS-02-07	80046	3,4	7,35	19,4	2,64	11,5	2,58	0,646	1,54	0,22	1,05	0,17	0,39	0,052	0,28	0,038
21-CS-02-09	80047	23,3	7,41	14	2,75	12,2	3,88	0,555	3,85	0,71	4,23	0,81	2,23	0,32	2,12	0,31
21-CS-03-06	80048	1	4,11	8,15	0,85	3,19	0,5	0,123	0,35	0,05	0,24	0,04	0,11	0,015	0,1	0,015

Tableau 7 : (Suite)

Échantillons	Analyses L.D.	V (ppm) 5	Co (ppm) 1	Ga (ppm) 1	Gd (ppm) 0,05	Ge (ppm) 0,5	Ba (ppm) 3	Pb (ppm) 5	Rb (ppm) 1	Nb (ppm) 0,2	Be (ppm) 1	Hf (ppm) 0,1	Ta (ppm) 0,01	W (ppm) 0,5	Tl (ppm) 0,05	Bi (ppm) 0,1	Th (ppm) 0,05	Tm (ppm) 0,05	U (ppm) 0,01	Sr (ppm) 2	Zr (ppm) 1
21-CS-01-06	80001	<5	<1	17	0,67	<0,5	933	<5	208	3	2	<0,1	0,11	3,5	0,31	<0,1	1,61	<0,05	0,09	71	3
21-CS-01-12	80002	<5	<1	17	0,28	<0,5	875	<5	202	2,6	2	<0,1	0,13	1,5	0,38	<0,1	0,8	<0,05	0,12	45	2
21-CS-01-16	80003	<5	<1	16	0,33	0,5	883	<5	203	1,6	2	<0,1	0,03	<0,5	0,35	<0,1	0,94	<0,05	0,03	43	2
21-CS-01-02	80004	18	10	23	6,96	0,9	1820	<5	149	151	2	3,6	5,18	<0,5	0,39	<0,1	3,23	0,19	3,36	414	258
21-CS-01-04	80005	10	8	22	6,96	0,8	1180	<5	142	146	3	2,6	3,82	0,6	0,33	<0,1	2,47	0,18	2,57	404	211
21-CS-01-05	80006	33	8	25	10,3	0,8	1670	7	108	91,3	3	6	4,99	0,7	0,47	<0,1	6,35	0,53	2,01	1532	394
21-CS-01-19	80007	13	9	24	6,36	1	1450	<5	154	152	3	4,9	5,59	3,3	0,39	<0,1	3,73	0,2	4,5	347	397
21-CS-01-20	80008	24	10	25	9,78	1	1910	<5	128	143	3	5,3	5,02	<0,5	0,47	<0,1	3,59	0,28	1,55	1422	375
21-CS-01-21	80009	14	18	28	10,6	0,8	161	<5	180	98,2	4	0,2	2,38	<0,5	0,46	0,1	2,37	0,24	1,56	620	9
21-CS-01-01	80010	94	2	20	2,47	1,1	1420	9	92	41,5	3	12,7	0,77	<0,5	0,24	<0,1	2,05	0,1	1,09	424	499
21-CS-01-11	80011	36	5	21	8,18	1	1340	21	155	18,9	3	9,1	1,42	1,5	0,64	<0,1	8,83	0,44	1,72	404	386
21-CS-01-14	80012	36	5	20	6,55	1	1360	21	154	17,7	3	9,1	1,29	0,7	0,72	<0,1	7,8	0,37	1,85	379	370
21-CS-01-03	80014	<5	<1	4	28,8	<0,5	207	8	<1	15	1	0,2	0,09	<0,5	<0,05	<0,1	2,38	1,58	0,24	2542	2
21-CS-01-07	80015	<5	<1	4	34,9	<0,5	413	16	<1	8,7	<1	0,2	0,08	<0,5	<0,05	<0,1	1,93	1,94	0,02	9814	2
21-CS-01-08	80016	6	2	8	26,8	<0,5	464	16	77	92,7	1	0,2	1,51	<0,5	<0,05	<0,1	1,95	1,6	2,54	8427	2
21-CS-01-13	80017	47	44	38	6,08	1,1	163	<5	550	225	6	<0,1	1,09	12,3	0,74	<0,1	1,35	0,15	0,09	382	6
21-CS-01-18	80018	18	19	29	33,2	0,5	284	<5	259	110	4	0,4	1,1	<0,5	0,45	<0,1	6,11	0,7	0,56	1936	9
21-CS-01-15	80019	44	44	3	6,76	<0,5	12	<5	2	>1000	1	0,2	80,7	<0,5	<0,05	<0,1	2,99	0,15	0,03	384	12
21-CS-01-17	80020	39	39	3	2,99	<0,5	27	6	1	>1000	2	<0,1	26,7	<0,5	<0,05	<0,1	0,76	0,25	0,83	127	15
21-CS-02-04	80021	5	<1	18	0,63	<0,5	792	<5	202	29,3	2	0,6	0,18	<0,5	0,3	<0,1	1,72	<0,05	0,04	61	25
21-CS-02-06	80022	27	<1	17	5,33	<0,5	731	<5	197	19,4	2	2,1	0,25	<0,5	0,32	<0,1	3,74	0,15	0,25	277	67
21-CS-03-08	80023	<5	<1	17	0,1	<0,5	764	<5	193	6,5	1	<0,1	0,02	<0,5	0,25	<0,1	0,31	<0,05	0,01	43	2
21-CS-04-06	80024	<5	<1	22	0,79	<0,5	860	<5	173	7,2	1	<0,1	0,02	<0,5	0,17	<0,1	1,45	<0,05	0,03	88	6
21-CS-04-19	80026	<5	<1	19	0,45	<0,5	754	<5	192	4,6	2	<0,1	0,02	<0,5	0,25	<0,1	2,01	<0,05	0,03	60	2
21-CS-02-01	80027	40	5	22	10,6	1	1950	19	135	29,9	3	13,1	1,87	<0,5	0,52	<0,1	12,4	0,63	1,89	520	568
21-CS-02-05	80028	29	4	22	13,4	1	1340	20	149	23,9	3	12,5	2,37	<0,5	0,56	<0,1	36,8	0,69	2,38	376	496
21-CS-02-03	80029	63	2	19	2,83	1	1560	8	98	127	2	11,5	1,45	<0,5	0,31	<0,1	2,06	0,13	0,75	417	507
21-CS-02-08	80030	82	2	19	2,62	0,9	1450	8	96	69,4	3	13,1	0,96	<0,5	0,24	<0,1	2,2	0,11	1,01	322	559
21-CS-03-01	80031	69	2	19	2,67	1	1500	7	97	35,7	5	15,4	0,7	0,9	0,19	<0,1	4,75	0,15	1,29	305	685
21-CS-03-02	80032	36	8	26	20,2	1,3	1370	46	143	41,9	3	22,3	1,47	<0,5	0,48	<0,1	15,7	0,83	1,51	256	975
21-CS-03-04	80034	116	19	23	12,6	0,8	2090	15	118	31,1	4	6	1,48	<0,5	0,43	<0,1	4,55	0,51	0,56	887	617
21-CS-04-05	80035	148	4	15	2,96	0,9	1300	<5	67	32,2	5	4,8	1,12	<0,5	0,13	<0,1	2,46	0,09	0,72	353	218
21-CS-04-10	80036	221	10	16	1,12	1,2	943	6	39	23,9	6	7,6	1,21	<0,5	<0,05	<0,1	1,87	0,06	1,51	218	266
21-CS-04-11	80037	27	4	19	5,89	0,6	1610	8	164	12	2	7,6	0,46	<0,5	0,53	<0,1	85,9	0,09	1,3	373	308
21-CS-04-16	80038	27	3	21	8,48	0,6	713	5	140	21,5	2	9,1	0,31	1,9	0,5	<0,1	95,7	0,37	1,7	141	365
21-CS-04-13	80039	53	15	17	3,99	0,9	691	<5	173	160	3	1,1	2	<0,5	0,39	<0,1	1,58	0,19	0,35	1225	48
21-CS-04-20	80040	20	4	17	3,45	0,9	1350	9	69	9,5	2	5,9	0,22	<0,5	0,34	<0,1	0,98	0,25	0,26	572	285
21-CS-04-14	80041	171	19	21	7,07	1,2	289	8	57	9,4	3	4,2	0,55	<0,5	0,24	<0,1	1,78	0,89	1,32	379	157
21-CS-04-17	80042	188	21	19	4,87	1,1	434	14	34	7,1	2	3,1	0,5	25,4	0,26	<0,1	4,56	0,45	1,92	573	118
21-CS-04-08	80043	936	2	20	1,64	3,2	21	<5	1	29,5	6	42,1	0,49	<0,5	<0,05	<0,1	4,77	0,11	0,23	20	1134
21-CS-03-05	80044	72	2	19	30,7	0,8	699	<5	120	48,3	3	2,2	1,59	6,4	0,13	<0,1	6,4	0,61	0,98	864	73
21-CS-02-10	80045	8	<1	8	173	<0,5	165	9	15	34,5	<1	1,3	0,28	0,8	<0,05	<0,1	15,9	3,09	0,15	8606	15
21-CS-02-07	80046	37	61	5	1,54	<0,5	16	<5	1	>1000	<1	0,2	61,1	0,9	<0,05	<0,1	5,25	0,05	2,62	65	29
21-CS-02-09	80047	32	60	5	3,85	<0,5	23	<5	2	>1000	<1	0,2	49,8	1,5	<0,05	<0,1	6,95	0,32	4,95	116	27
21-CS-03-06	80048	47	55	5	0,35	<0,5	6	<5	1	>1000	1	0,3	52,6	<0,5	<0,05	<0,1	0,37	<0,05	0,06	13	19

Tableau 7 : (Suite)

Échantillons	Analyses	In	Sn	Cs	Ag	Cd	Cu	Ni	Mo	Zn	S	Au	As	Cr	Sc	Sb	Se	C Total	S Total	F	Cl
	L.D.	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)	(%)	(ppm)
21-CS-01-06	80001	<0,1	<1	0,5	<0,3	<0,5	2	2	2	3	<100	<2	<0,5	7	<0,1	<0,1	<3			<0,02	410
21-CS-01-12	80002	<0,1	<1	0,6	<0,3	<0,5	1	2	1	2	<100	<2	<0,5	7	<0,1	<0,1	<3			<0,02	200
21-CS-01-16	80003	<0,1	<1	0,6	<0,3	<0,5	1	3	2	3	<100	<2	<0,5	10	<0,1	<0,1	<3			<0,02	260
21-CS-01-02	80004	<0,1	<1	1,7	<0,3	<0,5	2	6	<1	142	<100	<2	<0,5	7	0,3	<0,1	<3			0,21	80
21-CS-01-04	80005	<0,1	<1	1,9	<0,3	<0,5	1	7	<1	133	<100	<2	<0,5	<5	0,4	<0,1	<3			0,23	90
21-CS-01-05	80006	0,1	2	1	<0,3	<0,5	4	2	<1	169	<100	<2	4,1	<5	3,3	<0,1	<3			0,16	90
21-CS-01-19	80007	<0,1	<1	2,1	<0,3	<0,5	2	7	1	125	<100	<2	<0,5	7	1	<0,1	<3			0,22	170
21-CS-01-20	80008	<0,1	<1	1,1	<0,3	<0,5	5	3	<1	147	<100	<2	<0,5	7	0,6	<0,1	<3			0,2	80
21-CS-01-21	80009	<0,1	<1	3,1	<0,3	<0,5	3	14	1	183	<100	<2	<0,5	8	0,7	<0,1	<3			0,44	60
21-CS-01-01	80010	0,1	5	0,3	0,6	<0,5	9	3	<1	23	<100	<2	<0,5	<5	10,9	<0,1	<3				
21-CS-01-11	80011	<0,1	2	0,7	<0,3	<0,5	14	4	<1	85	200	<2	<0,5	18	5,3	0,2	<3				
21-CS-01-14	80012	0,1	2	0,6	<0,3	<0,5	5	4	2	79	100	<2	<0,5	16	5,6	<0,1	<3				
21-CS-01-03	80014	0,1	<1	<0,1	<0,3	<0,5	<1	<1	<1	9	100	7	<0,5	<5	1,2	<0,1	<3	12,4	<0,01	0,07	90
21-CS-01-07	80015	0,1	<1	<0,1	<0,3	1,1	<1	<1	<1	9	<100	<2	<0,5	11	1,2	0,2	<3	12,7	<0,01	<0,02	<50
21-CS-01-08	80016	0,1	<1	1,5	<0,3	1	<1	4	<1	66	<100	<2	<0,5	<5	1,2	<0,1	<3	10,9	<0,01	0,2	<50
21-CS-01-13	80017	<0,1	<1	9,7	<0,3	<0,5	<1	28	<1	555	<100	<2	<0,5	21	0,4	0,3	<3	0,09	<0,01	1,17	<50
21-CS-01-18	80018	<0,1	<1	4,7	<0,3	<0,5	3	13	<1	241	<100	<2	<0,5	6	0,2	<0,1	<3	0,97	<0,01	0,83	130
21-CS-01-15	80019	<0,1	<1	0,1	0,5	<0,5	3	13	<1	554	200	<2	<0,5	9	2,9	<0,1	<3				
21-CS-01-17	80020	<0,1	<1	<0,1	<0,3	0,6	4	9	<1	296	100	<2	<0,5	<5	2,9	<0,1	<3				
21-CS-02-04	80021	<0,1	<1	0,4	<0,3	<0,5	2	2	1	7	<100	<2	<0,5	<5	0,7	<0,1	<3			<0,02	460
21-CS-02-06	80022	<0,1	1	0,4	<0,3	<0,5	2	2	1	8	<100	<2	<0,5	6	3	<0,1	<3			0,06	320
21-CS-03-08	80023	<0,1	<1	0,5	<0,3	<0,5	1	1	<1	2	<100	6	<0,5	8	<0,1	<0,1	<3			<0,02	140
21-CS-04-06	80024	<0,1	<1	0,4	<0,3	<0,5	2	2	2	5	<100	<2	<0,5	8	0,3	<0,1	<3			<0,02	250
21-CS-04-19	80026	<0,1	<1	0,4	<0,3	<0,5	1	2	<1	4	<100	<2	<0,5	10	0,1	<0,1	<3			<0,02	230
21-CS-02-01	80027	0,1	3	0,6	<0,3	<0,5	5	4	<1	103	300	<2	<0,5	20	9,6	<0,1	<3				
21-CS-02-05	80028	<0,1	3	0,7	0,4	<0,5	4	5	1	103	100	<2	<0,5	29	3,7	0,2	<3				
21-CS-02-03	80029	0,1	3	0,3	0,6	<0,5	7	3	1	29	<100	<2	<0,5	<5	9,3	<0,1	<3			0,04	100
21-CS-02-08	80030	0,1	4	0,3	0,7	<0,5	46	4	3	28	<100	7	<0,5	<5	9,4	<0,1	<3			<0,02	50
21-CS-03-01	80031	0,1	4	0,2	1,2	<0,5	10	4	3	26	200	<2	<0,5	10	10,1	<0,1	<3			<0,02	160
21-CS-03-02	80032	0,1	3	0,8	<0,3	0,6	14	5	1	319	1500	<2	<0,5	15	8,6	<0,1	<3				
21-CS-03-04	80034	0,1	3	0,7	<0,3	<0,5	18	10	<1	156	400	<2	<0,5	6	10,8	<0,1	<3				
21-CS-04-05	80035	0,2	5	0,3	<0,3	<0,5	8	7	2	22	300	<2	<0,5	<5	13,1	<0,1	<3			0,03	<50
21-CS-04-10	80036	0,3	8	0,2	0,8	<0,5	13	13	<1	24	700	<2	<0,5	12	19,7	0,3	<3			<0,02	90
21-CS-04-11	80037	<0,1	<1	0,6	0,8	<0,5	6	4	3	49	200	<2	<0,5	18	1,9	<0,1	<3			0,03	90
21-CS-04-16	80038	<0,1	<1	0,6	0,7	<0,5	9	5	2	36	<100	<2	1,3	5	1,9	<0,1	<3			0,03	530
21-CS-04-13	80039	<0,1	<1	3,9	<0,3	<0,5	8	14	<1	145	400	<2	<0,5	26	0,9	<0,1	<3			0,21	<50
21-CS-04-20	80040	0,1	<1	0,5	<0,3	<0,5	5	4	<1	91	<100	<2	<0,5	13	9,1	<0,1	<3				
21-CS-04-14	80041	0,2	2	0,7	<0,3	<0,5	<1	18	2	145	<100	<2	<0,5	56	22,5	<0,1	<3				
21-CS-04-17	80042	0,1	3	0,4	<0,3	<0,5	13	18	<1	139	1000	<2	<0,5	55	18,7	<0,1	<3				
21-CS-04-08	80043	0,8	45	<0,1	2,7	<0,5	<1	5	<1	33	<100	<2	<0,5	95	60,7	<0,1	<3				
21-CS-03-05	80044	0,1	3	0,8	<0,3	<0,5	2	3	1	40	100	<2	<0,5	26	8,9	<0,1	<3	0,02	<0,01	0,19	330
21-CS-02-10	80045	<0,1	<1	0,1	<0,3	<0,5	1	<1	2	10	200	<2	<0,5	28	0,6	<0,1	<3	0,12	<0,01	2,57	<50
21-CS-02-07	80046	<0,1	<1	<0,1	<0,3	0,7	1	15	<1	736	<100	<2	<0,5	<5	2,9	<0,1	<3				
21-CS-02-09	80047	<0,1	1	0,1	<0,3	0,6	4	22	<1	703	<100	<2	<0,5	35	3,4	<0,1	<3				
21-CS-03-06	80048	<0,1	<1	<0,1	<0,3	<0,5	<1	12	<1	874	<100	<2	<0,5	9	3,9	<0,1	<3				

Tableau 8 : Tableau des résultats de la réanalyse effectué sur les échantillons provenant d'échantillons ayant subi une contamination au Nb.

Échantillons	Analyses	SiO2 (%)	Al2O3 (%)	Fe2O3(T) (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na2O (%)	K2O (%)	TiO2 (%)	P2O5 (%)	Cr2O3 (%)	Total (%)	PAF (%)
	L.D.	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	
21-CS-02-04	80021	64,76	18,08	0,76	0,018	0,05	0,17	2,49	12,41	0,132	0,03	<0,01	99,49	0,59
21-CS-02-06	80022	62,99	17,01	2,34	0,03	0,11	1,52	2,13	12,81	0,112	0,92	<0,01	100,5	0,48
21-CS-03-08	80023	65,08	18,58	0,41	0,009	0,02	0,05	2,22	13,32	0,025	0,01	<0,01	100,1	0,37
21-CS-04-06	80024	65,42	18,35	0,71	0,022	0,02	0,12	2,68	12,68	0,021	0,02	<0,01	100,5	0,47

Échantillons	Analyses	Y (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Gd (ppm)	Tb (ppm)	Dy (ppm)	Ho (ppm)	Er (ppm)	Tm (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)
	L.D.	0,5	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,01	0,002
21-CS-02-04	80021	2,5	8,47	13,6	1,6	6,39	1,1	0,203	0,74	0,09	0,42	0,07	0,19	0,022	0,13	0,018
21-CS-02-06	80022	13,5	39,9	91,3	11,2	45	7,92	2,02	5,39	0,69	3,29	0,48	1,15	0,158	0,94	0,131
21-CS-03-08	80023	1,7	5,33	6,89	0,69	2,62	0,23	0,04	0,35	0,05	0,26	0,04	0,11	0,015	0,09	0,014
21-CS-04-06	80024	3,6	13,3	22,3	2,37	8,65	1,31	0,33	0,92	0,13	0,68	0,13	0,32	0,041	0,24	0,035

Échantillons	Analyses	V (ppm)	Co (ppm)	Ga (ppm)	Gd (ppm)	Ge (ppm)	Ba (ppm)	Pb (ppm)	Rb (ppm)	Nb (ppm)	Be (ppm)	Hf (ppm)	Ta (ppm)	W (ppm)	Th (ppm)	Tm (ppm)	U (ppm)	Sr (ppm)	Zr (ppm)
	L.D.	5	1	1	0,05	0,5	3	5	1	0,2	1	0,1	0,01	0,5	0,05	0,05	0,01	2	1
21-CS-02-04	80021	92	<1	19	0,74	0,5	775	<5	201	10,9	1	0,6	0,13	0,9	1,68	<0,05	0,1	60	25
21-CS-02-06	80022	26	<1	17	5,39	0,8	739	<5	200	8,7	2	2,1	0,19	1,2	3,62	0,16	0,24	282	69
21-CS-03-08	80023	104	<1	18	0,35	0,6	797	<5	201	0,8	1	<0,1	0,01	1,3	0,33	<0,05	0,07	43	2
21-CS-04-06	80024	96	<1	23	0,92	0,7	849	<5	172	3	<1	0,1	<0,01	0,5	1,41	<0,05	0,07	89	5

Échantillons	Analyses	Ag (ppm)	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	S (ppm)	Au (ppb)	As (ppm)	Cr (ppm)	Sc (ppm)	Sb (ppm)	Se (ppm)	In (ppm)	Sn (ppm)	Cs (ppm)	Tl (ppm)	Bi (ppm)
	L.D.	0,3	0,5	1	1	1	1	100	2	0,5	5	0,1	0,1	3	0,1	1	0,1	0,05	0,1
21-CS-02-04	80021	<0,3	<0,5	3	2	2	6	<100	5	<0,5	9	0,7	<0,1	<3	<0,1	<1	0,4	0,31	<0,1
21-CS-02-06	80022	<0,3	<0,5	2	2	1	7	<100	5	<0,5	8	3,1	<0,1	<3	<0,1	1	0,5	0,34	<0,1
21-CS-03-08	80023	<0,3	<0,5	2	2	<1	3	<100	<2	<0,5	<5	<0,1	<0,1	<3	<0,1	<1	0,6	0,22	<0,1
21-CS-04-06	80024	<0,3	<0,5	4	3	2	6	<100	<2	<0,5	11	0,3	<0,1	<3	<0,1	<1	0,4	0,17	<0,1

Tableau 9 : Tableau des résultats de la réanalyse du Nb des échantillons d'ilménite.

Échantillons	Analyses	Nb %
	L.D.	0,002
21-CS-01-15	80019	0,492
21-CS-01-17	80020	0,474
21-CS-02-07	80046	0,517
21-CS-02-09	80047	0,601
21-CS-03-06	80048	0,515

Tableau 9 : Liste des échantillons analysés provenant de l’affleurement de la carbonatite de Girardville (21-CS-01)
(coordonnée : UTM E677774 N5434707 Zone 18)

Numéro d'échantillons	Descriptions de la composition
21-CS-01-01	Granite à feldspath alcalin fénitisé
21-CS-01-02	Dyke de syénite grise à biotite
21-CS-01-03	Carbonatite déformée
21-CS-01-04	Enclave arrondie de syénite grise à biotite
21-CS-01-05	Dyke de syénite grise à biotite
21-CS-01-06	Mégacristal de microcline
21-CS-01-07	Carbonatite propre
21-CS-01-08	Carbonatite à enclaves
21-CS-01-09	Mégacristal d'ilménite
21-CS-01-11	Granite à feldspath alcalin
21-CS-01-12	Mégacristal de microcline
21-CS-01-13	Larges feuillets de biotite avec des inclusions d'apatite
21-CS-01-14	Granite à feldspath alcalin
21-CS-01-15	Mégacristal d'ilménite
21-CS-01-16	Plusieurs petits cristaux de microcline
21-CS-01-17	Mégacristal d'ilménite rouge
21-CS-01-18	Mélange d'enclaves de syénite grise à biotite, de cristaux de microcline, de biotite et d'apatite
21-CS-01-19	Enclave de syénite grise à biotite
21-CS-01-20	Enclave allongée de syénite grise à biotite
21-CS-01-21	Syénite grise à biotite avec une couronne d'albite

Tableau 10 : Liste des échantillons analysés provenant de l’affleurement de la pegmatite à microcline (21-CS-02)
(coordonnée : UTM E677974 N5434902 Zone 18)

Numéro d'échantillons	Descriptions de la composition
21-CS-02-01	Granite à feldspath alcalin folié
21-CS-02-03	Granite à feldspath alcalin fénitisé
21-CS-02-04	Dyke de pegmatite à microcline
21-CS-02-05	Granite à feldspath alcalin
21-CS-02-06	Mégacristal de microcline avec inclusions d'ægyrine et d'ilménite
21-CS-02-07	Mégacristal d'ilménite
21-CS-02-08	Granite à feldspath alcalin fénitisé
21-CS-02-09	Mégacristal d'ilménite
21-CS-02-10	Mélange d'apatite avec un peu d'ægyrine

Tableau 11 : Liste des échantillons analysés provenant de l’affleurement de la pegmatite à microcline (21-CS-03)
(coordonnée : UTM E678196 N5434760 Zone 18)

Numéro d'échantillons	Descriptions de la composition
21-CS-03-01	Granite à feldspath alcalin féritisé
21-CS-03-02	Granite à biotite
21-CS-03-04	Granite à biotite
21-CS-03-05	Ægyrine avec un peu d'apatite
21-CS-03-06	Mégacristal d'ilménite
21-CS-03-08	Mégacristal de microcline

Tableau 12 : Liste des échantillons analysés provenant de l’affleurement de la carbonatite du Lac des Coudes (21-CS-04)
(coordonnée : UTM E677344 N5437178 Zone 18)

Numéro d'échantillons	Descriptions de la composition
21-CS-04-05	Fénite à ægyrine et microcline
21-CS-04-06	Mégacristal de microcline avec inclusions d'ægyrine
21-CS-04-08	Blocs d'ægyrine
21-CS-04-10	Fénite à ægyrine et microcline
21-CS-04-11	Syénogranite rouge
21-CS-04-13	Enclaves à biotite
21-CS-04-14	Granite à amphibole
21-CS-04-16	Syénogranite rouge
21-CS-04-17	Granite à amphibole
21-CS-04-19	Dyke de pegmatite à microcline avec inclusions d'ægyrine
21-CS-04-20	Granite à amphibole et biotite folié