

Université du Québec
Institut National de la Recherche Scientifique
Centre Eau Terre Environnement

**LES PARAGENÈSES À MAGNÉTITE DES ALTÉRATIONS ASSOCIÉES
AUX SYSTÈMES À OXYDES DE FER ET ALTÉRATIONS EN ÉLÉMENTS
ALCALINS, ZONE MAGMATIQUE DU GRAND LAC DE L'OURS**

Par

Anthony Franco De Toni

Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Maître ès sciences, M.Sc.,
programme de Maîtrise en sciences de la Terre, géré conjointement par
l'Institut National de la Recherche Scientifique et l'Université Laval

Jury d'évaluation

Président du jury et
examineur interne

Michel Malo
INRS – Centre Eau Terre Environnement

Examinatrice externe

Jeanne Paquette
Département des sciences de la Terre et
planétaires
Université Mc Gill

Directrice de recherche

Louise Corriveau
Ressources naturelles Canada

Codirecteur de recherche

Pierre-Simon Ross
INRS – Centre Eau Terre Environnement

REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord remercier de tout coeur ma directrice de recherche, Louise Corriveau, de m'avoir fait confiance pour mener à terme ce projet de recherche. Je la remercie également pour sa disponibilité, son appui inconditionnel, ses bons conseils, son acharnement au travail, ses suggestions judicieuses pour orienter le développement du projet et sa grande générosité sans quoi je n'aurais pas eu la chance de poursuivre mes études aux cycles supérieurs. Je dois aussi la remercier et remercier son supérieur Yves Michaud, le programme des Affiliés de Recherche de Ressources naturelles Canada et l'INRS-ETE pour l'aide financière dont j'ai bénéficié.

Je remercie également Pierre-Simon Ross d'avoir accepté d'être mon co-directeur de maîtrise, les professeurs Jeanne Paquette et Michel Malo pour avoir accepté de siéger sur le jury d'examen de ce mémoire.

Je remercie Éric Potter de m'avoir permis de participer aux travaux de terrain dans les Territoires du Nord-Ouest. Cette expérience m'a grandement aidé à concevoir l'ampleur des systèmes à oxydes de fer et altérations en éléments alcalins.

Je remercie Kathleen Lauzière de m'avoir aidé dans l'acquisition des données géoscientifiques, la gestion des données et la création des cartes géologiques présentées dans ce mémoire.

Je remercie Jean-François Montreuil et Émilie Boutroy pour leur aide et leurs conseils judicieux concernant entre autres l'analyse par composantes principales, la chimie de la magnétite et certains textes. Je les remercie également pour leur amitié, tant professionnelle que personnelle.

Merci à tout le personnel de la Commission géologique du Canada ainsi que les collaborateurs venant d'autres institutions académiques, gouvernementales et privées impliqués dans le projet *Gisements à métaux multiples/IOCG – Région du Grand lac de l'Ours* de la Commission géologique du Canada (CGC) et du Bureau géoscientifique des Territoires du Nord-Ouest (NTGO) pour leurs contributions à ce mémoire et au projet dont il découle, plus particulièrement l'équipe de l'administration de la CGC-Québec et du laboratoire LCNP, Georges Beaudoin, Pierre Brouillette, Randy Enkin, Étienne Girard, Eric Grunsky, Nathan Hayward, Isabelle McMartin, Philippe Normandeau, Jeanne Percival ainsi que Valerie Jackson et Luke Ootes du NTGO.

Merci à Marc Choquette pour les analyses sur la chimie de la magnétite et à Arnaud de Coninck et Patricia Hunt pour leur aide lors de la manipulation du MEB à l'INRS et dans les bureaux de la Commission géologique du Canada à Ottawa.

Ce projet de recherche a été réalisé grâce aux organismes mentionnés ci-haut, à travers un prix et une bourse du réseau de Diversification de l'Exploration minérale du Québec (DIVEX), des bourses de l'Institut national de la recherche scientifique, un appui logistique de Fortune Minerals Limited, et des permis de l'Institut de Recherche Aurora et du Wek'eezhii Land and Water Board.

Merci infiniment à mes parents pour m'avoir donné le goût de me surpasser, d'avoir insisté sur l'importance de mon éducation et de m'avoir encouragé et soutenu toutes ces années.

Je remercie tout spécialement mon épouse pour son soutien inconditionnel, son aide, sa patience ainsi que ses encouragements.

RÉSUMÉ

La magnétite est un constituant mineur à majeur des veines, des brèches et des zones de remplacement des systèmes minéralisateurs à oxydes de fer et à altération en éléments alcalins (dit IOAA pour *iron oxide alkali-altered*) dans la zone magmatique du Grand lac de l'Ours aux Territoires du Nord-Ouest, Canada. La magnétite y abonde particulièrement dans les minéralisations en fer et en métaux spécialisés des prospectifs à oxyde de fer-apatite ainsi que dans les gîtes et prospectifs à oxydes de fer-cuivre-or dit IOCG pour *iron oxide copper-gold*. Des altérations à magnétite sont aussi porteuses de minéralisations uranifères encaissées dans des brèches d'albitites. Ces associations avec des minéralisations diversifiées et les changements de composition de la magnétite en fonction des différentes séries de paragenèses qui y sont associés, seront abordées au cours de ce mémoire et illustrées comme étant une conséquence même de l'évolution et du développement des systèmes hydrothermaux encaissants. Ces attributs font de la magnétite un minéral de référence tant pour l'étude des processus minéralisateurs que comme minéral indicateur pour les programmes d'exploration.

Ces interprétations s'appuient tout d'abord sur une description macroscopique et microscopique des zones de remplacement, des brèches et des veines ayant des paragenèses à magnétite au sein des systèmes étudiés afin de mieux circonscrire les processus métasomatiques impliqués dans leur développement. À cet effet, un protocole de description a été raffiné pour être en mesure de qualifier l'intensité de l'altération et pour systématiser la description des zones d'altération communément fortement complexes en termes d'aspects, textures, variations de compositions modales, styles de minéralisation et associations de minéraux et de métaux.

Les principales paragenèses à magnétite sont à 1) magnétite (altération Fe), 2) amphibole-magnétite±apatite±albite (altération Ca-Fe±Na de haute température), et 3) feldspath-K-magnétite ± biotite ou biotite-magnétite (altération K-Fe de haute température). Pour des intensités faibles à modérées, les altérations à magnétite préservent la texture du précurseur tout en changeant l'assemblage minéralogique. Dans les roches litées, le remplacement est sélectif et stratoïde le long de certains horizons spécifiques. Dans les roches volcaniques porphyriques, la magnétite remplace préférentiellement la mésostase tandis que les phénocristaux sont préservés jusqu'à un remplacement de forte intensité. En remplacement, la magnétite est généralement microcristalline à finement grenue tandis qu'elle est plus grossière dans les veines et les brèches où les fragments de la brèche sont sélectivement remplacés par la magnétite. Ces textures impliquent des réactions métasomatiques qui vont modifier continuellement les conditions physico-chimiques des fluides hydrothermaux. Les altérations à magnétite précoces et de température élevées sont rencontrées sous forme de remplacements généralisés et qui détruisent/recristallisent les textures du précurseur. Avec le refroidissement de la cellule hydrothermale, les altérations progressent vers des remplacements irréguliers ou sélectifs puis forment des veines et des brèches qui recoupent les remplacements généralisés constitués d'assemblages de plus haute température. Les remplacements et les veines d'altération (HT) Ca-K-Fe puis (HT) K-Fe sont régulièrement suivis par la formation de zones minéralisées dans lesquelles une vaste gamme d'éléments peuvent être concentrés (c.-à-d. Cu, Au, Ag, Bi, Co, terres rares et autres métaux usuels, précieux et spécialisés).

Des analyses effectuées à la microsonde électronique ont permis de mesurer la concentration en Si, K, Ca, Al, Sn, Cu, Mn, Mg, Ti, Zn, V, Ni et Cr des grains de magnétite associées à une paragenèse particulière. Les résultats indiquent que la composition de la magnétite varie selon 1) le type de paragenèse, 2) le type de cristallisation d'origine hydrothermale ou ignée, et 3) la présence ou non de minéralisation. Ces résultats indiquent que la chimie de la magnétite peut être utilisée pour comprendre l'évolution spatio-temporelle des systèmes à

altération en éléments alcalins et en oxydes de fer et pourrait être utilisée comme vecteur vers des zones minéralisées.

Mots clés : Magnétite, oxydes de fer, altération en éléments alcalins, IOCG, IOA et métasomatisme

ABSTRACT

Magnetite is a minor to major constituent in veins, breccias and replacement zones of mineralized iron oxide alkali-altered systems (IOAA) in the Great Bear magmatic zone in the Northwest Territories, Canada. Magnetite is particularly abundant in iron and specialized metals mineralization within iron oxide-apatite prospects as well as in iron oxide-copper-gold (IOCG) prospects and deposits. Alteration zones with magnetite can also bear uranium mineralization in albitite hosted breccias. Associations with diverse mineralization types and changes in magnetite composition as a function of mineral assemblages is also addressed in this thesis and illustrated as one of the consequence of the development and evolution of the hydrothermal systems. These attributes make magnetite a reference mineral for the study of the mineralizing processes and as an indicator mineral for mineral exploration programs.

The interpretations of the metasomatic processes involved in the genesis of the systems studied are first based on a macroscopic and microscopic description of replacement zones, breccias and veins with magnetite bearing parageneses. To this effect a description protocol was refined to qualify the intensity of alteration and systematize the description of these highly diversified alteration zones in terms of aspects, textures, modal compositions variations, styles of mineralization and associations of minerals and metals.

The main magnetite assemblages are 1) magnetite (Fe alteration), 2) amphibole-magnetite±apatite±albite (high temperature Ca-Fe±Na alteration), and 3) K-feldspar-magnetite±biotite and biotite-magnetite (high temperature K-Fe alteration). For weak to moderate intensities, magnetite alteration preserves the textures of precursor rocks while changing the mineral assemblage. In layered rocks, replacement is selective and stratabound along specific horizons. In volcanic porphyry, magnetite preferentially replaces the groundmass while phenocrysts are preserved until the replacement is intense. In replacement zones, magnetite is generally microcrystalline to fine grained while it is coarser in the veins and breccias where both the matrix and the fragments of the breccias can be selectively replaced by magnetite. These textures results of metasomatic reactions that continuously change the physicochemical conditions of hydrothermal fluids. Early and high temperature magnetite alteration types are encountered as pervasive replacements which destroy/recrystallize the textures of precursor rocks. With the cooling of the hydrothermal cell, alteration progresses to irregular or selective replacement and then forms veins and breccias that crosscut zones of pervasive replacement that record a higher temperature mineral assemblage. Replacement zones and veins of (HT) Ca-K-Fe and then (HT) K-Fe alteration are regularly followed by the formation of mineralized zones in which a wide range of elements can be precipitated (i.e. Cu, Au, Ag, Bi, Co, REE and other base, precious and specialized metals).

Electronic microprobe analysis were used to measure the concentration of Si, K, Ca, Al, Sn, Cu, Mn, Mg, Ti, Zn, V, Ni and Cr of magnetite grains associated with a specific paragenesis. The results indicate that the composition of magnetite varies according to 1) the type of the paragenesis to which it is associated, 2) its magmatic or hydrothermal origin of crystallization, and 3) the presence or absence of mineralization. As such, magnetite can be used to understand the spatio-temporal evolution of iron oxide alkali-altered systems and represent a potential vector to mineralization.

Keywords : Magnetite, iron oxide, alkali-altered, IOCG, IOA and metasomatism

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	iii
RÉSUMÉ.....	v
ABSTRACT	vii
TABLE DES MATIÈRES.....	ix
LISTE DES TABLEAUX	xii
LISTE DES FIGURES.....	xiii
LISTE DES ANNEXES.....	xvii
LISTE DES PLANCHES DE PHOTOS	xvii
1 Introduction	1
1.1 Problématique.....	2
1.2 Objectifs.....	5
1.3 Organisation du mémoire.....	6
1.4 Publications et contributions	6
2 Contextes généraux et région d'étude.....	7
2.1 Les systèmes hydrothermaux à oxydes de fer et altération en éléments alcalins.....	7
2.2.1 <i>Caractéristiques générales</i>	7
2.2.2 <i>Évolution systémique des altérations et minéralisations</i>	11
2.2.3 <i>Processus minéralisateur et modèle génétique</i>	13
2.2.4 <i>Comparaison avec les systèmes porphyriques et épithermaux</i>	15
2.2 Région d'étude : zone magmatique du Grand lac de l'Ours	16
2.2.1 <i>Localisation et environnement géodynamique</i>	16
2.2.2 <i>Géologie régionale</i>	17
2.2.3 <i>Occurrences de minéralisation</i>	19
3 Méthodologie	21
3.1 Introduction du chapitre.....	21
3.2 Choix des régions d'étude.....	21
3.3 Choix des échantillons	22
3.4 Protocole de description des IOAA	22

3.5	Analyses et traitements lithogéochimiques.....	22
3.6	Analyses et traitements de la chimie minérale	24
3.6.1	<i>Analyses qualitatives des minéraux, microscope électronique à balayage</i>	24
3.6.2	<i>Analyses quantitatives, microsonde électronique</i>	24
4	Nomenclature et protocoles de descriptions	27
4.1	Protocole de description des IOAA	27
4.1.1	<i>Les paragenèses d'altération</i>	28
4.1.2	<i>Les types d'altération</i>	28
4.1.3	<i>Critères de caractérisation de l'intensité de l'altération</i>	35
5	Caractéristiques mégascopiques, microscopiques et chimiques	39
5.1	Introduction du chapitre.....	39
5.2	Le district de Port Radium-Echo Bay.....	41
5.2.1	<i>Contexte général</i>	41
5.2.2	<i>Paragenèses sodiques et sodiques-calciques à fer</i>	43
5.2.3	<i>Paragenèses calciques à fer</i>	46
5.2.4	<i>Paragenèses potassiques à fer</i>	46
5.2.5	<i>Paragenèses potassiques de basse température</i>	47
5.2.6	<i>Lithogéochimie</i>	48
5.3	Le système de Grouard.....	53
5.3.1	<i>Contexte général</i>	53
5.3.2	<i>Paragenèses à magnétite</i>	53
5.4	Le système de Terra	56
5.4.1	<i>Contexte général</i>	56
5.4.2	<i>Paragenèses sodiques et sodiques-calciques à fer</i>	57
5.4.3	<i>Paragenèses à fer et calciques à fer</i>	58
5.4.4	<i>Paragenèses potassiques à fer</i>	60
5.4.5	<i>Paragenèses de basse température</i>	60
5.4.6	<i>Lithogéochimie</i>	61
5.5	Le système de Fab	64
5.5.1	<i>Contexte général</i>	64
5.5.2	<i>Paragenèses sodiques et sodiques-calciques à fer</i>	64
5.5.3	<i>Paragenèses calciques à fer, à fer et calciques-potassiques à fer</i>	65
5.5.4	<i>Paragenèses potassiques à fer</i>	67
5.5.5	<i>Indices minéralisés</i>	69

5.5.6. <i>Paragenèses de basse température</i>	70
5.5.7 <i>Lithogéochimie</i>	70
5.6 L'indice Ham	74
5.6.1 <i>Contexte général</i>	74
5.6.2 <i>Paragenèses à fer</i>	74
5.6.3 <i>Paragenèses potassiques à fer</i>	75
5.6.4 <i>Paragenèses calciques à fer</i>	76
5.6.5 <i>Minéralisation</i>	77
5.6.6 <i>Lithogéochimie</i>	77
5.7 L'indice JLD	80
5.7.1 <i>Contexte général</i>	80
5.7.2 <i>Paragenèses calciques-potassiques à fer et potassiques à fer</i>	80
5.7.3 <i>Lithogéochimie</i>	82
5.8 Le système de Sue-Dianne	84
5.8.1 <i>Contexte général</i>	84
5.8.2 <i>Paragenèses et minéralisations</i>	84
5.8.3 <i>Lithogéochimie</i>	87
5.9 Le système de Cole	90
5.9.1 <i>Le secteur du lac Cole</i>	92
5.9.2 <i>Le secteur du lac Hump</i>	94
5.9.3 <i>Le secteur du lac Ron</i>	98
5.9.4 <i>Le secteur du lac Esther</i>	100
5.9.5 <i>Les affleurements environnants</i>	101
5.9.6 <i>Lithogéochimie</i>	103
5.10 Le système de Lou.....	110
5.10.1 <i>Le gisement de NICO</i>	111
5.10.2 <i>La Southern Breccia</i>	120
5.10.3 <i>Les secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke</i>	123
5.10.4 <i>Lithogéochimie</i>	127
6 Attributs diagnostiques	135
6.1 Introduction du chapitre.....	135
6.2 Altération sodique (HT) Na.....	135
6.3 Altération transitionnelle (HT) Na-Ca-Fe	139
6.4 Altération calcique à fer (HT) Ca-Fe.....	142

6.5 Altération à fer (HT) Fe	144
6.6 Altération potassique (HT) K-Fe.....	144
6.7 Altération de type skarn	147
7 Les caractéristiques de la magnétite dans les paragenèses d'altération.....	149
7.1 Introduction du chapitre.....	149
7.2 Les textures de la magnétite	149
7.2.1 Comparaison entre les différentes paragenèses.....	151
7.2.2 Comparaison entre une paragenèse minéralisée et stérile	152
7.3 La chimie minérale.....	154
7.3.1 Contexte général	154
7.3.2 Les résultats et traitements des données	155
7.3.3 La composition de la magnétite d'après les systèmes d'altération	157
7.3.4 Comparaison entre les différentes paragenèses.....	198
7.3.5 Comparaison entre les paragenèses minéralisées et stériles	201
7.4 Relations entre la composition et les propriétés physiques de la magnétite	205
8 Discussion	207
8.1 Introduction du chapitre.....	207
8.2 Les types d'altération	207
8.3 Les assemblages minéralogiques des paragenèses d'altération.....	209
8.4 La texture de la magnétite.....	212
8.5 La chimie de la magnétite	215
9 Conclusion.....	221
Bibliographie	223

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Conditions analytiques des analyses à la microsonde électronique	25
Tableau 2 : Grille des critères génériques de caractérisation de l'intensité des altérations dans les systèmes IOAA.....	36
Tableau 3 : Synthèse des résultats des analyses à la microsonde	156
Tableau 4 : Résumé des altérations couvertes par l'étude de la composition de la magnétite en fonction des systèmes.....	157
Tableau 5: Minéraux de la gangue et de la minéralisation des différentes paragenèses d'altération.....	211
Tableau 6: Texture de la magnétite d'après la paragenèse et le type d'altération.....	213

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Modèle d'évolution des altérations des systèmes IOAA	3
Figure 2 : Carte géologique incluant les différentes unités de l'orogène du Wopmay, dont la zone magmatique du Grand lac de l'Ours	18
Figure 3 : Organigramme illustrant la prise de données séquentielle du protocole de description	29
Figure 4 : Organigramme des paragenèses d'altération et des assemblages minéralogiques retrouvés dans les systèmes IOAA	30
Figure 5 : Organigramme des types de minéralisation et des paragenèses d'altération qui leurs sont associées	31
Figure 6 : Organigramme de description systématique des paragenèses d'altération sous forme de remplacement	32
Figure 7 : Organigramme de description systématique des paragenèses cristallisées sous forme de veines	33
Figure 8 : Organigramme de description systématique des paragenèses d'altération sous forme de brèches	34
Figure 9 : Localisation des systèmes présentant des altérations en éléments alcalins et à magnétite	40
Figure 10 : Carte géologique du système de Port Radium-Echo Bay	42
Figure 11 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Port Radium-Echo Bay	50
Figure 12 : Diagrammes multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Port Radium-Echo Bay	52
Figure 13 : Carte géologique du système de Grouard	55
Figure 14 : Carte géologique du système de Terra	57
Figure 15 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Terra	62
Figure 16 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Terra	63
Figure 17: Carte géologique du système de Fab	68
Figure 18 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Fab	72
Figure 19 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Fab	73
Figure 20 : Carte géologique de l'indice Ham et JLD	75
Figure 21 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs de l'indice Ham	78
Figure 22 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs de l'indice Ham	79
Figure 23 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs de l'indice JLD	83
Figure 24 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs de l'indice JLD	83

Figure 25 : Carte géologique du système de Sue-Dianne	86
Figure 26 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Sue-Dianne.....	88
Figure 27 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Sue-Dianne	89
Figure 28 : Carte géologique du système de Cole	91
Figure 29 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Cole	104
Figure 30 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Hump	104
Figure 31 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Ron	105
Figure 32 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur d'Esther.....	105
Figure 33 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs retrouvées en périphérie des secteurs de Cole, Hump, Ron et Esther	106
Figure 34 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Cole.....	107
Figure 35 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Hump.	108
Figure 36 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Ron	108
Figure 37 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs retrouvées du secteur d'Esther.....	109
Figure 38 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs retrouvées en périphérie des secteurs de Cole, Hump, Ron et Esther.....	109
Figure 39 : Carte géologique du secteur nord-ouest du système de Lou	111
Figure 40: Carte géologique des secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke	125
Figure 41 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur du gisement NICO	129
Figure 42 : Diagrammes multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur du gisement NICO	130
Figure 43 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Southern Breccia	131
Figure 44 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Southern Breccia	132
Figure 45 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs des secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke	133
Figure 46 : Diagrammes multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs des secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke	134
Figure 47 : Photographies illustrant l'altération sodique (HT) Na.....	138
Figure 48 : Photographies illustrant le développement de l'altération (HT) Na-Ca-Fe à texture pseudo-pegmatitique	142
Figure 49 : Photographies illustrant l'enrichissement en W et terres rares de l'altération (HT) Ca-Fe±Na..	147

Figure 50 : Microphotographies de textures de cristaux de magnétite associées aux systèmes IOAA ...	150
Figure 51 : Microphotographies de textures de la magnétite pour différentes paragenèses d'altération .	153
Figure 52 : Microphotographies de magnétite provenant de paragenèses minéralisées à magnétite	154
Figure 53 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de la monzonite du district de Port Radium-Echo Bay et du secteur du lac Fab	159
Figure 54 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite en contact avec l'apatite ou l'actinote. Secteur Port Radium-Echo Bay	161
Figure 55 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à l'altération (HT) Na-Ca-Fe et différents styles d'altération (HT) Ca-K-Fe. Secteur Port Radium-Echo Bay	162
Figure 56 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à l'altération (HT) Na-Ca-Fe seule ou superposée par l'altération (HT) K. Secteur Port Radium-Echo Bay	163
Figure 57 : Photographie et diagrammes multi-éléments de la composition de la magnétite associée à différents types d'altération. Secteur Port Radium-Echo Bay	164
Figure 58 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associées à des veines (HT) Ca-Fe±K et une unité carbonatée atypique. Secteur Port Radium-Echo Bay.....	165
Figure 59 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de différentes altérations. Secteur Port Radium-Echo Bay	167
Figure 60 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des remplacements (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe, normalisée sur la moyenne de la magnétite ignée. Secteur Grouard.....	168
Figure 61 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée aux altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe. Secteur Terra et Mag Hill.	170
Figure 62 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe, normalisée sur la moyenne de la magnétite ignée. Système de Terra.....	171
Figure 63 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des veines (HT) Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe, normalisée sur la moyenne de la magnétite de la monzonite du lac Fab. Système de Fab.	173
Figure 64 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de deux veines (HT) Ca-Fe dont l'une est superposée par une altération (LT) Ca-K-Fe. Système de Fab.	174
Figure 65 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de deux veines (HT) Ca-K-Fe. L'altération non-minéralisée (jaune) présente une imprégnation potassique, découplée du cœur de la veine à amphibole et magnétite. Système de Fab.....	174
Figure 66 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite dans des veines, recoupées ou non par des veines à chlorite, pyrite et chalcopyrite. Indice Ham	177
Figure 67 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à des altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe. Indice Ham	178
Figure 68 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à des altérations (HT) K-Fe. Indice Ham	179
Figure 69 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de la veine (HT) Ca-K-Fe et du porphyre granitique (encaissant) remplacé par une altération (HT) K-Fe, normalisée sur la moyenne de la magnétite ignée. Indice JLD.	181
Figure 70 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite en fonction de l'abondance de magnétite dans une veine (HT) Ca-K-Fe. Indice JLD.	182
Figure 71 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à des altérations (HT) K-Fe retrouvées dans les zones Kim et Brooke	183

Figure 72 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite d'un stockwork (HT) K-Fe et d'une brèche (HT) K-Fe, normalisée sur la moyenne de la magnétite ignée. Secteur de Sue-Dianne.....	184
Figure 73 : Photographies et diagrammes multi-éléments de la composition de la magnétite associée à différents styles d'altération (HT) Ca-K-Fe. Système du Lac Cole.....	187
Figure 74 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des altérations à magnétite. Système du lac Cole.....	187
Figure 75 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à des remplacements (HT) Ca-Fe. Système de Lou.....	190
Figure 76 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite d'une brèche (HT) Ca-K-Fe. Système de Lou.....	191
Figure 77 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à des altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe. Système de Lou.....	192
Figure 78 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à du remplacement (HT) K-Fe et à une veine (HT) Ca-K-Fe. Système de Lou.....	193
Figure 79 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite provenant de deux générations de veines (HT) K-Fe. Système de Lou.....	194
Figure 80 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite du gisement NICO et de la Southern Breccia, normalisée à la moyenne de la magnétite ignée.....	196
Figure 81 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite montrant la progression d'un remplacement (HT) Ca-Fe. Secteur Apy-Mag.....	197
Figure 82 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de trois paragenèses (HT) Ca-Fe sous forme de remplacement.....	199
Figure 83 : Diagramme Ca vs. V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et les autres unités à magnétite.....	200
Figure 84 : Diagramme Si+Ca vs. Mn+V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et les autres unités à magnétite.....	201
Figure 85 : Diagramme Ca vs. V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et les autres unités à magnétite.....	203
Figure 86 : Diagramme Si+Ca vs. Mn+V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et les autres unités à magnétite.....	203
Figure 87 : Diagramme Si+Ca vs. Mn+Ti+V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et les autres unités à magnétite.....	204
Figure 88 : Susceptibilité magnétique en fonction de la concentration en Si dans la magnétite. Comparaison entre des altérations minéralisées et stériles.....	206
Figure 89 : Modèle schématique du développement systémique des altérations en éléments alcalins à oxydes de fer dans la zone magmatique du Grand lac de l'Ours.....	210
Figure 90 : Concentration en éléments traces dans la magnétite reportée dans le diagramme des indices des altérations en éléments alcalins à oxydes de fer.....	216
Figure 91 : Diagramme multi-éléments Mn vs. V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et unités à magnétite.....	219
Figure 92 : Diagramme discriminant Al+Mn vs. Ti+V présentant l'ensemble des analyses de la magnétite effectuées dans la ZMGLO.....	220

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Liste des abréviations	241
Annexe II : Planches de photos.....	243
Annexe III : Données compositionnelles de la magnétite.....	465
Annexe IV : Description de la magnétite analysée à la microsonde.....	507
Annexe V : Résumé des paragenèses d'altération à magnétite par système	523

LISTE DES PLANCHES DE PHOTOS

Le district de Port Radium-Echo Bay	244
<i>Planche 1 – Intrusions, précurseurs et altérations (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe</i>	<i>244</i>
<i>Planche 2 – Altération (HT) Na-Ca-Fe</i>	<i>246</i>
<i>Planche 3 – Altération (HT) Na-Ca-Fe</i>	<i>248</i>
<i>Planche 4 – Altération (HT) Na-Ca-Fe</i>	<i>250</i>
<i>Planche 5 – Altération (HT) Na-Ca-Fe</i>	<i>252</i>
<i>Planche 6 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe</i>	<i>254</i>
<i>Planche 7 – Veine de carbonatite ou altération (HT) Ca-Fe</i>	<i>256</i>
<i>Planche 8 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe</i>	<i>258</i>
<i>Planche 9 – Altération (HT) K-Fe et (HT) Ca-Fe</i>	<i>260</i>
<i>Planche 10 – Altérations (HT) K-Fe et (LT) K-Fe</i>	<i>262</i>
<i>Planche 11 – Altérations de basse température</i>	<i>264</i>
Le système de Grouard.....	266
<i>Planche 12 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe</i>	<i>266</i>
<i>Planche 13 – Altération (HT) Ca-Fe</i>	<i>268</i>
<i>Planche 14 – Altération (HT) K-Fe</i>	<i>270</i>
Le système de Terra.....	272
<i>Planche 15 – Précurseurs et intrusions.....</i>	<i>272</i>
<i>Planche 16 – Altérations (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe</i>	<i>274</i>
<i>Planche 17 – Altération (HT) Ca-Fe</i>	<i>276</i>
<i>Planche 18 – Altération (HT) Fe</i>	<i>278</i>
<i>Planche 19 – Altération (HT) Ca-Fe</i>	<i>280</i>
<i>Planche 20 – Altération (HT) Ca-Fe</i>	<i>282</i>
<i>Planche 21 – Altérations (HT) Na et (LT) K.....</i>	<i>284</i>
<i>Planche 22 – Altérations (HT) K-Fe</i>	<i>286</i>
Le système de Fab	288

<i>Planche 23 – Précurseurs, intrusions et altération (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe.....</i>	288
<i>Planche 24 – Altération (HT) Na-Ca-Fe</i>	290
<i>Planche 25 – Altérations (HT) Na-Ca±Fe et (HT) Ca-Fe</i>	292
<i>Planche 26 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe</i>	294
<i>Planche 27 – Altérations (HT) Na-Ca, (HT) Ca-Fe et (LT) Ca-Fe.....</i>	296
<i>Planche 28 – Altération (HT) Ca-Fe</i>	298
<i>Planche 29 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Fe.....</i>	300
<i>Planche 30 – Altération (HT) Ca-K-Fe</i>	302
<i>Planche 31 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe</i>	304
<i>Planche 32 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe.....</i>	306
<i>Planche 33 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) K-Fe et (LT) Ca-K</i>	308
<i>Planche 34 – Altérations (HT) Ca-K-Fe et (HT) Na-Ca.....</i>	310
<i>Planche 35 – Altérations (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (LT) Ca-K</i>	312
<i>Planche 36 – Altérations (LT) Fe et (LT) K-Fe</i>	314
L'indice Ham	315
<i>Planche 37 – Précurseurs et altérations (HT) Fe et (HT) K-Fe.....</i>	316
<i>Planche 38 – Précurseurs et altération (HT) Fe.....</i>	318
<i>Planche 39 – Altérations (HT) Fe et à chlorite</i>	320
<i>Planche 40 – Altérations (HT) Fe et à chlorite</i>	322
<i>Planche 41 – Altérations (HT) K-Fe et (HT) Ca-Fe</i>	324
<i>Planche 42 – Altérations (HT) K-Fe et (HT) Ca-Fe</i>	326
<i>Planche 43 – Altération (HT) K-Fe</i>	328
<i>Planche 44 – Altérations (HT) K-Fe et (LT) K-Fe</i>	330
<i>Planche 45 – Altération (HT) K-Fe</i>	332
L'indice JLD	334
<i>Planche 46 – Précurseurs et intrusions.....</i>	334
<i>Planche 47 – Altération (HT) Ca-K-Fe</i>	336
<i>Planche 48 – Précurseur et altération (HT) K-Fe</i>	338
<i>Planche 49 – Altération (HT) Ca-K-Fe</i>	340
<i>Planche 50 – Altération (HT) Ca-K-Fe</i>	342
<i>Planche 51 – Altération (HT) Ca-K-Fe</i>	344
<i>Planche 52 – Altérations (HT) Ca-K-Fe et de type skarn</i>	346
Le système de Sue-Dianne	348
<i>Planche 53 – Précurseur et altérations (HT) K-Fe et (LT) K-Fe.....</i>	348
<i>Planche 54 – Altérations (HT) Fe, (HT) K-Fe et (LT) K-Fe</i>	350
<i>Planche 55 – Altérations (HT) K-Fe et (LT) K-Fe</i>	352
<i>Planche 56 – Altérations (HT) K-Fe, (LT) K-Fe et à chlorite</i>	354
Le système de Cole	356
Le secteur du lac Cole	356

<i>Planche 57 – Altérations (HT) Na, (HT) Na-Ca-Fe et (LT) Ca-Fe</i>	356
<i>Planche 58 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe</i>	358
<i>Planche 59 – Altérations (HT) Na, (HT) Na-Ca-Fe et (HT) K-Fe</i>	360
<i>Planche 60 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) K-Fe</i>	362
Le secteur du lac Hump.....	364
<i>Planche 61 – Précurseurs et altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (LT) Ca-Fe et (LT) K-Fe</i> ..	364
<i>Planche 62 – Altérations (HT) Fe et (LT) K-Fe</i>	366
<i>Planche 63 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) K-Fe et (LT) K-Fe</i>	368
<i>Planche 64 – Altérations (HT) Fe, (HT) Ca-K-Fe, (HT) K-Fe, (LT) Ca-K-Fe et (LT) K-Fe</i>	370
<i>Planche 65 – Altérations à magnétite et (LT) Ca-K-Fe</i>	372
<i>Planche 66 – Altérations à magnétite, (HT) Ca-Fe et (LT) K-Fe</i>	374
<i>Planche 67 – Altérations (HT) Ca-Fe, (LT) Ca-Fe</i>	376
<i>Planche 68 – Altérations (HT) K-Fe et (LT) K-Fe</i>	378
<i>Planche 69 – Altération (HT) K-Fe</i>	380
Le secteur du lac Ron.....	382
<i>Planche 70 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe et (LT) Ca-Fe</i>	382
<i>Planche 71 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (LT) Ca-K-Fe</i>	384
<i>Planche 72 – Altérations (HT) Ca-Fe et (LT) Ca-K-Fe</i>	386
<i>Planche 73 – Altérations à magnétite et (HT) Ca-K-Fe</i>	388
Le secteur du lac Esther	390
<i>Planche 74 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe</i>	390
<i>Planche 75 – Altérations skarn, (HT) Ca-Fe, (LT) K-Fe et (LT) Ca-K</i>	392
Les affleurements environnants	394
<i>Planche 76 – Altérations (HT) Na, (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe</i>	394
<i>Planche 77 – Altérations (HT) Na, skarn et (HT) Ca-Fe</i>	396
<i>Planche 78 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe</i>	398
Le système de Lou	400
Le gisement de NICO	400
<i>Planche 79 – Altérations (HT) Ca-Fe</i>	400
<i>Planche 80 – Altérations (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe</i>	402
<i>Planche 81 – Altérations (HT) Ca-K-Fe et (HT) Ca-Fe</i>	404
<i>Planche 82 – Altérations (HT) Ca-Fe et à chlorite</i>	406
<i>Planche 83 – Altérations (HT) Ca-Fe</i>	408
<i>Planche 84 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe</i>	410
<i>Planche 85 – Altérations (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe</i>	412
<i>Planche 86 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe</i>	414
<i>Planche 87 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe</i>	416
<i>Planche 88 – Altération (HT) Ca-K-Fe</i>	418
<i>Planche 89 – Altération (HT) Ca-K-Fe</i>	420

<i>Planche 90 – Altération (HT) K-Fe</i>	<i>422</i>
<i>Planche 91 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe</i>	<i>424</i>
<i>Planche 92 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe</i>	<i>426</i>
<i>Planche 93 – Altérations (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) Ca-K-Fe</i>	<i>428</i>
<i>Planche 94 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe</i>	<i>430</i>
<i>Planche 95 – Altérations (HT) K-Fe</i>	<i>432</i>
<i>Planche 96 – Intrusion et altérations (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe</i>	<i>434</i>
<i>La Southern Breccia</i>	<i>436</i>
<i>Planche 97 – Précurseur et altérations (HT) Na et (HT) Ca-Fe</i>	<i>436</i>
<i>Planche 98 – Altérations (HT) K-Fe</i>	<i>438</i>
<i>Planche 99 – Altérations (HT) Na et (HT) K-Fe.....</i>	<i>440</i>
<i>Planche 100 – Altérations (HT) K-Fe</i>	<i>442</i>
<i>Les secteurs d'Apy-Mag, Duke et South Duke.....</i>	<i>444</i>
<i>Planche 101 – Altérations (HT) Ca-Fe</i>	<i>444</i>
<i>Planche 102 – Altération (HT) Ca-Fe</i>	<i>446</i>
<i>Planche 103 – Altérations (HT) Ca-Fe</i>	<i>448</i>
<i>Planche 104 – Altérations (HT) Ca-Fe</i>	<i>450</i>
<i>Planche 105 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe</i>	<i>452</i>
<i>Planche 106 – Altérations (HT) Ca-Fe</i>	<i>454</i>
<i>Planche 107 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe</i>	<i>456</i>
<i>Planche 108 – Altérations (HT) Ca-Fe et (LT) Ca-K</i>	<i>458</i>
<i>Planche 109 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe</i>	<i>460</i>
<i>Planche 110 – Altérations de type skarn, (LT) K et (LT) Fe</i>	<i>462</i>

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Les gîtes à oxydes de fer-cuivre-or (IOCG pour *iron oxide copper-gold*) et les gîtes affiliés ont une grande importance économique puisqu'ils peuvent contenir de multiples métaux usuels, précieux et spécialisés (c.-à-d. Au, Cu, Ag, Co, Bi, Mo, U, Th, Y, Nb, terres rares, V etc.) au sein de zones minéralisées à fort tonnage. À titre d'exemple, le gigantesque gisement Olympic Dam en Australie contient des ressources de 9,6 Gt et on y extrait du Cu, U, Au et Ag. Ce gisement renferme aussi de vastes quantités de terres rares légères présentement non exploitées (BHP, 2011, 2013). Avec les connaissances actuelles, la région la plus prometteuse du Canada pour ce type de gisements est la zone magmatique du Grand lac de l'Ours (ZMGLO) située dans les Territoires du Nord-Ouest (Corriveau, 2007). Autrefois exploitée pour l'uranium et l'argent, cette province métallogénique encaisse deux gisements de type IOCG et de nombreux systèmes minéralisés à oxydes de fer et altération en éléments alcalins (IOAA pour *iron oxide alkali-altered*) qui pourraient en contenir d'autres. Il a été démontré que ce type de systèmes métasomatiques conduit à la formation d'une suite de gîtes très variés largement conditionnés par l'évolution spatiale et temporelle des fluides hydrothermaux à travers la partie supérieure de la croûte (Hitzman et al., 1992; Corriveau et al., 2010a). On y retrouve des gîtes à oxyde de fer-apatite (IOA pour *iron oxide-apatite*), des gîtes IOCG à magnétite et/ou hématite, des skarns polymétalliques à feldspath-K ou magnétite, des gîtes d'uranium encaissés dans des albitites et des veines polymétalliques épithermales dont les relations de terrain et les signatures géochimiques témoignent du caractère séquentiel de la minéralisation observée dans ces systèmes (Corriveau et al., 2010a; Porter, 2010; Montreuil et al., 2015).

La ZMGLO s'avère un terrain idéal pour étudier les systèmes IOAA puisque les lithologies précurseurs et leurs zone d'altération peuvent être observées le long d'affleurements continus à semi-continus; leurs relations en trois dimensions sont bien exposées par l'exhumation différentielle et le basculement de coupes atteignant plusieurs kilomètres de paléo-profondeur. Par conséquent, de nouveaux critères géologiques de cartographie et d'exploration y ont été développés afin de compléter les méthodes d'exploration géophysiques souvent utilisées pour ce type de gîtes communément enfouis sous d'importantes séquences sédimentaires comme celles observées à Olympic Dam (c.-à-d. anomalies gravimétriques, magnétiques, linéamentaires) (Smith, 2002). L'utilisation de minéraux indicateurs est l'une des voies

préconisées en milieu glaciaire pour cibler de potentielles zones minéralisées au sein des systèmes IOAA. Suite aux efforts considérables pour affiner les modèles descriptifs et génétiques de ces systèmes, de nombreuses études sont effectuées de par le monde pour caractériser la magnétite, un minéral omniprésent dans les faciès d'altération et la minéralisation des systèmes IOAA.

La magnétite (Fe_3O_4) est un oxyde de fer communément retrouvé comme minéral accessoire dans les roches ignées, sédimentaires (incluant la diagénèse), métamorphiques, métasomatiques et hydrothermales. Certains processus géologiques peuvent concentrer ou précipiter une quantité appréciable de magnétite tels qu'observés dans les intrusions lités mafiques, les formations de fer rubanées (BIF pour *banded iron formation*), les gîtes de sulfures massifs volcanogènes (VHMS pour *volcanic hosted massive sulphide*) ou sédimentaires (SEDEX pour *sedimentary exhalative*), les systèmes porphyriques, les skarns, etc. Pour les gîtes associés aux systèmes IOAA, l'abondance d'oxydes de fer épigénétiques et l'étendue des zones où la magnétite cristallise sont des caractéristiques diagnostiques. Au sein de ces systèmes, la circulation de fluides hydrothermaux à l'échelle régionale provoque des réactions métasomatiques qui modifient la composition des roches encaissantes et y redistribue, y ajoute et déleste certains éléments à travers les cellules hydrothermales. Selon le degré d'évolution du système, les différents assemblages minéralogiques à magnétite peuvent inclure des enrichissements spécifiques en certains métaux. Pour un environnement géologique donné, les conditions physico-chimiques des systèmes IOAA opérant lors de la cristallisation de la magnétite sont fortement contrôlées par les conditions physico-chimiques des fluides et devraient contrôler les caractéristiques physiques et chimiques de la magnétite même. Ainsi, les faciès d'altération et la composition, les textures, la distribution et les propriétés physiques de la magnétite pourraient être distincts puisqu'ils sont formés au sein d'un système hydrothermal qui évolue.

1.1 Problématique

Suite aux travaux effectués dans la zone magmatique du Grand lac de l'Ours, Corriveau et al. (2010a) ont proposé un modèle d'évolution séquentielle des altérations des systèmes IOAA et de leurs types de gîtes (Figure 1) qui s'appuie sur les connaissances actuelles de par le monde (Hitzman et al., 1992; Hitzman, 2000; Williams et al., 2005; Mumin et al., 2010; Porter, 2010; Skirrow, 2010; Williams, 2010a,b). Dans ce modèle, les systèmes IOAA se développent suite à l'arrivée d'une source de chaleur et de fluides de haute température ou qui acquièrent une haute

température dans des conditions géodynamiques et d'architecture crustale permettant le développement de gradients géothermiques élevés.

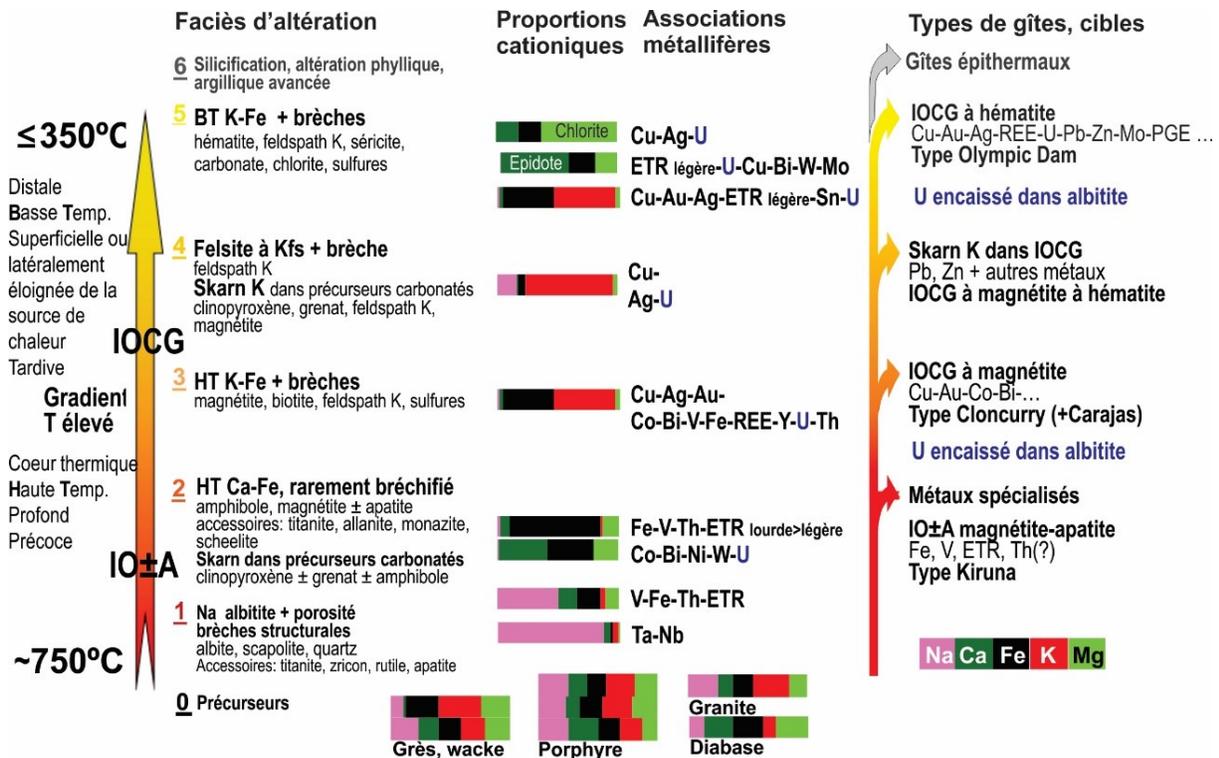


Figure 1 : Modèle d'évolution des altérations des systèmes IOAA. Tiré de Corriveau et al. (2010a, inédit 2015).

Une forte circulation des fluides provenant de sources potentiellement diverses et leurs mélanges avec les fluides magmatiques s'ensuit et génère des réactions métasomatiques qui modifient partiellement à totalement la composition des précurseurs sur des zones plurikilométriques. Chaque faciès d'altération possède un assemblage minéralogique (c.-à-d. paragenèse) reflétant les conditions physiques et chimiques de cristallisation qui évoluent dans l'espace et dans le temps. Ainsi, les altérations de haute température en profondeur vont progresser vers des températures plus faibles vers la surface pour former différents faciès paragenétiques sodiques, calciques avec fer, potassiques avec fer, ferrifères, siliceuses, phylliques et/ou propylitiques avec des assemblages transitionnels entre ces principaux pôles (Figure 1). Chaque pôle peut conduire à la formation de gîtes minéraux dont les grandes associations métallifères varient selon les différents faciès d'altération (Figure 1; Corriveau et al., 2010a; Montreuil et al., 2015). À titre d'exemple, les gîtes de type IOA tels que ceux du district de Kiruna en Suède sont associés à une paragenèse calcique avec fer de haute température tandis que les gîtes IOCG à magnétite (p. ex. Ernest Henry, Salobo, Candelaria, etc.) sont associés à

une paragenèse potassique avec fer de haute température. À travers ce mémoire, la nomenclature associée aux divers faciès de haute température (HT) sera simplifiée suivant les termes suivants : Na, Na-Ca-Fe (transitionnel), (HT) Ca-Fe, (HT) Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe. Les faciès de basse température (LT pour *low temperature*) sont : (LT) K-Fe et (LT) Ca-Fe. D'autres cations peuvent fortement influencer la minéralogie dominante tel que le magnésium (chlorite) toutefois le magnésium étant associé systématiquement avec du fer il a été regroupé avec le fer pour simplifier la nomenclature des faciès d'altération (Corriveau et al., 2010a).

La magnétite est retrouvée dans les assemblages de haute température (800-350°C) (Mark et al., 2000, 2006; Marschik et al., 2003; Requia et al., 2003; Bastrakov et al., 2007; Monteiro et al., 2008; Xavier et al., 2010; Chen et al., 2011; Somarin et Mumin, 2014) et observée au sein des paragenèses (HT) Na-Ca-Fe (transitionnel), (HT) Ca-Fe, (HT) Fe, (HT) Ca-K-Fe (transitionnel) et (HT) K-Fe. Lorsqu'une de ces paragenèses est fertile en sulfures ou en minéraux à métaux spécialisés, la minéralisation est constituée d'une combinaison régulière d'éléments chimiques chacune associée à un faciès d'altération spécifique. Ainsi, les différents types de gîtes IOAA à magnétite (p. ex. IOA, IOCG à magnétite, IOCG à magnétite-hématite, skarns potassiques à magnétite, etc.) ont chacun leur série d'assemblages minéralogiques et leurs associations métallifères diagnostiques (Figure 1). Cependant, la présence de magnétite n'est pas symptomatique de la fertilité d'une paragenèse au sein d'un système IOAA.

La présence de magnétite sous différentes formes et son association à de multiples paragenèses, soient stériles au-delà du fer, soient minéralisées en métaux usuels et précieux ou encore minéralisées en fer et métaux spécialisés permettent de croire que les propriétés physiques et chimiques de la magnétite varient elles aussi dans un système IOAA. D'un point de vue fondamental, la composition chimique de la magnétite pourrait enregistrer les étapes physico-chimiques distinctes qui caractérisent l'évolution des systèmes sous étude. Les travaux de Carew (2004), Rusk et al. (2009, 2010), Xavier et al. (2009), McMartin et al. (2011), Acosta-Góngora et al. (2014) et Sappin et al. (2014) vont dans ce sens en démontrant que la composition de la magnétite varie entre la magnétite d'origine ignée des régions étudiées, celle associée à la minéralisation et celle retrouvée dans des altérations hydrothermales stériles en métaux usuels et précieux. D'un point de vue pratique, sur des terrains ayant été sujets à de l'érosion glaciaire, ces caractéristiques et la forte résistance de la magnétite à l'abrasion physique et chimique permettraient alors d'utiliser la magnétite comme minéral indicateur pour non seulement localiser une zone minéralisée se trouvant sous des dépôts glaciaires à l'aide de diagrammes discriminants

mais aussi en prédire le type (Dupuis et Beaudoin, 2011; McMartin et al., 2011). De plus, des variations de la composition et des conditions physiques de cristallisation de la magnétite peuvent influencer les propriétés physiques de la magnétite et avoir ainsi des répercussions non seulement sur les signatures géochimiques des tills et mais aussi sur les signatures géophysiques des gîtes et de leurs enveloppes d'altération (Craven et al., 2013; Hayward, 2013; Hayward et al., 2013; Normandeau et McMartin, 2013). Une meilleure compréhension des attributs de la magnétite dans les systèmes IOAA permettrait d'identifier et prioriser les cibles d'exploration les plus prometteuses au sein de ces systèmes.

1.2 Objectifs

L'objectif général de cette étude est d'identifier les caractéristiques de la magnétite pouvant servir de guide d'exploration pour les systèmes IOAA. Les objectifs plus spécifiques incluent :

- Observer le développement des paragenèses d'altération de haute température pour fixer des critères de caractérisation de l'intensité de l'altération;
- Cibler les enrichissements et lessivages pour certains éléments spécifiques pour une ou plusieurs paragenèses à magnétite;
- Faire une distinction des différents caractères texturaux de la magnétite en fonction des paragenèses d'altération et leur type d'occurrence;
- Déterminer si la chimie de la magnétite varie en fonction des paragenèses d'altération et de leur fertilité.

Pour ce faire, cette étude comprend une caractérisation descriptive de la magnétite en termes de types d'occurrence, de paragenèses, de textures et de relations avec les minéraux auxquels elle est associée. Des travaux ont été aussi menés sur la composition en éléments traces de la magnétite en fonction des paragenèses, minéralisées ou non, avec laquelle elle est associée. Cette caractérisation procure l'assise scientifique requise pour développer des discriminants de chimie minérale et de signature géophysique qui pourraient ultimement servir à localiser les zones de plus grand intérêt lors de campagnes d'exploration géophysique et glaciaire pour les gîtes IOAA.

1.3 Organisation du mémoire

Le présent mémoire comporte neuf chapitres dont ce chapitre d'introduction. Le second chapitre contient les renseignements généraux sur les systèmes IOAA et la géologie de la ZMGLO. Le chapitre trois présente les différentes méthodes scientifiques utilisées dans le cadre de cette étude et le chapitre quatre contient la terminologie, la typologie et les outils de description utilisés pour la description des altérations. Ensuite, le chapitre cinq contient les descriptions des altérations à magnétite des systèmes sélectionnés. Il représente le corps principal de ce mémoire et son caractère descriptif s'avère essentiel de par le manque criant de données sur les attributs mégascopiques et de terrain des altérations encaissant la magnétite et leur répercussion sur les observations microscopiques ou à l'échelle des carottes de forage. Le chapitre six traite des différentes paragenèses à magnétite observées et leurs interactions avec les roches précurseurs. Le chapitre sept porte sur l'ensemble des caractéristiques de la magnétite dont ses propriétés physiques et chimiques. Enfin, le chapitre huit étaye une discussion portant sur l'ensemble des résultats obtenus dans le cadre de l'étude et le chapitre neuf présente les conclusions.

1.4 Publications et contributions

Avant la rédaction de ce document, l'auteur du présent mémoire a participé à l'acquisition de données de la publication de Potter et al. (2013) portant sur le système d'altération du lac Fab (toponymie informelle). Enfin, les outils de description des altérations présentés au chapitre quatre ont été mis sur pied par Mme Louise Corriveau, puis affinés avec ses collaborateurs en particulier Ms Jean-François Montreuil et Eric Potter. Par contre dans le cadre de ce mémoire, les critères d'intensité de l'altération ainsi que leurs textures ont été plus concrètement définis et caractérisés au cours de cette recherche. Le tout est présenté ici.

CHAPITRE 2

CONTEXTES GÉNÉRAUX ET RÉGION D'ÉTUDE

Ce chapitre traite tout d'abord des caractéristiques et des processus génétiques des systèmes hydrothermaux à oxydes de fer et altérations en éléments alcalins (IOAA) qui forment les gîtes IOCG, IOA et les gîtes affiliés. Ensuite, l'environnement géodynamique, la géologie et le type de minéralisation de la zone magmatique du Grand lac de l'Ours seront abordés afin de relier les systèmes IOAA avec la région d'étude.

2.1 Les systèmes hydrothermaux à oxydes de fer et altération en éléments alcalins

2.2.1 Caractéristiques générales

Les gîtes IOCG sont des gîtes polymétalliques épigénétiques contenant une faible proportion de sulfures de fer et pouvant inclure de multiples combinaisons de commodités (c.-à-d. Fe, Cu, Au, Ag, Bi, Co, Pb, Zn, Ni, Mo, V, terres rares, U, Th, EGP, etc.) (Williams et al., 2005). Ils peuvent former des zones minéralisées à tonnage élevé pour des teneurs faibles à intermédiaires. La minéralisation est disséminée dans les zones intensément altérées et dans des brèches ou encore dans des veines (Hitzman et al., 1992). Les zones minéralisées sont principalement constituées de sulfures de Cu et plus rarement de Zn-Pb-Ni, d'arséniures de Cu, Ag, Ni, Co et U, de tellurures d'Ag, Bi et Co, de phosphates d'uranium et de terres rares et finalement de Bi, Cu, Ag et Au natif (Ray et Lefebure, 1999). La majorité des gîtes IOCG montrent une forte proportion de sulfures de cuivre (c.-à-d. chalcopyrite, bornite, chalcocite) par rapport à la pyrite ce qui s'explique par le fait que le soufre possède un coefficient de partage plus élevé pour le cuivre que pour le fer (Jébrak, 2010). Les principales zones minéralisées sont contemporaines aux altérations à oxydes de fer bien que certaines altérations plus tardives peuvent contribuer à un enrichissement supplémentaire en métaux.

La caractéristique la plus notable de ce type de dépôts est sans contredit la présence de plus de 15 vol.% d'oxydes de fer sous forme de magnétite et/ou d'hématite au sein de zones d'altération, de brèches ou de minéralisation plurihectométriques à kilométriques (Williams et al., 2005; Porter, 2010). Dans ces systèmes, les oxydes de fer cristallisent aux dépens des sulfures

de fer (c.-à-d. pyrite et pyrrhotite) en réaction aux conditions physico-chimiques particulières des fluides hydrothermaux. Ces fluides sont capables de mobiliser une impressionnante quantité de fer qui, par la suite, cristallise majoritairement sous forme de magnétite et/ou d'hématite en remplissant les veines et/ou les brèches ou en remplaçant la roche précurseur. Les analyses compositionnelles des oxydes de fer associés aux IOAA montrent un rapport Fe/Ti supérieur à ceux retrouvés dans ces oxydes pour la plupart des roches ignées et de la croûte terrestre (Williams et al., 2005; Williams, 2010a, b).

La classification de Williams (2010a) permet de cataloguer les différents gîtes IOAA selon leurs caractéristiques géologiques et géophysiques discriminantes pour l'exploration. De nombreux éléments varient entre les différents gîtes comme la taille, la teneur, le type de minéralisation, les roches encaissantes, les faciès d'altération, la signature géochimique. Ces gîtes sont présents sur tous les continents et se sont formés dès l'Archéen (district de Carajás, Brésil) jusqu'à tout récemment (El Laco, Chili) (Tableau 4 dans Corriveau, 2007). Les gîtes IOCG et IOA les plus connus (pour n'en citer que quelques-uns) se trouvent dans le craton de Gawler (Olympic Dam, Prominent Hill, Carrapateena) et le district de Cloncurry (Ernest Henry) en Australie, dans le district de Carajás (p. ex. Salobo, Sossego) au Brésil, le long de la ceinture de fer andine au Chili (p. ex. Candelaria, Manto Verde) et au Pérou (p. ex. Raúl-Condestable, Mina Justa; Chen et al., 2010a; 2010b; 2011; Chen 2013) et dans le district de Kiruna en Suède (Williams et al., 2005; Corriveau, 2007; Porter, 2010; Groves et al., 2010; Oz Minerals Ltd, 2014; Chen, 2013). Au Canada, les gîtes les plus connus sont dans la ZMGLO (NICO et Sue-Dianne) et dans le secteur Est de l'orogène grenvillien (Kwyjibo, Lac Marmont) (Clark et al., 2010; Corriveau et al., 2007b, 2010b).

La deuxième caractéristique distinctive de ces systèmes est leur vaste empreinte métasomatique. Les assemblages minéralogiques des zones d'altération sont diagnostiques de l'évolution physico-chimique et spatio-temporelle des fluides hydrothermaux et sont le résultat du métasomatisme donc par définition de la transformation chimique des roches précurseurs. Tel que présenté plus haut, ces faciès d'altération peuvent être exprimés en terme de paragenèse (HT) Na, (HT) Ca-Fe, (HT) K-Fe, (LT) K-Fe ou Si puisque ces cations caractérisent ceux des minéraux diagnostiques qui sont eux-mêmes un résultat de la composition particulière des roches métasomatiques et des veines hydrothermales (Corriveau, 2007; Corriveau et al., 2010a; Montreuil et al., 2013, 2015, 2016; ce mémoire; cf. Hitzman et al. 1992 pour les subdivisions des types d'altération antérieures). Les paragenèses (HT) Ca-Fe, (HT) Fe, (HT) K-Fe et les paragenèses transitionnelles (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Na-Fe et (HT) Ca-K-Fe cristallisant de la

magnétite peuvent être elles-même fertiles en métaux ou donner lieu à des veines de sulfures minéralisées lors du développement des systèmes IOAA. Les paragenèses d'altération se présentent sous forme de remplacement, de veines et de brèches pouvant contenir ou être exemptes d'oxydes de fer et de minéralisations diverses. Ces altérations sont principalement composées de minéraux silicatés et d'oxydes avec des carbonates, des phosphates et des sulfures comme phases minérales secondaires. Bien que le quartz soit un minéral commun des gîtes hydrothermaux tels que les gîtes de porphyres et épithermaux, il est peu abondant dans les paragenèses d'altération de haute température à magnétite au sein des systèmes IOAA. Cet attribut s'explique par la faible solubilité du quartz à des pressions et températures élevées, des conditions essentielles à la stabilité des altérations à magnétite. De plus, la composition des fluides et les mécanismes impliqués dans l'évolution de la pression limiteraient la solubilité du quartz et seraient responsable de la minéralogie particulière des systèmes hydrothermaux de type IOAA (Pollard, 2006).

La grande majorité des systèmes IOAA sont spatialement et génétiquement associés à des suites plutoniques volumineuses de composition felsique à intermédiaire (composition dioritique à monzodioritique dans la ZMGLO) formant des batholithes couvrant une échelle régionale. Ces intrusions dans la ZMGLO correspondent à du magmatisme calco-alcalin à shoshonitique atteignant des compositions de type A et ayant des signatures géochimiques d'arcs continentaux (Hildebrand et al., 1987; Azar, 2007; Montreuil et al., données inédites 2015). Cet environnement géodynamique est typique des systèmes IOAA andins (Sillitoe, 2003). D'autres systèmes précambriens ont été interprétés comme dérivés de magmatisme de type intraplaque dit «anorogénique» (Hitzman et al., 1992; Porter, 2010). Ils sont retrouvés dans des environnements géodynamiques associés à l'effondrement d'un bassin orogénique et des environnements en extension sur une marge continentale (Porter, 2010). Dans ces deux types d'environnements, ces contextes géodynamiques capables de générer du magmatisme de haute température sont le résultat de la mise en place de magmas mafiques mantelliques en profondeur (Creaser et al., 1991). Ces conditions causent un fort gradient thermique qui favorise le métasomatisme des roches sus-jacentes et le développement de cellules hydrothermales étendues qui coalescent (Richards et Mumin, 2013). De plus, des intrusions mafiques et ultramafiques sont temporellement associées au développement des systèmes hydrothermaux ce qui implique que des magmas issus du manteau ont joué un rôle important lors de la formation des granitoïdes ainsi que lors du processus de fusion partielle dans la croûte inférieure (Pollard, 2006; Butera, 2008). Il a aussi été suggéré que les dépôts les plus anciens montrent une plus grande progression spatiale des zones d'altération de hautes températures ce qu'expliquerait les

gradients géothermiques plus élevés de l'époque (Mumin et al., 2010; Richards et Mumin, 2013). Toutefois de nouveaux travaux démontrent que les systèmes encaissants les gîtes andins présentent de fortes similitudes en termes d'extension et de zonalités verticales avec ceux des districts de Carajás et de la ZMGLO (cf. Barton et al., 2013 versus Monteiro et al., 2008; Corriveau et al., 2010b; Mumin et al., 2010; Toressi et al., 2010; Xavier et al., 2010).

Un fort contrôle structural et stratigraphique est primordial pour permettre le développement de ce type de systèmes puisqu'il favorise la circulation des fluides et des magmas et la réalimentation des zones d'altération en métaux et chaleur (Partington et Williams, 2000; Williams et al., 2005). En fait, les plus grands gîtes de type IOCG (p. ex. Olympic Dam, Salobo, Ernest Henry) coïncident avec des discontinuités et des systèmes de failles majeures d'amplitude crustale actives lors de la mise en place des intrusions magmatiques et du développement du système hydrothermal (Williams et al., 2005; Pollard, 2006; Drummond et al., 2006; Hayward et Skirrow, 2010; Austin et Foss, 2012; Montreuil et al., 2015).

Les brèches structurales et hydrothermales sont communes et la plupart des plus grands dépôts de type IOCG se trouvent au sein de ces brèches tel que décrit par Oliver et al. (2006) et Jébrak (2010). En profondeur, les brèches sont associées à des corridors de déformation tandis qu'en passant vers des conditions de plus faible pression et température, les brèches sont de nature hydrothermale et structurale. Ces brèches constituent d'importants conduits pour la circulation des fluides ainsi qu'un piège pour les métaux. Elles peuvent également enregistrer des relations de superposition relatives aux types d'altération formant le système hydrothermal. L'étude des diverses populations de brèches permet de les comparer à des systèmes hydrothermaux connus et ainsi d'avoir un aperçu de la fertilité et de la maturité du système étudié. Par exemple, les brèches avec textures d'écoulement (c.-à-d. brèche fluidisée) comme celles retrouvées à Ernest Henry sont interprétées comme résultant de processus explosifs indiquant une connexion à la surface (Oliver et al., 2006). Ces brèches peuvent s'avérer fort utiles si elles sont retrouvées lors d'une campagne d'exploration puisqu'elles représentent la composition des fluides migrants et donnent des indications sur l'énergie du système qui a permis de former la minéralisation ou sur la perméabilité des conduits qui ont permis la circulation de fluides minéralisés plus tardifs.

Les travaux effectués sur des inclusions fluides indiquent que les fluides à partir desquels les minéralisations précipitent sont salins, qu'ils montrent un ratio Cl/S élevé et que certains sont de nature carbonique (Oliver et al., 2008). Dans plusieurs dépôts, il existe une corrélation entre les inclusions fluides riches en CO₂ et les inclusions de saumures ce qui a permis de suggérer

que la séparation de la phase carbonique et l'augmentation du pH pourraient être des processus significatifs dans la formation de la minéralisation (Williams et al., 2005). Même si les données sur les isotopes stables indiquent une origine magmatique, la présence de fluides hypersalins à chlorure de Fe et Ba dans les inclusions fluides implique une très faible concentration en sulfure d'un des fluides. Par conséquent, le mélange d'au moins deux fluides est évoqué pour la formation des gîtes IOCG. De plus, on distingue une concentration anormale en terres rares légères dans les inclusions fluides qui s'explique par l'abondance de fluor dans ces mêmes inclusions. Le fluor dissous dans le magma diminue la température de cristallisation des minéraux accessoires et enrichi le liquide en terres rares. Une forte concentration en halogènes (F et Cl) permet de transporter les terres rares légères en solution dans les fluides hydrothermaux (Agangi et al., 2010).

2.2.2 Évolution systémique des altérations et minéralisations

Les zones d'altération des systèmes IOAA sont le résultat de la mise en place d'un imposant système de cellules hydrothermales qui modifient la composition de la roche précurseur sur des échelles atteignant <30 km de longueur par 10 km de largeur par 10 km de profondeur par coalescence de cellules hydrothermales d'extension plurikilométrique tels qu'illustrés entre autres par les systèmes de la ZMGLO (Mumin et al., 2010; Porter, 2010; Craven et al., 2013; Hayward, 2013). Le flux thermique est assuré par un apport magmatique important avec réalimentation de magmas soutenue et ce dans un laps de temps qui serait de l'ordre de quelques millions d'années (de Haller et al., 2006; Davis et al., 2011). Ces magmas entretiennent la circulation des fluides dans un contexte tectonique actif (Hayward et Skirrow, 2010; Mumin et al., 2010, 2014). Une source de chaleur intense combinée à un développement du système à grande profondeur entraîne un remplacement généralisé et intense sur un grand volume de roche précurseur tandis que les structures et la nature des roches encaissantes dictent le chemin préférentiel d'écoulement des fluides. Le développement du système d'altération se distingue par une zonation latérale et verticale ainsi que par la superposition des stades progrades et rétrogrades. Puisque la chaleur au sein d'un système diminue dans le temps (si non réalimenté par des magmas), les altérations de plus basse température dont le développement est intense sont surtout observées dans les zones externes ou superficielles. Il est aussi commun de voir des altérations de basse température qui se superposent sur les roches fortement altérées des paragenèses d'altération de haute température. Des permutations sont aussi possibles où un système demeure suspendu à une certaine intensité ou que l'altération revienne à un assemblage

de plus haute température par le retour de l'activité magmatique (Corriveau et al., 2011; Montreuil et al., 2015). La composition du fluide est continuellement modifiée en fonction des interactions avec la roche encaissante, les conditions physico-chimiques du système (p. ex. pression, température, fO_2) et le mélange avec d'autres fluides ce qui donne collectivement l'évolution systémique dépeinte par Corriveau et al. (2010a, b, 2011) et dans la Figure 1. La progression du front réactionnel entraîne un «lessivage» de certains éléments dans la roche encaissante (c.-à-d. par dissolution et précipitation couplée; Oliver et al., 2004; Otake et al., 2010; Putnis et Austrheim, 2012) et la cristallisation de nouvelles phases minérales selon les propriétés physico-chimiques du fluide (Yardley, 2012). Divers assemblages minéralogiques sont retrouvés au sein des systèmes IOAA. Ils représentent ultimement l'évolution spatiale et temporelle du ou des fluides (Hitzman et al., 1992; Corriveau et al., 2010a). Pour un assemblage minéralogique donné, les différentes textures de remplacement et les veines et brèches observées sont le résultat de l'interaction physique et chimique du fluide avec la roche précurseur ou de sa fracturation avec remplissage. Le recoupement et la superposition par des altérations de plus basse température est courante au sein d'un système, surtout que certains changements minéralogiques modifient la rhéologie du précurseur (p. ex. l'augmentation de la porosité par les processus d'albitisation qui facilite la fracturation; Putnis et al., 2007). La complexité des assemblages minéralogiques et de la minéralisation rencontrée est souvent le résultat de ce recoupement des différentes altérations qui résulte d'une diminution de la pression et de la température du système.

La distribution spatiale des zones d'altération n'est pas universelle puisqu'elle dépend des lithologies et des structures de l'encaissant de même que de l'activité tectonique (Skirrow, 2010). Ainsi, un modèle zoné des altérations centré sur une seule intrusion dérivé du modèle porphyrique bien que conceptuellement simple et plus facile à visualiser, n'est pas représentatif de la complexité de ces systèmes. Un modèle schématisé de l'évolution d'un système IOAA sera donc proposé au chapitre 9 afin d'illustrer le mode de mise en place de certaines zones minéralisées dans la ZMGLO (inspiré de Hitzman et al., 1992; Williams et al., 2005, 2010; Corriveau et al., 2010a, b; Hildebrand et al., 2010b; Mumin et al., 2010; Richards et Mumin, 2014). L'évolution des altérations est systémique et tels que décrits précédemment les types de gîtes et leurs associations métallifères y sont distincts à chaque stade. Ainsi, comprendre les processus et les produits de l'altération est primordial pour utiliser les altérations comme vecteurs vers les diverses minéralisations que les systèmes étudiés peuvent camoufler (Corriveau et al., 2010b, 2011).

Tout d'abord, le métasomatisme sodique se développe dès l'initiation du système hydrothermal à des températures qui deviennent élevées tel qu'en témoigne leur capacité

d'atteindre des textures pseudo-ignées le long ou près des intrusions sub-volcaniques et qui seront illustrées au chapitre 5. Cette altération affecte régionalement la roche encaissante avec une intensité croissante du remplacement vers la source de chaleur. Après avoir interagi avec la roche encaissante, le fluide développe une altération (HT) Ca-Fe plus locale et centralisée dans des pièges structuraux ou stratigraphiques à un ou deux kilomètres de la source thermique (secteur de Mag Hill décrit dans Mumin et al., 2007). Une fois que les fluides refroidissent à une température avoisinant les 400-350°C, l'altération (HT) K-Fe domine. Sous ces conditions, le régime de contrainte devient fragile et l'altération se trouve régulièrement associée au développement de brèches qui recoupent les roches précurseurs, incluant les altérations précédentes, en se dirigeant vers la surface (Corriveau et al., 2010a). Des conditions d'oxydation croissante et des températures plus froides permettent à l'hématite de cristalliser au détriment de la magnétite. Enfin, les minéralisations de type épithermal et les stockworks de quartz polymétalliques se forment à plus faible profondeur et/ou en périphérie du cœur du système IOAA (Mumin et al., 2010). En présence de roches carbonatées, des assemblages de type skarn sont formés et sont étroitement associées aux paragenèses d'altération (HT) Na et (HT) Ca-Fe. Des altérations de type skarn sont également rencontrées à la transition magnétite-hématite, associées à une imprégnation potassique pouvant être minéralisée (Corriveau et al., 2010a). On retrouve aussi des skarns typiques au sein des altérations de (HT) Ca-Fe lorsque le précurseur est carbonaté au sein de la ZMGLO (Corriveau et al., données inédites 2015). Le développement de tels skarns a aussi été décrit en détail par Wang et Williams (2001).

2.2.3 Processus minéralisateur et modèle génétique

La majorité des systèmes IOAA sont temporellement associés à la mise en place de granitoïdes et la signature des isotopes stables et radiogéniques indique que les fluides hydrothermaux et la minéralisation sont souvent le résultat de l'arrivée de corps intrusifs (Pollard, 2006). Toutefois, l'origine des fluides hydrothermaux peut être plus complexe puisque certaines données indiquent un mélange de fluides magmatiques et de saumures de bassin (Chiaradia et al., 2006). Dans la ZMGLO, Hildebrand (1986), Gandhi (1994), Goad et al. (2000a, b), Corriveau et al. (2007a, 2010a), Mumin et al. (2010) et Davis et al. (2011) ont documenté une forte corrélation spatiale et temporelle entre l'hydrothermalisme associé aux systèmes IOAA et l'activité magmatique. De plus, Mumin et al. (2010) met en lumière un continuum entre les gîtes IOAA-porphyriques-épithermaux qui fait également intervenir une source magmatique dans la formation des corps minéralisés. Hayward et Skirrow (2010) mettent en perspective les variations des

attributs entre les pôles IOCG et porphyres et Richards et Mumin (2013) abordent les variations séculaires. Ces travaux donnent une vue d'ensemble des similarités (p. ex. le contexte géodynamique, la distribution globale de l'altération, la minéralisation Cu-Au) et les différences (p. ex. la composition des magmas, parfois les conditions de pression-température, le spectre des paragenèses d'altération, l'intensité de l'altération, la magnitude des zones altérées et des brèches et les types de minéralisation) entre les modèles génétiques des systèmes IOAA et des gîtes porphyriques et leurs extensions sommitales épithermales. Au chapitre 5, une attention particulière est portée à l'altération, à ses intensités et son caractère pénétratif et généralisé qui découle des réactions fluides-roches afin que les transformations induites de facto par ces réactions sur la composition des fluides soient claires pour ceux qui s'attaqueront à des interprétations d'échelle systémique des fluides de ces systèmes.

Tout comme les gîtes porphyriques, plusieurs gîtes de la famille des IOAA se forment dans des environnements d'extension dans un contexte de subduction tels qu'observés au Chili (Sillitoe, 2003). Dans cet environnement, la déshydratation de la croûte subductée provoque le métasomatisme du manteau asthénosphérique de la croûte sus-jacente, mobilisant volatiles, sulfures, silicium et éléments incompatibles (LILE, c.-à-d. K, Rb, Cs, Ba, Sr et HFSE, c.-à-d. Zr, Nb, Hf, Th, U, Ta et terres rares). L'état d'oxydation élevé des arcs magmatiques permet aux sulfures d'être dissous sous forme de sulfates rendant les éléments chalcophiles tels que Cu, Au et Ag incompatibles. Ces derniers seront préférentiellement retenus dans le magma (Richards, 2003). L'hydratation se poursuit tant et aussi longtemps que la plaque subductée ne change pas d'angle et que la vitesse de subduction ne varie pas. Le fractionnement magmatique au niveau de la zone de fusion, d'assimilation, de stockage et d'homogénéisation (c.-à-d. la zone MASH) génère un magma andésitique-dacitique qui s'élève par contraste de densité. Ces magmas sont caractérisés par la cristallisation de plagioclase, amphibole (hornblende sensu largo), biotite et magnétite, minéraux partagés par les altérations métasomatiques qui découlent de la formation des systèmes IOAA qui leur sont ultimement associés. Ensuite, le magma emprunte des systèmes de failles profondes ce qui permet de diriger et de concentrer les magmas et leurs fluides au niveau de la croûte intermédiaire et supérieure. L'ascension épisodique des plutons cause une dévolatilisation des fluides présents dans la roche encaissante par apport de chaleur qui produit un métamorphisme de contact par transfert thermique par l'intermédiaire des fluides. Des fluides d'origines diverses s'immiscent le long de fractures et se mélangent avec ceux dérivés de l'exsolution du magma ce qui augmente la quantité de fluides circulant dans la cellule hydrothermale. Finalement le système hydrothermal évolue dans l'espace et le temps pour former

des zones d'altération dont certaines peuvent être minéralisées et qui pour bon nombre d'entre elles seront porteuses de magnétite, l'objet de ce mémoire.

2.2.4 Comparaison avec les systèmes porphyriques et épithermaux

Bien qu'il existe un continuum entre les gîtes IOCG, porphyriques et épithermaux, les systèmes IOAA se distinguent des porphyres notamment par un métasomatisme en éléments alcalins et en fer très intense affectant quelques milliers de kilomètres cubes de roches encaissantes, des altérations où les oxydes de fer d'origine hydrothermale atteignent communément plus de 20% et des brèches de magnitude décamétrique à kilométrique (Hitzman, 2000; Williams et al., 2005; Corriveau, 2007; Groves et al., 2010; Mumin et al., 2010; Porter, 2010). Dans les systèmes porphyriques, l'altération sodi-calcique est locale et limitée au contact entre l'intrusion et la roche encaissante (ordre de grandeur décamétrique) tandis que cette altération est régionale pour les gisements IOA et IOCG (p. ex. Ernest Henry, Candelaria, NICO; Mark et al., 2010; Marschik et al., 2010; Montreuil et al., 2015). Dans les gîtes porphyriques, les zones minéralisées sont typiquement associées à une altération potassique sous forme de veines, stockworks et/ou brèches. La magnétite y est un minéral accessoire. Dans les gîtes IOCG, les zones minéralisées sont associées à des zones d'altération potassique avec fer où la magnétite est un constituant majeur à haute température et l'hématite à plus basse température. De plus, les systèmes IOAA se forment à de plus grandes profondeurs (communément entre 5 et 10 km), et atteignent de hautes températures (750°C) sur des étendues plurikilométriques. La formation des brèches hydrothermales n'est pas proximale aux sources de chaleur comme il est observé dans les systèmes porphyriques. Dans les systèmes porphyriques, le gradient thermique décroît rapidement puisque l'éjection de magmas et des phases volatiles permet une diminution subite de température qui cause la précipitation des sulfures (Sillitoe, 2010). Contraint à de hautes températures et moyennes pressions, les composantes précoces et profondes des systèmes IOAA se développent dans des unités poreuses (roches volcanoclastiques) ou réactives (carbonates et marbres) et des pièges structuraux générés par des failles ou des discontinuités stratigraphiques tandis qu'à de faibles profondeurs, la minéralisation se retrouve dans des brèches et des veines qui se sont formés de façon similaire aux systèmes porphyriques (Pollard, 2006; Mumin et al., 2010). Aussi, les fluides associés aux systèmes IOAA possèdent une forte composante carbonique, saline et fluorée qui, combinée avec les mécanismes d'évolution du système, permet de former des paragenèses distinctes de celles observées dans les systèmes porphyriques (Rusk et al., 2015). La zonation classique des porphyres évolue, du centre vers

l'extérieur, suivant des altérations potassique, phyllique et propylitique (Seedorff et al., 2005). Les gîtes épithermaux se forment plutôt dans des environnements de basses température et profondeur et en périphérie d'une source magmatique (Simmons et al., 2005).

2.2 Région d'étude : zone magmatique du Grand lac de l'Ours

2.2.1 Localisation et environnement géodynamique

La ZMGLO est située au nord-nord-ouest de Yellowknife, dans les Territoires du Nord-Ouest au Canada (Figure 2). La zone est bordée au nord par une couverture de roches sédimentaires mésoprotérozoïques, à l'Est par le craton archéen des Esclaves et à l'Ouest et au Sud par des roches sédimentaires phanérozoïques et des dépôts quaternaires. Cette ceinture, orientée nord-sud, est large de 100 km sur une longueur de 900 km dont 450 km est affleurant (Hildebrand et al., 1987; Cook, 2011).

La ZMGLO forme la partie occidentale de l'orogène du Wopmay (2,1 à 1,8 Ga) qui s'est développé lorsque le terrane de Hottah, interprété comme un arc paléoprotérozoïque incluant un microcontinent, est entré en collision à 1,884 Ga avec la marge occidentale du craton de l'Esclave (3,96-2,5 Ga) (Bowring et Grotzinger, 1992; Gandhi et al., 2001; Hildebrand et al., 2010a, b). La subduction vers l'Est du terrane de Hottah (avec ou sans transtension) a mené à un magmatisme d'arc continental formant la ZMGLO, un environnement géodynamique interprété comme similaire aux Andes et à l'ouest américain actuel (Hildebrand et al., 1987, 2010a; Cook et al., 1999; Hoffman et al., 2011; Ootes et al., 2015). L'architecture de cet arc continental (1,8-1,4 Ga) peut être subdivisé en trois éléments tectoniques majeurs; le prisme d'accrétion caldérien, la ZMGLO et le terrane composite de Hottah. Le terrane de Hottah est formé d'un socle composite (>2,0 Ga) et de roches volcaniques et plutoniques (1,95-1,89 Ga) qui affleurent localement au nord-ouest de la zone magmatique (Hildebrand, 2011; Ootes et al., 2015). Son évolution s'est terminée avec la déposition du Groupe de Treasure Lake (TLG) daté à un âge maximal de 1.885 Ma (Gandhi et van Breemen, 2005; Bennett et al., 2012). La ZMGLO est bordée à l'est par la faille de Wopmay et par la zone médiane d'orientation nord-sud (Hildebrand et al., 1990, 2010a; Jackson, 2008; Jackson et Ootes, 2011).

2.2.2 Géologie régionale

La séquence stratigraphique de la ZMGLO comprend un socle constitué des composantes pré-1,88 Ga du terrane de Hottah à l'Ouest de la ZMGLO et par le Groupe de Treasure Lake au sud (Gandhi et van Breemen, 2005). Une succession de roches volcaniques de la ZMGLO repose en discordance sur ces composantes de socle. Le Groupe de Treasure Lake est constitué de roches métasédimentaires composées de lits de wacke, siltstone, arkose, des turbidites et des unités de roches carbonatées qui ont été métamorphisées au faciès des schistes verts et amphibolite inférieur. Le contact supérieur de cette unité est discordant et a été érodé avant le dépôt des roches volcaniques sus-jacentes. Ces roches supracrustales affleurent comme vestiges isolés entre les intrusions felsiques contemporaines et subséquentes au volcanisme de 1,87 Ga de la région (Gandhi et al., 2001, 2014). Les roches volcaniques et sédimentaires de la ZMGLO sont divisées en quatre groupes : LaBine, Sloan et Dumas au nord et Faber au sud (Gandhi et al., 2001; Hildebrand et al., 2010b; Hildebrand, 2011).

Le Groupe de LaBine (1,87 Ga), affleure surtout dans la partie nord-ouest de la zone. Il comprend majoritairement des coulées dacitiques, andésitiques porphyriques et amygdulaires et basaltiques, des dépôts volcanoclastiques et des roches sédimentaires. Les unités volcaniques sont issues de volumineuses éruptions de stratovolcans et sont alimentées et recoupées par des intrusions dioritiques stratiformes. Situé dans la partie nord-est, le Groupe de Dumas est majoritairement composé de roches sédimentaires fluvio-lacustres, de minces dépôts de tufs et de coulées de laves de faible importance. Le Groupe de Sloan (1,865 Ga) est présent dans la partie centrale du secteur Nord et se superpose aux deux groupes précédents. Il est majoritairement formé d'ignimbrites de composition dacitique interlitées avec des coulées de laves et des roches sédimentaires. Le Groupe de Faber (1,87-1,86 Ga) est formé de coulées d'andésites et de rhyodacites calco-alkalines massives à litées et aphanitiques à porphyriques surmontées par des ignimbrites et des tufs felsiques. Des intrusions porphyriques sub-volcaniques recoupent les unités volcaniques et sont interprétées comme étant contemporaines au magmatisme (Goad et al., 2000a, b; Gandhi et al., 2001) ou associées à la mise en place des batholithes (Camier, 2002). Entre 1,86 et 1,84 Ga s'est développé le batholithe du Great Bear constitué d'un amalgame d'intrusions dont la composition est progressivement devenue plus siliceuse et qui ont recoupé la totalité des unités volcaniques de la ZMGLO. Par la suite, la ZMGLO a été entièrement segmentée par des failles décrochantes principalement dextres (Hoffman et Bowring, 1984; Hayward et Corriveau, 2014).

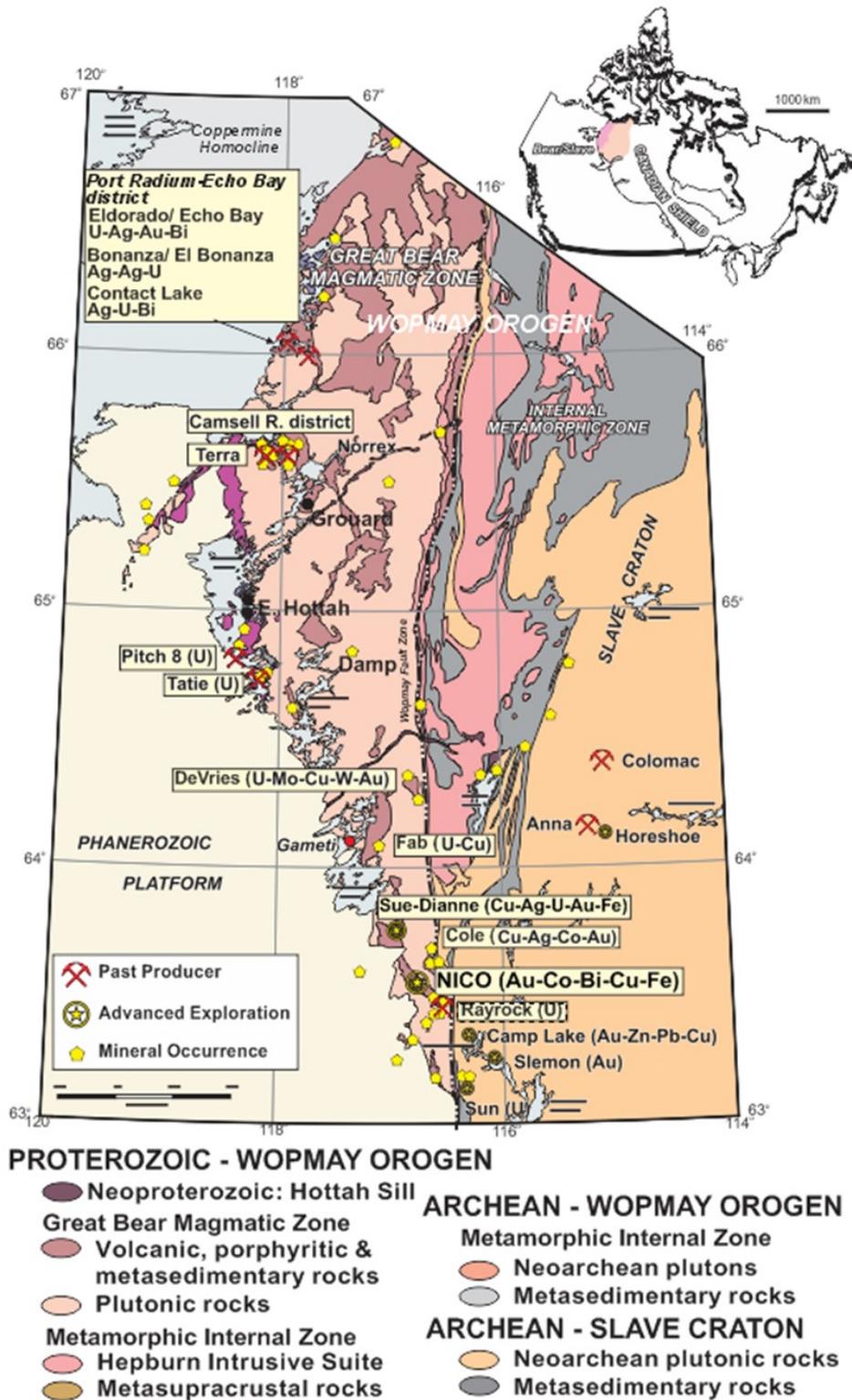


Figure 2 : Carte géologique incluant les différentes unités de l'orogène du Wopmay, dont la zone magmatique du Grand lac de l'Ours. Les principaux indices minéralisés et anciennes mines sont identifiés. Compilation des travaux de Pierce et Turner (2004), Hoffman et Hall (1993), Stublely (2005), Jackson (2008), tiré de NORMIN.db (www.nwtgeoscience.ca/normin).

De vastes systèmes hydrothermaux ont été engendrés par l'activité volcanique et magmatique intense et soutenue (Hildebrand, 1986; Gandhi, 1994; Mumin et al., 2010). Ces processus hydrothermaux sont caractérisés par des réactions métasomatiques et des systèmes de veines et de brèches à oxydes de fer et altération en éléments alcalins qui sont encaissés dans les groupes de LaBine, de Dumas et de Faber (sauf ses assemblages sommitaux) et autres unités contemporaines ainsi que dans les roches métasédimentaires du Groupe de Treasure Lake et des unités du terrane de Hottah. Les intrusions monzonitiques à dioritiques datées à 1,87 Ga affichent une même altération sodique que leurs encaissants volcaniques du même âge mais de moindre intensité tout en ayant incorporé des enclaves d'albitite (Hildebrand, 1986; Corriveau et al., 2010a). Ces relations de terrain appuyées des données de géochronologie par méthode U-Pb sur zircon pour les intrusions et les albitites (Davis et al., 2011) indiquent une contemporanéité des intrusions et roches volcaniques de 1,87 Ga avec le développement des altérations à éléments alcalins et oxydes de fer (Hildebrand, 1986; Reardon, 1992; Corriveau et al., 2010a; Mumin et al., 2010).

2.2.3 Occurrences de minéralisation

Historiquement, la ZMGLO était connue pour abriter des minéralisations en U-Ag±Cu qui ont été extraites dans les districts de Camsell River et de Port Radium-Echo Bay (Figure 2). Globalement, les zones minéralisées autrefois exploitées sont circonscrites dans des veines de quartz-carbonates polymétalliques montrant un assemblage varié d'argent natif, d'arséniures de Ni, Co et Fe, de sulfures de Cu, Fe, Ni et Co et pechblende avec un enrichissement hétérogène à Ni, Co, Bi, Au, Zn, Pb, Sb, W, terres rares et Ra (Badham, 1975; Mumin et al., 2010). Ces indices minéralisés recoupent les unités métasomatiques associées au développement des systèmes IOAA. La minéralisation est associée à des assemblages minéralogiques de basse température présentant des textures vacuolaires et de remplissage de vides indiquant que ces zones minéralisées ont été formées dans un environnement de type épithermal, localisé en périphérie du centre de l'activité hydrothermale (Mumin et al., 2007).

Cependant, d'autres occurrences de minéralisation sont observées dans la ZMGLO. Ces indices minéralisés sont diversifiés en terme de style et d'association métallifère et certains ont jadis été interprétés comme des «formations de fer synsédimentaires», des «paléo-placers à magnétite», des «brèches de remplacement à Au-Cu-Ag dans des roches volcaniques», des «complexes de brèches à magnétite à altération potassique-propylitique-phyllique», des «veines épithermales à Cu-Ag±Au-Pb-Zn-Co-Bi-U», des «skarns à magnétite» et des «SEDEX». Ces

indices sont répandus tout le long de la ZMGLO et sont encaissés dans les unités métasédimentaires du TLG, et les roches sédimentaires et volcaniques des groupes de LaBine, Sloan, Dumas et Faber (Gandhi, 1994). Les travaux récents entrepris par les programmes gouvernementaux ont validé un modèle IOCG et gîtes affiliés pour la majorité de ces indices en se basant sur les principaux critères diagnostiques des systèmes IOAA incluant : les minéralisations de type Kiruna des districts de la rivière Camsell (Badham et Morton, 1976) et de Port Radium-Echo Bay (Hildebrand, 1986; Reardon, 1992a, b) et plus récemment leurs minéralisations de type IOCG (Mumin et al., 2007, 2010; Walker et Rajnovich, 2007), les gîtes de Sue-Dianne (Camier, 2002; Hennessey et Puritch, 2008) et NICO (Goad et al., 2000a, b; Sidor, 2000; Burgess et al., 2014) incluant les environs de même que les secteurs de Grouard, JLD, Ham, Damp, Hottah, DeVries, Cole et Fab (Corriveau et al., 2010b; Hamel, 2013; Potter et al., 2013; Montreuil et al., 2016). De plus, la cartographie des altérations a permis de recenser de nouveaux indices associés à la mise en place de systèmes IOAA ainsi que d'affiner les modèles génétiques et métallogéniques applicables à ces systèmes (Corriveau et al., 2007a, 2010a, b; Mumin et al., 2007, 2010; Acosta-Góngora et al., 2011, 2014, 2015a, b; Montreuil et al., 2013, 2015, 2016).

Les séquences d'altération au sein des halos IOAA qui encaissent la majorité des indices minéralisés sont observables grâce à l'exhumation différentielle combiné avec le basculement de blocs, du plissement et des failles (Hildebrand, 1984, 2010; Mumin et al., 2007, 2010; Enkin et al., 2012). De plus, les unités précurseurs et métasomatiques sont très bien préservées grâce à l'absence de métamorphisme régional orogénique et de déformation ductile pénétrative ultérieure. Ces conditions ont permis non seulement la reconnaissance et l'identification des altérations à éléments alcalins et oxydes de fer mais elles ont de plus permis d'y établir les liens entre les divers types de minéralisations et ce sous divers angles incluant des coupes transversales. Les observations de terrain se sont avérées des outils diagnostiques clés dans la compréhension de ces systèmes et la découverte de minéralisations incluant de types encore là insoupçonnés lors des programmes de cartographie (Corriveau et al., 2011; Montreuil et al., 2015).

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

3.1 Introduction du chapitre

Ce chapitre décrit la démarche d'acquisition et de sélection de données, les techniques utilisées et développées pour la caractérisation des différentes unités géologiques et de leurs altérations hydrothermales ainsi que les méthodes d'analyses et de traitement des données lithogéochimiques et de chimie minérale.

3.2 Choix des régions d'étude

Cette étude utilise une vaste base de données compilant les travaux de terrain effectués lors des étés 2005 à 2011. Puisque le projet couvre l'ensemble de la ZMGLO, la sélection des systèmes fut établie selon :

- 1) Une occurrence et une abondance variées de la magnétite au sein des diverses altérations d'un même système et entre ses différents secteurs; origine ignée ou sédimentaire dans le précurseur, associée à l'altération sous forme de remplacement, veines ou brèches et présence ou non de minéralisation.
- 2) La quantité d'information disponible au sein d'un secteur donné (descriptions d'affleurements, photos de terrain, échantillons, lithogéochimie, tranches de roches fraîches et celles attaquées à l'acide puis colorées par réaction minéralogique sélective avec du cobaltinitrate (Bailey et Stevens, 1960)).

Le choix de couvrir différents secteurs plutôt que de s'attarder à un seul est principalement expliqué par la complexité apparente de ces systèmes qui s'avère simplifiée par le caractère systémique de leur développement. Ainsi l'étude de différents systèmes permet d'observer différents attributs, styles, types et progression de l'altération, dont la variabilité est le résultat des nombreux facteurs impliqués dans les réactions fluides-roches ayant lieu à des échelles régionales à microscopiques. L'étude de différents systèmes au sein de la ZMGLO met en relief le caractère systémique donc prévisible de ces systèmes et n'est donc pas un exercice redondant.

3.3 Choix des échantillons

Parmi l'éventail d'échantillons disponibles dans la base de données, la sélection des échantillons de chaque région d'étude s'est basée sur :

- La diversité des assemblages minéralogiques, des textures, des structures¹ et de l'intensité du remplacement.
- Les relations de recoupements et leurs distributions spatiales comme élément d'information sur le degré d'évolution des systèmes en termes de progression des divers faciès d'altération.

Chaque échantillon fut prélevé en utilisant un protocole de cartographie qui consistait à documenter, photographier et échantillonner les différents faciès d'altération, leur aspect, la paragenèse et les relations de recoupement et à mesurer la susceptibilité magnétique et la concentration en K, Th et U des lithologies avec un spectromètre à rayons gamma portatif (Corriveau et al., données inédites 2015). Au total, l'étude s'est basée sur environ 800 stations d'affleurements, 700 échantillons sous forme de tranches de roche, 500 tranches colorées au cobaltinitrate et 300 lames minces.

3.4 Protocole de description des IOAA

Les données de terrain et les observations macroscopiques et microscopiques ont permis d'affiner et illustrer le protocole de description pour décrire les systèmes IOAA dans le cadre des travaux. Ce protocole est décrit en détail au chapitre 4 de ce mémoire. L'utilisation d'abréviations a été préconisée afin d'alléger le texte. La liste des abréviations utilisées est localisée à l'annexe I et est tirée de Siivola et Schmid (2007).

3.5 Analyses et traitements lithogéochimiques

Les échantillons pour la lithogéochimie ont été prélevés par L. Corriveau et ses équipes et soigneusement sélectionnés pour représenter une lithologie ou un type d'altération en particulier.

¹ Les termes structures et textures utilisés dans le mémoire se basent sur la définition donnée par les pays anglosaxons. Ainsi, la texture réfère à l'aspect physique, la taille, la forme et l'arrangement des éléments constituant la roche tandis que la structure fait allusion au caractère général mégascopique d'une unité géologique à l'échelle de l'affleurement.

Les veines et les zones où une altération ultérieure se superpose sur l'altération désirée ont été omises pour assurer la représentativité de l'unité. Là où c'était possible, l'intérieur de certaines veines a été échantillonné pour en caractériser la composition et dans d'autres cas deux échantillons étaient choisis, un avec des veines et l'autre sans afin de permettre de mieux comprendre qualitativement la composition chimique des veines. Ces échantillons ont ensuite été analysés par une combinaison d'analyses par spectrométrie de masse par torche à plasma (ICP-MS : Inductively coupled plasma mass spectrometry, pour les éléments traces) et par spectrométrie d'émission optique (ICP-AES : Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy, pour les éléments majeurs et quelques éléments traces) après avoir effectué une fusion au métaborate de lithium au laboratoire de l'INRS-ETE à Québec. Certains échantillons ont été analysés par ICP-MS après de multiples digestions à l'acide au laboratoire AcmeLabs à Vancouver (méthode 1EX) (Montreuil et al., 2013) et quelques échantillons ont été analysés par activation neutronique instrumentale (INAA : Instrumental Neutron Activation Analysis) au laboratoire Becquerel à Toronto. Les valeurs des concentrations en éléments majeurs ont été traitées pour être exprimées en cations puis convertis en ppm afin de mieux représenter la paragenèse d'altération (Grunsky et Kjarsgaard, 2008). L'ensemble des données lithogéochimiques, des méthodes utilisées et des contrôles de la qualité sont publiés par Corriveau et al. (2015).

Les réactions métasomatiques étudiées ont la capacité de modifier partiellement ou totalement la composition du précurseur et de mobiliser des éléments dits «immobiles» comme Zr, Hf, Ti et Al. Montreuil et al. (2013) ont travaillé sur l'aspect géochimique des altérations afin de développer des indices d'altération applicables aux systèmes IOAA qui permettent d'associer un enrichissement ou un lessivage d'un élément à un ou plusieurs faciès d'altération. Cette étude appuie l'utilisation paragenétique des proportions molaires en Na, Ca, Fe, K et Mg pour représenter les assemblages diagnostiques des faciès d'altération des systèmes IOAA et ces résultats ont été utilisés pour illustrer l'évolution spatiale et temporelle du fluide hydrothermal au sein des échantillons sélectionnés dans ce mémoire. De plus, des diagrammes multi-éléments, normalisés aux chondrites (Sun et McDonough, 1989), ont été créés pour observer les variations des concentrations en terres rares (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb et Lu) et en Hf, selon les différentes paragenèses d'altération. Finalement, des diagrammes de covariation des éléments sont utilisés pour comparer la concentration de certains éléments dans la lithogéochimie de roche totale et en éléments traces dans la magnétite.

3.6 Analyses et traitements de la chimie minérale

3.6.1 Analyses qualitatives des minéraux, microscope électronique à balayage

La nature cryptique et l'abondance de minéraux exotiques ne permet pas d'identifier au microscope toutes les phases minérales présentes au sein des faciès d'altération à éléments alcalins et à oxydes de fer. Ainsi, 58 lames minces ont été sélectionnées afin d'affiner la description des paragenèses à magnétite. Les appareils utilisés sont le EVO® 50 SEM (Carl Zeiss) équipé avec un détecteur de dispersion d'énergie (EDS) INCAx-sight (Oxford instrument) localisé à l'INRS-ETE à Québec et le Leica Stereoscan S360 (Cambridge) équipé d'un détecteur Link eXL-II (Oxford instrument) localisé dans les bureaux de la Commission géologique du Canada à Ottawa. Les images proviennent du faisceau d'électrons rétrodiffusés d'une puissance de 20 kV positionné à une distance de 8,5 mm de l'échantillon préalablement recouvert d'une couche de carbone.

3.6.2 Analyses quantitatives, microsonde électronique

La concentration en éléments traces dans la magnétite a été mesurée à l'Université Laval à l'aide d'une microsonde électronique de marque CAMECA SX-100. Le faisceau d'électrons est calibré à un diamètre de 10 µm en utilisant un voltage de 15 kV et un courant de 100 nA. Le protocole d'analyse développé par Dupuis et Beaudoin (2011) et Boutroy et al. (2014) a permis de déterminer la concentration en traces de Al, Ca, Cr, Cu, K, Mg, Mn, Ni, Si, Sn, Ti, V et Zn. Le bruit de fond a été mesuré d'un côté du pic pendant 15 à 20 secondes à une position ne pouvant interférer avec le rayon X de l'élément. Ensuite, la concentration a été comptée sur le pic pendant 20 à 40 secondes tout dépendant de l'élément. La calibration de l'appareil a été atteinte en utilisant une gamme de standards naturels (Mineral Standard Mount MINM 25-53, Astimex Scientific) et synthétiques (Geo Standard Block de P & H Developments). Le tableau 1 montre les conditions analytiques des différents éléments.

Traitement des données

Les données de la chimie de la magnétite ont été converties en % molaire (c.-à-d. division par la masse atomique de chaque élément) pour obtenir une représentation directe de la

composition en traces des éléments dans la magnétite (Stanley et Madeisky, 1994). Pour faciliter la compréhension et l'interprétation des données, une moyenne a été calculée à partir des analyses des cristaux de magnétite ayant une composition similaire pour une même paragenèse au sein d'un même échantillon. Puisque les résultats analytiques contiennent des données censurées (c.-à-d. inférieures à la limite de détection), la moyenne a été déterminée en utilisant la méthode non-paramétrique de Kaplan-Meier puisque cette méthode ne requiert pas d'hypothèse sur la population (Lee et Helsel, 2007).

Une analyse par composantes principales a été effectuée avec les données de la composition de la magnétite pour identifier les éléments qui ont des comportements similaires dans la magnétite (Montreuil et al., 2013). Pour satisfaire à la rigueur de la méthode, seuls les éléments où les valeurs sous la limite de détection n'excèdent pas 10% du total peuvent être incorporés dans le calcul. Ainsi, seules les concentrations en Si, Ca, Al, Mn, Ti et V ont été traitées.

Tableau 1: Conditions analytiques des analyses à la microsonde électronique, tiré de Dupuis et Beaudoin (2011) et Boutroy et al. (2013).

Élément	Cristal	Raie	Sin Θ		Temps de comptage (seconde)		Étendue des limites de détections (ppm)
			Pic	Bruit de fond	Pic	Bruit de fond	
Al	TAP	K α	0,32458	0,31858	20	20	18-21
Ca	LPET	K α	0,38387	0,37787	20	20	15-19
Cr	LIF	K α	0,56869	0,56369	60	20	47-55
Cu	LLIF	K α	0,38247	0,37747	20	20	81-82
K	LPET	K α	0,42723	0,42223	20	20	14-15
Mg	TAP	K α	0,38497	0,37897	40	20	22-25
Mn	LLIF	K α	0,52210	0,51460	20	20	40-42
Ni	LLIF	K α	0,41167	0,40567	20	20	61-62
Si	TAP	K α	0,27737	0,27237	40	20	15-19
Sn	LPET	K α	0,41117	0,40817	20	20	42-43
Ti	LPET	K α	0,31447	0,30847	20	20	19-25
V	LIF	K α	0,62175	0,61575	60	20	49-56
Zn	LLIF	K α	0,35633	0,35133	20	15	102-103

$\lambda=2d \text{ Sin}\Theta$ où λ est la longueur d'onde et d est la distance interplanaire du cristal analytique.

CHAPITRE 4

NOMENCLATURE ET PROTOCOLES DE DESCRIPTIONS

4.1 Protocole de description des IOAA

En collaboration avec L. Corriveau et J.-F. Montreuil, un protocole de description des systèmes IOAA a été synthétisé afin de proposer une nomenclature simple et efficace pour nommer et décrire les roches métasomatiques et limiter leur confusion avec des roches usuelles par manque de connaissances ou encore par manque de termes adéquats pour les décrire. Les observations pétrographiques macroscopiques et microscopiques de cette étude ont ainsi permis d'étoffer la nomenclature descriptive utilisée lors des travaux de terrain et d'en compléter la systématisation. Ces observations ont ensuite permis de caractériser la transformation des assemblages minéralogiques des précurseurs en réaction aux changements de compositions des fluides et des gradients physicochimiques en vigueur au fur et à mesure de la progression de l'altération et de son intensification dans l'espace et le temps. Les observations permettent aussi de retracer les relations spatiales et temporelles entre les divers types d'altération. Le protocole de description est donc séquentiel et tient compte des séries de paragenèses d'altération pour chaque faciès d'altération, leurs morphologies et leurs relations avec la roche encaissante et/ou une altération antérieure (Figure 3).

Le protocole de description et sa nomenclature combinés au modèle d'altération comme vecteur de minéralisation dans un système IOAA de Corriveau et al. (2010a) permet d'évaluer le degré de maturité du système IOAA, de mieux cerner le potentiel minéral en gîtes IOAA d'une région et d'orienter les travaux d'exploration (Corriveau et al., 2010b, 2011; Montreuil et al., 2015, 2016). Ces vecteurs affinent et sont basés sur les modèles de zonation de Hitzman et al. (1992) et de ceux qui les ont suivis (p. ex. Williams et al., 2005). Ces outils de description sont élaborés à partir des altérations hydrothermales de type IOAA observées dans la zone magmatique du Grand lac de l'Ours mais la nature des altérations permet d'utiliser le même protocole dans d'autres provinces géologiques potentiellement hôtes de systèmes IOAA de même que pour mieux comprendre et explorer les gîtes IOAA eux-mêmes (Corriveau et al., 2010a, b, 2011; Corriveau et al., données inédites 2015). Ce protocole de description a été adapté afin de pouvoir être utilisé avec le logiciel *Ganfild* (Shimamura et al., 2008) sur un ordinateur portable de terrain

pour faciliter le transfert de données après les travaux de terrain. Il est adaptable à toutes bases de données de terrain et aux descriptions subséquentes.

4.1.1 Les paragenèses d'altération

Les altérations hydrothermales des systèmes IOAA peuvent être simplifiées par un organigramme représentant la combinaison des principaux minéraux constituant les séries de paragenèses diagnostiques et régulières (Figure 4). Cette classification est suffisamment concise pour définir le phénotype d'une paragenèse d'altération dans une base de données de plusieurs centaines d'échantillons tout en étant suffisamment précise pour être utilisée comme vecteur vers un secteur d'intérêt. Bien que certains minéraux accessoires soient spécifiques à une ou plusieurs paragenèses, ils ont été omis afin d'abrégier la nomenclature. Toutefois certains métaux d'intérêt peuvent se trouver dans ces minéraux accessoires (p. ex. monazite et xénotime pour les terres rares). Il est primordial de noter l'existence de ces minéraux puis de les associer à une paragenèse spécifique lorsque leur observation est systémique. Ainsi, la figure 5 présente un second organigramme permettant de lier les différents styles de minéralisation avec la paragenèse avec laquelle elle a été observée.

4.1.2 Les types d'altération

Les paragenèses d'altération exhibent différentes morphologies issues de l'interaction (la réaction) entre le fluide hydrothermal et la roche encaissante. Que ces assemblages cristallisent sous forme de remplacement, de veines et de brèches, leur aspect et leur texture peuvent varier pour une même paragenèse ou encore devenir fortement similaires pour des roches précurseurs totalement distinctes en termes de composition, aspect, textures et structures (Corriveau et al., 2010a). Les différents faciès d'altération observés lors des travaux de terrain et l'étude pétrographique ont été répertoriés dans des organigrammes selon qu'il s'agit d'un remplacement, d'une veine ou d'une brèche (Figures 6, 7 et 8). Cet outil de description peut être utilisé tant à l'échelle de l'affleurement qu'au microscope. Ces organigrammes montrent la gamme la plus complète possible des caractéristiques mais tous ces faciès ne sont pas observés pour chacune des paragenèses et certaines textures semblent spécifiques à une paragenèse.

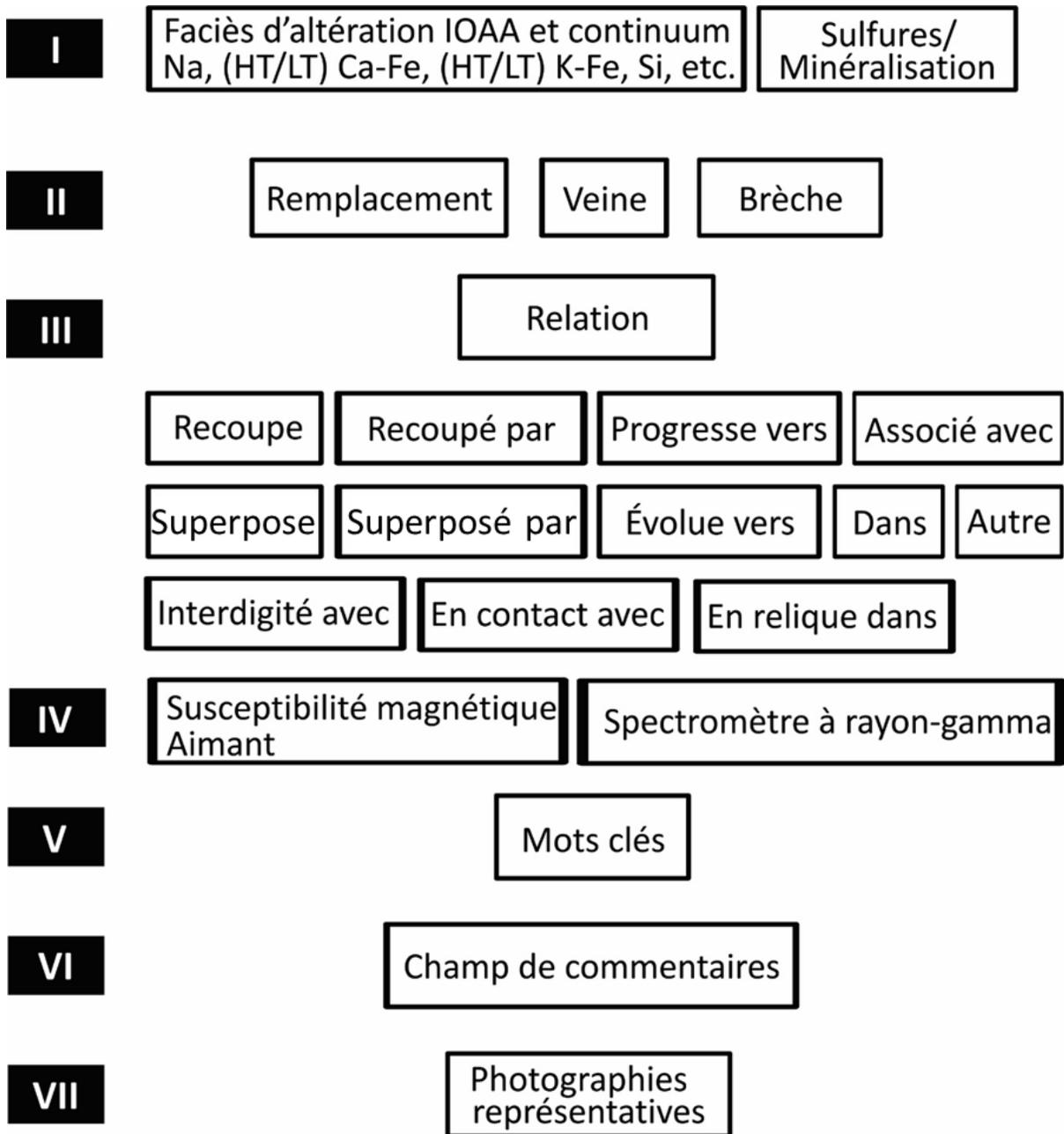


Figure 3 : Organigramme illustrant la prise de données séquentielle du protocole de description. La séquence de description peut être répétée selon l'abondance des faciès d'altération rencontrés. Modifié de Sharma (1996).

Paragenèses d'altération à oxydes de fer et éléments alcalins

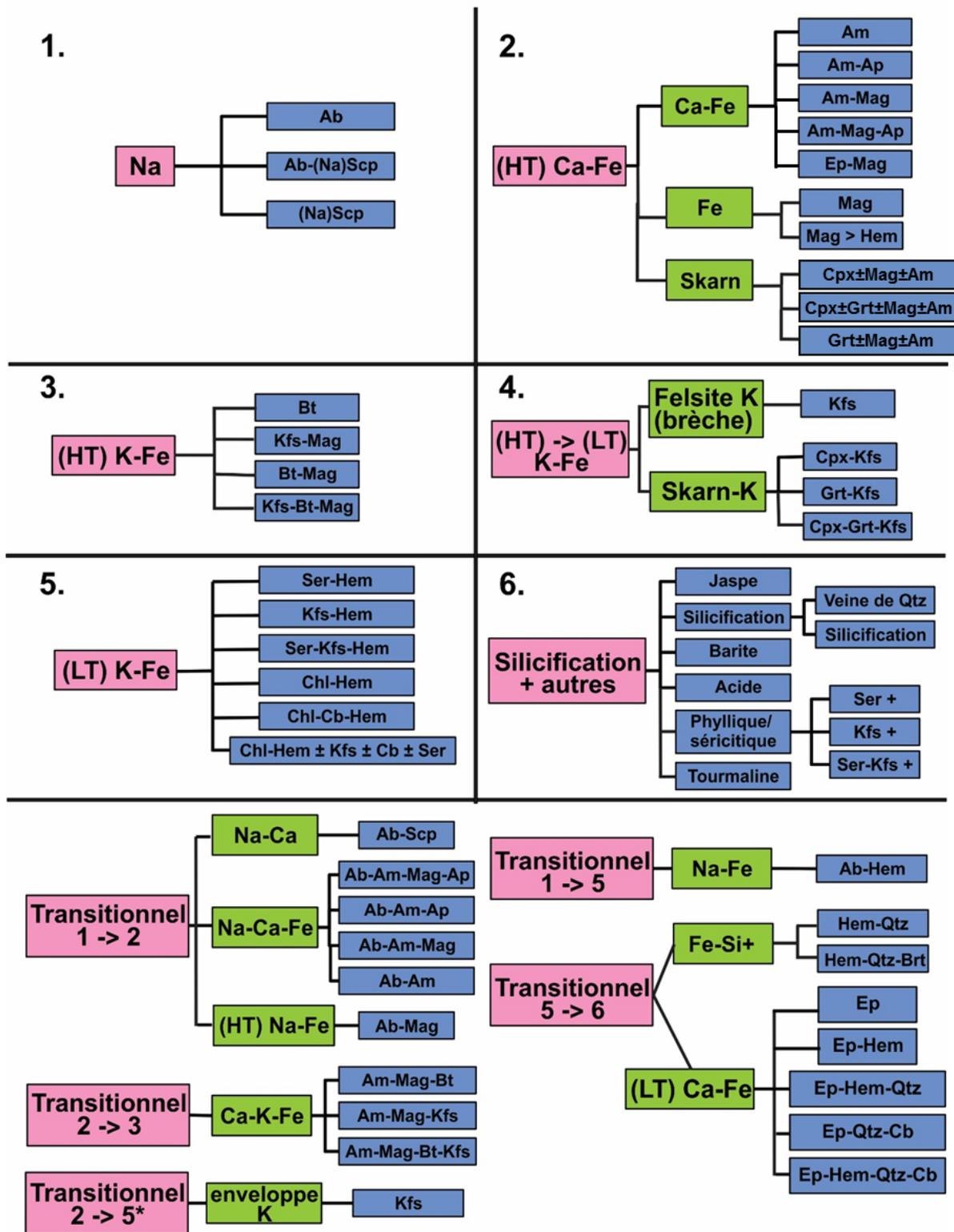


Figure 4 : Organigramme des paragenèses d'altération et des assemblages minéralogiques retrouvés dans les systèmes IOAA. Tiré de Corriveau et al. (2010a, inédit 2015)

Minéralisation

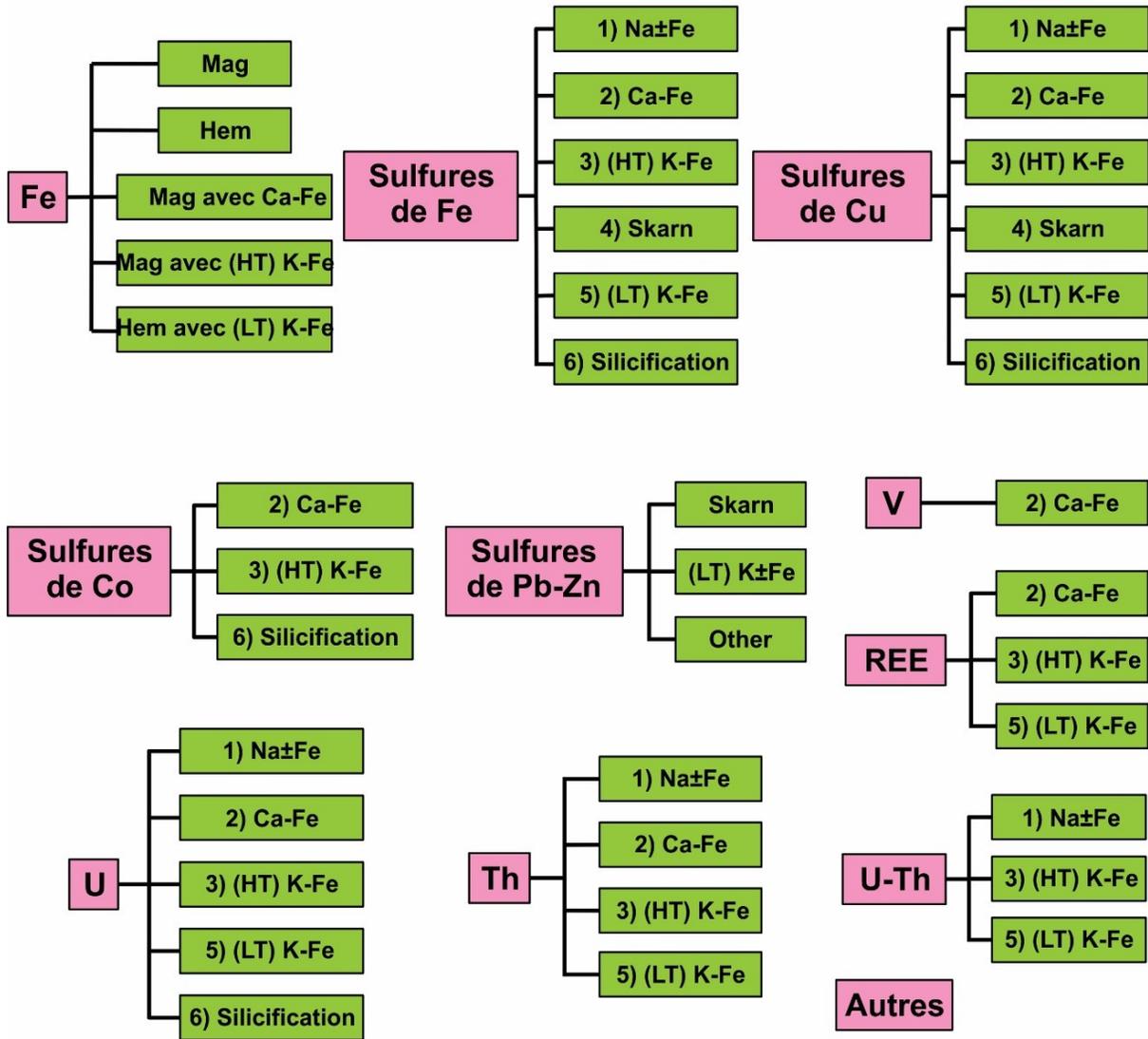


Figure 5 : Organigramme des types de minéralisation et des paragenèses d'altération qui leurs sont associées. À noter que les sulfures recoupent communément leur altération encaissante mais leur précipitation reflète communément une association spatiale et temporelle avec la formation de l'altération hôte.

Type	Stratoïde	Front d'altération	Plages	Lentilles	Poches	Amas		
Distribution	Sporadique	Généralisée (pervasiv)	Sélective	Pénétrative	Disséminée	Marge	Coeur	
	Halos de fractures	Épontes de veines	Fragment	Mésostase	Matrice	Minéral		
Contact/Transition	Interdigité		Net/Franc	Graduel				
Aspect	Homogène	Hétérogène	Tacheté	Bigarré	Picoté			
	Régulier	Irrégulier	Couronne	Zoné	Marbré	Pseudo-veine		
Texture du précurseur	Préservée	Relique	Pseudomorphisée	Détruite	Recristallisée			
Intensité	Subtile	Faible	Modérée	Forte	Intense			
Taille des grains	Aphanitique	Grains fins	Grains moyens	Grains grossiers	Pseudo-pegmatitique			
Distribution de la taille des grains	Équidimensionnel	Hétérogranulaire	Largeur	mm	cm	dm	m	> 5m
			Longueur	mm	cm	dm	m	> 5m

Figure 6 : Organigramme de description systématique des paragenèses d'altération sous forme de remplacement. Modifié de Sharma (1996) et Corriveau (inédit 2015).

Type	Veine	Veines de remplacement (à relier au remplacement)	Imprégnation des éponges (à relier au remplacement)				
Contact	Net/Franc	Graduel	Diffus	Avec imprégnation des éponges	Veine composite		
Texture	Aciculaire	Botroïdal	Bréchtique	Cocarde	Colloforme	Drusique	En croûte
	Radiale/Éventail	Feutrée	Fracturée	Laminée	En couches	Massive	
	Mosaïque	Emboîtée	Pseudo-aciculaire	En mailles	Saccharoïdale	Zonée	
Taille des grains	Aphanitique	Grains fins	Grains moyens	Grains grossiers	Pseudo-pegmatitique		
Fabrique	Massive	Foliée	Foliée - parallèle à la veine	Foliée- oblique	Foliée- perpendiculaire	Autre	
Réseau	Veine simple	Stockwork	Anastomosé	Recoupant	Parallèle		
Épaisseur	Millimétrique	Centimétrique	Décimétrique	Métrique			
Espacement	Centimétrique	Décimétrique	Métrique	Plus...			
Imprégnation des éponges	Relier à l'assemblage minéral			Relier au remplacement			

Figure 7 : Organigramme de description systématique des paragenèses cristallisées sous forme de veines. Modifié de Sharma (1996) et Corriveau (inédit 2015).

Type	Monogénique		Polygénique				
	Frag. non-altérés	Frag. altérés	Frag. non-altérés et altérés	Frag. altérés	Frag. non-altérés		
Composition	Ciment		Matrice				
	Diagénétique	Hydrothermal	Non-altéré à faiblement	Altéré par hydrotherm./Remplacement			
Matrice/ciment (%)	< 20 %	20 - 40 %	40 - 60 %	60 - 80 %	> 80 %		
Empreinte hydrothermale	Subtile	Faible	Modérée	Forte	Intense		
Ratio d'allongement des fragments	Compacte	Allongée	Lamellaire	Remplissage	Supporté par les fragments / Supporté par la matrice		
Largeur frag.	mm	cm	dm	m	> 5m		
Longueur frag.	mm	cm	dm	m	> 5m		
Arrangement des particules	Chaotique	Faiblement trié	Modérément trié	Bien trié			
Arrondissement	Arrondi	Sub-arrondi	Sub-angulaire	Angulaire			
Fabrique	Orientation systématique	Orientation préférentielle	Orientation aléatoire	Casse-tête			
Contour des fragments	Franc	Golfes de corrosion	Lobé	Cuspidé	Indentation		
Distribution de la taille des particules	Uniforme	Graduelle-uniforme	Type	Magmatique	Volcanique		
	Graduelle	Graduelle-intervalles		Structurale	Hydrothermale	Sédimentaire	
Processus	Comminution	Effondrement	Hydraulique	Explosion	Fluidisé	Dissolution	
Maturité	Immature	Modérément mature	Mature	Localisation	Marge	Dans la brèche	Le long de la faille

Figure 8 : Organigramme de description systématique des paragenèses d'altération sous forme de brèches. Frag. : fragments. Modifié de Sharma (1996) et Corriveau (inédit 2015).

4.1.3 Critères de caractérisation de l'intensité de l'altération

Dans les systèmes IOAA, les réactions métasomatiques sont communément intenses et peuvent complètement modifier la minéralogie, la composition et/ou les textures du précurseur tel que décrit en détail dans Marschick et Fontboté (2001), Monteiro et al. (2008) et Corriveau et al. (2010a). Une grille de caractérisation de l'intensité des altérations dans les systèmes IOAA a été développée (Tableau 2) en s'inspirant de Gifkins et al. (2005) qui a documenté les altérations des gîtes de type sulfures massifs encaissés dans des roches volcaniques. La détermination qualitative de l'intensité comporte cinq degrés : subtile, faible, modérée, forte et intense. Chaque intensité est définie par quatre caractéristiques : 1) le degré de préservation des minéraux du précurseur, 2) la distribution des phases minérales associées aux altérations, 3) la préservation des textures et/ou structures antérieures et 4) les nouvelles textures formées. Cette grille est empirique, descriptive et fait état des observations pétrologiques effectuées dans ce mémoire. Parfois, certains remplacements peuvent montrer des caractéristiques identifiées pour différentes intensités, alors les caractéristiques les plus abondantes ou évidentes vont permettre de déterminer le degré d'intensité.

Le degré d'intensité du métasomatisme peut être appliqué comme vecteur pour trouver le cœur d'une zone d'altération mais ce vecteur ne mène pas nécessairement à de la minéralisation. En effet, la fertilité d'une altération dépend ultimement de la fertilité du fluide même en métaux. Cette fertilité n'est pas nécessairement acquise au départ mais peut s'améliorer ou se dégrader de par le type de paragenèses qui a cristallisé et qui a mené soit à un enrichissement important du fluide en certains métaux et à leur précipitation en un même lieu ou encore qui a mené à une précipitation graduelle des métaux au gré de la cristallisation graduelle des paragenèses. Cet outil de description a été développé pour être compatible avec et complémentaire au diagramme discriminant géochimique des altérations IOCG développé par Montreuil et al. (2013) qui se base sur les analyses lithogéochimiques.

Tableau 2 : Grille des critères génériques de caractérisation de l'intensité des altérations dans les systèmes IOAA.

Intensité de l'altération	Préservation des minéraux précurseurs	Distribution des minéraux d'altération	Préservation des textures antérieures	Nouvelles textures
Subtile	<ul style="list-style-type: none"> - Les phénocristaux et les cristaux et les grains de granulométrie fine et supérieure ne sont pas affectés par l'altération. - Bordure de réaction subtile en marge des grains et/ou fragments. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nouvelles phases minérales distinctes de celles observées sur le précurseur «frais». - Remplacement pénétratif en bordure des grains ou des cristaux, le long de fractures ou entre deux lits de roches sédimentaires. - Remplacement disséminé dans la matrice d'une unité porphyrique ou en bordure de certains grains et/ou cristaux. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les textures primaires sont facilement discernables avec peu ou aucune modification. - Le verre volcanique est dévitrifié mais toujours cryptocristallin avec une préservation de la forme originelle. 	<ul style="list-style-type: none"> - <5% de modification (textures ou minéraux) provenant de la paragenèse d'altération. - Textures d'infiltration difficile à percevoir mégascopiquement sans entraînement mais traçable chimiquement (p. ex. avec spectromètres à rayon gamma et mesures de la susceptibilité magnétique). - Aspect disséminé, irrégulier et hétérogène. - Microcristallin.
Faible	<ul style="list-style-type: none"> - Les feldspaths sont partiellement remplacés (p. ex. par d'autres feldspaths, amphiboles, micas, carbonates, épidote, et/ou oxydes de fer). - Les phénocristaux sont remplacés en bordure ou au cœur. - Les minéraux mafiques sont partiellement remplacés (p. ex. par des minéraux mafiques riches en Fe, Ca et Mg comme l'augite, la hornblende, l'actinote, oxydes et sulfures de fer, biotite, phlogopite, épidote, chlorite). 	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement pénétratif irrégulier, sélectif ou disséminé où les nouvelles phases minérales remplacent ou recristallisent des minéraux du même groupe (p. ex. plagioclase en albite) ou de composition partageant certains éléments majeurs clés (p. ex. feldspath-K en biotite). - Affecte surtout la matrice des roches volcaniques porphyriques. - Veines avec halo d'altération le long des épontes d'ordre millimétrique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Préservation partielle de la plupart des textures primaires. 	<ul style="list-style-type: none"> - Entre 5% et 25% de modification (textures et/ou minéraux) provenant de la paragenèse d'altération. - Traces de dissolution ou de remplacement en bordure des cristaux et ou grains. Texture d'infiltration, interdigitations et de remplissage. - Commence à former des pseudo-morphes, faible remplacement le long des clivages et développement de couronnes ou de zonations. - Aspect hétérogène, irrégulier, disséminé, en plaques et bigarré.

Tableau 2 (suite)

Intensité de l'altération	Préservation des minéraux précurseur	Distribution des minéraux d'altération	Préservation des textures antérieures	Nouvelles textures
<p>Modérée</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les feldspaths sont partiellement remplacés ou recristallisés avec reliques toujours visibles. Les phénocristaux ignées sont partiellement préservés mais la matrice est complètement remplacée. Alternativement, certains phénocristaux sont préférentiellement altérés (phénocristaux de plagioclase altérés en amphibole ou surcroissance importante d'albite). - La plupart des minéraux mafiques sont remplacés et la morphologie initiale des grains est préservée (p. ex. clinopyroxène remplacé par amphibole, ou amphibole remplacée par épidote et/ou chlorite). 	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement sporadique pénétratif irrégulier et sélectif de type stratoïde, en imprégnation, en front d'altération, interdigité, bigarré, ou sous forme de veines ou dans les zones de cisaillement. Se trouve sous forme de lentilles, poches et cristaux disséminés communément plus grossiers que la matrice. - Remplacement pénétratif irrégulier avec des zones où l'altération est plus prononcée. - Veines avec un halo d'altération le long des épontes d'épaisseur d'ordre centimétrique. - Degré de remplacement dépendant de la granulométrie ou de l'hétérogénéité de la composition du précurseur. Affecte la matrice et les phénocristaux des roches volcaniques porphyriques et les différents lits de roches sédimentaires. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les textures délicates et les textures des minéraux microcristallins ou à grains fins sont substantiellement modifiés. Les textures des minéraux plus grossiers sont préservées mais localement détruites ou recristallisées. - La texture primaire dicte l'aspect des nouvelles textures et influence la granulométrie. 	<ul style="list-style-type: none"> - Entre 25% et 75% de modification (textures ou minéraux) provenant de la paragenèse d'altération. - Aspect hétérogène et irrégulier avec une texture marbrée, bigarrée et tachetée. Parfois développement de texture pseudo-pegmatitique locale. - Grains fins à grossiers.

Tableau 2 (suite)

Intensité de l'altération	Préservation des minéraux précurseur	Distribution des minéraux d'altération	Préservation des textures antérieures	Nouvelles textures
Forte	<ul style="list-style-type: none"> - Minéraux du précurseur presque complètement remplacés et/ou recristallisés. - Bordures de phénocristaux parfois encore visibles, fantômes de certains minéraux. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement généralisé sous forme d'imprégnation régulière homogène ou hétérogène avec un contact graduel ou franc entre les zones d'altération. - Veines ou matrice de brèches avec un halo d'altération le long des épontes d'ordre décimétrique. - Le degré de remplacement est indépendant de l'hétérogénéité compositionnelle ou texturale d'une même unité. Affecte différemment des unités distinctes séparées par une structure marquée (p. ex. discontinuité, brèche). 	<ul style="list-style-type: none"> - Textures primaires presque complètement détruites (peu importe la granulométrie, la matrice et les phénocristaux). - Reliques et fantômes éparses retrouvées dans des zones moins affectées par l'altération. - Certaines structures sont détruites. 	<ul style="list-style-type: none"> - Entre 75% et 98% d'éléments (textures ou minéraux) modifiés provenant de la paragenèse d'altération. - Front d'altération graduel généralement équigranulaire. Un aspect uniforme prédomine avec des reliques bigarrées de précurseur moins altéré.
Intense	<ul style="list-style-type: none"> - Aucun minéral primaire n'est préservé. L'assemblage minéralogique est complètement distinct de celui du précurseur. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement généralisé sous forme d'imprégnation uniforme (p. ex. paragenèse et mode des minéraux) et communément massive (orientation aléatoire des minéraux) sur une échelle métrique ou supérieure peu importe la nature du précurseur ou encore remplacement complet mais où les paragenèses ou la composition modale des minéraux varient en fonction du précurseur (p. ex. altération stratoïde). 	<ul style="list-style-type: none"> - La texture originale est détruite ou la roche est complètement recristallisée. - Pseudomorphes ou fantômes de phénocristaux peuvent demeurer visibles. Certaines structures sont préservées (p. ex. litage, discontinuité, brèche, etc.) - Le précurseur est difficilement reconnaissable à l'échelle macroscopique ou microscopique. 	<ul style="list-style-type: none"> - >98% d'éléments (textures ou minéraux) modifiés provenant de la paragenèse d'altération. - Aspect massif, homogène et régulier du remplacement. - Texture grenue ou en mosaïque avec des cristaux équigranulaires hypidiomorphes et/ou idiomorphes. - Grains microcristallins à grossiers.

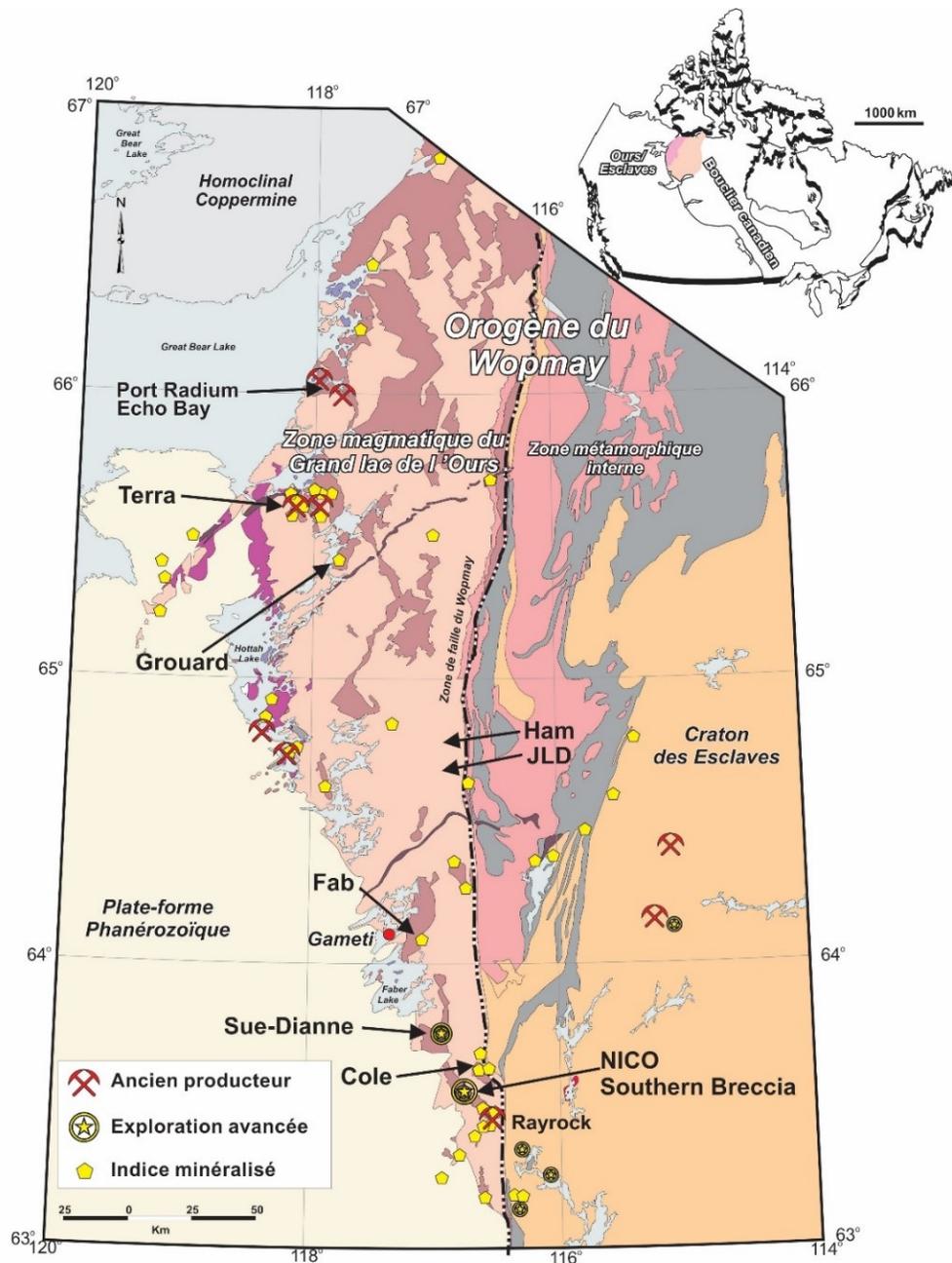
CHAPITRE 5

CARACTÉRISTIQUES MÉGASCOPIQUES, MICROSCOPIQUES ET CHIMIQUES

5.1 Introduction du chapitre

Ce chapitre rassemble les observations sur la majorité des faciès d'altération à magnétite dans la ZMGLO. Dans l'optique d'effectuer une caractérisation exhaustive de la magnétite en répertoriant ses différentes occurrences, chaque système IOAA sélectionné comprend une description des lithologies précurseurs, des altérations hydrothermales, des relations de recoupement ou de superposition entre les lithologies précurseurs, les diverses altérations et la minéralisation. Un court paragraphe présente le contexte général de chaque secteur afin d'en situer les unités précurseurs. Une courte description lithogéochimique vient aussi appuyer les observations pétrographiques et permet de quantifier la minéralisation et les proportions cationiques des éléments majeurs des paragenèses d'altération. L'ensemble des planches photos référées dans le corps du mémoire sont situées à l'annexe II.

Les systèmes de la ZMGLO ont été divisés en 36 secteurs différents par Hayward et al. (2013). Pour ce mémoire, les districts IOCG de Port Radium-Echo Bay et de la rivière Camsell, les systèmes de Lou (gisement de NICO), de Mazenod (gîte de Sue-Dianne), de Grouard, de Fab et de Cole et les indices Ham et JLD ont été sélectionnés (Figure 9). Au cours des travaux antérieurs, une caractérisation des altérations à partir des données de terrain a été accomplie et leurs processus de formation ébauchés (Corriveau et al., 2010a, b, 2011, et séries de cours intensifs et gradués encore inédits). Ce chapitre utilise les observations mégascopiques antérieures comme point de départ. Y sont aussi présentées, les observations microscopiques détaillées effectuées dans le cadre de ce mémoire couplées étroitement aux données de terrain et aux caractéristiques mégascopiques obtenues sur des tranches d'échantillons de roches. La documentation fine des faciès d'altération qui en découle affine encore plus les connaissances sur les caractéristiques intrinsèques des divers types d'altérations IOAA à magnétite, leur évolution spatiale et temporelle et les processus potentiellement impliqués dans leur formation. Il en découle aussi une observation des caractéristiques qui pourront servir subséquemment pour la définition de vecteurs minéralogiques de minéralisation axés sur la magnétite, ses inclusions, ses minéraux associés, ses textures et autres caractéristiques typées.



- | | |
|--|--|
| <p>Protérozoïque - Orogène du Wopmay</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Néoproterozoïque: Sill du Hottah ● Zone magmatique du Grand lac de l'Ours ● Volcanique, porphyrique & roches métasédimentaires ● Roches plutoniques ● Zone métamorphique interne ● Suite d'intrusions de Hepburn ● Roches Métasupracrustales | <p>Archéen - Orogène du Wopmay</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Zone métamorphique interne ● Plutons néoarchéens ● Roches métasédimentaires <p>Archéen - Craton des Esclaves</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Roches plutoniques néoarchéennes ● Roches métasédimentaires |
|--|--|

Carte de Pierce & Turner (2004); Géologie d'après Hoffman & Hall (1993); Jackson (2006, 2008); Pierce & Turner (2004); Stublely (2005); Indices minéralisés NORMIN.db (www.nwtgeoscience.ca/normin)

Figure 9 : Localisation des systèmes présentant des altérations en éléments alcalins et à magnétite.

5.2 Le district de Port Radium-Echo Bay

5.2.1 Contexte général

Le district de Port Radium-Echo Bay est localisé au nord-ouest de la ZMGLO, sur la marge orientale du Grand lac de l'Ours (Figures 9, 10). Quatre mines y ont autrefois été exploitées : Eldorado, Echo Bay, Bonanza, El Bonanza et Contact Lake). Ces mines étaient axés sur la composante épithermale des systèmes à oxydes de fer et à altération en alcalins de la région et leurs veines à U, Ag et Cu avec des enrichissements en Ni, Co, Bi, Ra, Pb et Zn (Kidd, 1932; Badham, 1975; Mumin et al., 2010). De multiples occurrences de minéralisation y sont observées incluant des veines de quartz-hématite à Cu \pm Pb, Zn et U, des veines à quartz et carbonates contenant des sulfures et des sulfo-arséniures de Cu-Ag \pm Co, Bi et Ni, des veines de type épithermal à Cu-Ag \pm Pb, Zn, Co, Bi et U, des zones d'altération potassique, phyllique, propylitique et à oxyde de fer minéralisée en Cu-Au-Ag-Co dans des brèches hydrothermales et structurales, des zones de remplacement et de brèches à sulfures et sulfo-arséniures de Zn-Pb-Cu-Ag \pm Ni et Co encaissés dans des unités volcaniques et des altérations de type skarn minéralisées en Cu, Pb, Zn, Ag, Mo et W (Badham, 1975; Kissin, 1993; Camier, et al., 2007; Mumin et al., 2007, 2010).

Le secteur est formé du Groupe de LaBine et ses zones d'altération ainsi que d'intrusions sub-volcaniques qui leurs sont contemporaines (Planches 1 et 2 en Annexe II; Hildebrand et al., 1987; Reardon, 1992; Mumin et al., 2007, 2010; Mumin, 2015). Ce groupe est constitué de coulées de laves (Planche 2 A), de brèches volcaniques ainsi que d'unités volcanoclastiques (Planche 1 C, F) de composition andésitique ainsi que de faibles proportions de lits de siltstone, de grès et de conglomérats (Planche 1 D) (Hildebrand, 1981, 1984). Les laves andésitiques sont porphyriques, avec des phénocristaux hypidiomorphes à idiomorphes de plagioclase, et localement amygdulaires. Les plutons sub-volcaniques se sont mis en place au sein des unités volcaniques et forment la suite intrusive de Mystery Island datée à 1,87 Ga (Planche 1 A, B) (Davis et al., 2011). Ces intrusions forment des feuilletés de composition dioritique à monzonitique et contiennent de la biotite, de l'amphibole et jusqu'à 3% de magnétite avec des traces d'apatite, de titanite et de zircon. Ces corps intrusifs sont interprétés comme co-magmatiques aux roches volcaniques andésitiques et comme constituant une source des fluides pour former les altérations IOAA retrouvées dans le secteur (Hildebrand, 1984; Reardon, 1992; Mumin et al., 2007). Les travaux récents appuient la nature magmatique des fluides au sein des systèmes IOAA de la ZMGLO sans toutefois en préciser la source ponctuelle (Acosta-Góngora et al., 2014, 2015a, b).

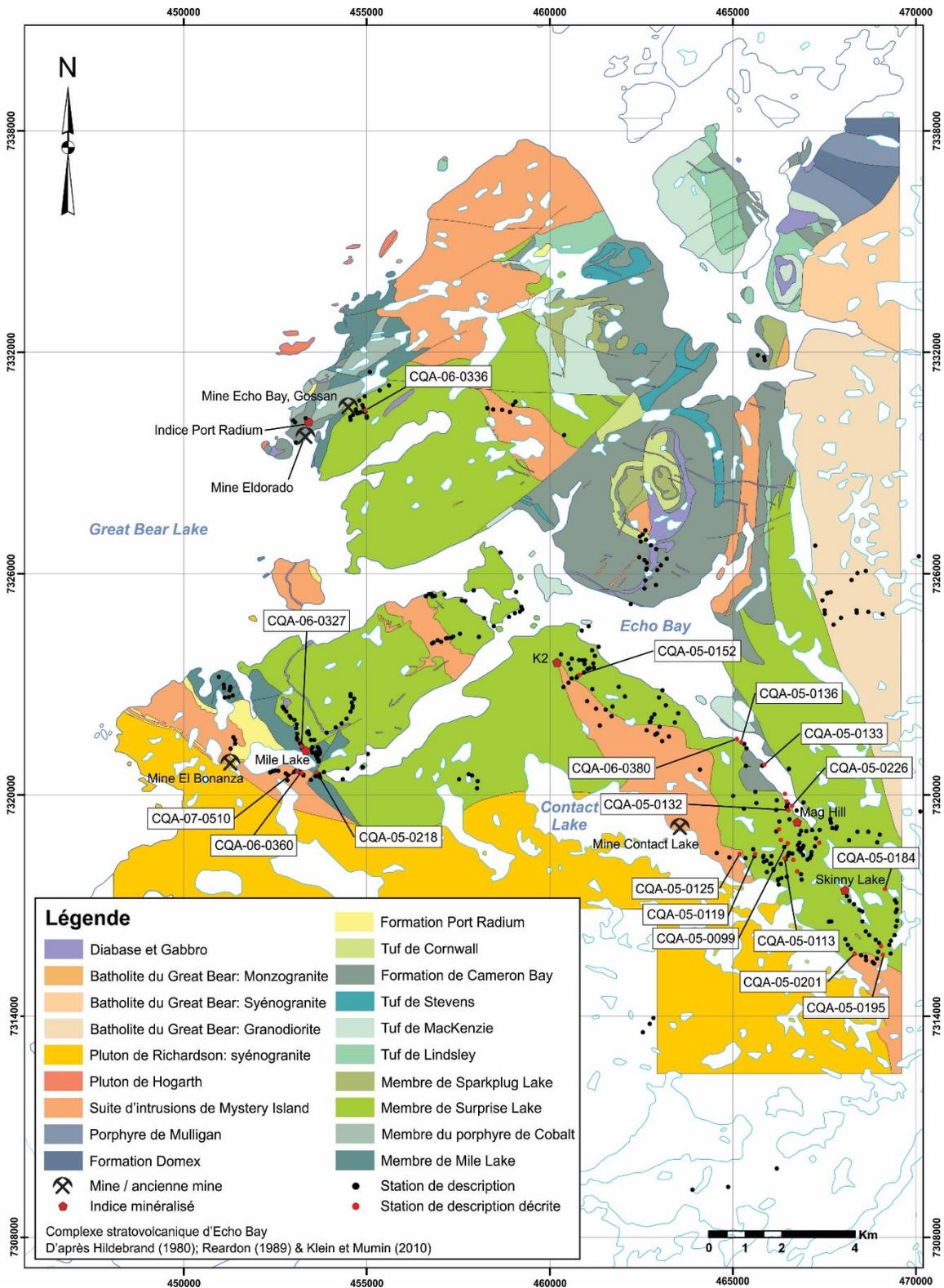


Figure 10 : Carte géologique du système de Port Radium-Echo Bay d'après Hildebrand (1980, 1983), Reardon (1989) et Mumin (2015).

Le secteur a été ré-examiné par L. Corriveau au cours des étés 2005 à 2007 et les types d'altération de centaines d'affleurements décrits, échantillonnés et photographiés. Pour cette étude, 27 stations ont été sélectionnées et celles affectées par une paragenèse à magnétite ont été soumises à une étude pétrographique. Ces études sont complémentaires à celles menées par Percival et al. (données inédites 2015), May (2007), Mumin et al. (2007, 2010) et Reardon (1992) sur ce même district. La figure 10 permet de localiser les échantillons au sein du stratovolcan d'Echo Bay (Hildebrand, 1983) tandis que les planches 1 à 11 en annexe II présentent les photos des roches du secteur.

Des paragenèses (HT) Na, (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe, (HT) K-Fe, skarn et des assemblages de basse température avec ou sans hématite sont observés dans ce vaste système hydrothermal où un continuum entre les gîtes de type IOCG-porphyrés-épithermaux a été documenté (Mumin et al., 2010). Les paragenèses à magnétite sont surtout observées structuralement au dessus des corridors d'albitites qui longent les intrusions sub-volcaniques, et ont été particulièrement documentées au cours de ces travaux à l'est du pluton de Contact Lake dans le secteur de Mag Hill et vers le sud-est.

5.2.2 Paragenèses sodiques et sodiques-calciques à fer

Les paragenèses (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe sont majoritairement retrouvées sous forme de remplacement généralisé particulièrement bien développé à la marge des plutons de la suite de Mystery Island, au sein d'andésites porphyriques relativement uniformes. Le remplacement y détruit les textures primaires des précurseurs massifs pour former une albitite homogène, hétérogranulaire, généralement blanche et cristallisant en un grain moyen (Planche 1 E). Quelques rares unités sédimentaires et volcanoclastiques litées sont présentes à l'extrémité est de la ceinture de Contact Lake. Sur ces affleurements, certains lits présentent une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe à grains fins à amphibole interlités avec de l'albitite (Planche 4 C) (Corriveau et al., 2010a).

Dans la ceinture de Contact Lake, l'albitite forme un corridor marginal à l'intrusion de diorite-monzodiorite sur une superficie d'affleurement d'extension plurikilométrique et de puissance kilométrique. L'albite y est communément à grains fins à moyens et peut recristalliser jusqu'à former une texture hypidiomorphique granulaire. En s'éloignant de l'intrusion, l'albitite transite vers des paragenèses (HT) Na-Ca-Fe qui cristallisent sous forme de pseudo-pegmatite à partir de l'andésite porphyrique (Planche 2 F). Cette paragenèse peut prendre la forme de fronts de remplacement pénétratif irrégulier (Planche 2 B, C), sporadique et hétérogène (Planche 2 D)

ou marque des zones inter-lobées entre des fronts lobés d'albite (Planche 2 E; Corriveau et al., 2010a, b). Ultiment, le remplacement forme des pseudo-baguettes pluricentimétriques d'albite qui, bien que très bien définies à l'échelle mégascopique, sont en fait formées d'un amalgame de cristaux d'albite finement grenus ayant une texture en mosaïque (Planche 3 D). Des proportions variables d'actinote, de magnétite et d'apatite et accessoirement de l'augite, de la titanite, du rutile et du zircon cristallisent entre les baguettes (Planche 3 A, B, C). La magnétite forme des agrégats constitués de grains allotriomorphes finement grenus dans les zones inter-baguettes et est également présente sous forme de disséminations microcristallines dans les pseudo-baguettes d'albite (Planche 3 E, F). Pour certaines paragenèses (HT) Na-Ca-Fe à texture pseudo-pegmatitique, des phénocristaux de plagioclase pseudomorphisés en albite sont observés avec des surcroissances d'albite menant à la formation des pseudo-baguettes de taille centimétrique constituées d'un amas de microcristaux d'albite (Planche 3 F). Cette altération peut également être observée sous forme de remplacement généralisé sélectif sur l'andésite porphyrique avec un remplacement préférentiel des phénocristaux en amphibole contenant de la magnétite disséminée et une matrice à albite, actinote, magnétite avec des traces de titanite et d'apatite (Planche 4 A, B).

Dans la région du prospect de Mile, à proximité du contact d'une intrusion de la suite de Mystery Island, une unité volcanoclastique est presque totalement albitisée et communément bréchifié. On y note un remplacement de certains lits par une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe qui préserve les structures litées du précurseur et présente des masses décimétriques irrégulières complètement albitisées typiques d'une altération Na qui elle détruit le litage précurseur. Dans d'autres zones, les albitites sont bréchifiées avec remplissage d'amphibole avec ou sans magnétite (Planche 4 C, D, E). L'altération (HT) Na-Ca-Fe (en fait Na+Ca-Fe) est composée d'une alternance de lits d'albite (Na) et de lits d'amphibole (Ca-Fe) avec des plages irrégulières de magnétite intercristallines à l'amphibole (Planche 4 F). L'altération (HT) Na-Ca-Fe peut également être associée à des assemblages de type skarn à albite, clinopyroxène, amphibole et grenat de type andradite ou l'unité volcanoclastique est complètement albitisée puis bréchifiée et remplacée par des skarns (Planche 1 F). Bien que cette altération recoupe une albitisation précoce communément blanchâtre, l'albite spatialement associée aux skarns a une teinte rosée ce qui est fréquemment observé dans les albitites ou deux phases d'albitisation se forment (Montreuil et al., 2015; Corriveau et al., données inédites 2015).

Au sud-est de Skinny Lake, à l'extrémité du membre de Surprise Lake (Figure 10), la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe forme un remplacement stratoïde composé de lits d'actinote massive

contenant de rares agrégats de magnétite de forme irrégulière intercalés de lits majoritairement composé d'albite avec de la magnétite (mineure) et de l'actinote (dominante) allotriomorphe et disséminée (Planche 5 B, C). Sur le même affleurement (c.-à-d. CQA-05-0195), des veines rubanées sub-parallèles et discontinues à amphibole et magnétite recourent l'albite (Planche 5 A) et sont difficile à différencier des altérations stratoïdes. Sur d'autres affleurements, la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe se présente aussi sous forme de veines avec un remplissage à actinote et magnétite associée à une imprégnation des épontes à albite sur l'andésite préalablement affectée par une altération sodique généralisée (Planche 5 D). Ces veines sont interconnectées par des zones de remplacement montrant un assemblage minéralogique identique. De plus, certaines veines ou fractures développent une forte imprégnation des épontes produisant une texture en peigne formée par la croissance de pseudo-cristaux d'albite perpendiculaire à la structure avec de la magnétite et de l'actinote intercrystalline (Planche 5 E et F). Les relations texturales entre les phases calciques à fer et sodiques indiquent leur contemporanéité et les distinguent des faciès d'altération calciques à fer illustrés à la planche 6.

À Mile, l'unité volcanoclastique proximale à l'intrusion de la suite du Mystery Island présente des zones où l'albitisation est modérée. Une unité carbonatée de patine brune, multiphasée et d'épaisseur métrique affleure parmi ces tufs albitisés et est concordante avec leur stratification (Planche 7 A). L'origine de cette unité est difficile à circonscrire avec les informations obtenues à ce jour; par contre les assemblages observés avec la magnétite valent la peine de s'y attarder. Cette unité est composée de dolomite grenue légèrement enrichie en Fe et Mn et est recoupée par des veines discontinues très effilochées qui sont constituées de calcite, grenat de type majorite (21% Mg, 16% Si, 10% Al et 3% Fe, exprimé en % poids) et magnétite avec des traces d'actinote, fluorapatite et galène (Planche 7 B à F). La magnétite forme des plages irrégulières filamenteuses et interconnectées et est spatialement associée au grenat formant un assemblage qui ressemble à celui des skarns à grenat et magnétite (Planche 7 E) toutefois la composition du grenat interprété comme de la majorite semble atypique. Contrairement aux roches environnantes ayant une composante carbonatée, l'unité n'est pas totalement transformée en skarn à clinopyroxène alors que les tufs à son contact sont albitisés ce qui suggère que cette unité pourrait être en fait ultérieure à l'altération pénétrative et donc représenter une veine de carbonate mise en place le long de la stratification. De plus, les grenats de type majorite impliquent une cristallisation sous très haute pression (manteau inférieur) qui serait plus compatible avec la mise en place d'une carbonatite. En ce sens, la présence de rares dykes de lamprophyres un peu plus au nord (bras ouest de Echo Bay) mérite d'être soulignée (Coriveau, données inédites 2015).

Un assemblage à biotite et à chlorite riche en La, Ce et Zn se superpose faiblement sur la paragenèse à magnétite (Planche 7 B).

5.2.3 Paragenèses calciques à fer

Les paragenèses (HT) Ca-Fe étudiées se présentent sous forme de veines et de remplacement dans l'andésite et sont retrouvés dans le secteur ouest d'Echo Bay et à Mag Hill. À l'ouest d'Echo Bay, les veines sont surtout composées de magnétite avec de l'amphibole et de l'apatite. Dans certaines veines, la magnétite entoure les cristaux d'apatite hétérogranulaires et idiomorphes à hypidiomorphes (Planche 6 A, B, C). L'apatite est localisée préférentiellement au cœur de la veine et forme une bande d'épaisseur centimétrique aux contacts diffus. À Mag Hill, les veines (HT) Ca-Fe sont principalement composées de magnétite et peuvent contenir des plages irrégulières d'apatite ou d'amphibole et apatite (Planche 6 D, E, F). Ces veines ont un aspect homogène et sont équigranulaires à grains fins. La paragenèse (HT) Ca-Fe est également présente sous forme de remplacement pénétratif irrégulier sur la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe et est difficilement discernable de cette dernière (Planche 8 C). Comparativement à la magnétite de la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe qui forme des plages intercrystallines aux pseudo-cristaux d'albite, la magnétite du remplacement (HT) Ca-Fe est équigranulaire, finement grenue et disséminée avec l'actinote (Planche 8 D, E, F).

Au sud-est de Skinny Lake (Figure 10), des veines (HT) Ca-K-Fe avec un remplissage à actinote et magnétite, accompagné d'une imprégnation des épontes en feldspath-K, recourent l'albitisation généralisée sur l'andésite et le remplacement (HT) Ca-Fe (Planche 8 A). Dans ces veines, la magnétite est soit disséminée au sein de l'actinote massive (Planche 8 B) ou elle forme des masses irrégulières à grains moyens (Planche 8 C, F). L'imprégnation potassique des épontes n'est pas toujours constante et montre une épaisseur centimétrique. Ce type de veines est commun à la transition entre zones de remplacement ou de veines (HT) Ca-Fe et zones de remplacement ou de brèches (KT) K-Fe (Corriveau et al., 2010a).

5.2.4 Paragenèses potassiques à fer

La paragenèse (HT) K-Fe est observée sous forme de remplacement pénétratif irrégulier sur l'andésite porphyrique (Planche 9 A). Cette altération est toutefois sélective avec un remplacement préférentiel des phénocristaux de plagioclase en albite avec localement des zones avec altération en feldspath-K (\pm séricite) et de la matrice en biotite, magnétite, feldspath et quartz

(Planche 9 B). Les textures trachitiques primaires définies par l'orientation préférentielle des phénocristaux de plagioclase sont préservées avec un remplacement d'amygdules en biotite, quartz et magnétite (Planche 9 C). La magnétite forme des cristaux hypidiomorphes disséminés dans la matrice avec une dissémination homogène de magnétite microcristalline localement lamellaire (Planche 9 D). Lorsque l'altération est plus intense, la magnétite et la biotite sont plus abondantes dans la matrice et la magnétite devient aussi présente en micro-inclusions dans les bordures de phénocristaux remplacés en feldspath-K (Planche 9 E). Cette altération est recoupée par un réseau de veinules (LT) Ca-Fe à calcite, magnétite, chlorite, épidote et chalcopryrite (Planche 9 F). Dans ces veines, la magnétite est microcristalline et allotriomorphe sous forme de disséminations sporadiques.

Les paragenèses (LT) K-Fe forment des veines à hématite et quartz accompagnées d'une imprégnation des éponges riche en séricite ainsi que des zones de remplacement (LT) K-Fe et (LT) Fe±Si où la distribution des oxydes de fer s'apparente à celle de la magnétite au sein des zones d'altération (HT) K-Fe, soit finement disséminés au sein de la matrice du précurseur volcanique (Planche 10). Les textures primaires peuvent également y être bien préservées ou non (p. ex. l'altération recoupe certains phénocristaux, remplace le cœur des amygdules à la planche 10 A et détruit complètement les textures de l'andésite porphyrique à la planche 10D). Parfois, l'hématite possède une relique de magnétite compatible avec une altération (HT) K-Fe antérieure (Planche 10 C).

5.2.5 Paragenèses potassiques de basse température

Les altérations de basse température se développent tardivement dans l'évolution du système. Aussi bien à Mile qu'à Mag Hill, les brèches et remplacements (HT) Na-Ca-Fe sont superposés par une imprégnation à feldspath-K et minéraux hydratés qui préserve la texture du précurseur et est interprétée comme une altération (LT) K (Planches 4 E et 11 A, C, D). Dans le secteur de Mile, l'altération (LT) K est composée d'un assemblage à feldspath-K, chlorite, épidote et carbonates avec des traces de pyrite, sphalérite et galène (Planche 11 B). La magnétite, associée à un remplacement (HT) Na-Ca-Fe, montre des golfes de corrosion et des porosités distribuées de façon concentrique dans les cristaux indiquant une résorption des cristaux causée par l'imprégnation (LT) K (Planche 11 B). À Mag Hill, l'altération (LT) K est composée d'un assemblage d'altération phyllique à feldspath-K, séricite et chlorite avec des occurrences de pyrite et chalcopryrite (Planche 11 C à E). Cette altération a la capacité de remplacer le cœur des

phénocristaux d'albite par de la pyrite hypidiomorphe contenant des inclusions de galène (Planche 11 E).

5.2.6 Lithogéochimie

La figure 11 présente les proportions molaires (voir section 3.5) des échantillons décrits dans le secteur de Port Radium-Echo Bay. Ces échantillons sont comparés à la monzodiorite de l'intrusion de Contact Lake qui a été interprétée comme comagmatique aux andésites qui encaissent les divers faciès d'altération par Hildebrand et al. (2010b). Globalement, les proportions molaires des faciès d'altération concordent avec le type de paragenèse observée et l'intensité de l'altération. Les paragenèses (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe ont des proportions en Na, Ca et Fe totalisant majoritairement plus de 80% du ratio. Les échantillons où une imprégnation potassique se superpose sur l'altération (HT) Na-Ca-Fe montrent une plus forte proportion en K et une diminution du Na causées par le remplacement de l'albite en feldspath-K. Cependant, la proportion en Fe est similaire entre les paragenèses à magnétite et celles qui sont superposées par des altérations de plus basse température. Dans la majorité des cas, la proportion en Fe des altérations contenant de la magnétite est supérieure à la proportion en Fe de la monzodiorite légèrement superposée par une altération à feldspath-K. Les paragenèses (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe montrent les proportions en Ca les plus élevées bien que la proportion en Fe est, dans la plupart des cas, inférieure à celle des autres altérations contenant de la magnétite. Les remplacements (HT) Na-Ca-Fe, (LT) Fe±Si et (LT) K-Fe et les veines à magnétite et apatite (échantillons CQA-05-0152B et C) montrent les plus fortes proportions en Fe et coïncident avec les échantillons qui comprennent le plus de magnétite et/ou d'hématite.

Les échantillons avec les plus fortes concentrations en Ba sont retrouvés dans les altérations potassiques et phylliques. La présence de cristaux de barite dans l'échantillon CQA-05-208G où l'on retrouve une imprégnation potassique qui superpose une altération (HT) Na-Ca-Fe suggère que la formation de barite est tardive dans l'évolution du système. Les échantillons montrant les plus fortes concentrations en V sont associés à l'ensemble des zones d'altération à paragenèses (HT) Na-Ca-Fe ainsi qu'à la veine à magnétite et apatite (échantillon CQA-05-0152C). Les paragenèses (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe montrent des valeurs en Cr plus élevées que celles des altérations subséquentes. Les échantillons riches en Cu sont également enrichis en Pb et Bi. Les skarns montrent les concentrations en Zn les plus élevées (jusqu'à 789 ppm) avec des concentrations en Pb au-dessus de la tendance générale. L'enrichissement le plus marqué en Ni et Co est associé à une altération phyllique.

Les diagrammes de la figure 12 présentent la concentration en terres rares des différentes paragenèses d'altération où là encore la concentration en terres rares de différents échantillons de monzodiorites est utilisée comme référence à défaut d'avoir pu analyser des andésites fraîches (ces dernières étant systématiquement altérées au niveau des traverses faites à travers le système). Pour les paragenèses à magnétite, les concentrations en terres rares légères sont supérieures aux terres rares lourdes. Les paragenèses (HT) Na montrent des concentrations en terres rares majoritairement inférieures aux monzodiorites. Deux échantillons possèdent de plus faibles concentrations en terres rares et une concentration en Eu semblable aux autres paragenèses sodiques. Ces échantillons sont fortement altérés et possèdent les plus fortes concentrations en Na des roches analysées disponibles dans ce secteur (c.-à-d. 8,5, 7,3 et 7 % Na_2O ; Reardon, 1992; Corriveau et al., 2015). Les patrons de distribution des paragenèses (HT) Na-Ca-Fe qui sont superposées par une altération de plus basse température sont similaires aux patrons de paragenèses n'ayant pas été affectées par une altération subséquente. Les paragenèses (HT) Ca-Fe montrent un patron similaire aux paragenèses (HT) Na-Ca-Fe avec un échantillon fortement enrichi en terres rares expliqué par une abondance d'apatite. Pour les paragenèses (HT) Fe et (HT) K-Fe, la concentration en terres rares est légèrement inférieure à celle de la monzodiorite. Les altérations (LT) Fe à hématite montrent une anomalie positive en Eu comparativement aux autres altérations. Finalement, les altérations de basse température à épidote-chlorite, tourmaline-chlorite et à quartz montrent un patron de terres rares plat.

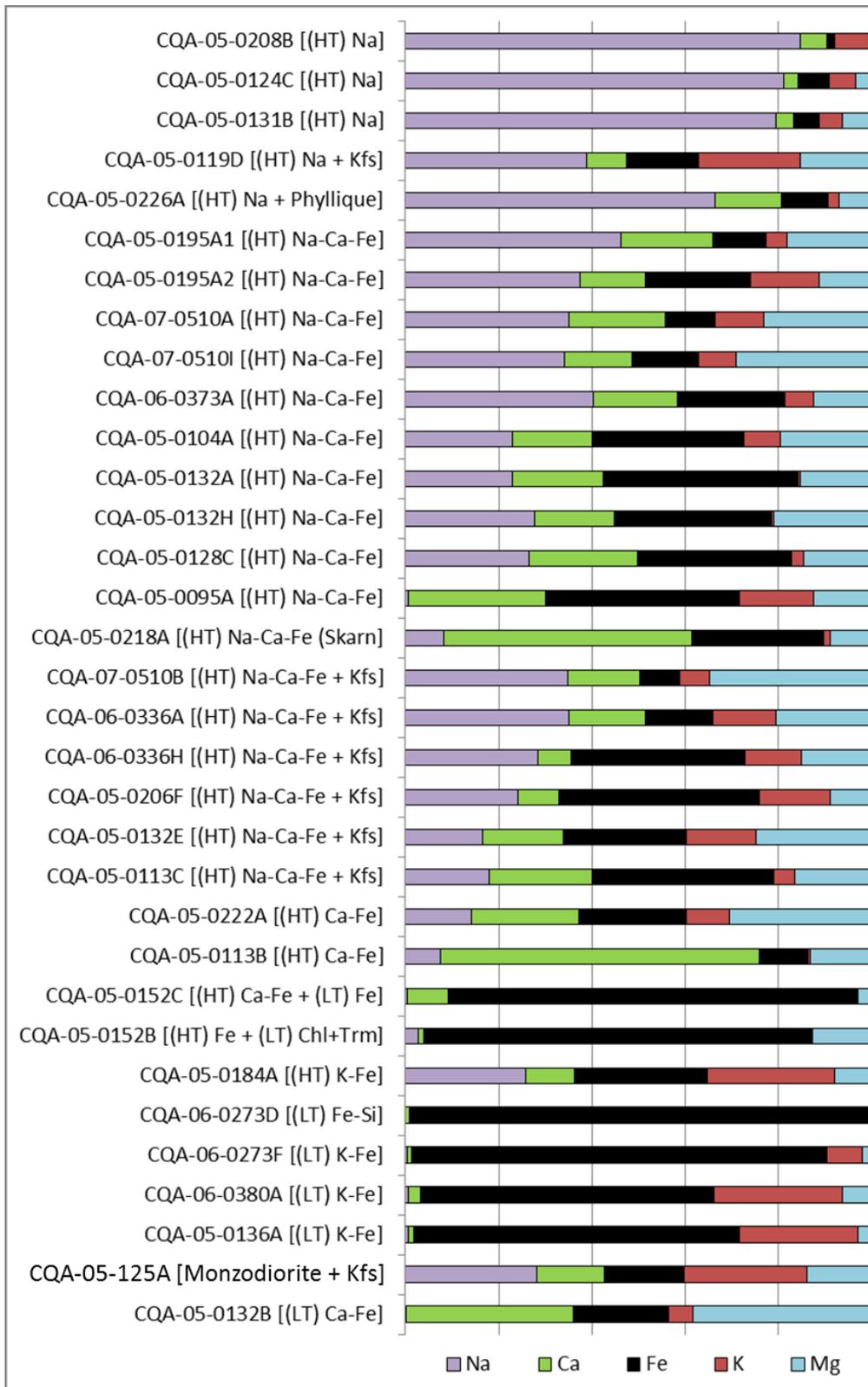
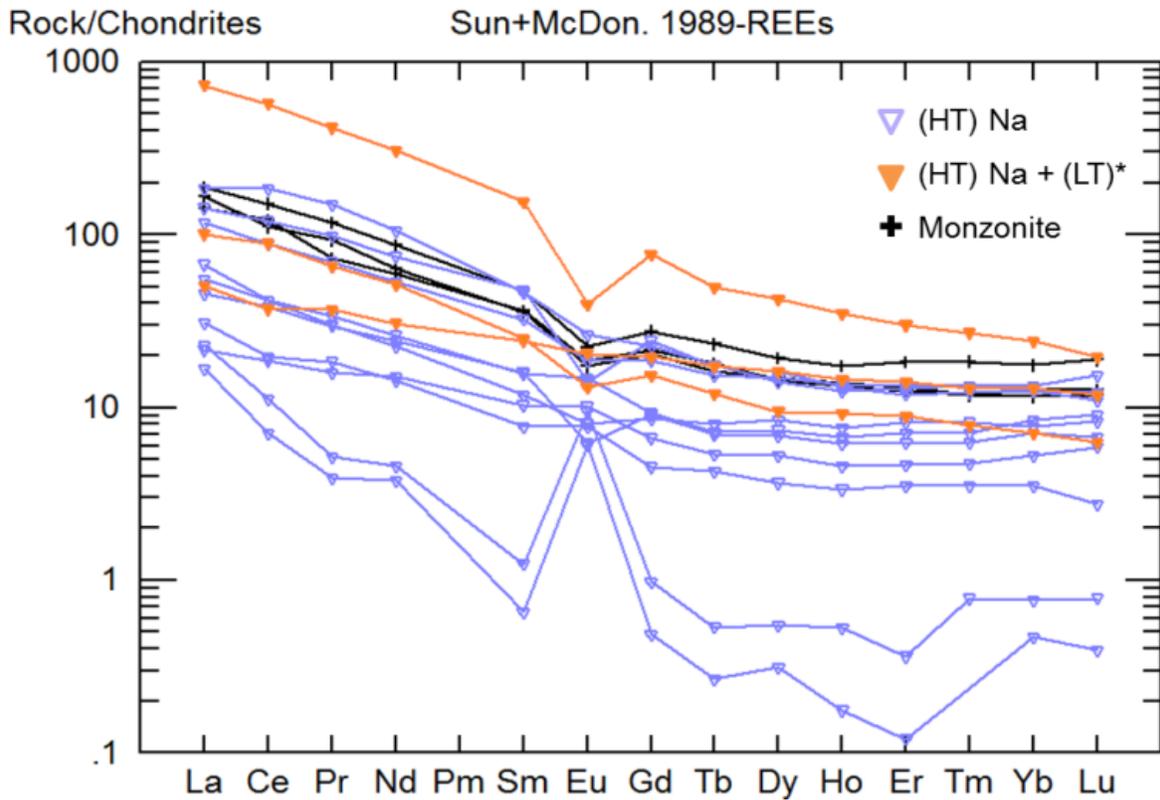
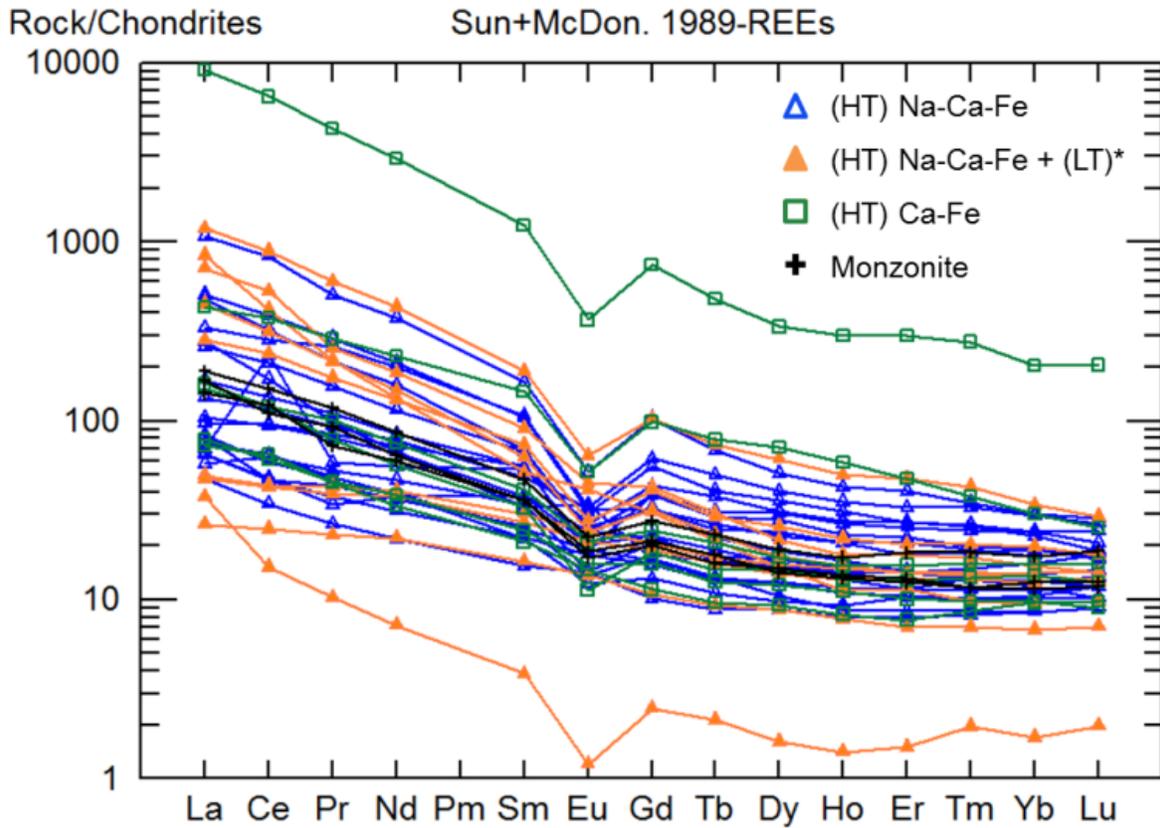


Figure 11 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Port Radium-Echo Bay (analyses dans Corriveau et al., 2015).



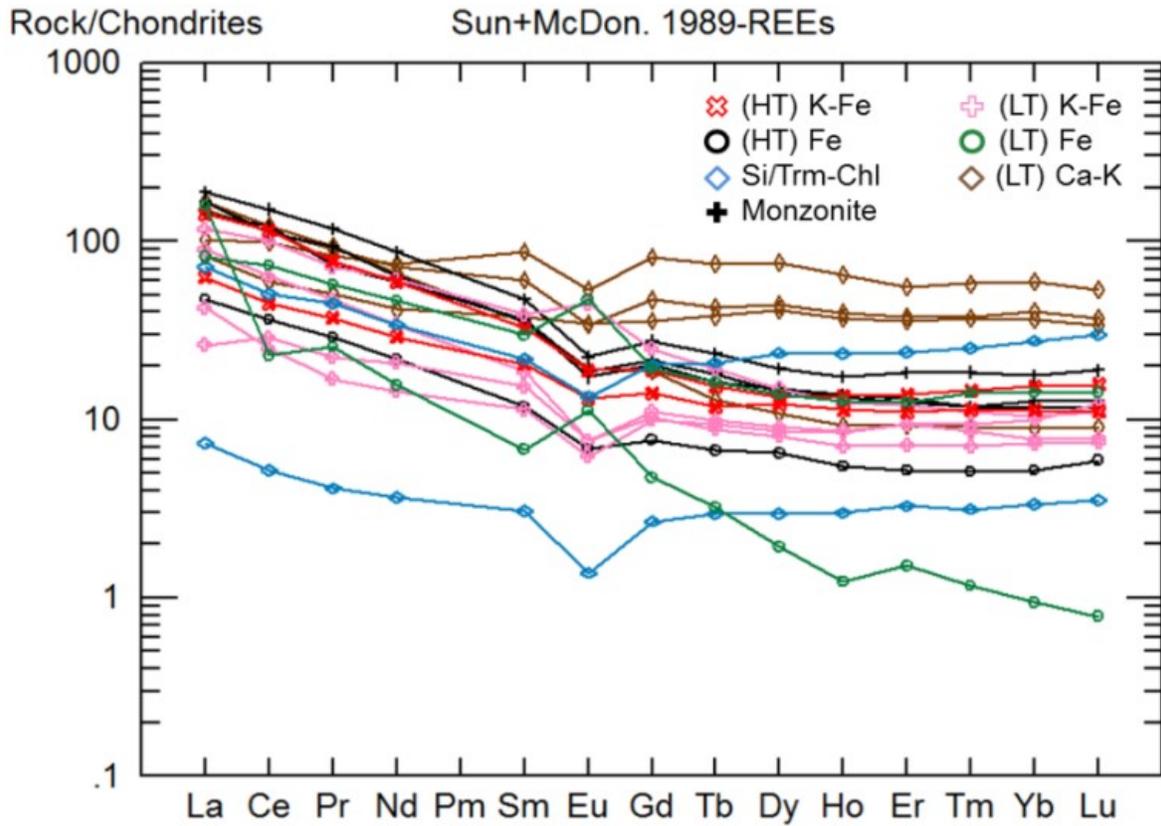


Figure 12 : Diagrammes multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Port Radium-Echo Bay (analyses dans Corriveau et al., 2015).

5.3 Le système de Grouard

5.3.1 Contexte général

Le système de Grouard est situé au nord de la ZMGLO et au sud-est du système de la rivière Camsell (Figure 9). Le secteur est constitué de roches volcaniques mafiques à intermédiaires (c.-à-d. basaltes et andésites), de tufs et de roches sédimentaires détritiques et carbonatées appartenant au Groupe de LaBine (Hildebrand, 1987; Knox, 1998; Figure 13). Ces unités supracrustales sont recoupées par des intrusions sub-volcaniques de composition granitique à dioritique (Hildebrand, 1984; Hildebrand et al., 2010b). L'ensemble des unités sont basculées et recoupées par des failles majeures orientées vers le sud-ouest (Hildebrand, 2011). La principale occurrence de minéralisation est retrouvée à l'indice Hillside décrit comme une zone minéralisée sise au sein de roches calco-silicatées associées à une altération de type skarn (Knox, 1998). Aucun échantillon n'a été prélevé sur cet indice lors des travaux de terrain, la compagnie n'ayant pas été contactée au préalable. Une description macroscopique préliminaire des roches du secteur et des différents faciès d'altération a été réalisée par Hamel (2013) dans ce secteur. Ici, seule une brève description des principales paragenèses à magnétite est présentée. Les planches 12 à 14 présentent les photos des roches étudiées dans le secteur.

5.3.2 Paragenèses à magnétite

L'ensemble du spectre d'altération des systèmes IOAA est observé dans le système de Grouard. Dans le secteur sud qui encaisse les minéralisations à plomb et zinc, l'altération sodique abonde sous forme de remplacement généralisé à la fois sur les roches volcaniques et sédimentaires (Planche 12 A). Des skarns à clinopyroxène et calcite recoupent les albitites au sein des unités carbonatées et forment des zones de remplacements modérés à complets, pénétratifs, stratoïdes ou généralisés et incluant des zones bréchiques (Planche 12 A). Les skarns et les précurseurs albitisés sont eux-mêmes remplacés par des paragenèses (HT) Ca-Fe à actinote avec ou sans magnétite. Les paragenèses (HT) Ca-Fe forment elles aussi des zones de remplacements modérés à complets, pénétratifs irréguliers, stratoïdes ou généralisés ainsi que de nombreuses veines. Sur certains affleurements, les unités albitisées forment des zones bréchiques chaotiques où le remplacement (HT) Ca-Fe est pénétratif, stratoïde et irrégulier et affecte tant les fragments que la matrice (Planche 12 C). À l'inverse, la paragenèse (HT) Ca-Fe peut être simplement disséminée et remplacer uniquement les phénocristaux de feldspath d'un

précurseur porphyrique (Planche 12 D). Ce remplacement sélectif est caractérisé par la formation de couronnes à amphibole et magnétite jusqu'à un remplacement pseudomorphique complet des phénocristaux. La paragenèse (HT) Ca-Fe peut également former un réseau bien développé de veines à amphibole et magnétite qui lui confère un aspect bréchiq (Planche 12 E). Un spectaculaire remplacement sélectif et stratoïde de laminations de stromatolites par de la magnétite est observé dans les unités carbonatées (Planche 12 F). Le remplacement peut être également plus généralisé, pénétratif, subparallèle au litage et présenter un aspect anastomosé (Planche 13 A, B). Ce remplacement (HT) Ca-Fe est composé d'actinote, magnétite, titanite, fluorapatite et allanite. Une variation de l'intensité du remplacement permet de voir l'évolution minéralogique et texturale de l'altération. Dans les zones où le remplacement est d'intensité modérée, les phénocristaux montrent des signes de corrosion et la matrice est complètement remplacée en actinote et magnétite (Planche 13 C). La magnétite y est peu abondante, allotriomorphe et disséminée. Lorsque le remplacement est fort, les phénocristaux de feldspath sont partiellement à complètement remplacés par un assemblage ayant des proportions variables de magnétite, titanite et apatite (Planche 13 D). La magnétite est alors hétérogranulaire, majoritairement allotriomorphe et est retrouvée en disséminations microcristallines et en amas dans l'actinote et de taille plus grossière en remplacement des cristaux de feldspath (Planche 13 E). La magnétite est spatialement associée à la titanite qui est présente en inclusions et en lamelles d'exsolution dans la magnétite et en couronne autour de la magnétite (Planche 13 F). De plus, des lamelles d'oxyde de Ti sont observées dans les cristaux de magnétite plus grossiers.

Les paragenèses (HT) K-Fe sont discrètes et demandent une utilisation constante de l'aimant pour leur identification macroscopique. Cette altération est présente sous forme de remplacement généralisé irrégulier à texture bigarrée entre les lattes d'albite (Planche 14 A, B, C). La paragenèse (HT) K-Fe consiste en un assemblage à biotite, magnétite, feldspath-K et apatite avec des traces de molybdénite (Planche 14 C). La magnétite y est hypidiomorphe et devient plus grossière lorsque la biotite est abondante. La majorité des cristaux de magnétite possèdent des inclusions d'un oxyde de Ti-Mn-Fe (Planche 14 D). Dans cet échantillon, la concentration en Zn et Cu est relativement élevée mais n'est pas associée à la paragenèse (HT) K-Fe. La chalcopyrite et la pyrite sont plutôt retrouvées dans des plages diffuses à épidote et quartz qui se superposent sur l'altération (HT) K-Fe (Planche 14 A, E).

Finalement, des altérations de plus basses températures sont ubiquistes dans la région. Ces altérations ont divers aspects et se superposent ou recourent les paragenèses à magnétite.

Elles sont généralement formées d'un assemblage à épidote, chlorite, quartz et carbonates avec ou sans imprégnation à feldspath-K (Planche 14 F).

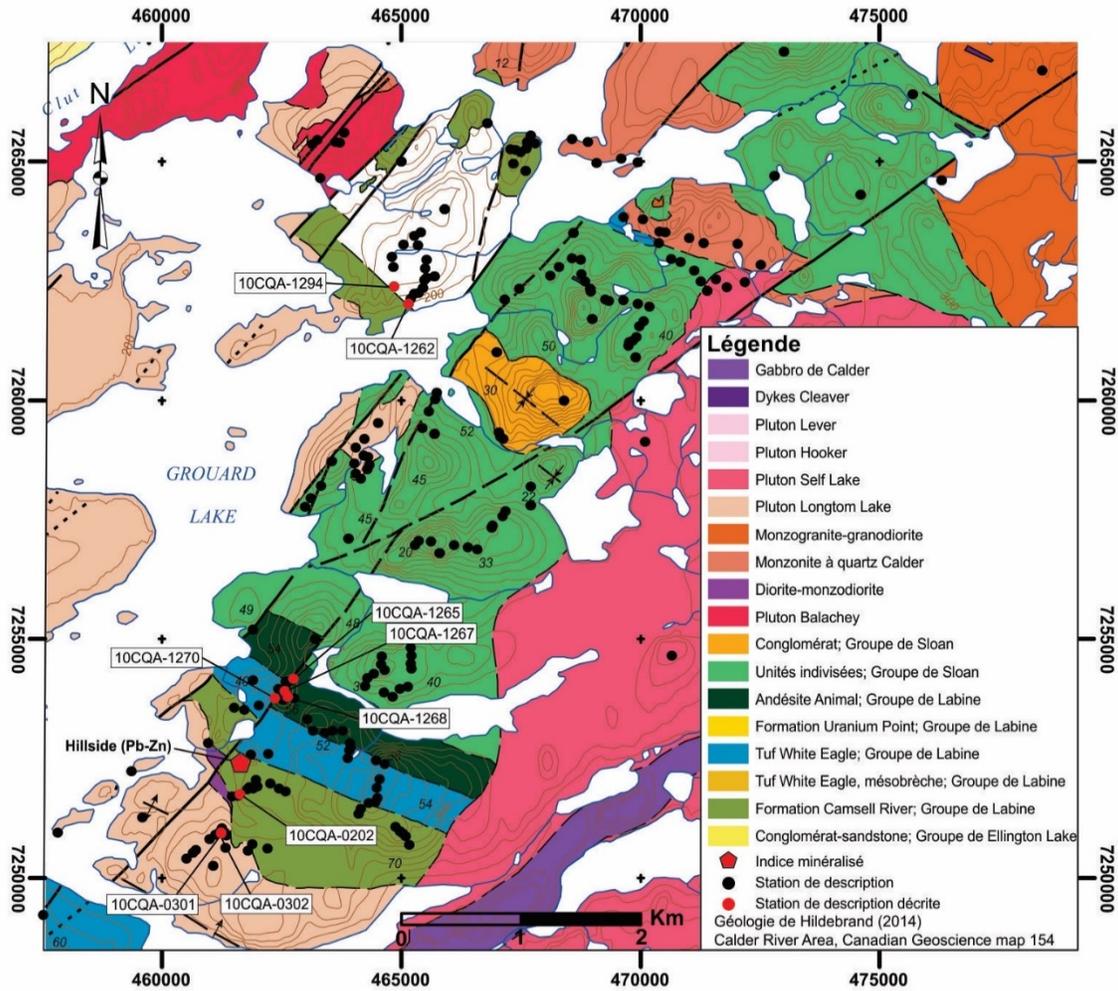


Figure 13 : Carte géologique du système de Grouard d'après Hildebrand et al. (2014).

5.4 Le système de Terra

5.4.1 Contexte général

Le système de Terra est situé dans le secteur de la rivière Camsell, au sud-est du Grand lac de l'Ours (Figure 9). Dans ce secteur, quatre mines (Terra, Northrim, Smallwood et Norex) ont produit de l'argent, du cuivre et du bismuth à partir des années 1960 jusqu'en 1985. La mine de Terra (aussi appelé mine Silver Bay) a produit 14,4 Moz d'Ag provenant de 520 500 tonnes de minerai (Northwest Geoscience Office, showing report 086ENE0012). La minéralisation contient des concentrations économiques en Ag, Cu, Bi et U et des concentrations anormales en Co, Ni, Zn et Au. La minéralisation exploitée se présente sous une série de veines polymétalliques (Badham, 1975; Mumin et al., 2010) et de brèches recoupant les roches sédimentaires (arénite) (Planche 15 A) et volcaniques (andésite porphyrique) (Planche 15 B) du Groupe de LaBine (Hildebrand, 1984). Ces roches sont recoupées au sud-ouest par l'intrusion de Rainy Lake et au nord-est par le pluton de Balachey. Les roches intrusives sont de composition monzonitique à monzodioritique et contiennent de la magnétite et de l'apatite (Planche 15 D). Ces intrusions sont comagmatiques aux laves andésitiques et les recourent. Les altérations à éléments alcalins et à oxydes de fer sont contemporaines à la mise en place de ces intrusions (Davis et al., données inédites 2015). La zone d'étude est recoupée par des failles décrochantes dextres orientées nord-est. Un assemblage à quartz, carbonates, hématite et chlorite remplit ces structures contenant le minerai argentifère autrefois exploité (Acosta et al., 2011). Les épisodes minéralisés sont polyphasés et peuvent contenir plus de 10% de sulfures stratoïdes et disséminés constitués majoritairement de pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, argentite, arséniures de Co-Bi et pechblende ainsi que de l'argent et du bismuth natif (Badham, 1975).

Le secteur de Terra même fut visité en 2009 et 15 stations y ont été décrites (Figure 14). Les travaux de terrain étaient axés sur la description des différents faciès d'altération et ont permis d'identifier les précurseurs décrits précédemment. Les planches 15 à 22 présentent les photos des roches étudiées dans le secteur.

Globalement, les faciès d'altération de haute température et les assemblages minéralogiques à magnétite (paragenèses (HT) Na, (HT) Na-Ca, (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) Fe et (HT) K-Fe) sont uniquement remplacées par superposition sur les unités sédimentaires et volcaniques. Les faciès de plus basse température ((LT) K, (LT) Ca-Fe) se présentent sous

forme de veines et de remplacement généralisé sur l'ensemble des précurseurs et des altérations de haute température.

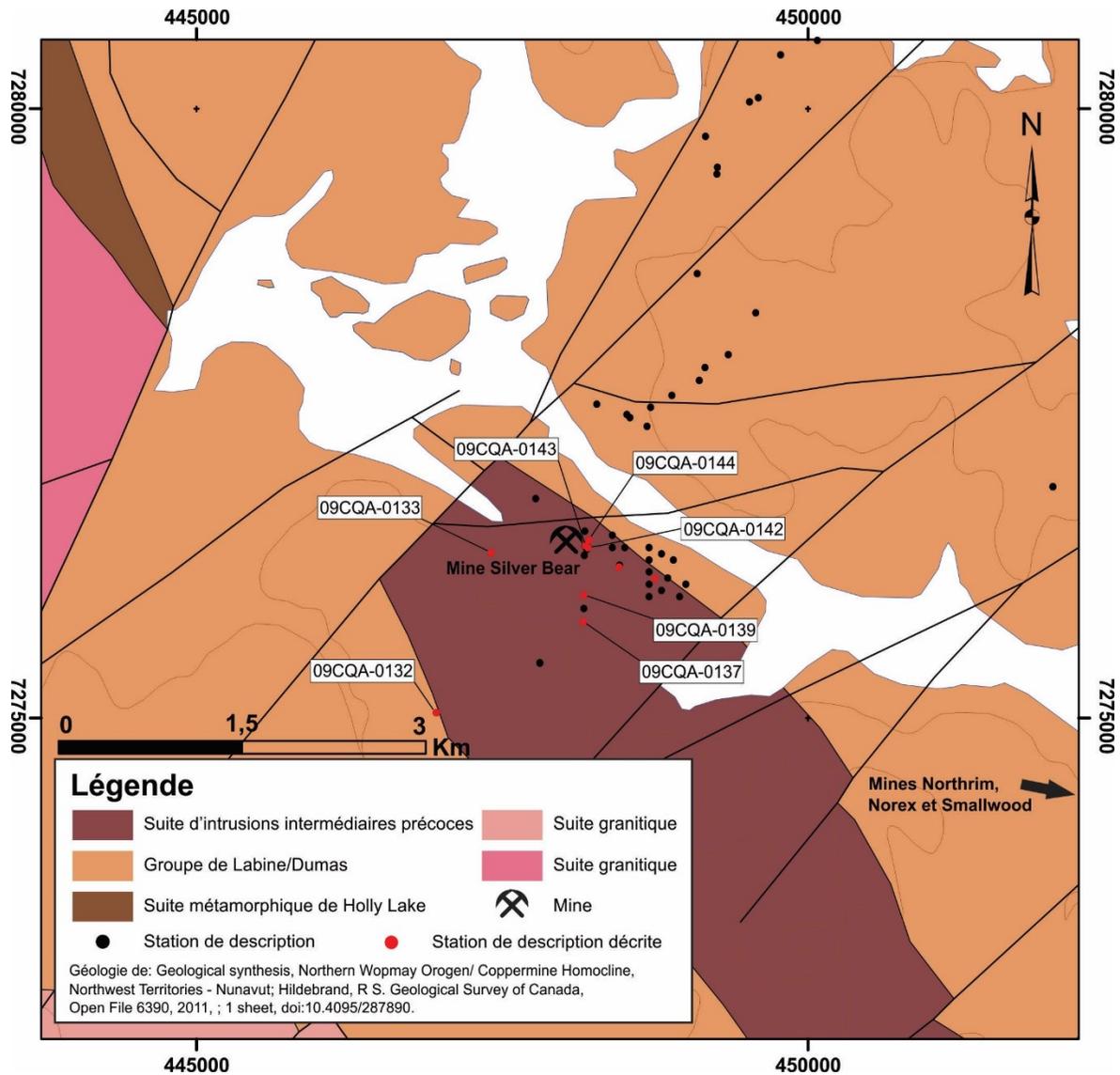


Figure 14 : Carte géologique du système de Terra d'après Hildebrand (2011).

5.4.2 Paragenèses sodiques et sodiques-calciques à fer

L'ensemble des altérations sodiques observées à Terra ont fait l'objet d'une étude approfondie par Hildebrand (1986). Ces paragenèses (HT) Na sont essentiellement composées d'albite avec de l'apatite, calcite et titanite comme minéraux accessoires et de rares occurrences de rutile et monazite (Planche 16 B, C). Le degré de remplacement à albite est fort à intense avec une préservation du litage dans les roches sédimentaires et la présence de fantômes et de

reliques de phénocristaux de plagioclase dans l'andésite (Planche 16 A, C). Les paragenèses sodiques sont très bien développées sur l'andésite et les roches sédimentaires mais la superposition préférentielle des altérations de basses températures sur les roches sédimentaires en compliquent l'identification du type de roche sédimentaire précurseur (Planches 15 B, 16 A, D et 22 A, D). Des blocs de roches provenant du site d'excavation de l'ancienne mine *Northrim* (Planches 15 C) indiquent que l'albitite est l'encaissant des brèches et des veines minéralisées illustrées aux Planches 19 et 20. Ces albitites sont bréchifiées par une seconde paragenèse (HT) Na à albite et apatite qui constitue la matrice de la brèche avec des fragments d'albitite avec ou sans magnétite disséminée (Planche 20 B, D). Dans les fragments, la magnétite montre une texture en amas interconnectés et disséminations suggérant la percolation de fluides menant à la cristallisation de magnétite postérieure à l'albitisation mais antérieure à la formation de ces brèches (Planche 20 A à D). Les bordures diffuses des fragments d'albitite, contenant ou non de la magnétite, ainsi que la minéralogie, la texture et la granulométrie indiquent deux événements distincts. Une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe à albite, amphibole, magnétite et apatite remplace également l'andésite et commence à développer une texture de pseudo-baguettes d'albite enchevêtrées similaires à, mais de granulométrie beaucoup plus fine que, les textures pseudo-pegmatitiques observées dans le district de Port Radium-Echo Bay (Planche 16 E, F). La magnétite, l'amphibole et l'apatite sont intercrystallines aux pseudo-cristaux d'albite, constitués de cristaux microcristallins d'albite en agrégats. La magnétite est retrouvée en agrégats intercrystallins aux pseudo-baguettes d'albite ou disséminée dans l'albite (Planche 16 F).

5.4.3 Paragenèses à fer et calciques à fer

La paragenèse (HT) Ca-Fe est majoritairement observée en remplacement stratoïde sur le précurseur d'origine sédimentaire (Planche 17). Ce faciès d'altération est composé d'altération stratoïde à magnétite et d'actinote intercalée avec de l'altération stratoïde composée exclusivement d'actinote, d'épidote ou du précurseur albitisé (Planche 17 B à F). Lorsque le remplacement est plus faible, il est possible de voir la magnétite qui s'immisce le long de fractures puis pénètre dans certains lits ou niveaux du précurseur sédimentaire (Planche 17 A à C). Les lits à magnétite sont massifs à semi-massifs et sont formés de magnétite allotriomorphe poreuse et finement grenue (Planche 17 E, F). De plus, des paragenèses (HT) Ca-Fe composées d'actinote forment des réseaux de veines subparallèles et anastomosés et remplacent certains niveaux du précurseur sédimentaire albitisé (Planche 22 D à F).

Les paragenèses (HT) Fe et (HT) Ca-Fe sont associées aux principales occurrences de minéralisation (c.-à-d. Cu et terres rares). La paragenèse (HT) Fe se présente sous forme de brèche dont la matrice est constituée de magnétite et les fragments de fluorapatite, monazite, quartz et chlorite. La zone altérée évolue, à partir de l'extérieur, de

- 1) veines subparallèles (Planche 18 A) vers;
- 2) une brèche contenant des fragments remplacés par de la magnétite et du feldspath-K (Planche 18 B) puis vers;
- 3) un réseau de veines anastomosées à magnétite (Planche 18 C) pour finalement former;
- 4) une zone à magnétite massive large de plus d'un mètre qui contient des fragments démembrés d'apatite recoupés par des veines d'amphibole (Planche 18 D, E).

Les extensions latérales de la brèche montrent une imprégnation potassique des épontes des veines et des fragments de roches sédimentaires (Planche 18 A à C). Toutefois aucune phase minérale potassique n'est identifiée dans le cœur de la brèche à magnétite. Les fragments à apatite ont une taille millimétrique à décimétrique et sont constitués de cristaux d'apatite fracturés contenus dans une matrice de quartz et chlorite (Planche 18 D à F). Les cristaux d'apatite possèdent des zones métasomatisées enrichies en fluor qui contiennent des microcristaux de monazite (Planche 18 G). Des amas radiés de monazite sont également présents dans la matrice siliceuse. Aussi, une paragenèse (HT) Ca-Fe recoupe l'albitite sous forme de veines à magnétite, allanite, apatite et titanite (Planche 19 A). Dans ces veines, la magnétite est majoritairement allotriomorphe et zonée, exhibe une texture en plaquette et peut contenir des inclusions de scheelite (Planche 19 B, D, F). Ces veines contiennent des concentrations appréciables en terres rares légères logées exclusivement dans l'allanite idiomorphe qui forme des agrégats (Planche 19 C, E). Bien que la magnétite et l'allanite soient associées à une même paragenèse, l'allanite devance la magnétite dans l'ordre de cristallisation puisque certains cristaux d'allanite sont englobés dans la magnétite (Planche 19 E). Des veines et un stockwork associés à la paragenèse (HT) Ca-Fe recouper l'albitite bréchique (Planche 20 E, F) et les veines à magnétite et allanite (Planche 19 C). Cette paragenèse est composée d'un assemblage à magnétite, calcite, chlorite, épidote, quartz, pyrite et chalcopryrite. Lorsque ces veines recoupent les veines (HT) Ca-Fe à allanite, trois phénomènes sont observés : la chlorite et l'épidote remplacent l'allanite; les sulfures s'immiscent entre la magnétite, l'allanite et l'apatite; et la calcite forme des plages irrégulières contenant de la magnétite disséminée. Lorsque la paragenèse (HT) Ca-Fe est présente dans l'albitite bréchique, la magnétite est compacte sous forme d'agrégats dans les veines d'épaisseur

centimétrique tandis que des veinules de magnétite, chlorite et calcite s'infiltrèrent dans l'albitite par de fines fractures (Planche 20 E, F). Les sulfures sont concentrés dans les zones où les veines sont les plus larges et dans les plages irrégulières de chlorite qui se forment là où les veines se recoupent. La pyrite est le sulfure dominant avec une abondance variable en chalcopryrite (traces à < 3%). La magnétite forme des couronnes autour de la pyrite alors que la chalcopryrite forme des plages irrégulières et s'infiltré dans les fractures de la pyrite et de la magnétite (Planche 20 E).

5.4.4 Paragenèses potassiques à fer

Une subtile paragenèse (HT) K-Fe est observée sous forme de veines subparallèles et en réseau de veines anastomosées (Planche 22 A). Cette altération est formée de biotite massive avec des traces de zircon, rutilé et odinite disséminés dans la biotite (Planche 22 B, C). Dans la veine, des reliques de chlorite sont remplacées par la biotite et, en bordure, la biotite pénètre dans la roche encaissante albitisée et est accompagnée d'une légère imprégnation à feldspath-K. Une brèche à magnétite avec fragment altéré en feldspath potassique a été observée à l'affleurement 09CQA-0142 (L. Corriveau, communication personnelle, 2015).

5.4.5 Paragenèses de basse température

Les assemblages minéralogiques de plus basse température potassiques, calciques et magnésiens, hydratés ou carbonatés ((LT) $K\pm Ca\pm Mg$, (LT) Ca et (LT) Mg) sont communs et imprégnées sur l'ensemble des unités sous forme d'altération subtile (Planches 16 D, E, 21 et 22 D à F). Le feldspath-K et la calcite remplacent sélectivement l'albite de l'albitite ainsi que les feldspaths et les minéraux mafiques des intrusions monzonitiques (Planche 15 E). La chlorite et la calcite s'insinuent entre les cristaux et remplacent progressivement les minéraux des différents précurseurs. Ces assemblages se retrouvent également dans des veines et des brèches. Des veines tardives et des plages minéralisées en Pb et Zn sont associées à une paragenèse (LT) K-Ca-Mg qui recoupe l'albitite (Planche 21). Les veines sont constituées d'un assemblage à dolomie, sphalérite, feldspath-K, galène, chlorite, tourmaline et quartz tandis que les plages irrégulières, formées par remplacement, sont constituées majoritairement de feldspath-K, galène et chlorite. Des cristaux subidiomorphes de sphalérite sont disséminés au sein de l'albitite et sont interconnectés par de fines veinules de feldspath-K. Les altérations (LT) K et (LT) Ca-K sont bien développées sur les roches sédimentaires qui ont antérieurement été remplacées par des paragenèses d'altération de haute température (Planche 22 D à F). Les paragenèses (HT) Ca-Fe

peuvent être oblitérées par un assemblage à calcite, épidote, feldspath-K et chlorite qui remplace sélectivement l'actinote (Planche 22 E, F). Certaines de ces altérations peuvent contenir des traces de chalcopryrite. Une paragenèse (LT) Ca-K se superpose à la monzonite où le feldspath-K remplace les feldspaths et le quartz produisant une texture symplectitique; la calcite et la chlorite remplacent quant à eux les amphiboles tandis que l'apatite demeure stable (Planche 15 E, F). Finalement, des veines tardives de chlorite viennent recouper les différentes unités.

5.4.6 Lithogéochimie

La figure 15 montre les proportions molaires des paragenèses étudiées en détail dans le secteur de Terra. Lorsque la magnétite est absente ou en traces, la proportion de fer est similaire entre les différentes paragenèses d'altération qui se superposent sur un précurseur sédimentaire et le précurseur intrusif. Pour les paragenèses à magnétite, le fer domine et il est associé à de faibles proportions en Na (une relique de l'albitisation de l'encaissant) ou à de faibles proportions en Ca en présence de calcite, apatite et/ou allanite au sein de l'assemblage minéralogique. La brèche (HT) Fe à apatite possède les valeurs les plus élevées en Ce, La, Pr, Nd et Y, associées aux cristaux de monazite piégés dans l'apatite et où un échantillon montre une concentration de 0,22% poids de terres rares. Malgré une abondance d'allanite dans les veines à magnétite de l'échantillon 09CQA-0139B, les concentrations en terres rares y sont plus modestes avec une concentration totale de 636 ppm. Bien que ces deux paragenèses à magnétite contiennent des phases minérales enrichies en terres rares, elles présentent un assemblage minéralogique (c.-à-d. apatite ou allanite), une texture et un mode d'occurrence différents suggérant qu'il s'agisse de deux événements distincts au sein du même système. La minéralisation en Zn et Pb de la paragenèse (LT) K-Ca-Mg est nettement distincte de l'enrichissement en terres rares et en Cu des paragenèses à magnétite. La figure 16 montre la concentration en terres rares des échantillons sélectionnés. La brèche (HT) Fe est fortement enrichie en terres rares comparativement aux autres échantillons et montre une forte anomalie négative en Eu. Les veines (HT) Ca-Fe (échantillons 09CQA-0139B02 et G02) qui recouper l'albitite sont légèrement enrichies en terres rares légères par rapport aux autres altérations et la monzonite. Dans l'ensemble, tous les échantillons montrent un fractionnement caractérisé par un enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes.

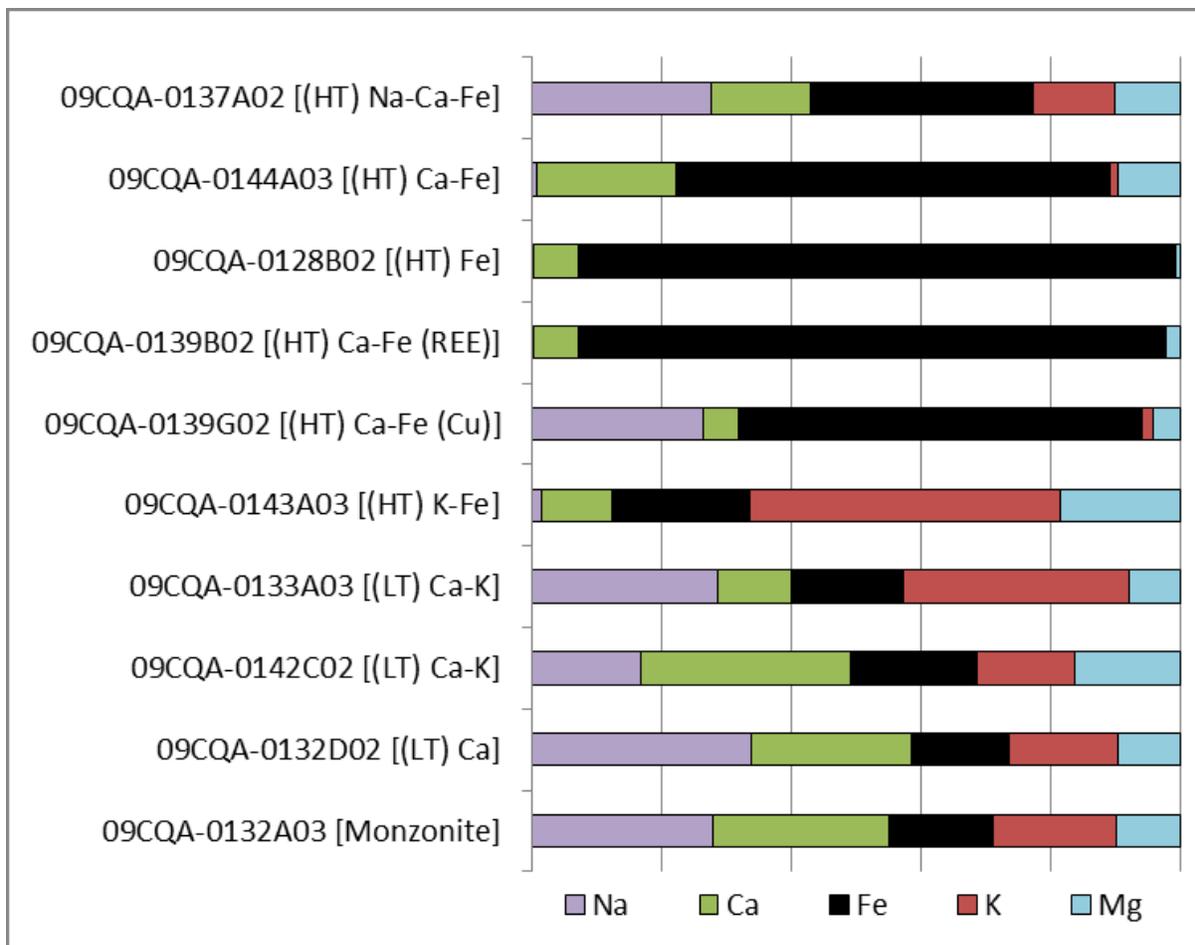


Figure 15 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Terra (analyses dans Corriveau et al., 2015). Les altérations de basse température (LT) sont superposées aux roches préalablement albitisées et autres altérations ce qui donne des proportions molaires moins typées.

Rock/Chondrites

Sun+McDon. 1989-REEs

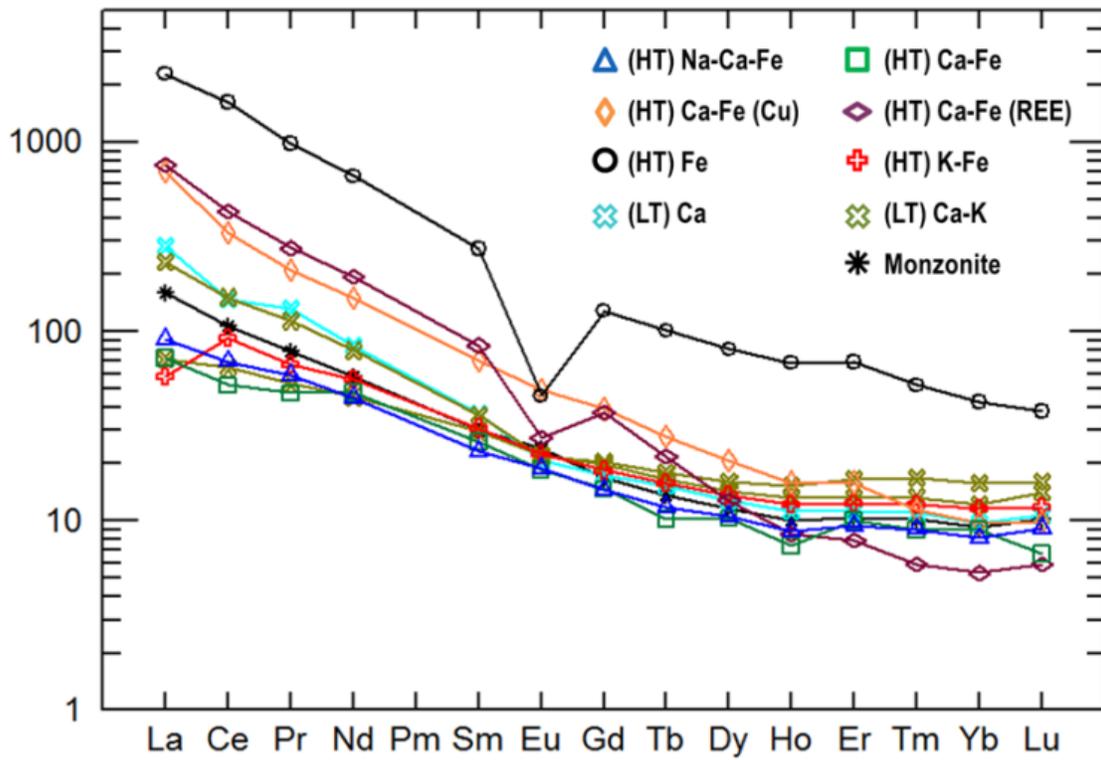


Figure 16 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Terra (analyses dans Corriveau et al., 2015).

5.5 Le système de Fab

5.5.1 Contexte général

Le système de Fab est situé au centre-sud de la ZMGLO, à une vingtaine de kilomètres à l'est de la communauté de Gamèti (Figure 9). Les altérations en éléments alcalins et à oxydes de fer sont bien développées au sein des roches porphyriques de composition intermédiaire à felsique (c.-à-d. andésite, dacite et rhyolite) (Azar, 2007; Potter et al., 2013; Montreuil et al., 2016) et plus faiblement dans une intrusion de monzonite porphyrique. La dacite porphyrique est composée de phénocristaux de plagioclase, de feldspath-K et de quartz et des cristaux de magnétite, et présente une texture d'écoulement définie par l'orientation préférentielle de phénocristaux de plagioclase (Planche 23 A, B). La monzonite contient des phénocristaux de feldspaths ainsi que des plages diffuses et anastomosées formées de hornblende, magnétite et apatite (Planche 23 C, D) et interprétées comme étant principalement de l'altération quoique certaines plages consistent aussi de minéraux mafiques ignés. Ces unités font partie du Groupe de Faber (Gandhi et al., 2001). Des unités granitiques ceinturent et recourent les unités porphyriques du secteur et sont postérieures au développement du système IOAA. Le système de Fab est connu pour abriter des indices à U-Cu, associés à de fortes altérations à magnétite situées sur la marge orientale du lac Fab (nom informel), près du contact avec la monzonite porphyrique (Gandhi, 1988; Potter et al., 2013; Montreuil et al., 2016).

Les travaux de cartographie effectués en 2011 ont permis d'affiner la carte géologique et la carte des altérations IOAA du secteur du lac Fab (Figure 17, Potter et al., 2013). La présente étude s'est concentrée sur 29 stations dont la majeure partie des échantillons a été prélevée durant l'été 2011. Les planches 23 à 36 présentent les photos des roches étudiées dans le secteur de Fab.

5.5.2 Paragenèses sodiques et sodiques-calciques à fer

La paragenèse (HT) Na à albite forme un remplacement pénétratif d'intensité modérée à forte mais local sur la dacite porphyrique (Planche 23 E) ou se présente comme une altération préférentielle communément faible des phénocristaux (L. Corriveau, communication personnelle, 2015). Cependant, la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe est plus fréquente et se présente sous forme de remplacement et de veines qui sont abondants du côté est du lac Fab. Le remplacement peut être pénétratif et former une texture pseudo-pegmatitique où la partie centrale est composée

d'actinote et magnétite avec une bordure d'albite idiomorphe (Planche 23 F). Le remplacement peut également se présenter comme un front d'altération pénétratif à amphibole et magnétite accompagné d'une bordure d'imprégnation diffuse à albite (Planche 33 A). Les veines (HT) Na-Ca-Fe sont formées soit d'un remplissage à albite avec une imprégnation à amphibole et magnétite ou d'un remplissage à amphibole et magnétite et d'une imprégnation à albite. Les veines à albite, d'épaisseur centimétrique à décimétrique, sont rectilignes ou forment un réseau anastomosé évoluant vers de larges zones composites (Planches 24 A, B et 31 C, E). Le contact des veines est net à diffus et accompagné d'un front d'altération irrégulier à albite, amphibole, magnétite, quartz, titanite et apatite (Planche 24 A, B). Lorsque le réseau de veines se densifie, le remplacement du précurseur est plus prononcé jusqu'à la destruction de sa texture porphyrique (Planche 24 C, D). Parfois, les veines (HT) Na-Ca-Fe comportent une imprégnation des épontes à feldspath-K qui se superpose à une faible imprégnation généralisée à feldspath-K précoce dans le développement du système IOAA (Planche 24 E). Pour les veines à actinote, le contact est plus irrégulier et localement diffus avec l'éponte d'albite qui détruit les textures du précurseur (Planches 24 F et 25 A). L'imprégnation des épontes est homogène, irrégulière et contient un assemblage à albite, actinote, titanite et \pm apatite. Dans certaines de ces veines, un enrichissement sporadique en Th peut être observé sur de la titanite rétrogradée en épidote et chlorite (Planche 25 B, C).

5.5.3 Paragenèses calciques à fer, à fer et calciques-potassiques à fer

Les paragenèses (HT) Ca-Fe sont communes à Fab et forment des brèches, des zones de remplacement et des veines. Les brèches sont monogéniques et multiphasées où chaque événement bréchiq ue cristallise un assemblage à amphibole et magnétite, dans des proportions variables et avec différents degrés de maturité de bréchification (Planches 25 D, E et 29 A) suivant les critères de maturité des brèches dans Jébrak (2010). Dans ces brèches, la magnétite est microcristalline et retrouvée dans les zones moins matures qui sont recoupées par une matrice exclusivement composée d'actinote (Planche 25 E). Le remplacement (HT) Ca-Fe est rencontré comme front d'altération généralisé verdâtre qui possède un contact net avec le précurseur (Planche 25 F). Ce remplacement se développe pour former de vastes zones d'imprégnation généralisée et homogène avec une préservation de la texture porphyrique de la dacite (Planche 26 A). Cette altération remplace les phénocristaux de feldspath et de clinopyroxène de la dacite en actinote associée ou non à de la magnétite (Planche 26 C à E). La magnétite se retrouve généralement disséminée dans la matrice et parfois dans des reliques de phénocristaux (Planche 26 C). La coloration des tranches de roches indique une possible albitisation contemporaine au

remplacement (HT) Ca-Fe sur lequel se superpose un faible remplacement sporadique (HT) K-Fe à feldspath-K, biotite et magnétite (Planche 26 B, F). Les veines (HT) Ca-Fe sont récurrentes et leurs variétés de styles et d'assemblages témoignent de l'évolution du système. Ces veines sont majoritairement composées d'actinote avec des proportions variables de magnétite, apatite et titanite (Planches 26 B, 27 A, 28 A et 29 A). La magnétite est généralement microcristalline et tend à former des amas de cristaux hypidiomorphes et finement grenus avec une augmentation de la proportion modale (Planche 27 D, E). Les veines (HT) Ca-Fe recoupent les principaux réseaux de veines (HT) Na-Ca-Fe et incorporent des fragments constitués d'albite et d'actinote de paragenèses antérieures (Planche 27 A, C, E). Dans la partie nord-ouest du système, un complexe de veines (HT) Ca-Fe plurimétriques contient un faciès à actinote et apatite à grains moyens à grossiers avec des traces de magnétite microcristalline disséminée dans l'actinote (Planche 28). Cette paragenèse contient des grains arrondis de thorite dans l'actinote ainsi que de la parisite et de la thorite associées à une remobilisation par des veinules de quartz et d'actinote microcristalline (Planche 28 C, E, F). D'autres enrichissements en Th ont été identifiés dans la partie nord-ouest dans les veines décimétriques (HT) Ca-Fe recoupant des veines et brèches à actinote et magnétite (Planche 29 A, B).

La paragenèse (HT) Fe forme uniquement des veines, soit sporadiques ou en réseau anastomosé, d'aspect zoné ou massif et constituées de magnétite avec ou sans quartz (Planche 29 C à F). Ces veines recoupent des paragenèses (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe et sont spatialement associées à des veines à actinote provenant de différentes paragenèses. L'actinote et les autres minéraux n'ont pas été associés à ces veines à magnétite car le lien génétique n'a pu être établi avec certitude.

L'altération (HT) Ca-K-Fe est retrouvée sous forme de veines rectilignes ou composites ainsi que dans des brèches de fractures qui recoupent les veines (HT) Na-Ca-Fe (Planche 30 A, D). Les veines (HT) Ca-K-Fe ont un aspect massif et sont formées d'un assemblage varié comprenant de l'actinote, \pm magnétite, \pm hornblende, \pm apatite, \pm titanite et \pm thorite. Ces veines sont caractérisées par une forte imprégnation des épontes et des fragments par le feldspath-K qui détruit les textures du précurseur sur une largeur de quelques millimètres à centimètres. La magnétite est idiomorphe à allotriomorphe et est incluse dans des cristaux d'amphiboles plus grossières (Planche 30 B, C). Les feldspaths potassiques sont à grains fins ou moyens et peuvent contenir de la magnétite sous forme de cristaux allotriomorphes disséminés (Planche 30 C). L'apatite forme des cristaux idiomorphes disséminés dans la veine tandis que dans l'éponte de la veine, ils sont allotriomorphes et plus finement grenus (Planche 30 B). De plus, un subtil liséré à

amphibole et magnétite est observé au-devant du front d'altération lorsque l'imprégnation est d'ordre centimétrique (Planches 30 A et 31 B). Des reliques d'augite rétrogradées en actinote dans les veines les plus larges suggèrent une superposition de la paragenèse (HT) Ca-K-Fe sur un assemblage de plus haute température (Planche 30 E). Ces veines contiennent des grains de thorite associés à l'actinote et la titanite de la paragenèse (HT) Ca-K-Fe (Planche 30 F). Le recoupement d'une veine (HT) Ca-K-Fe sur une veine (HT) Na-Ca-Fe permet de constater l'impact de l'imprégnation à feldspath-K sur les veines d'albite et de reporter cette influence sur un remplacement (HT) K-Fe plus développé (Planche 31 A, B).

5.5.4 Paragenèses potassiques à fer

La paragenèse (HT) K-Fe se manifeste par un remplacement généralisé et pénétratif qui se superpose sur les paragenèses (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe tout en préservant les textures du précurseur (Planche 31 C à F). Ainsi, les veines (HT) K-Fe à feldspath-K associées à une imprégnation des éponges à magnétite correspondent plutôt à un réseau de veines (HT) Na-Ca-Fe superposé par l'imprégnation (HT) K-Fe. Cette interprétation résulte de l'observation des tranches de roches colorées (Planches 31 D et 32 B) ainsi que la similitude des textures avec la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe (Planche 31 E, F). De plus, l'altération (HT) K-Fe est surtout observée à l'est du système près du contact avec la monzonite porphyrique, tout comme les réseaux de veines (HT) Na-Ca-Fe et les principaux indices à U-Cu. Le remplacement (HT) K-Fe est principalement constitué de feldspath-K, biotite et magnétite avec des traces de fluorapatite (Planche 32 C). Cette altération remplace préférentiellement la dacite et se superpose sur les veines d'albite uniquement lorsque le remplacement est intense (Planche 31 F). Cependant, l'association de la magnétite à une altération spécifique n'est pas possible dans certaines zones où les différentes altérations s'enchevêtrent. Près du principal indice minéralisé, le remplacement (HT) K-Fe est plutôt pénétratif et est associé à de fortes concentrations en U (Planche 32 A). Les sulfures sont présents dans les zones où l'imprégnation (HT) K-Fe est forte à intense (Planche 32 E, F). Les sulfures se superposent sur les veines à albite, remplacée par du feldspath-K et sont retrouvés le long de fractures et dans des plages diffuses à chlorite ce qui suggère que l'enrichissement en Cu est plus tardif que le remplacement (HT) K-Fe (Planche 32 B, D, F).

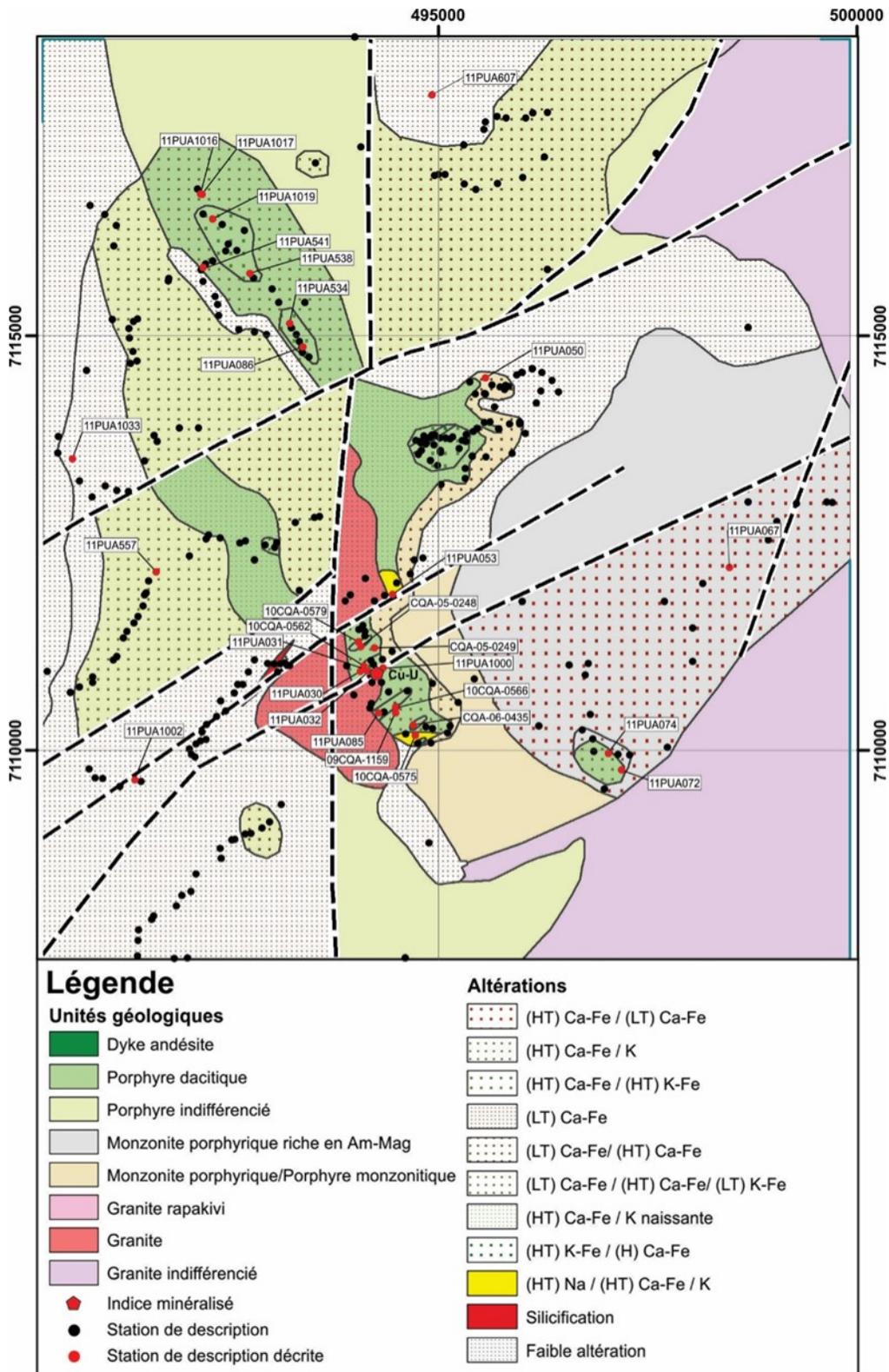


Figure 17: Carte géologique du système de Fab d'après Potter et al. (2013).

5.5.5 Indices minéralisés

Le principal indice minéralisé du système de Fab est complexe en termes de séquence d'altération et cette séquence n'aurait pu être correctement définie sans les observations décrites précédemment. La séquence débute par un remplacement (HT) Na-Ca-Fe représenté par une forte imprégnation à magnétite et amphibole accompagné d'un front d'altération à albite (Planche 33 A). Ce remplacement de la dacite par de la magnétite affecte la matrice tout en conservant la texture porphyrique. Puis, des zones de remplacement sporadique à chlorite se superposent sur l'altération (HT) Na-Ca-Fe en induisant une bordure de réaction à feldspath-K (Planche 33 B). En périphérie de l'indice, ce remplacement forme une texture pseudo-bréchique à chlorite, feldspath-K et épidote (Planche 33 C). Ensuite, des veines (HT) Na-Ca-Fe, composées d'albite avec une imprégnation des épontes à amphibole et magnétite, recoupent les altérations antérieures et contribuent à l'augmentation de la concentration en magnétite (Planche 33 D, E). Les veines d'albite sont centimétriques à métriques et les plus larges ont un aspect laminaire et contiennent des plages de magnétite massive (Planche 33 E, F). L'ensemble des unités est ensuite affecté par une forte imprégnation (HT) K-Fe à feldspath-K, magnétite et biotite (Planche 33 C à E). Enfin, les sulfures sont associés à une paragenèse (HT) Ca-K±Fe à feldspath-K, chlorite, pumpellyite, pyrite, chalcopyrite et ± magnétite présente sous forme de veinules qui recoupent les différentes unités et se superposent préférentiellement sur les veines à albite et ± feldspath-K (Planches 33 E, F et 34 A). Les sulfures sont spatialement associés aux zones à feldspath-K, de couleur rouge brique, et à de la magnétite d'éclat métallique (Planche 33 F). Cependant, l'enrichissement en uranium est antérieur à la paragenèse (HT) Ca-K±Fe à sulfures et est plutôt associé à un assemblage à actinote, quartz, magnétite et apatite (Planche 34 B, C). Finalement, la minéralisation est recoupée par des veines stériles à feldspath-K, chlorite et quartz (Planche 34 A) puis par un fort remplacement généralisé (HT) Na-Ca-Fe (Planche 34 D). Le remplacement (HT) Na-Ca-Fe est composé d'albite incluant des enclaves de dacite altérée qui est remplacée par un assemblage à actinote, titanite, fluorapatite, ± rutile, ± parisite, ± thorite, ± scheelite, ± magnétite et ± fluorite (Planche 34 E, F). Cette paragenèse (HT) Na-Ca-Fe contient des reliques de pumpellyite, feldspath-K et chlorite ainsi que de l'uraninite partiellement résorbée pouvant être associée à des paragenèses antérieures.

D'autres occurrences de sulfures sont localement retrouvées dans la partie nord-ouest du système et sont associées à une paragenèse (HT) Ca-K-Fe formant un remplacement irrégulier sur le complexe de veines (HT) Ca-Fe. L'altération (HT) Ca-K-Fe est composée d'un assemblage à pumpellyite, biotite, magnétite et pyrite et se superpose à la fois sur un remplacement à albite

et sur des veines (HT) Ca-Fe à actinote et titanite (Planche 35 A, B). L'enrichissement en thorium est vraisemblablement associé aux veines (HT) Ca-Fe à thorite observées sur le même affleurement (Planche 35 C). Le remplacement de la titanite par la biotite permet de recristalliser des phases minérales cryptiques riches en Cu, Ce, Nd avec des traces de fluorite dans les zones de remplacement (Planche 35 D). Aussi, une paragenèse (LT) K-Ca à feldspath-K, pumpellyite, chlorite et calcite contenant de la chalcopryrite et de la galène remplace une altération (HT) Ca-Fe à amphibole, titanite et magnétite (Planche 35 E, F). Enfin, de fines disséminations à pyrite et chalcopryrite sont retrouvées dans des veinules tardives à épidote (Planche 27 F).

5.5.6. Paragenèses de basse température

Les altérations de plus basse température ont surtout été répertoriées sur la marge occidentale du lac Fab et se superposent sur les altérations de haute température décrites précédemment. La paragenèse (LT) Fe est présente sous forme de veines à quartz rougeâtre et hématite spéculaire. L'hématite y remplace la magnétite idiomorphe de la paragenèse (HT) Ca-Fe qu'elle recoupe (Planche 36 A, B). La paragenèse (LT) K-Fe est présente sous forme de remplacement pénétratif hétérogène à feldspath-K, séricite et hématite. L'hématite y forme des bandes irrégulières et intercrystallines au feldspath-K (Planche 36 C, D). Finalement, le remplacement (LT) $K \pm Ca$ à feldspath-K, \pm épidote et \pm chlorite est omniprésent sur le secteur ouest du système et remplace de façon sporadique à généralisée la dacite avec une préservation de la texture porphyrique (Planche 36 E, F).

5.5.7 Lithogéochimie

La figure 18 montre la proportion molaire en Na, Ca, Fe, K et Mg des différentes paragenèses d'altérations décrites précédemment. Les proportions molaires des différents échantillons de la dacite sont similaires et se distinguent des paragenèses d'altération. La superposition d'une paragenèse sur un précurseur, déjà affecté par une altération antérieure, influence la proportion de certains cations qui ne sont pas directement associés à la paragenèse (p. ex. la proportion en Na dans les paragenèses (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe). Les paragenèses (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe ont de fortes proportions en Mg ce qui suggère la présence d'amphiboles plus magnésiennes que celles qui sont retrouvées dans les autres systèmes. La figure 19 présente la concentration en terres rares des différentes paragenèses. Dans l'ensemble, les patrons sont similaires à ceux de la dacite et sont marqués par un enrichissement en terres

rare légères. La monzonite est plus appauvrie pour tous les éléments et caractérisée par une plus faible anomalie en Eu. Les deux échantillons les plus enrichis en terres rares correspondent à une veine (HT) Ca-Fe à apatite et à un remplacement (HT) K-Fe superposé sur le remplacement généralisé (HT) Ca-Fe. Le patron du remplacement (HT) Na-Ca-Fe est plat et se distingue des autres altérations. Le remplacement (HT) Na-Ca tardif sur le principal indice possède les plus fortes concentrations en Nb. Les veines (HT) Ca±Fe à apatite et les veines (HT) Na-Ca-Fe superposées par un remplacement (HT) K-Fe contiennent les plus fortes concentrations en Y soit 126 et 118 ppm respectivement. Les plus fortes concentrations en U sont associées à des paragenèses d'altération (HT) Ca-Fe ou (HT) Ca-K-Fe. Enfin, Les paragenèses (HT) Ca-Fe contiennent les plus fortes concentrations en Cr, Co, Ni et Zn et la principale zone minéralisée en sulfures contient également de fortes concentrations en Co et Ni.

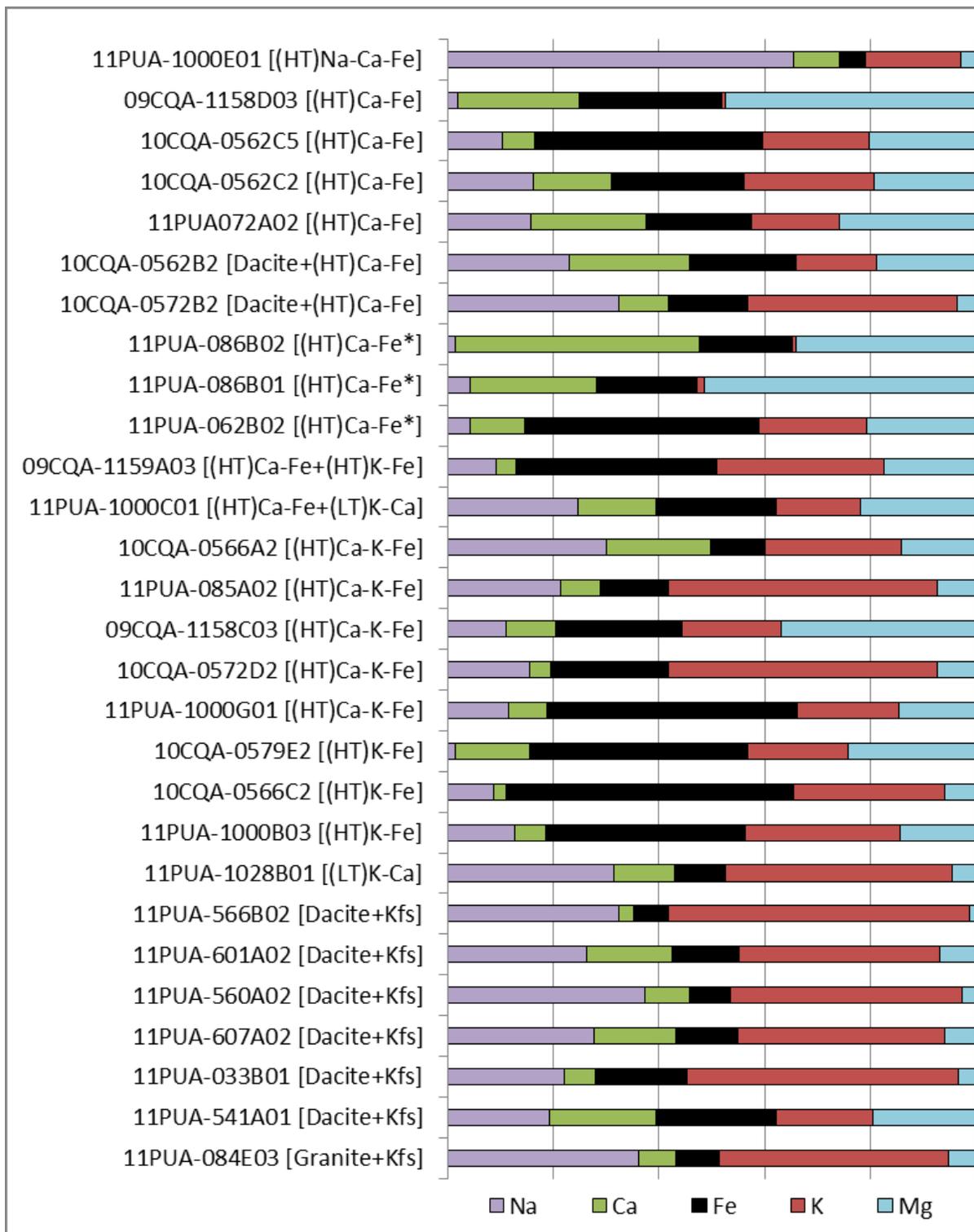


Figure 18 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Fab. Les étoiles (*) correspondent à des veines (HT) Ca-Fe tandis que les autres altérations (HT) Ca-Fe sont présentes sous forme de remplacement (analyses dans Corriveau et al., 2015).

Rock/Chondrites

Sun+McDon. 1989-REEs

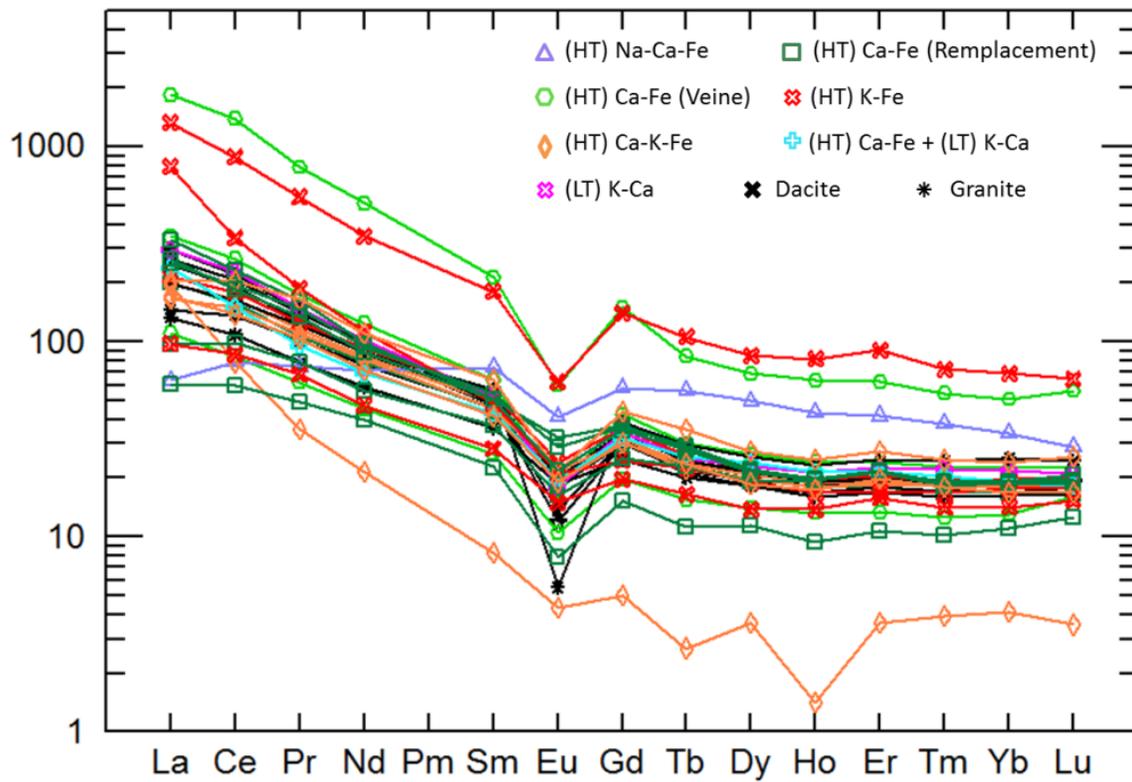


Figure 19 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Fab (analyses dans Corriveau et al., 2015).

5.6 L'indice Ham

5.6.1 Contexte général

Ham est un indice minéralisé en U et Cu découvert lors de travaux de cartographie régionale effectués par Gandhi (1994) (Planche 39 A). Le secteur est situé en bordure de la faille du Wopmay dans la partie centrale de la zone magmatique du Grand lac de l'Ours (Figure 9). Les travaux de cartographie ont eu lieu en 2008 et 2009 et 18 stations ont été décrites. Cette étude se concentre sur 10 de ces stations qui sont localisées sur la figure 20 et les planches 37 à 45 présentent les photos des roches étudiées dans le secteur.

Dans le secteur, les roches sont affectées par une forte déformation et un métamorphisme au faciès des amphibolites avec fusion partielle attribuable aux conditions particulières associées à la proximité de la faille régionale de Wopmay. Un gneiss granodioritique et un porphyre à phénocristaux de quartz et plagioclase d'origine volcanique sont les principales lithologies rencontrées (Planches 37 A et 38 A). Des dykes granitiques recoupent le gneiss granodioritique et les veines à magnétite ont parfois subi une déformation fragile-ductile locale, à proximité des veines à magnétite minéralisées (Planche 37 B et 38 E, F). Les altérations en éléments alcalins et à oxyde de fer se développent après la migmatisation (Planche 44 B) et elles sont synchrones ou postérieures aux multiples épisodes de déformation ductile ayant eu lieu dans le secteur. Les occurrences de magnétite y sont associées à des paragenèses (HT) Fe, (HT) Ca-Fe ou (HT) K-Fe.

5.6.2 Paragenèses à fer

Les paragenèses (HT) Fe sont constituées de magnétite massive sous forme de veines ou de remplacement pénétratif le long de plans de déformation ou de fractures (Planches 38, 39 et 40). Les veines, d'amplitude décimétrique à métrique, ont un aspect massif qui évolue latéralement vers un remplacement pénétratif formant des niveaux de magnétite anastomosés, des lentilles discontinues de magnétite et des boudins (Planche 38 B à E). Dans les veines, la magnétite est majoritairement hypidiomorphe, peu fracturée, poreuse et forme des plages irrégulières (Planche 39 D). Sa porosité suggère une croissance des cristaux par dissolution et réprécipitation couplée. La magnétite englobe des grains d'apatite et contient de rares inclusions de xénotime, thorite, oxyde de Y-Nb, sphalérite et rutile (Planche 39 D, F). Les analyses du spectromètre à rayons gamma portatif ont indiqué des concentrations de 3,6 % K ce qui permet de suspecter une composante potassique à ces paragenèses, surtout que les roches

encaissantes montrent des assemblages à biotite, feldspath-K, magnétite et apatite similaires à des paragenèses d'altération identifiées dans le secteur (Planche 40 D, E).

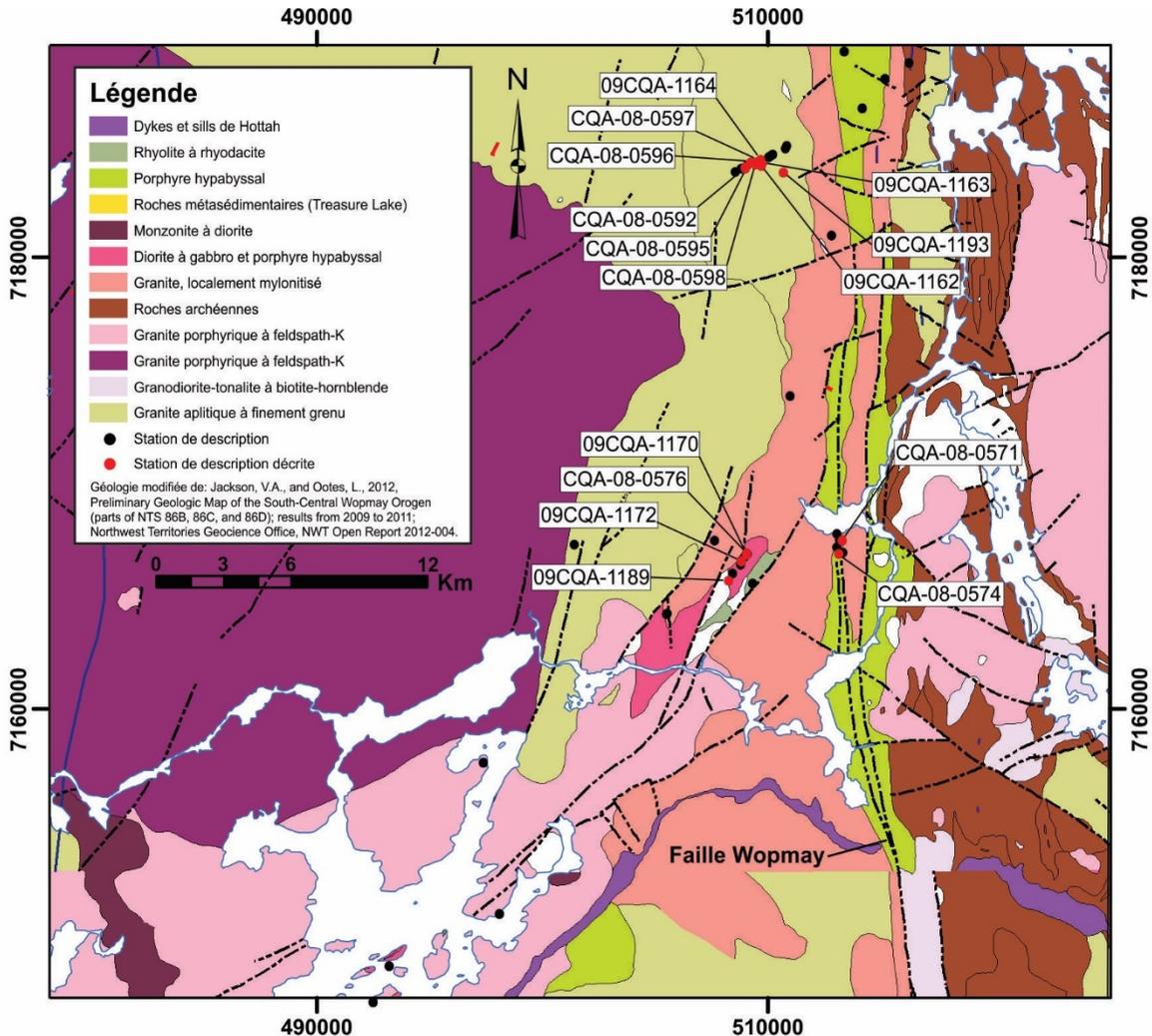


Figure 20 : Carte géologique de l'index Ham (points rouges au nord) et JLD (points rouges au sud) d'après Jackson et Ootes (2012).

5.6.3 Paragenèses potassiques à fer

Les paragenèses (HT) K-Fe se présentent sous forme de veines (Planche 43) et de remplacement généralisé (Planche 41 et 44) ou irrégulier et pénétratif (Planche 45). La veine (HT) K-Fe a un aspect massif avec une hétérogénéité dans la proportion modale de magnétite (Planche 43 A). Cette altération est composée de biotite, magnétite et feldspath-K avec des traces d'allanite, monazite, zircon et uraninite (Planche 43 B à F). La biotite et la magnétite sont préférentiellement localisées dans certains horizons contenant des grenats disséminés (Planche

43 B). La magnétite est allotriomorphe, disséminée ou sous forme d'agrégats, et elle est intergranulaire au quartz et au grenat. Un remplacement généralisé (HT) K-Fe recoupe et se superpose sur le gneiss dioritique et est constitué de biotite, magnétite et feldspath-K (Planche 44). La magnétite est hétérogranulaire et peut soit former des plages à grains moyens dans les horizons à grenat et biotite, soit être finement disséminée dans les zones à feldspath-K et quartz (Planche 44 A, C, E). Des inclusions de magnétite sont également observées dans certains grenats fracturés (Planche 44 D). La présence de grains de grenat non fracturés et sans inclusions suggère une cristallisation de la magnétite postérieure à celle du grenat (Planche 44 C). Un second remplacement généralisé (HT) K-Fe à biotite et magnétite est observé où la biotite et la magnétite sont allotriomorphes et intercrystallines aux grains de quartz avec quelques niveaux à magnétite massive (Planches 41 et 42). Le remplacement de grenats à Mn-Ca (spessartine-caldérite) en muscovite est associé au remplacement (HT) K-Fe en bordure de lentilles à grenat et quartz (Planche 42 C). Le remplacement du grenat en muscovite est accompagné d'une mobilisation et une précipitation des terres rares dans les fractures du grenat (Planche 42 D). Cette altération est recoupée par une paragenèse (HT) Ca-Fe (Planches 41 C à E et 42 A, B) puis une zone de cisaillement (HT) K-Fe (Planches 41 F et 42 E, F) à biotite, feldspath-K et fluorite dans laquelle la magnétite d'une altération antérieure est démembrée et les terres rares sont mobilisées. Un remplacement (HT) K-Fe pénétratif, sporadique et subtil se superpose à la granodiorite (Planche 45). Cette paragenèse est composée d'un assemblage à biotite, feldspath-K, magnétite, apatite, monazite et xénotime où les phases hôtes des terres rares forment un linéament (veinule) dans les zones à feldspath-K (Planche 45 C, E, F). L'abondance de minéraux de terres rares n'est pas spatialement associée à la magnétite. La magnétite est disséminée avec une distribution hétérogène au sein de l'altération (Planche 45 B, E). L'altération (HT) K-Fe forme également des amas de magnétite qui contiennent des reliques de titanite et de rutile et ces amas sont remplacés en ilménite riche en Mn (Planche 45 D). Cette altération est également responsable du remplacement de l'albite en feldspath-K (Planche 45 F). Finalement, une imprégnation potassique intense à feldspath-K affecte la métagranodiorite à proximité des paragenèses à magnétite (cf. couleur rosée, Planche 37 D).

5.6.4 Paragenèses calciques à fer

L'altération (HT) K-Fe est recoupée par des veines (HT) Ca-Fe à allanite, magnétite et apatite (Planche 41 C, D). Ces veines sont irrégulières et forment un réseau anastomosé. Elles ont un aspect massif avec une distribution irrégulière de la magnétite le long de la veine. La

magnétite forme des amas microcristallins à finement grenus avec des bordures irrégulières. L'allanite est riche en Ce, La et Nd et est associée à des phases riches en U et Y ainsi qu'à de l'or natif (Planche 42 A, B).

5.6.5 Minéralisation

La minéralisation polymétallique de l'indice Ham est associée à une altération à chlorite qui recoupe la veine (HT) Fe±K à magnétite et apatite (Planches 39 B et 40 A). L'altération à chlorite forme un réseau de veines composées de pyrite, chalcopyrite, molybdénite, xénotime, britholite, florencite, présentant des enrichissements ponctuels en Au, Sn et U (Planches 39 E, F et 40 B, C). La pyrite, parfois légèrement enrichie en Co, et le quartz remplace la magnétite de la paragenèse (HT) Fe±K antérieure (Planche 39 C, E). Ces veines à chlorite recoupent également la métagranodiorite avec un remplacement sélectif de la biotite en chlorite et la magnétite est parfois fracturée par la chalcopyrite et la chlorite (Planche 39 A, D à F). Une autre occurrence de sulfures est observée au sein d'une faible altération (LT) K se superposant à la veine (HT) K-Fe où la biotite est remplacée en chlorite et le feldspath-K en muscovite (Planche 43 B, D, F). Les minéraux de terres rares sont faiblement à totalement lessivés et remplacés par de la chlorite (Planche 43 D à F). La chalcopyrite est associée à cette paragenèse d'altération plus tardive bien que des inclusions de chalcopyrite se retrouvent dans la magnétite (Planche 43 B).

5.6.6 Lithogéochimie

La figure 21 présente les proportions molaires des échantillons prélevés près de l'indice Ham. Les veines à magnétite montrent une grande proportion de Fe avec de faibles proportions de Ca et K, associées aux paragenèses (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe respectivement. La paragenèse (HT) K-Fe sous forme de faible remplacement pénétratif dans la granodiorite montre une proportion de Na supérieure au K qui peut être expliquée par un remplacement sporadique de l'albite en feldspath-K. La proportion en Fe de cette paragenèse est supérieure à celles des différents précurseurs non-altérés ou faiblement altérés, résultant de la présence de grains microcristallins de magnétite disséminés associés à l'altération. Le diagramme des concentrations en terres rares (Figure 22) montre un pic négatif en Eu plus prononcé pour les altérations hydrothermales que pour les lithologies les moins altérées. La géochimie de l'échantillon 09CQA-1193C01 combine à la fois la paragenèse (HT) Fe recoupée par une altération à chlorite et montre un faible rapport en terres rares légères comparativement aux terres rares lourdes

malgré un léger enrichissement en La et Ce par rapport aux autres terres rares légères. La paragenèse (HT) Ca-Fe montre les concentrations les plus élevées en terres rares légères, une conséquence de l'abondance d'allanite riche en Ce, La et Nd. Les concentrations en terres rares lourdes sont similaires entre les paragenèses (HT) Fe + chlorite et (HT) Ca-Fe. Le patron des paragenèses (HT) Fe est similaire avec des concentrations totales plus élevées dans la veine que dans le remplacement pénétratif. Les concentrations en Ni, Co et V sont plus faibles vers les paragenèses les plus évoluées (c.-à-d. à partir des paragenèses (HT) Fe vers (HT) Ca-Fe puis (HT) K-Fe) malgré que ces altérations sont majoritairement constituées de magnétite. La paragenèse (HT) Ca-Fe montrent les concentrations les plus élevées en Zn, W, U, Pb et Ag et les veines (HT) K-Fe sont les plus enrichies en Y (1032 ppm). Les enrichissements en Mo sont associés aux altérations de plus basses températures (c.-à-d. (HT) K-Fe et chlorite).

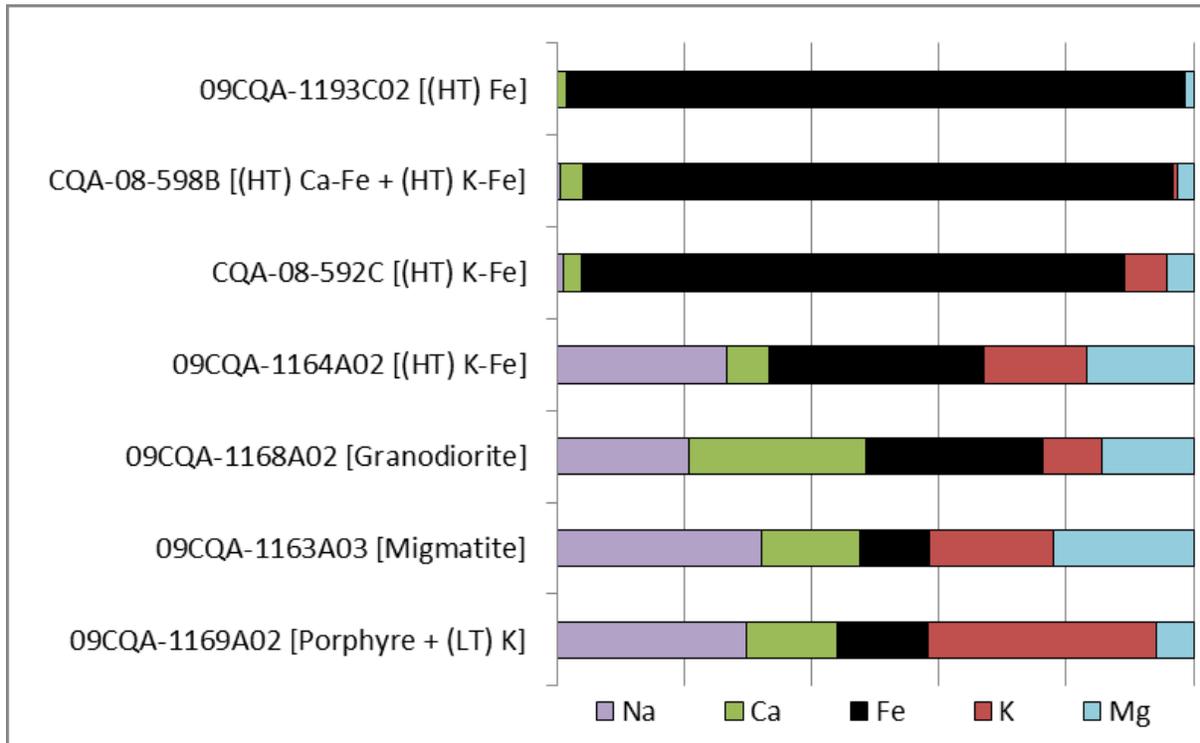


Figure 21 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs de l'indice Ham (analyses dans Corriveau et al., 2015).

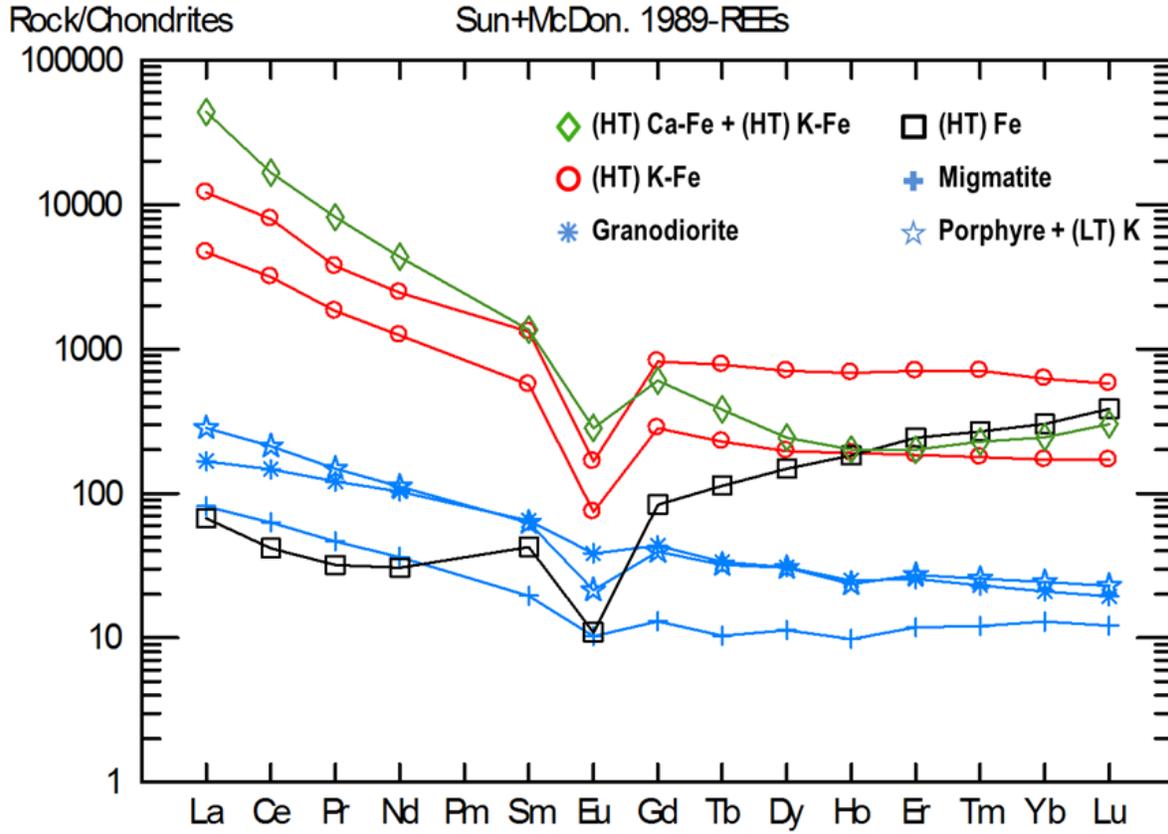


Figure 22 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs de l'indice Ham (analyses dans Corriveau et al., 2015).

5.7 L'indice JLD

5.7.1 Contexte général

Le système de JLD est situé à la marge est de la ZMGLO à proximité de la faille du Wopmay (Figure 9). L'indice est retrouvé près d'unités sédimentaires qui forment des lits centimétriques à métriques de wackes, d'argiles et de conglomérats monogéniques et polygéniques (Planche 46 A à C). Toutefois, un granite porphyrique et une diorite constituent l'essentiel des lithologies rencontrées sur l'indice JLD (Planche 46 D). Les travaux de terrain ont permis de décrire 21 stations autour d'un indice minéralisé en Cu-U et terres rares. Six de ces stations sont traitées dans ce document et leur localisation est présentée sur la figure 20 et les planches 46 à 52 présentent les photos des roches étudiées dans le secteur.

5.7.2 Paragenèses calciques-potassiques à fer et potassiques à fer

Cet indice est caractérisé par des veines (HT) Ca-K-Fe qui recoupent un porphyre granitique. Les veines sont rectilignes et subparallèles, d'épaisseur centimétrique à métrique et possèdent des textures massives, en couches, foliées et/ou anastomosées (Planche 47). Ces veines montrent un assemblage à quartz, magnétite, biotite, allanite, apatite, feldspath-K et fluorite avec des traces de monazite, xénotime, uraninite, thorite, zircon et sphalérite (Planche 49). La magnétite est allotriomorphe à hypidiomorphe, disséminée, en agrégats ou massive et présente des textures qui varient en fonction de son abondance (Planche 51). Le quartz est précoce dans la séquence de cristallisation de cette paragenèse car la magnétite, la biotite et l'allanite recoupe, démembrant et/ou remplacent les bandes de quartz (Planche 49 A). Des inclusions de magnétite, apatite, xénotime et monazite sont présentes dans le feldspath-K et également sous forme de cristaux disséminés dans la veine suggérant que la gamme de minéraux énumérés précédemment a cristallisé au cours d'un même événement (Planches 49 C à F et 50 C, E et F). Les minéraux de terres rares sont surtout concentrés en bordure des zones à magnétite massive et dans les zones où la magnétite est peu abondante. La monazite et le xénotime sont les principaux minéraux hôtes des terres rares tandis que l'allanite contribue modestement à cet enrichissement. Cependant, l'allanite est le seul minéral à contenir de l'yttrium. La sphalérite est rare, ponctuelle et forme des plages arrondies dans la magnétite (Planche 49 B). Une imprégnation sélective (LT) Ca-Fe à chlorite et pumpellyite avec ou sans épidote se superpose aux veines (HT) Ca-K-Fe. La chlorite y remplace la biotite et la pumpellyite et l'épidote y

remplacent les bordures de grains d'allanite. Lorsque l'allanite est remplacée en épidote, les terres rares légères sont mobilisées et les reliques sont enrichies en Y comparativement à l'allanite non altérée (Planche 49 E).

Près de l'indice, les roches métasédimentaires sont affectées par une altération hydrothermale avec un faible remplacement généralisé et sélectif de type transitionnel entre (HT) Ca-K-Fe et skarn à hornblende, clinopyroxène, feldspath-K, magnétite et grenat (Planche 52 A, B). Les niveaux silteux sont majoritairement composés de quartz et feldspath-K avec des microcristaux allotriomorphes et disséminés de hornblende, clinopyroxène et magnétite (Planche 52 C). Les niveaux plus argileux sont sélectivement remplacés par des lentilles discontinues de grenat, contenant des cristaux de clinopyroxène, à cause de la plus grande disponibilité de l'aluminium dans ces lits. À proximité des veines minéralisées, l'altération de type skarn est mieux développée et est composée de grenat, calcite, épidote, quartz, chlorite et magnétite. Le grenat est abondant et forme des amas irréguliers entre des plages de calcite et chlorite (Planche 52 D, E). La magnétite est présente en traces et forme des cristaux finement grenus aux bordures irrégulières (Planche 52 F). De plus, la magnétite contient des traces de chalcopyrite et est partiellement remplacée en hématite par une altération rétrograde tardive.

Le porphyre granitique qui encaisse les veines (HT) Ca-K-Fe est localement superposé par un remplacement (HT) K-Fe subtil à intermédiaire constitué de biotite, magnétite, fluorapatite, feldspath-K, zircon, monazite et xénotime (Planche 48). Des oxydes de Fe-Ti (c.-à-d. magnétite, titanomagnétite, ilménite et rutil) sont disséminés dans le précurseur et englobent des grains de fluorapatite (Planche 48 D). La biotite montre une texture bigarrée et est plus abondante autour des plages à magnétite (Planche 48 A à C). L'origine ignée ou hydrothermale de la magnétite et des autres oxydes de Fe-Ti n'est pas certaine mais leur forte association spatiale avec la biotite et les minéraux hôtes des terres rares, suggère l'existence d'un processus métasomatique à éléments alcalins. Les textures ignées sont bien préservées avec un remplacement sélectif du plagioclase sodique en feldspath-K et des plaquettes hypidiomorphes de biotite intergranulaire au quartz (Planche 48 E, F). De plus, le zircon, la monazite et le xénotime sont spatialement associés aux minéraux potassiques.

En périphérie de l'indice JLD, le granite porphyrique est également superposé par des remplacements généralisés potassiques et siliceux d'intensité faible à modéré (Planche 46 D à F). L'imprégnation à feldspath-K est parfois recoupée par un réseau de veinules de chlorite d'aspect bréchiue (Planche 46 F). L'étendue de l'empreinte hydrothermale décrite autour de

l'indice minéralisé témoigne de l'existence d'une circulation importante de fluides hydrothermaux dans le secteur.

5.7.3 Lithogéochimie

La figure 23 montre les proportions molaires des veines à magnétite et de leur encaissant porphyrique ainsi qu'un précurseur porphyrique silicifié. Les deux générations de veines ont été sélectionnées (les veines à magnétite et quartz et (HT) Ca-K-Fe) et malgré leur différence minéralogique, la proportion est similaire avec toutefois un léger enrichissement en Mg pour la paragenèse (HT) Ca-K-Fe, expliqué par le remplacement tardif de la biotite en chlorite, pumpellyite et \pm épidote. La proportion molaire des granites porphyriques est similaire et témoigne d'un faible remplacement homogène à feldspath-K. La comparaison entre le porphyre granitique et son homologue silicifié fait ressortir un appauvrissement relatif en Fe, Mg et K. Les observations microscopiques confirment le remplacement intense des phases minérales ferro-magnésiennes et du feldspath-K matriciel par du quartz microgrenu dans la matrice et le développement de couronnes de quartz autour des phénocristaux de feldspath. Un comparatif entre la veine à quartz et magnétite et la veine (HT) Ca-K-Fe montre que cette dernière possède des concentrations plus élevées en Y, U, Th, F, Te Zn, Cu, Pb, Co, Ni, Bi et As et plus faible en Zr, Cr et W. Ensemble, ces veines sont globalement enrichies en Mn, Zn, V et Sn. Le granite porphyrique contient les concentrations en Nb et Ta les plus élevées des 5 unités analysées suggérant un enrichissement causé par l'altération potassique. Sur le diagramme multi-éléments normalisé (Figure 24), la veine (HT) Ca-K-Fe montre un enrichissement en terres rares d'un ordre de grandeur plus élevé que les concentrations du porphyre granitique encaissant alors que la veine à quartz et magnétite montre un appauvrissement. Un patron similaire est observé pour ces 4 unités mais il diffère grandement pour la zone silicifiée qui montre un enrichissement relatif en Na, un lessivage des terres rares légères et un pic négatif plus prononcé pour Eu.

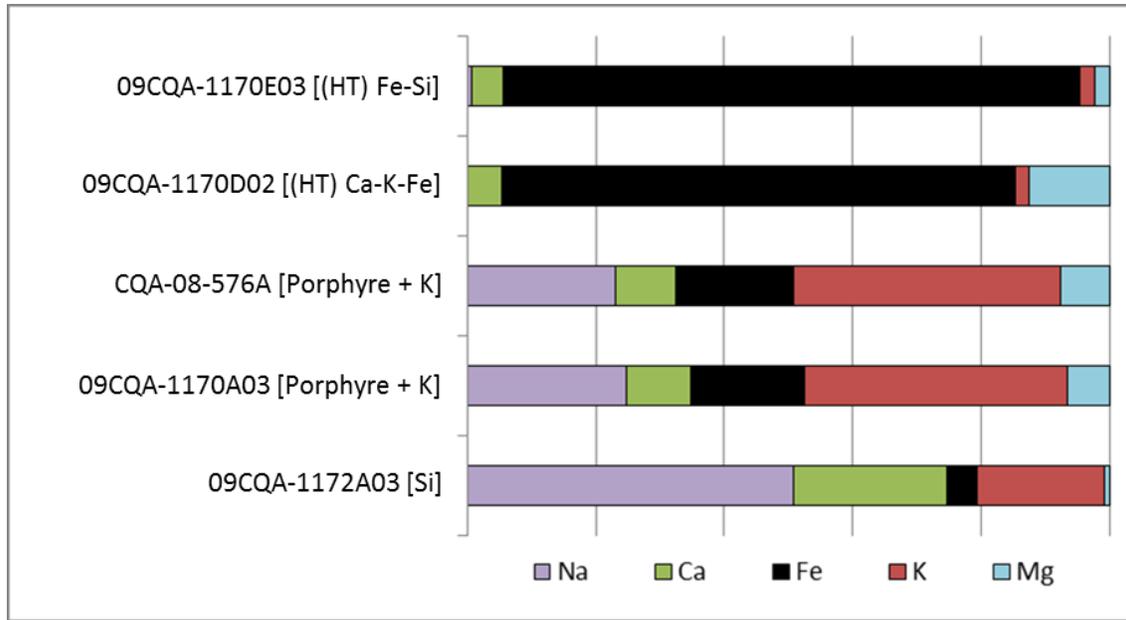


Figure 23 : Proportions molaires des paragenèses d’altération et des roches précurseurs de l’indice JLD (analyses dans Corriveau et al., 2015).

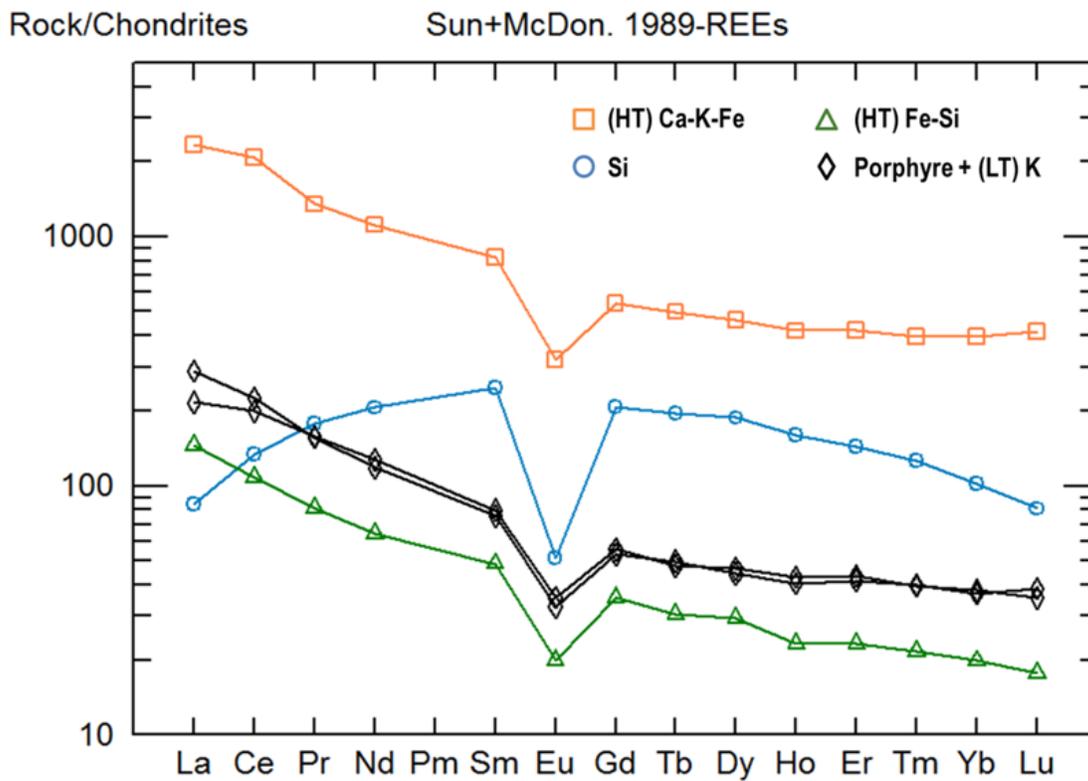


Figure 24 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d’altération et des roches précurseurs de l’indice JLD (analyses dans Corriveau et al., 2015).

5.8 Le système de Sue-Dianne

5.8.1 Contexte général

Le système de Sue-Dianne est situé au sud de la ZMGLO dans la région du lac Mazenod (Figure 25). Ce gîte, encaissé dans une ignimbrite de composition rhyodacitique, est retrouvé au sein d'un complexe de brèches structurales et hydrothermales, localisé à l'intersection de deux failles majeures (Gandhi, 1989, 1994; Gandhi et al., 2014; Goad et al., 2000a, b; Camier, 2002). Sue-Dianne est un gîte IOCG sensu stricto contenant des ressources indiquées de 8,4 Mt titrant à 0,80% Cu, 0,07 g/t Au et 3,2 g/t Ag (Hennessey et Puritch, 2008). La minéralisation est soit disséminée dans les brèches à oxydes de fer, soit retrouvée dans des veines recoupant les brèches. Près de la surface, la bornite est la principale source de Cu et elle est accompagnée d'une proportion supérieure d'hématite par rapport à la magnétite. En progressant vers le cœur du système, la proportion de magnétite, chalcopryrite et de pyrite croît (Goad et al., 2000a, b). Les planches 53 à 56 présentent les photos des roches étudiées. Le secteur minéralisé de Sue-Dianne et les indices de Brooke et Kim sont les seuls sites faisant l'objet d'une description pétrographique.

5.8.2 Paragenèses et minéralisations

La magnétite est couramment observée au sein du système de Sue-Dianne. Elle est présente dans des zones de remplacement stratoïde, des veines et des brèches recoupant l'ignimbrite. Sur tous les échantillons prélevés à Sue-Dianne et Brooke, la magnétite est partiellement à totalement remplacée en hématite. Le remplacement de la magnétite en hématite est soit aléatoire, soit localisé en bordure des grains (Planches 53 E, 54 E, F et 55 F). L'hématite est également présente comme pseudomorphe de la magnétite; une interprétation déterminée par la texture grenue de l'hématite similaire à celle de la magnétite non-altérée et la présence de reliques de magnétite de l'ordre du micromètre au sein de l'hématite (Planches 53 C, E, 54 E, F et 55 F). La magnétite est préservée au cœur des grains plus grossiers et à l'extrémité de veinules (Planche 55 F). Tous les échantillons sélectionnés montrent un degré variable de martitisation de la magnétite suggérant une circulation de fluides hydrothermaux plus oxydés, postérieure à la formation des brèches et des veines à magnétite. Les assemblages minéralogiques associés à la magnétite sont également partiellement à complètement oblitérés par les phases minérales des paragenèses (LT) K-Fe à hématite qui demeure stable avec le feldspath-K antérieur. Malgré un

remplacement complet de la magnétite en hématite, il est possible de percevoir un magnétisme rémanent à l'aide d'un aimant.

De nombreux faciès bréchiques sont répertoriés au sein de la zone bréchique (Planches 55 A, D et 56 A, B). Les fragments sont fortement affectés par une imprégnation à feldspath-K. Les fragments sont arrondis à anguleux avec des bordures franches ou des golfes de corrosions. Les fragments sont généralement supportés par la matrice qui est composée de magnétite remplacée en hématite, d'hématite et de minéraux potassiques cryptocristallins identifiés par la coloration. Au moins quatre événements bréchiques sont identifiés :

- 1) une brèche hydrothermale à magnétite et feldspath-K cryptocristallins (Planche 55 A à C);
- 2) une brèche à magnétite semi-massive à massive (Planches 53 B, C, E, F, 54 C à F et 55 A à E);
- 3) une brèche à hématite minéralisée avec un remplacement de la magnétite en hématite et une possible imprégnation en feldspath-K des épontes, déjà affectée par une altération à feldspath-K (Planches 53 B, C, E, F et 54 C, E, F) et;
- 4) une brèche à chlorite, épidote et quartz associée à un épisode de minéralisation polymétallique de faible envergure (Planches 53 D à F, 54 D à F et 55 D, F).

Ces brèches sont recoupées par des veines de bornite (Planche 56 B, C) et des veines de quartz et chlorite (Planche 55 A, C). Une altération sodique, sous forme de remplacement généralisé, est aussi observée sur l'ignimbrite.

Un front de remplacement bigarré et localement intense à magnétite est rencontré dans la rhyolite du secteur de Brooke, à l'extérieur de la zone minéralisée de Sue-Dianne (Planche 54 A). Cette altération contient de la magnétite microcristalline et possède des bordures nettes et irrégulières avec la rhyolite. La rhyolite est de couleur rose pâle indiquant tout au plus une faible imprégnation potassique sur le précurseur. Des veines (HT) K-Fe à magnétite et feldspath-K recoupent le remplacement à magnétite (Planche 54 B). De plus, des brèches à magnétite-hématite évoluent latéralement vers des stockworks et des veines (Planches 53 B et 54 C, D). Ces brèches sont associées à une intense imprégnation des épontes à feldspath-K avec de la magnétite et du rutile microcristallin disséminée (Planche 53 C). Des veines (LT) Ca-K à chlorite, épidote, feldspath-K, muscovite, pyrite et chalcopryrite avec des traces d'or natif et de scheelite recoupent les veines et les brèches à magnétite (Planche 53 D à F). Des inclusions de pyrite et de chalcopryrite ainsi que des micro-inclusions de minéraux silicatés sont présentes dans la

magnétite et l'hématite (Planche 54 F). Des remplacements sporadiques à feldspath-K et des veines à épidote et chlorite recoupent tardivement le précurseur porphyrique et les altérations à oxydes de fer (Planche 53 A).

Une paragenèse (HT) K-Fe à magnétite, biotite, pyrite, chalcopyrite est présente sous forme de stockwork sur l'indice Kim (Planche 56 D). Il s'agit du seul assemblage à magnétite préservé des altérations subséquentes malgré un remplacement sélectif partiel de la biotite en chlorite et épidote. La magnétite est microcristalline à finement grenue. Elle est soit sous la forme de plaquettes, soit disséminée et de forme irrégulière dans les zones d'intersection de veines (Planche 56 E, F). L'indice Kim est également hôte de veines à épidote et chlorite contenant de la pyrite, chalcopyrite et sphalérite.

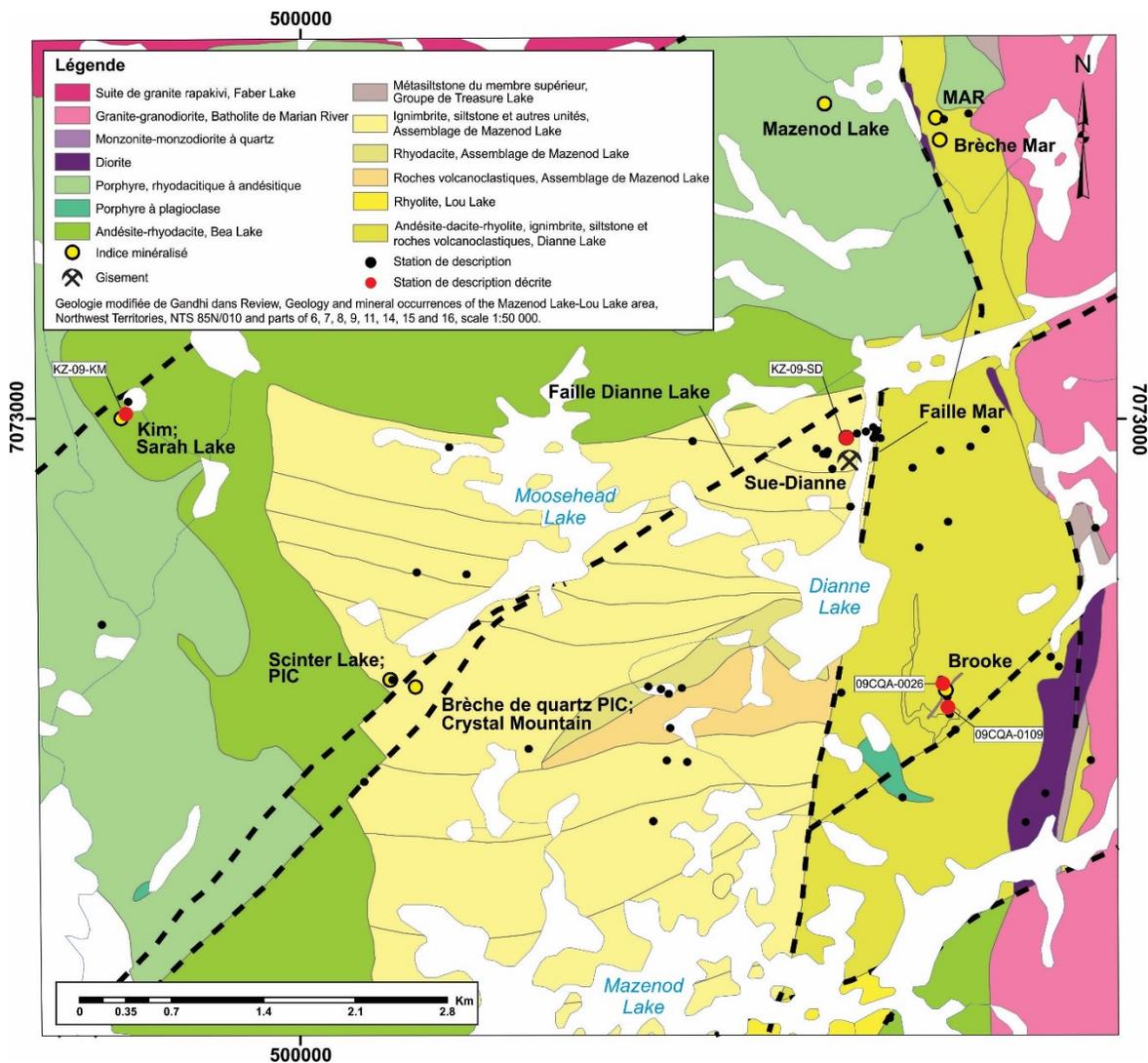


Figure 25 : Carte géologique du système de Sue-Dianne d'après Gandhi et al. (2014).

5.8.3 Lithogéochimie

Les paragenèses (HT) Na, (HT) K-Fe, (LT) K-Fe et (LT) Ca±K ont été observées dans le système de Sue-Dianne. La proportion molaire des différents éléments permet de bien distinguer les différentes altérations ainsi que la présence d'une altération sur le précurseur (Figure 26). La figure 27 montre le patron de concentrations des terres rares normalisées aux chondrites des différents échantillons sélectionnés. Globalement, le patron des altérations est similaire à celui des précurseurs. La concentration en terres rares lourdes des altérations est inférieure à celle des précurseurs. Les altérations (HT) K-Fe et (LT) K-Fe ont, à la fois, des patrons et des concentrations distincts des autres échantillons. Les paragenèses (HT-LT) K-Fe sont plus enrichies en terres rares légères que les paragenèses (HT) K-Fe et (LT) K-Fe. Les plus fortes concentrations en terres rares sont observées à Brooke et sont associées à l'enrichissement en Cu, Zn, W, Au, Ag, Mo, Co et Bi des veines à épidote et chlorite recoupant la brèche.

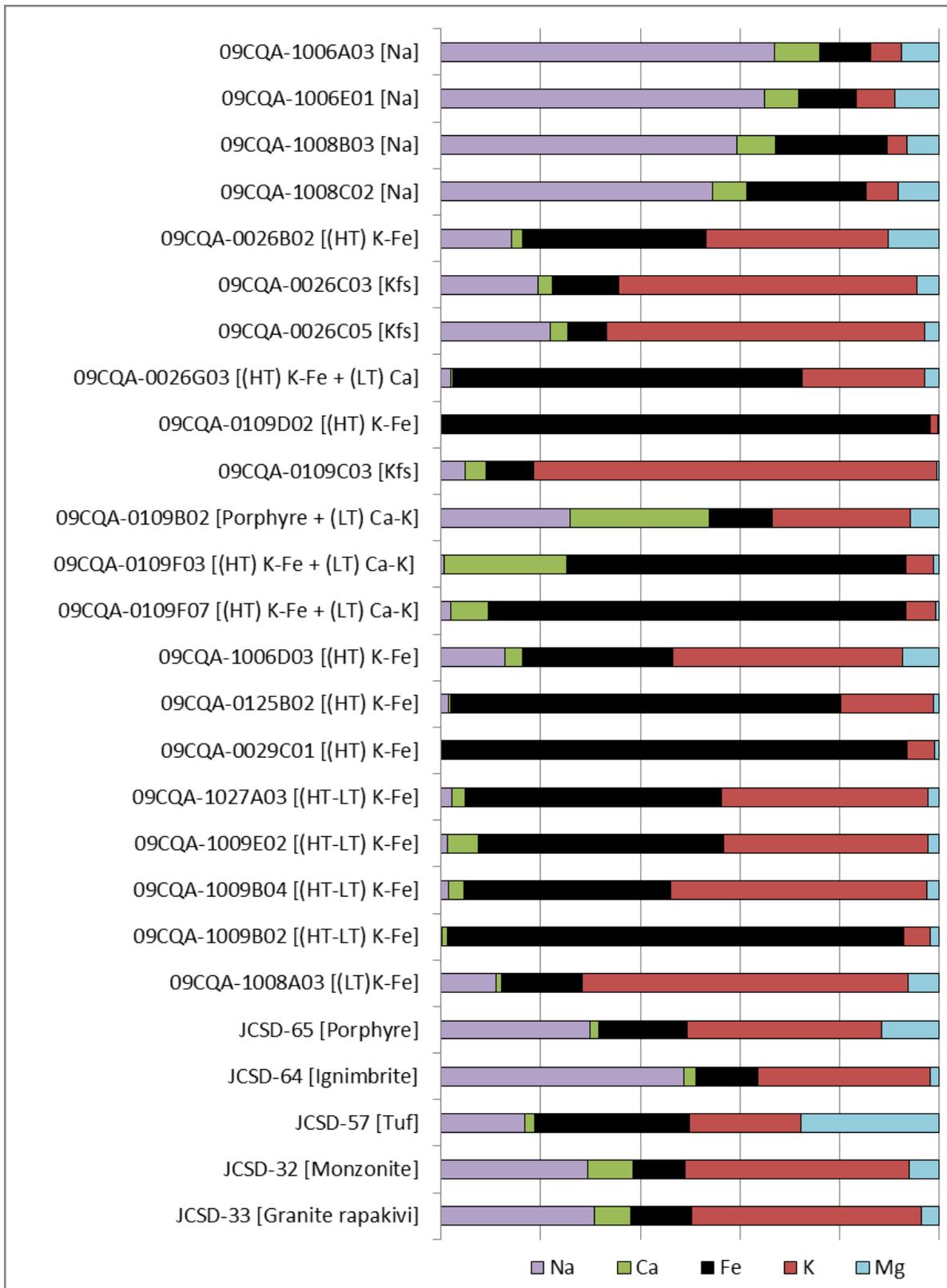


Figure 26 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Sue-Dianne (analyses dans Corriveau et al., 2015).

Rock/Chondrites

Sun+McDon. 1989-REEs

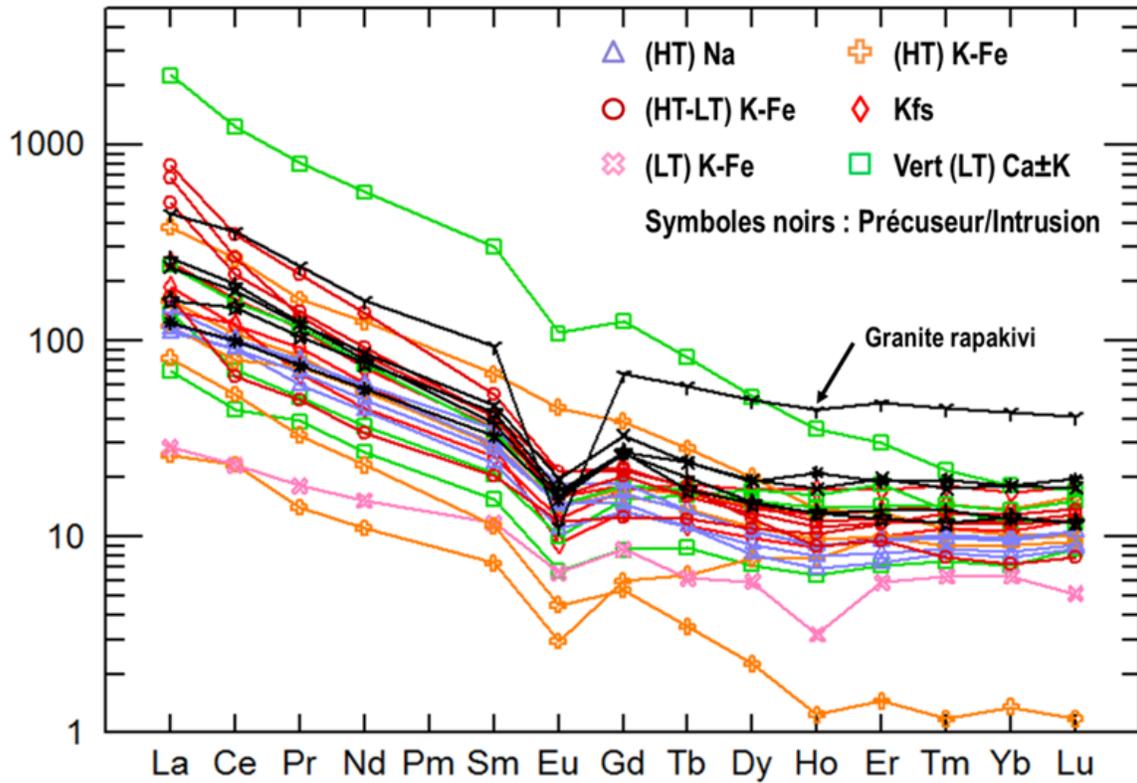
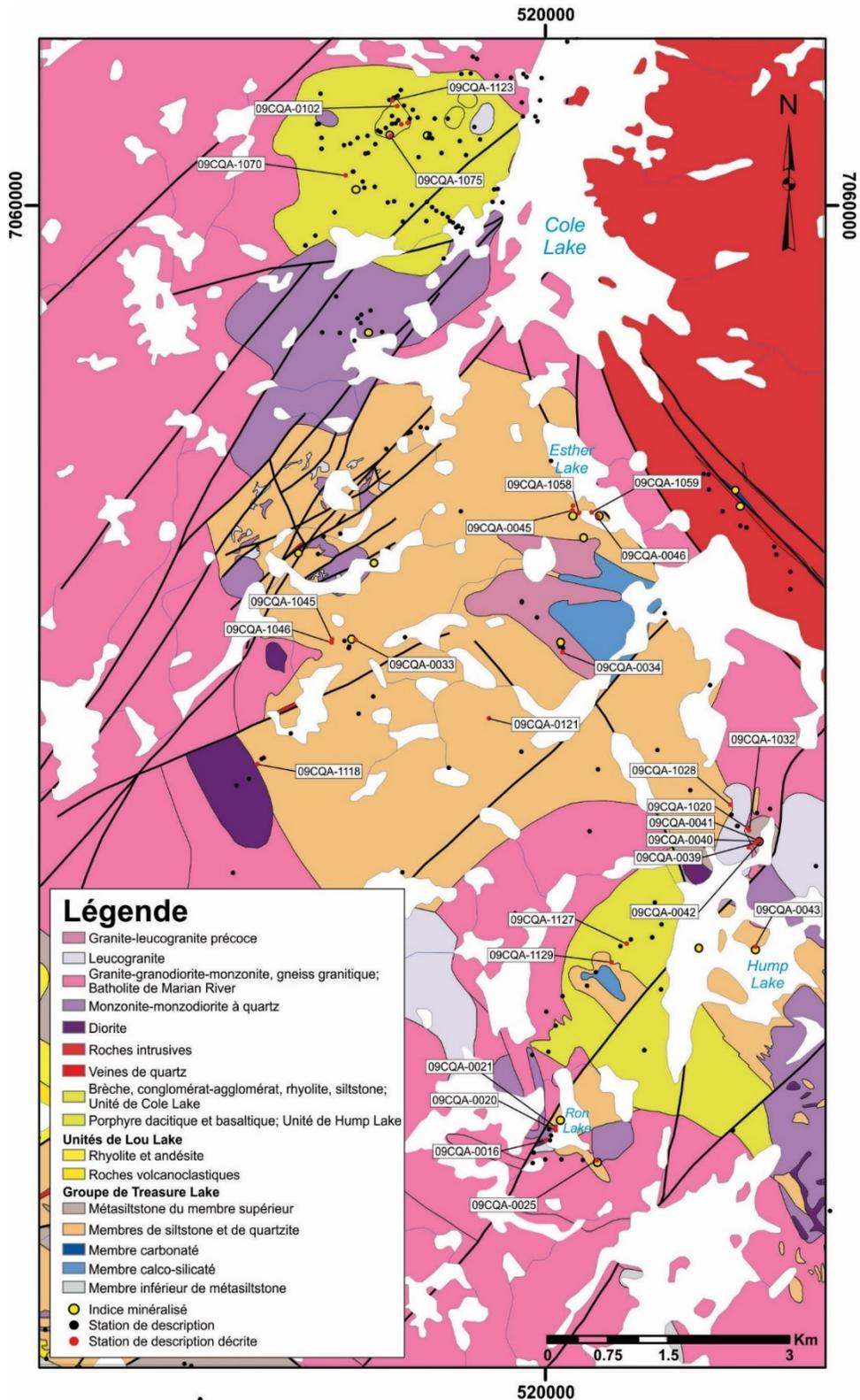


Figure 27 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du système de Sue-Dianne (analyses dans Corriveau et al., 2015).

5.9 Le système de Cole

Le système hydrothermal de Cole est situé au sud de la ZMGLO, à environ 10 km au nord-est du gîte NICO (Figure 9). Dans ce secteur, les unités rencontrées sont des dépôts volcanoclastiques, sédimentaires (c.-à-d. siltstone, grès, agglomérats et conglomérats), des coulées de rhyolite et des intrusions porphyriques (Gandhi et al., 2001). Ces roches supracrustales font partie du Groupe de Faber et correspondent au même niveau stratigraphique que celui retrouvé au gîte de NICO. Dans le secteur du lac Cole, le système hydrothermal se serait développé suite à la mise en place d'intrusions felsiques à intermédiaires à texture porphyrique et de roches volcaniques felsiques aphanitiques au sein du complexe volcanique (Gandhi, 1994). Le batholithe de Marian River (1866 Ma) et un corps intrusif (1867 Ma), dont la composition varie entre une monzonite à quartz et une granodiorite, recourent et ceinturent le Groupe de Faber (Gandhi et al., 2001). Des dykes granitiques ayant une forte concentration en U-Th recourent les altérations hydrothermales et la principale zone bréchique.

Les 33 stations sélectionnées pour représenter les paragenèses à magnétite ou les assemblages de haute température similaires au développement des paragenèses à magnétite sont présentées à la figure 28. Le système hydrothermal de Cole est étendu et diversifié. Pour cette raison, il est divisé en quatre secteurs, soient ceux des lacs Cole, Hump, Ron et Esther. Les planches 57 à 60 présentent les photos des roches du secteur du lac Cole, les planches 61 à 69 celles du lac Hump, les planches 70 à 73 celles du lac Ron, les planches 74 et 75 celles du lac Esther et les planches 76 à 78 celles des affleurements environnants. Pour l'ensemble du système, les niveaux d'altération 1 à 5 sont observés et comprennent les paragenèses Na, Na-Ca, Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) Fe, (HT) skarn, (HT) K-Fe, (LT) Fe, (LT) K-Fe (LT) Ca±Fe). Une altération tardive, montrant un assemblage propylitique, se superpose à l'ensemble du système hydrothermal de Cole. Une zone de brèches tectono-hydrothermales, large de 450 mètres, est l'hôte de paragenèses d'altération (HT) Na-Ca-Fe au nord du complexe volcanique. Enfin, la minéralisation se présente sous forme d'enrichissements localisés en U, Th et terres rares ainsi que de minéralisations cuprifères discrètes associées à des assemblages propylitiques tardifs.



Carte de: Gandhi, S S; Montreuil, J-F; Corriveau, L; Geological Survey of Canada, Canadian Geoscience Map 148, (ed. prelim.) 2014; 1 sheet, doi:10.4095/292918

Figure 28 : Carte géologique du système de Cole d'après Gandhi et al. (2014).

5.9.1 Le secteur du lac Cole

5.9.1.1 Contexte général

Le secteur du lac Cole se situe au Nord du système et est hôte d'une brèche couvrant plusieurs centaines de mètres recoupant les diverses unités du Groupe de Faber (c.-à-d. rhyolite, porphyre à feldspath et des sédiments volcanoclastiques). La roche encaissante, principalement une rhyolite, est superposée par un remplacement généralisé à magnétite puis recoupée par une zone bréchique associée à une altération (HT) Na-Ca-Fe. Dans la brèche, l'identification de la nature du précurseur est obscurcie par la superposition d'altérations antérieures, contemporaines et postérieures à l'épisode de bréchification. La roche encaissante et la brèche sont recoupées par des veines calciques ayant différents aspects et compositions. Enfin, les différents faciès d'altérations sont tous recoupés par des dykes granitiques à monzonitiques (Planche 57 F).

5.9.1.2 Paragenèses à fer et sodiques-calciques à fer

Tout d'abord, une paragenèse à magnétite sous forme de remplacement généralisé régulier et homogène superpose les roches encaissantes. Sur la rhyolite, les phénocristaux de feldspath sont préservés ainsi qu'une structure litée qui rappelle la nature volcanoclastique du précurseur. L'intensité du remplacement est variable, mais la magnétite est toujours microcristalline donnant une couleur grisâtre, caractéristique de cette altération lorsqu'elle est naissante (Planche 57 B).

Deux faciès bréchiques sont identifiés dans la brèche de Cole bien que, dans les deux cas, les fragments sont polygéniques avec une matrice supportant les clastes. Le premier faciès est composé de fragments anguleux à sub-arrondis de taille centimétrique à métrique avec une distribution chaotique (Planche 59 A). Le deuxième faciès, très rare, est constitué de fragments allongés (Planche 59 B). La brèche est majoritairement formée d'une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe qui est, à la fois, présente dans la matrice et en imprégnation sur certains fragments. Cette altération possède un assemblage à albite, augite, hornblende, actinote, magnétite, titanite, allanite et apatite avec une abondance variable de magnétite (Planches 58 C à F, 59 D et 60 B à D). Lorsque cet assemblage se superpose sur les fragments, l'albite est majoritaire avec des traces d'amphibole et/ou de magnétite (Planches 58 C, D et 59 D). Le remplacement est faible à intense, variant d'une légère imprégnation à albite en bordure des fragments jusqu'à la disparition

des textures primaires du précurseur à travers les fragments (Planches 57 A, 58 A, B, 59 A à C et 60 A, E). La magnétite est surtout observée sous forme de fines disséminations dans la matrice de la brèche ou dans la matrice du précurseur porphyrique. La magnétite est également présente en grains allotriomorphes disséminés et finement grenus dans des glomérocristaux du précurseur porphyrique (Planche 58 C, D). L'augite, l'actinote et la hornblende forment des agrégats bigarrés disséminés, des plages irrégulières dans la matrice de la brèche (Planches 58 B, 59 D, E et 60 B à D) ainsi que dans la matrice des fragments porphyriques (Planche 58 C, D).

Dans la brèche, certains fragments sont fortement altérés en magnétite (Planche 59 A et C). Ils sont majoritairement composés de magnétite (plus de 20%) et d'albite microcristalline avec des traces d'actinote, de hornblende ou de titanite. Les fragments ont préservé la texture porphyrique du précurseur dans lequel les phénocristaux de plagioclase ont été remplacés en albite (Planches 59 E, F et 60 C). Ces fragments sont sub-arrondis, de taille centimétrique, et possèdent un contact net ou transitionnel avec la matrice de la brèche. Lorsque le contact est transitionnel, la bordure du fragment est majoritairement composée d'albite de couleur terne avec des traces de magnétite, titanite et quartz (Planche 60 D). Un fragment du précurseur porphyrique partiellement remplacé par l'altération à magnétite microcristalline suggère que le remplacement généralisé à magnétite est antérieur à l'épisode de bréchification (Planche 60 F). De plus, une altération (HT) Na généralisée à albite a remplacé le précurseur porphyrique avant l'imprégnation à magnétite et l'épisode de bréchification.

Près de la zone bréchique, la roche encaissante est recoupée par de fines fractures avec une imprégnation des épontes à albite, sur quelques centimètres (Planche 57 B). L'intensité de ce réseau de fractures augmente en se dirigeant vers la brèche. De plus, des veines rectilignes (HT) Na-Ca-Fe avec un remplissage d'amphibole, magnétite et apatite et une imprégnation des épontes d'albite recourent à la fois la brèche et la rhyolite encaissant la brèche (Planche 57 C à E). Des veines (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite recourent la brèche (HT) Na-Ca-Fe (Planche 60 A). Ces veines sont d'épaisseur millimétrique et présentent un contact net et irrégulier.

5.9.1.3 Paragenèses potassiques à fer

Une faible altération (HT) K-Fe, sous forme de remplacement sporadique et irrégulier, est développée sur certains fragments de la zone bréchique (Planches 59 C et 60 E). Cette paragenèse est constituée de biotite, feldspath-K, magnétite, titanite et apatite, et coexiste avec

des grains d'albite possiblement hérités de l'altération antérieure (Planche 60 F). Cette paragenèse n'est toutefois pas observée à l'extérieur de la zone bréchique.

5.9.1.4 Paragenèses de basse température

Enfin, des altérations (LT) Ca-Fe à épidote et chlorite et (LT) Ca-K±Fe à épidote, feldspath-K, chlorite, carbonate avec parfois de l'hématite se présentent sous forme de remplacements sporadiques, irréguliers et diffus sur les altérations précédentes (Planche 57 A, E). Lorsque le remplacement est bien développé, l'altération (LT) Ca-K±Fe provoque un remplacement pseudomorphique de la magnétite en hématite. Finalement, la paragenèse (LT) Ca-Fe est également observée sous forme de veines qui recoupent la brèche (HT) Na-Ca-Fe.

5.9.2 Le secteur du lac Hump

Le secteur du lac Hump est majoritairement constitué de roches métasédimentaires du Groupe de Treasure Lake avec quelques occurrences de roches volcaniques et d'intrusions granitiques tardives qui recoupent les altérations en éléments alcalins à oxydes de fer (Planche 61). Les principales altérations se trouvent dans une zone stratigraphique fortement plissée de 300 mètres de long orientée NNO où la direction des axes de plis change au cœur de la zone fortement altérée (Gandhi, 1992, 1994).

5.9.2.1 Paragenèses sodiques et sodiques-calciques à fer

Les paragenèses sodiques se présentent sous forme de reliques et d'enclaves d'albite éparses (Planches 63 A, B, D et 65 A, B). Ces altérations sont formées d'albite, microcristalline ou à grains fins, et de grains de quartz. Une subtile paragenèse (HT) Na-Ca-Fe, sous forme de remplacement stratoïde naissant, est observée (Planche 61 B). Un remplacement (HT) Na-Ca-Fe plus développé est présumé par la présence de reliques d'albite dans certains échantillons de roches métasédimentaires altérées (Planche 66 E, F). De plus, des reliques d'amphiboles et d'augite partiellement remplacées en épidote et chlorite par l'altération (LT) K-Fe (Planche 64 E) et la présence de deux textures de magnétite distinctes (Planche 64 A, B) permettent d'appuyer l'idée d'une altération (HT) Na-Ca-Fe précoce, diachronique avec l'altération généralisée à magnétite antérieure. Cependant, l'albite, l'amphibole et le clinopyroxène constituent une faible proportion de l'altération tandis que le quartz est la phase minérale majoritaire (Planche 63 D à

F). La présence de lits de quartz déformés (Planche 63 D, E), la texture grenue du quartz (Planche 64 C) et l'aspect intergranulaire des minéraux d'altération (Planche 64 E) suggèrent que le quartz serait hérité du précurseur métasédimentaire et que la dissolution du quartz par les fluides d'altération aurait été minimale. De plus, l'imprégnation potassique est ubiquiste sur ce secteur ce qui complique l'identification des phases sodiques.

5.9.2.2 Paragenèses à fer

Certaines altérations à magnétite n'ont pu être clairement associées à d'autres minéraux d'altération : soit parce que la magnétite est la phase minérale de l'altération, soit parce que les autres minéraux ont complètement été oblitérés par des altérations subséquentes. Ces altérations, classées comme paragenèse (HT) Fe, sont observées sous forme de remplacement stratoïde et généralisé sur les unités métasédimentaires ainsi que sous forme de réseaux de veines anastomosées et recoupantes. Le remplacement stratoïde forme des bandes centimétriques à magnétite semi-massive (Planches 62 A, B et 63 D) avec du quartz comme seul autre minéral. L'assemblage a une texture granoblastique avec des grains subidiomorphes de magnétite montrant des joints à 120° (Planche 62 C, D). L'hématite, retrouvée dans ces niveaux, est un pseudomorphe de la magnétite résultant de la superposition d'une altération (LT) K-Fe plus tardive. Le remplacement généralisé à magnétite est constitué de magnétite microcristalline disséminée dans la roche métasédimentaire et de magnétite massive moyennement grenue sous forme de boudins. L'intensité du remplacement est faible à modéré ce qui permet de conserver la structure litée du précurseur (Planches 61 A, D, 62 E, F et 63 C). Les veines à magnétite sont massives et recoupent la roche métasédimentaire ainsi qu'une enclave d'albite (Planche 63 A, B).

5.9.2.3 Paragenèses calciques à fer et calciques-potassiques à fer

Les paragenèses d'altération calcique se présentent sous forme de veines et de remplacement stratoïde. Les veines sont rectilignes et d'aspect massif (Planches 61 A et 67 A), ou forment un stockwork qui recoupent massivement le précurseur (Planche 61 C). Elles sont majoritairement constituées d'actinote ou de hornblende avec des occurrences de magnétite disséminée. Les nombreuses bandes sub-parallèles au litage des unités métasédimentaires sont le résultat d'un remplacement stratoïde sélectif (Planches 65 A à C et 66 A, C). Ces bandes, millimétriques à centimétriques, sont composées d'augite, hornblende, magnétite, allanite,

fluorapatite et de grenat de type andradite enrichis en Mn (3,4% Mn, 19,8% Ca, 19,5% Fe, 16,6% Si et 0,6% Al, exprimés en % poids). La magnétite est finement grenue, allotriomorphe et fracturée. Elle forme, avec le grenat et la hornblende, des boudins allongés et déformés (Planche 65 A, B, C, F). Des agrégats de grenat, magnétite et quartz sont également associés à ce remplacement (HT) Ca-Fe (Planche 66 C, D, F). Ces altérations sont partiellement remplacées par les altérations (LT) K-Fe±Ca qui provoquent un remplacement pseudomorphique de la magnétite en hématite (Planche 65 D). La magnétite est surtout observée dans les boudins les plus épais et au cœur des agrégats de grenat. Cette distribution indique que l'altération de plus basse température n'était pas suffisamment intense pour remplacer complètement la paragenèse (HT) Ca-Fe (Planches 65 C, D, F et 66 D). Des reliques d'albite en bordure des boudins (Planche 66 E) et des agrégats de grenat et magnétite (Planche 66 F) suggèrent qu'une composante sodique aurait pu être contemporaine de la formation de magnétite. Aussi, une paragenèse (HT) Ca-Fe forme des pseudo-veines composées d'agrégats de hornblende, cummingtonite et magnétite à grains fins à moyens dans une matrice à augite, magnétite et allanite microcristalline (Planche 67). La magnétite est retrouvée préférentiellement dans la matrice, mais elle possède une granulométrie similaire dans les deux faciès. La matrice montre une texture granoblastique où la magnétite forme des plages intercristalline à l'augite. Enfin, une paragenèse (HT) Ca-K-Fe à amphibole, feldspath-K, magnétite et quartz avec des traces de fluorapatite est rencontrée sous forme de remplacement pénétratif (Planche 64 D et E). Cette altération recoupe la roche métasédimentaire altérée par un assemblage à feldspath-K, biotite et magnétite, où la biotite est lessivée au contact de la paragenèse (HT) Ca-K-Fe.

5.9.2.4 Paragenèses potassiques à fer

L'altération (HT) K-Fe est présente comme remplacement pénétratif irrégulier ou généralisé et sous forme de brèche. Les zones de remplacement forment des interdigitations qui s'immiscent le long de certains lits de la roche métasédimentaire et de micro-lentilles à magnétite et les remplacent (Planche 68 A, B). L'altération y est composée d'un assemblage à feldspath-K, magnétite et grenat formant des plages diffuses entre des amas de quartz (Planche 68 C, D). La magnétite est finement grenue, hypidiomorphe, poreuse et fracturée (Planche 68 D à F). Le remplacement généralisé (HT) K-Fe est composé de feldspath-K et de magnétite microcristalline. Le remplacement préserve la structure litée du précurseur métasédimentaire et se distingue de la paragenèse (LT) K-Fe (voir plus bas) par une couleur rouge plus foncée (Planche 61 A). La paragenèse (HT) K-Fe est également associée à une brèche qui recoupe les altérations

(HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) Fe (Planches 63 D et 69 A). La brèche est composée d'un assemblage de feldspath-K, magnétite et apatite. Elle est caractérisée par une forte imprégnation sur les fragments du précurseur leur donnant une couleur rouge caractéristique (Planche 69 B). Des fragments fortement altérés, superposés par l'altération (HT) K-Fe, contiennent des reliques de grenats remplacés en muscovite et calcite (Planche 69 D). Dans la matrice et les fragments, la magnétite est microcristalline et allotriomorphe (Planche 69 C, E). La magnétite est également retrouvée en globules microscopiques dans les cristaux de feldspath-K (Planche 69 F).

5.9.2.5 Paragenèses de basse température

Les textures de remplacement de la magnétite par l'hématite des différentes paragenèses de basse température sont variées et omniprésentes dans le secteur du lac Hump. Les paragenèses (LT) K-Fe, (LT) Ca-K-Fe, (LT) Ca-Fe et (LT) K se superposent ou recoupent l'ensemble des paragenèses à magnétite (Planches 61 A, C, 62 A, B, E, F, 63 A à C, 65 A à C, 66 C et 67 B). La superposition de l'altération (LT) K-Fe sur la paragenèse (HT) K-Fe est non seulement visible par un remplacement pseudomorphique de la magnétite en hématite mais aussi par le remplacement d'un cristal de feldspath-K maclé par un feldspath-K «sale» et brunâtre (Planche 64 F) ainsi que par la présence de muscovite et chlorite (Planche 68 C, D). L'altération (LT) K-Fe est composée d'un assemblage à feldspath-K, hématite, chlorite, barite, zircon et monazite. Pour cette altération, l'hématite est soit pseudomorphique à la magnétite, soit elle possède une forme compacte et arrondie et est enrichie en Ti (Planche 66 E et F). Le feldspath-K, en imprégnation généralisée sur le précurseur, est peu présent près des altérations (HT) Ca-Fe. La paragenèse (LT) Ca-K-Fe est observée en remplacement généralisé et se superpose sur les altérations à magnétite tout en préservant les structures du précurseur. Cette altération, composée de feldspath-K, hématite, séricite, chlorite et épidote contient également des reliques de hornblende disséminées qui contiennent des inclusions d'hématite (Planche 65 C, E). Cependant, la hornblende n'est pas observée dans toutes les paragenèses (LT) Ca-K-Fe. La paragenèse (LT) Ca-Fe se présente sous forme de remplacement sélectif et se superpose préférentiellement sur les assemblages à clinopyroxène, amphibole et magnétite pour former de l'épidote, actinote, chlorite et hématite (Planche 67 E, F). Des veines tardives à épidote recoupent également toutes les altérations ainsi que l'intrusion granitique (Planche 67 A).

5.9.3 Le secteur du lac Ron

Le secteur du lac Ron est hôte de paragenèses sodiques, calciques et potassiques qui se superposent sur les unités métasédimentaires du Groupe de Treasure Lake et une unité volcanique porphyrique. Les altérations en éléments alcalins et à oxydes de fer sont circonscrites par les intrusions granitiques et monzonitiques qui viennent recouper les roches métasédimentaires.

5.9.3.1 *Paragenèses sodiques et sodiques-calciques à fer*

Les évidences d'altérations strictement sodiques sont limitées à quelques zones localement affectées par une forte imprégnation à magnétite ou à feldspath potassique. Une paragenèse (HT) Na à albite et fortement remplacée par une paragenèse à amphibole et magnétite et l'intensité du remplacement est fortement variable à l'échelle de l'affleurement (Planche 70 A à C). L'albite se retrouve dans des fragments d'une zone d'aspect bréchique et sous forme de lentilles irrégulières (Planche 70 A, B). La magnétite et l'amphibole sont microcristallines, composent la matrice entre les fragments et boudins à albite et montrent un contact net à graduel. De telles reliques d'albite à actinote sont présentes sur d'autres affleurements et témoignent d'un remplacement antérieur à albite sur lequel s'est superposé des altérations à actinote, magnétite, allanite et fluorapatite avec des halos de feldspath potassique superposés aux zones où l'albite demeure préservée (Planche 71 C, D). La magnétite est allotriomorphe, finement grenue, massive à semi-massive et forme des bandes discontinues d'épaisseur variable (Planche 71 A à D). L'allanite, enrichie en La, Ce, Nd et Pr, forme des plages irrégulières contenant de la magnétite et fluorapatite (Planche 71 E, F). La fluorapatite contient des micro-inclusions de monazite et d'uraninite (Planche 71 F). Des fantômes de cristaux grenus entourés de magnétite dont la forme rappelle celle de clinopyroxènes et/ou amphiboles sont complètement remplacés par l'altération (LT) Ca-K-Fe (Planche 71 C, D).

5.9.3.2 *Paragenèses calciques à fer*

La paragenèse (HT) Ca-Fe est présente sous forme de front d'altération (Planche 72 B) menant à une imprégnation généralisée (Planche 72 A), de remplacement stratoïde (Planche 70 D) et en réseau de veines (Planche 72 C). Le remplacement généralisé est homogène et forme des amas de clinopyroxène avec une texture similaire à celle retrouvée dans le secteur du lac

Hump (Planche 72 A). Les porphyroblastes sont composés d'amas d'amphiboles au sein d'une matrice à magnétite et clinopyroxène granoblastique. Le front d'altération (HT) Ca-Fe est pénétratif et irrégulier au niveau du précurseur métasédimentaire produisant des plages de magnétite massive de formes irrégulières (Planche 72 B). Un réseau de veines irrégulières à magnétite, apatite et scheelite recoupe le précurseur porphyrique d'origine volcanique (Planche 72 C). L'agencement des cristaux allotriomorphes de magnétite, similaire à d'autres altérations (HT) Ca-Fe dans le système, suggère la présence de grains de clinopyroxène et/ou amphiboles complètement remplacés en épidote et chlorite (Planche 72 D). L'apatite et la scheelite sont fracturées et montrent des golfes de corrosion, tout comme la magnétite à laquelle elles sont associées (Planche 72 E, F). Les reliques d'une paragenèse (HT) Ca-Fe à augite, magnétite et apatite se présentent sous forme de bandes discontinues et de lentilles (Planche 73). Les minéraux d'altération sont équigranulaires à grains fins et la magnétite est allotriomorphe et disséminée. Ce faciès d'altération (HT) Ca-Fe est superposé par un remplacement généralisé (HT) Ca-K±Fe d'intensité modérée qui est formé d'un assemblage à feldspath-K, hornblende et titanite. Certains grains de magnétite possèdent une couronne de titanite sans remplacement de la magnétite par de l'hématite indiquant une cristallisation de la titanite dans le champ de stabilité de la magnétite. De plus, d'autres cristaux allotriomorphes de magnétite sont présents et pourraient indiquer la cristallisation de magnétite par l'altération (HT) Ca-K±Fe (Planche 73 F).

5.9.3.3 Paragenèses de basse température

Les paragenèses d'altération (LT) Ca-K à feldspath-K, épidote et chlorite et (LT) Ca-Fe à épidote, chlorite et hématite se superposent sur les paragenèses à magnétite sous forme de remplacement généralisé ou sporadique de type sélectif (Planche 71 A, B). Le remplacement des amphiboles en épidote et chlorite est bien développé dans les zones de cisaillement ou les zones mylonitiques (Planche 70 D). La paragenèse (LT) Ca-Fe forme aussi un réseau de veines anastomosées recoupant la paragenèse (HT) Ca-Fe (Planche 70 E). Des veines à feldspath-K recoupent les altérations (HT) Ca-Fe et (LT) Ca-Fe. Ces veines recoupent et sont recoupées par l'intrusion granitique. Des veines à chlorite, épidote et quartz recoupent les altérations et le granite (Planche 70 F).

5.9.4 Le secteur du lac Esther

Le secteur du lac Esther comprend à la fois des roches du Groupe de Treasure Lake et des corps intrusifs de composition granitique. Les paragenèses d'altération à oxydes de fer sont peu abondantes mais les altérations sodiques, calciques et potassiques sont abondantes. Des traces de sulfures disséminés sont présentes dans des veinules d'hématite tardives (Planche 75 F) mais aucune minéralisation d'importance n'a été identifiée.

5.9.4.1 Paragenèses sodiques et sodiques-calciques à fer

Les paragenèses d'altération sodique sont retrouvées sous forme de remplacement et de veines. Le remplacement se superpose sur les roches volcaniques (rhyolite) du Groupe de Faber et les unités métasédimentaires (siltstone) du Groupe de Treasure Lake. Sur la rhyolite, un remplacement (HT) $\text{Na}\pm\text{Ca}\pm\text{Fe}$ se présente sous forme d'imprégnation généralisée qui préserve les textures volcaniques et où l'albite est le seul minéral observé à l'échelle macroscopique (Planche 74 A). Sur le métasiltstone, le remplacement (HT) $\text{Na}\pm\text{Ca}\pm\text{Fe}$ est généralisé et constitué d'un assemblage à albite avec quelques occurrences d'amphibole et de magnétite (Planche 74 B, D). Les textures héritées du précurseur sont majoritairement préservées malgré le développement local d'une texture granoblastique finement grenue (Planche 74 C). De plus, des veines d'albite massive d'épaisseur millimétrique (Planche 75 A) recoupent le remplacement généralisé (HT) Ca-Fe et évoluent vers un réseau anastomosé puis un remplacement pénétratif à texture bigarrée et d'aspect bréchique (Planche 75 C, D). Cette paragenèse (HT) Na est constituée d'albite microcristalline et montre un contact graduel et diffus avec la paragenèse (HT) Ca-Fe ainsi que des textures de dissolution (Planche 75 D).

5.9.4.2 Paragenèses calciques à fer et à fer seulement

Le faciès d'altération (HT) $\text{Ca}\pm\text{Fe}$ est présent sous forme de remplacement par imprégnation généralisée sur le précurseur métasédimentaire et des skarns antérieurs ou le clinopyroxène domine (Planches 74 F et 75 A, B). L'assemblage minéralogique est constitué de plages de hornblende, titanite, apatite et allanite remplaçant des plages d'augite. Les cristaux d'augite forment des amas granoblastiques dans des plages de hornblende hypidiomorphe. Cette paragenèse d'altération se présente comme une enclave recoupée par des veines et un remplacement (HT) Na, et est superposée par l'altération potassique.

La seule occurrence de magnétite se trouve dans une brèche encaissée dans le métasiltstone albitisé. La magnétite forme des zones diffuses et irrégulières dans la matrice de la brèche (Planche 74 E). La matrice de la brèche est aphanitique et aucun échantillon n'a été prélevé permettant ainsi d'identifier d'autres phases minérales associées à cette paragenèse.

5.9.4.3 Paragenèses de basse température

Les paragenèses (LT) K-Fe, (LT) K, (LT) Ca-K±Fe et (LT) Chl sont bien développées sur l'ensemble des unités et sont retrouvées sous forme de remplacement et de veines. La paragenèse (LT) K-Fe forme un remplacement généralisé homogène composé de feldspath-K, hématite et chlorite et est associée à un fort enrichissement en Nb et Ta (Planche 75 E). L'altération (LT) K est essentiellement composée de feldspath-K avec des occurrences de chlorite et épidote et se présente comme remplacement sporadique à généralisé sur l'ensemble des unités précurseurs (Planche 75 F). L'altération (LT) Ca-K±Fe est formée d'un assemblage à épidote, feldspath-K, chlorite, ±hématite et ±pyrite. Elle est retrouvée sous forme de veines ou de réseaux de veines anastomosées recoupant les corps granitiques et l'altération à feldspath-K (Planche 75 E). Finalement, des veines de chlorite recoupent l'ensemble des unités précédentes (Planche 74 E, F).

5.9.5 Les affleurements environnants

D'autres altérations d'intérêt ont été observées à l'extérieur des secteurs décrits précédemment. Certaines d'entre elles font intervenir un précurseur carbonaté ce qui permet d'observer des altérations à magnétite qui n'ont pas été vues dans les autres secteurs.

5.9.5.1 Paragenèses sodiques et sodiques-calciques à fer

Les paragenèses sodiques sont mieux préservées en périphérie du système et remplacent les roches volcaniques et métasédimentaires. L'altération (HT) Na est sous forme d'imprégnation généralisée hétérogène (Planche 76 A) et peut progresser vers un remplacement très intense à complet du précurseur, préservant néanmoins les textures initiales (Planche 76 B). Une paragenèse transitionnelle (HT) Na-Ca remplace par imprégnation généralisée le précurseur bréchifié (Planche 76 C). Cette altération est composée d'albite, augite, titanite, allanite et zircon et est superposée par une faible imprégnation à feldspath-K qui se développe en marge des amas

d'augite (Planche 76 D). Un remplacement généralisé (HT) Na-Ca-Fe est également observé en remplacement du précurseur métasédimentaire. Cette altération est composée d'albite, hornblende et magnétite microcristallines et à texture granoblastique (Planche 76 E, F). Cette paragenèse est précoce et est recoupée par une seconde paragenèse (HT) Na-Ca-Fe de type skarn (Planche 77 A). Lorsque l'altération est naissante, elle se présente comme un remplacement stratoïde et se développe progressivement pour former des veines et des brèches (Planche 77 A). Elle évolue ensuite en remplacement pénétratif et régulier pour ultimement remplacer complètement le précurseur et former une texture pegmatitique (Planche 77 B, C). Elle est présente sous forme de remplacement généralisé (Planche 77 B), pénétratif, stratoïde ou irrégulier et également comme veines et brèches (Planche 77 A). Cette altération est composée d'albite, clinopyroxène, grenat, calcite, magnétite, titanite et apatite. La magnétite forme des plages irrégulières et contient de fines inclusions de pyrite disséminée (Planche 77 D).

5.9.5.2 Paragenèses à fer, calciques à fer et calciques-potassiques à fer

Des veines à magnétite recoupent le précurseur albitisé et forment un réseau anastomosé diffus aligné le long du litage du précurseur (Planche 77 E). La magnétite est finement grenue et est également observée sous forme de fines lentilles.

La paragenèse (HT) Ca-Fe est présente sous forme de remplacement généralisé et de remplacement pénétratif, tous deux composés d'amphibole et magnétite. Le remplacement généralisé est hétérogène et contient des reliques du précurseur. Cette altération est recoupée par une seconde altération (HT) Ca-Fe sous forme de remplacement pénétratif irrégulier et interdigité (Planche 77 F). L'altération (HT) Ca-Fe est également présente sous forme de brèche recoupant la rhyolite albitisée (Planche 78 A). Cette brèche a un contact net avec l'encaissant et contient des fragments arrondis et irréguliers montrant des signes de dissolution. Les fragments sont hétérogranulaires et distribués aléatoirement dans la brèche. La matrice est composée d'un assemblage à amphibole, magnétite, quartz, apatite, grenat et allanite (Planche 78 B à D). La magnétite est disséminée, à grains fins avec l'amphibole ou forme des amas irréguliers de cristaux subidiomorphes qui entourent le grenat et l'apatite (Planche 78 E, F). L'apatite est équigranulaire dans des amas avec le grenat (Planche 78 E, F). De plus, des veines massives (HT) Ca-Fe à amphibole et apatite pegmatitique recoupent le précurseur métasédimentaire albitisé.

Des veines et un remplacement pénétratif (HT) Ca-K-Fe, constitués d'un assemblage à feldspath-K, amphibole, magnétite et quartz, recoupent le précurseur albitisé (Planche 78 E, F).

Les veines forment un réseau anastomosé produisant un aspect bréchique. Le remplacement pénétratif est subparallèle au litage et forme des pseudo-veines discontinues. Cette paragenèse est caractérisée par une imprégnation des épontes à feldspath-K bien développée sur le précurseur albitisé.

5.9.6 Lithogéochimie

Pour l'ensemble du système de Cole, les proportions cationiques de Na, Ca, Fe, K et Mg reflètent bien les différentes paragenèses observées (Figures 29 à 33). Certaines altérations (HT) Ca-Fe ont une forte proportion de Mg suggérant une altération de type skarn. Cependant, lorsque la roche ne concordait pas avec une altération de type skarn, le terme (HT) Ca-Fe fut sélectionné. Au lac Cole, les brèches (c.-à-d. la matrice et les fragments) et les remplacements (HT) Na-Ca-Fe possèdent des proportions modales similaires. De plus, les échantillons de porphyres montrent des proportions similaires aux altérations (HT) Na-Ca-Fe mais ces dernières possèdent des proportions plus élevées en Fe. Le secteur du lac Hump est caractérisé par d'intense altération en magnétite auxquelles sont associées les plus fortes proportions en Fe observées dans ce système. Au lac Ron, les fortes proportions en Ca, Fe et Mg concordent avec les nombreuses paragenèses (HT) Ca-Fe observés dans le secteur et contrastent avec les proportions plus ou moins égales des différents éléments composant le granite. Dans le secteur du lac Esther, le ratio des proportions indique également la présence de fortes altérations Ca-Fe et de skarn, alors que la faible proportion de Fe y illustre la faible intensité des altérations à magnétite. Finalement, en périphérie de ces secteurs, les paragenèses (HT) Na et les skarns sont bien illustrés par les proportions élevées en Na, et Ca, Fe et Mg, respectivement. Pour les skarns, les proportions de Na sont toujours supérieures à celles du K ce qui appuie l'interprétation que ces altérations se sont produites au même stage où les roches moins carbonatées étaient altérées par une altération (HT) Ca-Fe. Bien que les skarns contiennent plus de 30% de Fe sur les histogrammes comparatifs, la magnétite n'est pas toujours abondante car cette forte proportion est renforcée par la présence de clinopyroxène et/ou d'amphibole.

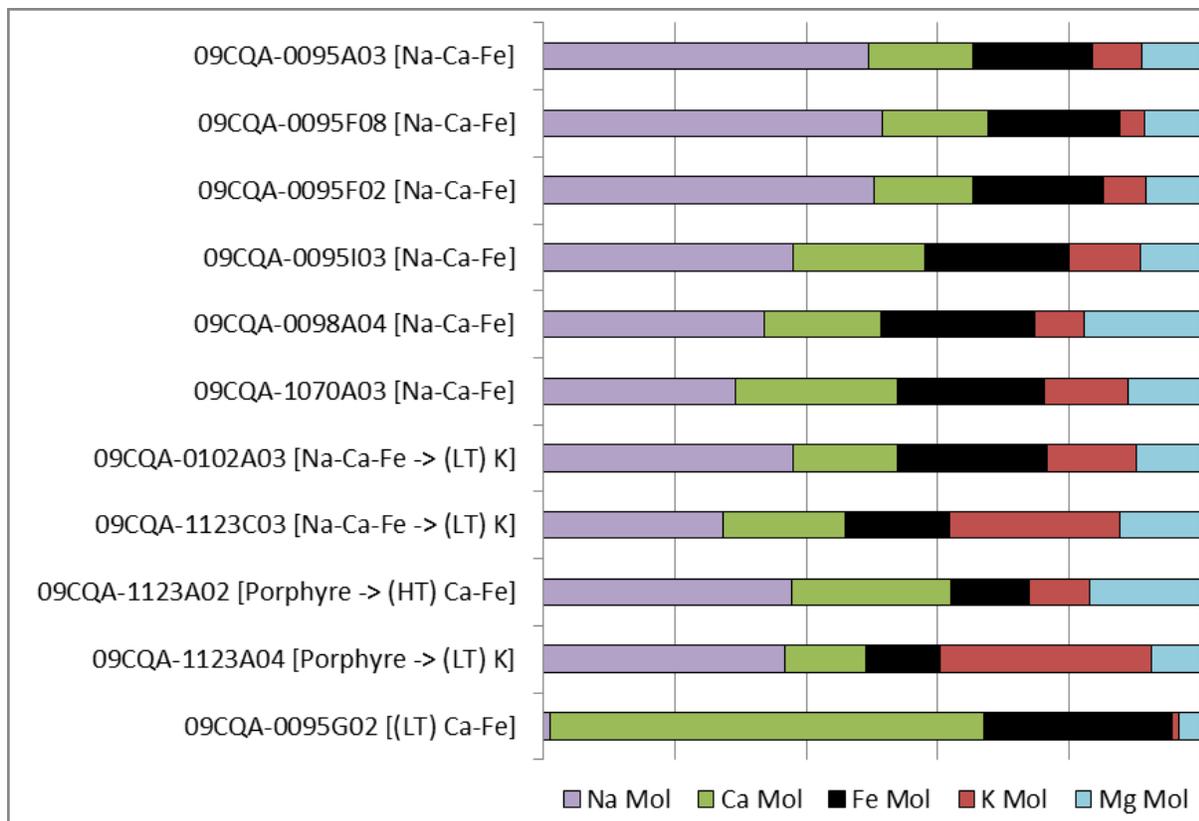


Figure 29 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Cole (analyses dans Corriveau et al., 2015).

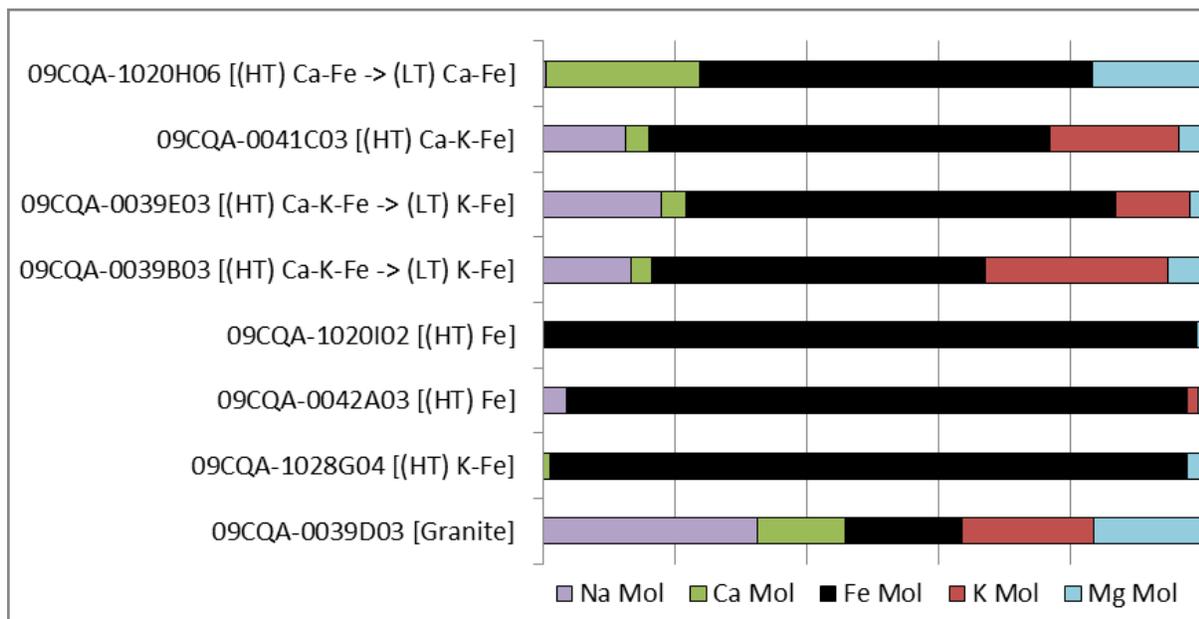


Figure 30 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Hump. (analyses dans Corriveau et al., 2015).

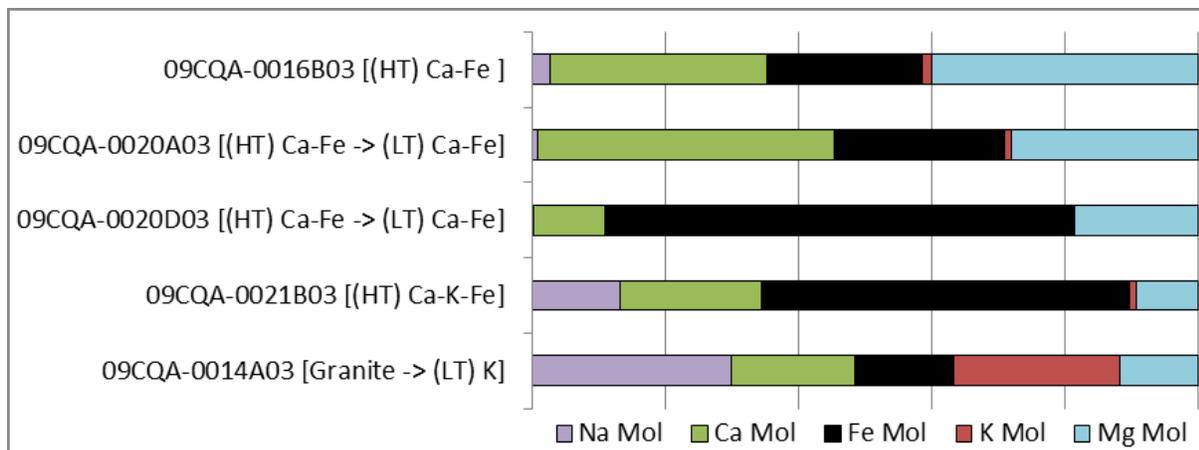


Figure 31 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Ron (analyses dans Corriveau et al., 2015).

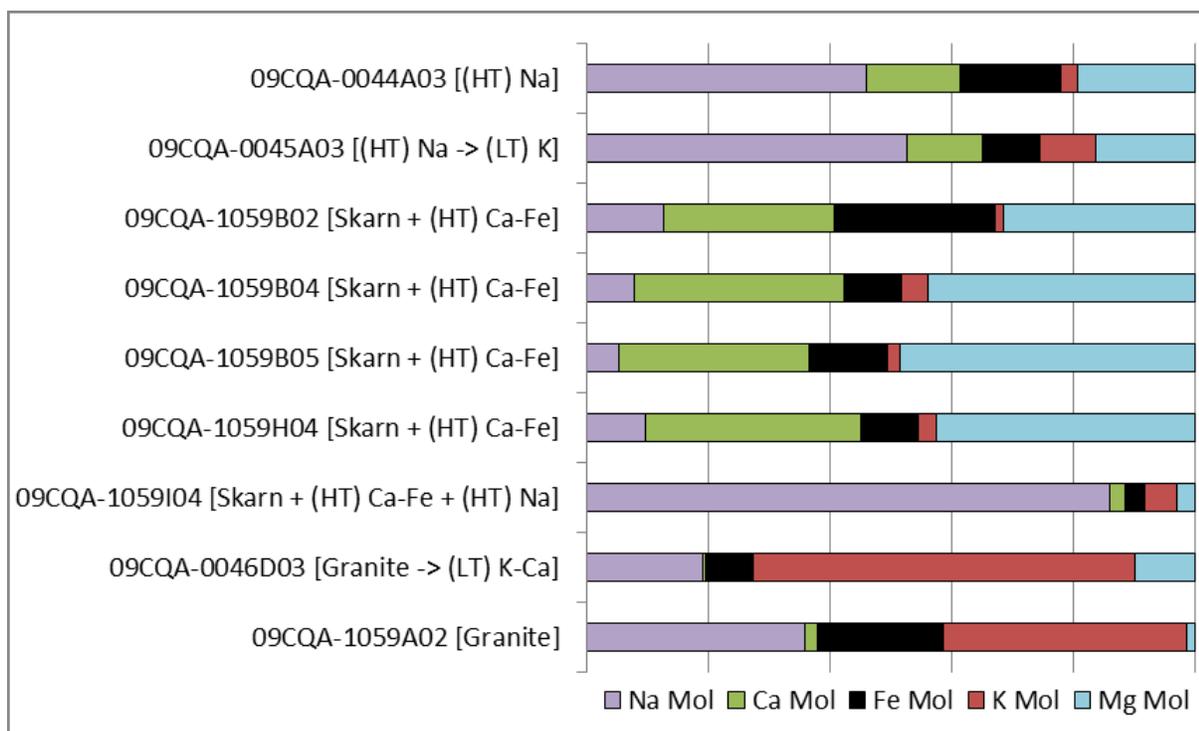


Figure 32 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur d'Esther (analyses dans Corriveau et al., 2015).

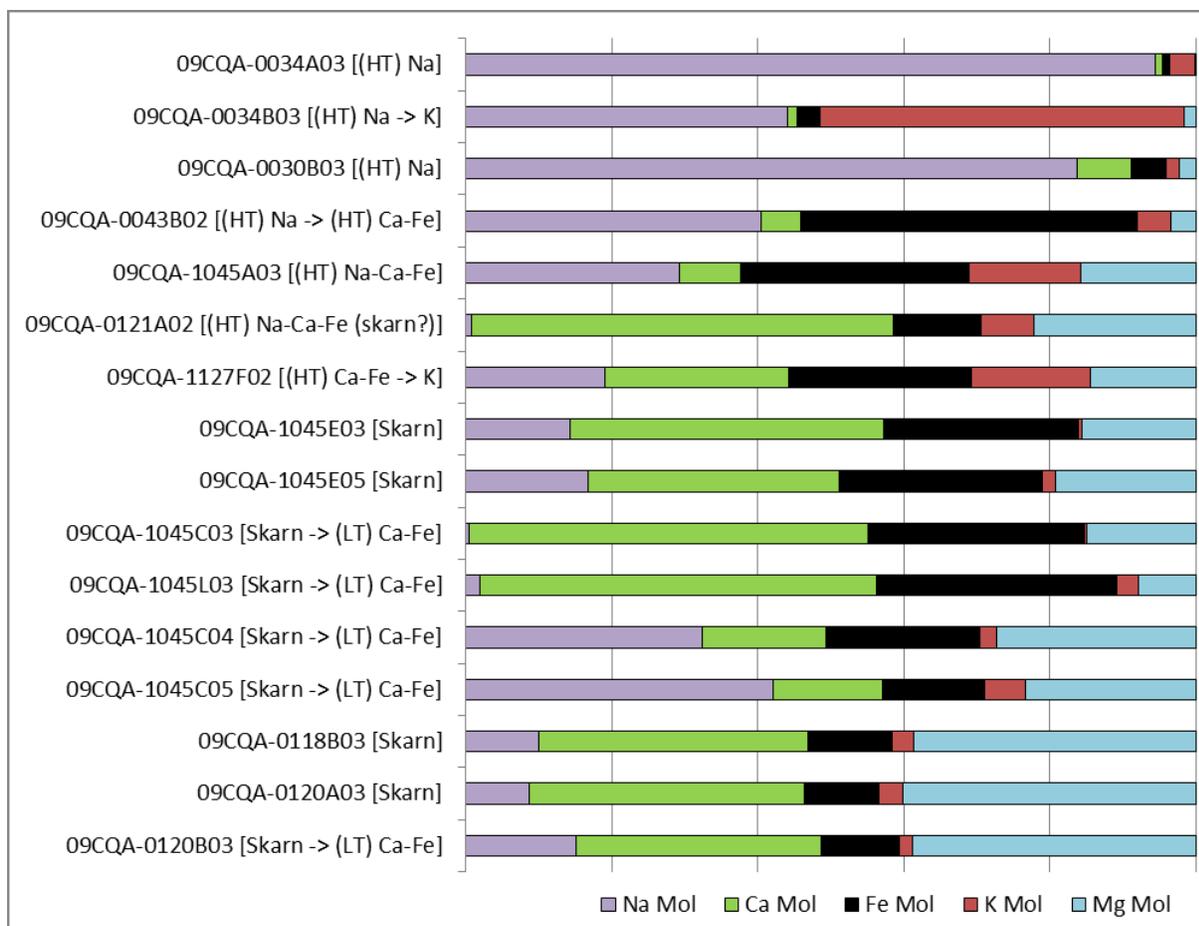


Figure 33 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs retrouvées en périphérie des secteurs de Cole, Hump, Ron et Esther (analyses dans Corriveau et al., 2015).

Les figures 34 à 38 présentent les diagrammes des concentrations en terres rares pour l'ensemble du système. Globalement, les altérations et les précurseurs montrent une distribution fractionnée des terres rares avec un enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes. De plus, une anomalie négative en Eu d'ampleur variable est observée sur la majorité des échantillons. Dans le secteur du lac Cole, les altérations et les précurseurs montrent une concentration et un patron de distribution équivalents. Dans le secteur du lac Hump, les concentrations des altérations (HT) Ca-K-Fe et du granite ont des patrons similaires aux autres échantillons du secteur. Des concentrations nettement inférieures à celles du granite ont été observées dans deux échantillons, dont l'un est associé à une paragenèse (HT) Fe et l'autre à une paragenèse (HT) K-Fe. Au lac Ron, une altération (HT) Ca-K-Fe à magnétite (échantillon 09CQA-0021B03) montre un fort fractionnement caractérisé par une forte concentration en terres rares légères et un appauvrissement en terres rares lourdes inférieur à la tendance générale.

Cette abondance en terres rares légères est associée à la présence d'inclusions d'allanite et de monazite dans l'apatite.

En périphérie du système, une altération (HT) Na-Ca-Fe (échantillon 09CQA-0043F03) montre un très fort enrichissement en terres rares et en Y avec un patron similaire à celui des autres altérations (HT) Na-Ca-Fe. Les altérations (HT) Na (échantillons 09CQA-0030B03 et 09CQA-0034A03) sont fortement appauvries en terres rares par rapport à la tendance générale, ce qui serait expliqué par le lessivage engendré par la forte albitisation.

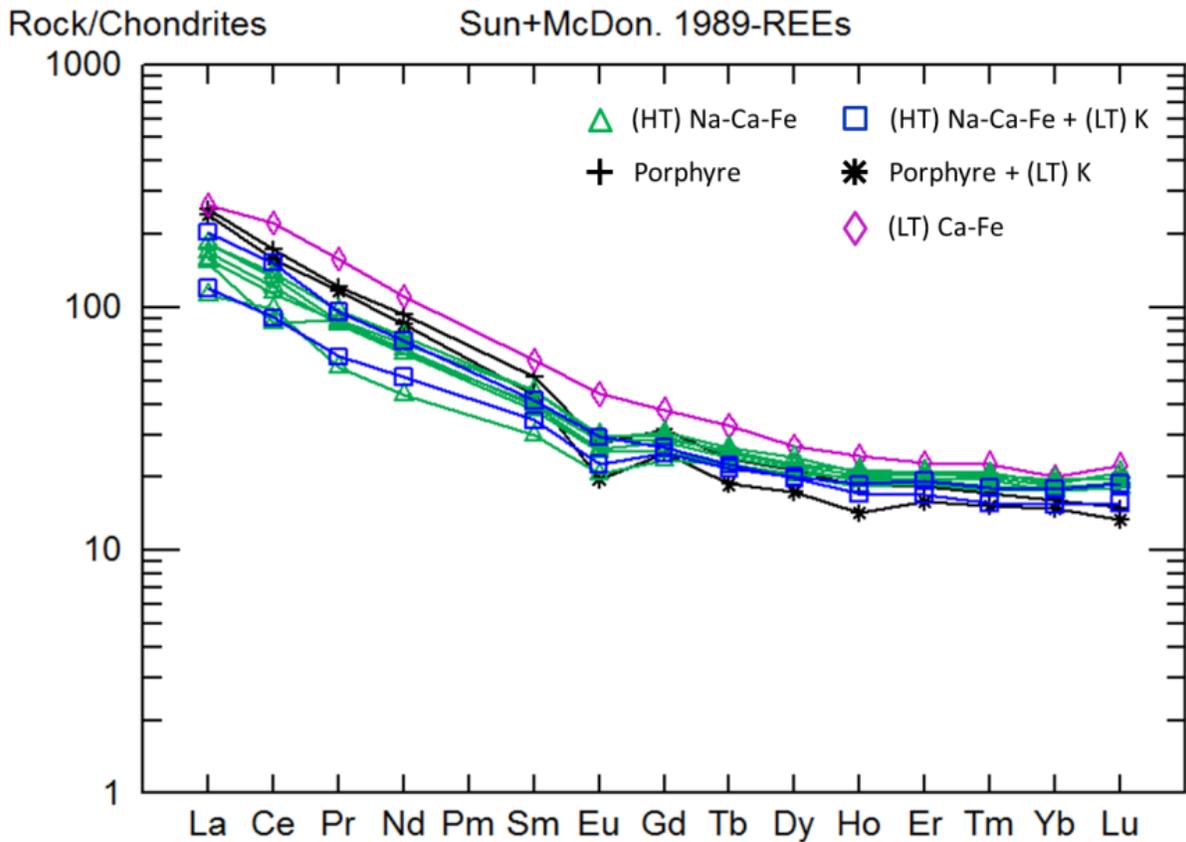


Figure 34 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Cole (analyses dans Corriveau et al., 2015).

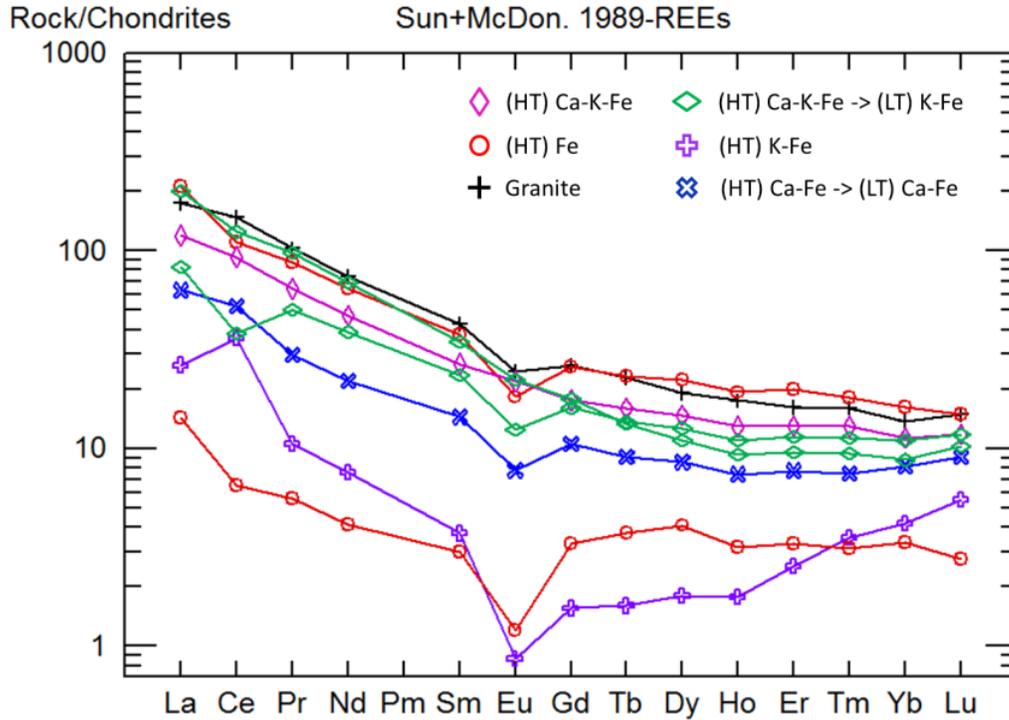


Figure 35 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Hump (analyses dans Corriveau et al., 2015).

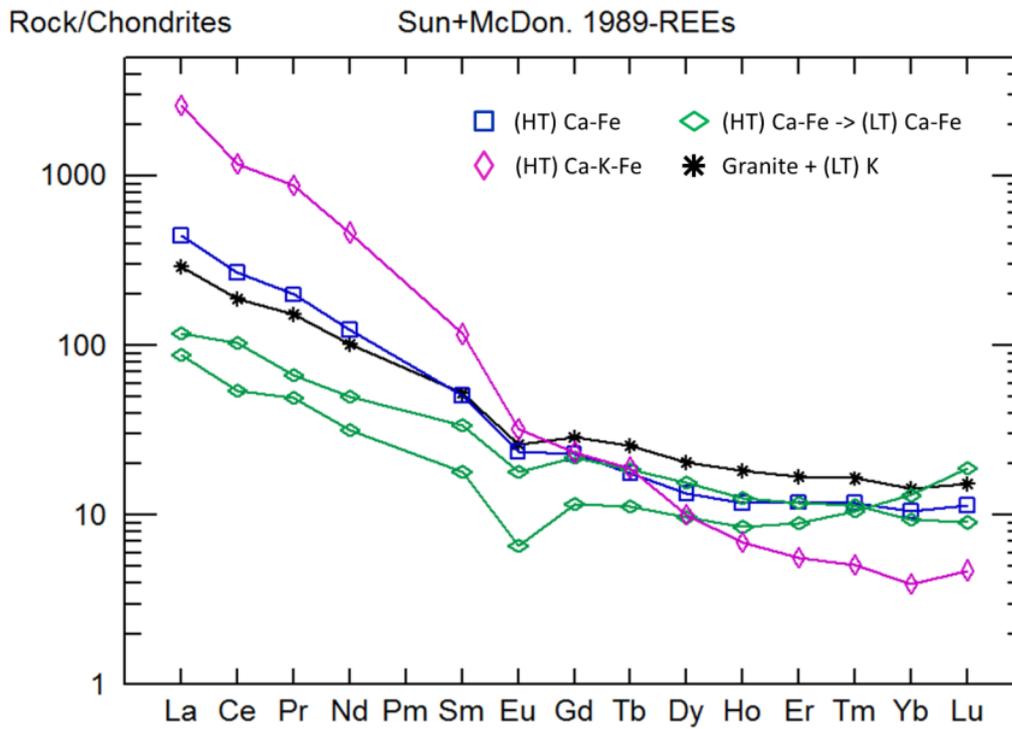


Figure 36 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Ron (analyses dans Corriveau et al., 2015).

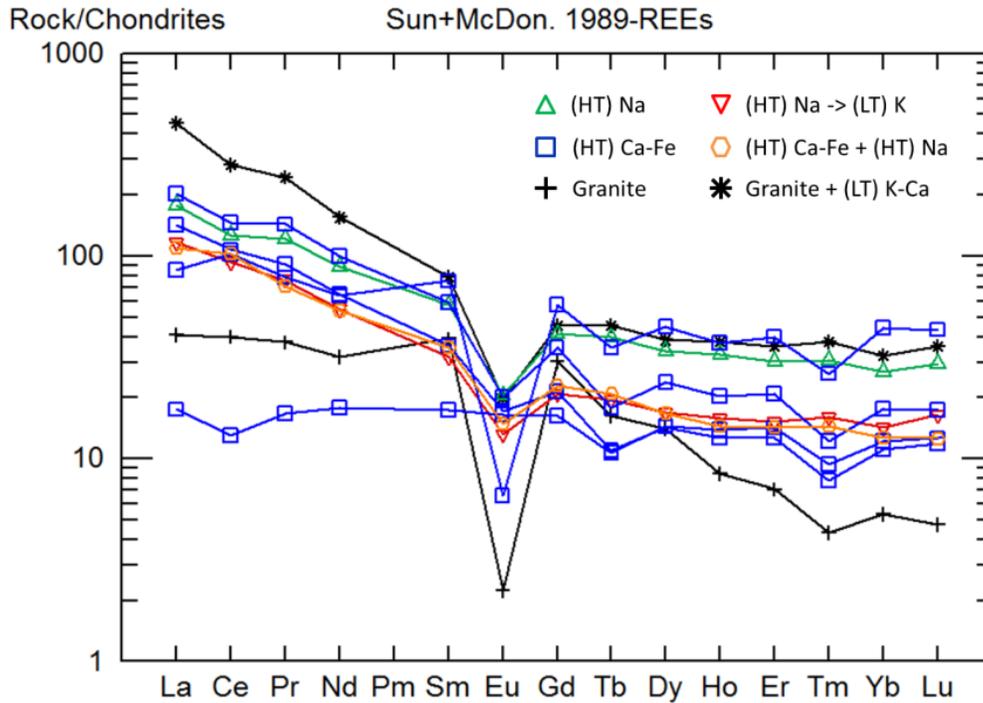


Figure 37 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs retrouvées du secteur d'Esther (analyses dans Corriveau et al., 2015).

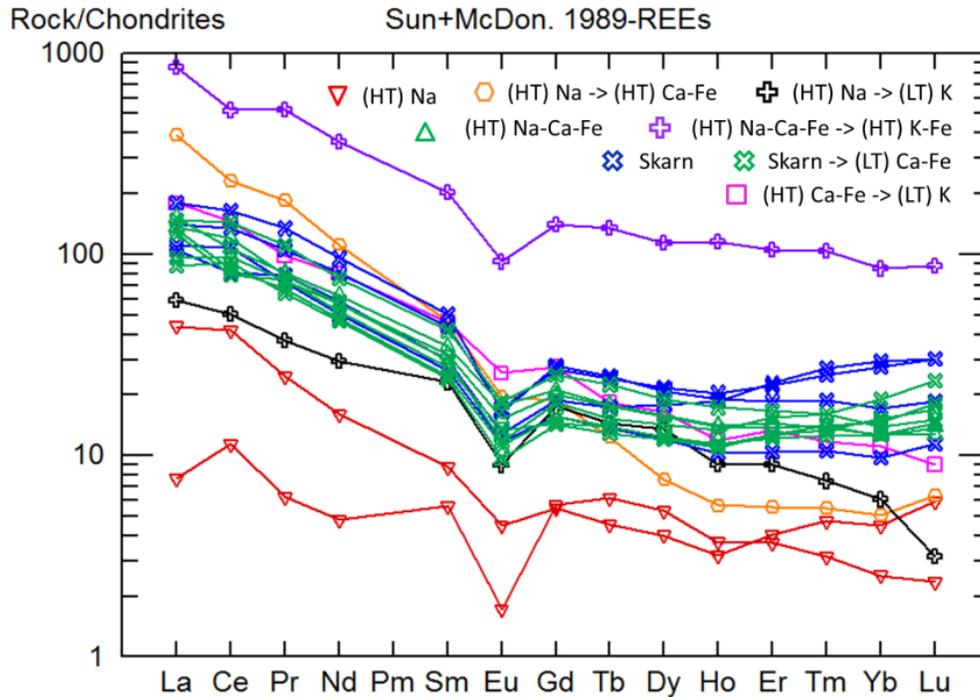


Figure 38 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs retrouvées en périphérie des secteurs de Cole, Hump, Ron et Esther (analyses dans Corriveau et al., 2015).

5.10 Le système de Lou

Le système hydrothermal du lac Lou est situé à l'extrémité sud du district du lac Mazenod au sud du lac Lou (Figure 9). Ce secteur est constitué d'une séquence sédimentaire de type plateforme appartenant au Groupe de Treasure Lake (TLG) (c.-à-d. siltstone, roche carbonatée et arénite) recouverte par les roches volcaniques du Groupe de Faber (c.-à-d. rhyolite). Les unités sédimentaires sont métamorphisées au faciès schiste vert tandis que les roches volcaniques ne sont pas métamorphisées (Gandhi et Lentz, 1990; Goad et al., 2000a, b; Gandhi et al., 2001). Ces unités supracrustales sont bordées au sud par un granite et au nord par une monzodiorite faisant partie du batholithe de Marian River. Les roches métasédimentaires et volcaniques ainsi que le système IOAA sont recoupés par le batholithe et des dykes porphyriques, associés à une forte imprégnation potassique à feldspath-K des épontes sur quelques mètres (Corriveau et al., 2007a, 2010b). Le système de Lou est volumineux et l'hôte du gisement NICO ainsi que de nombreux indices minéralisés situés entre NICO et l'ancienne mine Rayrock. Les unités supracrustales sont continues le long de cet axe et sont affectées par différents faciès d'altération donnant lieu à un éventail d'indices minéralisés.

Le système de Lou est le système le plus étudié dans la partie sud de la ZMGLO en ce qui a trait à la caractérisation des altérations de type IOAA. L'ensemble des faciès d'altération synthétisés au sein du modèle de Corriveau et al. (2010a) s'y retrouve. Les altérations de haute température sont omniprésentes à proximité du gisement NICO et se poursuivent vers le sud-est (c.-à-d. vers Rayrock) avec une zone de moindre intensité d'altération à mi-chemin à proximité du lac Treasure où se trouve la séquence type la moins altérée (Gandhi et van Breemen, 2005). À proximité de Rayrock, les séquences de haute température sont superposées localement et fortement par des altérations de plus basse température. L'empreinte hydrothermale du système est plurikilométrique et rassemble plusieurs indices historiques et récemment découverts. Puisque la quantité d'informations disponibles est importante dans ce système, 54 stations ont été sélectionnées pour montrer la diversité des altérations à magnétite (Figures 39 et 40). Le gisement de NICO et ses environs, la Southern Breccia (à 1 km au sud de NICO) et le regroupement des secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke sont étudiés. Les planches 79 à 96 présentent les roches retrouvées près du gisement NICO, les planches 97 à 100 celles de la Southern Breccia et les planches 101 à 110 celles des secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke.

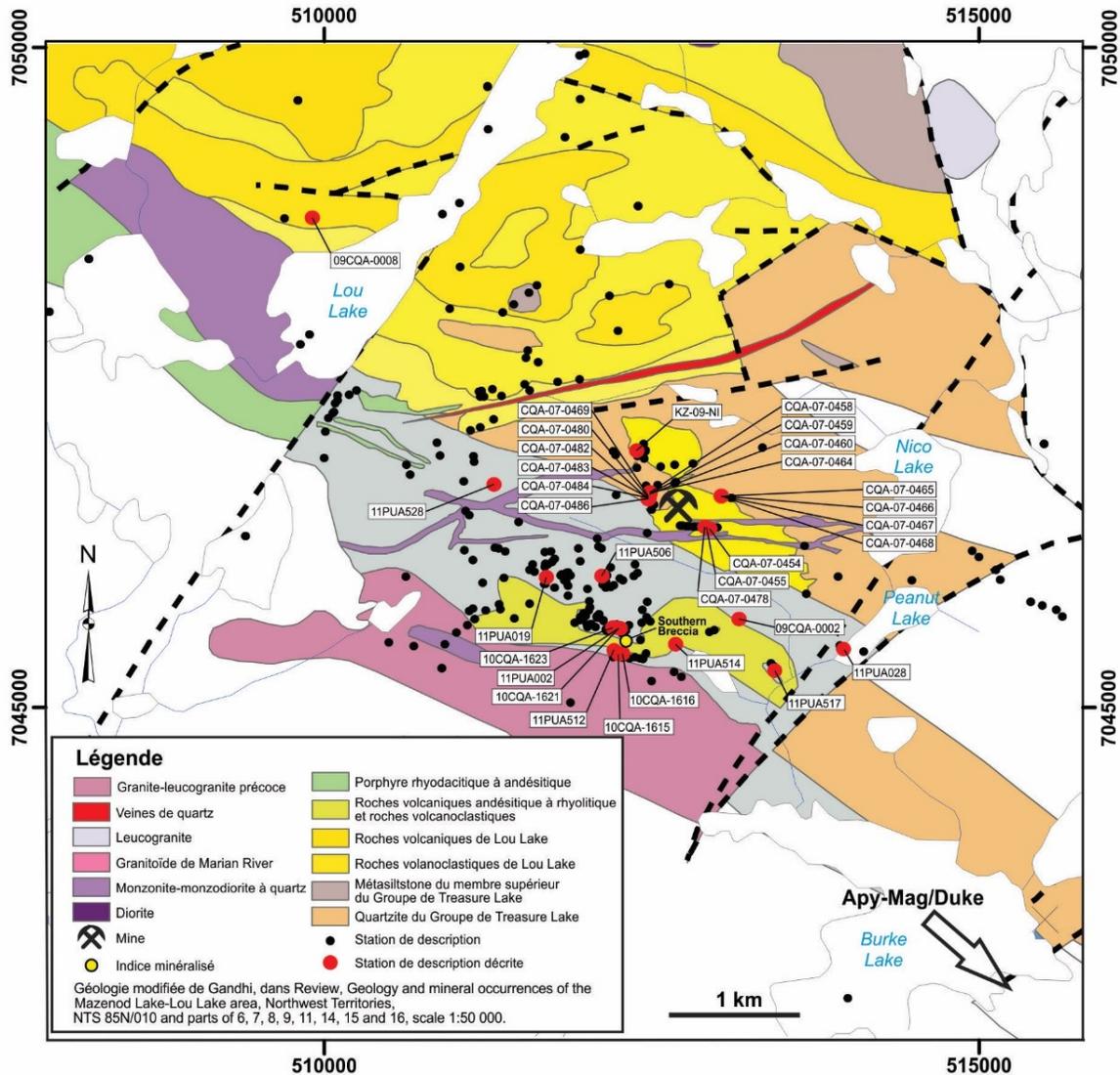


Figure 39 : Carte géologique du secteur nord-ouest du système de Lou d'après Gandhi et al. (2014).

5.10.1 Le gisement de NICO

5.10.1.1 Contexte général

Le gisement NICO est l'un des deux gîtes IOCG identifié dans la ZMGLO. La propriété est détenue par Fortune Minerals Limited et contient des réserves de 33,08 Mt à 1,03 g/t Au, 0,11% Co, 0,14% Bi et 0,04% Cu (Burgess et al., 2014). La zone minéralisée est majoritairement constituée d'arsénopyrite cobaltifère avec une concentration plus modeste de sulfures de cuivre. Cette faible concentration en cuivre classe le gisement NICO comme étant un gîte IOCG atypique,

malgré le fait qu'il possède les autres caractéristiques inhérentes à ce type de gîte tels que leurs faciès d'altération à albite, à amphibole-magnétite et à biotite-magnétite-feldspath-K, leurs brèches à oxydes de fer et leurs associations polymétalliques. La principale zone minéralisée est localisée dans les roches métasédimentaires du Groupe de Treasure Lake et sur la discontinuité avec les roches du Groupe de Faber sus-jacentes (Goad et al., 2000a, b; Sidor, 2000). Des veines d'arsénopyrite, de chalcopyrite et d'amphibole ainsi que des altérations à magnétite de faible intensité recourent le Groupe de Faber indiquant que les roches volcaniques sont antérieures en tout ou en partie au développement du système IOAA.

L'excavation d'une rampe d'accès en vue d'une éventuelle exploitation des zones plus riches en or par galeries souterraines a permis d'avoir accès à une gamme d'échantillons montrant une grande variabilité de textures d'altération qui n'avaient pas été identifiées en affleurement (Planche 79 A). L'accès à ces échantillons a notamment permis d'observer le comportement polycyclique des paragenèses (HT) Ca-Fe à amphibole, (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite et (HT) K-Fe à biotite, feldspath-K et magnétite (Corriveau et al., 2010a, 2011, données inédites 2015). Bien que les différentes unités aient subi un fort remplacement généralisé d'ordre kilométrique, la structure litée du précurseur d'origine sédimentaire est couramment préservée. La superposition des différentes altérations produit une roche, d'aspect lité, composée d'amphibole, magnétite, biotite et feldspath-K qui est communément rencontrée à NICO (Planche 79 B). Les zones minéralisées d'intérêt sont intrinsèquement reliées à l'arsénopyrite et sont associées à des altérations sous forme de remplacement, de veines et de brèches (Planches 79 F, 80 A, B, E, F). La grande diversité des styles d'altération et de minéralisation fait de NICO un excellent terrain pour étudier les processus de développement des systèmes IOAA.

5.10.1.2 Paragenèses sodiques

Les altérations sodiques sont observées comme reliques ayant résisté aux superpositions et recouvrements par les différentes altérations calciques ou potassiques à fer (Planches 80 F, 87 A, B, 88 A à C, 93 B à E, 94 D à F, 95 A, D à F et 96 D). Cette altération est sous forme de remplacement généralisé régulier et hétérogène sur le métasiltstone et préserve les structures litées du précurseur. L'altération forme une albitite de couleur grise rosée et est majoritairement composée d'albite avec de la biotite, quartz, titanite et magnétite, comme minéraux accessoires. La proportion de biotite varie d'un lit à l'autre et pourrait refléter soit une différence de composition originelle des lits du métasiltstone soit une variation de l'intensité d'une altération à biotite précoce observée localement. Sur un seul échantillon, l'albitite contient une lamine de magnétite qui altère

préférentiellement une lamine albitisée (Planche 94 F). La cartographie à l'échelle mégascopique démontre que la magnétite remplace l'albite communément sous forme de fronts migrateurs stratoïdes (Figure 27 dans Corriveau et al., 2010a). L'altération le long du lit montre un contact graduel et régulier et contient de la magnétite semi-massive, microcristalline et allotriomorphe; l'altération bifurque pour aussi remplacer une fracture perpendiculaire aux lamines tout en poursuivant moindrement son altération stratoïde. Ce type de textures appuie les évidences de terrain de l'origine métasomatique des lits et lamines de magnétite au sein du Groupe de Treasure Lake (Corriveau et al., données inédites 2015).

5.10.1.3 Paragenèses calciques à fer et calciques-potassiques à fer

Les altérations calciques sont omniprésentes et affectent à la fois les unités détritiques et carbonatées du TLG. Ces paragenèses sont bien développées au sein du gîte et se présentent surtout en remplacement, mais elles forment également des veines et des brèches. Une des premières évidences d'altération calcique à fer est un remplacement calco-silicaté composé d'augite, hornblende, quartz, magnétite, calcite, apatite et scheelite (Planches 79 C et 83 A, C à F). Ces altérations sont retrouvées sous forme de lentilles ou de bandes qui sont superposées par des altérations calciques ou potassiques à fer subséquentes (Planches 81 C, D et 85 F). L'aspect original de cet assemblage est difficile à déterminer puisque les minéraux constituant cet assemblage sont retrouvés sous forme de reliques et d'ailleurs, l'augite semble être le minéral le plus réfractaire au remplacement (Planches 81 C, D et 85 F). L'altération de type skarn n'est que partiellement préservée et est superposée par des remplacements (HT) Ca-Fe ou (HT) K-Fe généralisés à stratoïdes, caractérisés par une préservation de la structure litée du précurseur. Certains skarns dominés par l'augite contiennent du feldspath-K en quantité appréciable mais elles sont plus tardives et recourent les altérations (HT) Ca-Fe généralisées (Planche 81 A, B, E, F).

De nombreux faciès de remplacements (HT) Ca-Fe généralisés ou stratoïdes sont observés. Les remplacements sont sélectifs, réguliers ou irréguliers, homogènes ou hétérogènes et la structure litée du précurseur est préservée à différents degrés. En général, la paragenèse (HT) Ca-Fe forme des lits millimétriques d'amphibole±quartz et de magnétite en alternance (Planches 82 A, B, D, 84 A, B, 91 E, F, 92 A, B et 93 A). Exceptionnellement, le remplacement généralisé à amphibole et magnétite préserve de fines laminations parallèles malgré un remplacement minéralogique complet (Planche 80 D). Ces paragenèses (HT) Ca-Fe sont surtout composées de hornblende et/ou actinote, magnétite et quartz avec des occurrences de

minéralisation en pyrrhotite, arsénopyrite, chalcopyrite et sulfures de Co et Bi (Planches 79 E, F, 84 C à F, 91 E, 92 B, C, E). L'amphibole est le principal constituant de l'altération qui peut être exempte de magnétite sur plusieurs décimètres. La magnétite remplace sélectivement certains lits du précurseur en formant des lits, lentilles, boudins, amas de magnétite microcristalline à finement grenue et des zones à magnétite semi-massive à massive. Malgré des textures de remplacement similaires à l'échelle macroscopique, les assemblages à hornblende semblent antérieurs aux assemblages à actinote (Planche 85 B). La texture du quartz diffère entre les deux assemblages. Associé à la hornblende, il est grenu, arrondi et à grains fins (Planches 86 B et 93 B) alors qu'il forme avec l'actinote des lentilles ou des amas irréguliers contenant des aiguilles d'actinote (Planches 84 A à C et 92 B, C). De plus, avec la hornblende, les lits de magnétite sont plus massifs, d'épaisseur constante et montrent des contacts nets. Tandis qu'avec l'actinote, la magnétite contient des baguettes d'actinote et forme des lits plus irréguliers.

Plus rare, une paragenèse (HT) Ca-Fe à augite et hornblende est observée sous forme de remplacement généralisé (Planche 94 A, C). Cet assemblage est formé d'augite granoblastique comprise dans un réseau anastomosé de hornblende foliée et allotriomorphe. Une autre altération à augite est observée au sein d'un remplacement généralisé irrégulier (HT) Ca-K-Fe (Planche 87 A). Cette altération est composée d'un assemblage à augite, hornblende, feldspath-K, allanite et apatite montrant une texture granoblastique (Planche 87 C). Cette altération comprend des fragments et écailles d'albite montrant des signes de dissolution et des cristaux disséminés de hornblende et titanite qui suggèrent un début de remplacement (Planche 87 B). Ces deux altérations à augite sont recoupées par des altérations minéralisées, mais elles ne contiennent pas de magnétite.

Les remplacements généralisés (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe sont superposés par un remplacement (HT) Ca-Fe stratoïde, irrégulier, pénétratif ou sélectif composé d'actinote, magnétite, pyrrhotite, chalcopyrite, pyrite et sulfures de Co-Bi. Ce remplacement se développe préférentiellement près des lentilles à augite et/ou quartz (Planches 83 et 85 B), des amas de sulfures (Planche 85 E) ou des reliques d'augite (Planche 85 F). Cette altération est également observée comme remplacement stratoïde ou pénétratif initié à partir des fractures ou des veines (Planches 83 B et 86 E). Ainsi, l'altération remplace sélectivement certains lits, ou s'immisce à l'interface des lits. L'augite, la hornblende et l'actinote de l'altération précurseur sont remplacées graduellement en actinote vert pâle qui est caractérisée par la présence de lamelles et de plages irrégulières de sulfures de Co-Bi localisées le long du clivage (Planches 83 F et 85 E, F).

Plusieurs générations de veines (HT) Ca-Fe et Ca-K-Fe sont observées. Les veines (HT) Ca-Fe sont isolées ou forment un réseau sub-parallèle ou recoupant dont la largeur des veines est millimétrique à centimétrique (Planches 79 D, F, 82 C, 86 A, B et 87). Elles recoupent les remplacements généralisés (HT) Ca-Fe (Planche 86 A, B) et (HT) Ca-K-Fe (Planche 87) ainsi qu'un remplacement sélectif à chlorite et feldspath-K superposant un remplacement généralisé (HT) Ca-Fe (Planche 82 C). Ces veines sont composées d'actinote±augite ou de hornblende et dans lesquelles la magnétite est peu présente. À l'occasion, les veines à actinote±augite contiennent de l'arsénopyrite et des sulfures de Co et Bi (Planche 79 D et 86 A, B). Les veines à arsénopyrite sont ensuite recoupées par une génération de veines à hornblende massive (Planche 87 E). Une veine (HT) Ca-Fe à magnétite massive est associée à un remplacement stratoïde et une imprégnation des épontes à amphibole sur le précurseur chloritisé (Planche 82 C). Les veines (HT) Ca-K-Fe forment un réseau de veines associées à un domaine de déformation fragile ou fragile-ductile. Ces veines sont composées de feldspath-K, hornblende et/ou actinote, magnétite et quartz avec des occurrences de pyrrhotite, arsénopyrite, chalcopyrite, pyrite, marcassite et sulfures de Co et Bi. Ces veines recoupent les remplacements généralisés (HT) Ca-Fe (Planche 86 C à F) et (HT) K-Fe (Planche 93 C, D, F) ainsi que les dykes de monzonite porphyrique (Planche 96 A, C). Le feldspath-K forme le cœur de ces veines ou est présent sous forme d'imprégnation aux épontes lorsque la veine rencontre la monzonite ou un lit altéré en albitite. Avec les sulfures, la magnétite est allotriomorphe et compacte (Planche 86 F) tandis qu'elle forme des cristaux subidiomorphes et zonés dans le feldspath-K (Planche 93 E, F). Ces cristaux zonés possèdent plusieurs couches et renferment un cœur contenant des micro-inclusions de scheelite (Planche 93 F). Le cœur de magnétite à scheelite pourrait soit être associé à une altération (HT) Ca-Fe antérieure ou représenté une modification abrupte de la composition de la veine. Dans les veines, la hornblende est allotriomorphe à subidiomorphe et entourée de feldspath-K tandis que l'actinote forme un remplissage massif exempt de feldspath-K. Lorsque ces veines recoupent le remplacement (HT) Ca-Fe généralisé, l'actinote est parfois présente sous forme d'imprégnation aux épontes (Planche 86 D, E). Dans les zones d'exocontact et d'endocontact métasomatisées des dykes porphyriques près de la zone minéralisée, ces veines tendent à former une brèche qui recoupent les fortes imprégnations à feldspath-K superposée sur le métasiltstone albitisé (Planche 80 E, F).

Une brèche (HT) Ca-K-Fe recoupe des fragments lités à albite, actinote et titanite ainsi que des fragments massifs à hornblende, actinote et magnétite (Planche 88 A, C). La matrice de la brèche est majoritairement composée d'actinote fibro-radiée avec pyrrhotite, magnétite, biotite et titanite qui forment des amas irréguliers ou ont un aspect bigarré (Planche 88 B, D). La matrice

supporte les fragments qui sont sub-anguleux à sub-arrondis et qui montrent une bordure de réaction millimétrique. La matrice à actinote remplace de façon pénétrative et stratoïde certains fragments lités à albite, actinote et titanite tandis que la magnétite et la pyrrhotite se superposent aléatoirement sur tous les fragments (Planche 88 A). La magnétite forme des amas irréguliers dans les plages de pyrrhotite (Planche 88 B, D). Elle forme aussi des plages zonées avec un coeur de magnétite massive fracturée et injectée par des sulfures de Co et Bi (Planche 88 E). En périphérie, la texture de la magnétite varie subitement pour former un amas de magnétite microcristalline aux joints soudés qui contient un grand nombre de micro-inclusions de pyrrhotite, arsénopyrite, pyrite, chalcopyrite et sulfures de Co et Bi. Près de la bordure extérieure des plages, la magnétite entoure des aiguilles allotriomorphes d'actinote (Planche 88 F). La pyrrhotite montre une texture similaire avec l'actinote sans toutefois contenir des micro-inclusions de sulfures (Planche 89 A). Des cristaux de titanite à grains fins et idiomorphes sont disséminés dans la matrice de la brèche et les fragments. La titanite est parfois remplacée sélectivement en biotite, magnétite et ilménite par l'altération (HT) Ca-K-Fe de la brèche et la magnétite tend à former une couronne autour de la titanite (Planche 89 A, B). Ainsi, la biotite forme des plages arrondies en remplacement de la titanite dans la matrice à actinote et se présente en plages diffuses et irrégulières en marge des fragments de la brèche. La présence de pyrrhotite, chalcopyrite et sulfures de Co semble spatialement associée à la présence de titanite, qu'elle soit préservée ou partiellement remplacée (Planches 88 B, D et 89 C). La brèche (HT) Ca-K-Fe est ensuite recoupée par un réseau de veines (HT) Ca-Fe et une veine (HT) K-Fe (Planche 89 D). Les veines (HT) Ca-Fe sont composées d'arsénopyrite, calcite et titanite avec des traces d'actinote, magnétite, apatite, pyrrhotite, fluorite et quartz. Ces veines montrent un contact diffus avec l'encaissant, avec une faible imprégnation à actinote. La magnétite est finement disséminée et contient des micro-inclusions de pyrrhotite. Ces veines (HT) Ca-Fe sont recoupées par une veine (HT) K-Fe centimétrique à biotite, magnétite, chalcopyrite, arsénopyrite et pyrrhotite. Au coeur de la veine, la magnétite est massive et englobe des cristaux globuleux de calcite, apatite, quartz, pyrrhotite et arsénopyrite. (Planche 89 E). Près du contact avec la matrice de la brèche à actinote, la magnétite forme des amas de microcristaux allotriomorphes tandis que dans la zone interne et en contact avec la biotite, la magnétite est subidiomorphe et à grains fins (Planche 89 F).

5.10.1.4 Paragenèses potassiques à fer

La paragenèse (HT) K-Fe est présente à la fois sur les roches métasédimentaires et volcaniques et remplace les précurseurs avec différents degrés d'intensité. Sur la rhyolite,

l'altération (HT) K-Fe est sous forme d'imprégnation généralisée d'intensité faible à modérée de couleur rouge-grisâtre. Le remplacement préserve la texture de coulée et les phénocristaux de feldspath et quartz ne sont pas affectés par l'altération (Planche 90 A, B). Le feldspath-K remplace complètement la matrice contenant des microcristaux arrondis de magnétite disséminée qui se concentrent le long de bandes parallèles à l'orientation des phénocristaux (Planche 90 B, C). Sur le métasiltstone, le remplacement (HT) K-Fe peut être subtil malgré la forte concentration de veines à arsénopyrite qui lui sont associées (Planche 90 D). Ce subtil remplacement est composé de biotite qui se propage le long des joints de grains et remplace sélectivement les grains de feldspath-K du précurseur (Planche 90 E). De fines lamelles d'oxydes de fer sont observées dans les plans de clivage de la biotite et le long des joints de grains (Planche 90 F). Le passage à un remplacement (HT) K-Fe de faible intensité coïncide avec un remplacement partiel des grains de quartz, l'apparition de grains de magnétite microcristalline et une augmentation du mode de biotite (Planche 91 B). Le remplacement est alors sélectif, sporadique et irrégulier avec une excellente préservation des textures primaires du métasiltstone (Planche 91 A). Lorsque l'intensité devient modérée, le remplacement est régulier, hétérogène et sélectif avec une bonne préservation du litage du précurseur (Planche 91 C). Le mode de biotite augmente considérablement et le quartz est recristallisé en lentilles contenant des microcristaux de biotite et magnétite (Planche 91 D).

Plusieurs remplacements (HT) K-Fe sont observés sur le métasiltstone préalablement superposé par une altération (HT) Ca-Fe. Un remplacement (HT) K-Fe à biotite de faible intensité, de type stratoïde et irrégulier, se met en place au contact entre les lits altérés en magnétite et en actinote (Planche 91 E). Lorsque les bandes à biotite entrent en contact avec un lit altéré en magnétite, la magnétite est recristallisée en cristaux plus grossiers. De plus, des cristaux disséminés de pyrite et chalcopyrite sont spatialement associés au remplacement à biotite et magnétite et la magnétite recristallisée contient des inclusions de pyrite (Planche 91 F). L'altération (HT) K-Fe à biotite est également sous forme de remplacement stratoïde, pénétratif et irrégulier qui se superpose au remplacement généralisé (HT) Ca-Fe (Planches 84, 85 C, D et 92). Lorsque le remplacement est faible, la biotite forme des filaments interdigités qui se pincent (Planche 85 C). En se propageant, le remplacement demeure pénétratif le long du litage, mais montre un aspect plus diffus avec la formation de magnétite microcristalline dans les lits d'actinote (Planche 84 B). Lorsque l'altération (HT) K-Fe rencontre des amas à magnétite et sulfures, la biotite remplace à la fois la magnétite, la pyrrhotite et l'arsénopyrite pour former de la pyrite (Planche 84 E). En contact avec l'altération, l'arsénopyrite peut recristalliser localement pour inclure des inclusions de sulfures de Co et Bi (Planche 85 D). Lorsque le remplacement (HT) K-Fe est mieux développé, la biotite recoupe et remplace l'actinote, la magnétite et l'arsénopyrite d'une

paragenèse (HT) Ca-Fe antérieure (Planche 92 A à D). Cette altération forme localement du feldspath-K, zircon et oxydes de U et Th disséminés au sein des zones de remplacement à biotite (Planche 92 D). De plus, une remobilisation ou un enrichissement de sulfures de Co et Bi est observé lorsque des bandes de biotite recourent l'arsénopyrite et la pyrrhotite associées à l'altération (HT) Ca-Fe (Planche 92 E, F).

L'altération (HT) K-Fe est aussi présente sous forme de remplacement stratoïde, sélectif, et irrégulier, formant des bandes décimétriques (Planche 93 A, D). Ce remplacement à biotite et magnétite recoupe des fragments albitisés et l'altération (HT) Ca-Fe à hornblende et magnétite (Planche 93 B). Cette altération progresse vers un remplacement sélectif généralisé d'intensité modérée également composé de magnétite et biotite (Planche 93 C). La biotite remplace sélectivement les lits altérés préalablement en albite (Planche 93 D). La magnétite forme des lits massifs composés d'amas de baguettes zonées et poreuses (Planche 93 E). Dans les lits à biotite et albite, la magnétite forme des cristaux subidiomorphes et des amas qui montrent une texture similaire à celle des lits altérés en magnétite massive. La présence de magnétite, sous forme de lits continus, suggère une recristallisation de magnétite provenant d'une paragenèse (HT) Ca-Fe.

La paragenèse (HT) K-Fe forme également des pseudo-veines provenant d'un remplacement de type pénétratif (Planche 94 A). L'altération forme des bandes centimétriques qui se pincent et sont constituées d'un assemblage à biotite, arsénopyrite, pyrite, chalcopryrite, magnétite et sulfures de Co et Bi. La biotite forme un réseau de veinules anastomosées entre les cristaux et amas d'augite d'une altération (HT) Ca-Fe antérieure (Planche 94 B). L'arsénopyrite forme des cristaux allotriomorphes et hétérogranulaires disséminés au cœur de la zone de remplacement, tandis qu'elle forme des amas allongés en contact avec le précurseur (Planche 94 C). L'arsénopyrite est également présente en plages irrégulières qui englobent des cristaux de hornblende dans la roche encaissante à proximité du contact. La chalcopryrite, la magnétite et les sulfures de Co et Bi sont microcristallins et disséminés avec la biotite qui remplace l'augite.

L'altération (HT) K-Fe a tendance à fracturer le précurseur lorsque celui-ci est albitisé. Lorsque l'intensité de l'altération est relativement faible, le réseau de veinules à feldspath-K, biotite et magnétite recoupe les lits et se propagent préférentiellement le long du litage (Planche 94 D à F). La magnétite est surtout retrouvée dans les veines parallèles au litage et montre une texture massive avec des cristaux de biotite intercristalline (Planche 94 E, F). Le développement des veines est accompagné d'un remplacement sélectif de certains lits, composé d'un assemblage à biotite, magnétite et feldspath-K à texture granoblastique. Les veines et les zones de remplacement sont accompagnées d'une imprégnation des épontes à biotite microcristalline

(Planche 94 E). L'altération (HT) K-Fe peut également former un stockwork à magnétite massive et biotite intercrystalline sans imprégnation des épontes (Planche 95 E). Lorsque la fracturation et l'altération sont mieux développées, la paragenèse (HT) K-Fe forme des zones bréchiques (Planche 95 A). La matrice est alors composée de biotite, feldspath-K, magnétite et chlorite microcristalline et les fragments anguleux à sub-anguleux sont superposés par une forte imprégnation à feldspath-K contenant de la chlorite à texture bigarrée et de la magnétite microcristalline disséminée (Planche 95 B, C). Dans le métasiltstone albitisé, l'altération (HT) K-Fe sous forme de remplacement est généralement stérile. Toutefois, on y observe un réseau de veines (HT) K-Fe subséquent qui lui est minéralisé. Les veines minéralisées sont composées d'un assemblage à biotite, feldspath-K, magnétite, quartz, titanite, pyrite et chalcopryrite où la magnétite est de forme irrégulière dans les veines recoupant l'albitite. Lorsque ces veines rencontrent les fronts d'altération ou veines de magnétite massive de l'altération (HT) K-Fe stérile, la magnétite est recristallisée en cristaux subidiomorphes plus grossiers. Les intersections entre les fronts d'altération stratoïdes et les veines (HT) K-Fe sont également associées à la présence de pyrite subidiomorphe et à des plages de chalcopryrite qui englobent la magnétite recristallisée.

Les dykes de monzonite porphyrique sont contemporains au développement du système hydrothermal. La présence de veines (HT) Ca-K-Fe qui recoupent la monzonite et de brèches contenant des fragments de porphyres soutient l'idée d'un système polycyclique réalimenté par la mise en place de dykes (Planche 96). Les dykes de monzonite porphyrique ont régulièrement une zone d'endocontact et d'exocontact métasomatisée constitués d'une forte altération potassique à biotite, feldspath-K et séricite où la biotite a une texture bigarrée dans la matrice tandis que le feldspath-K et la séricite remplacent les phénocristaux de plagioclase du précurseur monzonitique qui développent une couronne de feldspath-K (Planche 96 B). Les dykes de monzonite sont recoupés par des veines (HT) Ca-K-Fe à texture massive composées d'actinote, quartz, arsénopyrite et pyrrhotite (Planche 96 A). Ces veines sont accompagnées d'une imprégnation d'épaisseur centimétrique à feldspath-K qui tend à détruire la texture porphyrique et qui remplace les glomérocrystaux à hornblende, titanite et apatite par de la chlorite et du quartz (Planche 96 C). Des fragments arrondis à texture porphyrique sont inclus dans une brèche polygénique associées à une altération (HT) K-Fe. Cette brèche contient également des fragments de métasiltstone albitisé qui sont remplacés à des degrés variables et montrent des signes de dissolution ainsi que des bordures diffuses de fragments. Certains fragments sont sélectivement remplacés par un assemblage à feldspath-K, quartz, magnétite, chlorite et rutile. Dans ces fragments, la magnétite est microcristalline, disséminée et sa distribution délimite la forme du fragment remplacé suggérant une cristallisation pré-bréchification. La magnétite est

également retrouvée en traces dans la matrice de la brèche qui est majoritairement composée de feldspath-K, quartz et chamosite (variété ferrifère de chlorite). Cette altération (HT) K-Fe contient des amas disséminés de pyrite subidiomorphe avec de rares occurrences de chalcopyrite, galène, sulfures de Pb-As-Ni et des oxydes de Th-U-Y-Zr particulièrement observés dans la matrice de la brèche (Planche 96 F).

5.10.1.5 Paragenèses de basse température

De nombreuses altérations de basse température sont observées au sein du système d'altération de NICO. Elles sont généralement superposées sur les altérations décrites précédemment, mais certaines sont recoupées par des altérations à magnétite (Planche 82). Un remplacement sélectif généralisé à chlorite, hématite et \pm feldspath-K se superpose au remplacement stratoïde (HT) Ca-Fe à amphibole, magnétite et \pm apatite tout en préservant la texture litée. La présence de britholite, enalite, zircon et de phases minérales indéterminées à Ag et Os au sein des cristaux de chlorite suggère un enrichissement tardif associé à l'altération de basse température bien que l'enrichissement en Th soit souvent associé aux altérations (HT) Ca-Fe dans d'autres systèmes (p. ex. Fab).

5.10.2 La Southern Breccia

5.10.2.1 Contexte général

La Southern Breccia correspond à une suite d'indices uranifères associés à des brèches tectono-hydrothermales de 1 à 50 m de largeur. Cet indice est localisé le long d'un corridor d'albitisation de 3 km de long au sud du gisement NICO et orienté vers l'ouest-nord-ouest (Figure 39). Ces travaux complètent une étude exhaustive du secteur réalisée par Montreuil et al. (2015) et, par conséquent, seule une brève description des paragenèses à magnétite typiques sera décrite dans ce document. Les paragenèses (HT) Na et (HT) K-Fe sont les principales altérations de hautes températures retrouvées dans ce système qui comprend également des paragenèses (LT) K-Fe et des altérations à tourmaline, feldspath-K ou chlorite.

5.10.2.2 Paragenèses sodiques

Deux paragenèses (HT) Na sont rencontrées dans le secteur. La première altération sodique est associée à un remplacement sélectif à généralisé possédant une couleur beige-grisâtre (Planche 97 A, B). L'intensité du remplacement est faible à intense avec une préservation du litage du précurseur. Le remplacement a un aspect diffus et marbré. L'altération est composée d'un assemblage microcristallin à albite, biotite, titanite et ilménite (Planche 97 C). La seconde altération (HT) Na recoupe la paragenèse sodique précédente par des veines à albite massive d'épaisseur millimétrique (Planche 97 A) qui s'étendent progressivement vers un remplacement pénétratif d'aspect bigarré à anastomosé formant des zones continues (Planche 97 B). Cette altération se distingue de la première altération (HT) Na par une couleur rose pâle à rougeâtre et un remplacement qui détruit les textures du précurseur. Cette seconde albitisation est majoritairement composée d'albite à grains fins à moyens avec des traces de quartz, rutile, chlorite et zircon et encaisse régulièrement la minéralisation uranifère subséquente. Des fragments albitisés et déformés, similaires aux deux paragenèses (HT) Na, sont observés dans les zones bréchiques suggérant une bréchification postérieure au développement des altérations sodiques (Planche 97 D).

5.10.2.3 Paragenèses calciques à fer

Les paragenèses (HT) Ca-Fe sont éparses et se situent surtout dans la partie la plus au nord du secteur. Cette altération est retrouvée sous forme de remplacement pénétratif en biseau (Planche 97 E) ainsi qu'en remplacement stratoïde au sein du métasiltstone albitisé (Planche 97 F). Cette paragenèse est majoritairement composée d'amphibole et de magnétite avec du feldspath-K, apatite, allanite, ilménite et titanite comme minéraux accessoires.

5.10.2.4 Paragenèses potassiques à fer et à fer seulement

Les paragenèses (HT) K-Fe constituent l'altération à magnétite la plus commune du secteur. À l'extérieur des zones bréchiques, l'altération (HT) K-Fe est pénétrative et stratoïde pour former des micro-brèches alignées le long d'anciens lits du métasiltstone albitisé (Planche 98 A). Cette altération est naissante et se développe jusqu'à une intensité modérée. Elle comprend de la magnétite finement grenue et est associée à une imprégnation des épontes à feldspath-K

d'épaisseur centimétrique. Dans les brèches tectono-hydrothermales, l'altération (HT) K-Fe est sous forme de remplacement de faible intensité à complet et est constituée, en proportion variable, de magnétite, feldspath-K et biotite. Le remplacement, d'abord sporadique, remplace sélectivement et partiellement certains fragments et forme des filaments discontinus dans la matrice de la brèche (Planche 98 B). Le remplacement peut également prendre la forme d'un front d'altération sporadique diffus où la matrice de la brèche est remplacée par un assemblage à magnétite et biotite microcristalline (Planche 98 C). Le remplacement (HT) K-Fe peut être plus développé et remplace de façon généralisée la brèche tout en préservant la texture initiale (Planche 98 D). L'intensité du remplacement (HT) K-Fe sur les fragments et la matrice de la brèche est variable. Ce remplacement peut facilement être confondu avec la couleur du second épisode d'albitisation. Le faciès le plus commun pour la paragenèse (HT) K-Fe est un remplacement pénétratif ayant l'aspect d'un réseau de veines anastomosées. Ce remplacement débute en formant des filaments diffus à magnétite microcristalline et progresse vers un remplacement sporadique irrégulier puis un remplacement complet de la brèche contenant parfois des reliques en lambeaux de fragments de brèche (Planches 98 E, F et 99 A, B, D). Lorsque le remplacement est modéré à intense, l'altération est massive, homogène et équigranulaire. Toutefois certaines zones, parfois au sein d'un même affleurement, montrent une foliation tectonique bien marquée indiquant une déformation contemporaine au développement de l'altération. Ces zones ont tendance à contenir des fragments fortement allongés et sont accompagnées d'une forte imprégnation à feldspath-K conférant une patine d'altération rougeâtre.

L'enrichissement en uranium est retrouvé dans les paragenèses (HT) K-Fe plus tardives qui recoupent celles décrites précédemment. L'uranium est fortement associé à une imprégnation de couleur rouge brique prononcée et forme des veines millimétriques à centimétriques retrouvées au sein des zones bréchiques (Planche 100 A à C). Les veines forment généralement un réseau anastomosé incluant des fragments allongés avec des golfes de corrosion, ce qui suggère une mise en place contemporaine à la déformation (Planche 100 B, D). Au cœur des veines, la magnétite est généralement allotriomorphe et présente un cœur très poreux contenant des inclusions de feldspath-K (Planche 100 E). Près des épontes, la magnétite tend à former des cristaux subidiomorphes contenant moins d'inclusions (Planche 100 F). De plus la biotite est plus abondante en marge des veines, tout comme l'uraninite qui forme des amas globuleux dans la biotite et le feldspath-K. Montreuil et al. (2015) évoque la présence de deux paragenèses (HT) K-Fe dans les zones uranifères, lesquelles n'ont pas été observées dans l'échantillon uranifère étudié.

L'altération (HT) K-Fe se présente également sous forme de veines qui recoupent les brèches et les minéralisations uranifères (Planche 99 C). Ces veines sont rectilignes ou forment un réseau anastomosé localisé et ont un contact net. Ces veines font moins de 10 cm d'épaisseur et sont accompagnées d'une légère imprégnation des épontes à feldspath-K. Cette altération est constituée de magnétite, feldspath-K, biotite avec des traces de zircon, chlorite, pyrite et un oxyde de Fe-Ti-Mn (Planche 99 E). Au cœur des veines, les grains de magnétite sont soudés et la biotite et le feldspath-K sont intercrystallins à la magnétite (Planche 99 D). En bordure des veines, la biotite cristallise au sein de fractures dans le métasiltstone albitisé et l'albite montre des signes de corrosion ou est remplacée en feldspath-K. La fracturation est interprétée comme associée à l'altération à biotite. La chlorite est présente lorsque la biotite commence à cristalliser dans les fractures des grains d'albite et elle est progressivement remplacée par de la biotite avec l'avancée de l'altération.

Un réseau de veines (HT) Fe à magnétite, arsénopyrite, pyrite, molybdénite et chalcopryrite est présent au sud du secteur (Planche 99 F). Ces veines recoupent les deux paragenèses (HT) Na ainsi qu'un remplacement sporadique à magnétite disséminée finement grenue. Ces veines ne semblent pas associées à une altération calcique ou potassique à fer sous forme de remplacement et leur aspect cassant et leur orientation perpendiculaire à la fabrique de la brèche s'apparente à celle des dykes post-bréchification qui marquent la fin de l'altération généralisée au sein du corridor Southern Breccia et daté par Davis et al. (2011).

5.10.3 Les secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke

5.10.3.1 Contexte général

Les secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke forment un système similaire à celui du lac Lou et en représente potentiellement une extension vers le sud-est quoiqu'une décroissance significative de l'intensité de l'altération soit observée à mi-chemin là où a été défini la section type du Groupe de Treasure Lake (Figure 12). Les principales unités rencontrées sont les roches métasédimentaires du Groupe de Treasure Lake et les intrusions granitiques porphyriques du batholithe (Planche 101 F). Les paragenèses Na, Ca±Fe et K±Fe de haute température sont présentes et majoritaires dans le secteur. L'éloignement de ces secteurs avec la zone minéralisée de NICO permet d'observer des paragenèses précoces dans l'évolution de la cellule hydrothermale ainsi que des faciès et des relations de recoupement oblitérée par la superposition cyclique des altérations près de la mine (c.-à-d. Bowl zone). De plus, ces altérations sont moins

intenses et généralisées à l'ensemble des unités ce qui permet d'observer la progression des paragenèses d'altération. Sur les trois secteurs, Apy-Mag est le plus documenté et le plus diversifié bien que certains faciès à magnétite soient notables dans les secteurs de Duke et South Duke.

5.10.3.2 Paragenèses sodiques et sodiques-calciques à fer

Globalement, les paragenèses sodiques sont bien développées sur les roches métasédimentaires. Le degré d'intensité de ce faciès d'altération peut varier de faible à fort avec une préservation du litage primaire des unités métasédimentaires. Cette altération est surtout observée sous forme de remplacement par imprégnation généralisée (Planches 101 A à C, E et 102 A) ou sporadique (Planche 101 D). À l'échelle microscopique, les paragenèses sodiques sont composées exclusivement de quartz et d'albite avec préservation du litage et la granulométrie du précurseur (Planche 102 C, D, F). Sur l'indice Duke, une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe à augite, hornblende, quartz, albite, allanite et apatite est la première altération observée et se présente sous forme de remplacement stratoïde discontinu (Planche 108 A, B).

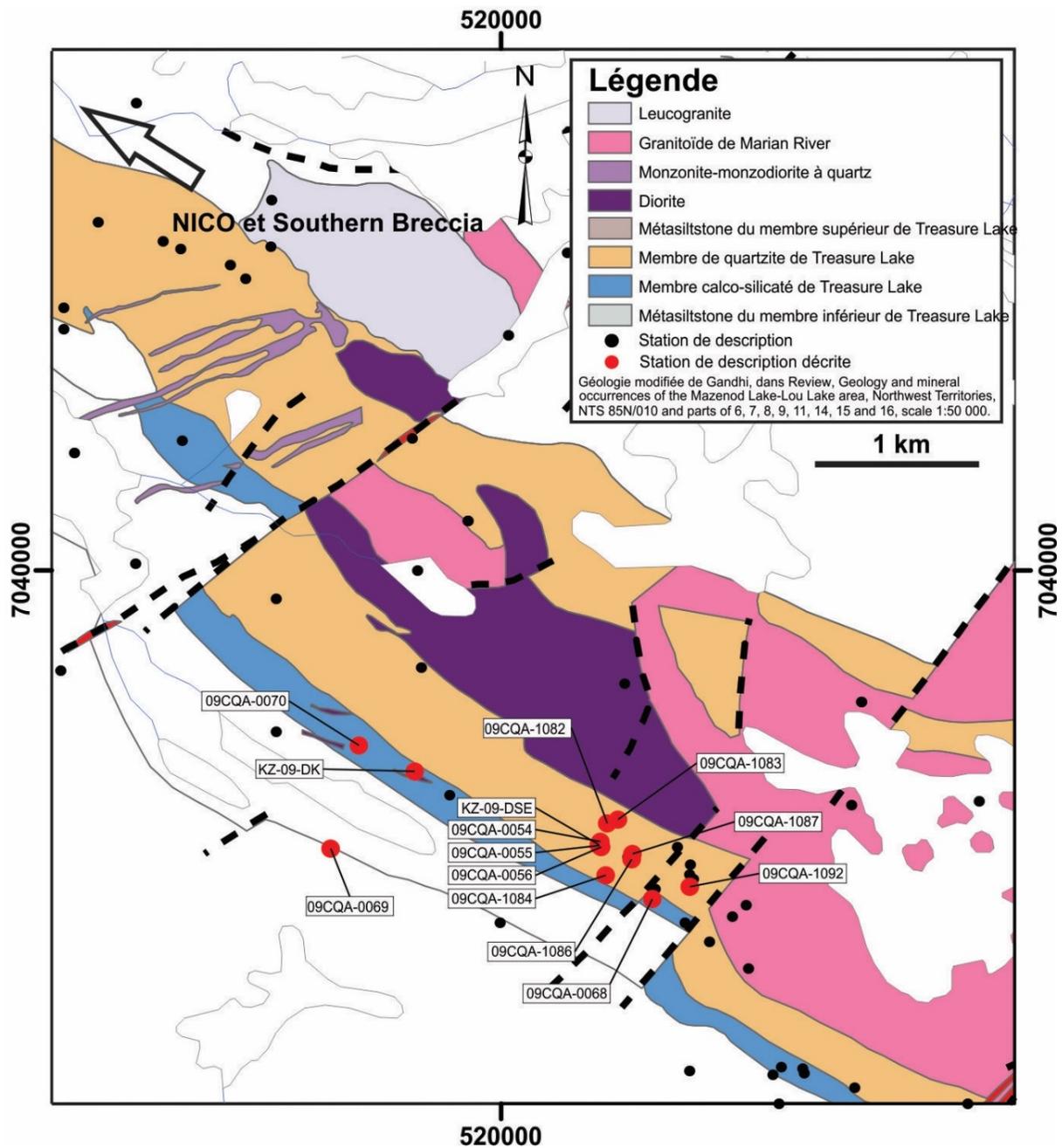


Figure 40: Carte géologique des secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke d'après Gandhi et al. (2014).

5.10.3.3 Paragenèses calciques à fer

L'ensemble des roches métasédimentaires albitisées sont superposées ou recoupées par des paragenèses (HT) Ca-Fe avec occasionnellement une recristallisation de l'albite (Planche 101 C). Ces paragenèses remplacent les unités précurseurs par une imprégnation généralisée homogène (Planches 103 A, 104 A et 105 A à C), stratoïde (Planche 101 A) ou irrégulière (Planche 101 D). Ces paragenèses forment également des veines (Planches 102 A, 106 A et 107 A, B)

ainsi que des réseaux de veines recoupantes (Planche 101 C) et des stockworks qui évoluent vers un remplacement (Planche 101 B). Ces altérations calciques sont majoritairement constituées de cummingtonite, hornblende, actinote et/ou magnétite avec quelques occurrences d'allanite, titanite et/ou apatite. La cummingtonite montre communément des évidences de résorption et de remplacement par la présence de golfes de corrosion, de couronnes de réaction et de lamelles d'exsolution (Planches 102 D, F, 103 B, E, F et 104 B à D). La cummingtonite, qui contient parfois des reliques d'augite (Planche 103 E), est remplacée par une superposition ou une évolution de la paragenèse (HT) Ca-Fe majoritairement composée d'un assemblage à hornblende et magnétite granoblastique (Planche 103 B). L'actinote est la phase minérale transitionnelle entre les reliques de cummingtonite et de hornblende lors du remplacement de la cummingtonite (Planche 104 B, C, E). L'actinote est également associée à la formation de magnétite et de sulfures dans une zone de remplacement formant des pseudo-veines qui recoupent l'assemblage à hornblende-magnétite (Planche 106 B). En général, la magnétite forme des plages irrégulières disséminées lorsqu'elle est associée à l'actinote et des agrégats répartis de manière uniforme lorsqu'elle est associée la hornblende (Planches 104 C, E et 103 B, C, respectivement). Dans les zones de remplacement pénétratif minéralisées à actinote, magnétite, arsénopyrite, arsénopyrite cobaltifère, bismuthinite, chalcopyrite et uraninite, la magnétite peut présenter des porosités remplies par des sulfures de Bi, Cu et Co (Planche 106 A à D). Des inclusions de chalcopyrite sont également observées dans les zones transitionnelles de remplacement de la cummingtonite par la hornblende (Planche 104 E, F). De plus, une paragenèse (HT) Ca-Fe à amphibole calcique et allanite est enrichie en terres rares et est présente sous forme de remplacement sporadique avec des plages interconnectées par des fractures (Planche 106 E, F).

5.10.3.4 Paragenèses (HT) K-Fe

Les paragenèses (HT) K-Fe se superposent au précurseur métasédimentaire et les altérations calciques à fer sous forme d'imprégnation sporadique pénétrative (Planche 107 C à F). Sur le précurseur métasédimentaire, l'altération de faible intensité forme des îlots à feldspath-K, magnétite et quartz, séparés par une bordure diffuse et entourés d'une matrice à biotite, magnétite et quartz (Planche 107 D, E). La magnétite est plus grossière dans la zone à biotite et demeure allotriomorphe et disséminée comme celle présente dans les îlots (Planche 107 E, F). Lorsque cette paragenèse se superpose sur une altération calcique à fer (Planche 105 B, D), la biotite remplace la hornblende et est intergranulaire aux grains de quartz (Planche 105 D, F). Des plages

de feldspath-K sont observées en remplacement de la hornblende (Planche 105 E). Pour cette altération, la formation de magnétite est équivoque et la recristallisation de certains grains de magnétite de l'altération (HT) Ca-Fe est possible étant donnée la texture et la distribution des grains. Au sud-est de l'indice Duke, la paragenèse (HT) Ca-Fe à hornblende et magnétite est remplacée par une paragenèse (HT) K-Fe à biotite et magnétite et la transition entre ces deux assemblages est caractérisée par la présence d'actinote (Planche 109 A à E). Le passage entre ces deux altérations est également observé dans une unité faiblement affectée par le remplacement (Planche 109 F).

5.10.3.5 Indice Duke

Sur l'indice Duke, la minéralisation est associée à une paragenèse (LT) Ca-K à pumpellyite, épidote et feldspath-K (Planche 108 A à C, D). La minéralisation formant des plages millimétriques et irrégulières, est intercrystalline aux cristaux d'augite de l'altération antérieure, et majoritairement constituée de chalcopyrite avec de la cassitérite, sphalérite et galène. Une altération de type skarn à grenat, épidote et calcite est également présente mais aucune magnétite n'a été observée (Planche 110 A, B). De la magnétite est observée au sein d'altérations de basses températures à muscovite et à chlorite-hématite. Dans la roche altérée en muscovite, la magnétite, associée à une paragenèse de haute température complètement oblitérée par le remplacement à muscovite, est de forme compacte et irrégulière et est progressivement démembrée pour former des lambeaux allongés parallèlement à la muscovite (Planche 110 C, D). Dans la roche altérée en chlorite, la magnétite est idiomorphe, hétérogranulaire et remplacée en hématite par l'altération à chlorite (Planche 110 E, F). Des zones de remplacement à feldspath-K sont observées en superposition sur le précurseur métasédimentaire et les paragenèses décrites précédemment (Planche 101 E).

5.10.4 Lithogéochimie

Les figures 41 à 46 présentent les proportions molaires des échantillons sélectionnés et leurs compositions en terres rares. Les trois secteurs décrits précédemment sont présentés séparément mais il est important de rappeler que NICO et la Southern Breccia font partie d'un même système IOAA (Corriveau et al., 2011; Montreuil et al., 2015) alors que les secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke montrent une signature particulièrement similaire à celle de NICO.

À NICO, les paragenèses (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe sont bien représentées et sont facilement discernables du métasiltstone, de la rhyolite et des dykes de monzonite, même si elles sont superposées par une faible altération (HT) K-Fe. Les altérations à magnétite ont une proportion en cation Fe supérieure à 30% tandis que les intrusions et les précurseurs peu altérés n'atteignent qu'une proportion de 25% maximum. Les plus fortes proportions en Fe sont observées dans les paragenèses (HT) Ca-Fe qui sont parfois superposées par des remplacements (HT) K-Fe. Lorsque les paragenèses (HT) Ca-Fe sont superposées par un remplacement (HT) K-Fe, la proportion en K n'augmente pas significativement malgré des évidences de la présence de biotite ou de feldspath-K sur les échantillons. De plus, les paragenèses (HT) Ca-K-Fe possèdent une plus forte proportion de K que les remplacements (HT) K-Fe qui se superposent sur les zones de remplacement (HT) Ca-Fe. L'intensité croissante de la bréchification est accompagnée d'un fort remplacement à feldspath-K du précurseur (échantillons CQA-07-466Q1 à CQA-07-455A) qui se traduisent par une diminution de la proportion de Fe et Na, une augmentation de K tandis que les proportions de Mg et Ca demeurent similaires. Puisque le Mg est un composant de la biotite, la proportion de Mg augmente légèrement lorsque les altérations (HT) K-Fe superposent les altérations (HT) Ca-Fe. Une forte proportion en Na dans les échantillons de rhyolite et de métasiltstone superposés par une altération (HT) K-Fe, suggère la présence d'une altération sodique subtile qui n'a pu être clairement identifiée lors de l'étude pétrographique. En ce qui attrait aux terres rares, les patrons sont globalement similaires pour toutes les altérations sauf pour l'échantillon CQA-07-466A3 qui correspond à une altération (HT) Ca-K-Fe fortement minéralisée en arsénopyrite, chalcopyrite et sulfures de Co et Bi. Il est également important de souligner que les échantillons ayant les plus fortes concentrations en W sont associés à des paragenèses (HT) Ca-Fe.

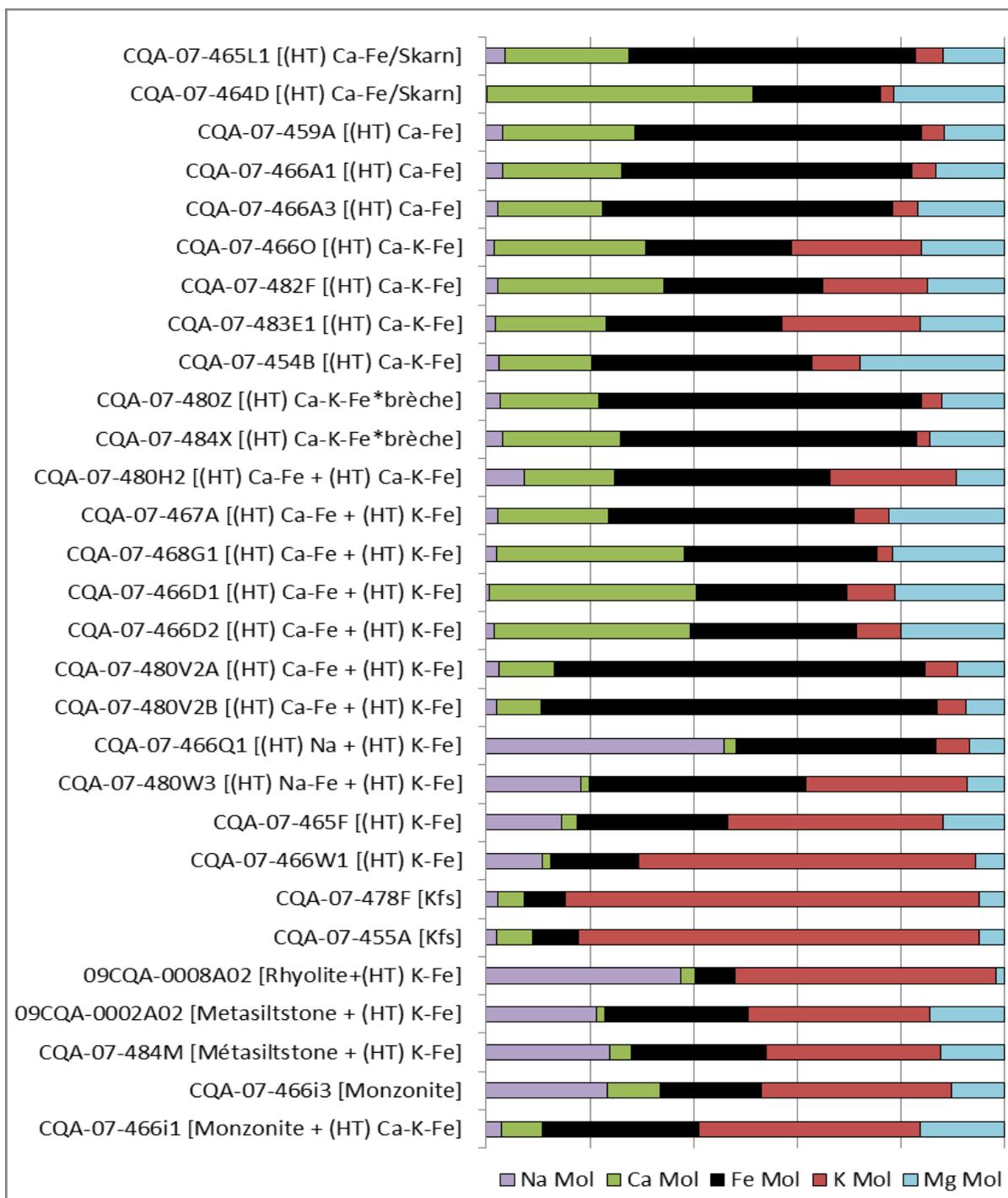


Figure 41 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur du gisement NICO (analyses dans Corriveau et al., 2015).

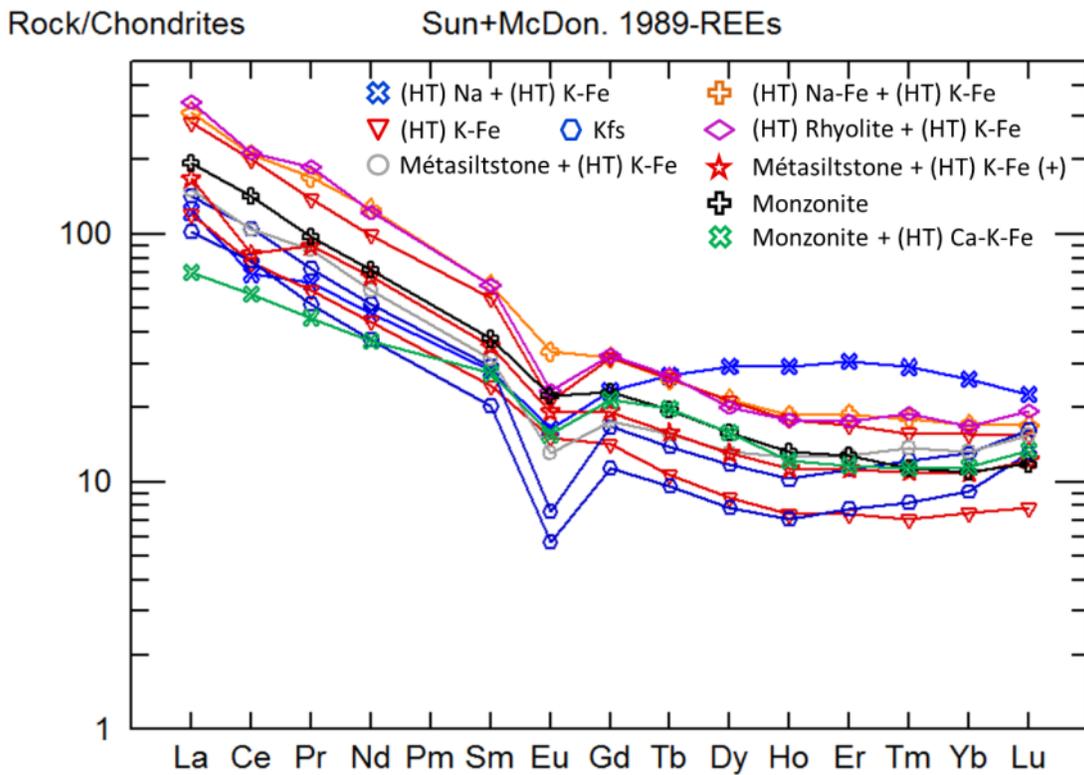
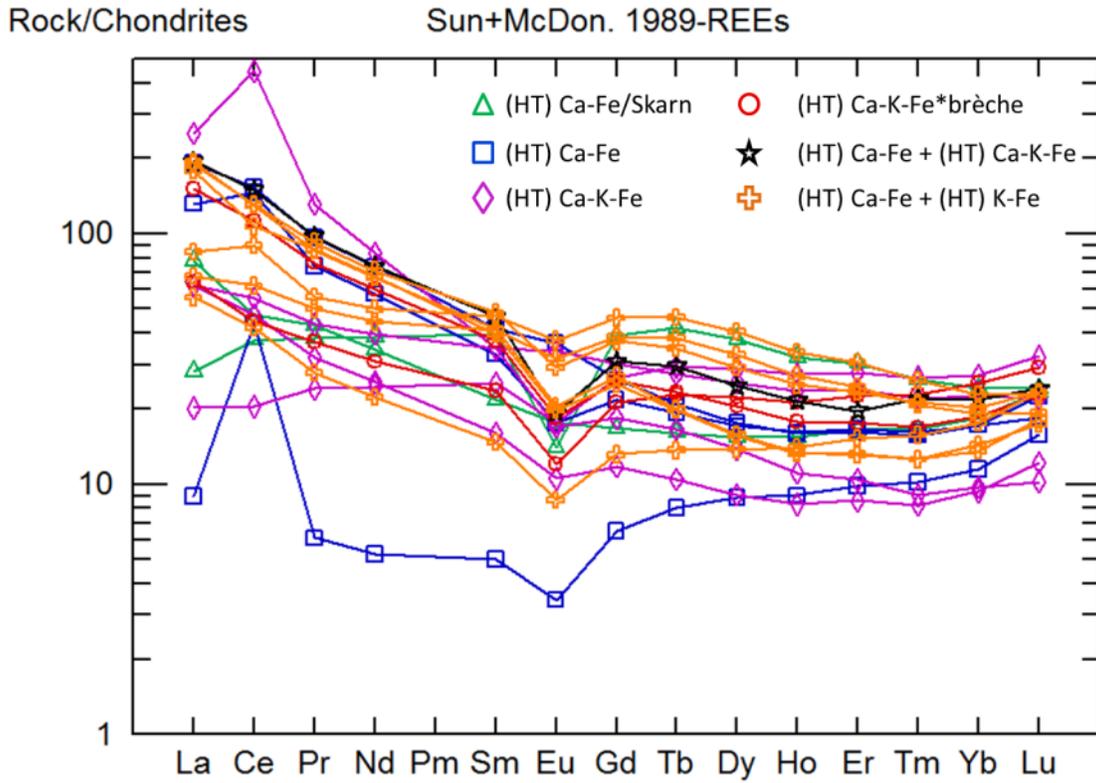


Figure 42 : Diagrammes multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur du gisement NICO (analyses dans Corriveau et al., 2015).

La Southern Breccia est caractérisée par des paragenèses (HT) K-Fe présentant de fortes proportions en K et Fe pour les échantillons sélectionnés. Même dans l'altération (HT) Na qui se superpose au précurseur métasédimentaire, les proportions de K, Fe et Mg sont relativement élevées par rapport à la proportion de Na et ceci s'explique par la présence de biotite et d'oxydes de Fe-Ti qui sont microcristallins et disséminés le long de certains lits. Même si la paragenèse (HT) K-Fe est parfois composée de magnétite massive (échantillon 10CQA-1615G02), les faibles proportions de K et Mg indiquent la présence de biotite, ce qui a été confirmé lors des observations pétrographiques. Sur l'échantillon sélectionné, le remplacement de la rhyolite par l'altération potassique est plus marqué que le même type de remplacement à NICO et montre la possibilité de changer complètement la composition du précurseur. Pour tous les échantillons, le patron des terres rares est similaire, cependant les altérations (HT) K-Fe montrent une concentration globale inférieure à l'altération (HT) Na et la rhyolite superposée par une imprégnation à feldspath-K, ce qui peut être interprété par un ajout d'éléments au précurseur.

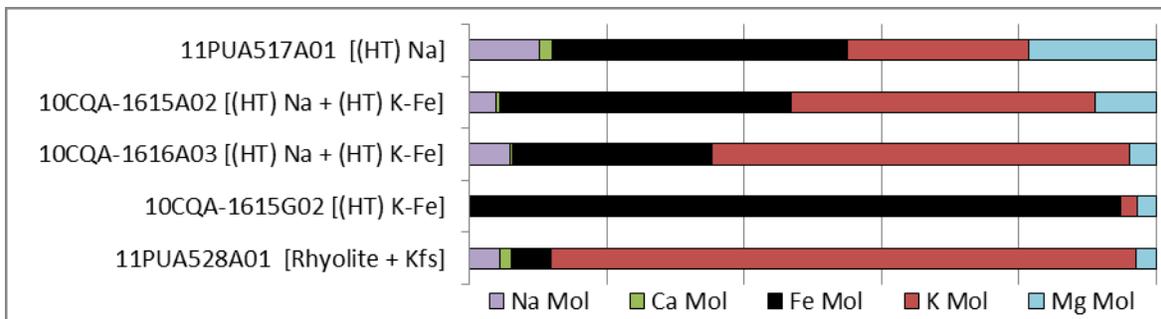


Figure 43 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Southern Breccia (analyses dans Corriveau et al., 2015).

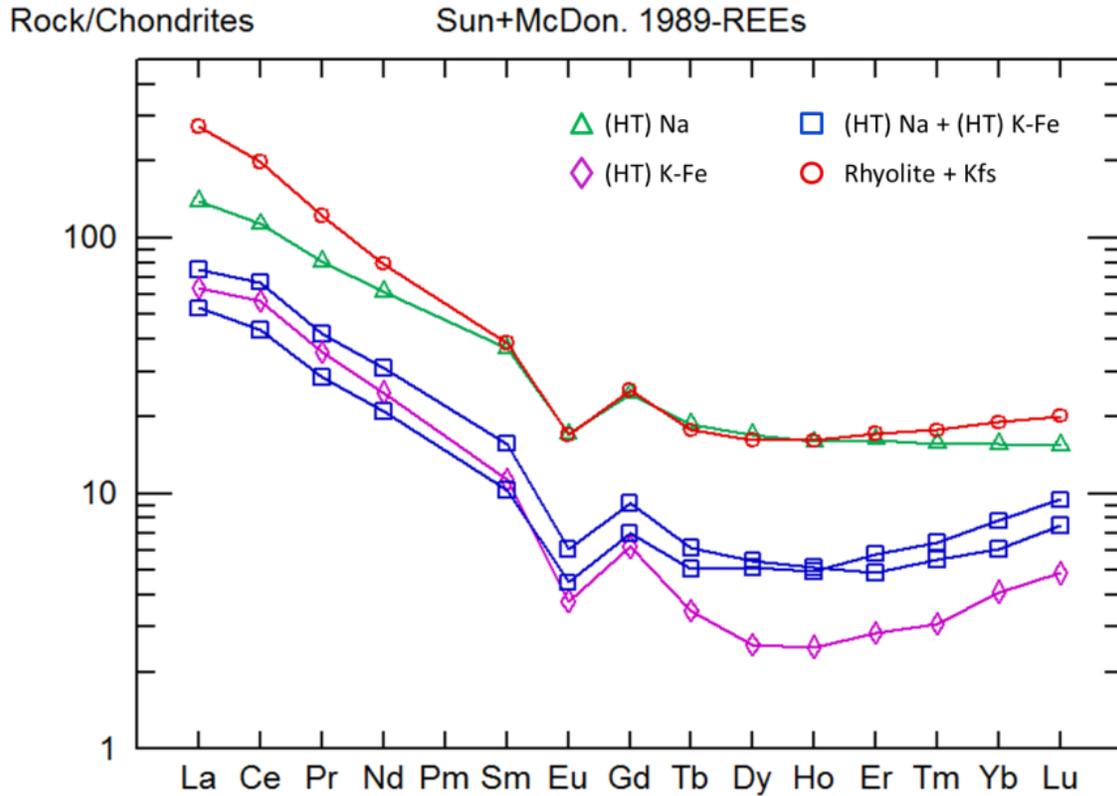


Figure 44 : Diagramme multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs du secteur de Southern Breccia (analyses dans Corriveau et al., 2015).

Bien que les secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke soient distants du gîte de NICO, l'intensité relativement élevée des altérations permet d'identifier les différentes paragenèses d'altération à l'aide des proportions molaires. Les paragenèses (HT) Ca-Fe qui contiennent le plus de magnétite montrent également les proportions en Fe les plus importantes. Les paragenèses (HT) K-Fe, même si elles se superposent sur les altérations (HT) Ca-Fe, sont facilement distinguables par des proportions en K supérieures à 20%. Ces paragenèses (HT) K-Fe se distinguent également des remplacements à feldspath-K par une plus forte proportion de Fe. Les altérations tardives de plus basse température sont caractérisées par des proportions de Mg plus élevées et l'absence de Na. En ce qui concerne les terres rares, deux échantillons associés à une paragenèse (HT) Ca-Fe montrent une forte concentration en terres rares légères et la concentration la plus élevée est associée à des veinules d'allanite. Dans l'ensemble, les paragenèses (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) K-Fe superposées ou non sur des altérations (HT) Ca-Fe antérieures, et les altérations à magnétite superposées par la chlorite ont un patron et une concentration de terres rares similaires présentant un léger enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes. De plus, la concentration en terres rares du granite

est également similaire à ces altérations. Les altérations de plus basse température (c.-à-d. feldsite, à carbonates, chlorite, feldspath-K et muscovite superposée sur une altération à magnétite) ont globalement une concentration en terres rares inférieures à celles de plus hautes températures et montrent un patron plus irrégulier.

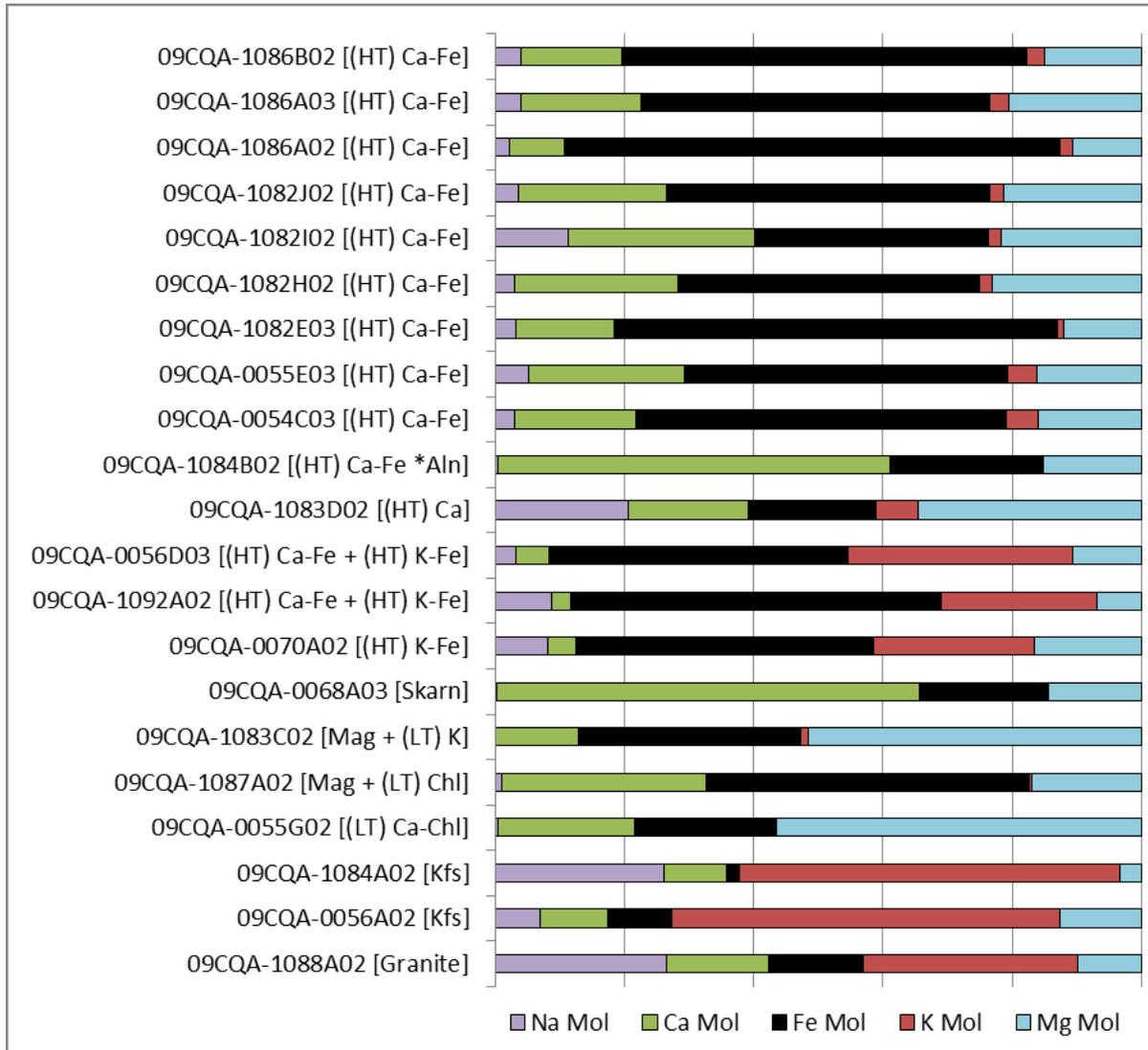


Figure 45 : Proportions molaires des paragenèses d'altération et des roches précurseurs des secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke (analyses dans Corriveau et al., 2015).

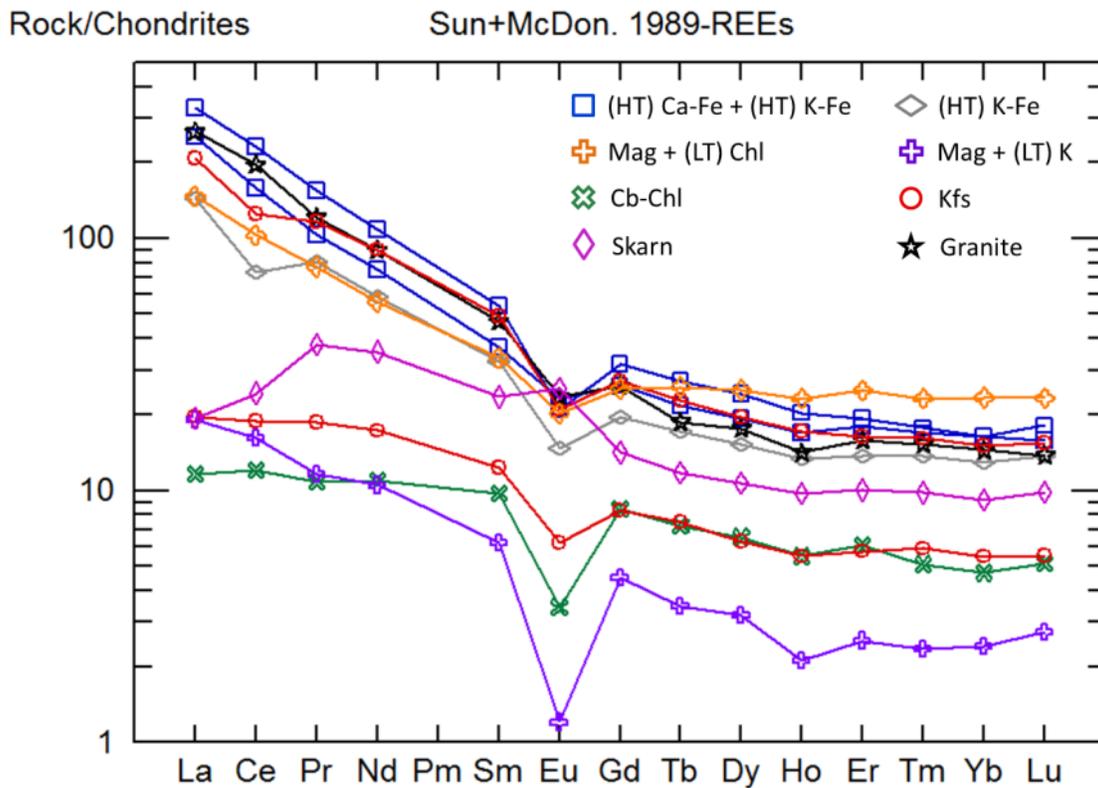
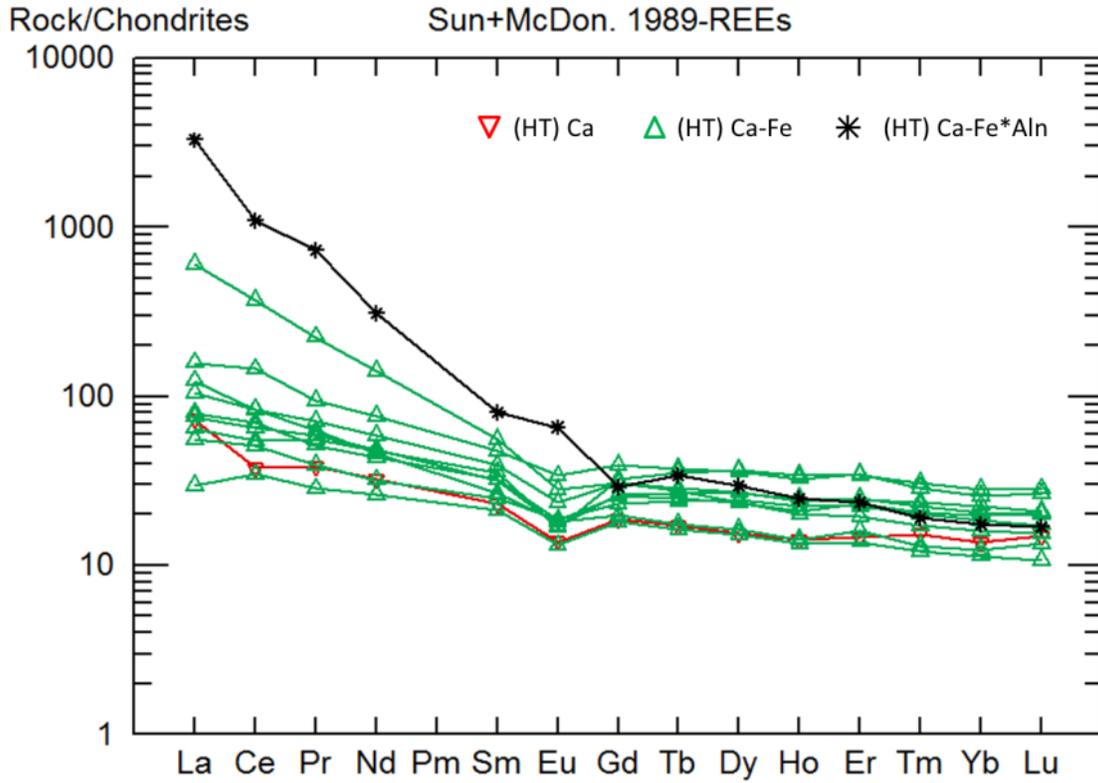


Figure 46 : Diagrammes multi-éléments de la concentration en terres rares des paragenèses d'altération et des roches précurseurs des secteurs Apy-Mag, Duke et South Duke (analyses dans Corriveau et al., 2015).

CHAPITRE 6 :

ATTRIBUTS DIAGNOSTIQUES

6.1 Introduction du chapitre

Les altérations hydrothermales rencontrées au sein des différents systèmes sont le produit des réactions métasomatiques roches-fluides qui ont modifié la composition et les propriétés physiques du précurseur alors que le fluide restant migrait vers d'autres précurseurs. Les observations du chapitre 5 mettent à jour des caractéristiques propres à certaines paragenèses et d'autres partagées par plusieurs paragenèses. Ce chapitre dégage les grands traits de chaque faciès d'altération en éléments alcalins et à oxydes de fer afin d'en extraire les éléments diagnostiques pour la reconnaissance de ces systèmes et des vecteurs vers d'éventuelles zones minéralisées. La plupart de ces éléments sont extraits du chapitre précédent mais de nouveaux éléments sont également apportés pour compléter la description de chaque altération. L'étude pétrographique menée permet d'affiner les observations de terrain et les interprétations qui en découlent (Corriveau et al., 2010a) de même que de mieux comprendre les variations chimiques documentées par Montreuil et al. (2013).

6.2 Altération sodique (HT) Na

L'altération sodique est observée dans la majorité des systèmes IOAA de la ZMGLO et elle est facilement distinguable. Cette altération est bien développée près des intrusions syn-volcaniques (Hildebrand, 1986; Gandhi et al., 2001) et le long des grands corridors de déformation (Corriveau et al., 2010 a, b; Montreuil et al., 2015). Cette altération se forme à l'échelle régionale et en profondeur ainsi certains indices minéralisés sont exempts d'assemblages sodiques proximaux (p.ex. Sue Dianne). L'étendue de l'altération sodique est plurikilométrique et se superpose sur les roches des groupes de Treasure Lake, de LaBine et de Faber. Cette altération se manifeste généralement sous forme de remplacement généralisé sur la roche précurseur et parfois sous forme de remplacement stratoïde, de veines et de brèches.

L'albite est le principal minéral composant la paragenèse sodique avec du zircon, apatite, titanite, ilménite, rutile, magnétite, chlorite et quartz comme minéraux accessoires. La scapolite est rare dans la ZMGLO malgré le fait qu'elle soit un constituant majeur de l'altération sodique

dans certaines localités hôtes de systèmes IOAA (Oliver et al., 2004). Elle a été rapportée comme élément trace au sein des altérations du Groupe de Treasure Lake (Acosta-Góngora et al., 2015b). L'albite est majoritairement microcristalline et l'absence de macles complique grandement son identification macroscopique et microscopique.

Lorsque l'albitisation est bien développée, la couleur varie entre le blanc, le rouge-rose et le gris. L'altération sodique peut facilement être prise pour une altération siliceuse de par sa couleur blanchâtre et le fait que la recristallisation en albite rend la roche plus compétente. La teinte rougeâtre est provoquée par la présence d'inclusions d'hématite dans les pores de l'albite et peut facilement être confondue avec la couleur du feldspath-K en absence de spectromètre à rayons gammas. La teinte grisâtre est plutôt engendrée par la présence de microcristaux intergranulaires de biotite et/ou magnétite.

Pour une intensité croissante de remplacement, l'albite remplace d'abord les feldspaths potassiques et les plagioclases puis le quartz et les autres minéraux du précurseur lorsque le remplacement est modéré à intense. Pour cette raison, une albitisation de faible intensité est parfois difficile à identifier à l'échelle macroscopique mais un remplacement sélectif de feldspaths potassiques ou calciques en albite en est souvent diagnostique. De plus, les roches sédimentaires feldspathiques (c.-à-d. grès et siltstones) sont plus facilement remplacées que les wackes, les quartzites et les argilites. Dans les roches volcaniques porphyriques, la mésostase est remplacée en albite dès l'initiation du remplacement tandis que les phénocristaux commencent à être remplacés lorsque l'altération est faible. Lorsque l'altération est intense, les textures et structures des roches précurseurs peuvent être oblitérées ou préservées. Si les textures et structures sont détruites, l'albitite a un aspect homogène et équigranulaire et une texture granoblastique avec des joints de grains à 120°. Si elles sont préservées, l'apparence est simplifiée et la nature du précurseur sera plus facile à identifier à l'échelle macroscopique que microscopique puisque la granulométrie de l'albitite est similaire à celle du précurseur. Dans les deux cas, aucune relique des autres minéraux du précurseur n'est observée indiquant un lessivage et une recristallisation complète induite par les réactions métasomatiques.

Le remplacement généralisé affecte tous les types de précurseurs supracrustaux rencontrés, tant les roches volcaniques que métasédimentaires. Dans les roches volcaniques, la matrice est recristallisée par de l'albite microcristalline équigranulaire exhibant des textures granoblastiques ou à cristaux imbriqués. Les phénocristaux de plagioclase développent une couronne d'albite lorsque l'intensité de l'altération est faible ou intermédiaire et les phénocristaux sont complètement remplacés en albite lorsque le remplacement est intense (Figure 47 A, B). Les

couronnes d'albite sont plus réfractaires que les cœurs de phénocristaux altérés. Ce phénomène provoque un remplacement sélectif des cœurs de phénocristaux par du feldspath-K, de la séricite, de la chlorite et de la calcite qui peuvent constituer un lieu préférentiel de précipitation de sulfures lors d'une superposition par une altération subséquente (Figure 47 C D). Dans les roches métasédimentaires, l'albite forme généralement une altération lit-par-lit uniforme et composée de microcristaux équigranulaires qui peuvent facilement être confondus avec des lits quartzeux. Dans les unités stratiformes (c.-à-d. sédimentaires, volcanoclastiques ou leurs équivalents métamorphiques), le remplacement peut être stratoïde pour une intensité modérée. Les altérations sodiques sous forme de remplacement sont superposées, de manière récurrente, par des altérations calciques à fer, potassiques, potassiques à fer et/ou à fer puisque l'altération sodique est généralement la première à se développer. Ainsi, les albitites sont souvent retrouvées sous forme de reliques partiellement affectées par une altération subséquente ce qui complique l'identification des minéraux associés au processus d'albitisation à l'échelle de la lame mince.

Une albitite est formée par un processus métasomatique intense qui agit par dissolution-précipitation (Putnis et al., 2007; Engvik et al., 2008). De plus, la circulation de ces fluides hydrothermaux est caractérisée par un lessivage des éléments mobiles et parfois même «immobiles» (c.-à-d. terres rares lourdes et légères, Co, Ni, Zn, Nb, Ta, Zr et Hf) lorsque le métasomatisme est intense (Montreuil et al., 2013; Figure 42). La mise en solution des éléments lors de l'épisode d'albitisation permettrait de contribuer à la formation de gîtes minéraux près ou au sein des albitites (Oliver et al., 2004). Les roches albitisées étudiées présentent les mêmes caractéristiques que celles décrites par Putnis et Austrheim (2010) soit, par exemple, la présence de pores dans les cristaux d'albite résultant du remplacement pseudomorphique des cristaux de feldspath-K ou de plagioclase (Figure 47 E). Ce remplacement cationique libère du calcium ou du potassium qui serait ensuite mobilisé pour produire l'altération calcique ou potassique, toutes deux plus tardives dans l'évolution du système. Par la suite, ces pores peuvent représenter un lieu préférentiel de précipitation de certains minéraux lorsque l'albite est remplacée par des altérations (HT) K, (LT) K, (HT) K-Fe et (LT) K-Fe subséquentes (Figure 47 F). De plus, les roches albitisées acquièrent une forte compétence ce qui en facilite la fracturation. Ensemble, ces propriétés font des albitites des encaissants propices pour les minéralisations en métaux de base et/ou uranifères (p. ex. le système de Terra et la Southern Breccia, Corriveau et al., 2010b, 2011; Montreuil et al., 2015).

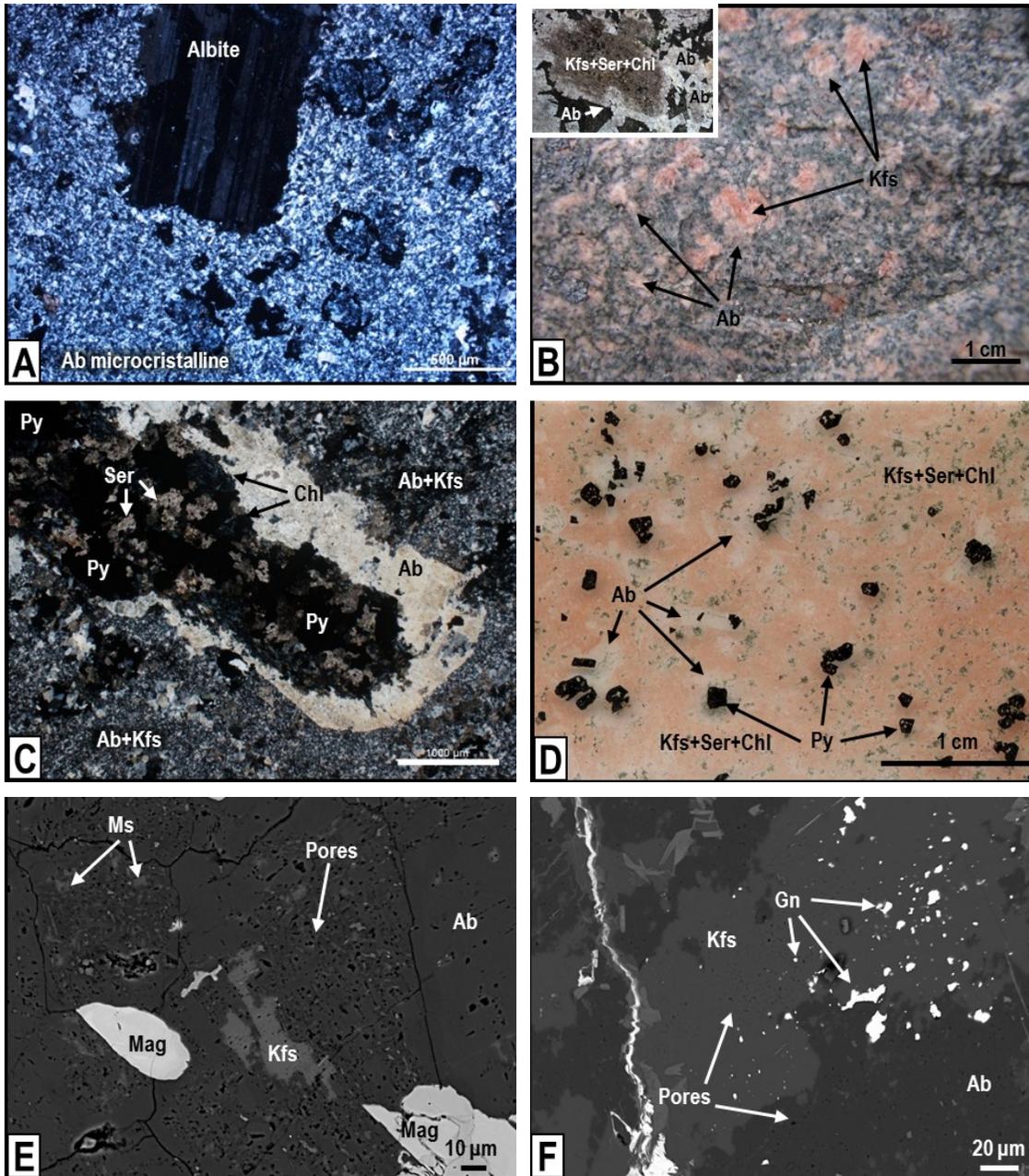


Figure 47 : Photographies illustrant l'altération sodique (HT) Na. A) Albitisation complète d'une andésite porphyrique avec préservation des textures antérieures. Remplacement pseudomorphique complet des phénocristaux et de la matrice à albite microcristalline à cristaux imbriqués. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-0137B. B) Couronne d'albite formée par une altération sodique avec remplacement pseudomorphique partiel ou complet des phénocristaux en albite. Le cœur des phénocristaux est ensuite préférentiellement remplacé en feldspath-K par une faible altération potassique. Détails en lame mince en mortaise. Station CQA-05-208. C) Remplacement sélectif du cœur des phénocristaux présentant une couronne d'albite. L'altération phyllique à chlorite, pyrite, séricite et calcite se développe sur une altération sodique. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame CQA-05-226A. D) Cristallisation préférentielle de pyrite hypidiomorphe au cœur ou près des phénocristaux remplacés en albite. Lame mince CQA-05-226F. E) Développement de pores lors du remplacement de feldspath-K en albite par une altération sodique. Les pores sont vides ou contiennent des flocons de muscovite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-1109B03. F) Albitisation généralisée recoupée par des veines et un remplacement sporadique à feldspath-K. L'albite, et le feldspath-K qui remplace l'albite, contiennent des porosités qui peuvent être remplies par de la galène. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-0135A02.

6.3 Altération transitionnelle (HT) Na-Ca-Fe

Les altérations (HT) Na-Ca-Fe sont très répandues dans la ZMGLO puisqu'elles représentent une étape transitionnelle entre l'altération (HT) Na et les altérations (HT) Ca-Fe ou (HT) Fe. Cette altération est retrouvée à proximité des intrusions mais contrairement aux albitites elles ne sont pas à leur contact direct. Cette altération est surtout présente sous forme de remplacement, mais elle forme également des veines et des brèches qui montrent une composante de remplacement aux épontes ou sur les fragments.

Les paragenèses (HT) Na-Ca-Fe sont formées d'un assemblage minéralogique hybride entre l'altération sodique et calcique à fer. Elles sont surtout composées d'albite, d'amphibole (hornblende ou actinote) et/ou clinopyroxène et de magnétite en proportion variable. L'assemblage peut également contenir du quartz, apatite, allanite, calcite et titanite comme minéraux accessoires avec des traces de rutil, monazite et thorite. Les principaux minéraux de l'altération peuvent être microcristallins à pegmatitiques et sont souvent hétérogranulaires avec de l'albite microcristalline, de l'amphibole et de la magnétite plus grossière.

Les altérations (HT) Na-Ca-Fe remplacent à la fois les unités sédimentaires, volcanoclastiques et volcaniques. Sur les roches métasédimentaires, le remplacement est sporadique, sélectif ou régulier et de type généralisé ou stratoïde pour une intensité modérée à intense. Ces altérations sont composées d'un assemblage équigranulaire, microcristallin à finement grenu d'albite, amphibole, clinopyroxène, magnétite et titanite. La texture grenue est détruite lorsque l'intensité du remplacement est modérée tandis que la structure litée est préservée même si le remplacement est intense. Un remplacement à texture pseudo-pegmatitique est observé à Cole, Southern Breccia et Dennis où Corriveau et al. (base de données inédites 2015) ont observé le développement de ce type de remplacement sur les unités métasédimentaires. Sur les unités volcaniques porphyriques (c.-à-d. dacite ou andésite), le remplacement généralisé est sporadique, sélectif ou régulier et préserve la texture porphyrique du précurseur pour une intensité modérée. La mésostase est remplacée en albite, amphibole et/ou clinopyroxène et magnétite tandis que les phénocristaux sont remplacés en albite ou amphibole. Lorsque l'intensité du remplacement devient forte, les textures du précurseur sont oblitérées et forment un assemblage à grains fins à moyens. La texture pseudo-pegmatitique est également observée en remplacement sur l'andésite porphyrique, à quelques centaines de mètres de l'intrusion de Mystery Island le long du lac Contact et est également localement

développée près de la mine Terra dans le district de Camsell River (Badham et Morton, 1976; Hildebrand, 1983).

Le développement progressif de la texture pseudo-pegmatitique peut être suivi près du lac Contact dans le secteur de Mag Hill (Figure 2 dans Corriveau et al., 2010b; Figure 21 dans Corriveau et al., 2010a). Cette altération évolue d'un faible remplacement généralisé à des zones de remplacement métasomatique sporadiques et irrégulières ayant l'aspect de veines ou de brèches pour finir par un remplacement généralisé complet (Figure 48 A, B). Les observations faites au cours de ce travail démontrent qu'au début les phénocristaux de plagioclase sont remplacés en albite et qu'une surcroissance submillimétrique d'albite s'y développe aux pourtours (Figure 48 C). Le remplacement pseudomorphique des phénocristaux conserve l'axe cristallographique du cristal initial et cristallise une albite contenant des micro-inclusions lui conférant un aspect «sale». La surcroissance cristallise selon le même axe cristallographique et contient des microcristaux de magnétite. La mésostase du porphyre est remplacée en amphibole, magnétite et albite microcristalline et montre un contact diffus avec la couronne d'albite. Avec la progression du remplacement, l'albite tend à former des amas où se développe préférentiellement sur des phénocristaux d'albite (Figure 48 D, E). La croissance des pseudo-cristaux d'albite pousse l'actinote, la magnétite et l'apatite à migrer et combler les interstices entre les pseudo-cristaux d'albite. Ultiment, l'altération pseudo-pegmatitique forme des baguettes centimétriques d'albite où l'actinote, la magnétite et/ou l'apatite combler les interstices (Figure 48 F). Les baguettes d'albite sont en fait composées d'un amalgame de microcristaux d'albite allotriomorphe imbriqués qui ne présentent pas d'orientation cristallographique préférentielle. À l'échelle macroscopique, l'altération forme couramment une texture intersertale qui peut être faussement interprétée comme une texture d'origine ignée. Les pseudo-cristaux d'albite forment également des structures radiales au cœur des zones de remplacement et se développent perpendiculairement le long des fractures (Corriveau et al., 2010a).

L'altération (HT) Na-Ca-Fe est également observée sous forme de brèches et de veines. D'ordre général, les veines (HT) Na-Ca-Fe sont composées d'un remplissage à amphibole, magnétite et \pm apatite accompagné d'une imprégnation des épontes à albite. Ces veines sont centimétriques à décimétriques et montrent un contact net avec l'encaissant. Le système de Fab est l'unique secteur où des veines à remplissage d'albite et une imprégnation des épontes à amphibole et magnétite sont observées. Cette altération forme un réseau enchevêtré de veines centimétriques qui est localisé près des indices uranifères. De plus, une veine décimétrique à albite massive recoupe le principal indice uranifère de Fab. Cette veine contient des fragments du précurseur

remplacé en actinote ainsi que des amas de fluorite. Dans le système de Cole, le précurseur volcanique porphyrique est bréchifié sur des centaines de mètres et l'altération associée à la bréchification remplace partiellement à complètement le précurseur. Les fragments sont préférentiellement altérés en albite tandis que la matrice est composée de magnétite et amphibole microcristalline.

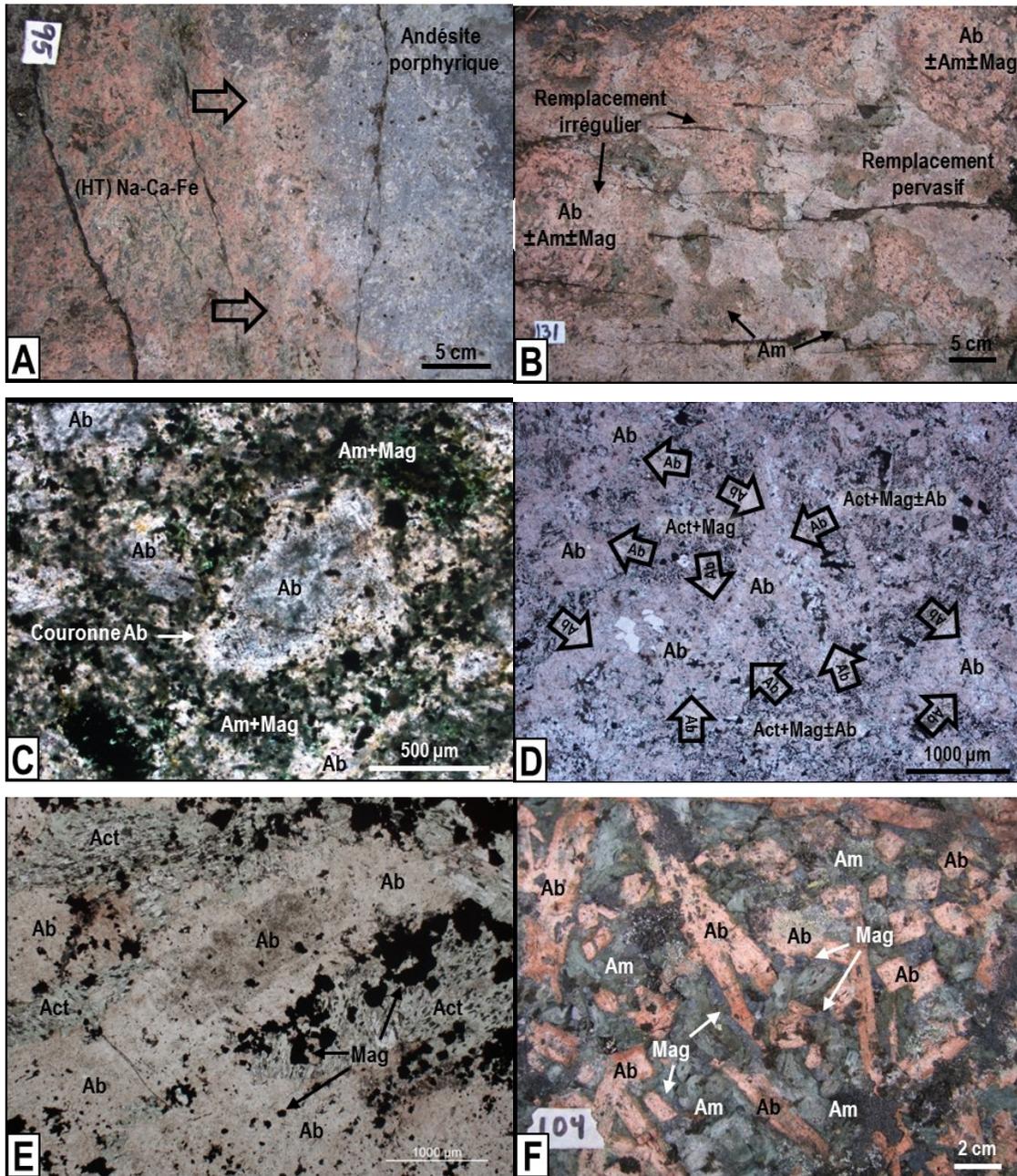


Figure 48 (page précédente): Photographies illustrant le développement de l'altération (HT) Na-Ca-Fe à texture pseudo-pegmatitique. A) Front d'altération (HT) Na-Ca-Fe à texture pseudo-pegmatitique qui remplace une andésite porphyrique. Station CQA-05-095. B) Remplacement généralisé intense comprenant des zones d'albitites à grains fins et d'autres zones où la texture pseudo-pegmatitique commence à être bien développée. Le cœur des zones de remplacement contient plus d'albite tandis que l'amphibole est plus abondante aux bordures. Station CQA-05-131. C) Intense remplacement (HT) Na-Ca-Fe avec initiation de la formation de la texture pseudo-pegmatitique. Les phénocristaux sont remplacés en albite avec une surcroissance d'albite et microcristaux de magnétite au pourtour. La matrice est sélectivement remplacée en amphibole et magnétite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-05-205A. D) Apparition de la texture pseudo-pegmatitique causée par réorganisation de l'assemblage minéralogique. L'albite tend à s'agglomérer pour former des pseudo-cristaux composés d'albite microcristalline. L'amphibole, la magnétite et l'apatite tendent à cristalliser dans les interstices mais demeurent également dans les amas à albite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0137A01. E) Relique d'un phénocristal remplacé en albite avec surcroissance d'albite. L'actinote et la magnétite sont intercristallines aux pseudo-cristaux d'albite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-05-095A. F) Texture pseudo-pegmatitique bien développée avec des pseudo-cristaux d'albite centimétrique à décimétrique avec de l'actinote, magnétite et apatite intercristalline. Station CQA-05-104.

6.4 Altération calcique à fer (HT) Ca-Fe

Les altérations (HT) Ca-Fe sont retrouvées dans les principaux systèmes IOAA de la ZMGLO. Dans la grande majorité des cas, cette altération est facilement identifiable puisque sa minéralogie contraste fortement avec celle des unités métasédimentaires et volcaniques encaissantes. Ces altérations ont une couleur vert moyen à vert foncé et sont composées d'amphibole (c.-à-d. hornblende, actinote, cummingtonite ou anthophyllite) et/ou clinopyroxène (c.-à-d. augite) avec des proportions variables de magnétite et/ou apatite. Les minéraux accessoires incluent la titanite, l'allanite, la calcite, les grenats calciques (c.-à-d. andradite et caldélite), l'épidote, le quartz, la chlorite et la saponite avec quelques occurrences de thorite, scheelite, monazite et parisite. Cette altération est généralement stérile en sulfures de cuivre. Localement des zones très magnétifères peuvent contenir des minéralisations à pyrrhotite, arsénopyrite, pyrite, chalcopyrite, lollingite, bismuthinite, sulfures de Co-Bi-Ni-Ag-Te-Os ainsi que de l'or natif tel qu'observé dans la zone minéralisée du gîte de NICO (Planche 84 D) toutefois ces zones sont en fait associées à des paragenèses (HT) K-Fe où la biotite ou le feldspath-K cristallisent à proximité là où la magnétite devient moins abondante.

Dans la ZMGLO, les plus grandes occurrences de magnétite sont souvent associées aux altérations (HT) Ca-Fe. Ces altérations se manifestent sous forme de remplacement ou de veines qui se superposent ou recoupent les paragenèses (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe. L'empreinte hydrothermale de cette altération peut atteindre l'ordre du kilomètre. Dans les roches métasédimentaires, l'altération (HT) Ca-Fe se présente surtout sous forme de remplacement stratoïde à généralisé avec une préservation de l'aspect lité. De manière générale, la magnétite forme des horizons ou des lentilles d'épaisseur millimétrique à centimétrique intercalés avec des

horizons d'amphibole ou de clinopyroxène avec ou sans magnétite disséminée à l'intérieur. Dans les roches volcaniques, l'altération (HT) Ca-Fe forme plutôt des veines d'épaisseur millimétrique à plurimétrique. Cette altération peut former des veines simples, des veines rectilignes subparallèles ou un réseau de veines à angle ou anastomosées. Ces veines sont massives et montrent un contact net avec l'encaissant à partir duquel on observe une imprégnation des épontes avec altération à albite ou feldspath-K sur quelques millimètres à plusieurs centimètres. Sur les roches albitisées bréchifiées, l'altération (HT) Ca-Fe remplit les fractures au sein de la roche encaissante avant de la remplacer.

Sur toutes les analyses lithogéochimiques effectuées sur le système de Lou (gisement NICO), l'altération (HT) Ca-Fe détient les valeurs de W les plus élevées. Des cristaux de scheelite ont été clairement identifiés au sein d'une paragenèse de remplacement (HT) Ca-Fe (Figure 49 A). À Terra, des inclusions de scheelite sont présentes dans des cristaux de magnétite associés à des veines (HT) Ca-Fe (Figure 49 B). Ces observations suggèrent que l'altération (HT) Ca-Fe est potentiellement fertile en W. La présence d'inclusions de scheelite dans la magnétite est donc potentiellement diagnostique de la présence d'altération calcique à fer. Ce diagnostic peut être posé pour une altération précoce dans le cas où elle aurait été complètement superposée par une autre altération (Figure 49 C, D). Ce diagnostic est aussi d'intérêt pour l'utilisation de la magnétite comme minéral indicateur tel qu'il sera discuté au chapitre 7. De plus, des enrichissements en V et Th ont été retrouvés dans des paragenèses (HT) Ca-Fe (Reardon, 1992; Potter et al., 2013).

Les altérations (HT) Ca-Fe et les altérations transitionnelles (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe où l'apatite est abondante sont associées à une forte teneur en terres rares. Cependant, la concentration en terres rares n'est pas directement proportionnelle avec l'abondance de l'apatite. Les observations au microscope électronique ont révélé que toutes les apatites analysées et associées au système d'altération sont des fluorapatites. De plus, ces observations ont permis de voir des micro-inclusions de monazite et xénotime dans les cristaux d'apatite. La présence de ces inclusions est encore plus marquée lorsque ces apatites sont superposées par une altération tardive quelconque (Figure 49 E, F). Ces altérations provoquent un remplacement métasomatique dans le cristal d'apatite, initialement plus enrichi en Cl et Fe. Le remplacement métasomatique forme une zone enchevêtrée d'apatite qui est plus concentrée en F, contenant des microcristaux de monazite. La monazite cristallise selon une direction préférentielle qui pourrait correspondre à l'orientation d'un axe cristallographique tel qu'observé par Harlov (2005).

6.5 Altération à fer (HT) Fe

L'altération (HT) Fe comprend l'ensemble des altérations à magnétite où les cations Na, Ca, K ou Mg ne sont pas suffisamment abondants pour former des minéraux discriminants pour un type de paragenèse spécifique. Ce terme est surtout utilisé sur le terrain lorsque l'altération forme des minéraux microcristallins ou cryptiques et que la magnétite est visible à l'œil nu ou est détectée à l'aide soit d'un aimant, soit d'un appareil mesurant la susceptibilité magnétique. Dans certains cas, l'altération est essentiellement composée de magnétite avec des proportions variables de quartz. La magnétite, microcristalline à moyennement grenue, est de couleur noire ou métallique selon son abondance. Cette altération se présente sous forme de remplacement, de veines ou de brèches qui remplacent ou recoupent les roches métasédimentaires et les roches volcaniques non altérées ainsi que les altérations associées aux systèmes IOAA. À NICO, l'altération (HT) Fe est sous forme de remplacement stratoïde pénétratif qui se superpose dans certains cas sur un remplacement (HT) Ca-Fe généralisé (Planche 80-C). D'autres remplacements pénétratifs sont observés aux prospects de Ham, Hump et Ron. Une brèche à magnétite contenant des fragments à fluorapatite, quartz, monazite et chlorite est présente à Terra. Finalement, des veines à magnétite sont retrouvées dans le système de Fab, sur l'indice Ham et dans le secteur du lac Hump et du lac Cole.

6.6 Altération potassique (HT) K-Fe

Les occurrences de minéralisations sont plus fréquentes et abondantes dès l'apparition de minéraux potassiques dans l'altération transitionnelle (HT) Ca-K-Fe. Cette altération se manifeste de façon similaire à l'altération (HT) Ca-Fe en formant des remplacements, des veines ou des brèches. La progression de l'altération (HT) Ca-K-Fe vers une altération (HT) K-Fe est marquée par le développement de brèches et de veines au détriment d'un remplacement à grande échelle. L'altération (HT) K-Fe est généralement retrouvée sur quelques centaines de mètres de long et forme l'enveloppe des minéralisations polymétalliques.

L'altération (HT) K-Fe est surtout composée de feldspath-K, biotite et magnétite avec des occurrences de chlorite, quartz, calcite, dolomite, titanite, rutile, ilménite, fluorite, apatite, monazite, xénotime, zircon, uraninite, britholite et yttrialite. Plusieurs sulfures sont observés incluant la pyrite, l'arsénopyrite, la marcassite, la chalcopyrite, la molybdénite, la galène, la sphalérite, la lollingite et la bismuthinite ainsi que de l'or natif. L'altération (HT) K-Fe est rouge-rose à rouge brique lorsque le feldspath-K est abondant et devient rouge foncé à noir lorsque la

biotite et la magnétite sont les phases majeures. Les minéraux sont microcristallins à finement grenus et sont occasionnellement à grains moyens.

Les altérations (HT) K-Fe remplacent les roches métasédimentaires, volcaniques ainsi que les altérations (HT) Na, (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe. Sur les roches métasédimentaires et volcaniques, le remplacement (HT) K-Fe est subtil à modéré. Le remplacement est généralisé, irrégulier à homogène et préserve les textures primaires. Sur l'andésite porphyrique de Port Radium-Echo Bay, le remplacement (HT) K-Fe d'intensité modérée remplace préférentiellement la mésostase et les amygdules. Sur l'altération sodique, le remplacement (HT) K-Fe est sous forme d'imprégnation avec un remplacement faible à complet de l'albite en feldspath-K. La biotite, la magnétite et les autres minéraux accessoires sont microcristallins et disséminés. Pour l'altération (HT) Ca-Fe, le remplacement (HT) K-Fe est pénétratif, stratoïde, sélectif ou généralisé. La biotite remplace sélectivement l'amphibole puis le clinopyroxène. Même si le remplacement est de faible intensité, la magnétite des altérations antérieures peut recristalliser localement. Souvent, les remplacements (HT) K-Fe atteignent une forte intensité qui est caractérisée par une destruction partielle des textures du précurseur. Souvent, le remplacement (HT) K-Fe préserve la granulométrie du précurseur et forme un assemblage microcristallin ou finement grenu.

Les veines (HT) K-Fe évoluent en stockwork puis en zones bréchiques. Les veines et les brèches contiennent surtout de la biotite, de la magnétite, du feldspath-K et de la chlorite dans des proportions variables. Les veines et les brèches (HT) K-Fe sont surtout associées à une imprégnation des épontes et des fragments par du feldspath-K et plus modestement par de la biotite et de la magnétite. L'intensité et l'envergure de l'imprégnation sont proportionnelles à la largeur de la veine, la densité du réseau de veines et le degré de maturité de la brèche. Ainsi, l'imprégnation potassique aux épontes des veines est millimétrique à centimétrique qui peuvent coalescer pour former des zones plurimétriques. De plus, les signes de dissolution sur les fragments des brèches augmentent avec la maturité de la brèche suivant les critères de Jébrak (2010).

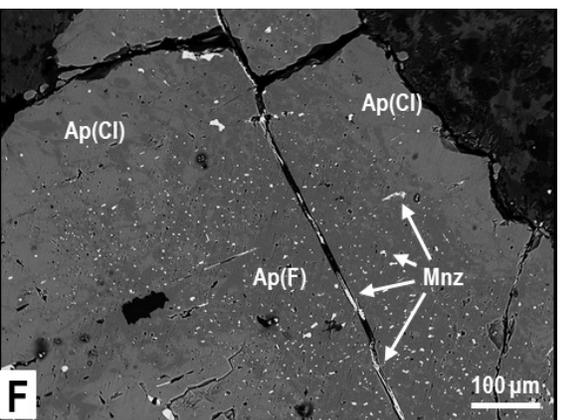
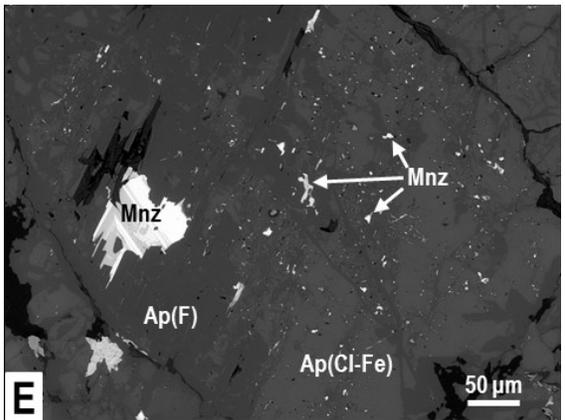
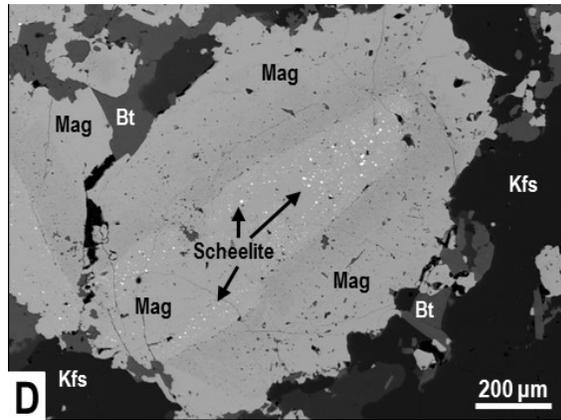
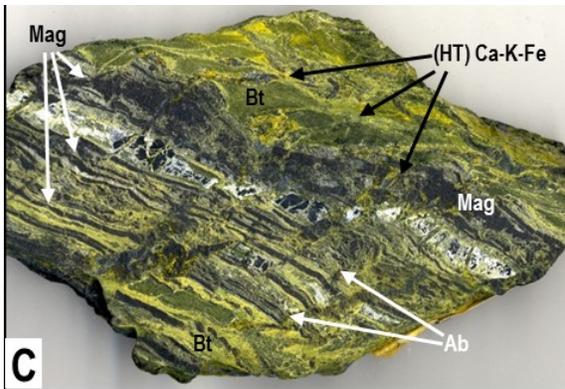
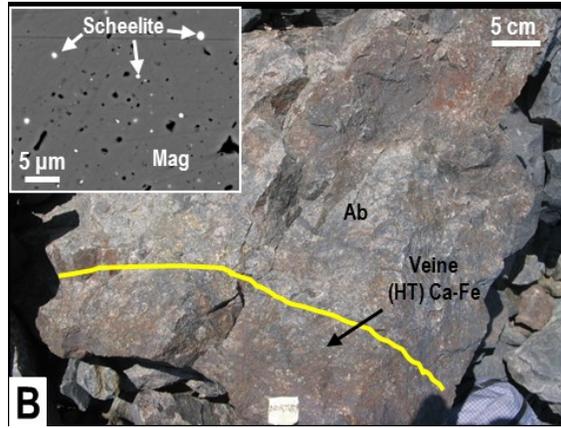
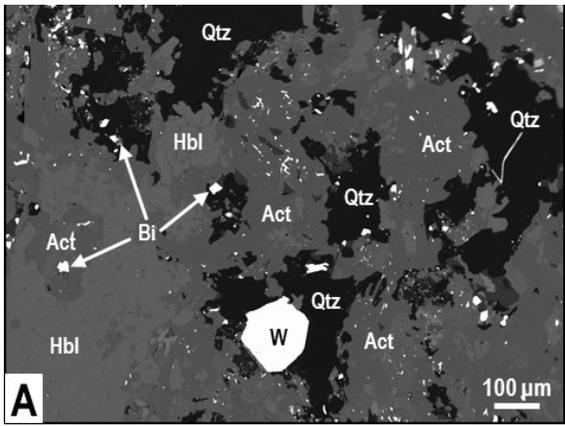


Figure 49 (page précédente): Photographies illustrant l'enrichissement en W et terres rares de l'altération (HT) Ca-Fe±Na. A) Remplacement (HT) Ca-Fe contenant des grains de scheelite (W). Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-07-0465L1. B) Albitite recoupée par une veine (HT) Ca-Fe à magnétite. En mortaise, la magnétite est poreuse et contient des inclusions de scheelite. Échantillon 09CQA-0139B01. C) Métasiltstone de NICO superposé par un remplacement (HT) K-Fe généralisé puis recoupé par des veines (HT) Ca-K-Fe. Les horizons de magnétite ont été formés par une altération (HT) Ca-Fe du metasiltstone et ses interlits de metawacke. Tranche de roche colorée de l'échantillon CQA-07-0480V. D) Deux générations de magnétite où celle au cœur contient des inclusions de scheelite typique de celles formées au sein des altérations (HT) Ca-Fe et qui laisse présager une telle altération antérieure au remplacement généralisé (HT) K-Fe. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-07-0480V. E) Fragment d'apatite contenu dans une brèche à magnétite. L'apatite contient des zones métasomatiques plus riches en F qui contiennent des microcristaux de monazite montrant une orientation préférentielle. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-0128B01. F) Apatite provenant d'une altération (HT) Na-Ca-Fe pseudo-pegmatitique superposée par une faible altération potassique. L'apatite contient des zones métasomatiques à microcristaux de monazite. Les éléments formant la monazite migrent et précipitent le long de l'axe C de l'apatite ainsi que dans les fractures du cristal tel que démontré par Harlov et al. (2005). Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-05-104A.

6.7 Altération de type skarn

Les altérations de type skarn se développent spécialement sur les horizons carbonatés du Groupe de Treasure Lake ou sur les altérations carbonatées associées aux systèmes IOAA. Ces altérations sont composées de clinopyroxène, actinote, hornblende, grenats calciques, calcite, épidote, chlorite et magnétite avec du feldspath-K ou de l'albite. La magnétite est peu abondante et contient parfois des inclusions de chalcopyrite. Ces altérations contiennent plus de clinopyroxène que de grenats indiquant une altération distale par rapport à la source magmatique-hydrothermale (Meinert et al., 2005).

Cette altération est surtout retrouvée sous forme de remplacement sélectif à généralisé. L'assemblage est hétérogranulaire à grains fins à grossiers et la structure litée du précurseur est préservée. Cette altération forme également un réseau de veines qui donne à la roche un aspect bréchiue. À Grouard, la minéralisation en Pb et Zn est associée à des altérations de type skarn. À Duke, l'altération de type skarn est superposée par un remplacement sporadique à feldspath-K et pumpellyite minéralisé en chalcopyrite, galène, sphalérite et cassitérite.

CHAPITRE 7 :

LES CARACTÉRISTIQUES DE LA MAGNÉTITE DANS LES PARAGENÈSES D'ALTÉRATION

7.1 Introduction du chapitre

Les précédents chapitres font état d'une évolution systémique des altérations au sein d'un système IOAA. De par les relations de recoupement ou de transitions entre types d'altération et leurs distributions spatiales documentées, cette évolution est interprétée comme causée par un changement continu des propriétés physico-chimiques des fluides hydrothermaux qui interagissent avec les roches précurseurs et forment des zones de remplacement, des veines et des brèches. Puisque la magnétite est un constituant majeur des altérations de haute température, il est primordial de documenter l'ensemble des attributs de la magnétite afin d'en établir les caractéristiques en fonction de l'évolution des systèmes d'altération et ainsi affiner la compréhension des systèmes IOAA.

La première section porte sur la texture de la magnétite retrouvée dans les différentes zones d'altération. La grande majorité des textures a été présentée lors de la description exhaustive des différents systèmes au chapitre 5. Ce chapitre traite plutôt des textures de la magnétite propres à chaque paragenèse et comment la texture évolue au sein du système. La seconde section porte sur la composition des éléments traces dans la magnétite selon les différentes paragenèses et selon qu'elles soient minéralisées ou stériles. Enfin, la troisième section se concentre sur les propriétés physiques des altérations à magnétite.

7.2 Les textures de la magnétite

Les textures de la magnétite associée aux systèmes IOAA sont très variées et témoignent de la diversité des remplacements, des veines ou des brèches rencontrées dans la ZMGLO. La magnétite retrouvée dans les systèmes IOAA est microcristalline à grossièrement grenue et allotriomorphe à idiomorphe. La magnétite est sous forme de disséminations, d'inclusions, d'amas, de plages irrégulières intergranulaires, de lentilles, de laminations ou de lits et peuvent former des zones semi-massives à massives. L'augmentation de la proportion de magnétite se traduit par une disparition progressive des joints de grains (Figure 50 A). La magnétite peut être

homogènes ou contenir des inclusions de silicates, de sulfures ou d'oxydes (Figure 50 B). Des exsolutions d'ilménite ou d'oxydes de Fe-Ti-Mn sont également observées à l'intérieur ou en bordure des grains. Occasionnellement, la magnétite est zonée indiquant des conditions de dissolution-précipitation à partir du fluide hydrothermal (Figure 50 B et C). La magnétite présente généralement un aspect compact mais peut aussi former des baguettes (Figure 50 C) et des plaquettes (Figure 50 D).

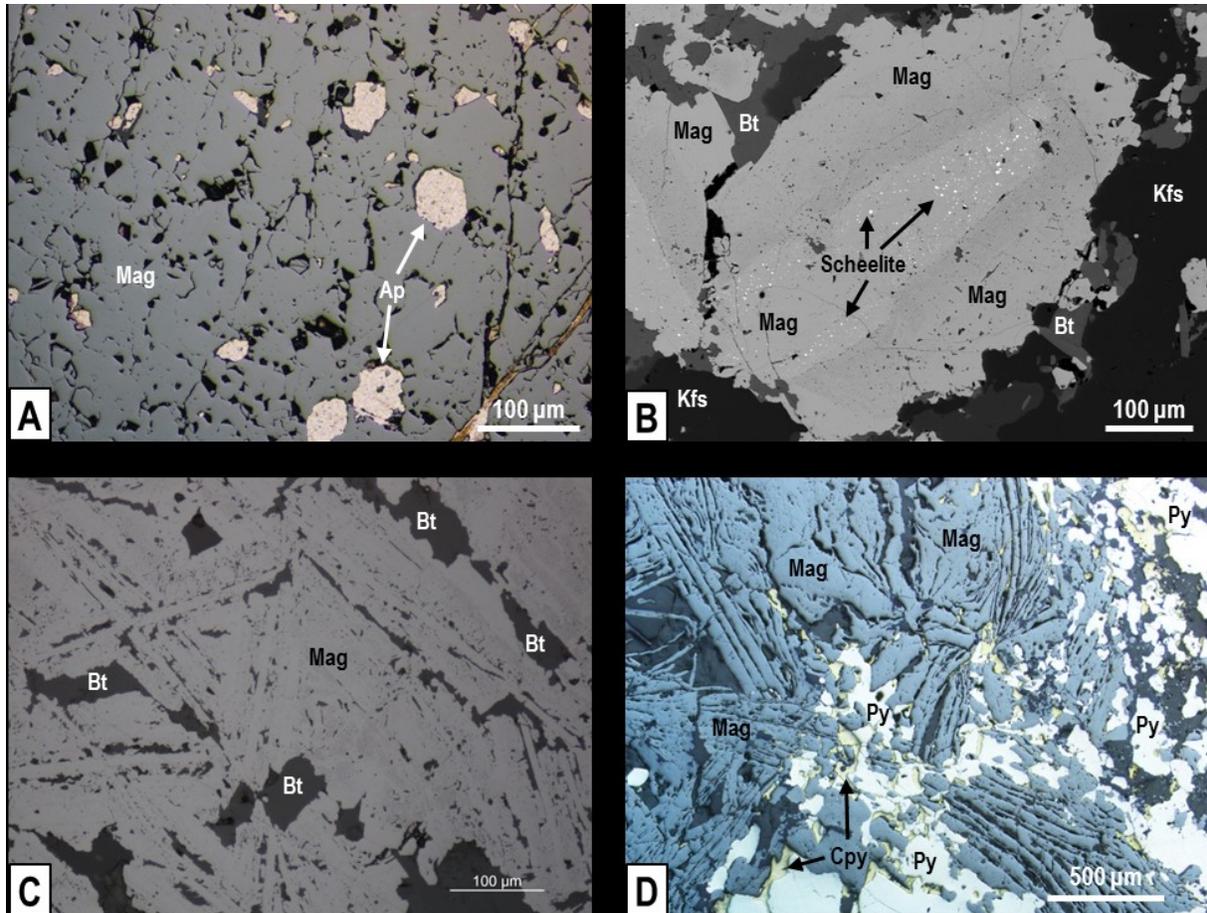


Figure 50 : Microphotographies de textures de cristaux de magnétite associées aux systèmes IOAA. A) Veine à magnétite massive où les joints de grains de la magnétite sont partiellement soudés. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1193C01. B) Veine (HT) Ca-K-Fe avec magnétite zonée avec un cœur contenant des inclusions de scheelite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-07-480V. C) Remplacement (HT) K-Fe formant de la magnétite aciculaire zonée. Microphotographie en lumière réfléchie, lame CQA-07-480V. D) Plaquettes de magnétite retrouvées dans une veine (HT) Ca-Fe. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-0139B01.

7.2.1 Comparaison entre les différentes paragenèses

Pour une même paragenèse, la texture de la magnétite peut varier selon l'intensité du remplacement, la nature du précurseur, la composition du fluide hydrothermal et le type de brèches ou de veines. Aussi, pour une même altération, la magnétite est équi-granulaire, sauf lorsque la magnétite remplace sélectivement un élément particulier du précurseur tel qu'un minéral, un lit et une autre altération.

Les altérations (HT) Na-Ca-Fe contiennent généralement moins de 20% de magnétite. La magnétite est généralement retrouvée sous forme d'amas de cristaux subidiomorphes à idiomorphes (Figure 51 A). La magnétite de l'altération (HT) Na-Ca-Fe est plus grossière, mieux formée et présente peu de porosité ou d'inclusions. Ces caractéristiques sont compatibles avec les observations que ces altérations sont précoces et communément formées au sein d'auréoles métasomatiques à proximité d'intrusions et à des températures élevées.

Les altérations (HT) Ca-Fe contiennent les plus fortes proportions de magnétite. La magnétite est microcristalline à moyennement grenue en remplacement et peut être grossière dans les veines. En remplacement, la magnétite de l'altération (HT) Ca-Fe est sous forme de disséminations, de plages irrégulières intercristallines, d'amas, de lentilles ou de laminations/lits. Le remplacement stratoïde de lits sédimentaires par de la magnétite conduit à la formation de niveaux concordants au litage précurseur, semi-massifs à massifs et formés de microcristaux ou de cristaux finement grenus. Dans les altérations stratoïdes, la magnétite est allotriomorphe à subidiomorphe ou massive. Les paragenèses (HT) Ca-Fe formant des assemblages interprétés de plus faible température (p.ex. actinote-épidote) ont de la magnétite allotriomorphe qui contient plus d'inclusions que les assemblages interprétés comme formés à plus haute température (p.ex. augite-actinote) (Figure 51 B). Dans les veines (HT) Ca-Fe, la magnétite est plus grossière et mieux formée que celle retrouvée en imprégnation dans les épontes.

La magnétite des paragenèses (HT) K-Fe est microcristalline à finement grenue, invariablement d'une altération sous forme de remplacement, de veine ou de brèche. La magnétite est allotriomorphe à idiomorphe et se présente en remplacement sous forme de disséminations, d'inclusions, d'amas, de lentilles et de lits. Lorsque l'altération (HT) K-Fe recoupe ou remplace localement la magnétite d'une altération antérieure, la magnétite est recristallisée pour former un cristal plus grossier, plus uniforme et avec moins d'inclusions (Figure 51 C). Lorsque le remplacement (HT) K-Fe est généralisé et qu'il se superpose sur une altération à magnétite, la magnétite présente des micro-inclusions (Figure 51 C).

Pour les altérations sous forme de remplacement, une progression des altérations de haute température vers des altérations de plus faible température est marquée par une diminution de la taille de la magnétite ainsi qu'une augmentation graduelle du nombre d'inclusions de minéraux silicatés. Les altérations sous forme de remplacement et de brèches contiennent généralement de la magnétite microcristalline à finement grenue et des cristaux allotriomorphes. La magnétite retrouvée dans les veines est plus grossière et mieux développée que celle retrouvée en imprégnation aux épontes ou en remplacement.

Chaque paragenèse présente une grande diversité de textures pour la magnétite. Par conséquent, la texture de la magnétite est souvent similaire pour des paragenèses distinctes. Ainsi, la texture de la magnétite ne peut être utilisée comme critère de distinction des altérations à magnétite. Il est souvent difficile d'associer la magnétite à une altération en particulier lorsque plusieurs altérations sont présentes sur le même échantillon. Cependant, l'aspect grenu de la magnétite permet d'identifier la présence d'une altération à magnétite antérieure lorsque la magnétite est remplacée en hématite par la superposition d'une altération de faible température (Figure 51 D).

7.2.2 Comparaison entre une paragenèse minéralisée et stérile

Pour une même paragenèse, la texture de la magnétite retrouvée dans les zones minéralisées est similaire à la texture de la magnétite des altérations sans minéralisation. Cependant, la magnétite des altérations minéralisées contient souvent des inclusions de sulfures, peu importe le type de paragenèse (Figure 52 A). La composition des inclusions de sulfures dans la magnétite est identique à celle des sulfures disséminés ou intimement encaissés au sein de cette même altération à magnétite. Des occurrences de minéraux à terres rares, Y, W, Au et U sont également retrouvés dans des cristaux de magnétite. La présence d'or sur des grains de magnétite est expliquée par le comportement électro-conductif de la magnétite qui a la capacité d'adsorber l'or à partir d'une solution chlorée (Alorro et al., 2010; Figure 52 B). De plus, la magnétite correspond à un lieu préférentiel de précipitation des métaux lorsqu'une altération fertile se superpose sur une altération à magnétite. La précipitation des sulfures se produit préférentiellement le long des joints de grains, des fractures et dans les pores de la magnétite (Figure 52 C). Finalement, la magnétite d'une zone minéralisée du gîte IOCG Ernest Henry contient également des inclusions de sulfures (Figure 52 D). La présence d'inclusions de sulfures dans la magnétite s'avère un élément intéressant si la magnétite est utilisée comme minéral indicateur (Wang et al., 2012).

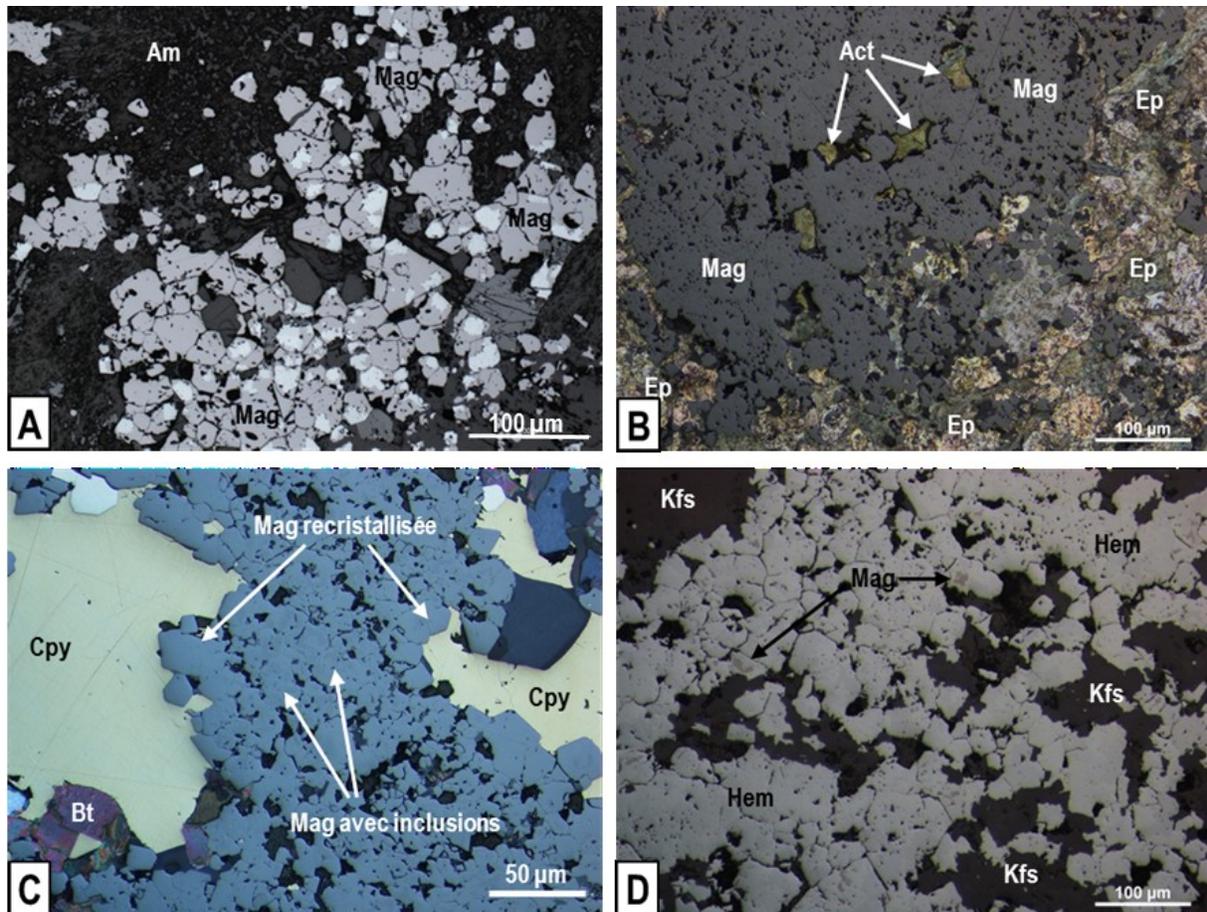


Figure 51 : Microphotographies de textures de la magnétite pour différentes paragenèses d'altération. A) Remplacement (HT) Na-Ca-Fe avec magnétite subidiomorphe en amas. Microphotographie en lumière réfléchie, lame CQA-05-0095A. B) Remplacement stratoïde (HT) Ca-Fe montrant un assemblage à épidote, actinote et magnétite. La magnétite contient de nombreuses inclusions silicatées. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0144A02. C) Détail d'une veine (HT) K-Fe à magnétite massive contenant des inclusions (centre), recoupée par une autre veine (HT) K-Fe. La magnétite massive est recristallisée en contact avec la seconde génération de veine (HT) K-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-07-0466Q01. D) Aspect grenu de l'hématite suggérant un remplacement pseudomorphique de la magnétite en hématite. Des reliques éparses de magnétite sont préservées. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-0109C01.

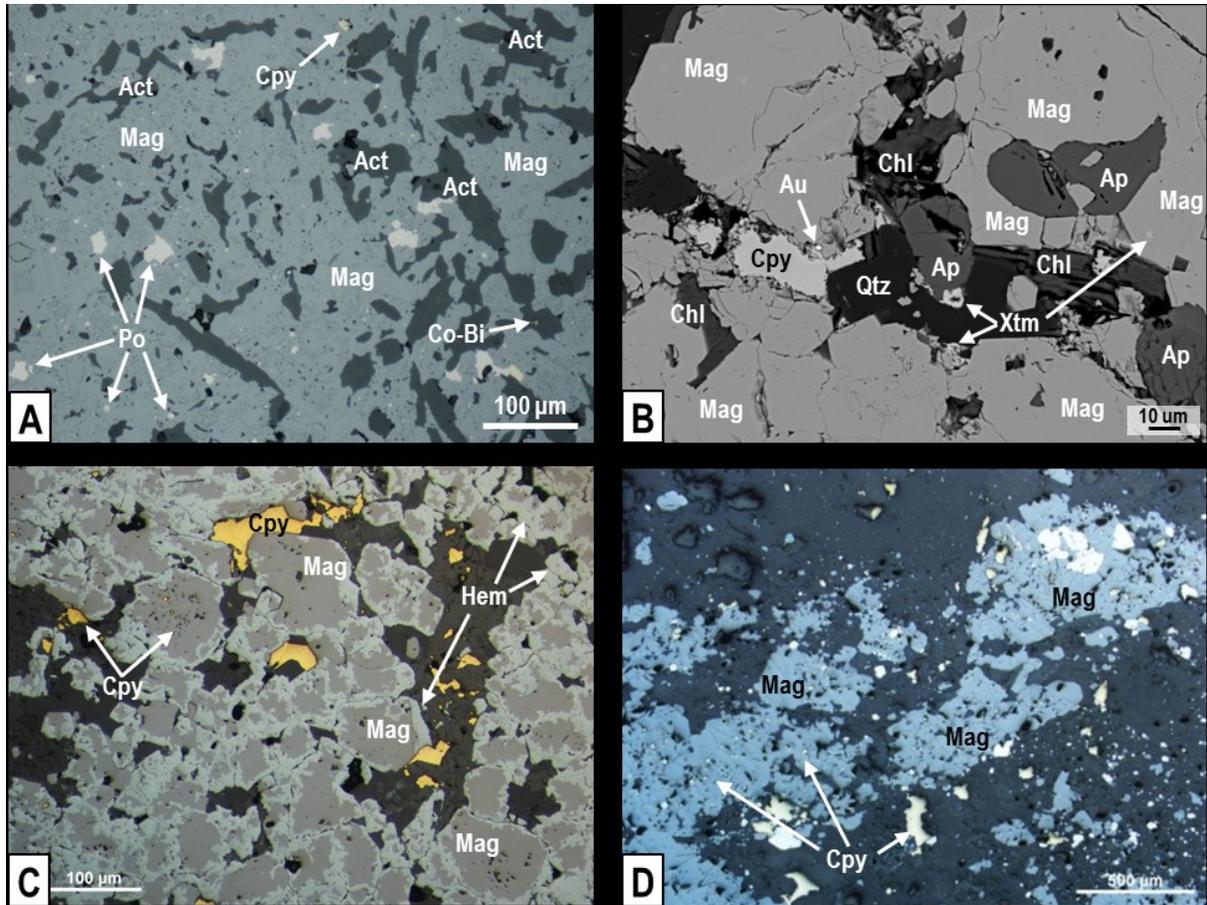


Figure 52 : Microphotographies de magnétite provenant de paragenèses minéralisées à magnétite. A) Brèche (HT) Ca-K-Fe avec des inclusions de pyrrhotite, chalcopyrite et sulfures de Co et Bi dans la magnétite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame CQA-07-0480ZD1. Gisement NICO. B) Veine à chlorite, chalcopyrite, pyrite et or natif recoupant une veine à magnétite et apatite. Précipitation de l'or dans une fracture de la magnétite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-1193C01. Indice Ham. C) Magnétite grenue superposée par une altération (LT) K-Fe à feldspath-K, hématite et chalcopyrite. La magnétite est partiellement remplacée en hématite et la chalcopyrite précipite dans les fractures, entre les grains et dans les pores de la magnétite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-0109F05. Gîte Sue-Dianne. D) Zone minéralisée du gîte Ernest Henry. La magnétite contient des inclusions de chalcopyrite et de pyrite. Image gracieuseté d'Émilie Boutroy, données non-publiées.

7.3 La chimie minérale

7.3.1 Contexte général

La magnétite est un oxyde de fer faisant partie du groupe des spinelles et cristallise dans une structure de type cubique inversé de formule : $[\text{Fe}^{3+}]_{\text{M}}[\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}]_{\text{M}}\text{O}_4$ (Deer *et al.*, 1962). Le groupe des spinelles «normaux» ont une formule générale de type XY_2O_4 où X correspond à un cation divalent (2^+) de coordination tétraédrique et Y à un cation trivalent (3^+) de coordination octaédrique. Cependant, dans les spinelles inverses, le site X est occupé par un cation trivalent de coordination

tétraédrique alors que le site Y est occupé par un cation divalent et un cation trivalent tous deux de coordination octaédrique (Lindsley, 1976; Waychunas, 1991). Les principaux éléments se substituant dans les différents sites des spinelles sont : Fe, Al, Ti, Mg, Mn, Zn, Cr, V, Ni, Co et Ga. Les cations divalents comme Mg, Fe, Ni, Mn, Co et Zn sont incorporés préférentiellement dans le site X tandis que Al, Fe, Cr, V, Mn et Ga se logent dans le site Y. Le Ti^{4+} peut également se substituer dans le site Y en se couplant à un élément divalent. Au-dessus de 600°C, la magnétite et la titano-magnétite (c.-à-d. >2%poids en TiO_2 dans la magnétite) forment une solution solide continue (Waychunas, 1991). Le Si a également été identifié dans la magnétite mais sa présence serait associée à la présence de micro-inclusions et non une solution solide avec la magnétite (Newberry et al., 1982).

Plusieurs études concentrées sur les systèmes magmatiques ont démontré que la composition de la magnétite des roches ignées, peu importe leur composition, varient selon sept facteurs : (1) la composition de la roche, du magma ou du fluide; (2) la température; (3) la pression; (4) le taux de refroidissement; (5) la fugacité d'oxygène (fO_2); (6) la fugacité du soufre (fS_2); et (7) l'activité de la silice ($aSiO_2$) (Whalen et Chappel, 1988; Frost et Lindsley, 1991; Ghiorso et Sack, 1991). Ces facteurs ont une influence sur la proportion, la distribution, la texture, la chimie et les propriétés physiques de la magnétite. Récemment, la composition de la magnétite a été utilisée pour décrire un ou plusieurs dépôts minéralisés (Carew, 2004; Carew et al., 2006; Singoyi et al., 2006; Rusk et al., 2009; Kamvong et al., 2009; Nadoll et al., 2009, 2012, 2014; Dupuis et Beaudoin, 2011; Dare et al., 2012; Boutroy et al., 2014).

7.3.2 Les résultats et traitements des données

Un total de 565 analyses ponctuelles de cristaux de magnétite a été effectué sur 47 échantillons provenant de différents systèmes IOAA de la ZMGLO. Le tableau 3 présente la synthèse des résultats analytiques. Les données égales ou inférieures à la limite de détection ont été notées pour ne pas être utilisées lors des travaux. Pour certaines analyses, les concentrations en Si, K, Ca et/ou Al sont anormalement élevées (> 2% poids) indiquant l'analyse d'inclusions de minéraux silicatés ou soit une erreur analytique lors de l'acquisition des données (c.-à-d. mauvaise position du faisceau). Ces cristaux de magnétite étaient fortement résorbés et leur taille était inférieure à la zone de 20 μm utilisée pour garantir la qualité de l'analyse. Ces analyses ne représentent pas des données de chimie minérale de la magnétite même et n'ont donc pas été intégrées au mémoire. Pour quatre échantillons (36 analyses), la concentration en traces du

phosphore a été mesurée. Puisque seulement 5 analyses ont des valeurs supérieures à la limite de détection, ces données ont été exclues du mémoire.

Afin d'annuler l'influence de la masse atomique, les résultats des analyses ont été convertis en concentration molaire pour obtenir une représentation directe de la composition en traces des éléments dans la magnétite (Stanley et Madeisky, 1994). Dans ce mémoire, toutes les données sur la composition de la magnétite présentées sont exprimées en pourcentage molaire. Les résultats d'analyse peuvent être consultés à l'annexe IV.

Une analyse par composantes principales a été effectuée avec les données de la composition de la magnétite pour identifier les éléments qui ont des comportements similaires dans la magnétite. Pour convenir à la méthode, seuls les éléments où les valeurs sous la limite de détection n'excèdent pas 10% du total peuvent être incorporés dans le calcul. Ainsi, seules les concentrations de Si, Ca, Al, Mn, Ti et V ont été calculées. Les résultats de cette analyse indiquent que le Si et le Ca (et ±Al) ont un même comportement et que le Mn, Ti et V se comportent de façon similaire.

Tableau 3 : Synthèse des résultats des analyses à la microsonde

Élément	Limite de détection (% molaire)	Nombre d'analyses ≤ limite de détection (nb total = 565)		Moyenne arithmétique. Concentration > limite de détection (% molaire)	Concentration maximale (% molaire)
Al	0,00006671	14	2,5 %	0,00419123	0,11123176
Ca	0,00003742	65	11,5 %	0,00195186	0,08855731
Cr	0,00009231	192	34,0 %	0,00130962	0,03234281
Cu	0,00013533	461	81,6 %	0,00056623	0,01006987
K	0,00003580	160	28,3 %	0,00079004	0,05773652
Mg	0,00009051	160	28,3 %	0,00230181	0,10425838
Mn	0,00007098	17	3,0 %	0,00277717	0,08305180
Ni	0,00010052	296	52,4 %	0,00032581	0,00463084
Si	0,00005340	3	0,5 %	0,00676954	0,19394705
Sn	0,00003706	520	92,0 %	0,00008463	0,00148091
Ti	0,00003969	4	0,7 %	0,00411899	0,14387364
V	0,00010011	33	5,8 %	0,00242910	0,01806582
Zn	0,00016664	345	61,1 %	0,00055184	0,01165283

7.3.3 La composition de la magnétite d'après les systèmes d'altération

Les échantillons pour l'étude de la composition de la magnétite ont été sélectionnés afin de caractériser la composition de la magnétite à travers l'éventail d'altérations observées sur chaque système. Cette sélection d'altération est la plus représentative d'un système. Les altérations qui présentaient de la magnétite avec un diamètre de grains inférieur à 20µm ou qui contenaient des inclusions n'ont pas été prises en considération. La description de chaque échantillon et son contexte au sein des systèmes d'altération étudiés sont détaillés au chapitre 5. Le tableau 4 présente les paragenèses d'altération couvertes par l'étude selon chaque système. La description des cristaux de magnétite analysés peut être consultée à l'annexe IV.

Les graphiques des concentrations en éléments traces de la magnétite sont présentés sous forme de concentrations absolues ou elles sont normalisées sur une moyenne de la magnétite d'une ou plusieurs intrusions. L'ordre des éléments apparaissant sur les graphiques est déterminé par leur compatibilité croissante dans la magnétite (Dare et al., 2012). Sur les diagrammes montrant les concentrations absolues, la ligne tiretée représente la limite de détection. Sur les diagrammes normalisés à la magnétite ignée (voir prémisses de la normalisation ci-dessous), le Cu n'est pas représenté car cet élément n'est pas présent dans la magnétite des roches ignées.

Tableau 4 : Résumé des altérations couvertes par l'étude de la composition de la magnétite en fonction des systèmes.

Secteurs	(HT)Na-Ca-Fe	(HT)Ca-Fe	(HT)Fe	(HT)Ca-K-Fe	(HT)K-Fe	Intrusion/Précurseur
Contact Lake	X	X		X	X	X
Grouard		X			X	
Terra	X	X	X			
Ham		X	X		X	
JLD				X	X	
Fab		X	X	X	X	X
Sue Dianne			X(?)		X	
Cole		X		X	X	X
NICO		X	X	X	X	
Sud NICO	X	X				
Southern Breccia					X	

7.3.3.1 Estimation de la concentration de la magnétite ignée

La normalisation des concentrations en éléments traces de la magnétite provenant des altérations par rapport à la composition de la magnétite des lithologies précurseurs permet d'annuler les fausses anomalies positives ou négatives associées au bruit de fond régional. Puisque cette étude s'attarde à différents systèmes au sein de la ZMGLO, une unité commune et significative pour les différents systèmes a été sélectionnée. Les roches métasédimentaires et volcaniques n'ont pu être utilisées car ils ne présentaient pas de magnétite ou les grains n'étaient pas de tailles suffisantes pour être analysés. La monzodiorite de Port Radium-Echo Bay (échantillon CQA-05-125A) et la monzonite de Fab (échantillon 11PUA-067A01) ont été choisies pour établir la norme. À Port Radium-Echo Bay, la monzodiorite est interprétée comme étant comagmatique à l'andésite porphyrique qui est la principale roche précurseur des altérations à magnétite de ce système (Hildebrand et al., 2010b). De plus, cette intrusion serait contemporaine au développement du système IOAA (Davis et al., 2011). À Fab, la monzonite recoupe les roches volcaniques porphyriques et les altérations en éléments alcalins et à magnétite. Dans ces deux intrusions, la magnétite est disséminée, finement grenue et montre des signes de résorption qui résultent d'une faible imprégnation potassique généralisée. Seule la moyenne de la magnétite de la monzonite de Port Radium-Echo Bay sera utilisée dans le secteur de Port Radium-Echo Bay, tout comme la moyenne de la magnétite de la monzonite de Fab sera utilisée pour le secteur du lac Fab.

Dans l'ensemble, les deux monzonites montrent un patron de distribution similaire avec un patron en dents de scie pour les éléments les plus compatibles (à droite) (Figure 53). La magnétite de la monzonite du lac Fab a des valeurs de Mn et Ti plus élevées que celles de Port Radium-Echo Bay mais possède inversement des valeurs plus faibles en Mg et Zn (c.-à-d. sous la limite de détection).

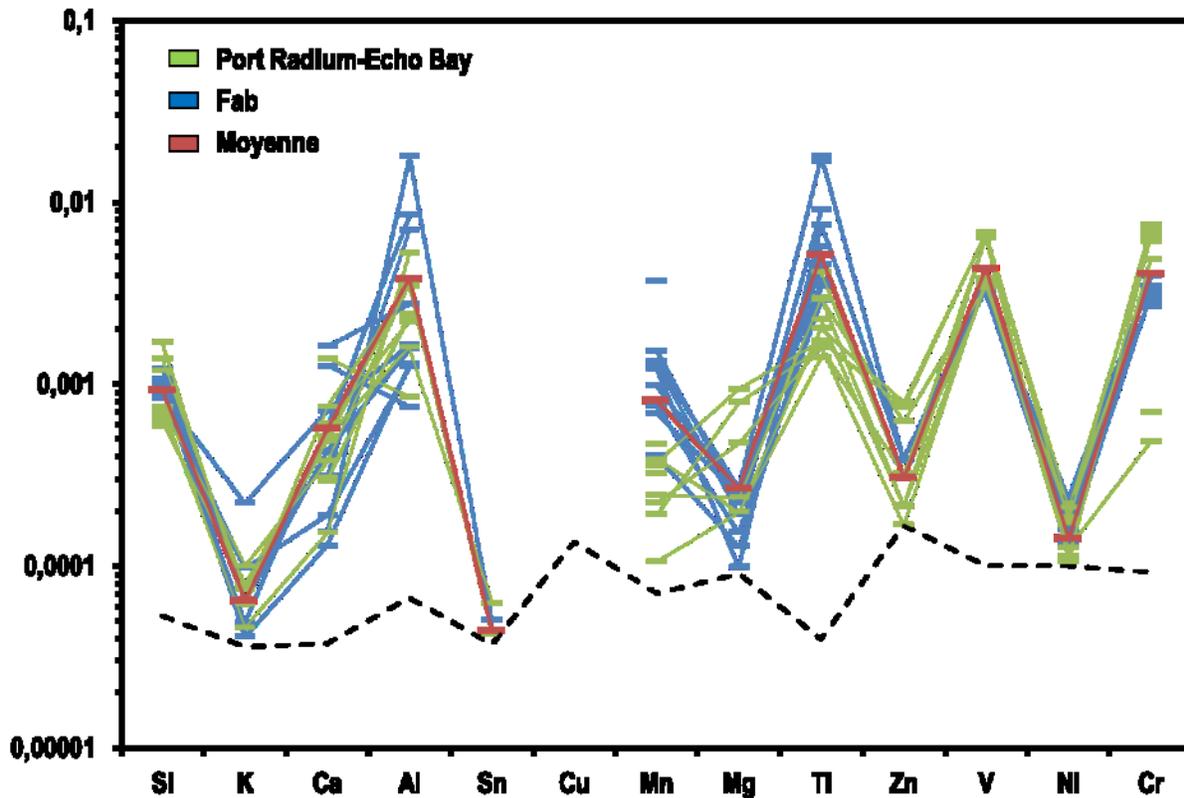


Figure 53 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de la monzonite du district de Port Radium-Echo Bay (vert) et du secteur du lac Fab (bleu). En rouge, la moyenne de la magnétite des monzonites du district de Port Radium-Echo Bay et du secteur du lac Fab utilisées pour la normalisation.

7.3.3.2 Port Radium-Echo Bay

À Port Radium-Echo Bay, dix échantillons ont été sélectionnés incluant huit échantillons montrant des altérations à magnétite, une monzodiorite et une unité carbonatée d'origine incertaine mais qui correspond potentiellement à une carbonatite ou à une veine de carbonate avec début de transformation en skarn. Les échantillons de roches métasomatiques comprennent des altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe sous forme de remplacement et des veines (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe.

L'échantillon CQA-05-0104A correspond à une altération (HT) Na-Ca-Fe pseudo-pegmatitique à albite, actinote, magnétite et apatite. Sur cette lame, de la magnétite est retrouvée entre les pseudo-cristaux d'albite avec de l'actinote et/ou de l'apatite. Sur les 12 grains de magnétite analysés, six grains de magnétite sont en contact avec de l'actinote et six autres sont en contact avec de l'apatite (Figure 54 A, B). La figure 54 C montre la concentration des éléments présents dans la magnétite. Les résultats indiquent que, sur cinq des six grains, la magnétite en

contact avec l'apatite possède une teneur en Ca plus élevée que celle en contact avec l'actinote. Ce résultat pourrait être expliqué par un coefficient de partage plus élevé pour le Ca dans la magnétite, entre la magnétite et l'apatite qu'entre la magnétite et l'actinote. Aussi, les valeurs en Ti de la magnétite en contact avec l'amphibole sont globalement plus élevées que celles qui sont en contact avec l'apatite. Seulement une analyse de la magnétite en contact avec l'apatite montre une valeur de Ti similaire avec celle de la magnétite en contact avec l'actinote. À noter que la concentration en V est semblable et varie très peu pour cette altération, même si la magnétite est en contact avec de l'apatite ou de l'actinote.

L'échantillon CQA-05-201A correspond à un remplacement (HT) Na-Ca-Fe à albite, actinote et magnétite recoupé par un réseau de veines (HT) Ca-K-Fe (Figure 55 A). Les veines ont un remplissage à amphibole et magnétite accompagné d'une imprégnation des épontes à feldspath-K (Figure 55 B). La magnétite a été analysée dans trois zones soit : (1) dans le remplacement (HT) Na-Ca-Fe; (2) dans le remplacement (HT) Na-Ca-Fe superposé par une imprégnation potassique, en bordure de la veine (HT) Ca-K-Fe; et (3) au cœur de la veine (HT) Ca-K-Fe (Figure 55 C). Dans l'altération (HT) Na-Ca-Fe non-altérée par le feldspath-K, les valeurs de Mg, Ni et Cr sont plus élevées que la magnétite associée à la veine (HT) Ca-K-Fe. Au cœur de la veine, la magnétite est plus riche en Mn que celle présente dans la roche encaissante.

La magnétite de l'échantillon CQA-06-336A est associée à un remplacement (HT) Na-Ca-Fe sur une andésite porphyrique dans le secteur de la mine Echo Bay. Cette roche est ensuite superposée par une forte imprégnation potassique contenant de la pyrite, galène et sphalérite (Figure 56 A). Cet échantillon présente une texture similaire au remplacement (HT) Na-Ca-Fe à texture bourgeonnante à pseudo-pegmatitique retrouvée à Mag Hill (échantillons CQA-05-095A et CQA-05-104A; Figure 56 B). La composition de la magnétite de l'altération (HT) Na-Ca-Fe qui est superposée par une forte imprégnation potassique est distincte des deux altérations (HT) Na-Ca-Fe à texture pseudo-pegmatitique qui ne sont pas superposées par une altération subséquente (Figure 56 C). La magnétite de l'échantillon superposé par une forte imprégnation potassique (c.-à-d. (HT) K) a une concentration plus forte en Si, K, Ca, Mg et Cr et plus faible en Ti, Zn, V et Ni (sous la limite de détection) que celle de Mag Hill qui n'est pas superposée par une altération potassique. Les deux altérations (HT) Na-Ca-Fe retrouvées à Mag Hill ont des concentrations en Mn, Ni et Cr qui diffèrent malgré une même paragenèse formant une texture similaire.

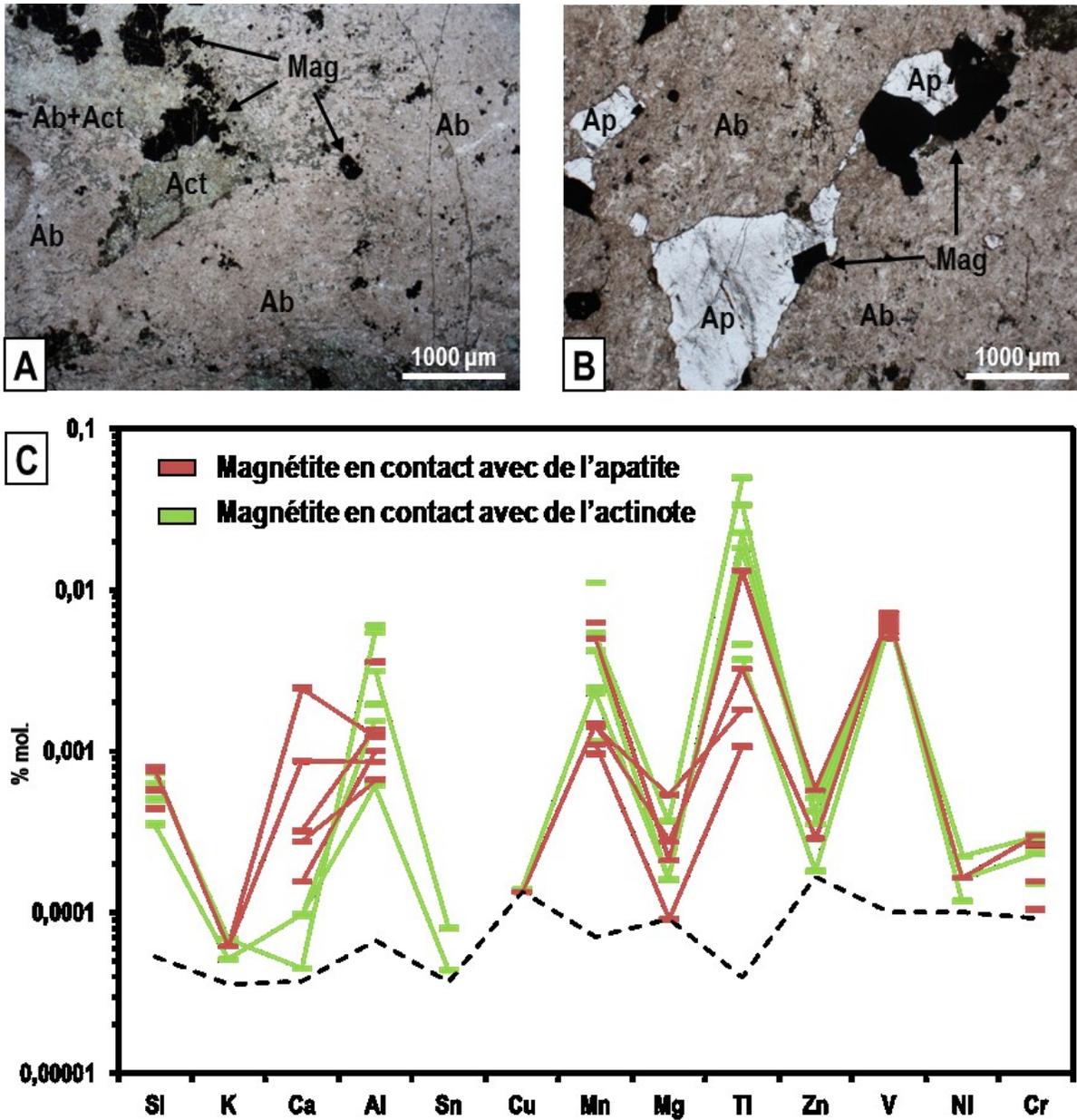


Figure 54 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite en contact avec l'apatite ou l'actinote. Secteur Port Radium-Echo Bay. A) Magnétite en contact avec de l'actinote dans l'altération (HT) Na-Ca-Fe. B) Magnétite en contact avec l'apatite dans l'altération (HT) Na-Ca-Fe. C) Diagramme multi-éléments montrant la composition de la magnétite en contact avec de l'apatite ou de l'actinote. Échantillon CQA-05-104A.

L'échantillon CQA-05-206CEF comprend trois types d'altération soit un remplacement généralisé (HT) Na-Ca-Fe, un remplacement pénétratif mais irrégulier (HT) Ca-Fe et une veine (HT) Ca-K-Fe avec imprégnation à feldspath-K sur l'altération (HT) Na-Ca-Fe (Figure 57 A, B, C, D). Pour les remplacements (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe, les valeurs en éléments traces dans la magnétite sont similaires. Cette similarité pourrait être expliquée par une dissolution et

recristallisation de la magnétite par le faible remplacement (HT) Ca-Fe à partir du remplacement généralisé (HT) Na-Ca-Fe. Toutefois, la magnétite retrouvée au cœur de la veine est légèrement plus pauvre en Ti que la magnétite des autres altérations. Cet appauvrissement en Ti dans la magnétite est causé par la présence d'exsolutions d'oxydes de Fe-Ti et d'ilménite en bordure et au sein des grains de magnétite.

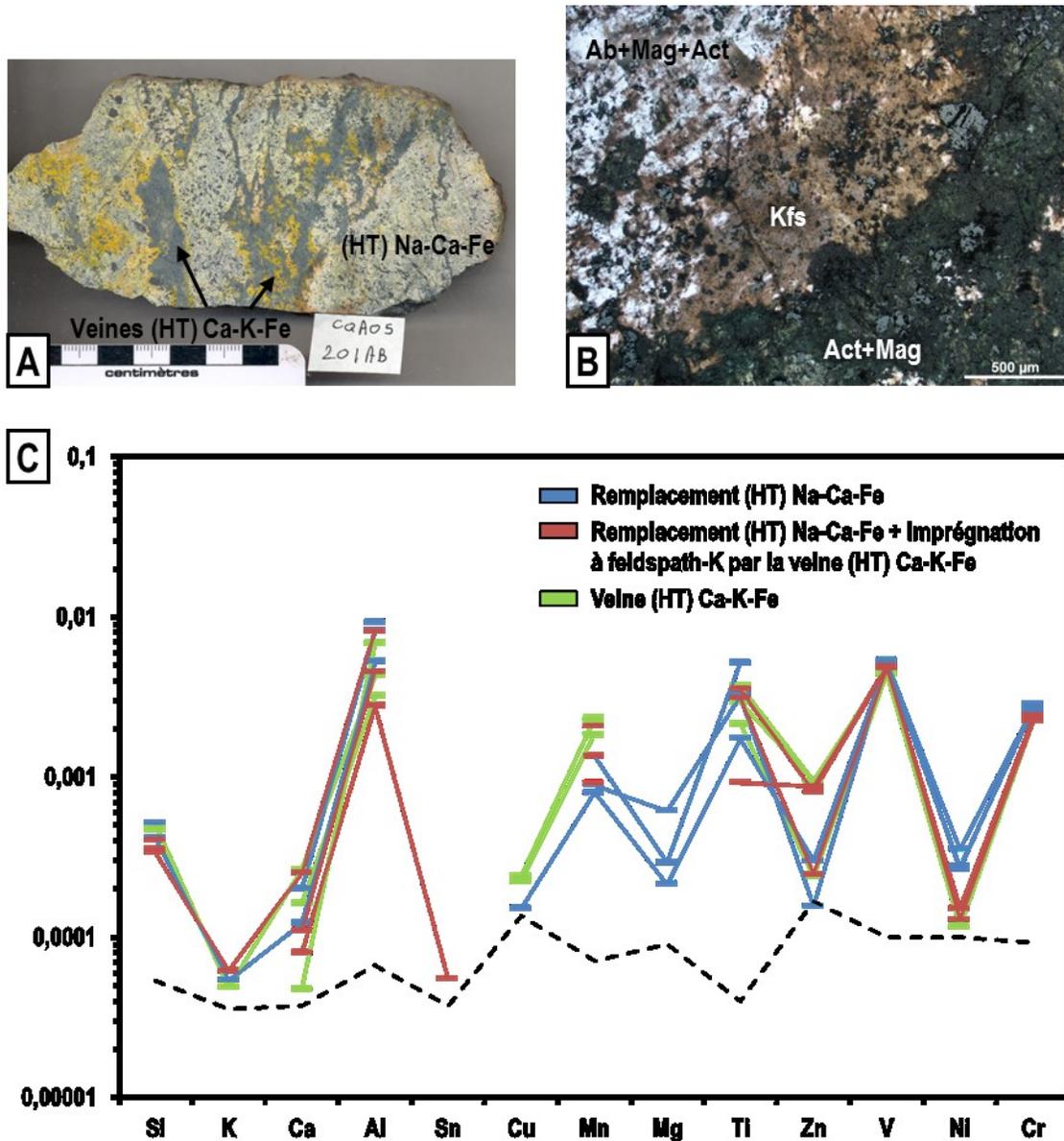


Figure 55 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à l'altération (HT) Na-Ca-Fe et différents styles d'altération (HT) Ca-K-Fe. Secteur Port Radium-Echo Bay. A) Réseau de veines (HT) Ca-K-Fe recoupant un remplacement (HT) Na-Ca-Fe généralisé. B) Les veines contiennent un remplissage à actinote et magnétite et sont associées à une imprégnation à feldspath-K sur l'altération (HT) Na-Ca-Fe. C) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite retrouvée dans l'altération (HT) Na-Ca-Fe, dans la zone d'imprégnation à feldspath-K associée à la veine (HT) Ca-K-Fe et dans la zone de remplissage de la veine (HT) Ca-K-Fe.

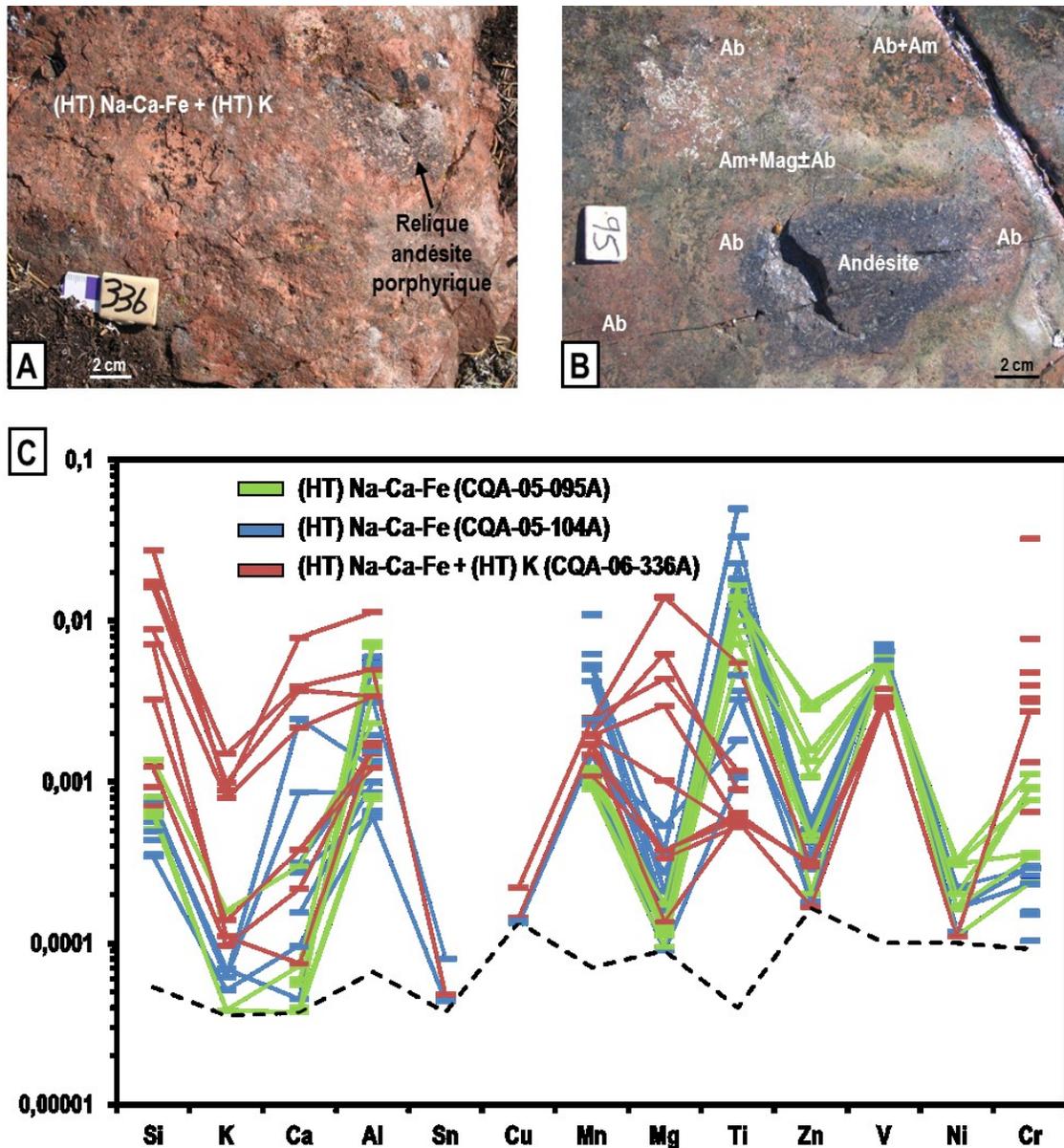


Figure 56 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à l'altération (HT) Na-Ca-Fe seule ou superposée par l'altération (HT) K. Secteur Port Radium-Echo Bay. A) Andésite porphyrique remplacée par une altération (HT) Na-Ca-Fe. La roche est ensuite superposée par une forte imprégnation potassique. Station CQA-06-336, secteur de la mine Echo Bay. B) Remplacement (HT) Na-Ca-Fe avec initiation de la texture pseudo-pegmatitique. Station CQA-05-095A, secteur Mag Hill. C) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des altérations (HT) Na-Ca-Fe et de l'altération (HT) Na-Ca-Fe superposée par l'altération (HT) K.

Les grains de magnétite présents dans trois types de veines ont été analysés. La première veine est associée à une paragenèse (HT) Ca-K-Fe montrant un remplissage à amphibole et magnétite avec une imprégnation des épontes à feldspath-K (échantillon CQA-05-206CEF; Figure 57 A). Cette veine recoupe une altération (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe. La deuxième veine est associée à une paragenèse (HT) Ca-Fe et composée de calcite, magnétite et chlorite et recoupe

un remplacement (HT) K-Fe (échantillon CQA-05-184A; Figure 58 A). La troisième veine est carbonatée, multiphasée et composée de calcite, dolomite, magnétite et de grenat de type majorite (échantillon CQA-06-360A; Figure 58 B). Les veines (HT) Ca-K-Fe et (HT) Ca-Fe proviennent du secteur de Mag Hill tandis que la veine à carbonates et majorite est retrouvée au sud du lac Mile parmi des unités volcanoclastiques albitisées.

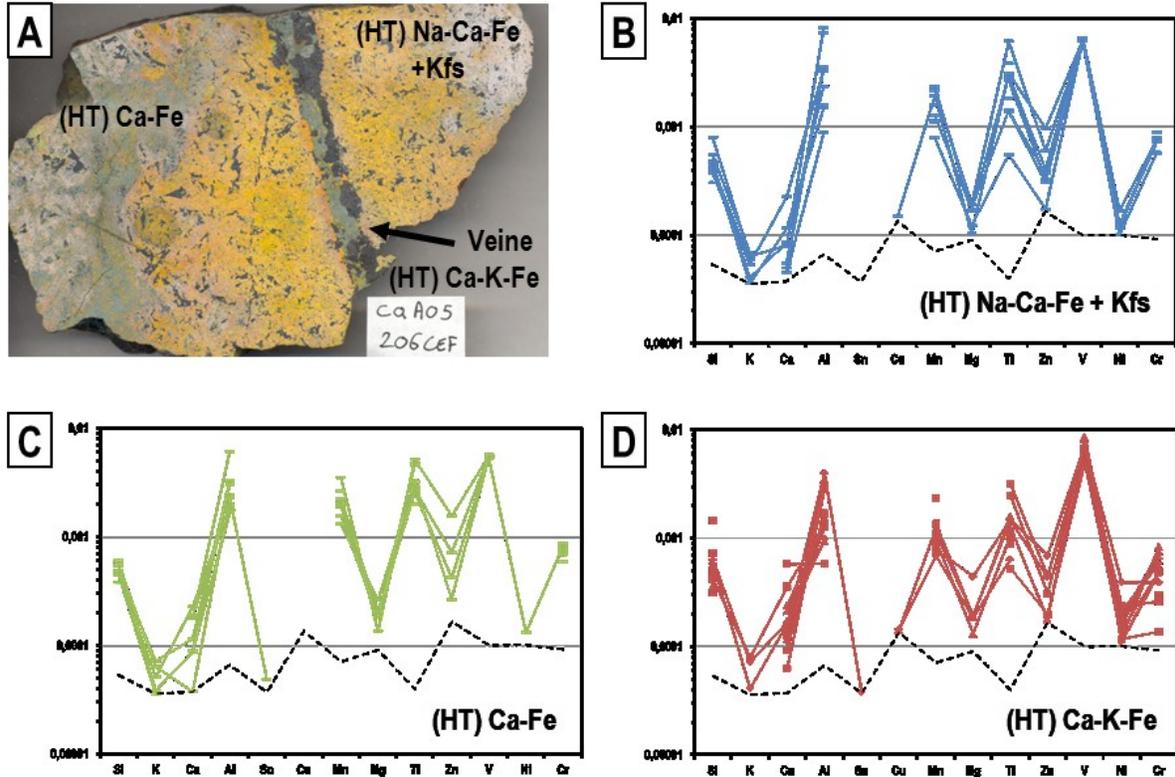


Figure 57 : Photographie et diagrammes multi-éléments de la composition de la magnétite associée à différents types d'altération. Secteur Port Radium-Echo Bay. A) Remplacement (HT) Na-Ca-Fe généralisé recoupé par un remplacement pénétratif irrégulier (HT) Ca-Fe et une veine (HT) Ca-K-Fe, échantillon CQA-05-206CEF. La veine (HT) Ca-K-Fe recoupe les deux remplacements et est associée à une imprégnation des épontes à feldspath-K. Les diagrammes de la concentration en éléments traces de la magnétite présentent (B) le remplacement (HT) Na-Ca-Fe superposé par l'imprégnation à feldspath-K, (C) le remplacement (HT) Ca-Fe et (D) la veine (HT) Ca-K-Fe.

La figure 58 C montre la concentration en éléments traces dans la magnétite des trois veines. Ces valeurs sont normalisées à la moyenne de la magnétite de la monzonite du secteur de Port Radium-Echo Bay. Les éléments traces dans la magnétite des veines (HT) Ca-K-Fe et (HT) Ca-Fe ont des concentrations similaires ou inférieures à la moyenne de la magnétite de la monzonite. Les concentrations en Ti, V, Ni et Cr de la magnétite de la veine (HT) Ca-Fe sont inférieures à celles de la veine (HT) Ca-K-Fe. Comparativement à la magnétite des veines (HT) Ca-K-Fe et (HT) Ca-Fe, la magnétite de l'unité (veine ou dyke) polyphasée carbonatée à dolomite, calcite et majorite est plus riche en Ca, Al, Mn, Mg, Ti, Zn et V. De plus, la magnétite de

cette unité est plus riche en Ca, Al, Mn, Mg, Ti et Zn que la moyenne de la magnétite ignée. Seule la concentration en Cr est toujours plus faible que celle de la moyenne des grains de magnétite ignée. En plus de l'assemblage minéralogique distinctif, la composition particulière de la magnétite suggère que cette unité ne représente pas un précurseur sédimentaire ni une altération typique du système IOAA.

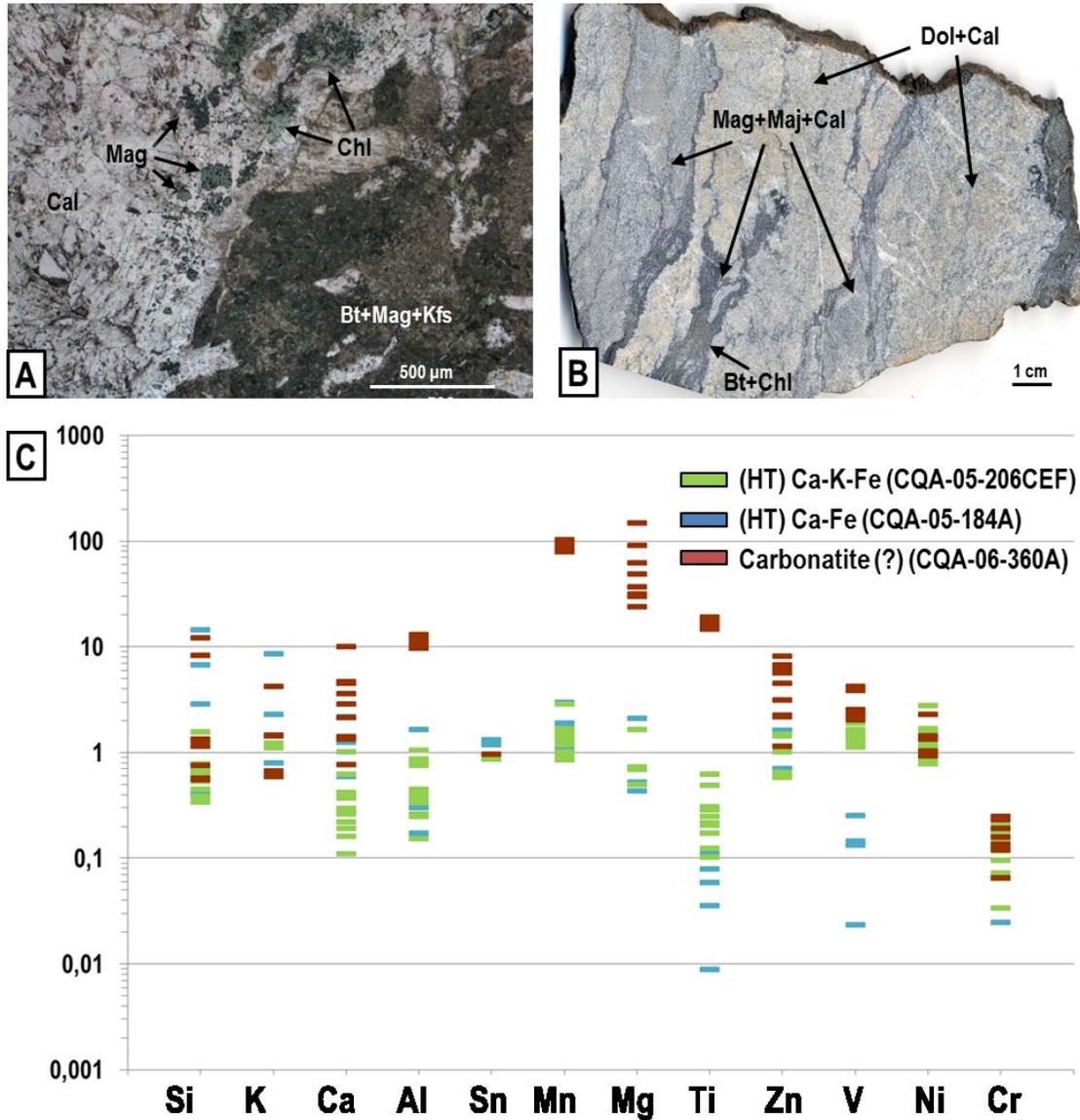


Figure 58 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associées à des veines (HT) Ca-Fe±K et une unité carbonatée atypique. Secteur Port Radium-Echo Bay. A) Veine (HT) Ca-Fe à calcite, magnétite et chlorite qui recoupe une andésite porphyrique remplacée par une paragenèse (HT) K-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchiée, lame CQA-05-184A. B) Veine multiphasée à calcite, dolomite, magnétite et grenat (majorite). Échantillon CQA-06-360A. C) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite normalisée sur la moyenne de la magnétite de la monzodiorite de Port Radium-Echo Bay. Les données présentées incluent une veine (HT) Ca-K-Fe, (HT) Ca-Fe et la veine carbonatée atypique (carbonatite?).

Dans le district de Port Radium-Echo Bay, les altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe sont présentes sous forme de remplacement. Ces altérations se trouvent entre autres dans le secteur de Mag Hill et remplacent l'andésite porphyrique. Deux altérations (HT) Na-Ca-Fe ont été choisies dont l'une est issue d'un remplacement stratoïde (échantillon CQA-05-195AG) et l'autre d'un remplacement généralisé à texture pseudo-pegmatitique bien développée (échantillon CQA-05-095A). L'altération (HT) Ca-Fe est associée à un remplacement pénétratif irrégulier qui se développe sur une altération (HT) Na-Ca-Fe (échantillon CQA-05-206CEF). L'altération (HT) K-Fe est associée à un remplacement pénétratif irrégulier et sélectif de la mésostase de l'andésite (échantillon CQA-05-184A).

La figure 59 montre les éléments traces dans la magnétite des remplacements (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe, normalisés à la moyenne de la magnétite de la monzodiorite du secteur de Port Radium-Echo Bay. La magnétite des altérations est plus riche en Mn et plus pauvre en Mg et Cr que la moyenne de la magnétite de la monzodiorite. La magnétite de l'altération (HT) Na-Ca-Fe en remplacement stratoïde a les plus fortes concentrations en V et Cr. La magnétite du remplacement (HT) Na-Ca-Fe à texture pseudo-pegmatitique a les plus fortes concentrations en Ti et Zn et les plus faibles en Ca et Mg. L'altération (HT) Ca-Fe est caractérisée par la magnétite la plus riche en Mn et elle montre des concentrations similaires envers les altérations (HT) Na-Ca-Fe pour les autres éléments. Ces valeurs sont probablement le résultat du développement de cette altération sur une altération (HT) Na-Ca-Fe. La magnétite des altérations (HT) K-Fe est plus riche en Si, K et Ca et plus pauvre en V, Ni (sous la limite de détection) et Cr que les autres magnétites hydrothermales et ignées.

Pour certains éléments, la composition de la magnétite d'origine hydrothermale évolue conjointement avec le système. L'évolution du système, qui progresse d'une altération (HT) Na-Ca-Fe à (HT) Ca-Fe puis à (HT) K-Fe, se traduit par une augmentation de la concentration en Si, K et Ca ainsi qu'une diminution de la concentration en V et Cr dans la magnétite. Une augmentation progressive de la concentration en Mn et une diminution graduelle de la concentration en Ti, Zn et Ni sont également observées même si les données sont plus équivoques.

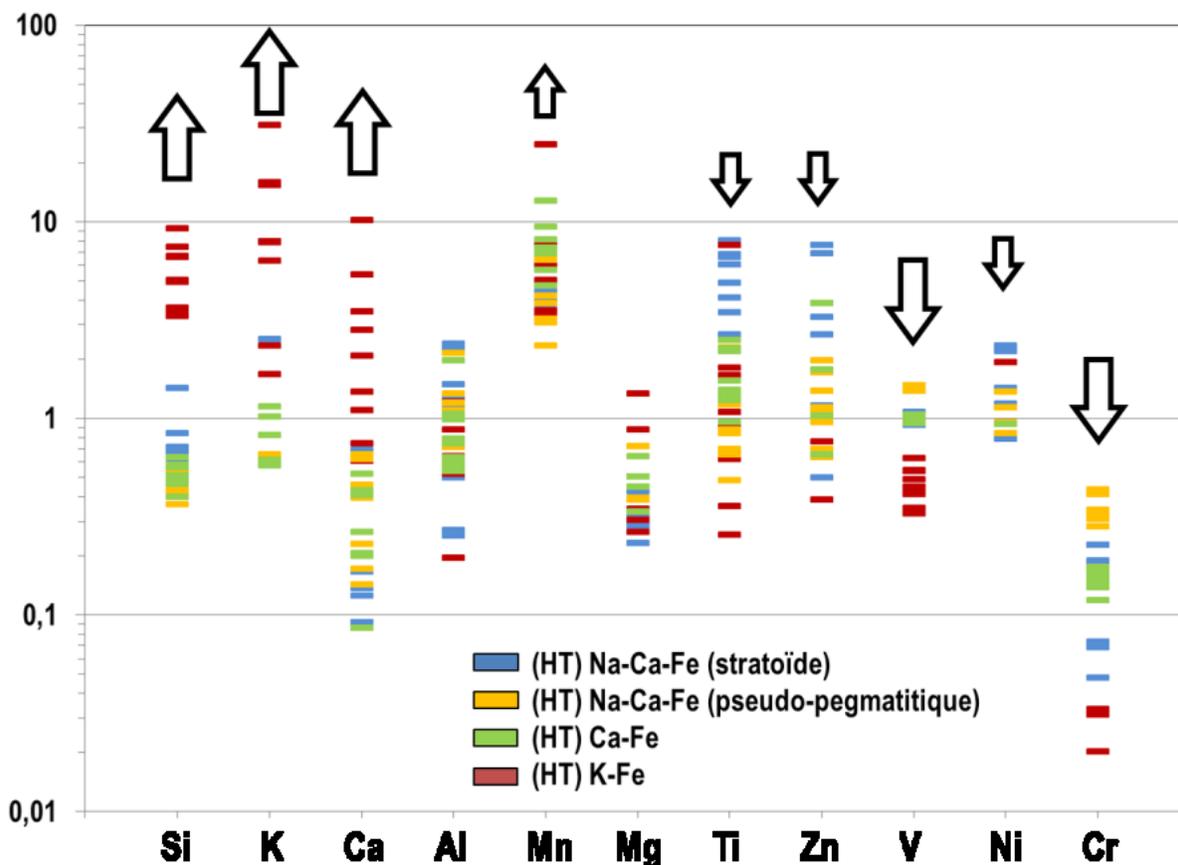


Figure 59 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de différentes altérations. Secteur Port Radium-Echo Bay. La magnétite des altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe, présentes sous forme de remplacement, est normalisée sur la moyenne de la magnétite de la monzodiorite du secteur.

7.3.3.3 Grouard

Dans le secteur de Grouard, deux échantillons ont été sélectionnés. Le premier correspond à un remplacement pénétratif irrégulier (HT) Ca-Fe retrouvé dans la portion sud du système (échantillon 10CQA-1270D01). Le second est un remplacement généralisé (HT) K-Fe observé dans la partie nord du lac Grouard (échantillon 10CQA-1294B01). Les observations au microscope électronique ont permis d'identifier des micro-inclusions de minéraux silicatés, incluant la titanite, et des lamelles d'exsolution d'oxydes de $Ti \pm Mn$. La présence de ces phases minérales dans la magnétite explique les fortes concentrations en Si, K, Ca, Al et Mg dans la magnétite des deux altérations (Figure 60). Pour les autres éléments, la magnétite des deux altérations a des concentrations similaires à la moyenne de la magnétite ignée. La sélection d'échantillons dans le système de Grouard visait, en partie, à déterminer si la magnétite montrait de fortes concentrations en Zn puisque le système est hôte de minéralisations en Zn et Pb.

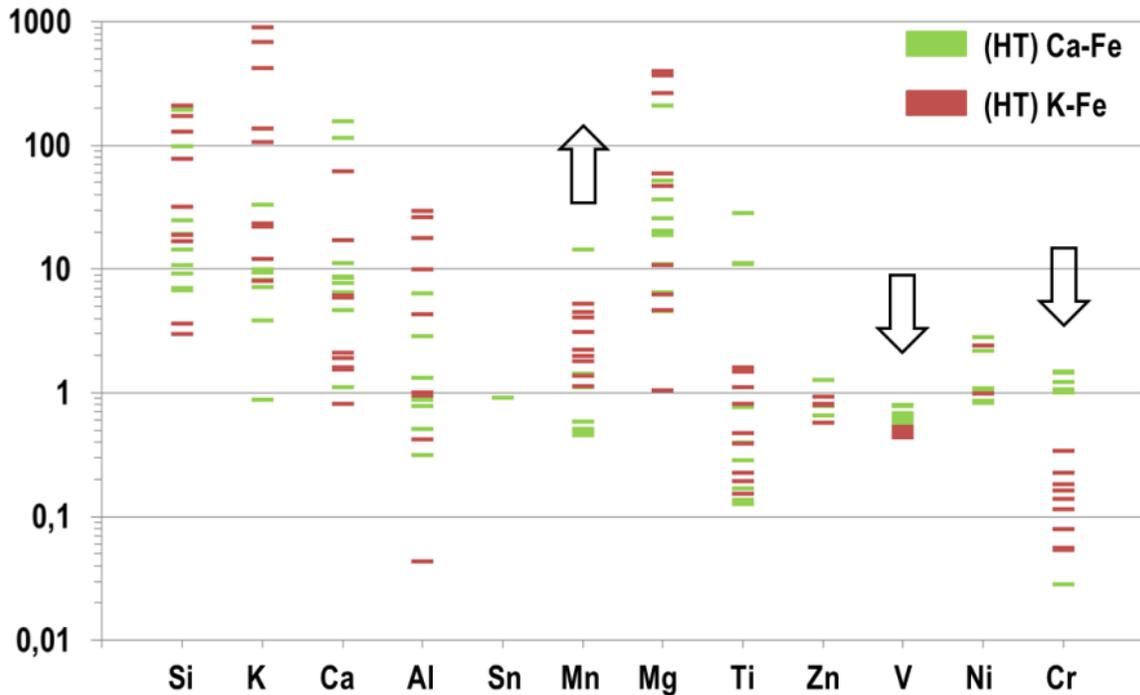


Figure 60 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des remplacements (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe, normalisée sur la moyenne de la magnétite ignée. Secteur Grouard.

Les données indiquent que la majorité des valeurs en Zn se trouvent sous la limite de détection et les concentrations sont toutes nettement inférieures à la moyenne de la magnétite ignée. Finalement, le passage d'une altération (HT) Ca-Fe à une altération (HT) K-Fe est associé à une augmentation de la concentration en Mn et une diminution de la concentration en V et Cr dans la magnétite.

7.3.3.4 Terra

Dans le secteur de Terra, une altération (HT) Na-Ca-Fe et trois altérations (HT) Ca-Fe ont été sélectionnées. L'altération (HT) Na-Ca-Fe correspond à un remplacement généralisé avec initiation de la formation de la texture pseudo-pegmatitique (échantillon 09QA-137A01; Figure 61 A, B). Deux altérations (HT) Ca-Fe forment des veines qui recoupent une albitite. La première génération de veines (HT) Ca-Fe est composée de magnétite, allanite, apatite et titanite et est caractérisée par un fort enrichissement en terres rares (échantillon 09CQA-139B01). La seconde génération de veines (HT) Ca-Fe forme un stockwork composé de calcite, pyrite et chalcopryrite

avec un remplacement local des épontes et des fragments à magnétite (échantillon 09CQA-139G03). Ces veines à sulfures recoupent les veines (HT) Ca-Fe à allanite. La troisième altération (HT) Ca-Fe est associée à un remplacement stratoïde sur des roches sédimentaires (échantillon 09CQA-144A02-2). Aucune relation de recoupement n'est observée entre les deux générations de veines (HT) Ca-Fe et le remplacement (HT) Ca-Fe.

Les figures 61 A et 62 montrent les concentrations en éléments traces dans la magnétite des altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe. Les triangles noircis correspondent à la magnétite retrouvée en remplacement dans l'albitite et est associée aux veines (HT) Ca-Fe à sulfures. La magnétite de l'altération (HT) Na-Ca-Fe montre les concentrations les plus pauvres en Si, K, Ca, Al et Mg et les plus riches en Ti et V. Les veines (HT) Ca-Fe riches en terres rares ont la magnétite la plus pauvre en Ti. La magnétite des veines (HT) Ca-Fe à sulfures présente la plus forte concentration en Cr. L'altération (HT) Ca-Fe sous forme de remplacement stratoïde contient la magnétite ayant les plus fortes concentrations en Si, K, Ca, Al, Mn et Mg et les plus faibles concentrations en V et Ni. Les résultats révèlent également une progression de la concentration en éléments traces dans la magnétite passant du remplacement (HT) Na-Ca-Fe aux deux générations de veines (HT) Ca-Fe puis au remplacement (HT) Ca-Fe. Cette progression est marquée par une augmentation de la concentration en Si, K, Ca, Al, Mn et Mg et une diminution de la concentration en V dans la magnétite. Pour tous les éléments analysés, la magnétite de l'altération (HT) Na-Ca-Fe est plus pauvre ou légèrement plus riche que la moyenne de la magnétite ignée. La magnétite des trois altérations (HT) Ca-Fe sont toutes plus riches en Si, K, Ca, Al et Mg et plus pauvres en Ti, V et Cr que la moyenne de la magnétite ignée. La magnétite des deux générations de veines (HT) Ca-Fe a une concentration en éléments traces similaires malgré un assemblage minéralogique très différent.

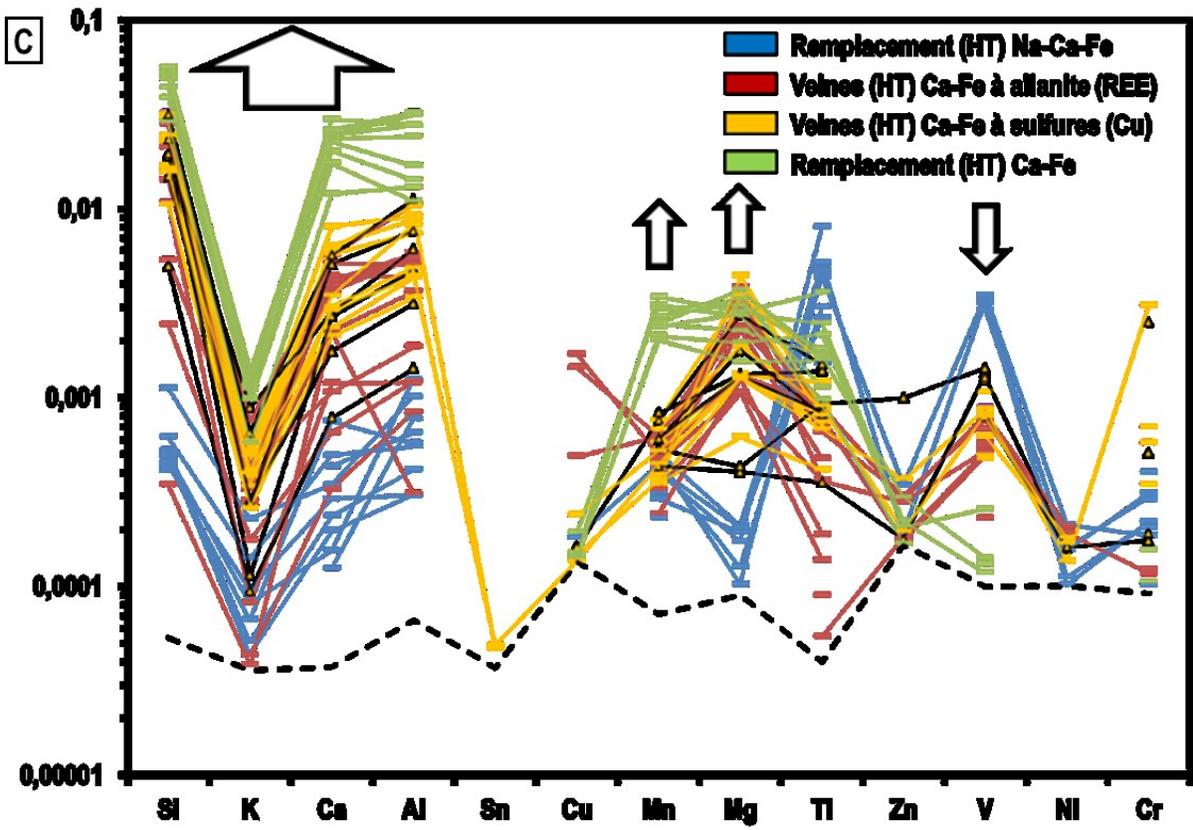
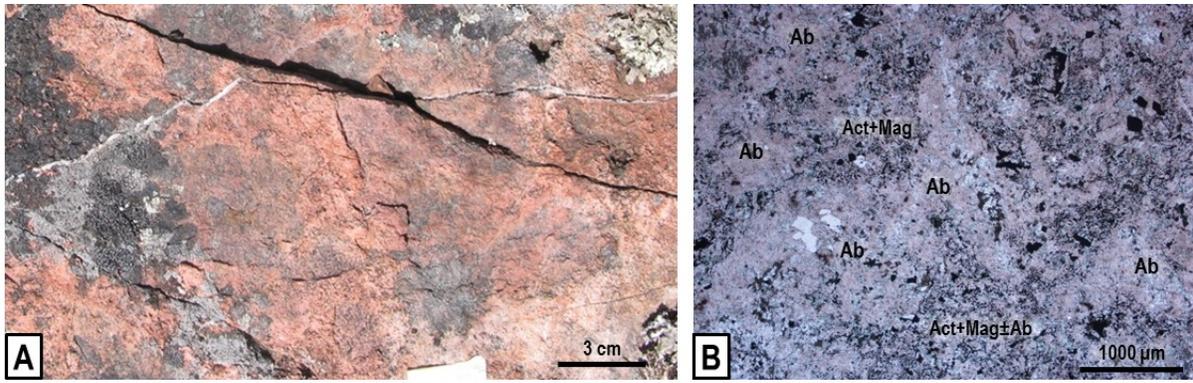


Figure 61 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée aux altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe. Secteurs Terra et Mag Hill. A) Remplacement généralisé (HT) Na-Ca-Fe superposé par un faible remplacement à feldspath-K et chlorite. Station 09CQA-0137. B) Remplacement généralisé (HT) Na-Ca-Fe avec initiation du développement d'une texture pseudo-pegmatitique. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA0137A01. C) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe.

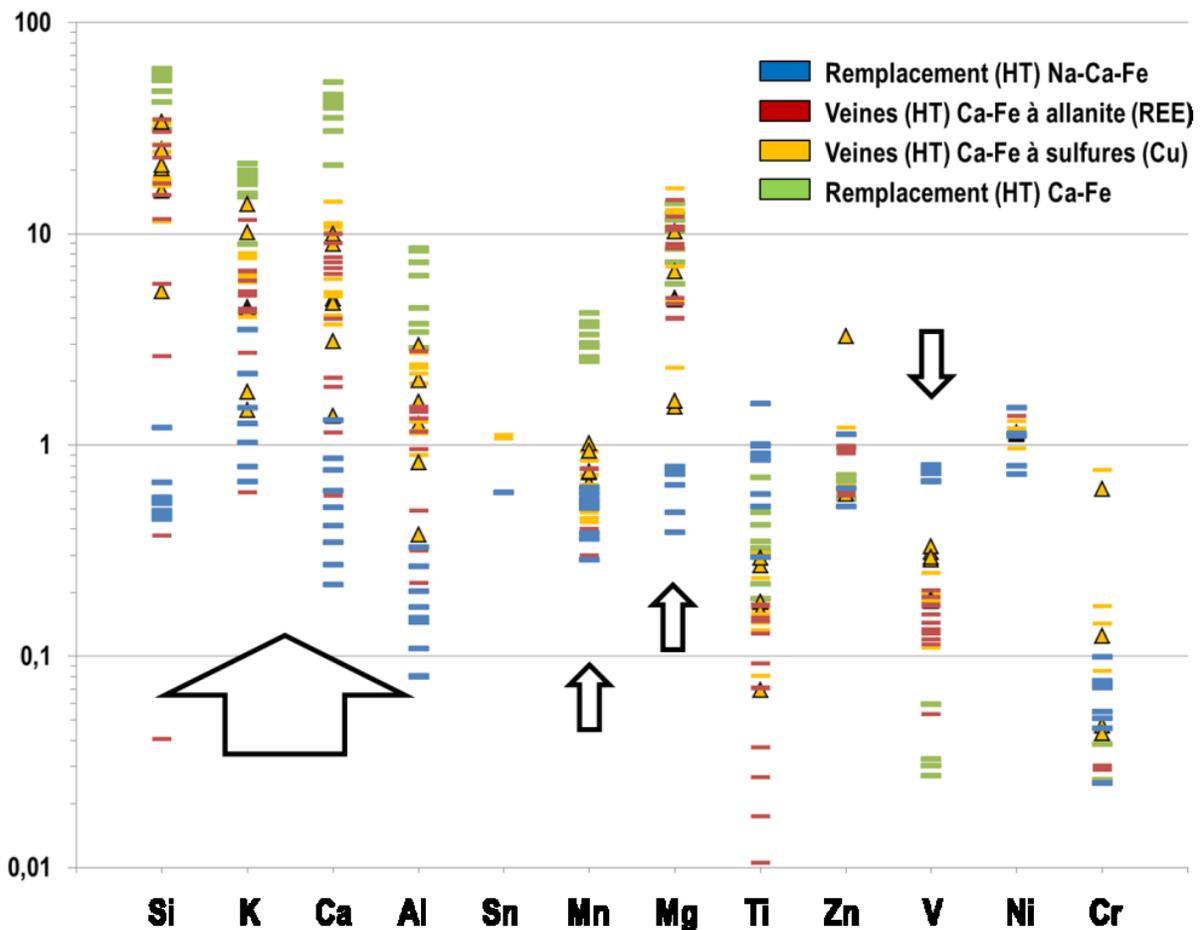


Figure 62 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe, normalisée sur la moyenne de la magnétite ignée. Système de Terra.

7.3.3.5 Fab

Sept échantillons ont été sélectionnés dans le secteur de Fab incluant cinq altérations à magnétite. Un échantillon de porphyre volcanique et un échantillon de monzonite porphyrique ont été choisis pour représenter la composition de la magnétite du précurseur ou la composition d'une magnétite ignée. Les observations au microscope électronique ont révélé que la magnétite du porphyre volcanique présentait d'importants signes de corrosion et de nombreuses inclusions silicatées et des exsolutions d'oxydes de Fe-Ti. Les résultats de ces analyses sont de mauvaise qualité et sont exclus du mémoire. La composition de la magnétite de la monzonite du lac Fab a été utilisée afin de normaliser les valeurs de la magnétite des altérations du secteur.

Les cinq altérations choisies sont des veines associées à des paragenèses (HT) Fe, (HT) Ca-Fe ou (HT) Ca-K-Fe. L'altération (HT) Fe (échantillon 11PUA-074B01) est associée à

une veine montrant une imprégnation des épontes à magnétite. Aucun autre minéral d'altération n'a été identifié dans la veine ou dans les épontes. Deux veines (HT) Ca-Fe ont été sélectionnées. La première veine (HT) Ca-Fe est composée d'actinote et magnétite et montre des signes de déformation ductile (échantillon 11PUA-053B02). La seconde veine (HT) Ca-Fe est superposée par une altération (LT) Ca-K-Fe à chalcopryrite et Au natif (échantillon 11PUA-050B01). Deux veines (HT) Ca-K-Fe ont également été choisies. La première est une veine (HT) Ca-K-Fe montrant un remplissage à amphibole, magnétite et apatite avec d'une imprégnation des épontes de la veine à feldspath-K et magnétite disséminée (échantillon 11PUA-1019C01). La seconde veine (HT) Ca-K-Fe, retrouvée sur l'indice Fab1 (Potter et al., 2013; Montreuil et al., 2016), est composée d'actinote, magnétite, feldspath-K et apatite avec des occurrences de chalcopryrite et uraninite (échantillon 11PUA-1000G03).

La magnétite retrouvée dans les veines a des concentrations différentes de la moyenne de la magnétite de la monzonite de Fab (Figure 63). Toutes les magnétites hydrothermales ont des concentrations plus faibles en Mn et Ti que la moyenne de la magnétite de la monzonite. La magnétite de la veine (HT) Fe montre la plus forte concentration en Cr. La magnétite de la veine (HT) Ca-Fe superposée par l'altération (LT) Ca-K-Fe est la magnétite hydrothermale la plus riche en Si, K, Ca, Al et Mn. La magnétite de la veine (HT) Ca-K-Fe, retrouvée sur l'indice Fab, est la plus riche en Mg et Ni et la plus pauvre en V et Cr. Plusieurs analyses de cette magnétite montrent qu'elle est également riche en Si, K, Ca et Al. La magnétite retrouvée dans la veine (HT) Ca-K-Fe à amphibole, magnétite et apatite est la plus riche en V de l'ensemble des magnétites retrouvées dans le secteur du lac Fab.

La magnétite de la veine (HT) Ca-Fe et de la veine (HT) Ca-Fe superposée par un remplacement (LT) Ca-K-Fe montre des concentrations différentes en éléments traces (Figure 64). La magnétite de la veine (HT) Ca-Fe est plus pauvre en Si, K, Ca, Al, Cu, Mn, Mg et Ti et plus riche en V et Ni que la magnétite de la veine (HT) Ca-Fe superposée par une altération (LT) Ca-K-Fe. De plus, de nombreux cristaux de magnétite provenant des veines (HT) Ca-Fe ont des concentrations inférieures à la limite de détection. La magnétite des veines (HT) Ca-Fe superposées par l'altération (LT) Ca-K-Fe montre des concentrations en Si, K, Ca, Al, Mn, Mg, Ti et V similaires ainsi que de fortes concentrations en Cu, toutes supérieures à la limite de détection.

La magnétite de la veine (HT) Ca-K-Fe à apatite a des concentrations en éléments traces différentes de la veine (HT) Ca-K-Fe minéralisée retrouvée sur le principal indice de Fab (Figure 65). La magnétite associée à l'altération (HT) Ca-K-Fe minéralisée est plus riche en Si, K, Ca, Al, Mg et Ni et plus pauvre en V et Cr que la magnétite de la veine (HT) Ca-K-Fe à apatite. Dans la

veine (HT) Ca-K-Fe à apatite, la magnétite retrouvée au cœur de la veine (traits horizontaux) et aux épontes (triangles) a été analysée. La magnétite formée dans les épontes a une concentration plus faible en V et plus riche en Cr que la magnétite retrouvée au cœur ou au contact de la veine.

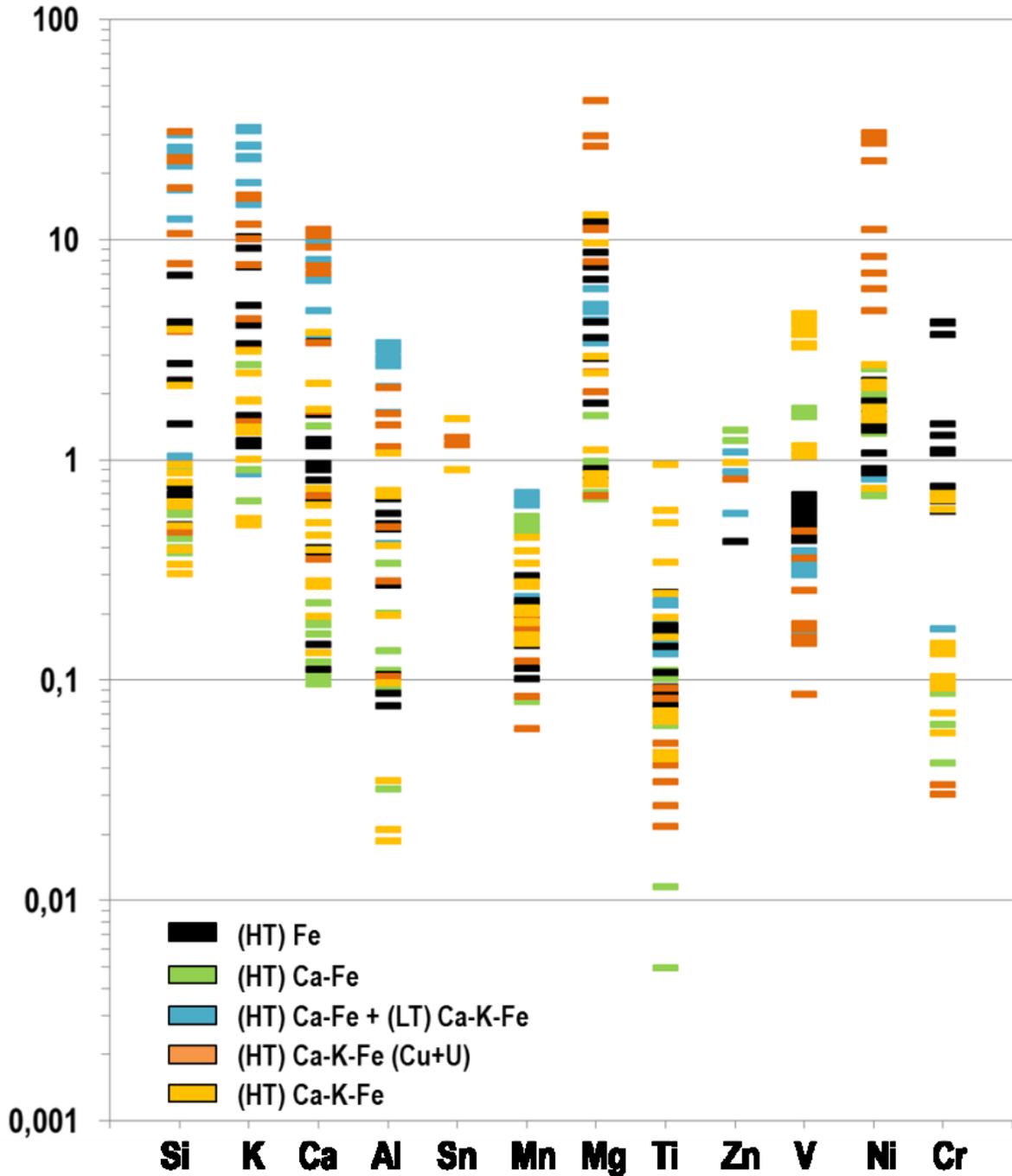


Figure 63 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des veines (HT) Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe, normalisée sur la moyenne de la magnétite de la monzonite du lac Fab. Système de Fab.

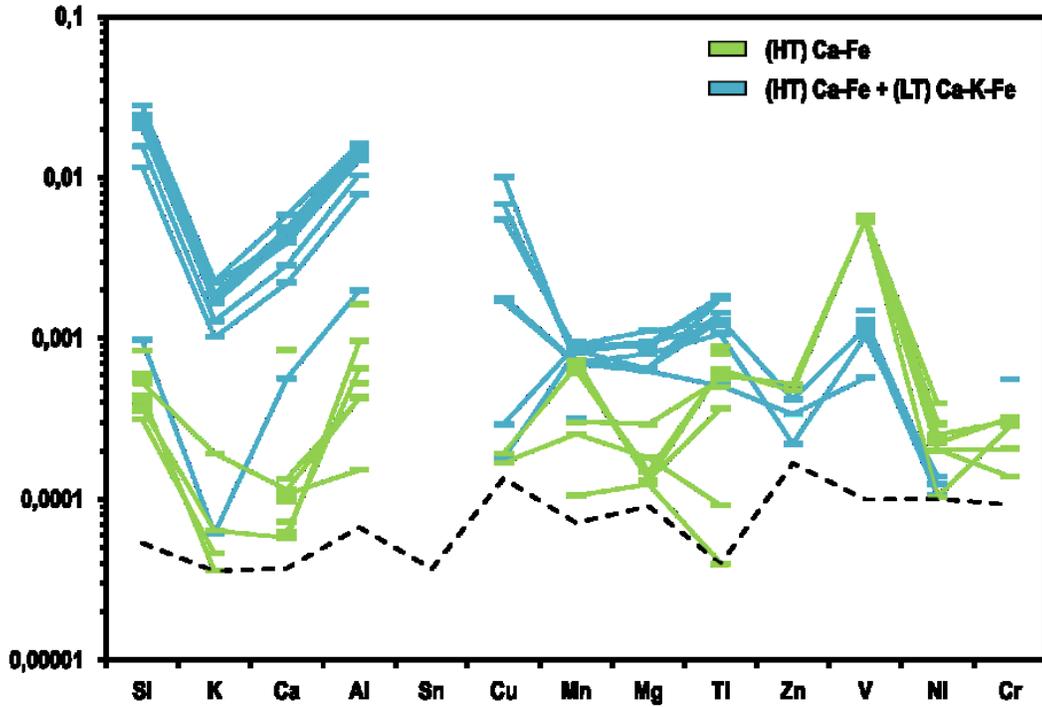


Figure 64 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de deux veines (HT) Ca-Fe dont l'une est superposée par une altération (LT) Ca-K-Fe. Système de Fab.

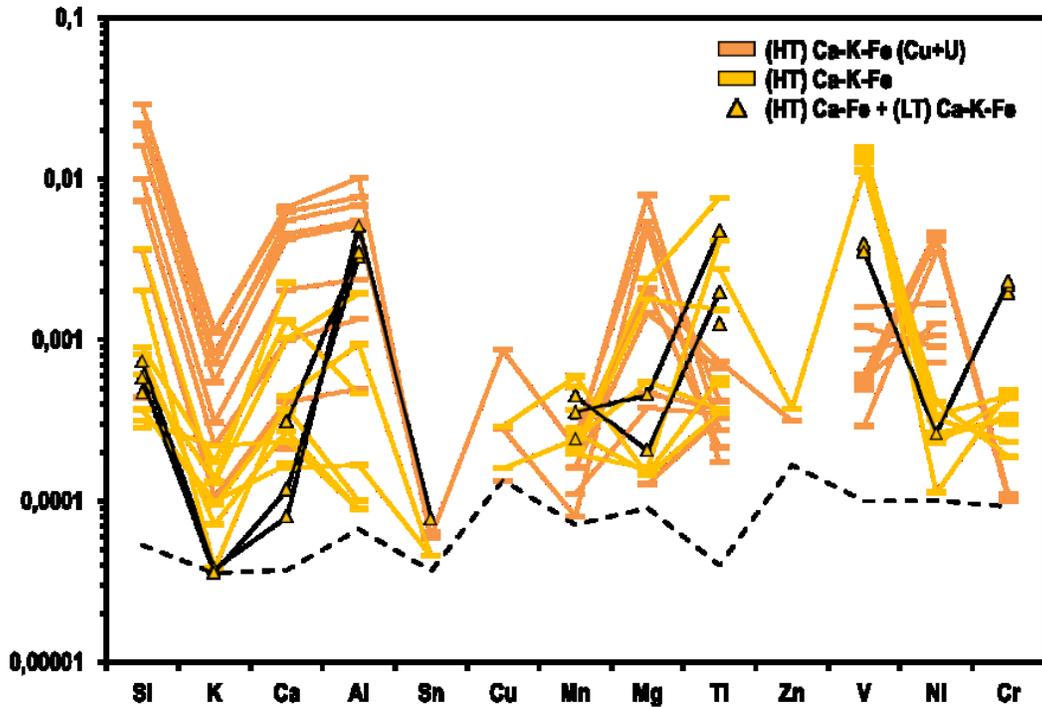


Figure 65 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de deux veines (HT) Ca-K-Fe. L'altération non-minéralisée (jaune) présente une imprégnation potassique, découplée du cœur de la veine à amphibole et magnétite. Système de Fab.

7.3.3.6 Indices de Ham

Cinq échantillons ont été sélectionnés près de l'indice Ham et sont associés à des altérations (HT) Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe. L'altération (HT) Fe est présente sous forme de veine à magnétite massive contenant des traces d'apatite disséminée (échantillon 09CQA-1193C01). L'altération (HT) Ca-Fe, composée d'allanite, magnétite et apatite, est retrouvée sous forme de veines anastomosées qui recoupent une altération (HT) K-Fe (échantillon CQA-08-598B). Trois altérations (HT) K-Fe ont été choisies. La première correspond à une veine à biotite et magnétite (échantillon CQA-08-592C). La deuxième est un remplacement généralisé à biotite, magnétite, feldspath-K et grenat (09CQA-1162D01). La troisième est sous forme de remplacement pénétratif irrégulier à biotite, feldspath-K et magnétite contenant des traces de monazite et xénotime (09CQA-1164D01).

La veine (HT) Fe, composée de magnétite massive, est recoupée par des veines à chlorite, pyrite et chalcopryrite (Figure 66 A, B). En contact avec les plages de chalcopryrite, la magnétite est subidiomorphe, signe d'une possible recristallisation de la magnétite en bordure des veines minéralisées. La figure 66 C présente la composition de la magnétite retrouvée dans la partie massive et celle retrouvée en bordure des veines minéralisées. Les concentrations en éléments traces de ces deux magnétites sont, pour certains éléments, suffisamment distinctes pour affirmer que la magnétite en bordure de la veine à chlorite, pyrite et chalcopryrite a été recristallisée (Figure 66 B). La magnétite en bordure des veines minéralisées est plus pauvre en Si, K, Al, Mn et Mg et plus riche en V que la magnétite retrouvée dans les zones à magnétite massive. Les cristaux de magnétite de la zone massive sont nettement plus riches en Si, K et Mg comparativement à ceux en contact avec les sulfures. À noter que les différents cristaux de magnétite analysés dans cet échantillon ont des concentrations en Cr sous la limite de détection.

L'échantillon présentant une altération (HT) Ca-Fe contient également de la magnétite associée à une altération (HT) K-Fe. Les veines (HT) Ca-Fe à magnétite semi-massive recoupent une altération (HT) K-Fe à magnétite disséminée (Figure 67 A). De plus, une des veines (HT) Ca-Fe est recoupée par une zone de cisaillement tardive à biotite, fluorite et des phases minérales riches en terres rares (Figure 67 B). La figure 67 C présente la composition de la magnétite de ces trois assemblages. La magnétite du remplacement (HT) K-Fe a la plus faible concentration en Zn. Les concentrations en éléments traces de la magnétite associée au remplacement (HT) K-Fe et des veines (HT) Ca-Fe ne permettent pas de les discriminer. Toutefois, la magnétite retrouvée dans la zone de cisaillement présente les concentrations les

plus élevées en Al et Zn ce qui suggère une contamination de la magnétite de l'altération (HT) Ca-Fe provoquée par le cisaillement.

La figure 68 présente la composition de la magnétite des altérations (HT) K-Fe au sein de veines (Figure 68 A), de zones de remplacement généralisé à grenat (Figure 68 B) et de remplacement pénétratif irrégulier à monazite et xénotime (Figure 68 C, D). La magnétite de la veine (HT) K-Fe montre les plus faibles concentrations en V et Cr. La magnétite du remplacement généralisé (HT) K-Fe à grenat présente la plus forte concentration en Cr et des concentrations élevées en Ca, Mn et Zn comparativement aux autres altérations. La magnétite du remplacement pénétratif irrégulier à terres rares est pauvre en Si, Mn, Ti et riche en V et Ni comparativement à la magnétite des autres altérations (HT) K-Fe. Cependant, dans cet échantillon, deux types de magnétite sont observés; soit finement disséminée ou soit en amas à grains moyens avec de la titanite. La magnétite finement disséminée est plus riche en K, Ca, Mn, Ni, plus pauvre en Zn et Cr et similaire en V, comparativement à la magnétite plus grossière.

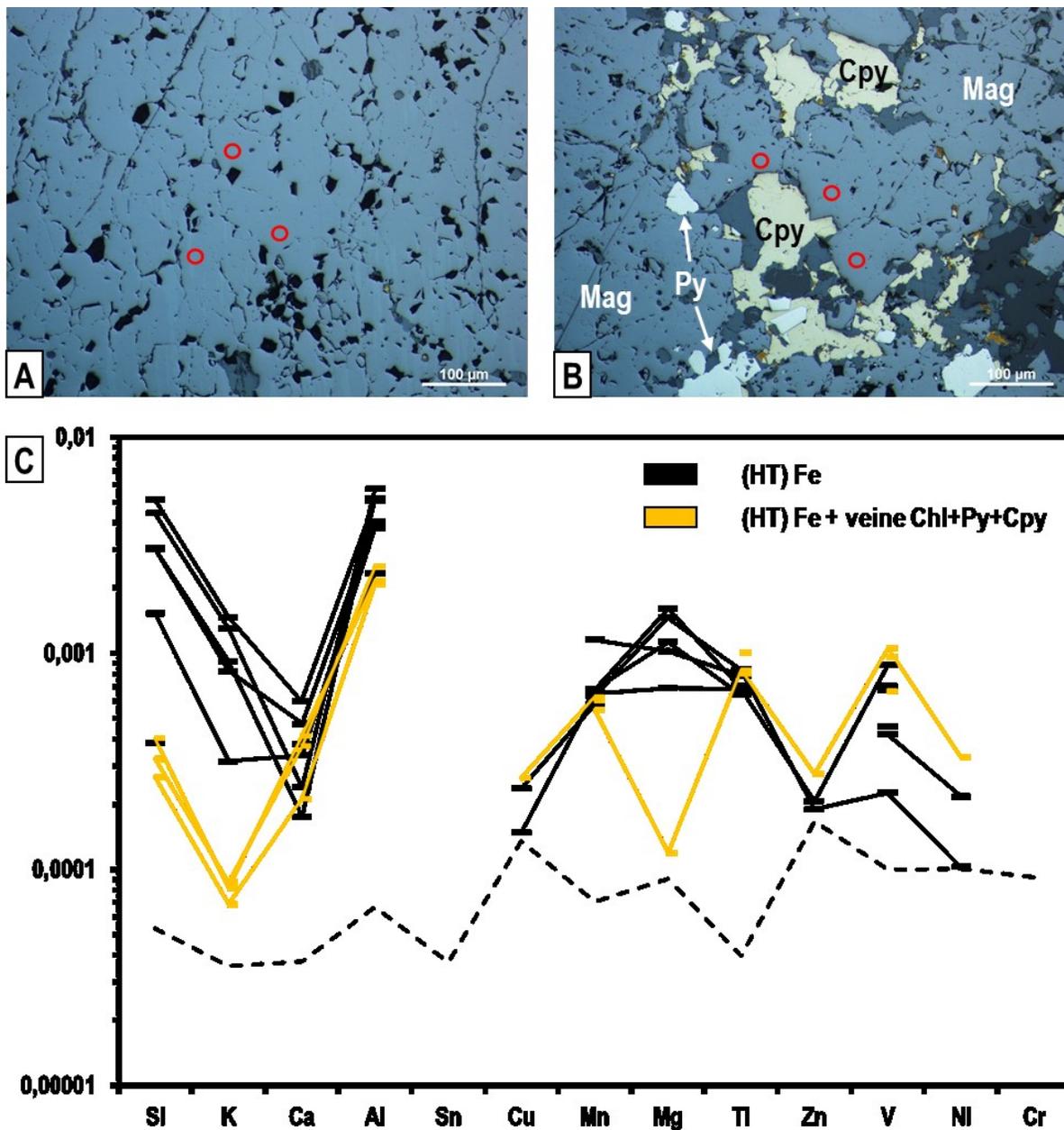


Figure 66 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite dans des veines, recoupées ou non par des veines à chlorite, pyrite et chalcopryrite. Indice Ham. A) Magnétite massive dans la veine (HT) Fe. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 11CQA-1193C01. B) Veine à magnétite massive recoupée par des veines à chlorite, pyrite et chalcopryrite. En bordure de la veine, la magnétite semble recristallisée. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 11CQA-1193C01. C) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite d'une veine (HT) Fe recoupé par des veines à chlorite, pyrite et chalcopryrite.

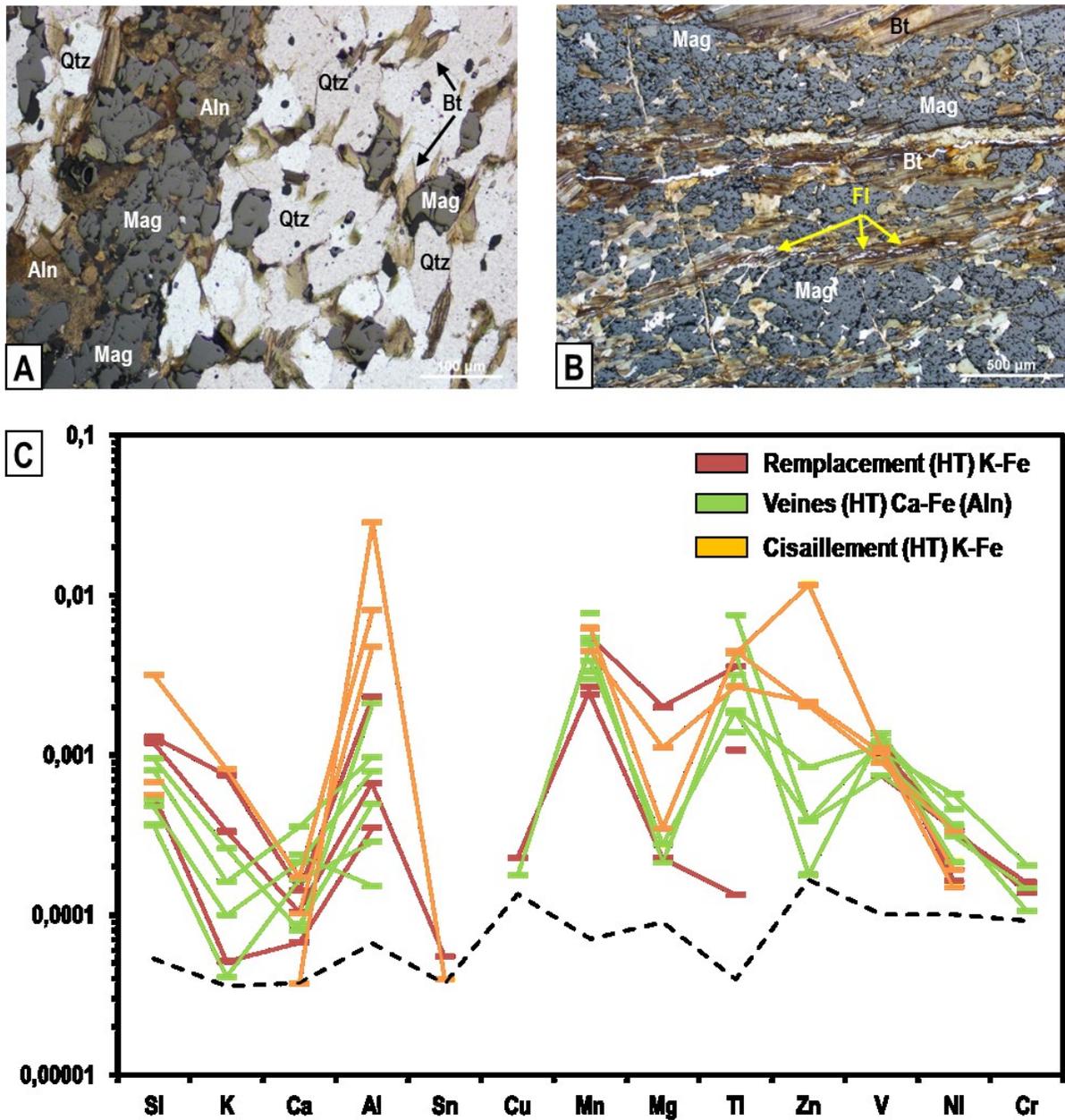


Figure 67 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à des altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe. Indice Ham. A) Veine (HT) Ca-Fe à magnétite semi-massive recoupant une altération (HT) K-Fe à magnétite disséminée. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie. B) Zone de cisaillement recoupant une zone à magnétite massive. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie. C) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe. Lame CQA-08-598B.

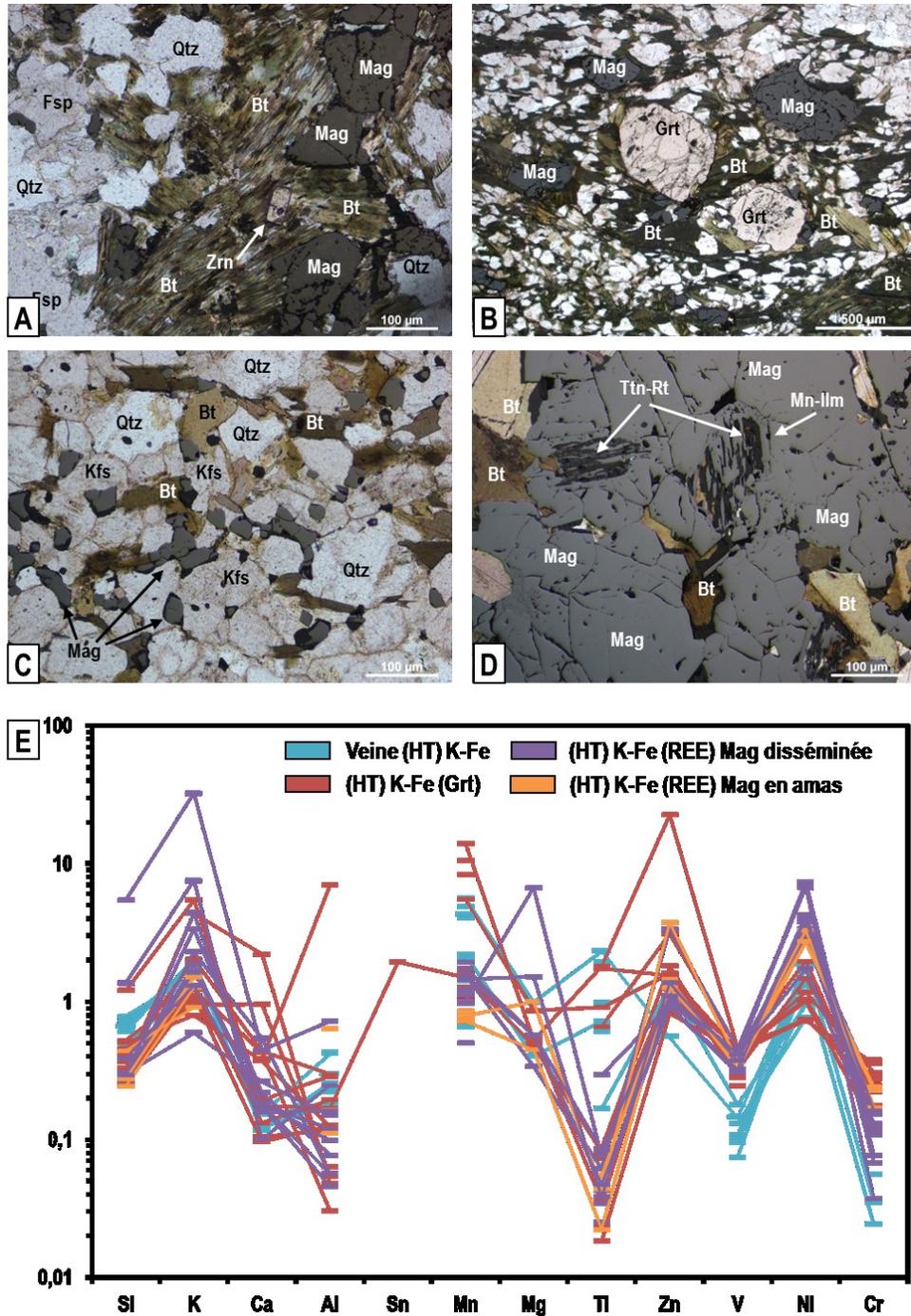


Figure 68 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à des altérations (HT) K-Fe. Indice Ham. A) Magnétite disséminée dans la veine (HT) K-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-08-592C. B) Magnétite disséminée du remplacement (HT) K-Fe à biotite et grenat. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1162D01. C) Magnétite disséminée dans le remplacement (HT) K-Fe à biotite, monazite et xénotime. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1164A03. D) Magnétite à grains moyens en amas avec phases riches en Ti. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1164A03. E) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des altérations (HT) K-Fe, normalisé à la moyenne de la magnétite ignée.

7.3.3.7 JLD

Sur l'indice JLD, une veine (HT) Ca-K-Fe (échantillon CQA-08-576G) et un porphyre granitique remplacé par une altération (HT) K-Fe (échantillon CQA-08-576A) ont été sélectionnés. Le porphyre granitique est l'encaissant de la veine (HT) Ca-K-Fe et l'altération (HT) K-Fe, superposée sur le porphyre granitique, est interprétée comme étant une imprégnation de la veine (HT) Ca-K-Fe.

En comparaison à la moyenne de la magnétite ignée de Port Radium-Echo Bay et Fab, la magnétite des deux échantillons a des concentrations plus faibles en Ca, Al, Ti, V et Cr et semblables à plus élevées pour le K, Zn et Ni (Figure 69). La magnétite de la veine (HT) Ca-K-Fe est plus riche en Si, K, Mn, Mg et V que la magnétite du porphyre granitique. Une dispersion des valeurs en Cr dans la magnétite du porphyre granitique suggère une interaction entre les fluides associés à l'altération (HT) K-Fe et la magnétite du précurseur. Ainsi, la magnétite du porphyre granitique montre une concentration en Cr intermédiaire entre les fortes concentrations de la magnétite ignée et les faibles concentrations des altérations à magnétite plus évoluées.

Dans la veine (HT) Ca-K-Fe, la proportion de magnétite augmente progressivement passant; (1) de cristaux grossiers disséminés; (2) des cristaux subidiomorphes en amas; (3) une zone semi-massive et; (4) une zone massive (Figure 70). Aucune tendance d'enrichissement ou d'appauvrissement pour un élément n'est observée selon l'abondance de magnétite. Toutefois, il est important de noter que la concentration en V dans la magnétite varie peu en fonction de l'abondance de la magnétite pour cette altération.

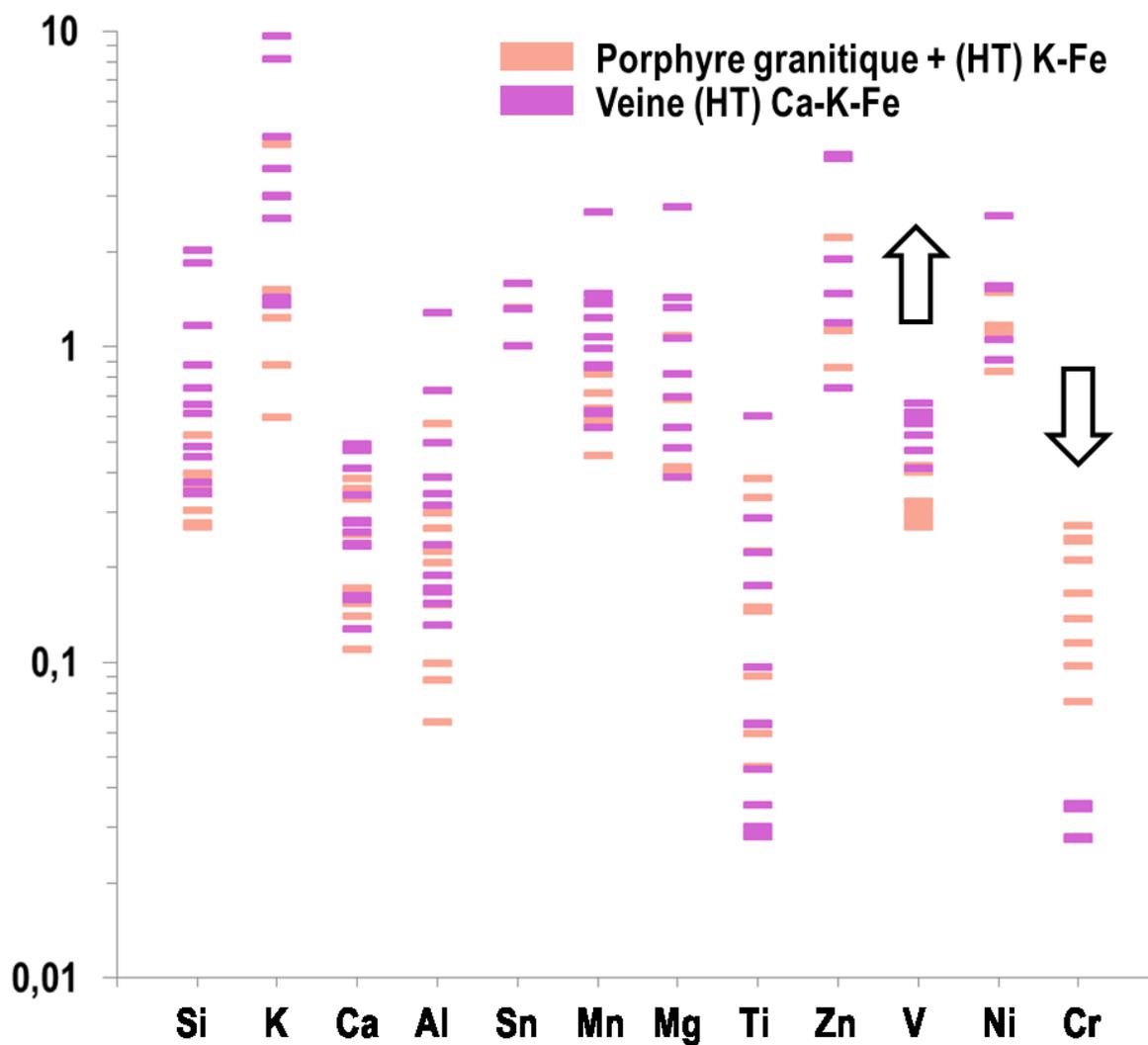


Figure 69 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de la veine (HT) Ca-K-Fe et du porphyre granitique (encaissant) remplacé par une altération (HT) K-Fe, normalisée sur la moyenne de la magnétite ignée. Indice JLD.

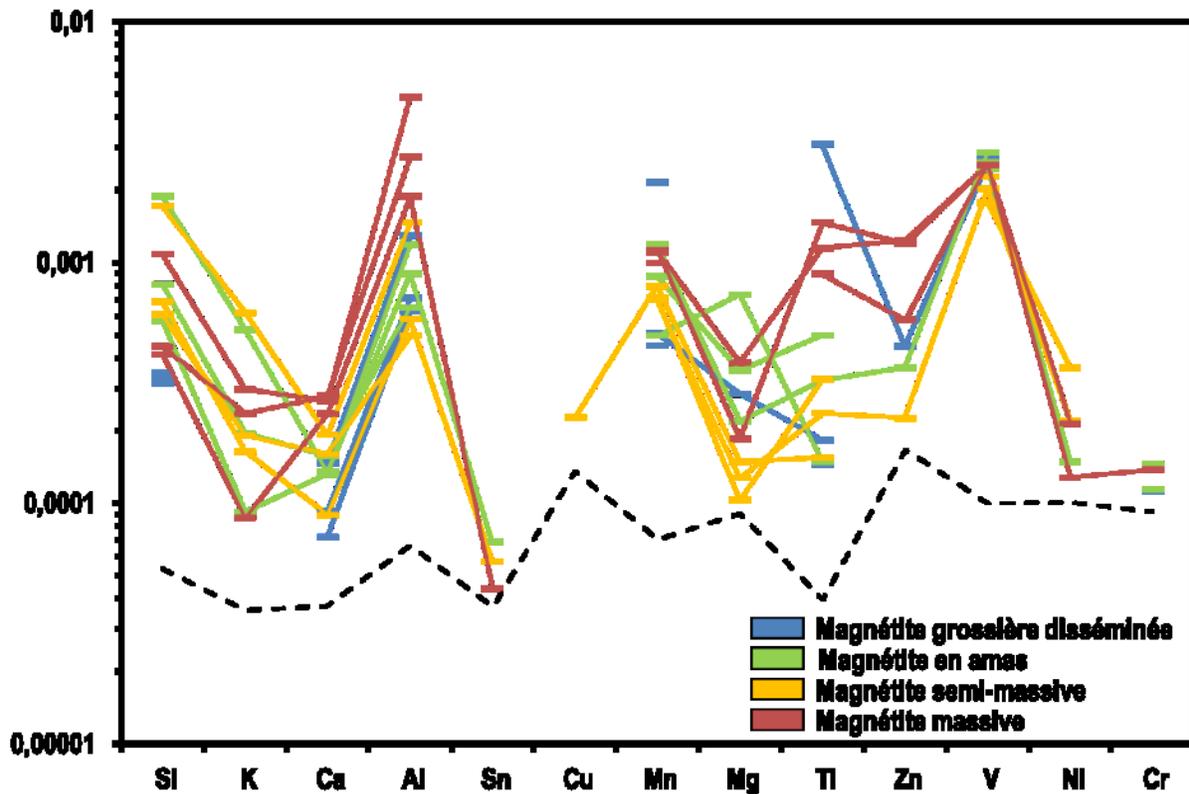


Figure 70 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite en fonction de l'abondance de magnétite dans une veine (HT) Ca-K-Fe. Indice JLD.

7.3.3.8 Sue Dianne

Deux échantillons associés à des altérations (HT) K-Fe ont été sélectionnés dans le système de Sue-Dianne. La première altération (HT) K-Fe est retrouvée dans la zone Kim sous forme de stockwork à magnétite et biotite montrant des occurrences de pyrite et de chalcopryrite (échantillon KZ09-KM-NW1-1; Figure 71 A). Cet échantillon est superposé par une altération de faible température où la chlorite remplace sélectivement la biotite. La seconde altération (HT) K-Fe est retrouvée dans la zone Brooke et forme une brèche à magnétite massive avec une imprégnation des fragments et des épontes en feldspath-K (échantillon 09CQA-0109F05; Figure 71 B). Dans cet échantillon, la chalcopryrite est observée sporadiquement sous forme de plages irrégulières ou en inclusion dans la magnétite et l'hématite.

La figure 71 C présente les éléments traces de la magnétite des deux paragenèses (HT) K-Fe. La magnétite de la zone Kim est plus riche en Si, Ca, K, Al, Ti et Zn que la magnétite de la zone Brooke, sauf pour une analyse qui présente de fortes concentrations en Si, K, Al et Mg

(possiblement une inclusion de feldspath-K et/ou biotite). Les concentrations en Mn et Mg sont similaires pour les deux altérations mais sont globalement plus élevées pour la magnétite de la zone Kim. Les deux altérations (HT) K-Fe ont de très faibles concentrations en Cr.

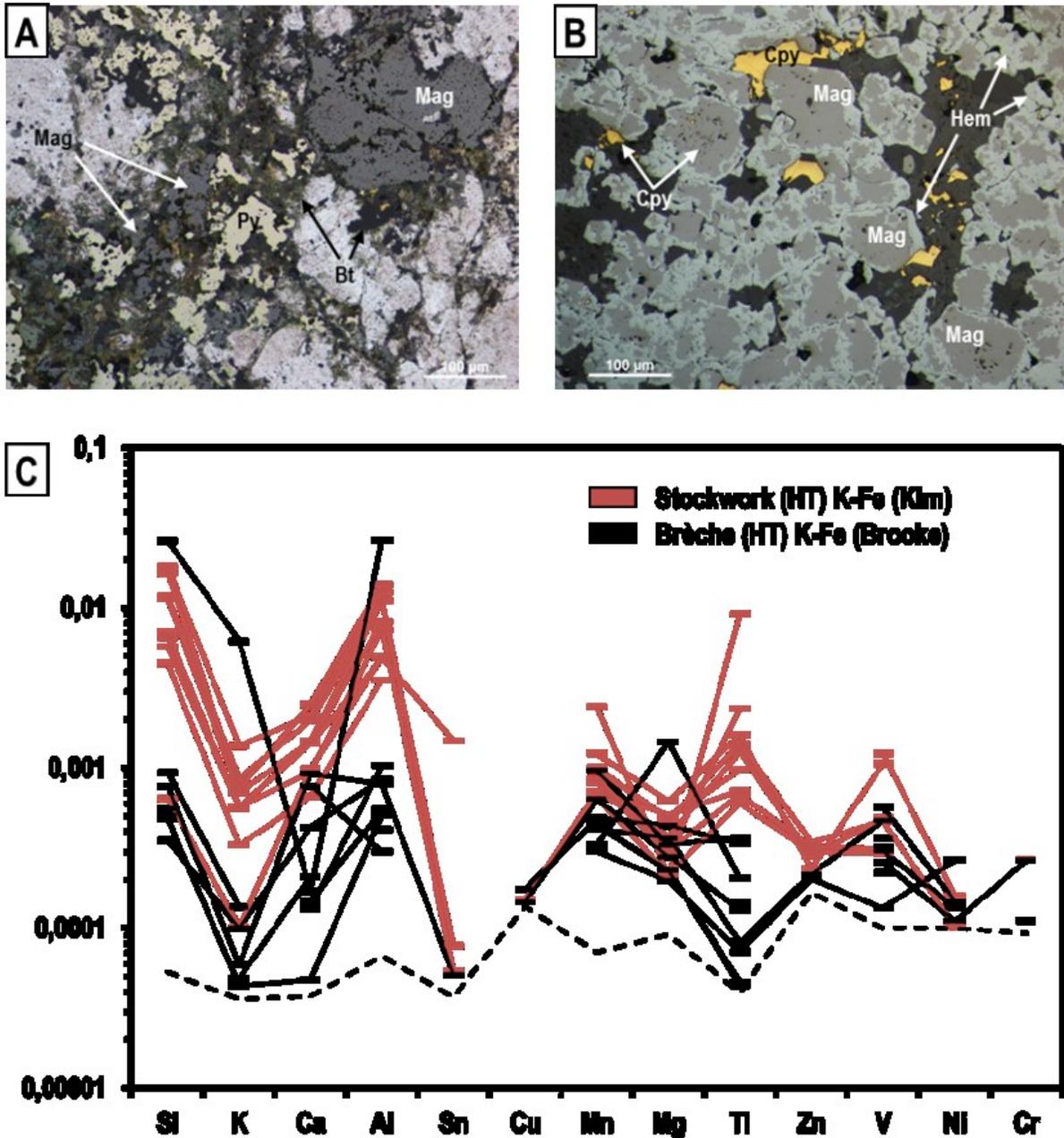


Figure 71 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à des altérations (HT) K-Fe retrouvées dans les zones Kim et Brooke. A) Stockwork (HT) K-Fe de la zone Kim. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame KZ09-KM-NW1-1. B) Magnétite dans une brèche (HT) K-Fe de la zone Brooke. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-0109F05. C) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des altérations (HT) K-Fe retrouvées dans les zones Kim et Brooke.

La figure 72 montre la composition de la magnétite des altérations (HT) K-Fe normalisée à la moyenne de la magnétite ignée. Les concentrations en Si, K, Ca et Al de la magnétite retrouvée dans le stockwork (HT) K-Fe de la zone Kim sont plus élevées que la moyenne de la magnétite ignée. Dans la brèche (HT) K-Fe de la zone Brooke, la concentration de ces mêmes éléments est similaire ou inférieure à la moyenne de la magnétite ignée. La magnétite des deux paragenèses (HT) K-Fe est plus pauvre en Ti, V et Cr que la moyenne de la magnétite ignée. Pour les valeurs supérieures à la limite de détection, les concentrations en Mn, Mg, Zn et Ni des altérations sont similaires à la moyenne de la magnétite ignée.

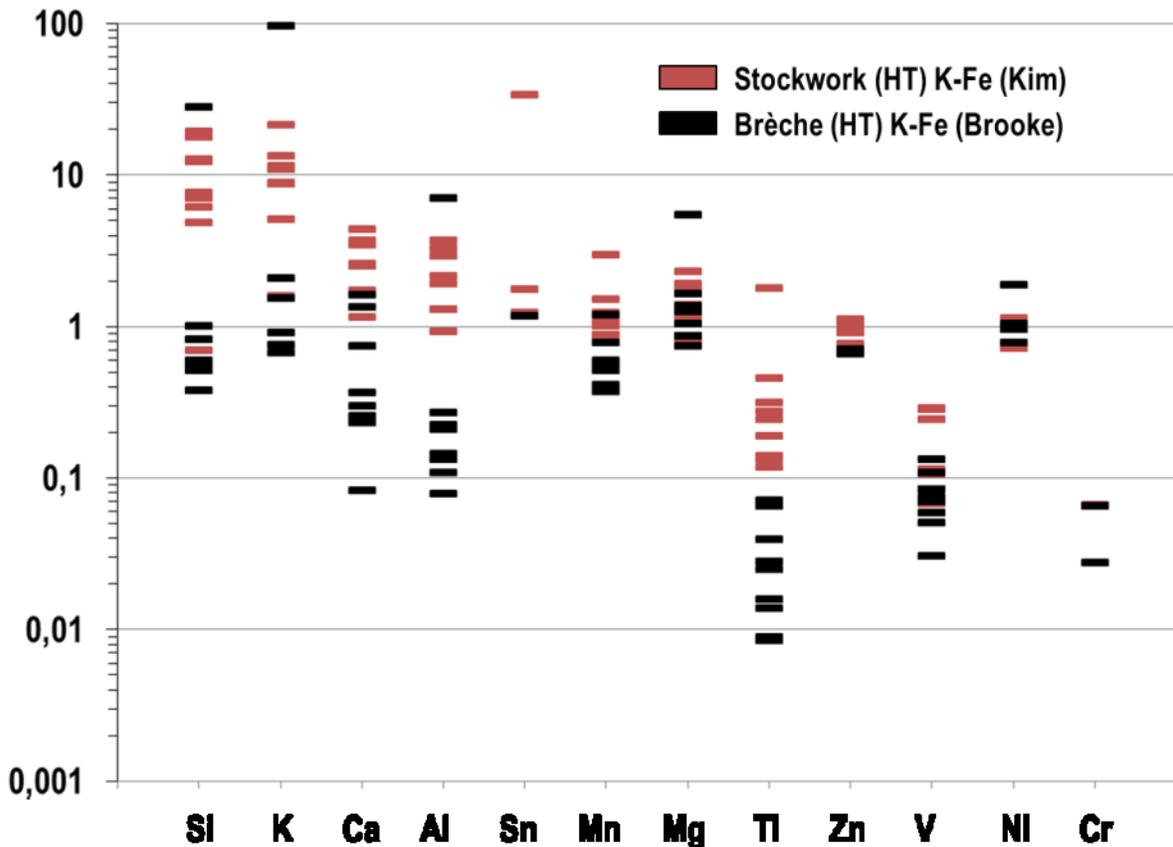


Figure 72 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite d'un stockwork (HT) K-Fe et d'une brèche (HT) K-Fe, normalisée sur la moyenne de la magnétite ignée. Secteur de Sue-Dianne.

7.3.3.9 Lac Cole

Six échantillons ont été sélectionnés dans le système du lac Cole. Le premier échantillon est une roche métasédimentaire remplacée par une altération (HT) Ca-K-Fe ensuite recoupée par un dyke de granite (échantillon 09CQA-0039E01; Figure 73 A). Le second échantillon correspond

à un remplacement (HT) Na-Ca-Fe recoupé par une veine (HT) Ca-K-Fe, composée d'un remplissage à quartz, amphibole et magnétite et d'une imprégnation à feldspath-K et magnétite (échantillon 09CQA-0043F01; Figure 73 B). Les quatre autres échantillons comprennent : (1) un remplacement (HT) Na-Ca-Fe de type skarn à albite, clinopyroxène, grenat, calcite, magnétite, titanite et apatite (échantillon 09CQA-1045E01); (2) un remplacement (HT) Ca-Fe en pseudo-veines à augite, magnétite, hornblende, cummingtonite et allanite (échantillon 09CQA-1020H04); (3) un remplacement stratoïde et sélectif (HT) Ca-K-Fe à augite, hornblende, magnétite, allanite, fluorapatite et grenat (échantillon 09CQA-0041C04); et (4) une brèche (HT) K-Fe accompagnée d'un remplacement des fragments, composée de feldspath-K, magnétite et apatite (échantillon 09CQA-0040A02).

La figure 73 C présente les concentrations de la magnétite associée à l'altération (HT) Ca-K-Fe et de la magnétite retrouvée dans le dyke de granite. La magnétite du dyke de granite est plus riche en Al, Ti, V, Ni et Cr que la magnétite de l'altération (HT) Ca-K-Fe. La figure 73 D présente la composition de la magnétite associée à une veine (HT) Ca-K-Fe. Des cristaux de magnétite ont été analysés à différents endroits afin de déterminer si la composition de la magnétite différait dans les épontes ou au cœur de la veine. Aucune tendance n'est identifiable dans cet échantillon.

La figure 74 montre la composition de la magnétite provenant des altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe. La magnétite des altérations hydrothermales est plus pauvre en Ca, Al, Ti, V et Cr que la moyenne de la magnétite ignée. La magnétite de l'altération (HT) Na-Ca-Fe est la plus riche en Si et Cr et la plus pauvre en Mn et Ti. La magnétite de l'altération (HT) Ca-Fe est la plus riche en Al et Zn. La magnétite de l'altération (HT) Ca-K-Fe est la plus riche en Mn et Ni et la plus pauvre en Si et V. La magnétite de l'altération (HT) K-Fe est la plus riche en K et la plus faible en Ni et Cr. Globalement, un d'enrichissement en Mn et un appauvrissement en Si et Cr est observée selon la progression systémique des altérations IOAA. Ces tendances ne sont pas bien définies mais dénotent un changement graduel des conditions physico-chimiques du système.

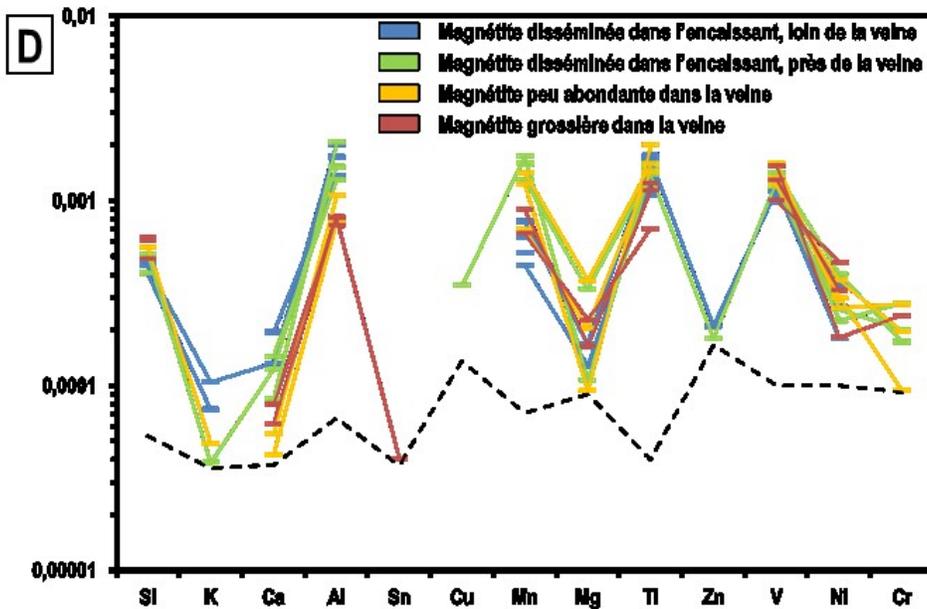
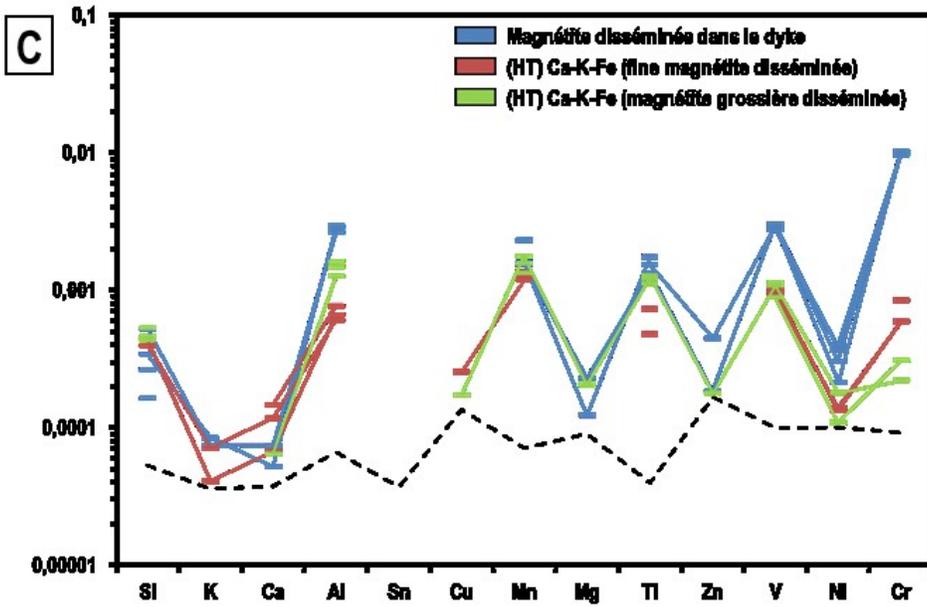
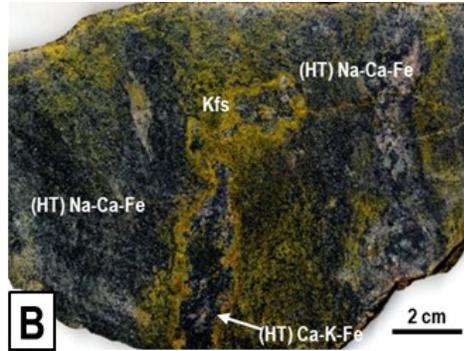
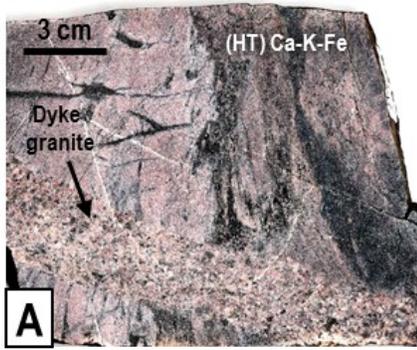


Figure 73 (page précédente): Photographies et diagrammes multi-éléments de la composition de la magnétite associée à différents styles d'altération (HT) Ca-K-Fe. Système du Lac Cole. A) Altération (HT) Ca-K-Fe recoupée par un dyke de granite. Échantillon 09CQA-0039E01. B) Altération (HT) Na-Ca-Fe recoupée par une veine (HT) Ca-K-Fe. Échantillon 09CQA-0043F01. C) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite du remplacement (HT) Ca-K-Fe et du dyke de granite. Système du lac Cole. D) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de la veine (HT) Ca-K-Fe.

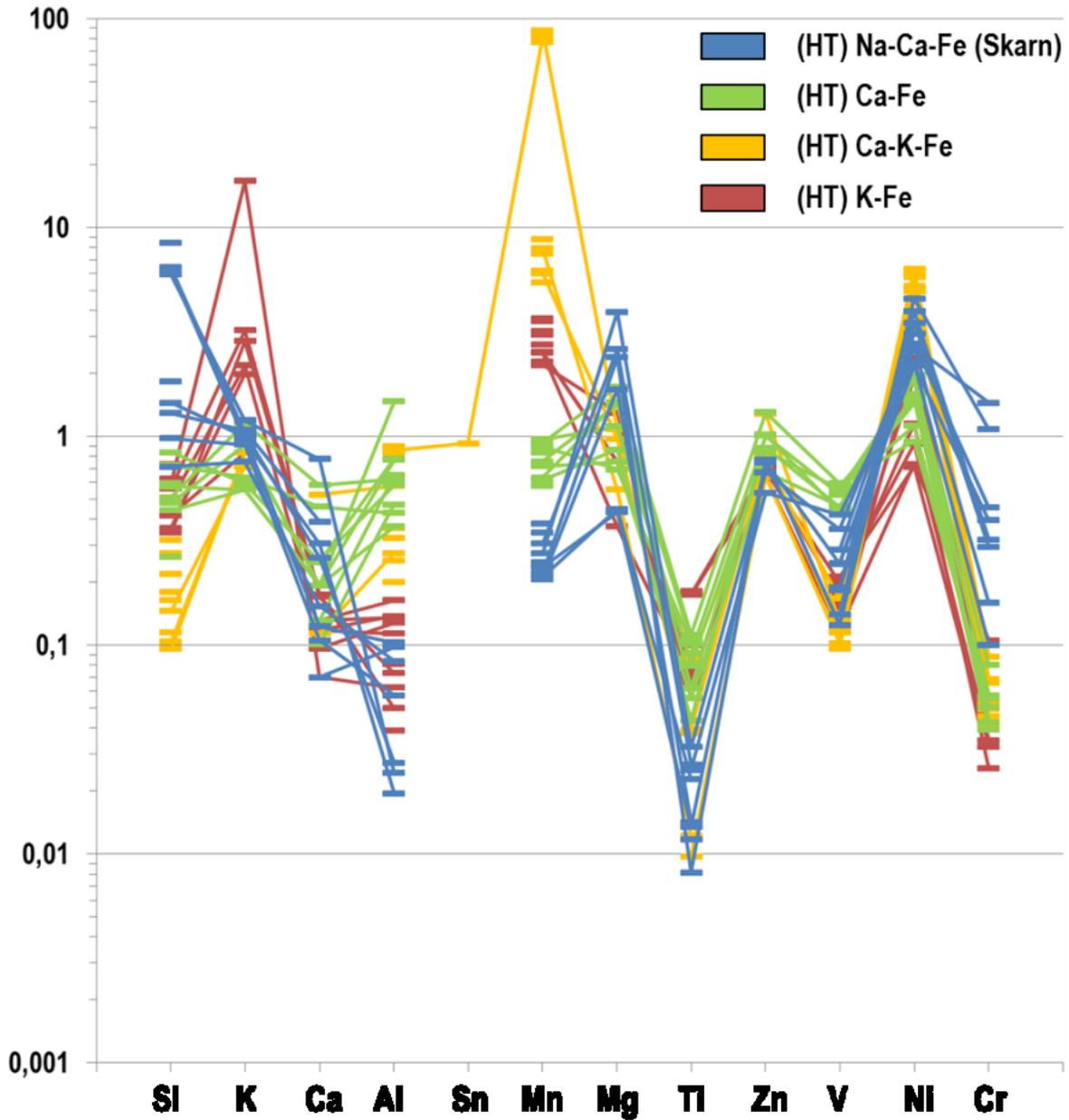


Figure 74 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des altérations à magnétite. Système du lac Cole. (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe, normalisé à la moyenne de la magnétite ignée.

7.3.3.10 Le système de Lou

Pour le système de Lou, onze échantillons ont été sélectionnés à proximité du gisement NICO, deux échantillons ont été choisis dans la Southern Breccia et trois échantillons proviennent du secteur Apy-Mag.

Près du gîte NICO, des altérations (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe, minéralisées ou stériles, ont été sélectionnées. Ces altérations sont présentes sous forme de remplacements, de veines ou de brèches.

L'altération (HT) Ca-Fe est omniprésente mais plusieurs générations ont été observées. Sur les échantillons sélectionnés, la première correspond à un remplacement stratoïde à magnétite, amphibole et quartz où la magnétite forme des lits massifs d'épaisseur millimétrique (échantillon CQA-07-469H; Figure 75 A). La seconde est sous forme de remplacement sélectif (échantillon CQA-07-465L1; Figure 75 B) ou généralisé (échantillon CQA-07-469A1; Figure 75 C) à actinote et magnétite avec des occurrences de sulfures. Finalement, un remplacement (HT) Ca-Fe formé de lits à magnétite est retrouvé au sud du gisement NICO (échantillon 11PUA-028C02; Figure 75 D). Cette altération est superposée par un remplacement sélectif de l'amphibole en chlorite.

La figure 75 E présente la composition de la magnétite des altérations (HT) Ca-Fe. La magnétite des altérations (HT) Ca-Fe est plus pauvre en Al, Mn, Zn, Ti, V et Cr que la moyenne de la magnétite ignée. La magnétite formée par le remplacement sélectif est la plus pauvre en Si, K et Al et la plus riche en Cr. La magnétite superposée par l'altération à chlorite montre les plus faibles concentrations en Ti, V et Cr et les concentrations les plus élevées en K. Le remplacement stratoïde à amphibole et le remplacement généralisé à actinote possèdent des concentrations en éléments traces similaires ainsi qu'une grande variabilité des concentrations.

La magnétite présente différents faciès dans une brèche (HT) Ca-K-Fe (échantillons CQA-07-480ZD3 et CQA-07-480ZI1). La magnétite peut être; (1) massive sans inclusion de silicates ou de sulfures (Figure 76 A); (2) massive avec des micro-inclusions de silicates et de sulfures (Figure 76 A); (3) disséminée et finement grenue dans des plages de pyrrhotite (Figure 76 B); et (4) en remplacement sélectif sur la titanite (Figure 76 C). Même si la magnétite contenant des inclusions de sulfures n'a pas été analysée à partir du même échantillon, la concentration des différents éléments est similaire (Figure 76 D). La magnétite massive sans inclusion a des concentrations en Zn, V, Ni et Cr inférieures à la limite de détection. La magnétite qui contient des inclusions est plus riche en Si, K, Ca et Mg et plus pauvre en Mn et Ti que les autres cristaux de

magnétite analysés. La magnétite formée par remplacement sélectif de la titanite est globalement plus pauvre en Si, K, Ca, Al, Mn et Mg et plus riche en V et Cr que les autres cristaux de magnétite présents dans la brèche.

Dans l'échantillon présentant un remplacement stratoïde (HT) Ca-Fe composé de lits de magnétite massive, un faible remplacement (HT) K-Fe subséquent y est observé (échantillon CQA-07-469H). Cette altération consiste en un remplacement préférentiel des lits à actinote et quartz par de la biotite (Figure 77 A). Lorsque cette altération entre en contact avec un lit altéré en magnétite, la magnétite recristallise et forme un assemblage à biotite, magnétite, feldspath-K, pyrite et chalcopryrite (Figure 77 B). L'altération (HT) K-Fe est associée à la présence de sulfures disséminés et en inclusions dans la magnétite recristallisée. La composition de la magnétite des altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe est présentée à la figure 77 C. Les concentrations des différents éléments de la magnétite de l'altération (HT) K-Fe varient très peu comparativement à la magnétite de l'altération (HT) Ca-Fe. La magnétite associée au remplacement (HT) K-Fe a des concentrations plus faibles en Si, K, Ca et Al que la magnétite de l'altération (HT) Ca-Fe. L'absence d'inclusion dans la magnétite recristallisée suggère une réorganisation cristalline qui expulse certains éléments du cristal de magnétite.

Une altération (HT) K-Fe plus intense (Figure 78 A) peut remplacer complètement l'altération (HT) Ca-Fe à lits de magnétite massive. Un échantillon montre le produit de ce remplacement où la magnétite forme des cristaux aciculaires poreux (Figure 78 B). Les lits de magnétite sont recoupés par des veines (HT) Ca-K-Fe à cristaux de magnétite zonés contenant des inclusions de scheelite (Figure 78 A, C). La magnétite de l'altération (HT) K-Fe est riche en Si, K, Al, Mn, Mg et Cr comparativement à la magnétite de la veine (HT) Ca-K-Fe et la magnétite de la faible altération (HT) K-Fe décrite précédemment (Figure 77 C).

Deux générations de veines (HT) K-Fe recoupent une albitite à NICO. La première génération forme un stockwork à magnétite et biotite (Figure 79). La magnétite est massive et microcristalline et la biotite est intercristalline à la magnétite. Ces veines sont recoupées par une seconde génération de veines composées de biotite, feldspath-K, magnétite, pyrite et chalcopryrite. Lorsque ces veines recoupent l'albitite, la magnétite est allotriomorphe et disséminée. Lorsque les veines recoupent la première génération de veines (HT) K-Fe à magnétite massive, la magnétite est plus grossière et les sulfures sont plus abondants. La magnétite de la seconde génération de veines est plus pauvre en Si, K, Ca, Al, Mg et Zn que la magnétite de l'altération (HT) K-Fe stérile. La magnétite retrouvée dans une plage à chalcopryrite, à l'intersection des deux générations de veines, contient plus de Cu que la magnétite formée par

la paragenèse stérile. Finalement, pour les deux paragenèses (HT) K-Fe, la concentration en Mn, Ti et V dans la magnétite est similaire.

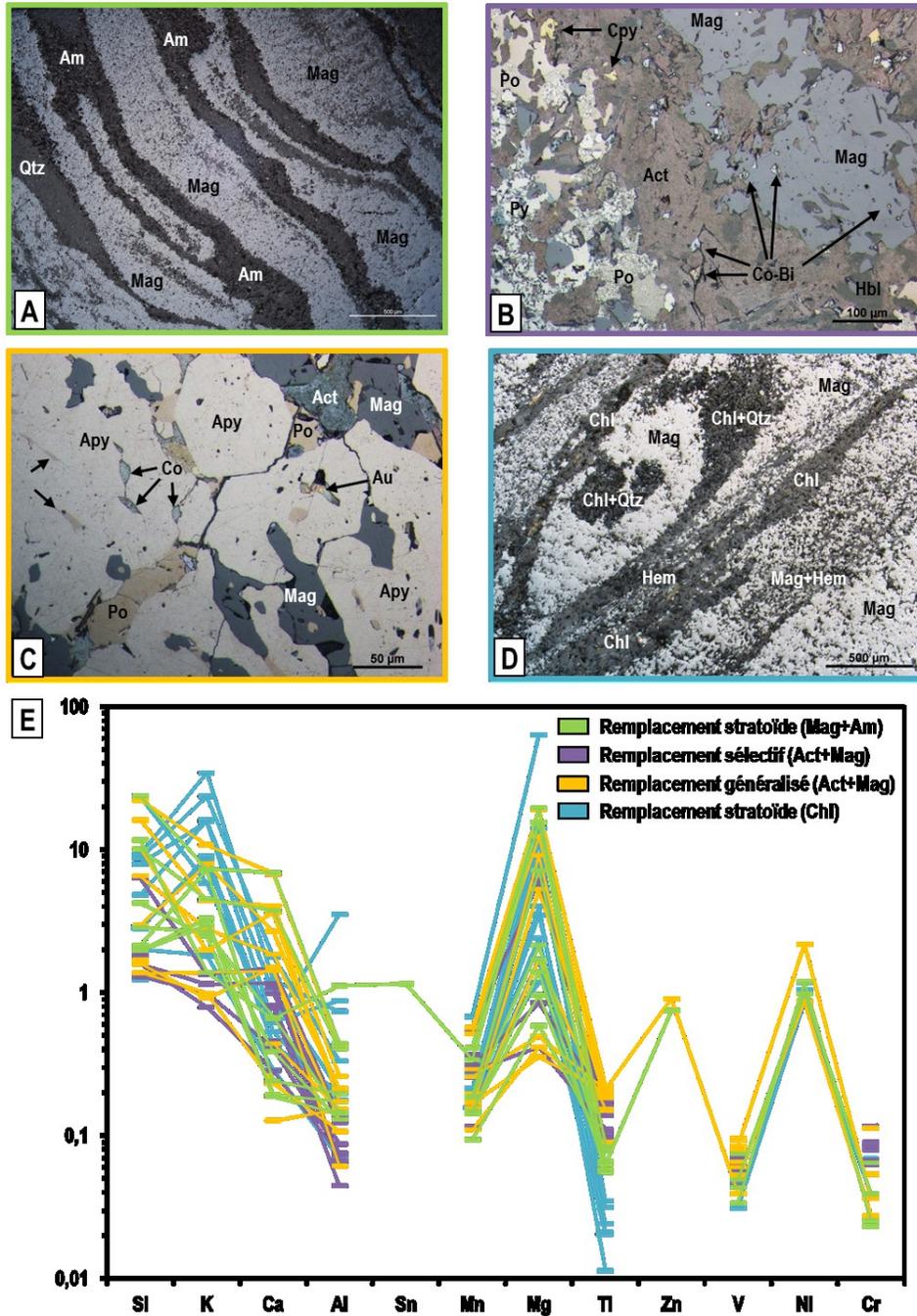


Figure 75 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à des remplacements (HT) Ca-Fe. Système de Lou. A) Remplacement stratoïde à magnétite, amphibole et quartz. Échantillon CQA-07-469H. B) Remplacement sélectif à actinolite, magnétite et sulfures. Échantillon CQA-07-465L1. C) Remplacement généralisé à actinolite, magnétite et sulfures. Échantillon CQA-07-469A1. D) Remplacement stratoïde sélectif à amphibole et magnétite superposée par une altération à chlorite. Échantillon 11PUA-028C02. E) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des remplacements (HT) Ca-Fe, normalisé à la moyenne de la magnétite ignée.

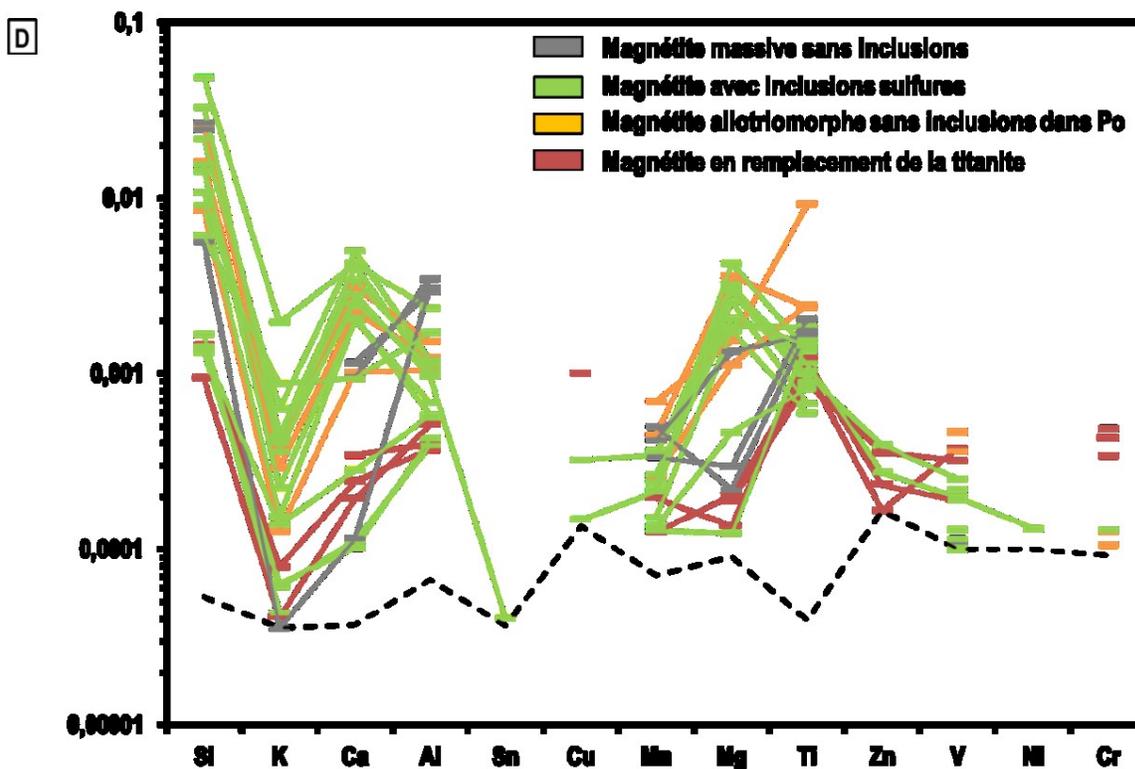
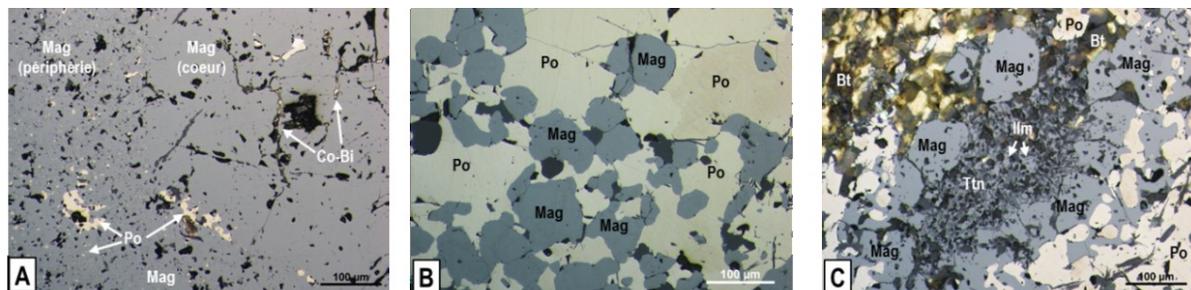


Figure 76 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite d'une brèche (HT) Ca-K-Fe. Système de Lou. Brèche (HT) Ca-K-Fe contenant A) de la magnétite massive avec et sans inclusions de silicates et sulfures; B) de la magnétite disséminée et finement grenue dans des plages de pyrrhotite; C) de la magnétite en remplacement sélectif sur de la titanite. Échantillons CQA-07-480ZD3 et CQA-07-480ZI1. D) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite d'une brèche (HT) Ca-K-Fe.

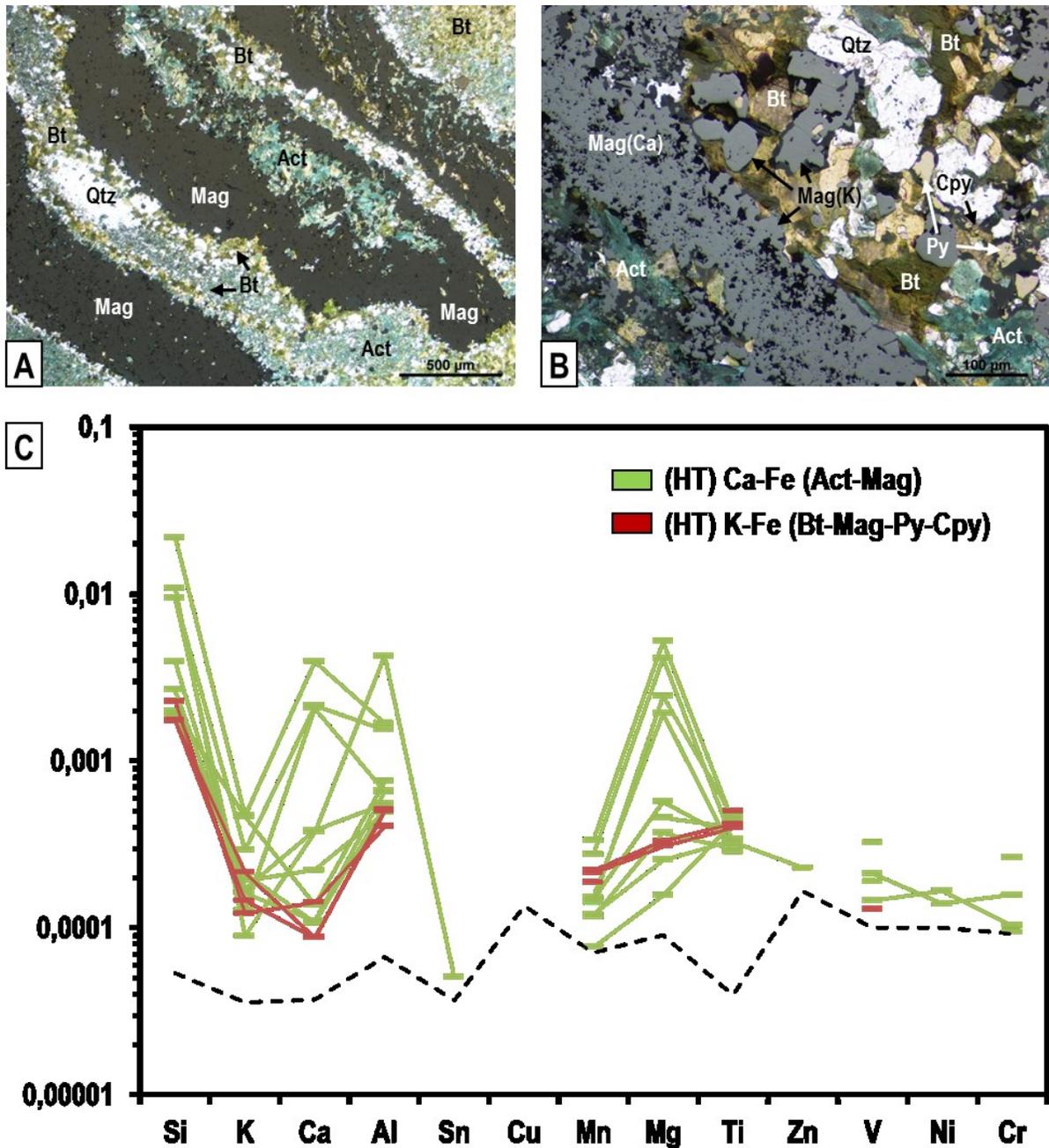


Figure 77 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à des altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe. Système de Lou. A) Altération (HT) Ca-Fe à lits de magnétite massive superposée par un remplacement pénétratif (HT) K-Fe à biotite qui demeure stable avec la magnétite antérieure. B) Recrystallisation de la magnétite lorsque l'altération (HT) K-Fe entre en contact avec les lits de magnétite de l'altération (HT) Ca-Fe. Échantillon CQA-07-469H. C) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite des altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe.

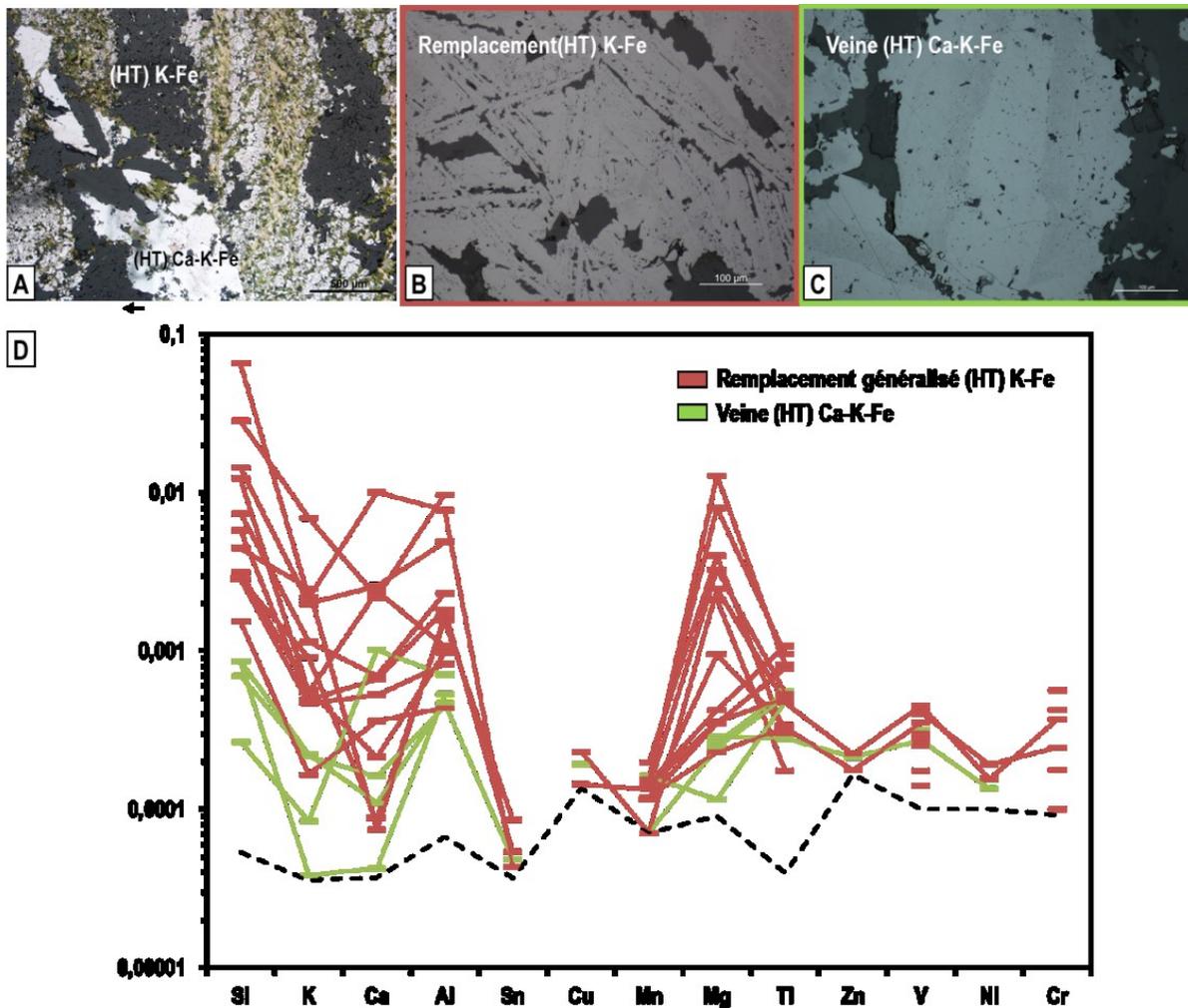


Figure 78 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite associée à du remplacement (HT) K-Fe et à une veine (HT) Ca-K-Fe. Système de Lou. A) Remplacement généralisé (HT) K-Fe recoupé par une veine (HT) Ca-K-Fe. B) Texture de la magnétite de l'altération (HT) K-Fe. C) Texture de la magnétite dans la veine (HT) Ca-K-Fe. D) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite du remplacement (HT) K-Fe et d'une veine (HT) Ca-K-Fe.

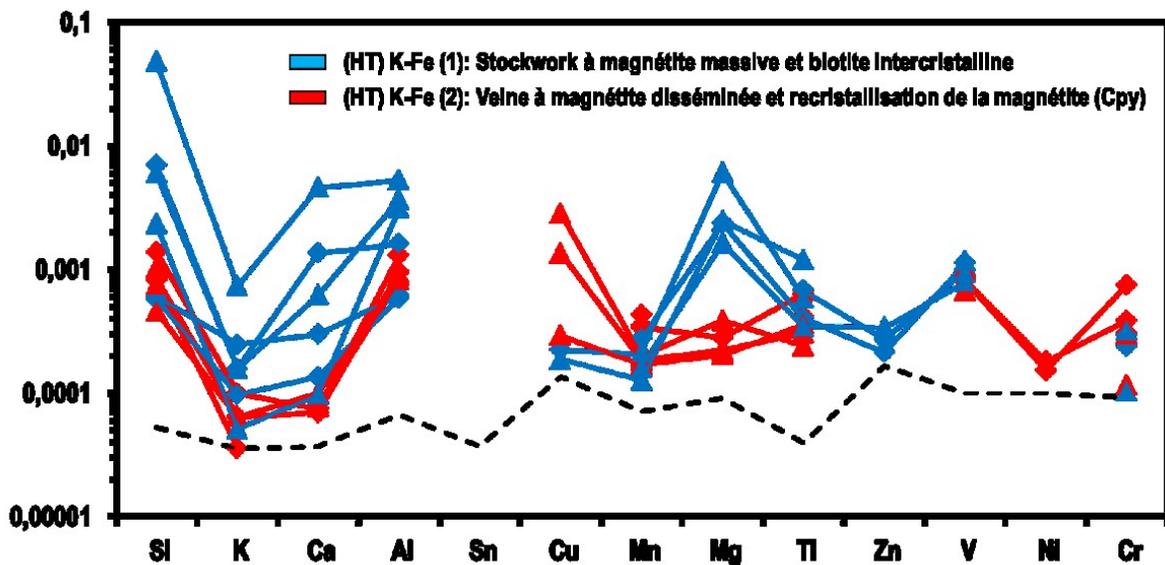
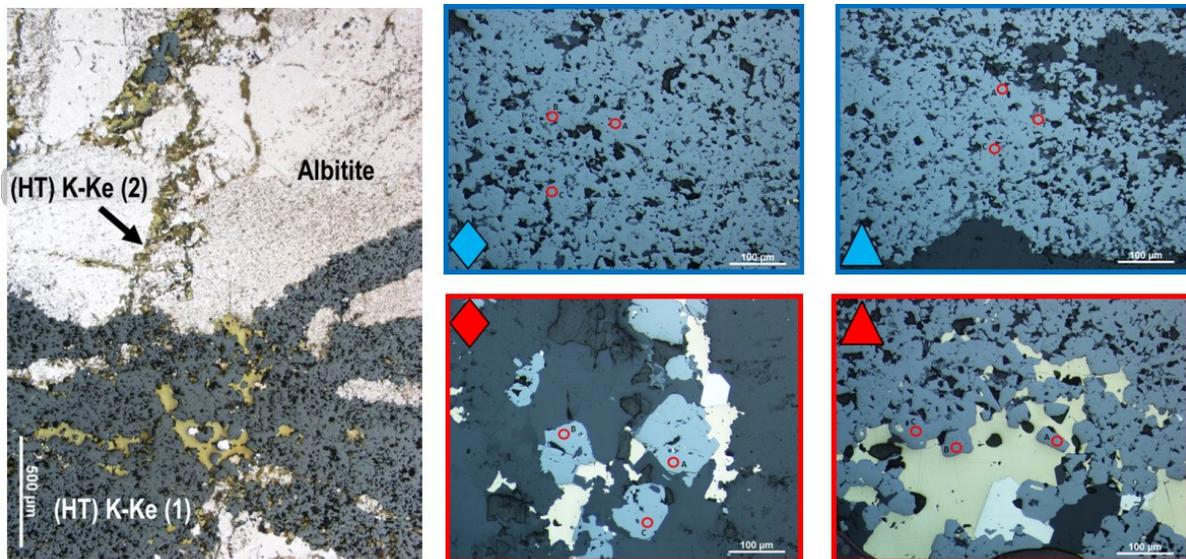


Figure 79 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite provenant de deux générations de veines (HT) K-Fe. La première génération de veine est stérile (symboles en bleu) tandis que la seconde est minéralisée (symboles en rouge). Échantillon CQA-07-466Q1, système de Lou. La composition de la magnétite permet de distinguer les deux générations de veines (HT) K-Fe.

Dans le secteur de la Southern Breccia, les deux échantillons sélectionnés sont associées à des altérations (HT) K-Fe. Le premier échantillon (10CQA-1615110) correspond à des veines anastomosées qui recoupent les zones bréchiques. Cette altération est composée de magnétite, feldspath-K, biotite et uraninite et représente l'altération responsable de la minéralisation uranifère du secteur. Le second échantillon (10CQA-1623B01) provient d'une altération formant des veines rectilignes ou anastomosées composées de feldspath-K, biotite et magnétite. Ces veines sont stériles et recoupent les brèches et les minéralisations uranifères.

La composition de la magnétite de deux veines (HT) K-Fe est présentée à la figure 80. La magnétite de la Southern Breccia est plus riches en V que la magnétite provenant des altérations du gisement NICO. La concentration pour les autres éléments est comprise à l'intérieur du spectre des valeurs de la magnétite du gisement de NICO. La magnétite des veines uranifères est plus riche en Mn et plus pauvre en Ti que la magnétite de l'altération (HT) K-Fe non-minéralisée.

Dans le secteur au sud de NICO, une altération (HT) Na-Ca-Fe et deux altérations (HT) Ca-Fe ont été sélectionnées. L'altération (HT) Na-Ca-Fe est sous forme de remplacement et est composée d'albite, hornblende, allanite et magnétite (échantillon 09CQA1109B03-2). Les deux échantillons associés à l'altération (HT) Ca-Fe représentent une progression du remplacement passant graduellement d'un assemblage à :

(1) cummingtonite ($\{Mg_2\}\{Fe,Mg\}_5Si_8O_{22}(OH)_2$) et magnétite;

(2) actinote ($\{Ca_2\}\{Fe,Mg\}_5Si_8O_{22}(OH)_2$) et magnétite; et;

(3) hornblende ($\{Ca_2\}\{Fe,Mg,Al\}_5Si_7AlO_{22}(OH)_2$) et magnétite (échantillons 09CQA-1082E01 et 09CQA-1086B01; Figure 81 A, B).

Cette progression est caractérisée par une augmentation de la proportion de magnétite dans l'assemblage ainsi qu'une augmentation de la concentration en Ca, Fe et Al et une diminution en Mg dans l'amphibole. Cette progression du remplacement (HT) Ca-Fe a été décrite en détail dans la section 5.10.3.3. La figure 81 C montre la composition de la magnétite de l'altération (HT) Ca-Fe en fonction de l'assemblage minéralogique observé. L'évolution de cette altération est caractérisée par une augmentation de Al, Mn, Mg et Ti et une diminution de Ni dans la magnétite. Ce résultat indique que la composition de la magnétite varie selon le niveau de développement de l'altération.

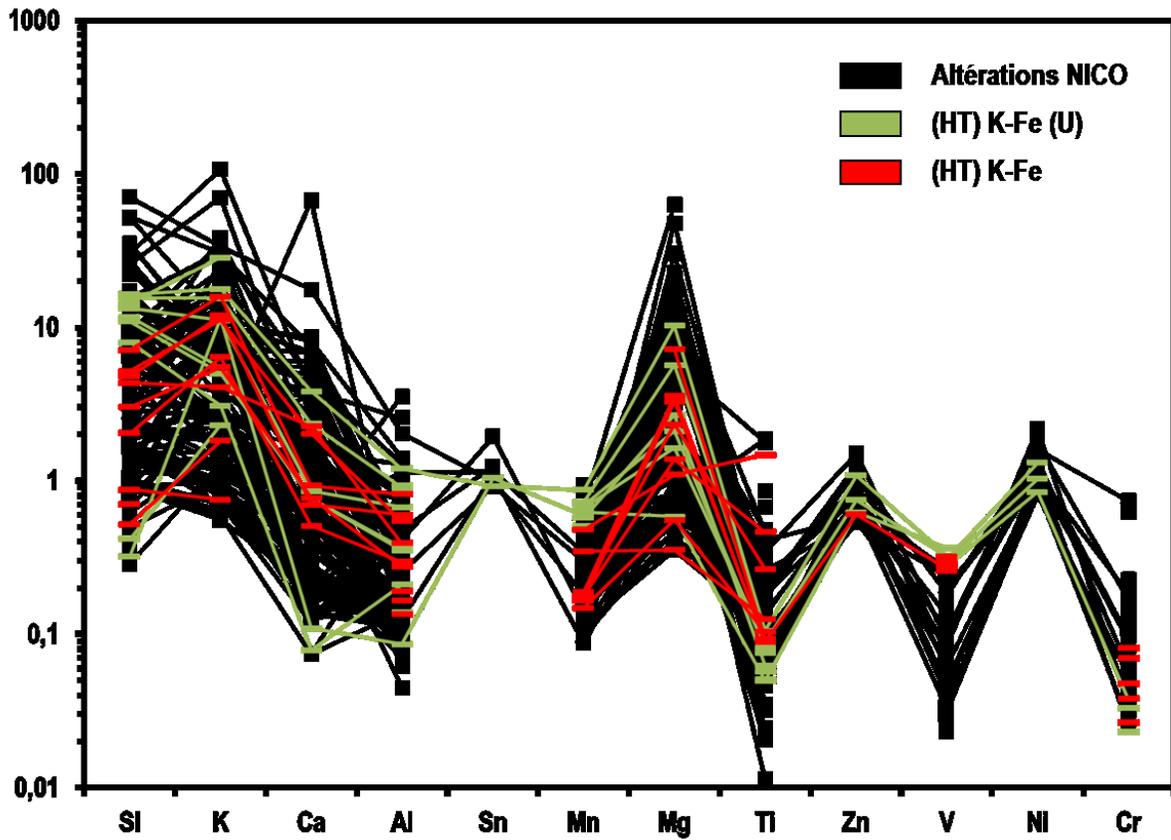


Figure 80 : Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite du gisement NICO (noir) et de la Southern Breccia (vert et rouge), normalisée à la moyenne de la magnétite ignée.

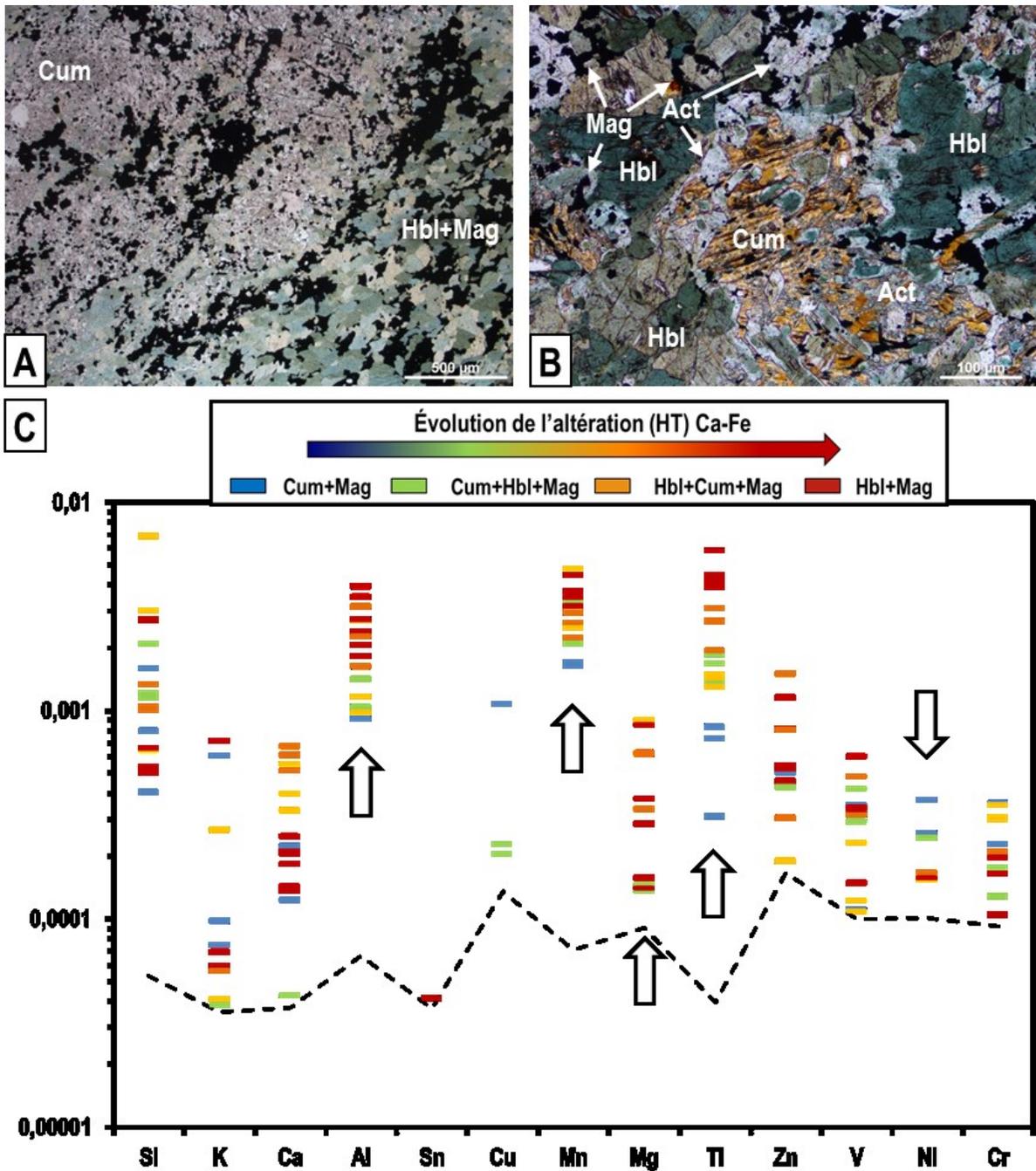


Figure 81 : Microphotographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite montrant la progression d'un remplacement (HT) Ca-Fe. Secteur Apy-Mag. A) Assemblage à cumingtonite+magnétite remplacé par l'assemblage à hornblende et magnétite. B) Zone de transition à actinolite entre la cumingtonite et la hornblende. C) Diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite montrant la progression d'un remplacement (HT) Ca-Fe. Secteur Apy-Mag.

7.3.4 Comparaison entre les différentes paragenèses

Les exemples décrits à la section précédente ont montré que la composition de la magnétite varie en fonction des paragenèses observées au sein d'un système. Dans certains cas, une augmentation ou une diminution progressive de la concentration d'un ou plusieurs éléments était observée en fonction de l'évolution du système hôte (p. ex. Port Radium-Echo Bay, Grouard et Terra). De plus, pour un même faciès d'altération, la composition de la magnétite change selon l'assemblage minéralogique. Trois échantillons associés à des paragenèses (HT) Ca-Fe sous forme de remplacement sur des roches sédimentaires ont été sélectionnés pour voir l'influence de l'assemblage minéralogique sur la composition de la magnétite. Le premier échantillon (09CQA-1020H04; Figure 82 A) provient du système du lac Cole et est composé d'un assemblage à augite, magnétite, hornblende, cummingtonite et allanite. Le deuxième échantillon (CQA-07-469H; Figure 82 B) est localisé près du gîte NICO et est composé d'actinote, de quartz et de magnétite. Le troisième échantillon (09CQA-144A02-2; Figure 82 C) a été prélevé à Terra et est composé d'épidote, magnétite, actinote et calcite. La figure 82 montre la composition de la magnétite des trois échantillons. Le passage d'un assemblage à clinopyroxène interprété de plus haute température vers un assemblage à épidote interprété de plus faible température est marqué par un enrichissement en Si, K et Ca et une diminution en V, Ni et Cr. L'altération à épidote montre également les plus fortes concentrations en Al, Mn, Mg et Ti. L'augmentation des concentrations en Si, K et Ca pourrait être expliquée par l'apparition progressive d'inclusions de minéraux silicatés dans les paragenèses généralement formées à une température moins élevée.

L'exemple précédent montre, qu'à l'échelle de la ZMGLO, des variations en éléments traces dans la magnétite sont observées pour un même type de paragenèse. Cependant, pour certaines paragenèses, la concentration de certains éléments dans la magnétite varie peu (p. ex. le V pour les paragenèses (HT) Na-Ca-Fe et (HT) K-Fe). Ces attributs permettent d'utiliser la composition de la magnétite comme outil de discrimination des types d'altérations à magnétite des systèmes IOAA. Une comparaison élément-par-élément a d'abord été effectuée de façon empirique afin de déterminer quelle combinaison d'éléments permettait de discriminer les principaux groupes d'altération (c.-à-d. (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe, (HT) K-Fe et (HT) Fe). Pour représenter le plus d'éléments sur le diagramme, les comparaisons ont été effectuées avec les concentrations en Al, Ca, Cr, K, Mg, Mn, Si, Ti et V qui présentent des concentrations majoritairement au-dessus de la limite de détection. De toutes les possibilités, le Ca et le V permettent de sectoriser les différentes altérations, qu'elles soient minéralisées ou non (Figure 83). La concentration en V de la magnétite des altérations (HT) Na-Ca-Fe est

généralement supérieure à celle de la magnétite des autres altérations et est similaire à celles de la magnétite ignée (monzodiorite, monzonite et porphyre). La concentration en V permet également de circonscrire l'altération (HT) K-Fe. Cependant, les altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe ont des concentrations très variables en V. En fait, les altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe riches en V proviennent du secteur de Port Radium-Echo Bay et ces altérations se superposent ou recoupent le remplacement (HT) Na-Ca-Fe. Aussi, les concentrations en Ca sont généralement plus élevées pour les altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe.

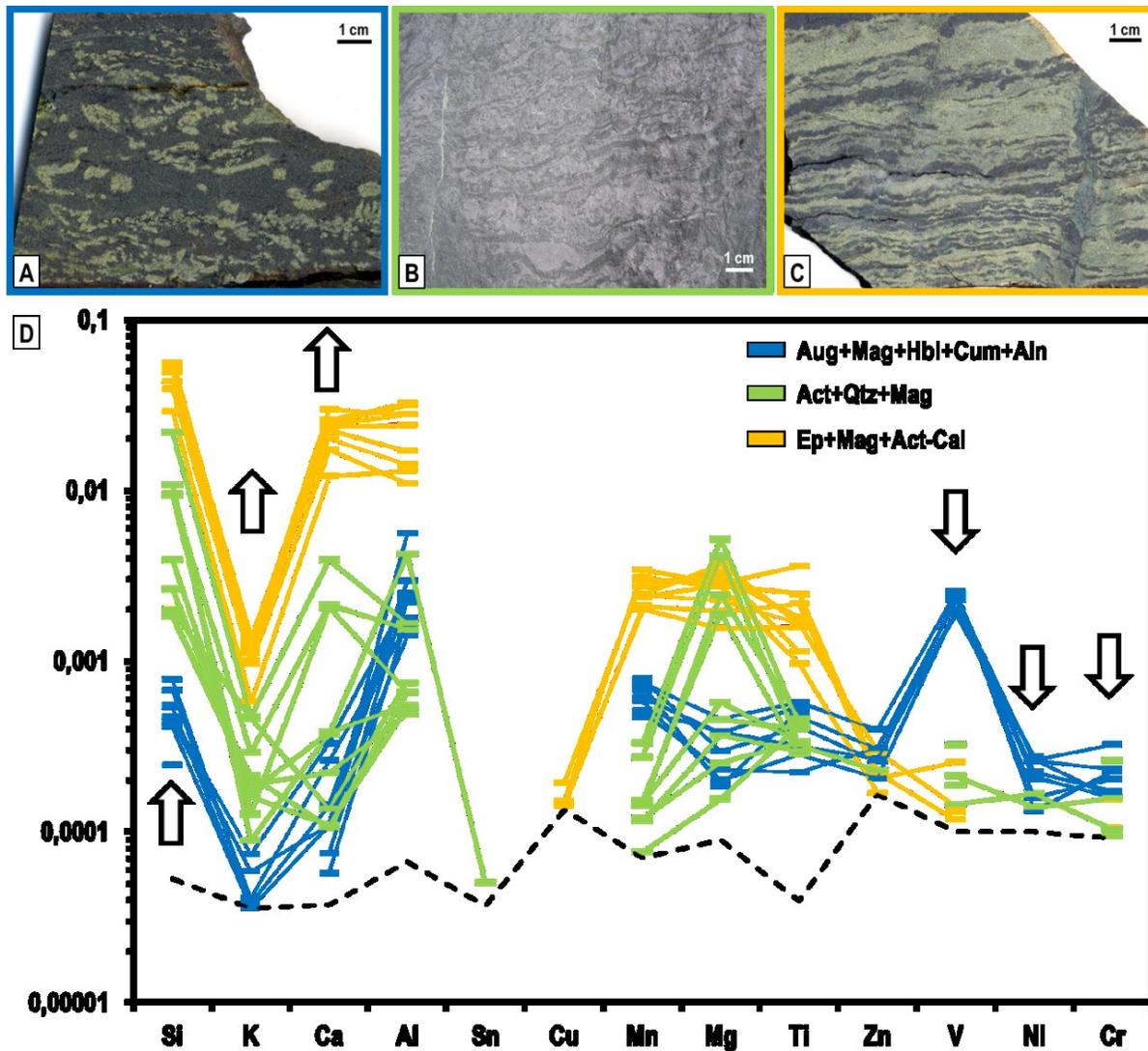


Figure 82 : Photographies et diagramme multi-éléments de la composition de la magnétite de trois paragenèses (HT) Ca-Fe sous forme de remplacement. Remplacements (HT) Ca-Fe à; A) augite, magnétite, hornblende, cummingtonite et allanite, échantillon 09CQA-1020H04; B) actinote, quartz et magnétite, échantillon CQA-07-469H; et C) épidote, magnétite, actinote et calcite, échantillon 09CQA-144A02-2. D) Composition de la magnétite de trois paragenèses (HT) Ca-Fe sous forme de remplacement.

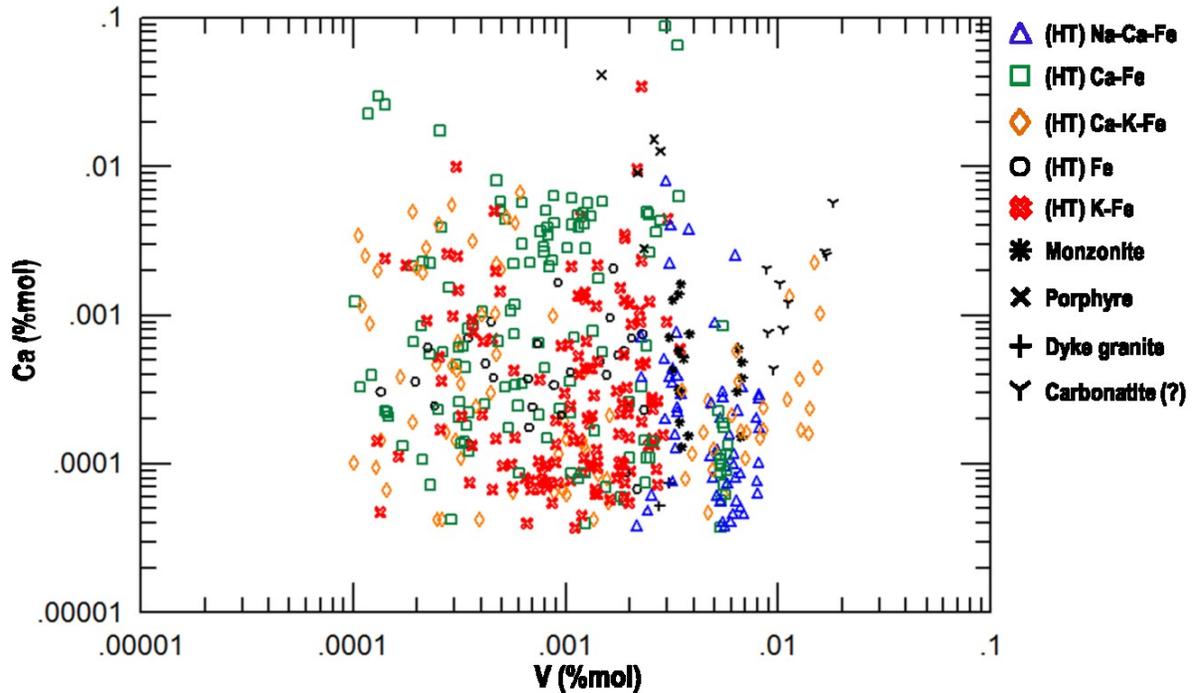


Figure 83 : Diagramme Ca vs. V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et les autres unités à magnétite.

La figure 84 présente le diagramme Si+Ca vs. Mn+V des concentrations de la magnétite des altérations et des autres unités à magnétite. Ces éléments ont été choisis suite aux résultats d'une analyse par composante principale. Cependant, le Ti n'a pas été inclue dans la somme des éléments de l'axe des X car la concentration en Ti est souvent d'un ordre de grandeur supérieur à celui du Mn et V et peut montrer des variations de concentration d'un ordre de grandeur pour une même altération. Ainsi, l'ajout du Ti au Mn et V annulerait le caractère discriminant du V. Les faibles concentrations en Si+Ca des altérations (HT) Na-Ca-Fe témoignent de la texture massive et homogène de la magnétite associée à cette altération formée à haute température. À l'inverse, la magnétite des altérations (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe a souvent des concentrations plus élevées en Si et Ca puisqu'elle contient des micro-inclusions de minéraux silicatés. Un groupe de magnétite associée à une paragenèse (HT) K-Fe est pauvre en Si et Ca et montre des concentrations similaires à celles de la magnétite des altérations (HT) Na-Ca-Fe. Cette magnétite, associée à une paragenèse (HT) K-Fe, correspond à la magnétite recristallisée qui se développe sur la magnétite d'une altération antérieure. La magnétite associée à l'altération (HT) Ca-K-Fe qui a de faibles concentrations en Mn et V correspond à une brèche qui recoupe les altérations (HT) Ca-Fe sous forme de remplacements à NICO. Les paragenèses (HT) Na-Ca-Fe ont des concentrations en éléments traces qui se distinguent des autres altérations et définissent un

champ qui leur est propre. Les roches précurseurs des altérations (HT) Na-Ca-Fe sont d'origine sédimentaire (échantillons CQA-05-195AG à Port Radium Echo Bay et 09CQA-1109B03 à South Duke) et volcanique (échantillons 09CQA-137A01 à Terra et CQA-05-0095A et CQA-05-0104A à Port Radium-Echo Bay). Ceci implique que la nature du précurseur n'a pas d'influence sur les altérations de haute température (HT) Na-Ca-Fe. Cependant, la magnétite des paragenèses (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe, (HT) Fe et (HT) K-Fe se superpose ce qui ne permet pas d'utiliser le diagramme Si+Ca vs. Mn+V comme diagramme discriminant.

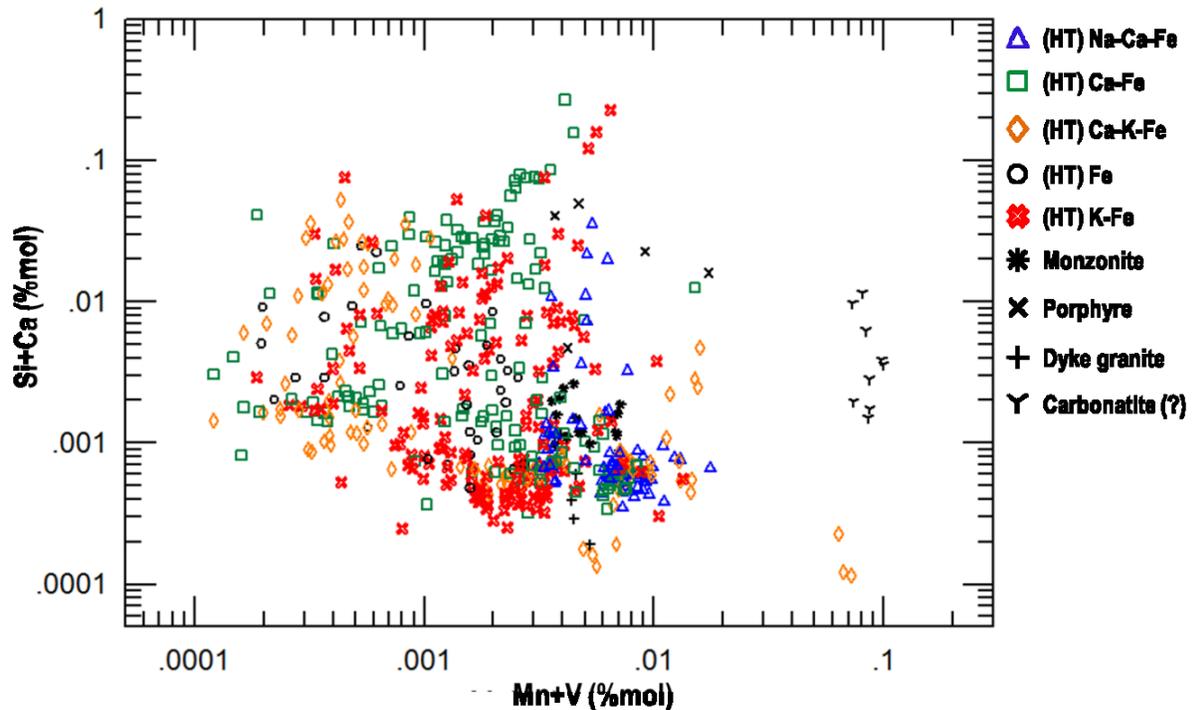


Figure 84 : Diagramme Si+Ca vs. Mn+V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et les autres unités à magnétite.

7.3.5 Comparaison entre les paragenèses minéralisées et stériles

Chaque altération identifiée sur les échantillons utilisés pour les travaux sur la composition de la magnétite a été catégorisée comme étant minéralisée ou stérile. Le terme «minéralisé» est utilisé lorsqu'une altération contient des minéraux ayant un potentiel économique (c.-à-d. sulfures ou oxydes à métaux usuels, précieux ou spécialisés). Les figures 85 et 86 présentent les mêmes éléments comparatifs que les diagrammes des figures 83 et 84 avec une distinction entre les paragenèses minéralisées et stériles.

Dans le diagramme Ca vs. V (Figure 85), la magnétite des altérations minéralisées est soit pauvre en V et riche Ca (paragenèse (HT) Ca-Fe) ou pauvre en Ca avec des concentrations faibles à intermédiaires en V (paragenèses (HT) K-Fe et (HT) Ca-K-Fe). Cependant, la magnétite des altérations minéralisées se superpose à un bon nombre de magnétite associée à des altérations stériles. Ce diagramme permet d'observer une tendance générale d'appauvrissement V pour la magnétite des altérations minéralisées mais ne permet pas de discerner la magnétite associée à une paragenèse minéralisée de celle qui est stérile.

Dans le diagramme Si+Ca vs. Mn+V (Figure 86), la magnétite des paragenèses minéralisées est pauvre en Mn+V comparativement à la magnétite des paragenèses stériles. De plus, la magnétite des paragenèses (HT) Ca-K-Fe minéralisées a des concentrations en Mn+V encore plus faibles que la magnétite des altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe stériles. La magnétite montrant des concentrations en Mn+V supérieures à 0,002 %mol. a de fortes chances d'être associée à des altérations stériles. Par contre, un grand nombre de magnétite associée à des paragenèses stériles sont dans le même champ que la magnétite associée à des paragenèses minéralisées.

Le diagramme Si+Ca vs. Mn+Ti+V (Figure 87) donne une répartition similaire de la magnétite associée à des altérations minéralisées par rapport à la magnétite d'altérations stériles qui est présentée au diagramme de la figure 86. L'ajout de Ti à la concentration en Mn et V restreint la zone couverte par la magnétite des altérations minéralisées sans toutefois éliminer de la zone la magnétite associée à des altérations stériles.

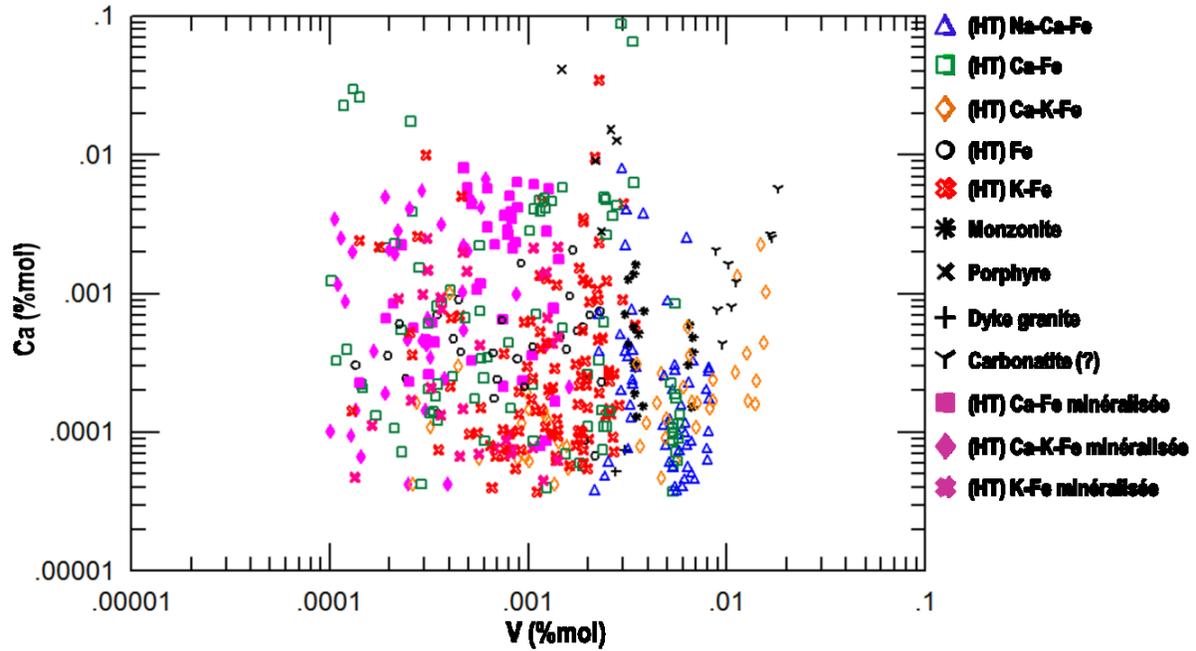


Figure 85 : Diagramme Ca vs. V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et les autres unités à magnétite.

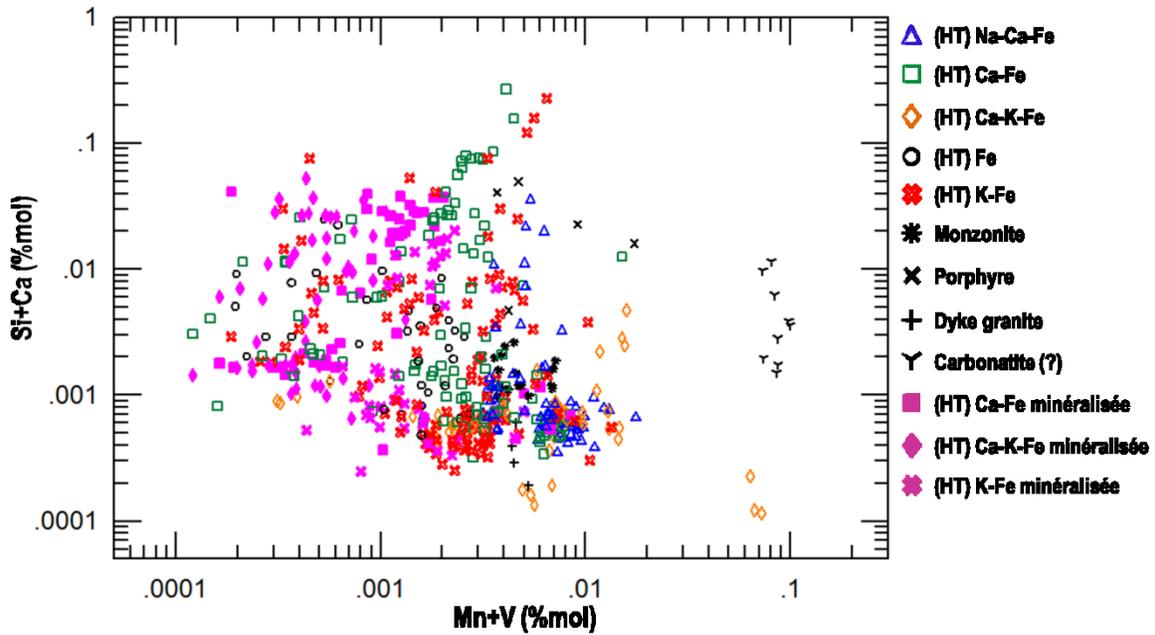


Figure 86 : Diagramme Si+Ca vs. Mn+V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et les autres unités à magnétite.

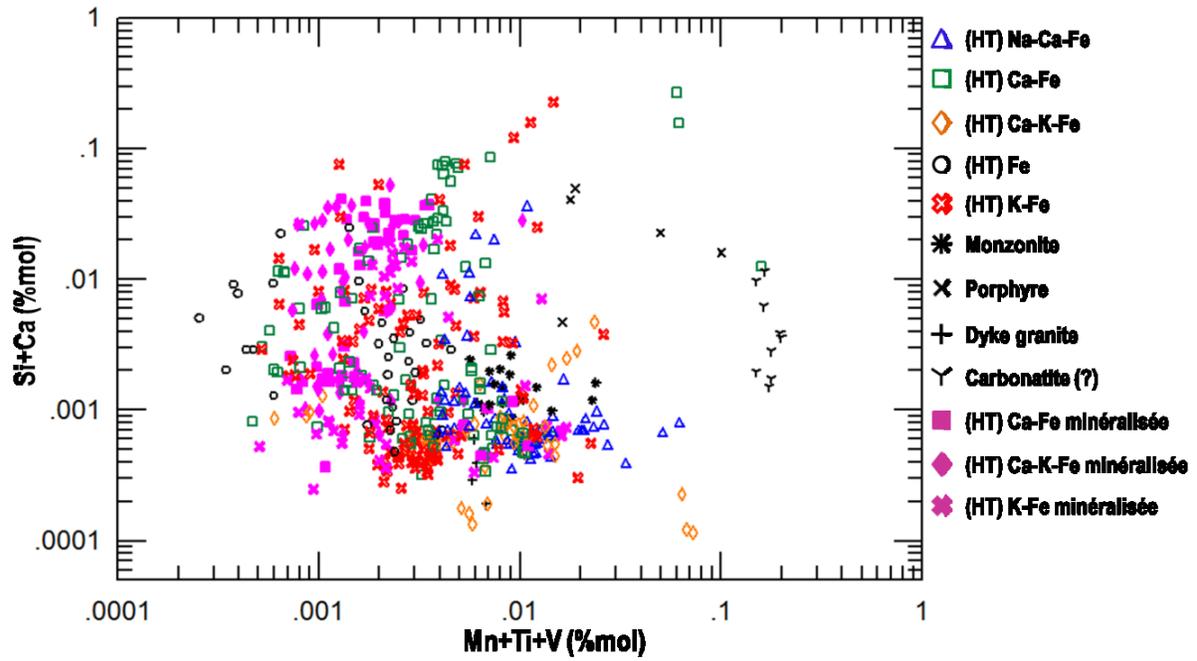


Figure 87 : Diagramme Si+Ca vs. Mn+Ti+V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et les autres unités à magnétite.

7.4 Relations entre la composition et les propriétés physiques de la magnétite

Plusieurs éléments peuvent être incorporés dans la structure cristalline de la magnétite. La composition en éléments traces de la magnétite pourrait affecter les propriétés physiques (c.-à-d. susceptibilité magnétique, résistivité électrique, etc.) de la magnétite et ainsi modifier la signature géophysique des différentes paragenèses, minéralisées ou non (Clark, 2013). Seize (16) analyses de susceptibilité magnétique, provenant des travaux de Enkin (données inédites 2015), ont pu être associées aux échantillons dans lesquels des analyses de la composition de la magnétite ont été effectuées. Ces résultats sont préliminaires et s'inscrivent dans une démarche visant à intégrer divers éléments pour déterminer l'influence de la concentration en éléments traces dans la magnétite.

La figure 88 présente la susceptibilité magnétique d'un échantillon affecté par une altération à magnétite en fonction de la concentration en Si dans la magnétite. Pour trois altérations minéralisées, la susceptibilité magnétique est relativement élevée comparativement aux altérations stériles. Pour un échantillon associé à un remplacement (HT) Ca-Fe contenant environ 5% de magnétite, la concentration en Si dans la magnétite est plus élevée que dans la magnétite d'une veine (HT) Ca-Fe. Dans les deux cas, la texture de la magnétite est similaire avec des grains massifs présentant peu d'inclusions. Des plus fortes concentrations en Si dans la magnétite du remplacement (HT) Ca-Fe pourrait expliquer une plus faible susceptibilité magnétique de la magnétite.

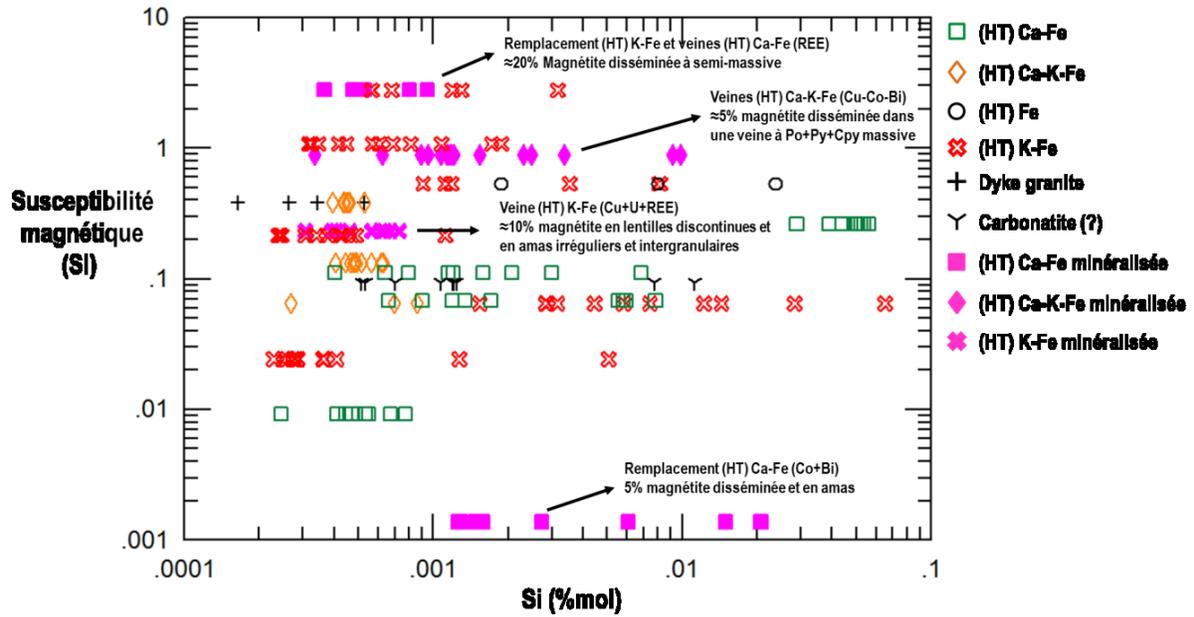


Figure 88 : Susceptibilité magnétique en fonction de la concentration en Si dans la magnétite. Comparaison entre des altérations minéralisées et stériles.

CHAPITRE 8 :

DISCUSSION

8.1 Introduction du chapitre

Cette étude a permis d'identifier certaines caractéristiques de la magnétite pouvant être utilisées afin de trouver les zones minéralisées associées aux systèmes IOAA. Le type d'altération, les assemblages minéralogiques propres à chaque paragenèse d'altération et la distribution, la texture et la chimie de la magnétite sont des éléments pouvant être utilisés comme vecteur d'exploration en vue d'identifier des zones minéralisées et qui contribuent également à la compréhension générale de ces systèmes.

8.2 Les types d'altération

Les observations pétrographiques ont permis d'identifier plusieurs contextes de mise en place des altérations en éléments alcalins magnétifères dans la ZMGLO. La figure 89 présente une coupe stratigraphique synthétisée de certains systèmes IOAA étudiés et un condensé des paragenèses d'altération pour chaque système est présenté à l'annexe V. Ces deux éléments permettent de faire ressortir les altérations prédominantes ainsi que leurs types de mise en place selon les différents systèmes.

Les systèmes matures (c.-à-d. Port Radium-Echo Bay, Grouard, Terra, Fab, Sue-Dianne, Cole et Lou) présentent des altérations sodiques bien développées, généralement en plages ou stratoïde. Pour les altérations (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe, la nature du précurseur a peu d'influence sur le type et le style de l'altération, qui a également tendance à détruire les textures du précurseur. Les quelques occurrences de veines et de brèches (HT) Na-Ca-Fe sont associées à une forte imprégnation des épontes où l'épaisseur de la zone de diffusion dans l'encaissant est plus grande que l'épaisseur du conduit. Ensemble, ces caractéristiques impliquent une circulation importante de fluides hydrothermaux de haute température, fortement corrosifs. Dans les systèmes où se trouve des gîtes ou d'anciennes exploitations (p.ex. Lou, Sue-Dianne, Port Radium-Echo Bay et Terra) l'altération sodique est omniprésente et facilement reconnaissable malgré la superposition d'altération subséquente. Une vaste zone d'altération (HT) Na et/ou (HT) Na-Ca-Fe, avec ou sans magnétite, s'avèrent être un excellent indice du potentiel métallifère

d'un système de par l'ampleur de la cellule hydrothermale impliquée dans la formation du système IOAA.

Le type et le style de remplacement des autres paragenèses à magnétite (c.-à-d. (HT) Ca-Fe, (HT) Fe, (HT) Ca-K-Fe, (HT) K-Fe et skarn) sont influencés par la nature du précurseur, sauf lorsque l'intensité du remplacement est fort à intense. Le remplacement stratoïde prédomine dans les unités sédimentaires (p.ex. les systèmes de Terra, Grouard, Cole et Lou) et est généralement associé à une altération calcique (c.-à-d. (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et skarn). Pour tout type de paragenèse d'altération, le remplacement en plages remplace sélectivement la matrice et/ou les phénocristaux des unités volcaniques porphyriques (p.ex. Port Radium-Echo Bay, Fab et Sue-Dianne) ou certains lits des unités sédimentaires. De plus, pour une même paragenèse d'altération, le volume de roche remplacé semble plus important lorsque le remplacement affecte les unités sédimentaires et volcanoclastiques plutôt que les unités volcaniques porphyriques massives. Le volume de roche affecté par un type de remplacement décroît également en fonction de la paragenèse d'altération où les paragenèses précoces (p.ex. (HT) Na ou (HT) Na-Ca-Fe) ont une plus grande empreinte que les paragenèses plus évoluées (p.ex. (HT) K-Fe). Les paragenèses (HT) K-Fe peuvent constituer des zones de remplacement intense qui demeurent toutefois associées à des zones de faille majeures (p.ex. Southern Breccia, Sue Dianne et Fab).

Les paragenèses (HT) Ca-Fe, (HT) Fe et (HT) Ca-K-Fe se trouvent surtout sous forme de veines massives, d'épaisseur centimétrique à métrique, qui recoupent les unités volcaniques ou se mettent en place entre ou le long des lits des unités sédimentaires (p.ex. Fab, Ham, JLD, Cole, Lou). Quelques occurrences de brèches à altération calcique à fer sont identifiées et présentent une forte assimilation des fragments. Ces brèches sont toujours locales, d'envergure métrique et se développent à partir d'une zone de remplacement ou d'un réseau de veines. Parfois, les altérations calciques à fer forment un remplacement de style anastomosé d'aspect bréchique. Les conditions physico-chimiques présentes lors du développement des paragenèses calciques ne favoriseraient pas la formation de brèches mais plutôt le développement de veines et de zones de remplacement tel que décrit dans Corriveau et al. (2010a).

Le développement de brèches est plutôt associé à la composante potassique du système (c.-à-d. paragenèses (HT) Ca-K-Fe riche en feldspath-K et (HT) K-Fe), tout comme la précipitation régulière de sulfures. Le degré de maturité des brèches est varié dans les différents systèmes mais leur développement semble contemporain au refroidissement de la cellule hydrothermale.

L'identification d'altérations potassiques à fer conjointement avec une zone de déformation fragile-ductile ou fragile majeure correspond au principal vecteur vers une zone minéralisée.

8.3 Les assemblages minéralogiques des paragenèses d'altération

Chaque type de paragenèses d'altération comprend une gamme de minéraux qui lui est associée. Le tableau 5 regroupe l'ensemble des minéraux de la gangue et de la minéralisation observé pour chaque type de paragenèses d'altération. Les principaux minéraux constituant l'altération sont directement associés avec le type de paragenèse tandis que les minéraux d'altération retrouvés en traces ou rarement observés dans un certain type d'altération sont parfois au sein de différentes paragenèses (p.ex. l'allanite dans la paragenèse (HT) K-Fe). Un ou plusieurs minéraux majeurs peuvent être absents d'une paragenèse d'altération, tout comme les minéraux traces et ceux constituant la minéralisation. Les minéraux associés à la minéralisation sont observés occasionnellement à rarement à l'extérieur des principaux indices. L'abondance de magnétite varie grandement pour une même paragenèse d'altération, passant de moins de 1% à plus de 50%. Dans cette étude, aucune corrélation n'a été observée entre le pourcentage de magnétite et la présence/abondance de minéralisation. Cependant, les gîtes de NICO et Sue-Dianne ont des corps minéralisés comprenant plus de 15% de magnétite et/ou hématite, tout comme les principaux indices à Terra, Fab, Ham et JLD, indiquant au moins une forte association spatiale avec les oxydes de fer.

Les altérations (HT) Ca-Fe et les altérations calciques transitionnelles (c.-à-d. (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe) sont associées à un enrichissement en W, Th, terres rares légères et modestement en Cu, Co et Bi tels qu'observés dans ce mémoire par l'étude pétrographique et caractérisés géochimiquement par Montreuil et al. (2016 et données inédites). L'apparition de phases minérales potassiques coïncide avec l'arrivée des terres rares lourdes à la paragenèse (HT) Ca-K-Fe tels qu'observé aux planches 34 et 49. Ensuite, l'enrichissement en Cu (chalcopyrite), Au, U (uraninite) et Mo (molybdénite) est associé à la paragenèse (HT) K-Fe tels qu'observé aux planches 14, 34, 37, 43, 55, 80, 99 et 100. Ainsi, la paragenèse d'altération peut être considérée comme un vecteur d'exploration en fonction du ou des métaux ciblés.

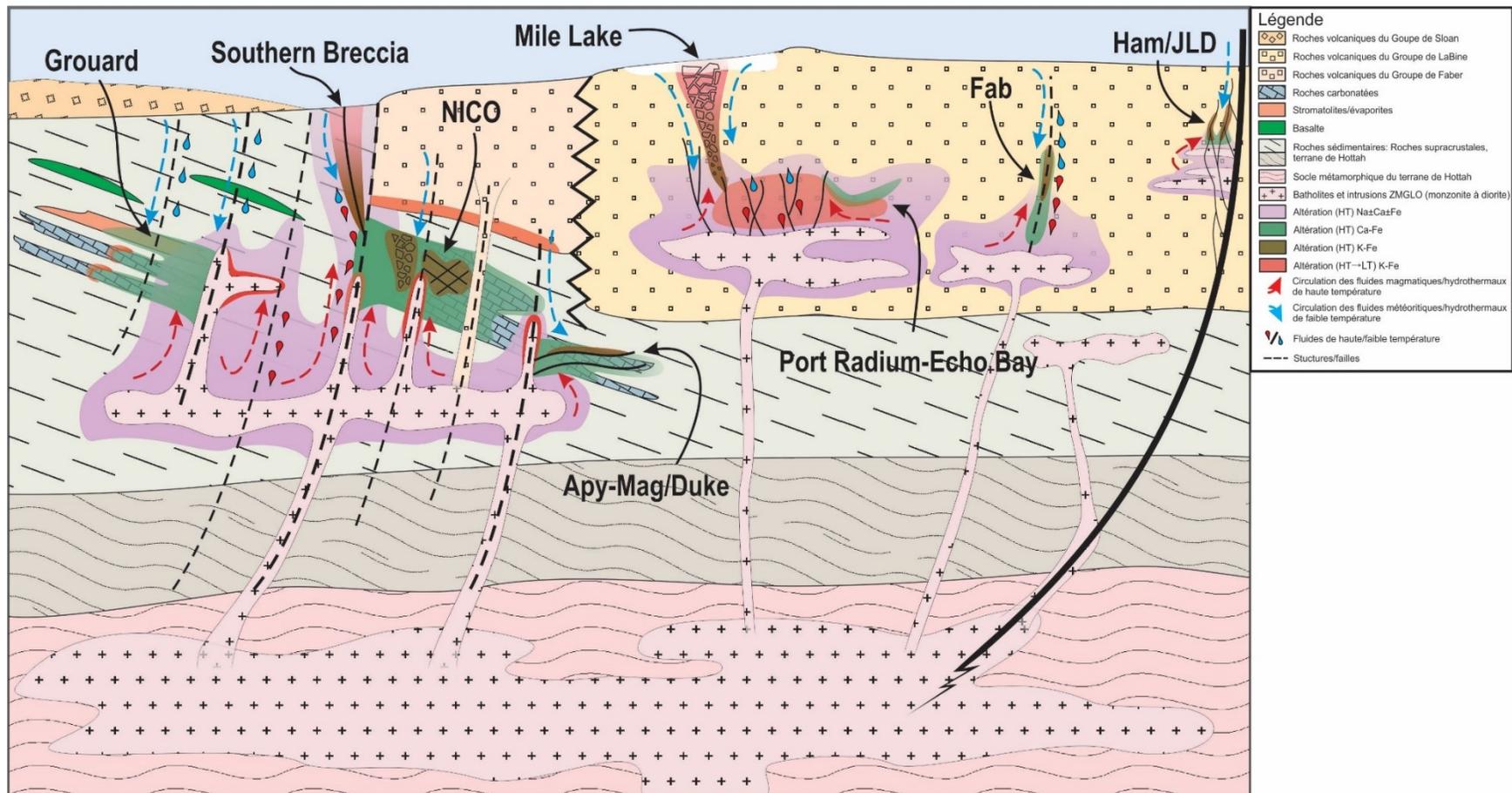


Figure 89 : Modèle schématique du développement systémique des altérations en éléments alcalins à oxydes de fer dans la zone magmatique du Grand lac de l'Ours. Le contexte de formation de certains types de systèmes est présenté. L'échelle horizontale est environ de 10 fois celle de l'échelle verticale.

Tableau 5: Minéraux de la gangue et de la minéralisation des différentes paragenèses d'altération. Pour les minéraux de la gangue, les minéraux majeurs sont en gras, ceux en traces sont en police normale et ceux en rares occurrences en italique. Pour les minéraux de la minéralisation, la police normale correspond à une occurrence commune des minéraux tandis que ceux en italique sont rares au sein de la paragenèse.

Paragenèse	Minéraux de la gangue	Minéralisation
(HT) Na±Ca±Fe	Ab, Am (Act-Hbl), Mag, Ap, Cpx (Aug); Ttn, Rt, Zrn, Qtz; <i>Cal, Bt, Fl, Chl</i>	(La-Ce-Nd-Pr) Aln; <i>Mnz, thorite, (Ce-Nd) parisite, (Y-Ce-Nd) Urn, scheelite</i>
(HT) Ca-Fe	Am (Act-Hbl-Cum), Mag, Ap, Cpx (Aug), Aln; Grt (And), Ep, Ttn, Cal, Chl, Qtz, Rt; <i>Fl, saponite, oxydes de Fe-Ti, chloritoïde</i>	Po, Apy, Cpy, Py, sulfures de Co-Bi, bismuthinite, scheelite, (Ce-La-Nd) Aln, (U-Y-Ce-Nd-Ir) thorite, (Nd-La-Ce-Pr) parisite, oxydes d'Y <i>Urn, Au, skuterrudite</i>
(HT) Fe	Mag, Ap, Qtz; Chl, Rt, Grt	Py, Apy, Cpy, Mzn, Xtm, thorite; <i>Sp, oxydes de Y-Nb, molybdénite</i>
(HT) Ca-K-Fe	Am (Hbl-Act), Kfs, Mag, Bt, Cpx (Aug), Grt, Ap; Chl, Pmp, Qtz, Ttn; <i>Cal, Zrn, Fl, oxydes de Fe-Ti</i>	Py, Po, Cpy, Apy, Mrc, sulfures de Co-Bi, (Y) Aln, Mnz, Xtm, (Ce-Nd-U-Y) thorite; <i>Urn, Sp, bastnaesite</i>
(HT) K-Fe	Bt, Kfs, Mag, Qtz; Ap, Ser, Msc, Zrn, Rt, Ttn, oxydes de Fe-Ti-Mn; <i>Chl, Ilm, Aln, Fl, Cal, odinite</i>	Py, Cpy, Apy, sulfures de Co-Bi, molybdénite, Mnz, Xtm, Urn, Au natif; <i>(Y-Ce-La) Aln, thorite, yttrialite, Gn, sulfures de Pb-As-Ni, oxydes de Th-U-Y-Zr</i>
Skarn	Cpx (Aug), Grt (And), Cal, Ep, Ab, Mag, Ap, Qtz; Chl, Ttn	Py

8.4 La texture de la magnétite

La magnétite exhibe différentes textures qui diffèrent selon le type d'altération et leur diverse paragenèse. Le tableau 6 regroupe l'ensemble des occurrences de magnétite observé dans cette étude. La distribution et la forme de la magnétite est similaire pour différents types d'altérations et de paragenèses ce qui ne permet pas d'utiliser uniquement la texture de la magnétite comme caractéristique discriminante pour discerner les paragenèses ni celles qui sont stériles de celles fertiles. Néanmoins, les paragenèses (HT) Na-Ca-Fe forment généralement des cristaux de magnétite idiomorphes à subidiomorphes qui se distinguent généralement des autres paragenèses à magnétite. Aussi, pour l'ensemble des paragenèses d'altération, lorsque le degré d'intensité de l'altération est faible à moyen, la magnétite tend à être poreuse et à contenir des inclusions de minéraux silicatés provenant de la même paragenèse d'altération. Pour un degré d'altération fort à intense, la magnétite est exempte de porosités/inclusions et présente un aspect massif uniforme.

Certains grains de magnétite contiennent des micro-inclusions de sulfures ou d'oxydes minéralisés. Ces minéraux, représentatifs de la minéralisation généralisée à l'ensemble de la paragenèse d'altération, sont encapsulés dans la magnétite et peuvent être utilisés comme indicateur de la fertilité d'un système lorsque les grains de magnétite sont pris hors de leur contexte de formation (p.ex. lors de forages destructifs ou un levé de till).

Tableau 6: Texture de la magnétite d'après la paragenèse et le type d'altération.

Altération	Type	Distribution	Forme/aspect
(HT) Na±Ca±Fe	Remplacement : - Plage, stratoïde, front d'altération, lentille, poche, amas; - Généralisé, pénétratif, sporadique, sélectif, halos de fractures	Massive, agrégat, disséminée, filament, intercrystalline/insertale, bande discontinue, plage irrégulière	Allotriomorphe, hypidiomorphe, idiomorphe, irrégulière, grenue, arrondie
	Veine : - Simple, réseau parallèle, recoupant, anastomosé; - Massive, rubanée, zonée, imprégnation des épontes	Intercristalline, disséminée aux épontes, concentré au contact	Hypidiomorphe
	Brèche - Fragments polygéniques, anguleux à sub-arrondis, altérés; - Fragments supportés par la matrice, alignés; - Chaotique, imprégnation et dissolution des fragments	Massive, disséminée, glomérocristaux, matricielle, plage irrégulière diffuse, imprégnation de fragments, en inclusion, hétérogène	Allotriomorphe, grenue, avec micro-inclusions
(HT) Ca-Fe	Remplacement : - Plage, stratoïde, front d'altération, lentilles, bandes, poches, amas; - Généralisé, pénétratif, sélectif, sélectif-phénocristaux/mésostase, sporadique	Massive, disséminée, plage irrégulière, plage intercrystalline, agrégat, picot, lit/lamine, bande, couronne, pseudomorphe, matricielle, en inclusion, bigarrée, hétérogène, hétérogranulaire, injections	Allotriomorphe, hypidiomorphe, grenue, irrégulière, poreuse, avec lamelles d'exsolution, joints de grains soudés, bordures lobées
	Veine : - Simple, réseau parallèle, recoupant, anastomosé, stockwork; - Massive, zonée, bréchique, rubanée, en couches, pseudo-aciculaire, en éventail, diffuse, composite, discontinue, imprégnation des épontes	Massive, matricielle, disséminée, agrégat, ruban, équigranulaire, hétérogranulaire, hétérogène	Allotriomorphe, hypidiomorphe, idiomorphe, grenue, zonée, irrégulière, avec micro-inclusions, allongée, plaquettes
	Brèche : - Fragments monogéniques, altérés, sub-anguleux, irréguliers; - Fragments supportés par la matrice; - Signe de dissolution	Matricielle, interstitielle, amas irrégulier, disséminée	Allotriomorphe, irrégulière
(HT) Fe	Remplacement : - Plage, stratoïde, lentille; - Généralisé, pénétratif, sporadique	Massive, intercrystalline, boudin, lentille, lit/lamine, couche, bande, agrégat, hétérogranulaire, disséminée, en inclusions	Allotriomorphe, hypidiomorphe, idiomorphe, grenue, arrondie, irrégulière, lambeaux
	Veine : - Simple, réseau parallèle; recoupant, anastomosé; - Massive, zonée, discontinue, diffuse	Massive, plage irrégulière	Allotriomorphe, hypidiomorphe, poreuse, joints de grains soudés
	Brèche : - Fragments polygéniques altérés, supportés par la matrice	Massive, matricielle	Hypidiomorphe idiomorphe, grenue
(HT) Ca-K-Fe	Remplacement :	Disséminée, bigarrée	Allotriomorphe, hypidiomorphe

	<ul style="list-style-type: none"> - Plage, stratoïde, amas; - Généralisé, pénétratif, sélectif, sporadique, imprégnation des épontes 		
	<p>Veine :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simple, réseau parallèle, recoupant, anastomosé, stockwork; - Massive, déformée, zonée, composite, imprégnation des épontes, diffuse, en couches, foliée, bréchiq 	Massive, boudin, lamine, intercrystalline, plage irrégulière, agrégat irrégulier, disséminée aux épontes, halo, cœur de la veine, fluidale, disséminée, picot, en inclusion, hétérogranulaire, hétérogène	Allotriomorphe, hypidiomorphe, idiomorphe, grenue, compacte, bordure de corrosion, poreuse, baguettes, plaquettes, avec micro-inclusions, joints de grains soudés, zonée, globuleuse
	<p>Brèche :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réseau de fractures bréchiq, stockwork; - Fragments altérés, supportés par la matrice, hétérogènes 	Massive, agrégat irrégulier, plage zonée, plage irrégulière, couronne, en inclusion, hétérogranulaire	Allotriomorphe, subidiomorphe, joints de grains soudés, avec micro-inclusions
(HT) K-Fe	<p>Remplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plage, stratoïde, front d'altération, lentille, poche; - Généralisé, pénétratif, sélectif, sélectif-fragments, sélectif-minéral, sporadique, picot, îlot 	Massive, massive-mésostase, niveau, lentille, ruban discontinu, lit, plage irrégulière, plage diffuse, intercrystalline, intergranulaire, picot, agrégat, amas allongé, disséminée, pseudomorphe, en micro-inclusion, hétérogranulaire, hétérogène	Allotriomorphe, hypidiomorphe, idiomorphe, irrégulière, baguettes, avec micro-inclusions, lamelles d'exsolution, poreuse, recristallisée, zonée, compacte
	<p>Veine :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réseau parallèle, anastomosé, stockwork; - Massive, zonée, discontinue imprégnation des épontes, 	Intercristalline, intergranulaire, agrégat, disséminée, hétérogène	Allotriomorphe, hypidiomorphe, grenue, poreuse, zonée, irrégulière, joints de grains soudés
	<p>Brèche :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fragments monogéniques ou polygéniques, arrondis à anguleux, altérés, signe de dissolution; - Fragments autosupportée ou supportés par la matrice; - Évolue en veines ou stockwork; - Zone de cisaillement, brèche tectono-hydrothermale, mature 	Massive, plage irrégulière, agrégat, disséminée, en inclusion	Allotriomorphe, hypidiomorphe, grenue, irrégulière, avec micro-inclusions, poreuse, plaquette, globuleuse
Skarn	<p>Remplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plage, stratoïde, lentille; - Généralisé, pénétratif, sélectif-lits; 	Plage irrégulière, agrégat irrégulier, disséminée	Allotriomorphe, hypidiomorphe, grenue, irrégulière, avec micro-inclusions, lobée
	Veine : Réseau recoupant		
	Brèche : Fragments monogéniques altérés, mature		

8.5 La chimie de la magnétite

Les analyses des éléments traces de la magnétite ont révélé une différence entre la magnétite des roches ignées et celle associée aux altérations en éléments alcalins. Dans la ZMGLO, la magnétite présentant les plus fortes concentrations en Ti, V et Cr est retrouvée dans les intrusions de monzonite et monzodiorite ainsi que et dans les dykes de granite et la veine carbonatée atypique (carbonatite ?). Sur les diagrammes de la concentration en éléments traces, la magnétite ignée montre un patron en dents de scie caractéristique de la magnétite ignée (p.ex. Figure 53). Ce patron n'est pas observé dans la magnétite associée aux altérations en élément alcalins à magnétite qui présente de plus faibles concentrations en V, Ni et Cr, indiquant des conditions de cristallisation distinctes.

La prédisposition de la magnétite à contenir des inclusions de minéraux silicatés, de sulfures et d'oxydes et la vaste gamme d'éléments pouvant être incorporés dans la structure cristalline de la magnétite révèlent que la magnétite se comporte comme un excellent capteur. La texture et la composition de la magnétite dépendent des conditions physico-chimiques dans lesquels la magnétite s'est formée. À titre d'exemple, la figure 90 présente les indices des altérations en éléments alcalins à oxydes de fer développé par Montreuil et al. (2013) dans lequel les concentrations totales des roches ont été remplacées par les concentrations en éléments traces de la magnétite. Les valeurs du Na et Fe ne sont pas incluses dans les indices car le sodium n'a pas été analysé et le fer est un élément majeur dans la magnétite. La magnétite associée aux altérations (HT) K-Fe tombe préférentiellement dans les champs des altérations potassiques avec ou sans oxydes de fer. De plus, la majorité des altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe sont localisées dans les champs des altérations calciques ± potassiques à fer. La corrélation entre la composition de la magnétite et la composition de la roche totale n'est pas exacte mais les tendances globales suggèrent que la structure cristalline de la magnétite permet d'enregistrer la composition du fluide formant l'altération à magnétite.

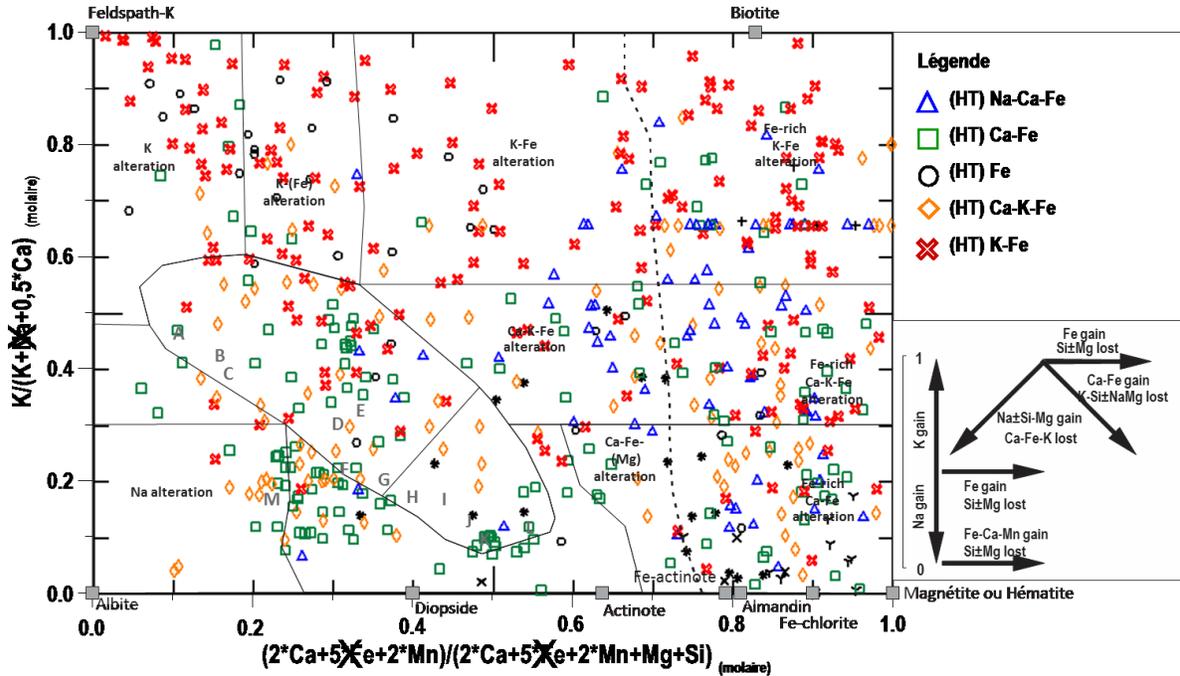


Figure 90 : Concentration en éléments traces dans la magnétite reportée dans le diagramme des indices des altérations en éléments alcalins à oxydes de fer, adapté de Montreuil et al. (2013). Certains éléments trop abondants ou non détectables dans la magnétite mais utilisés dans les indices lithogéochimiques de Montreuil et al. (2013) sont marqués d'un X pour signifier qu'ils n'ont pas été utilisés dans les calculs.

Les chapitres précédents ont montré que la composition de la magnétite diffère entre les paragenèses, au sein d'une même paragenèse ainsi qu'entre les paragenèses minéralisées et stériles mais que ces différences sont régulières lorsque l'ensemble des données d'un système sont pris en compte, une observation aussi faite par Dupuis et Beaudoin (2010). Sur l'ensemble des éléments analysés, le V permet de discriminer les paragenèses (HT) Na-Ca-Fe et (HT) K-Fe des altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe. La concentration en V dans la magnétite varie en fonction des conditions de fugacité d'oxygène. Ainsi, le vanadium a un état d'oxydation 3+ dans des conditions plus réductrices et 4+ ou 5+ dans des conditions plus oxydantes. Puisque la différence entre le rayon ionique du vanadium et du fer est faible (c.-à-d. 54 pico mètre pour V et 55 pico mètre pour Fe), le V^{3+} peut se substituer au Fe^{3+} dans la structure de la magnétite (Goldschmidt, 1954; Lindsey, 1991). Pour incorporer la structure de la magnétite, le V^{4+} doit se coupler à un cation Fe^{2+} selon la réaction d'équilibre : $V^{4+} + Fe^{2+} \rightleftharpoons V^{3+} + Fe^{3+}$ (Toplis et Carroll, 1995). Pour une fugacité d'oxygène élevée, le vanadium a un état d'oxydation de 5+ et est incompatible dans la structure de la magnétite. La compatibilité décroissante du V dans la magnétite pour des conditions plus oxydantes explique les fortes concentrations en V de la

magnétite des paragenèses (HT) Na-Ca-Fe qui se forment à haute température et aux stades précoces plus réducteurs du développement d'un système IOAA.

L'analyse par composantes principales effectuée sur les éléments traces de la magnétite a révélé que le V et le Mn avaient des comportements similaires dans la magnétite. Dans des carbonatites, Reguir et al. (2008) ont observé que les concentrations en V et Mn de la magnétite étaient régies par la fugacité d'oxygène et étaient diamétralement opposées. La figure 91 montre que les paragenèses minéralisées ont des concentrations plus faibles en Mn et V que la plupart des paragenèses stériles. Ainsi, les altérations formées dans des conditions plus oxydantes auraient un meilleur potentiel de former des zones minéralisées que les altérations formées dans des conditions plus réductrices (Benavides et al., 2007). Cette analyse concorde avec le modèle de Corriveau et al. (2010a) dans lequel les altérations les plus fertiles sont associées aux altérations potassiques à fer à la transition magnétite-hématite. Dans la ZMGLO, les concentrations en Mn sont plus faibles dans la magnétite des altérations minéralisées que dans la magnétite des altérations stériles. Ces valeurs diffèrent des travaux de Carew (2004) qui montrent un enrichissement en Mn caractéristique de la magnétite du dépôt de Ernest Henry comparativement à la magnétite non-minéralisées.

Les altérations composées d'assemblages de basse température où les remplacements de faibles intensités forment couramment de la magnétite comprenant des pores, des inclusions de silicates, de sulfures ou d'oxydes ainsi que des reliques du précurseur. Aussi, une augmentation de la concentration en Si, K, Ca, \pm Al et \pm Mg dans la magnétite est généralement observée conjointement avec l'évolution des altérations au sein d'un système. Ainsi, l'axe vertical des diagrammes des figures 84 et 86 représenterait la température et/ou l'intensité de l'altération (Si+Ca).

Suite à la reconnaissance d'importantes variations dans la concentration en éléments traces de la magnétite formée par des processus métasomatiques et hydrothermaux, des diagrammes discriminants ont été développés afin d'associer la composition de la magnétite à un type de gîte (Singoyi et al., 2006; Kamvong et al., 2007; Rusk et al., 2009; Beaudoin et Dupuis, 2010; Dupuis et Beaudoin, 2011; Nadoll et al., 2012; Boutroy et al., 2014). Dupuis et Beaudoin (2011) ont développés le diagramme Al+Mn vs. Ti+V qui permet de différencier la moyenne des grains de magnétite des gîtes de type IOCG, IOA, porphyres, skarn, les formations de fer rubanées (BIF) et les gîtes à Fe-Ti. Bien que les auteurs spécifient que leurs discriminants ne sont valides que pour des moyennes d'analyses de cristaux de magnétite d'un même échantillon, la composition de l'ensemble des magnétites analysées est reportée sur ce diagramme (Figure 92).

Globalement, la magnétite associée à des altérations minéralisées se trouve près ou dans le champ IOCG. Toutefois, une grande proportion de magnétite associée à des paragenèses (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe stériles tombent également dans le champ IOCG. Aussi, le diagramme ne permet pas de distinguer les paragenèses (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe minéralisées. Selon Hitzman et al. (1992) et Corriveau et al. (2010a), les gîtes IOCG sont associées à des paragenèses (HT) K-Fe tandis que les gîtes IOA sont associées à des paragenèses (HT) Ca-Fe (Figure 1). Dans le diagramme, les altérations (HT) Ca-Fe sont comprises à l'intérieur du champ IOCG alors qu'elles devraient se trouver dans le champ IOA. Les altérations stériles (HT) Na-Ca-Fe sont retrouvées dans les champs porphyres et IOA dû à leur forte concentration en V comparativement aux altérations de plus basse température. Si l'ensemble des magnétites analysées avaient été prélevées lors d'un levé de till couvrant l'ensemble de la ZMGLO, ce diagramme aurait annoncé la présence de gîtes de types IOCG, IOA, porphyres, formation de fer et skarns. La présence d'inclusions de sulfures dans la magnétite, typique de la magnétite des paragenèses minéralisées étudiées, ne peut être un élément discriminant puisque des sulfures sont également identifiées dans la magnétite de d'autres types de gîtes incluant les porphyres (Chiaradia et al., 2012; Ghosh et al., 2013).

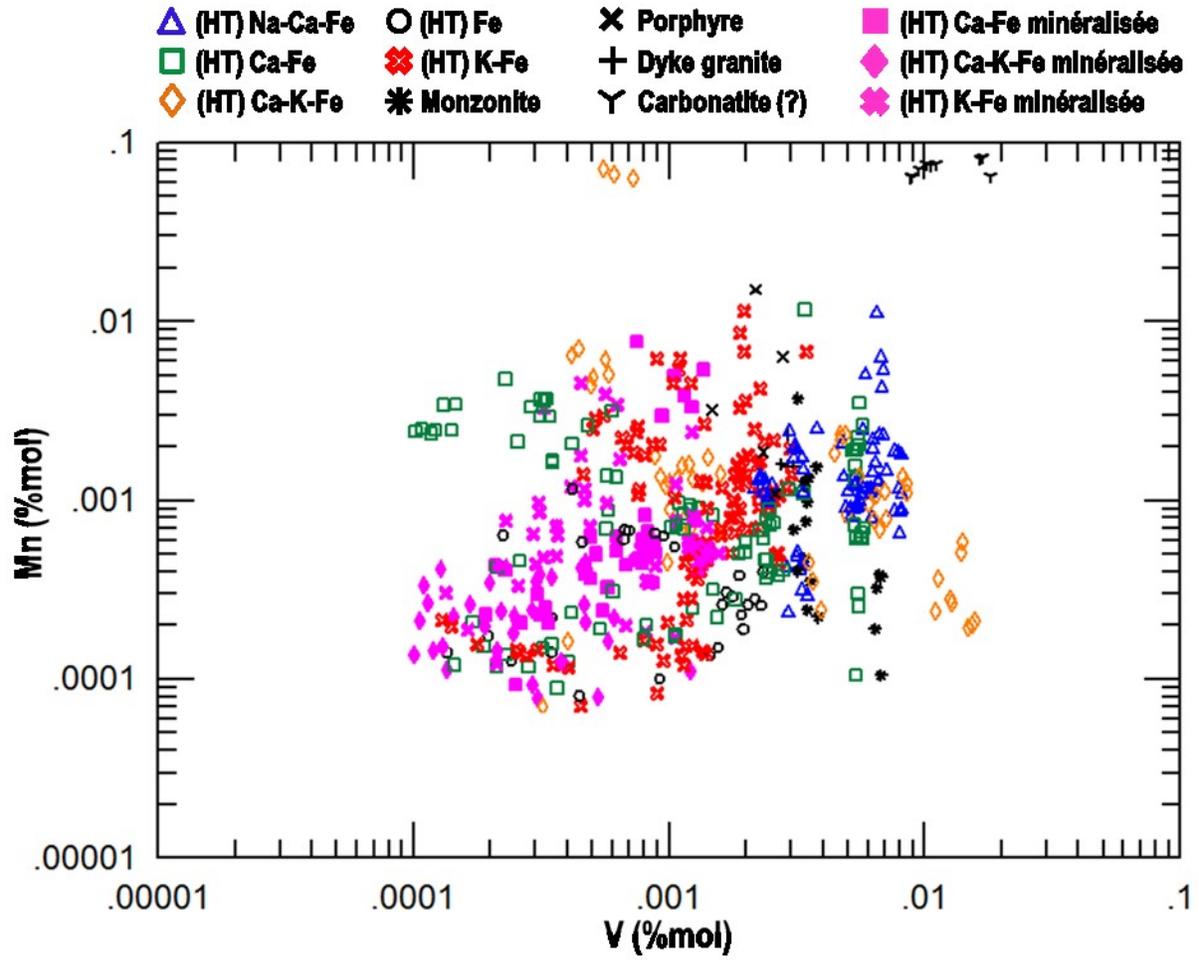


Figure 91 : Diagramme multi-éléments Mn vs. V de la composition de la magnétite selon les différentes paragenèses et unités à magnétite.

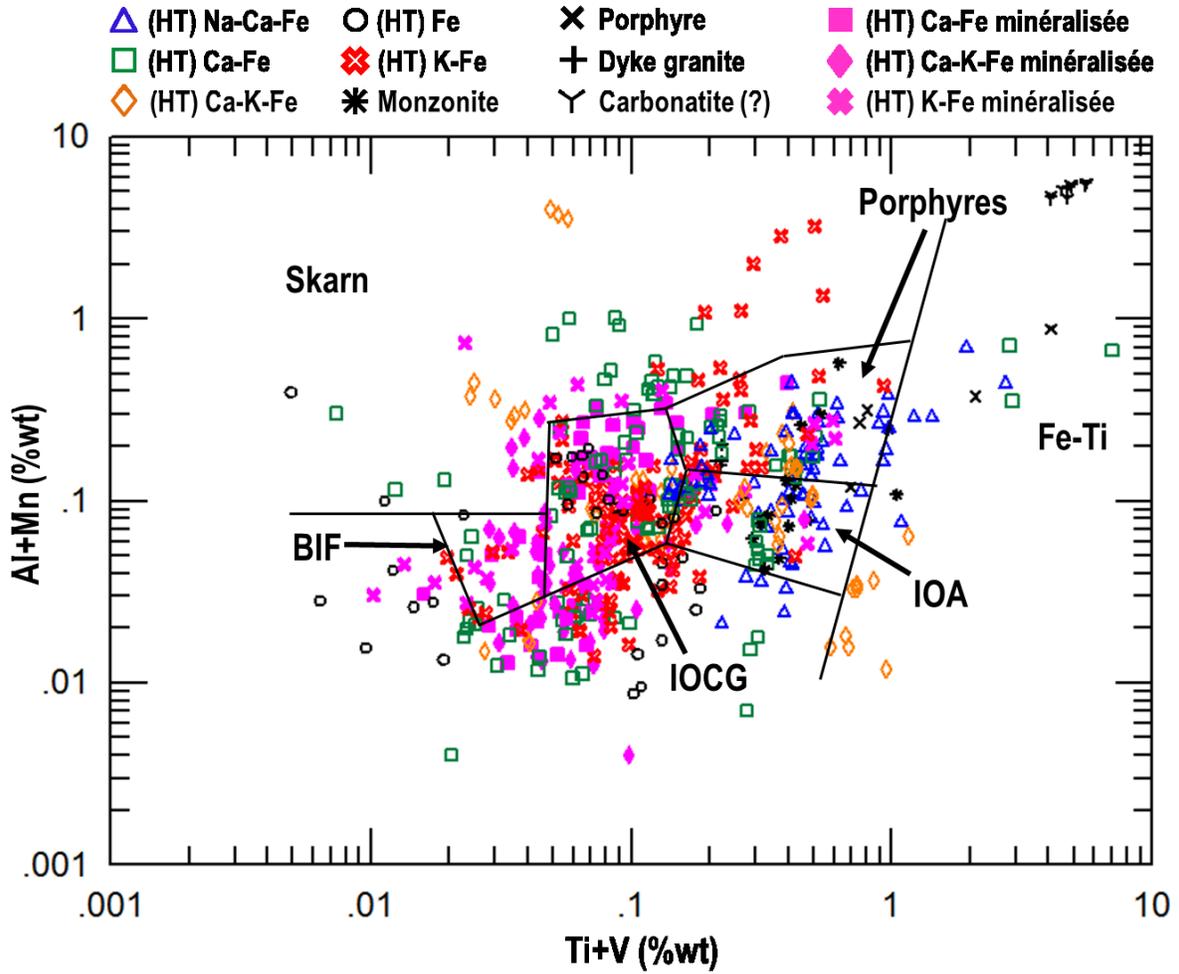


Figure 92 : Diagramme discriminant Al+Mn vs. Ti+V présentant l'ensemble des analyses de la magnétite effectuées dans la ZMGLO. Diagramme de Dupuis et Beaudoin (2011).

CHAPITRE 9 :

CONCLUSION

Cette étude a permis d'affiner la nomenclature et le protocole de description des altérations en éléments alcalins et à oxydes de fer et de définir les critères de caractérisation de l'intensité de ces altérations. Ces outils ont ensuite été utilisés pour la description des altérations à magnétite retrouvées dans les secteurs de Port Radium-Echo Bay, Terra, Grouard, JLD, Ham, Fab, Sue-Dianne, Cole, NICO, Southern Breccia et Apy-Mag. Dans chaque secteur, les paragenèses (HT) Na, (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe, (HT) K-Fe et certaines altérations de plus basse température ont été décrites en détail avec une attention particulière consacrée à la magnétite. Ces observations pétrographiques ont permis de documenter: (1) les assemblages minéralogiques des altérations à magnétite; (2) les minéralisations en lien avec leur paragenèse; (3) les faciès et textures des altérations à magnétite; (4) les attributs propres à chaque paragenèse; et (5) des processus métasomatiques associés aux altérations à magnétite.

Les travaux portant sur la composition de la magnétite confirment un changement de la composition de la magnétite en fonction du type d'altération. La composition de la magnétite appuie l'évidence d'une évolution régulière des systèmes IOAA par une augmentation de la concentration en Si, K, Ca, \pm Al et \pm Mg et une diminution de la concentration en V et Mn dans la magnétite. De plus, les altérations minéralisées ont de la magnétite qui présente de faibles concentrations en V et Mn. Ces données indiquent que la composition de la magnétite peut être utilisée comme minéral indicateur pour les gîtes IOAA dans la ZMGLO.

Des travaux complémentaires incluraient : (1) des analyses isotopiques de l'oxygène et du fer sur la magnétite afin de quantifier la signature magmatique des fluides formant les altérations; (2) le calcul du coefficient de partage entre la magnétite et les autres minéraux des paragenèses encaissantes en lien avec la chimie de la magnétite; (3) une étude plus poussée sur les propriétés physiques de la magnétite en fonction du type d'altération, de la quantité et la distribution de magnétite et la composition en éléments traces de la magnétite pour tenter de définir un lien entre la composition de la magnétite et la signature géophysique des paragenèses à magnétite; (4) des analyses au LA-ICP-MS pour obtenir des données plus homogènes avec plus d'éléments et une meilleure limite de détection.

BIBLIOGRAPHIE

Acosta-Góngora P, Gleeson S, Ootes L, Jackson VA, Lee M & Samson I (2011) Preliminary observations on the IOCG mineralization at the DAMP, Fab, and Nori showings and Terra-Norex Mines, Great Bear Magmatic Zone. *Northwest Territories Geoscience Office, NWT Open Report 2011-001*, 11 p.

Acosta-Góngora P, Gleeson SA, Samson I, Ootes L & Corriveau L (2014) Trace element geochemistry of magnetite and its relationship to mineralization in the Great Bear magmatic zone, NWT, Canada. *Economic Geology* 109: 1901-1928.

Acosta-Góngora P, Gleeson SA, Samson I, Ootes L, Corriveau L (2015a) Gold refining by bismuth melts in the iron-oxide-dominated NICO Au-Co-Bi ($\pm\text{Cu}\pm\text{W}$) deposit, NWT, Canada. *Economic Geology* 110: 291-314.

Acosta-Góngora P, Gleeson SA, Samson I, Corriveau L, Ootes L, Taylor B, Creaser RA, Muehlenbachs K (2015b) Genesis of the Paleoproterozoic NICO Iron-Oxide-Cobalt-Gold-Bismuth deposit, Northwest Territories, Canada: Evidence from isotope geochemistry and fluid inclusions. *Precambrian Research* 268: 168-193.

Agangi A, Kamenetsky VS & McPhie J (2010) The role of fluorine in the concentration and transport of lithophile trace elements in felsic magmas: Insights from the Gawler Range Volcanics, South Australia. *Chemical Geology* 273: 314-325.

Alorro RD, Hiroyoshi N, Kijitani H, Ito Mayumi & Tsunekawa M (2010) On the use of magnetite for gold recovery from chloride solution. *Mineral Processing & Extractive Metallurgy* 31: 201-213.

Austin JR & Foss C (2012) Rich, attractive and extremely dense: A geophysical review of Australian IOCGs. *Extended Abstract - 22nd International Geophysical Conference and Exhibition* (Brisbane, Australia, 26 - 29 février 2012).

Azar B (2007) The litho-geochemistry of volcanic and subvolcanic rocks of the Fab Lake area, Great Bear Magmatic Zone, Northwest Territories, Canada. Essai de baccalauréat (Université de Toronto), 96 p.

Badham JPN (1975) Mineralogy, paragenesis and origin of the Ag-Ni, Co arsenide mineralisation, Camsell River, NWT Canada. *Mineralium Deposita* 10: 153-175.

Badham JPN & Morton RD (1976) Magnetite-apatite intrusions and calc-alkaline magmatism, Camsell River, N.W.T. *Canadian Journal of Earth Sciences* 13: 348-354.

Bailey EH & Stevens RE (1960) Selective staining of potash feldspar and plagioclase on rock slabs and thin sections. *American Mineralogist* 45: 1020-1025.

Barton MD, Johnson DA, Kreiner DC & Jensen EP (2013) Vertical zoning and continuity in Fe oxide (-Cu-Au-Ag-Co-U-P-REE) (or 'IOCG') systems: Cordilleran insights. *Proceedings of the Twelfth Biennial Meeting, Society for Geology Applied to Ore Deposits*, pp 1348-1351.

Bastrakov EN Skirrow RG & Davidson GJ (2007) Fluid evolution and origins of iron oxide-Cu-Au prospects in the Olympic Dam district, Gawler Craton, South Australia. *Economic Geology* 102: 1415-1440.

Beaudoin G & Dupuis C (2009) Iron-oxide trace element fingerprinting of mineral deposit types. In: Corriveau L & Mumin AH (Édit.) *Exploring for Iron Oxide Copper–Gold Deposits: Canada and Global Analogues*, Geological Association of Canada, Short Course Notes 20, pp 107-121.

Benavides J, Kyser TK, Clark AH, Oates CJ, Zamora R, Tarnovschi R & Castillo B (2007) The Mantoverde Iron Oxide-Copper-Gold district, III Región, Chile: The role of regionally derived, non magmatic fluids in chalcopyrite mineralization. *Economic Geology* 102: 415-440.

Bennett V & Rivers T (2006) U-Pb ages of detrital zircons from the southern Wopmay Orogen. In: Northwest Territories. Northwest Territories Geoscience Office. NWT Open Report 2006-007, NWT Geoscience Office, Yellowknife, 29 p.

Bennett V, Rivers T & Jackson VA (2012) A Compilation of U-Pb zircon primary crystallization and depositional ages from the Paleoproterozoic southern Wopmay Orogen, Northwest Territories. *Northwest Territories Geoscience Office, NWT Open Report 2012-003*, 170 p.

BHP Billiton (2011) Olympic Dam expansion, draft environmental impact statement, executive summary :

<http://www.bhpbilliton.com/home/society/regulatory/Documents/Olympic%20Dam%20Supplementary%20EIS/Information%20Sheets/Olympic%20Dam%20EIS%20Mining%20And%20Processingpdf> (Visité le 8 mai 2014).

Boutroy E, Dare SAS, Beaudoin G, Barnes S-J & Lightfoot PC (2014) Minor and trace element composition of magnetite from Ni-Cu-PGE deposits worldwide and its application to mineral exploration. *Journal of Geochemical Exploration* 145: 64-81.

Bowring SA & Grotzinger JP (1992) Implications of new chronostratigraphy for tectonic evolution of Wopmay orogen, northwest Canadian Shield. *American Journal of Science* 292: 1-20.

Burgess H, Gowans RM, Hennessey BT, Lattanzi CR & Puritch E (2014) Technical report on the feasibility study for the NICO gold–cobalt–bismuth–copper deposit, Northwest Territories, Canada. NI 43-101 Technical Report No 1335 prepared for Fortune Minerals Ltd, 385 p. Disponible à www.sedar.com

Butera K (2008) Genesis, tectonic setting- and exploration: Considerations for Fe-oxide Cu Au deposits, Mount Isa Eastern Succession. Thèse de doctorat (James Cook University), 167 p.

Camier J (2002) The Sue-Dianne Fe-oxide Cu-Ag-Au breccia complex, southern Great Bear Magmatic Zone, Northwest Territories, Canada. Mémoire de maîtrise (University of Western Ontario, London), 210 p.

Camier J, Peshkepia A, Springer B & Mumin AH (2007) Technical report on the Port Radium and Contact Lake 2006 summer drill projects, District of Mackenzie, Northwest Territories, Canada, NTS 86F/13, 86K/04, 86L/01, 86E/16. Northwest Territories Geoscience Office, Assessment Report.

Carew MJ (2004) Controls on Cu-Au mineralisation and Fe oxide metasomatism in the Eastern Fold Belt, NW Queensland, Australia. Thèse de doctorat (James Cook University), 308 p.

Carew MJ, Mark G, Oliver NHS & Pearson N (2006) Trace element geochemistry of magnetite and pyrite in Fe oxide (\pm Cu-Au) mineralised systems: Insights into the geochemistry of ore-forming fluids. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70: A83.

Chen H, Clark AH, Kyser TK, Ullrich TD, Baxter R, Chen Y & Moody TC (2010a) Evolution of the giant Marcona-Mina Justa iron oxide-copper-gold district, south-central Peru: *Economic Geology*, 105: 155–185.

Chen H, Clark AH & Kyser TK (2010b) The Marcona magnetite deposit, Ica, South-Central Peru: A product of hydrous, iron oxide-rich melts: *Economic Geology* 105: 1441–1456.

Chen H, Kyser TK & Clark AH (2011) Contrasting fluids and reservoirs in the contiguous Marcona and Mina Justa iron oxide–Cu(–Ag–Au) deposits, south-central Perú: *Mineralium Deposita* 46: 677–706.

Chen H (2013) External sulphur in IOCG mineralization: Implications on definition and classification of the IOCG clan. *Ore Geology Reviews* 51: 74–78.

Chen H, Kyser TK & Clark AH (2011) Contrasting fluids and reservoirs in the contiguous Marcona and Mina Justa iron oxide–Cu (–Ag–Au) deposits, south-central Perú. *Mineralium Deposita* 46: 677-706.

Chiaradia M, Banks D, Cliff R, Marschik R & De Haller A (2006) Origin of fluids in iron oxide–copper–gold deposits: Constraints from $\delta^{37}\text{Cl}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and Cl/Br. *Mineralium Deposita* 41(6): 565-573.

Chiaradia M, Ulianov A, Kouzmanov K & Beate B (2012) Why large porphyry Cu deposits like high Sr/Y magmas. *Scientific Reports* 2: 685, 7 p., DOI: 10.1038/srep00685

Clark DA (2013) Magnetic effects of hydrothermal alteration in porphyry copper and iron-oxide copper-gold systems: A review. *Tectonophysics* 624-625: 46-65.

Clark T, Gobeil A & Chevé S (2010) Alterations in IOCG-type and related deposits in the Manitou Lake area, eastern Grenville Province, Québec. In: Corriveau L, Mumin AH (Édit.) Exploring for iron oxide copper–gold deposits: Canada and global analogues, Geological Association of Canada, Short Course Notes 20, pp 127-146.

Cook FA (2011) Multiple arc development in the Paleoproterozoic Wopmay orogen, Northwest Canada. In: Brown D & Ryan PD (Édit.) Arc-continent collision, *Frontiers in Earth Sciences*, Springer-Verlag, Berlin, pp 403-427.

Cook FA, Van Der Veldon AJ, Hall KW & Roberts BJ (1999) Frozen subduction in Canada's Northwest Territories: Lithoprobe deep lithospheric reflection profiling of the western Canadian Shield. *Tectonics* 18: 1-24.

Corriveau L (2007) Iron oxide copper–gold deposits: A Canadian perspective. In: Goodfellow WD (Édit.) Mineral deposits of Canada: A synthesis of major deposit-types, district metallogeny, the evolution of geological provinces and exploration methods, Geological Association of Canada, Mineral Deposit Division, Special Publication 5, pp 307-328.

Corriveau L & Mumin AH (2010) Exploring for iron oxide copper-gold (Ag-Bi-Co-U) deposits: Case examples, classification and exploration vectors. In: Corriveau L & Mumin AH (Édit.) Exploring for iron oxide copper-gold deposits: Canada and global analogues, Geological Association of Canada, Short Course Notes, No 20, pp 1-12.

Corriveau L, Ootes L, Mumin AH, Jackson V, Bennett V, Cremer J-F, Rivard B, McMartin I & Beaudoin G (2007a) Alteration vectoring to IOCG(U) deposits in frontier volcano-plutonic terrains, Canada. In: Milkereit B (Édit.) Proceedings of Exploration 07, Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration, pp 1171-1177.

Corriveau L, Perreault S & Davidson A (2007b) Prospective metallogenic settings of the Grenville Province. In: Goodfellow W (Édit.) Mineral deposits of Canada: A synthesis of major deposit-types,

district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods, Geological Association of Canada, Special Volume 5, pp 819-848.

Corriveau L, Williams PJ & Mumin AH (2010a) Alteration vectors to IOCG mineralization – from uncharted terranes to deposits. In: Corriveau L & Mumin AH (Édit.) Exploring for iron oxide copper-gold deposits: Canada and global analogues Geological Association of Canada, Short Course Notes, No 20, pp 89-110.

Corriveau L, Mumin AH & Setterfield T (2010b) IOCG environments in Canada: Characteristics, geological vectors to ore and challenges. In: Porter TM (Édit.) Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective, volume 4, Advances in the understanding of IOCG deposits, Porter Geoscience Consultancy Publication, Adelaide, pp 311-343.

Corriveau L, Lauzière K, Montreuil J-F, Potter E & Prémont S (2015) Dataset of geochemical data from iron oxide alkali-altered mineralizing systems of the Great Bear magmatic zone (NWT). *Geological Survey of Canada*, Open File 7343, 18 p.

Craven J, Roberts B, Hayward N, Stefanescu M & Corriveau L (2013) A magnetotelluric survey and preliminary geophysical inversion and visualization of the NICO IOCG deposit, NWT. *Geological Survey of Canada*, Open File 7465, 26 p. Doi:104095/292869.

Creaser RA, Price RC & Wormald RJ (1991) A-type granites revisited: Assessment of a residual source model. *Geology* 19: 163-166.

Dare SAS, Barnes SJ, Beaudoin G, Méric J, Boutroy E & Potvin-Douce C (2014) Trace elements in magnetite as petrogenetic indicators. *Mineralium Deposita*, 12 p. Doi:10.1007/s00126-014-0529-0

Davis W, Corriveau L, van Breemen O, Bleeker W, Montreuil J-F, Potter EG & Pelleter E (2011) Timing of IOCG mineralizing and alteration events within the Great Bear magmatic zone. In: Fischer BJ & Watson DM (Édit.) 39th Annual Yellowknife Geoscience Forum Abstract Volume, NWT Geoscience Office, p. 97

Deer WA, Howie RA & Zussman J (1962) Rock forming minerals, vol. 5: Non-silicates: Sulphates, carbonates, phosphates, Halides. *Geological Society of London*.

de Haller A, Corfu F, Fontboté L, Schaltegger U, Barra F, Chiaradia M, Frank M & Alvarado JZ (2006) Geology, geochronology, and Hf and Pb isotope data of the Raúl-Condestable iron oxide-copper-gold deposit, central coast of Perú. *Economic Geology* 101: 281-310.

Drummond B, Lyons P, Goleby B & Jones L (2006) Constraining models of the tectonic setting of the giant Olympic Dam iron oxide–copper–gold deposit, South Australia, using deep seismic reflection data. *Tectonophysics* 420: 91-103.

Dupuis C & Beaudoin G (2011) Discriminant diagrams for iron-oxide trace element fingerprinting of mineral deposit types. *Mineralium Deposita* 46: 319-335.

Enkin R, Hayward N, Lee M, Corriveau L, Montreuil J-F & Acosta P (2012) Great Bear magmatic zone rock property database: Linking geology and geophysics within IOCG systems. *Geological Association of Canada – Mineralogical Association of Canada annual meeting, Program with Abstracts*, 35: 41.

Engvik AK, Putnis A, Fitz Gerald JD & Austrheim H (2008) Albitization of granitic rocks: The mechanism of replacement of oligoclase by albite. *The Canadian Mineralogist* 46: 1401-1415.

Frost BR & Lindsley DH (1991) Occurrence of iron-titanium oxides in igneous rocks. *Reviews in Mineralogy* 25: 489-509.

Gandhi SS (1989) Rhyodacite ignimbrites and breccias of the Sue-Dianne and Mar Cu-Fe-U deposits, southern Great Bear magmatic zone, Northwest Territories. *Geological Survey of Canada*, Paper 89-1C, pp 263-273.

Gandhi SS (1992) Magnetite deposits in metasilstones of the Snare Group at Hump Lake, Northwest Territories. *Geological Survey of Canada*, Paper 92-1C, pp 225-235.

Gandhi SS (1994) Geological setting and genetic aspects of mineral occurrences in the southern Great Bear magmatic zone, Northwest Territories. In: Sinclair, WD & Richardson DG (Édit.) Studies of rare-Metal Deposits in the Northwest Territories, *Geological Survey of Canada*, Bulletin 475, pp 63-96.

Gandhi SS (2015) World Fe oxide +/- Cu-Au-U (IOCG) deposit database. *Geological Survey of Canada*, Open File 7774, 9 p.

Gandhi SS & Lentz DR (1990) Bi-Co-Cu-Au-As and U Occurrences in the Snare Group Metasediments and Felsic Volcanics of the Southern Great Bear Magmatic Zone, Lou Lake, Northwest Territories. *Geological Survey of Canada, Paper 90-1C*, pp 239-253.

Gandhi SS & van Breemen O (2005) SHRIMP U-Pb geochronology of detrital zircons from the Treasure Lake Group—New evidence for Paleoproterozoic collisional tectonics in the southern Hottah terrane, northwestern Canadian Shield. *Canadian Journal of Earth Sciences* 42:833-845. Doi: 10.1139/e05-021.

Gandhi SS, Prasad N & Charbonneau BW (1996) Geological and geophysical signatures of a large polymetallic exploration target at Lou Lake, southern Great Bear Magmatic Zone, Northwest Territories. *Geological Survey of Canada, Paper 1996-E*. pp 147-158.

Gandhi SS, Mortensen JK, Prasad N & van Breemen O (2001) Magmatic evolution of the southern Great Bear continental arc, northwestern Canadian Shield: Geochronological constraints. *Canadian Journal of Earth Sciences* 38: 767-785.

Gandhi SS, Montreuil J-F & Corriveau L (2014) Geology of the Mazenod area. *Geological Survey of Canada*, Canadian Geoscience Map Series, CGM 148P.

Ghiorso MS & Sack O (1991) Fe-Ti oxide geothermometry: Thermodynamic formulation and the estimation of intensive variables in silicic magmas. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 108: 485-510.

Ghosh D, Dutta T, Samanta SK & Pal DC (2013) Texture, Microstructure and Geochemistry of magnetite from the Banduhurang uranium mine, Singhbhum Shear Zone, India – Implication for physico-chemical evolution of magnetite mineralization. *Journal Geological Society of India* 81:101-112.

Gifkins CC, Herrmann W & Large RR (2005) *Altered volcanic rocks: A guide to description and interpretation*. Centre for Ore Deposit Research, University of Tasmania, 275 p.

Goad RE, Mumin AH, Duke NA, Neale KL, Mulligan DL & Camier WJ (2000a) The NICO and Sue-Dianne Proterozoic, iron oxide-hosted, polymetallic deposits, Northwest Territories: Application of the Olympic Dam model in exploration. *Exploration and Mining Geology* 9: 123-140.

Goad RE, Mumin AH, Duke NA, Neale KL, Mulligan DL (2000b) Geology of the Proterozoic iron oxide-hosted NICO cobalt–gold–bismuth, and Sue-Dianne copper–silver deposits, southern Great Bear Magmatic Zone, Northwest Territories, Canada. In: Porter TM (Édit.) *Hydrothermal iron oxide copper–gold and related deposits: A global perspective*. Volume 1 (Porter Geoscience Consultancy Publishing), Adelaide, pp 249-267.

Goldschmidt VM (1954) *Geochemistry*. Oxford University Press, Oxford.

Groves DI, Bierlein FP, Meinert LD & Hitzman MW (2010) Iron oxide copper-gold (IOCG) deposits through Earth history: Implications for origin, lithospheric setting, and distinction from other epigenetic iron oxide deposits. *Economic Geology* 105: 641-654.

Grunsky EC & Kjarsgaard BA (2008) Classification of distinct eruptive phases of the diamondiferous Star kimberlite, Saskatchewan, Canada based on statistical treatment of whole rock geochemical analyses. *Applied Geochemistry*, 38 p. Doi:10.1016/j.apgeochem.2008.04.027

Hamel F (2013) Caractérisation de l'altération hydrothermale dans les roches du système de Grouard, zone magmatique du Grand lac de l'Ours, Territoires du Nord-Ouest. Essai de baccalauréat (Université Laval), Québec, Canada, 74 p.

Harlov DE, Wirth R & Förster H-J (2005) An experimental study of dissolution–reprecipitation in fluorapatite: fluid infiltration and the formation of monazite. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 150: 268-286.

Hayward N (2013) 3D magnetic inversion of mineral prospects in the Great Bear Magmatic Zone, NT, Canada. *Geological Survey of Canada*, Open File 7421.

Hayward N & Corriveau L (2014) Fault reconstructions using aeromagnetic data in the Great Bear magmatic zone, Northwest Territories, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences* 51: 1-16.

Hayward N, Enkin RJ, Corriveau L, Montreuil J-F & Kerswill J (2013) The application of semi-quantitative methods for the targeting of IOCG mineralisation in the Great Bear Magmatic Zone, Northwest Territories, Canada, from potential field and physical property data. *Journal of Applied Geophysics* 94: 42-58.

Hayward N & Skirrow R (2010) Geodynamic setting and controls on iron oxide Cu-Au (\pm U) ore in the Gawler Craton, South Australia. In: Porter TM (Édit.) Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective. Volume 3 (Porter Geoscience Consultancy Publishing), Adelaide, pp 119-146.

Hennessey BT & Puritch E (2008) A technical report on a mineral resource estimate for the Sue-Dianne deposit, Mazonod Lake area, Northwest Territories, Canada. NI 43-101 Technical Report prepared for Fortune Minerals Ltd, 125 p. Available at www.sedar.com

Hildebrand RS (1980) Echo Bay, District of Mackenzie. *Geological Survey of Canada*, Open File 709, 1 map.

Hildebrand RS (1983) Geology - Echo Bay-MacAlpine Channel area, district of Mackenzie, Northwest Territories. *Geological Survey of Canada*, Map 1546A, scale 1:50 000.

Hildebrand RS (1984) Geology of the Rainy Lake-White Eagle Falls area, District of Mackenzie: Early Proterozoic cauldrons, stratovolcanoes and subvolcanic plutons. *Geological Survey of Canada*, Paper 83-20, 42 p., 1 map.

Hildebrand RS (1986) Kiruna-type deposits: Their origin and relationship to intermediate subvolcanic plutons in the Great Bear Magmatic Zone, northwest Canada. *Economic Geology*. 81: 640-659.

Hildebrand RS (2011) Geological synthesis of Northern Wopmay Orogen / Coppermine Homocline, Northwest Territories – Nunavut. *Geological Survey of Canada*, Open File 6390, *Northwest Territories Geoscience Office*, Open Report 2010-011, 1 map, scale 1:500 000.

Hildebrand RS & Bowring SA (1999) Crustal recycling by slab failure. *Geology* 27: 11-14.

Hildebrand RS, Hoffman PF & Bowring SA (1987) Tectonomagmatic evolution of the 1,9 Ga Great Bear magmatic zone, Wopmay Orogen, northwestern Canada. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 32: 99-118. Doi: 10.1016/0377-0273(87)90039-4.

Hildebrand RS, Bowring SA & Housh T (1990) The medial zone of Wopmay Orogen, District of Mackenzie. *Geological Survey of Canada*, Paper 90-1C, p 167-176.

Hildebrand RS, Hoffman PF & Bowring SA (2010a) The Calderian orogeny in Wopmay orogen (1,9 Ga) northwestern Canadian Shield. *Geological Society of America Bulletin* 122: 794-814. Doi: 10.1130/B265211.

Hildebrand RS, Hoffman PF, Housh T & Bowring SA (2010b) The nature of volcano-plutonic relations and the shapes of epizonal plutons of continental arcs as revealed in the Great Bear magmatic zone, northwestern Canada. *Geosphere* 6: 812-839.

Hildebrand RS, Bowring S & Pelleter KF (2014), Calder River, map area. *Geological Survey of Canada*, Canadian Geoscience Map Series, CGM 154/ *Northwest Territories Geoscience Office*, NWT Open Report 2013-03, 1 map sheet. Doi:10.4095/292861.

Hitzman MC (2000) Iron oxide-Cu–Au deposits: What, where, when, and why? In: Porter TM (Édit.) Hydrothermal iron oxide copper–gold and related deposits: A global perspective. Volume 1 (Porter Geoscience Consultancy Publishing), Adelaide, pp 9-25.

Hitzman MW, Oreskes N, Einaudi MT (1992) Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide (Cu–U–Au–LREE) deposits. *Precambrian Research* 58: 241-287.

Hoffman PF & Bowring S (1984) Short-lived 1.9 Ga continental margin and its destruction, Wopmay orogen, northwest Canada. *Geology* 12: 68-72.

Hoffman PF & Hall L (1993) Geology, Slave craton and environs, district of Mackenzie, Northwest Territories. *Geological Survey of Canada*, Open File 2559, scale 1:1 000 000.

Hoffman PF, Bowring SA, Buchwaldt R & Hildebrand RS (2011) Birthdate for the Coronation paleocean: Age of the initial rifting in Wopmay Orogen, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences* 48: 281-293.

Jackson VA (2008) Preliminary geologic map of part of the southern Wopmay Orogen (parts of NTS 86B and 86C; 2007 updates); descriptive notes to accompany 1:100 000 scale map. *Northwest Territories Geoscience Office*, NWT Open Report 2008-007, 51p.

Jackson VA & Ootes L (2011) Preliminary geologic map of the south-central Wopmay Orogen (parts of NTS 86B, 86C, and 86D); results from 2009 and 2010. *Northwest Territories Geoscience Office*, NWT Open Report 2011-007, 1 map, 1:100,000 scale and accompanying report, 41p.

Jackson VA & Ootes L (2012) Preliminary geologic map of the south-central Wopmay Orogen (parts of NTS 86B, 86C and 86D); results from 2009 to 2011. *Northwest Territories Geoscience Office*, NWT Open Report 2012-004.

Jébrak M (2010) Use of breccias in IOCG(U) exploration. In: Corriveau, L & Mumin, AH (Édit.) Exploring for iron oxide copper-gold deposits: Canada and global analogues, Geological Association of Canada, Short Course Notes 20, pp 79-87.

Jébrak M & Marcoux E (2008) *Géologie des gîtes minéraux*. Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Québec, 667 p., ISBN:978-2-551-23737-1

Kamvong T, Zaw K & Rainer S (2013) PIXE/PIGE Microanalysis of trace elements in hydrothermal magnetite and exploration significance: A pilot study, *Proceedings of 15th Nuclear and Complementary Techniques of Analysis Conference*, (University of Melbourne, Victoria, Australia, 21-23 November 2007), pp 292-295.

Kidd DF (1932) A pitchplende-silver deposit, Great Bear Lake, Canada. *Economic Geology* 27: 145-159.

Kissin SA (1993) The geochemistry of transport and deposition in the formation of five-element (Ag-Ni-Co-As-Bi) veins. In: Maurice YT (Édit.) Proceedings of the Eight Quadrennial International Association on the Genesis of Ore Deposits Symposium, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp 773-786.

Knox AW (1998) Geological report of the Hillside zinc-lead-silver showing, Grouard Lake property, Grouard Lake, NWT. NWT Geoscience Office, NORMIN Assessment Report 084043, 47 p.

Lindsley DH (1976) The crystal chemistry and structure of oxide minerals. *Review of Mineralogy* 3: L1-L60.

- Lee L & Helsel D (2007) Statistical analysis of water-quality data containing multiple detection limits II: S-language software for nonparametric distribution modelling and hypothesis testing. *Computer Geosciences* 33: 696-704.
- Lindsley DH (1991) Oxide minerals: Petrologic and magnetic significance. *Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy* 25, pp 509.
- Mark G, Oliver NHS, Williams PJ, Valenta RK & Crookes RA (2000) The evolution of the Ernest Henry Fe-oxide-(Cu-Au) hydrothermal system. In: Porter TM (Édit) Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective. Volume 1 (Porter Geoscience Consultancy Publishing), Adelaide, pp 123-136.
- Marschik R & Fontboté L (2001) The Candelaria-Punta del Cobre iron oxide Cu-Au (-Zn-Ag) deposits, Chile. *Economic Geology* 96: 1799-1826.
- Rieger AA, Marschik R & Diaz M (2010) The Mantoverde district, northern Chile: An example of distal portions of zoned IOCG systems. In: Porter TM (Édit.) Hydrothermal iron-oxide copper-gold & related deposits: Advances in the understanding of IOCG deposits. Volume 3 (Porter Geoscience Consultancy Publishing), Adelaide, pp 273-284.
- May LH (2007) Petrography of the Mile Lake breccia, Great Bear magmatic zone, NWT. Essai de baccalauréat inédit (Brandon University), 77p.
- McMartin I, Corriveau L & Beaudoin G (2011) An orientation study of the heavy mineral signature of the NICO Co-Au-Bi deposit, Great Bear magmatic zone, Northwest Territories, Canada. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 11: 293-307.
- Meinert LD, Dipple GM & Nicolescu S (2005) World skarn deposits. *Economic Geology* 100th Anniversary Volume: 299-336.
- Monteiro LVS, Xavier RP, Hitzman MW, Juliani C, Filho RC & Carvalho ER (2008) Mineral chemistry of ore and hydrothermal alteration at the Sossego iron oxide-copper-gold deposit, Carajás Mineral Province, Brazil. *Ore Geology Reviews* 34: 317-336.
- Montreuil JF, Corriveau L & Grunsky E (2013) Compositional data analysis of IOCG systems, Great Bear magmatic zone, Canada: To each alteration type its own geochemical signature. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 13(4): 229-247.
- Montreuil J-F, Corriveau L & Potter E (2015) Formation of albitite-hosted uranium within IOCG systems: The Southern Breccia, Great Bear magmatic zone, Northwest Territories, Canada. *Mineralium Deposita* 50: 293-325.

Montreuil J-F, Potter EG, Corriveau L & Davis WJ (2016) Element mobility patterns in magnetite-group IOCG systems: The Fab IOCG system, Northwest Territories, Canada. *Ore Geology Reviews* 72: 562-584.

Mumin AH, ed. (2015) Echo Bay IOCG thematic map series: geology, structure and hydrothermal alteration of a stratovolcano complex, Northwest Territories, Canada. *Geological Survey of Canada*, Open File 7807, 19 p. (18 feuilles).

Mumin AH, Corriveau L, Somarin AK & Ootes L (2007) Iron oxide copper-gold-type polymetallic mineralization in the Contact Lake Belt, Great Bear Magmatic Zone, Northwest Territories, Canada. *Exploration and Mining Geology* 16:187-208.

Mumin AH, Somarin AK, Jones B, Corriveau L, Ootes L & Camier J (2010) The IOCG-porphyry-epithermal continuum of deposits types in the Great Bear Magmatic Zone, Northwest Territories, Canada. In: Corriveau, L & Mumin, AH (Édit) Exploring for iron oxide copper-gold deposits: Canada and global analogues, Geological Association of Canada, Short Course Notes 20, pp 59-78.

Mumin AH, Phillips A, Katsuragi CJ, Mumin A & Ivanov G (2014) Geotectonic interpretation of the Echo Bay stratovolcano complex, northern Great Bear magmatic zone, NWT, Canada. *Northwest Territories Geoscience Office*, NWT Open File 2014-04.

Nadoll P, Maulk JL, Hayes TS, Koenig AE, Hofstra AE & Box SE (2009) Geochemistry of magnetite from hydrothermal ore deposits and their host rocks in the Proterozoic Belt Supergroup, USA. Proceedings to the Tenth Biennial SGA Meeting, Townville, Abstract, 3 p.

Nadoll P, Angerer T, Mauk JL, French D & Walshe J (2014) The chemistry of hydrothermal magnetite: A review. *Ore Geology Reviews* 61: 1-32.

Normandeau PX & McMartin I (2013) Composition of till and bedrock across the Great Bear magmatic zone: Field database and analytical results from the GEM IOCG-Great Bear project. *Geological Survey of Canada*, Open File 7307.

Northwest Territories Geoscience Office (2014) Detailed showing report, http://ntgomap.nwtgeoscience.ca/showing_detail.jsp?showingID=086ENE0012 (visité le 12 décembre 2014)

Oliver NHS, Mark G, Pollard PJ, Rubenach MJ, Bastrakov E, Williams PJ, Marshall LC, Baker T & Nemchin AA (2004) The role of sodic alteration in the genesis of iron oxide-copper-gold

deposits: Geochemistry and geochemical modelling of fluid-rock interaction in the Cloncurry district, Australia. *Economic Geology* 99: 1145-1176.

Oliver NHS, Rubenach MJ, Fu B, Baker T, Blenkinsop TG, Cleverley JS, Marshall LJ & Ridd, PJ (2006) Granite-related fluid overpressure and volatile release in the mid crust: Fluidized breccias from the Cloncurry district, Australia. *Geofluids* 6: 1-13.

Oliver NHS, Butera KM, Rubenach MJ, Marshall LJ, Cleverley JS, Mark G, Tullemans F & Esser D (2008) The protracted hydrothermal evolution of the Mount Isa Eastern Succession: A review and tectonic implications. *Precambrian Research* 163: 108-130.

Ootes L, Davis WJ, Jackson VA & van Breemen O (2015) Chronostratigraphy of the Hottah terrane and Great Bear magmatic zone of Wopmay orogen, Canada, and exploration of a terrane translation model. *Canadian Journal of Earth Sciences*, DOI:10.1139/cjes-2015-0026.

Otake T, Wesolowski DJ, Anovitz LM, Allard LF & Ohmoto H (2010) Mechanisms of iron oxide transformations in hydrothermal systems. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74: 6141-6156.

Oz Minerals Ltd (2014) Annual Carrapateena Resource Update – 2013. ASX Release.

Partington GA & Williams PJ (2000) Proterozoic lode gold and (iron)-copper-gold deposits: A comparison of Australian and global examples. *Reviews of Society of Economic Geologists* 13: 69-101.

Pierce KL & Turner WA (2004) A GIS compilation of the southern Wopmay Orogen (South of 65°N). *Northwest Territories Geoscience Office*, NWT Open Report 2004-005, 1 CD-ROM.

Pollard PJ (2006) An intrusion-related origin for Cu-Au mineralization in iron oxide-copper-gold (IOCG) provinces. *Mineralium Deposita* 41: 179-187.

Porter TM (2010) Current understanding of iron oxide associated-alkali altered mineralised systems—part 1 — an overview; part 2 — a review. In: Porter TM (Édit.) Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective- advances in the understanding of IOCG deposits. Volume 3 (Porter Geoscience Consultancy Publishing), Adelaide, pp 5-106.

Potter EG, Montreuil J-F, Corriveau L, & De Toni A (2013) Geology and hydrothermal alteration of the Fab Lake region, Northwest Territories. *Geological Survey of Canada*, Open File 7339, 27 p.

Putnis A & Austrheim H (2010) Fluid-induced processes: Metasomatism and metamorphism. *Geofluids* 10: 254-269.

Putnis A & Austrheim H (2012) Mechanisms of metasomatism and metamorphism on the local mineral scale: The role of dissolution-reprecipitation during mineral re-equilibration. In: Harlov DE et Austrheim H (Édit.) *Metasomatism and the chemical transformation of rock*, Lecture Notes in Earth System Sciences, pp 141-170.

Putnis A, Hinrichs R, Putnis CV, Golla-Schindler U & Collins LG (2007) Hematite in porous red-clouded feldspars: Evidence of large-scale crustal fluid–rock interaction. *Lithos* 95: 10-18.

Ray GE & Lefebure DV (1999) A synopsis of iron oxide \pm Cu \pm Au \pm P \pm REE deposits of the Candelaria-Kiruna-Olympic Dam family. *British Columbia Geological Survey*, Geological Fieldwork 1999, Paper 2000-1, 6 p.

Reardon NC (1989) Altered rocks associated with the Mystery Island intrusive suite, Echo Bay, Northwest Territories. Geological Survey of Canada, Open file 2507, 1 map.

Reardon NC (1992) Magmatic-hydrothermal systems and associated magnetite-apatite-actinolite deposits, Echo Bay, Northwest Territories. Unpublished MSc. thesis (University of Ottawa), 210 p.

Reguir EP, Chakhmouradian AR, Halden NM & Yang P (2008) Early magmatic and reaction-induced trends in magnetite from the carbonatites of Kerimasi, Tanzania. *The Canadian Mineralogist* 46: 879-900.

Requia K, Stein H, Fontboté L & Chiaradia M (2003) Re–Os and Pb–Pb geochronology of the Archean Salobo iron oxide copper–gold deposit, Carajás mineral province, northern Brazil. *Mineralium Deposita* 38: 727-738.

Richards JP & Mumin AH (2013) Magmatic-hydrothermal processes within an evolving Earth: Iron oxide-copper-gold and porphyry Cu \pm Mo \pm Au deposits. *Geology* 41 : 767-770.

Rusk BG, Oliver N, Brown A, Lilly R & Jungmann D (2009) Barren magnetite breccias in the Cloncurry region, Australia; comparisons to IOCG deposits. Society for Geology Applied to Mineral Deposits, Tenth Biennial SGA Meeting, Townsville, Australia, 2009, Proceedings, pp 656-658.

Rusk B, Oliver N, Cleverley J, Blenkinsop T, Zhang D, Williams PJ & Habermann P (2010). Physical and chemical characteristics of the Ernest Henry iron oxide copper gold deposit, Australia; implications for IOGC genesis. In: Porter TM (Édit.) *Hydrothermal iron oxide copper–gold and related deposits: A global perspective- advances in the understanding of IOCG deposits*. Volume 3 (Porter Geoscience Consultancy Publishing), Adelaide, pp 201-218.

Rusk B, Emsbo P, Xavier R, Corriveau L, Oliver N & Zhang D (2015) Compositions and origins of hydrothermal fluids in IOCG and porphyry-type ore deposits. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, PACRIM 2015 Congress, Proceedings, pp 271-280.

Sappin A-A, Dupuis C, Beaudoin G, Pozza M, McMartin I & McClenaghan MB (2014) Optimal ferromagnetic fraction of iron oxides in till samples along ice-flow paths: Case studies from the Sue-Dianne and Thompson deposits, Canada. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 14: 315-329.

Seedorff E, Dilles JH, Proffett JM, Einaudi MT, Zurcher L, Stavast WJA, Johnson DA & Barton MD (2005) Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features. *Economic Geology*, 100th Anniversary Volume, pp 251-298.

Sharma KNM (1996) Légende générale de la carte géologique (édition revue et augmentée). Ministère des ressources naturelles, Québec, MB-96-28, 95 p.

Shimamura K, Williams SP & Buller G (2008) Ganfeld user guide: A map-based field data capture system for geoscientists. *Geological Survey of Canada*, Open File 5912, 90 p.

Shives RBK, Charbonneau BW & Ford KL (2000) The detection of potassic alteration by gamma-ray spectrometry – Recognition of alteration related to mineralization. *Geophysics* 65: 2001-2011.

Sidor M (2000) The origin of the black rock alteration overprinting iron-rich sediments and its genetic relationship to disseminated polymetallic sulfide ores, Lou Lake, Northwest Territories, Canada. Unpublished M.Sc. thesis, London, Canada, University Western Ontario, 190 p.

Singoyi B, Danyushevsky L, Davidson GJ, Large R & Zaw K (2006) Determination of trace elements in magnetites from hydrothermal deposits using the LA-ICP-MS technique. In: Abstracts of Oral and Poster Presentations from the SEG 2006 Conference, Keystone, USA, pp 367-368.

Siivola J & Schmid R (2007) Recommendations by the IUGS subcommission on the systematics of metamorphic rocks: List of mineral abbreviations. Web version 01.02.07. (http://www.bgs.ac.uk/scmr/docs/papers/paper_12.pdf) IUGS Commission on the Systematics in Petrology.

Sillitoe RH (2000) Gold-rich porphyry deposits: Descriptive and genetic models and their role in exploration and discovery. *Reviews in Economic Geology* 13: 315-345.

Sillitoe RH (2003) Iron oxide-copper-gold deposits: An Andean view. *Mineralium Deposita* 38: 787-812.

Sillitoe RH (2010) Porphyry copper systems. *Economic Geology* 105: 3-41.

Simmons SF, White NC & John DA (2005) Geologic characteristics of epithermal precious and base metal deposits. *Economic Geology* 100: 485-522.

Skirrow R (2010) "Hematite-group" IOCG±U ore systems: Tectonic settings, hydrothermal characteristics, and Cu-Au and U mineralizing processes. In: Corriveau L & Mumin AH (Édit.) Exploring for iron oxide copper-gold deposits: Canada and global analogues, Geological Association of Canada, Short Course Notes 20, pp 39-58.

Smith, RJ, (2002) Geophysics of iron oxide copper–gold deposits. In: Porter, T.M. (Ed.), Hydrothermal Iron Oxide Copper–Gold & Related Deposits: A Global Perspective, vol. 2. PGC Publishing, Adelaide, pp. 123–136.

Somarin AK & Mumin AH (2014) P-T-composition and evolution of paleofluids in the Paleoproterozoic Mag Hill IOCG hydrothermal system, Contact Lake belt, Northwest Territories, Canada. *Mineralium Deposita* 49: 199-215.

Stanley CR & Madeisky HE (1994) Lithogeochemical exploration for hydrothermal ore deposits using Pearce element ratio analysis. In: Lentz DR (Édit.) Alteration and alteration processes associated with ore-forming systems, Geological Association of Canada, Short Course Notes 11, pp 193-211.

Stubley M (2005) Bedrock geology of the Slave Craton. Tiré de NORMINdb (www.nwtgeoscience.ca/normin)

Sun SS & McDonough WF (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders AD & Norry MJ (Edit.) Magmatism in the Ocean Basins. *The Geological Society*, vol. 42, pp. 313–345.

Toplis, MJ & Carroll MR (1995) An experimental study of the influence of oxygen fugacity on Fe–Ti oxide stability, phase relations, and mineral–melt equilibria in ferro-basaltic systems. *Journal of Petrology* 36: 1137-1170.

Walker EC & Rajnovich L (2007) Cooper Minerals exploration for IOCG-type deposits within the Terra Property, Great Bear Magmatic Zone, NWT. Cairns S & Falck H (compilers), 35th Annual Yellowknife Geoscience Forum Abstracts: Northwest Territories Geoscience Office, Yellowknife, NT. YKGSF Abstracts Volume 2007, p. 65.

Wang S & Williams PJ (2001) Geochemistry and origin of Proterozoic skarns at the Mount Elliott Cu-Au(-Co-Ni) deposit, Cloncurry district, NW Queensland, Australia. *Mineralium Deposita* 36: 109-124.

Wang R, Yu AP, Chen J, Xie L, Lu J-J & Zhu J-C (2012) Cassiterite exsolution with ilmenite lamellae in magnetite from the Huashan metaluminous tin granite in southern China. *Mineralogy and Petrology* 105: 71-84.

Waychunas GA (1991). Crystal chemistry of oxides and oxyhydroxides. In: Lindsley DH (Édit.) *Oxide minerals: Petrologic and magnetic significance*, Mineralogical Society of America, 25: 11-68.

Whalen JB & Chappel BW (1988) Opaque mineralogy and mafic mineral chemistry of I- and S-type granites of the Lachlan fold belt, southeast Australia. *American Mineralogist* 73: 281-296.

Williams PJ (2010a) Classifying IOCG deposits. In: Corriveau L & Mumin AH (Édit.) *Exploring for iron oxide copper-gold deposits: Canada and global analogues*, Geological Association of Canada, Short Course Notes 20, pp 13-21.

Williams PJ (2010b) "Magnetite-group" IOCGs with special reference to Cloncurry and Northern Sweden: Settings, alteration, deposit characteristics, fluid sources, and their relationship to apatite-rich iron ores. In: Corriveau L & Mumin AH (Édit.) *Exploring for iron oxide copper-gold deposits: Canada and global analogues*, Geological Association of Canada, Short Course Notes 20, pp 23-38.

Williams PJ, Barton MD, Johnson DA, Fontboté L, de Haller A, Mark G, Oliver NHS & Marschik R (2005) Iron-oxide copper-gold deposits: Geology, space-time distribution, and possible modes of origin. *Economic Geology*, 100th Anniversary Volume, pp 371-405.

Williams PJ, Kendrick M & Xavier R (2010) Sources of ore fluid components in IOCG deposits. In: Porter TM (Édit.) *Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective-advances in the understanding of IOCG deposits. Volume 3* (Porter Geoscience Consultancy Publishing), Adelaide, pp 107-116.

Xavier RP, Rusk B, Emsbo P & Monteiro LVS (2009) Composition and source of salinity of ore-bearing fluids in Cu–Au Systems of the Carajás Mineral Province, Brazil. *Proceedings of the 10th Biennial SGA Meeting of the Society for Geology Applied to Mineral Deposits*, Townsville, Australia, 17–20 August 2009, pp 272-274.

Xavier RP, Monteiro LVS, de Souza Filho CR, Torresi I, de Resende Carvalho E, Dreher AM, Wiedenbeck M, Trumbull RB, Pestilho ALS & Moreto CPN (2010) The iron oxide copper-gold deposits of the Carajás mineral province, Brazil: An updated and critical review. In: Porter TM (Édit.) *Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective-advances*

in the understanding of IOCG deposits. Volume 3 (Porter Geoscience Consultancy Publishing), Adelaide, pp 285-306.

Yardley BWD (2012) The chemical composition of metasomatic fluids in the crust. In: Harlov DE and Austrheim H (Édit.) Metasomatism and the chemical transformation of rock, Lecture Notes in Earth System Sciences, pp 17-52.

ANNEXE I : LISTE DES ABRÉVIATIONS

Abréviations	Minéraux	Abréviations	Minéraux
Act	Actinote	Gn	Galène
Ab	Albite	Grt	Grenat
Adr	Andradite	Hbl	Hornblende
Aln	Allanite	Hem	Hématite
Am	Amphibole	Ilm	Ilménite
Ap	Apatite	Kfs	Feldspath-K
Apy	Arsénopyrite	Mag	Magnétite
Aug	Augite	Mnz	Monazite
Bt	Biotite	Mrc	Marcassite
Bn	Bornite	Ms	Muscovite
Cal	Calcite	Phl	Phlogopite
Cb	Carbonate	Pl	Plagioclase
Chl	Chlorite	Pmp	Pumpellyite
Chm	Chamosite	Po	Pyrrhotite
Cld	Chloritoïde	Qtz	Quartz
Cpx	Clinopyroxène	Rt	Rutile
Cpy*	Chalcopyrite	Sf	Sulfure(s)
Cum	Cummingtonite	Ser	Séricite
Cst	Cassitérite	Sp	Sphalérite
Di	Diopside	Ttn	Titanite
Dol	Dolomite	Tur	Tourmaline
Ep	Épidote	Urn	Uraninite
Fl	Fluorite	Xtm	Xénotime
Fsp	Feldspath	Zrn	Zircon

* L'abréviation « Cpy » pour « chalcopyrite » à été sélectionnée au lieu de « Ccp »

ANNEXE II : PLANCHES DE PHOTOS

Cette section présente l'ensemble des planches de photos qui sont référées dans le chapitre 5. Une description sommaire des éléments présentés sur la photo accompagne les planches. La description des photos de terrain provient en grande partie de la banque de données de terrain et de cours intensifs de Corriveau et al., données inédites 2015. Certaines photos de terrain ont aussi été décrites dans corriveau et al. (2010a, b). Ces photos et leurs descriptions sont incluses dans ce mémoire afin de mettre en contexte les résultats de ce mémoire.

Le district de Port Radium-Echo Bay

Planche 1 – Intrusions, précurseurs et altérations (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe

A) Monzodiorite porphyrique d'aspect massif de la suite intrusive du Mystery Island avec phénocristaux de plagioclase et d'amphibole. Traces de magnétite disséminée finement grenue dans la matrice. Station CQA-05-125.

B) Tranche de roche colorée montrant la faible superposition de l'altération potassique (en jaune vif) sur la matrice à feldspath-K (jaune pâle) et plagioclase de la monzodiorite. Les phénocristaux de plagioclase sont séricitisés et les minéraux ferromagnésiens sont chloritisés. Échantillon CQA-05-125A.

C) Unité volcanoclastique (tuf) stratigraphiquement plus ancienne que l'andésite porphyrique. Cette unité montre des altérations stratoïdes soient en amphibole (vert foncé), en clinopyroxène (vert plus tendre) ou en albite (blanc). Un des lits albitisé est superposé par une imprégnation potassique de type lit par lit qui s'imisce le long d'une fracture. Station CQA-06-327.

D) Conglomérat polygénique largement exempt d'altération hydrothermale. Les fragments sont sub-arrondis à sub-anguleux et sont constitués de grès, de quartzite, de jaspe et de fragments albitisés, hématisés ou avec altération potassique préexistante. Cette unité est stratigraphiquement supérieure à la formation du stratovolcan d'Echo Bay et de son système hydrothermal à oxydes de fer et altération en éléments alcalins. Station CQA-05-133.

E) Roche complètement albitisée avec destruction des textures primaires de l'andésite porphyrique (seul précurseur observé au sein de cette localité). L'albitite est superposée par une imprégnation bigarrée à feldspath-K qui forme un halo le long de fractures. Station CQA-05-119.

F) Volcanoclastite fortement albitisée (reliques blanche) superposée par une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe rosée à verdâtre de type skarn à clinopyroxène et albite. Le remplacement (HT) Na-Ca-Fe est d'intensité intermédiaire. Station CQA-05-218.

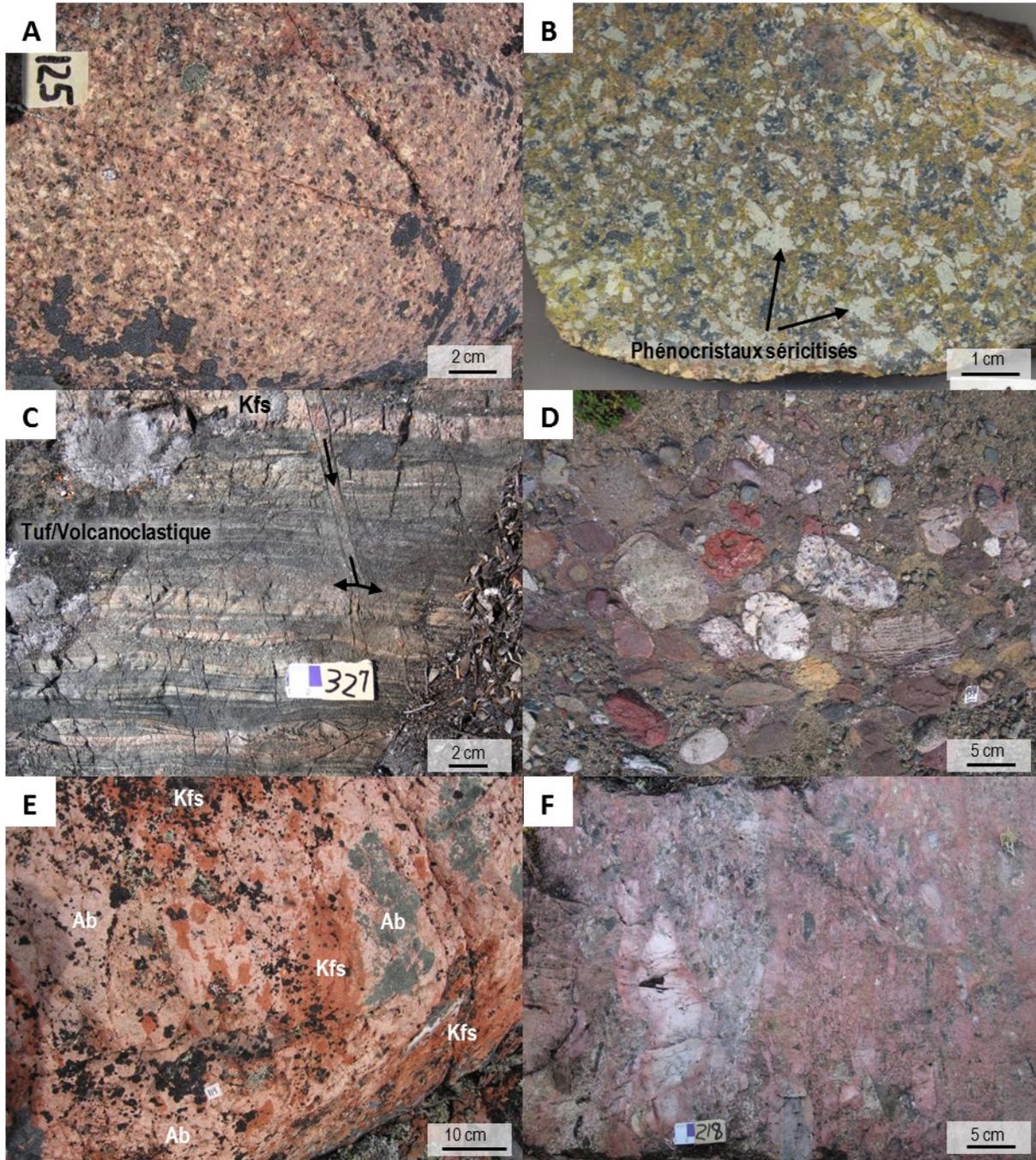


Planche 2 – Altération (HT) Na-Ca-Fe

A) Andésite porphyrique largement massive avec phénocristaux hypidiomorphes à idiomorphes de plagioclase albitisé. Taille millimétrique à centimétrique des phénocristaux. Station CQA-05-095.

B) Remplacement pénétratif (HT) Na-Ca-Fe sur l'andésite porphyrique. Le remplacement est graduel avec des épontes constituées majoritairement d'albite avec un cœur d'amphibole, de magnétite et d'albite. Station CQA-05-095.

C) Remplacement (HT) Na-Ca-Fe irrégulier et anastomosé à texture pseudo-pegmatitique de l'andésite porphyrique. L'albite forme des pseudo-phénocristaux d'orientation aléatoire dans une matrice d'amphibole et de magnétite. Les contacts sont diffus et irréguliers. Station CQA-05-128.

D) Remplacement (HT) Na-Ca-Fe intense et bigarré de l'andésite porphyrique interprété comme marquant la fin de l'avancement du front d'albitisation régionale vers la surface. La relique d'andésite est ceinturée par de l'albite qui progresse vers un assemblage à albite-amphibole-magnétite. Station CQA-05-095.

E) Remplacement (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe en front d'altération irrégulier avec interdigitations des fronts d'albitisation et coalescence des assemblages à albite et amphibole aux extrémités et aux côtés des fronts d'albitisation. Station CQA-05-095.

F) Remplacement complet de l'andésite porphyrique par une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe formant une texture pseudo-pegmatitique généralisée. Formation de baguettes centimétriques à décimétriques d'albite et cristallisation pseudo-matricielle et pseudo-interstitielle de l'amphibole, la magnétite, l'apatite et des traces de titanite et barite. Orientation aléatoire des pseudo-baguettes d'albite. Station CQA-05-104.

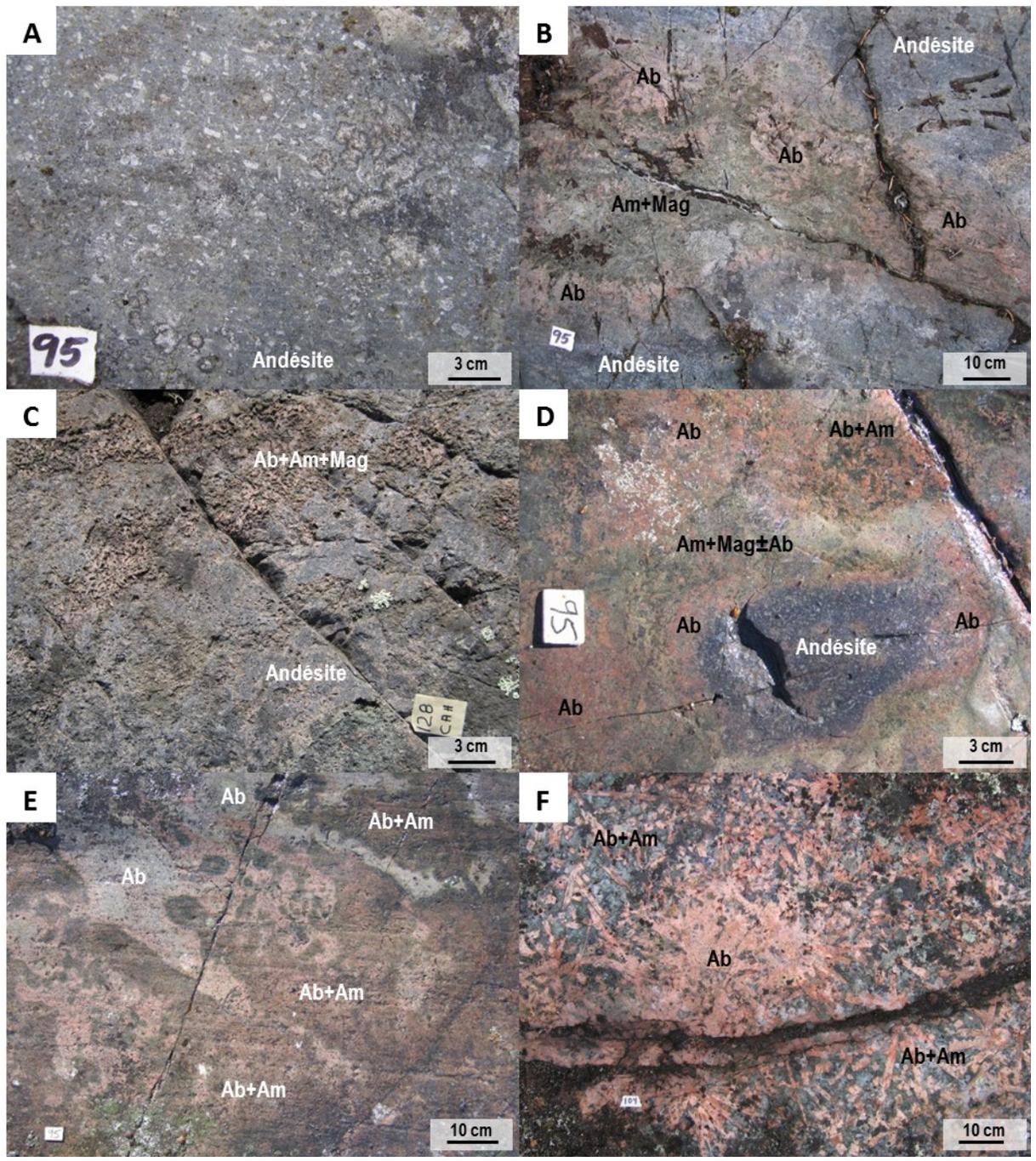


Planche 3 – Altération (HT) Na-Ca-Fe

A) Texture pseudo-pegmatitique de la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe avec actinote et magnétite intercrystalline aux baguettes d'albite. Station CQA-05-104.

B) Texture pseudo-pegmatitique de la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe avec magnétite massive intercrystalline aux baguettes d'albite. Station CQA-05-113.

C) Texture pseudo-pegmatitique de la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe avec apatite et actinote intercrystallines aux baguettes d'albite. Station CQA-05-104.

D) Textures pseudo-pegmatitiques avec apatite et magnétite intercrystallines par rapport aux baguettes d'albite. Les baguettes sont en fait des pseudo-cristaux composés d'un amalgame de cristaux allotriomorphes et finement grenus d'albite. L'apatite et la magnétite forment des amas de grains et l'apatite est communément hypidiomorphe. Traces de zircon et de rutile associées à la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame CQA-05-104A.

E) Paragenèse (HT) Na-Ca-Fe à texture mégascopique pseudo-pegmatitique avec actinote et magnétite intersertale aux baguettes d'albite. La magnétite est allotriomorphe à hypidiomorphe et finement grenue dans la partie intercrystalline et microcrystalline lorsqu'elle est disséminée au sein des pseudo-cristaux d'albite. L'actinote est allotriomorphe à grains moyens et est remplacée par un assemblage à chlorite-quartz-dolomite associé à une altération de basse température plus tardive. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-095A.

F) Relique d'un phénocristal de plagioclase de l'andésite porphyrique remplacé en albite avec surcroissance d'albite conduisant à des formes de baguettes à multi cristaux d'albite. Présence de magnétite microcrystalline dans la relique de phénocristal et dans les pseudo-cristaux. L'actinote et la magnétite remplissent les espaces intersertaux aux baguettes. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-05-095A.

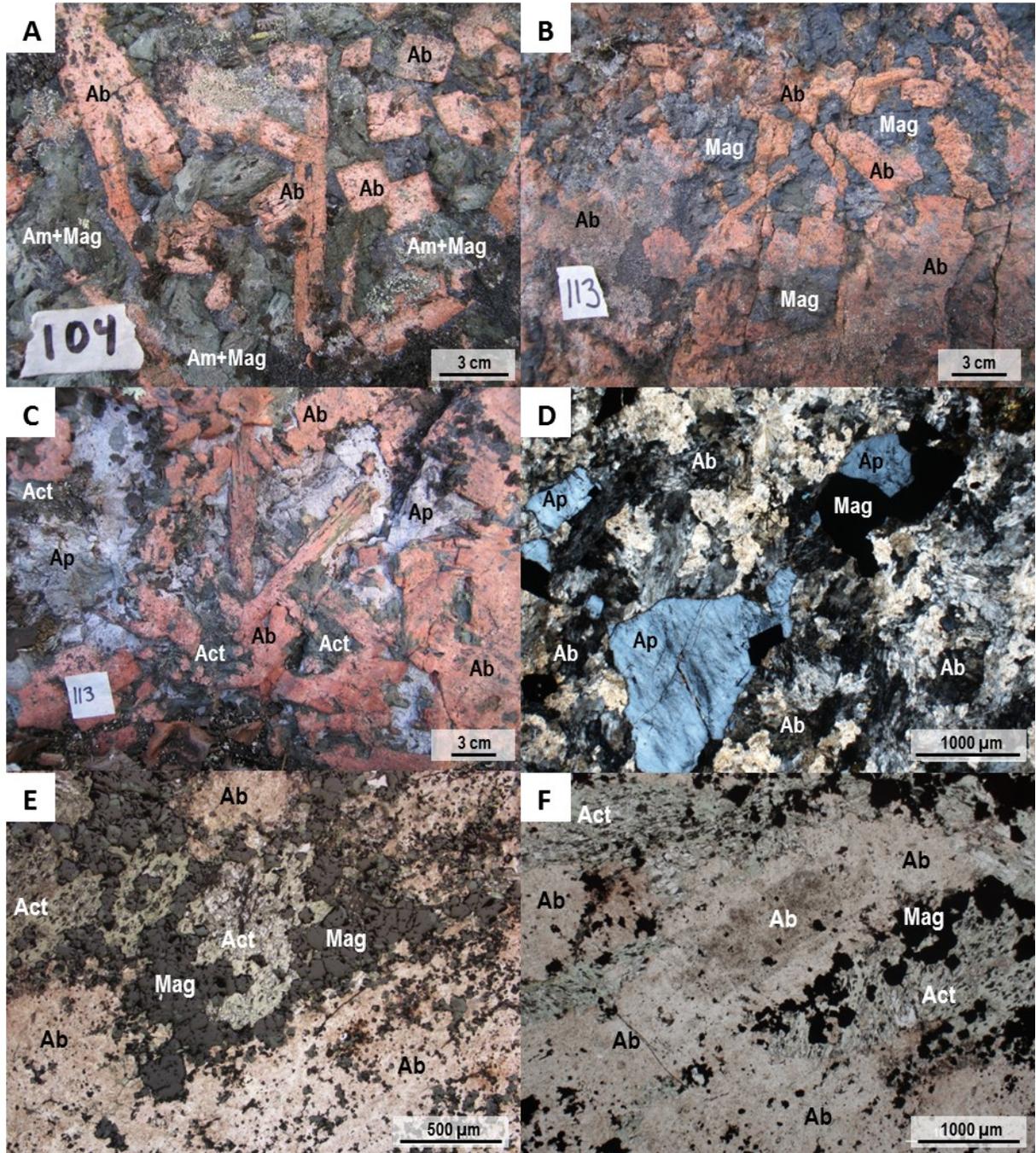


Planche 4 – Altération (HT) Na-Ca-Fe

A) Remplacement (HT) Na-Ca-Fe sous forme d'imprégnation pervasive sélective où les phénocristaux de feldspath de l'andésite sont remplacés en hornblende. La matrice est constituée d'amphibole, d'albite et de magnétite. La magnétite est disséminée dans l'amphibole pseudomorphique et dans la matrice. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-06-373.

B) Détail de la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe où les microlites et les phénocristaux montrent une foliation trachytique avec zone en «tourbillons». La magnétite est plus grossière dans les phénocristaux remplacés en amphibole. Traces d'une faible altération à épidote-chlorite-pyrite qui remplace préférentiellement l'amphibole et la magnétite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-06-373.

C) Paragenèses de (HT) Na-Ca-Fe précoces au sein de fragments de brèches au pourtour d'une intrusion de la suite de Mystery Island au sud du lac Mile. Le remplacement y est généralisé, stratoïde, hétérogène et l'alternance de lamines d'albite (rosée) et d'amphibole-magnétite (vert) représente un pseudomorphe des lamines du tuf altéré et bréchifié. Station CQA-07-510.

D) Fragments de brèches d'albitite avec préservation des laminations du tuf précurseur dans certaines zones. Une paragenèse (HT) Ca-Fe forme un remplacement intense à complet de la matrice et irrégulier sur les fragments du précurseur volcanoclastique. Station CQA-07-510.

E) Fragments remplacés par les paragenèses (HT) Na-Ca-Fe. Encore là l'albitisation du précurseur peut être complète et uniforme donnant un aspect massif aux fragments d'albitites ou encore les laminations du précurseur sont en partie préservées par une altération à amphibole stratoïde qui elle-même peut devenir généralisée. La brèche est localement superposée par une imprégnation potassique avec remplacement de l'albite en feldspath-K et de l'amphibole en chlorite. Station CQA-07-510.

F) Niveau à cummingtonite et magnétite au sein de la paragenèse (HT) Ca-Fe se superposant sur les unités volcanoclastiques albitisées. La magnétite forme des plages irrégulières autour de la cummingtonite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-07-510C.

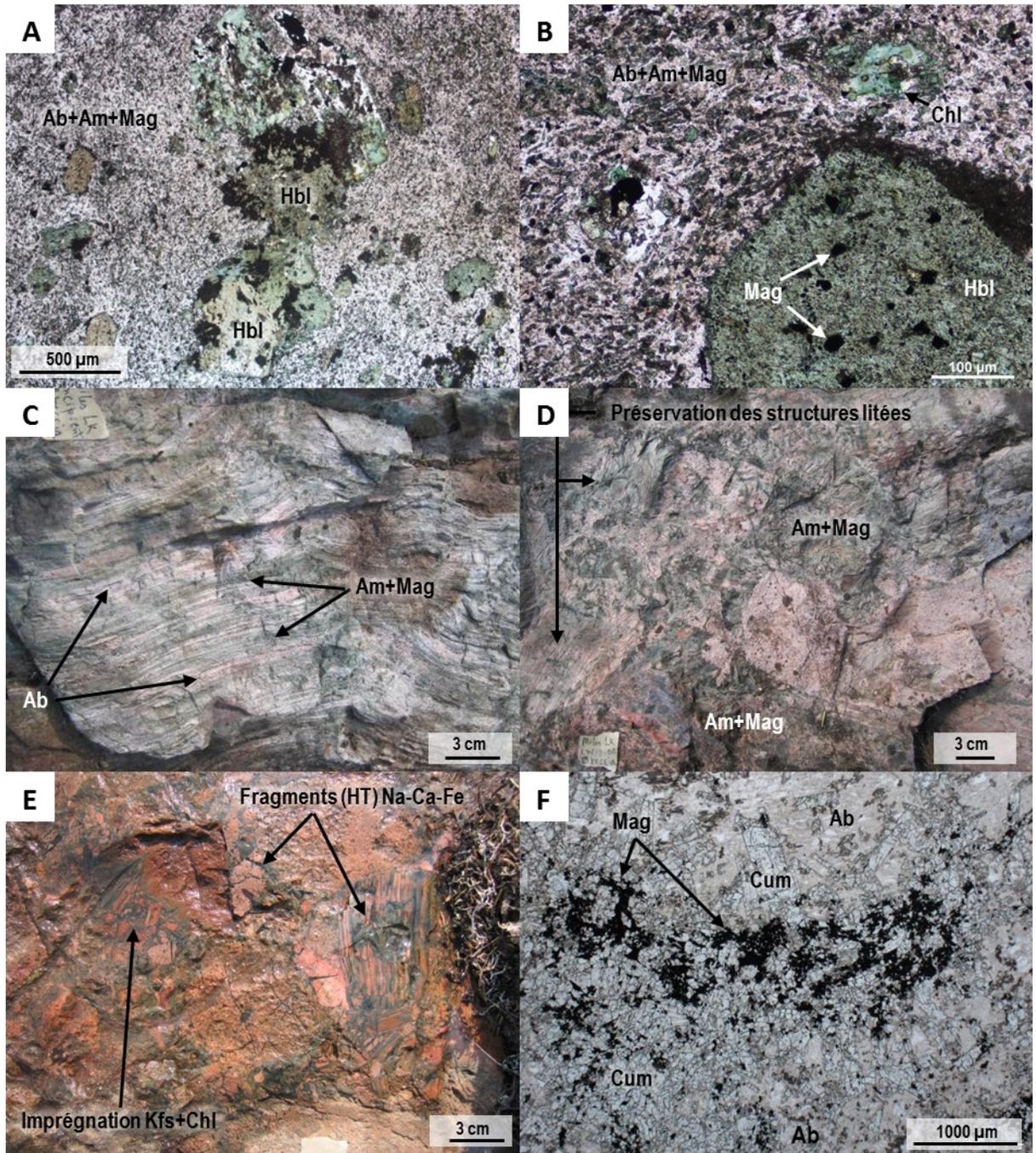


Planche 5 – Altération (HT) Na-Ca-Fe

A) Albitite recoupée par des veines (HT) Ca-Fe sub-parallèles et discontinues. Ces veines évoluent vers un remplacement stratoïde continu. Station CQA-05-195.

B) Paragenèse (HT) Na-Ca-Fe ayant l'aspect d'un remplacement stratoïde irrégulier à albite, actinote et magnétite. Station CQA-05-195.

C) Développement de la paragenèse (HT) Ca-Fe dans l'albitite. L'actinote et la magnétite sont à grains moyens et remplacent/recoupent l'albite au sein de la 'veine' tandis qu'ils sont disséminés et à grains fins dans l'albitite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-195AG.

D) Réseau de veines (sensu stricto) avec paragenèse (HT) Na-Ca-Fe avec un remplissage à amphibole et magnétite accompagné d'une imprégnation des épontes à albite rosée à grain fin s'étalant sur moins de 3 cm d'épaisseur. Présence de zones de remplacement (HT) Na-Ca-Fe également associées à la formation des veines. Ces roches recoupent des zones préalablement albitisées (en blanc). Station CQA-05-099.

E) Veinule recoupant l'andésite albitisée avec initiation du développement de la texture pseudo-pegmatitique à partir des épontes. Station CQA-05-099.

F) Paragenèse (HT) Na-Ca-Fe développant la texture pseudo-pegmatitique en peigne, perpendiculaire à une fracture/veine de remplacement d'albitite. Station CQA-05-104.

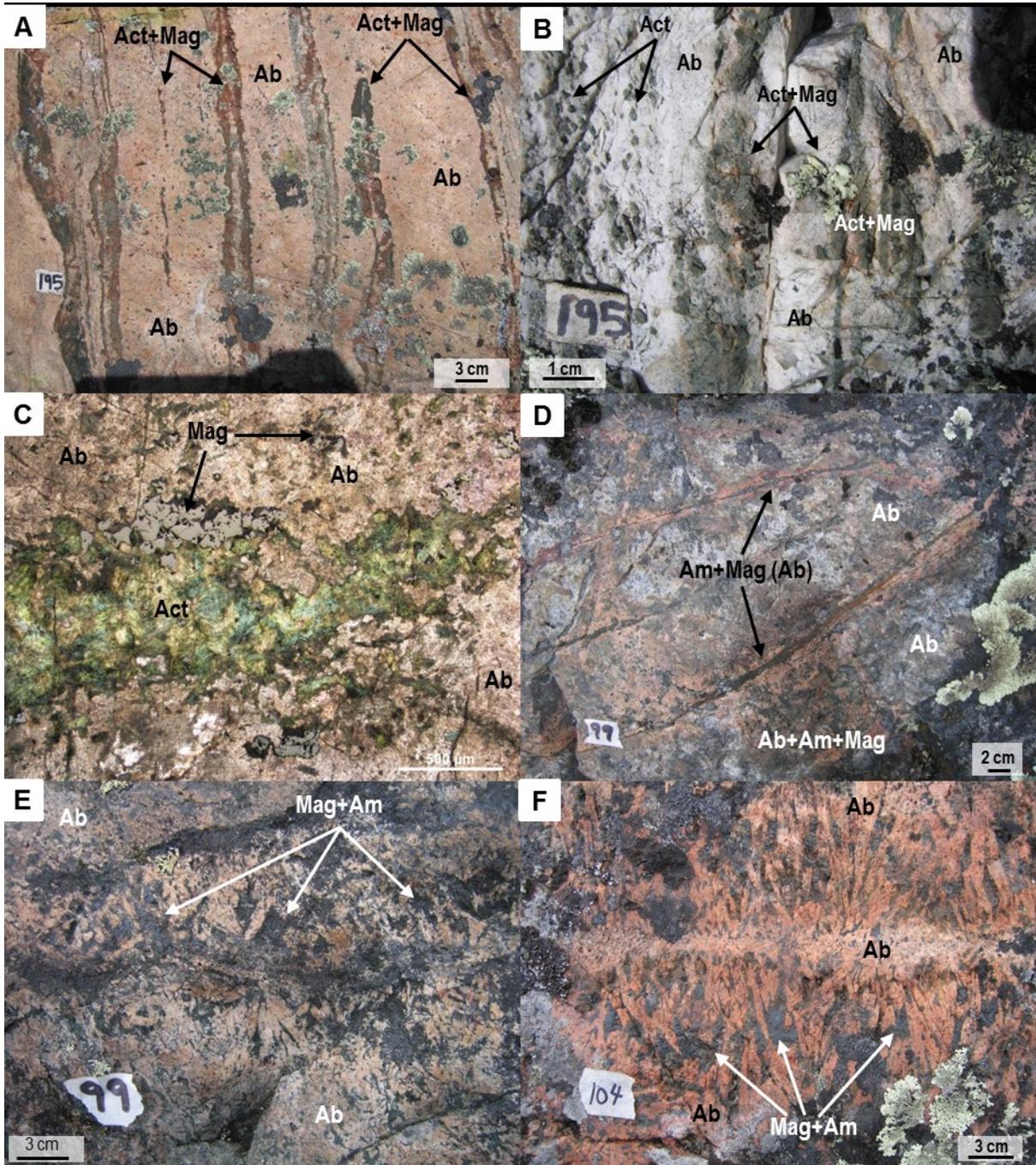


Planche 6 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe

A) Veine décimétrique à magnétite et apatite recoupant l'andésite albitisée. Présence d'une altération à feldspath-K qui se superpose à l'andésite et les veines en association avec un remplacement de la magnétite en hématite. Station CQA-05-152.

B) Tranche de roche polie montrant la distribution des cristaux d'apatite au sein de la veine. Les cristaux d'apatite sont concentrés le long d'une bande et sont hétérogranulaires et idiomorphes à allotriomorphes avec une forme localement arrondie. Échantillon CQA-05-152C.

C) Magnétite associée à une paragenèse (HT) Ca-Fe avec de l'apatite et du quartz. Remplacement pseudomorphique de la magnétite par de l'hématite avec traces de chlorite intercrystalline (la chlorite est absente sur la photo). L'hématite contient des reliques de magnétite et montre de nombreuses porosités. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-152C.

D) Réseau de veines (HT) Ca-Fe recoupant l'andésite albitisée. Les veines sont composées de magnétite, d'amphibole et d'apatite avec une abondance d'apatite dans les parties les plus larges. Épaisseur centimétrique à décimétrique. Station CQA-05-100.

E) Veine (HT) Ca-K-Fe à amphibole, magnétite et apatite avec imprégnation à feldspath-K sur les fragments et les épontes de l'andésite. Station CQA-05-101.

F) Veine (HT-BT) Fe à magnétite et hématite avec halo irrégulier de remplacement recoupant. Aspect massif avec des cristaux finement grenus. Station CQA-06-273.

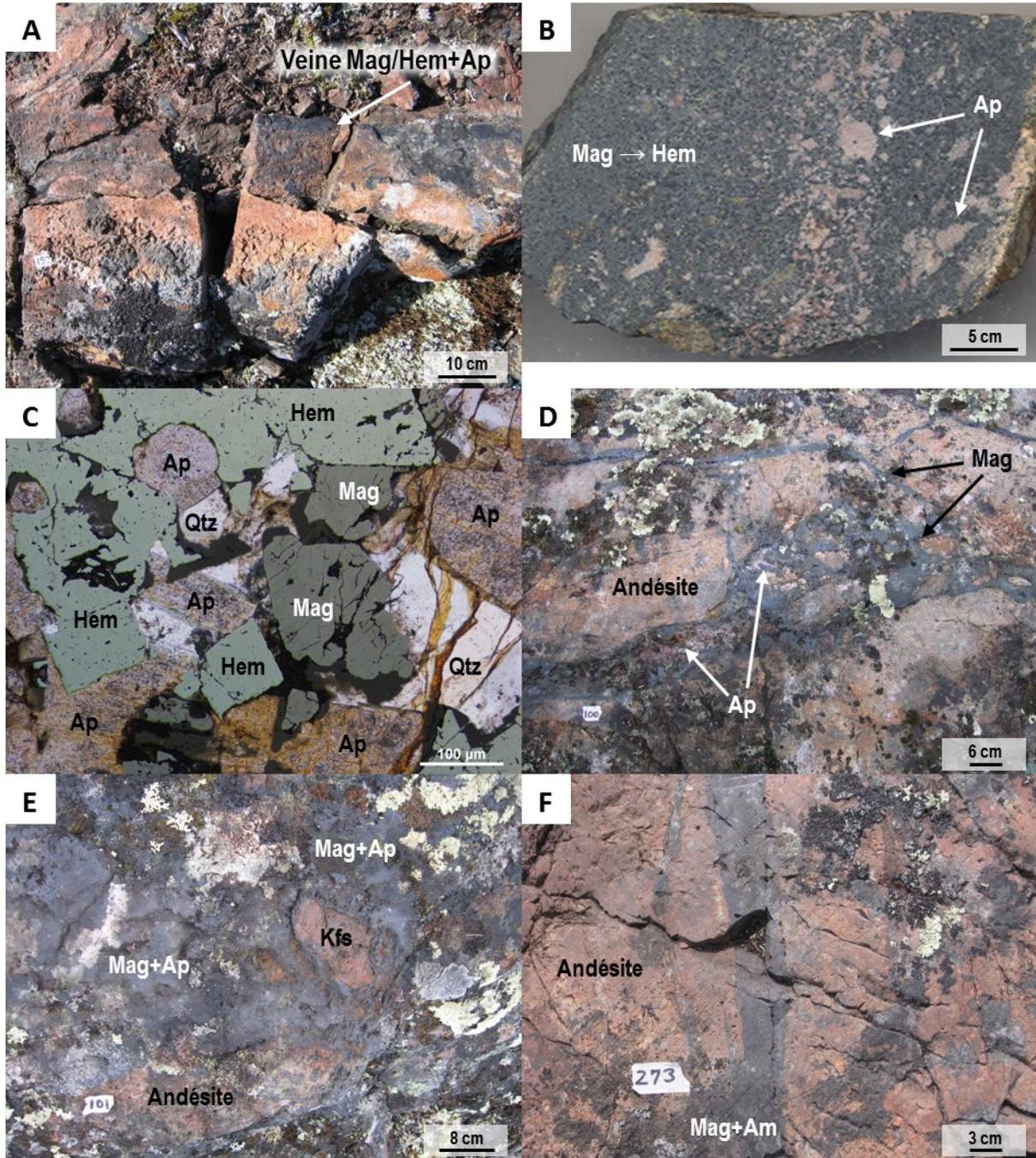


Planche 7 – Veine de carbonatite ou altération (HT) Ca-Fe

A) Unité (veine?) de carbonates au sud du lac Mile montrant un contact franc avec les tufs et parallèle à la stratification de ces derniers. L'unité a une épaisseur métrique, son apparence est massive à l'affleurement mais du rubanement grossier, des veines et de la bréchification locale sont observables sur les tranches de roches (voir B). Station CQA-06-360.

B) Tranche de roche polie montrant l'injection de veines à calcite, grenat (majorite ?) et magnétite au sein de dolomite massive avec bréchification sans apparence de déplacement et de rotation des fragments. Une paragenèse à biotite, chlorite et galène se superpose aux veines à magnétite. Échantillon CQA-06-360A.

C) Dolomite grenue microcristalline recoupée par des injections d'un assemblage à calcite, grenat (majorite ?) et magnétite. Calcite hypidiomorphe à grains fins en bordure des injections avec veinules de calcite dans la dolomite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-06-360A.

D) Présence de magnétite et de calcite disséminées dans les zones à dolomite grenue avec texture polygonale typique des textures d'équilibre avec minimisation d'énergie de surface. La calcite est xénomorphe et d'apparence interstitielle par rapport à la dolomite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-06-360A.

E) Magnétite de forme irrégulière spatialement associée au grenat (majorite ?). La magnétite est microcristalline et montre de nombreuses indentations ainsi que des inclusions au sein du minéral. Proportion plus faible de magnétite dans les zones à calcite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-06-360A.

F) La paragenèse (HT) Ca-Fe montre un assemblage à calcite, grenat (majorite ?), magnétite, actinote, apatite et galène accompagné d'une faible altération rétrograde de l'actinote en chlorite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-06-360A.

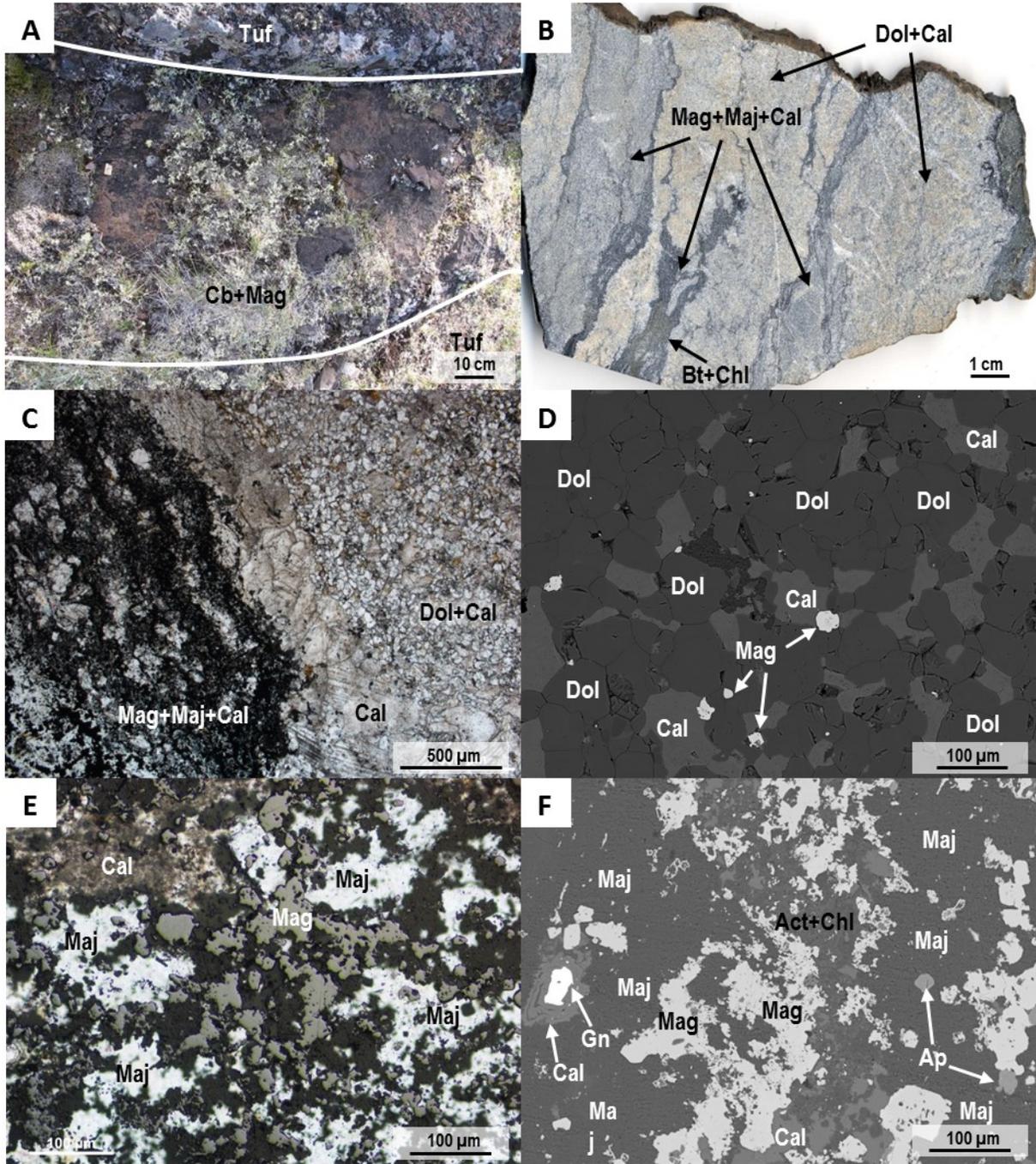


Planche 8 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe

A) Réseau de veines (HT) Ca-K-Fe qui recoupe l'andésite albitisée. Les veines sont massives avec un remplissage à hornblende, actinote et magnétite avec une imprégnation des épontes en feldspath-K sur moins de 2 cm. Station CQA-05-201.

B) Détail de la veine (HT) Ca-K-Fe avec magnétite, de forme irrégulière, disséminée au sein de l'actinote et de la hornblende. La magnétite disséminée au sein de l'encaissant est associée à la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe à texture pseudo-pegmatitique. La magnétite de l'encaissant, qui est superposée par l'imprégnation potassique sur les épontes, a produit des bordures de corrosion au pourtour des grains. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-201A.

C) Remplacement pénétratif (HT) Ca-Fe et veine (HT) Ca-K-Fe superposés sur une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe à texture pseudo-pegmatitique. L'imprégnation potassique de la veine est pluricentimétrique et superpose l'albitite et une zone de l'altération (HT) Ca-Fe. Tranche de roche colorée CQA-05-206CEF.

D) Magnétite poreuse intersertale par rapport aux baguettes d'albite et associée à une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-206CEF1.

E) Magnétite finement grenue de forme irrégulière, disséminée et équigranulaire, associée au remplacement (HT) Ca-Fe avec l'actinote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-206CEF1.

F) Texture de la magnétite dans la veine d'actinote de la paragenèse (HT) Ca-K-Fe. La magnétite est grossière et poreuse, forme des bordures irrégulières avec l'actinote et contient de fines lamelles d'exsolution avec des zones de remplacement à oxyde de Fe-Ti. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-206CEF2.

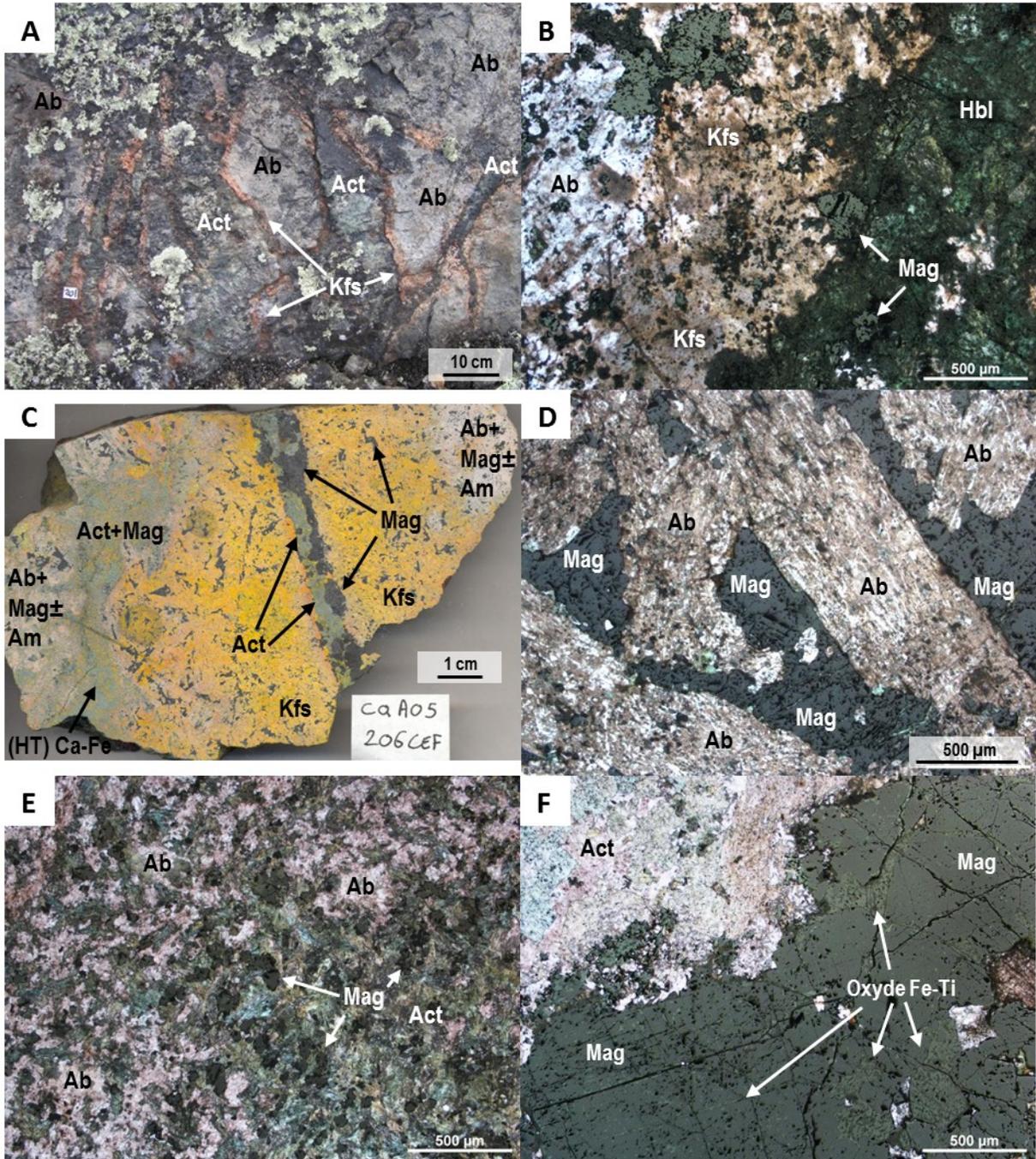


Planche 9 – Altération (HT) K-Fe et (HT) Ca-Fe

A) Andésite porphyrique superposée par une altération (HT) K-Fe sous forme d'imprégnation généralisée, sélective et homogène de la matrice par une altération à magnétite et biotite. La forme des phénocristaux de plagioclase est préservée mais le plagioclase est remplacé en albite puis en séricite. Sur l'affleurement l'andésite porphyrique présentait une transition de moins altérée vers des zones à altération généralisée à magnétite vers des zones à silicification intense. Station CQA-05-184.

B) Tranche de roche colorée montrant le remplacement (HT) K-Fe de forte intensité de l'andésite porphyrique peu magnétifère. Échantillon CQA-05-184A.

C) Aspect général du remplacement (HT) K-Fe. Préservation des phénocristaux et des textures volcaniques. Remplacement d'une amygdale en biotite, quartz et magnétite comme pseudomorphe. Dans la matrice, la magnétite est soit à grains fins hypidiomorphes ou microgrenue de forme arrondie. Remplacement des phénocristaux en feldspath-K et séricite. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame CQA-05-184A.

D) Matrice de l'andésite porphyrique remplacée par la paragenèse (HT) K-Fe où le remplacement de la matrice par de la magnétite est plus marqué. Présence de microlithes de feldspath avec de la biotite et de la magnétite microcristalline. Initiation du remplacement des microlithes de feldspath en magnétite. La magnétite forme des microcristaux arrondis ainsi que des baguettes issues d'un début de remplacement pseudomorphique avec surcroissance marquée. Microphotographie en lumière transmise analysée (gauche) et la lumière réfléchie (droite), lame CQA-05-184A.

E) Abondance de magnétite et de biotite disséminée remplaçant la matrice de l'andésite porphyrique affectée par la paragenèse (HT) K-Fe. La magnétite est microcristalline dans la matrice. La marge du phénocristal de plagioclase est remplacée par un assemblage de feldspath et micro-inclusions de magnétite alors que son cœur est partiellement remplacé en feldspath-K et biotite. La magnétite forme aussi des golfes de corrosion au sein du phénocristal. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-05-184A.

F) Veines (HT) Ca-Fe carbonatée à calcite, magnétite, chlorite et épidote recoupant l'andésite et l'altération (HT) K-Fe. La magnétite est microcristalline, idiomorphe et disséminée dans la calcite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-184A.

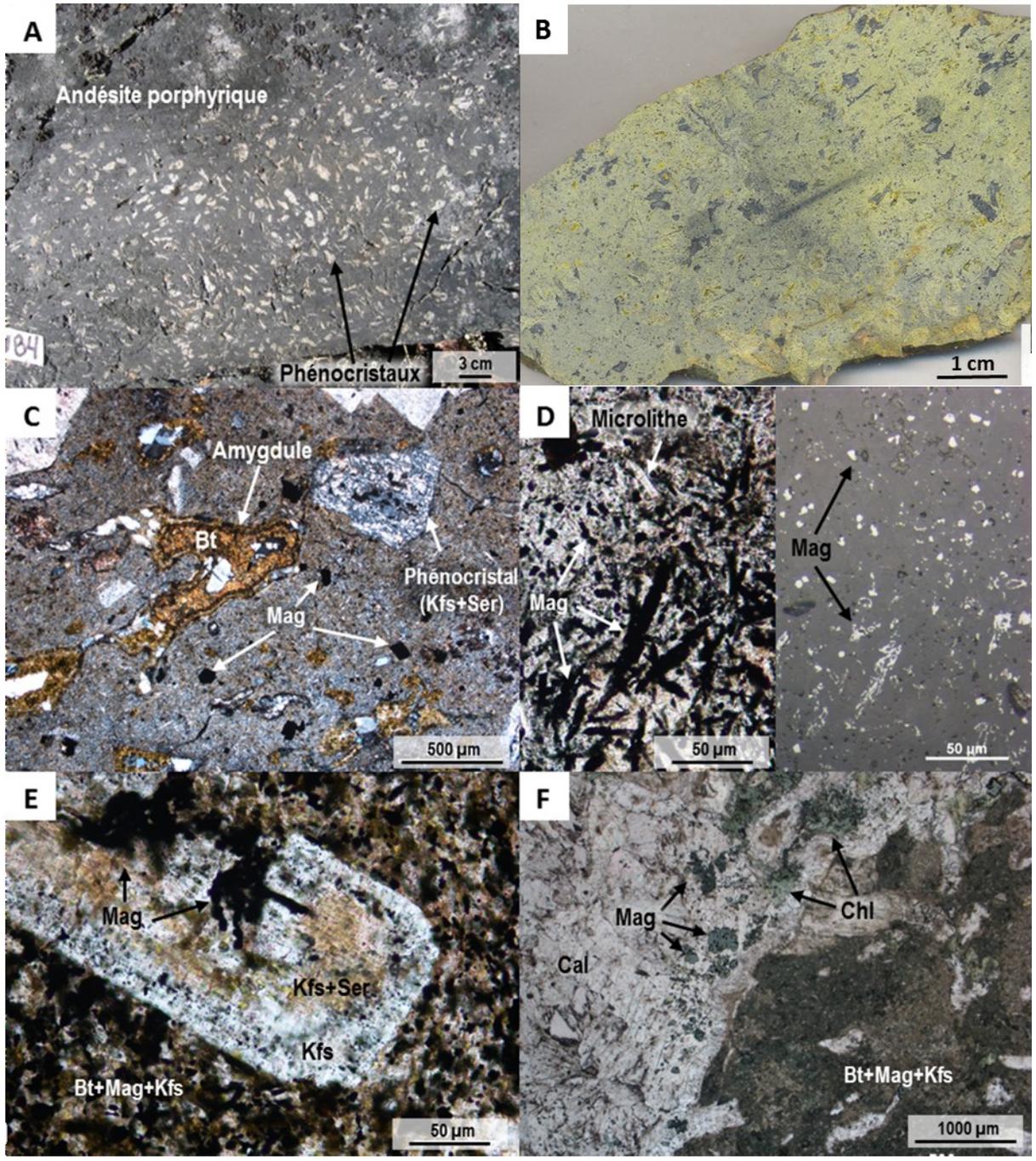


Planche 10 – Altérations (HT) K-Fe et (LT) K-Fe

A) Andésite porphyrique avec phénocristaux de plagioclase recoupé par des veines à quartz, hématite terreuse et séricite. Imprégnation à hématite sur moins de 2 cm sur les épontes des veines. Station CQA-05-136.

B) Remplacement sélectif (LT) K-Fe sur la matrice de l'andésite porphyrique. Les textures volcaniques sont préservées avec des amygdules remplacées en quartz. L'hématite est microcristalline dans la matrice. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-05-136A.

C) Magnétite hypidiomorphe partiellement remplacée en hématite. Les reliques de magnétite sont plus grossières et localisées au sein des amygdules de quartz et des phénocristaux de plagioclase. L'hématite est finement disséminée dans la matrice. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-136A.

D) Remplacement complet de l'andésite porphyrique par une paragenèse (LT) K-Fe à hématite spéculaire et terreuse. Un remplacement pervasif à magnétite précoce est suspecté par la texture de l'hématite. La zone d'altération couvre 60 m par 10 m. Station CQA-05-273.

E) Réseau de veines irrégulières à hématite terreuse et quartz recoupant un précurseur d'origine volcanique. Station CQA-06-380.

F) Remplacement des phénocristaux de plagioclase en séricite et des amygdules en quartz. Hématite disséminée dans la matrice. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-380A.

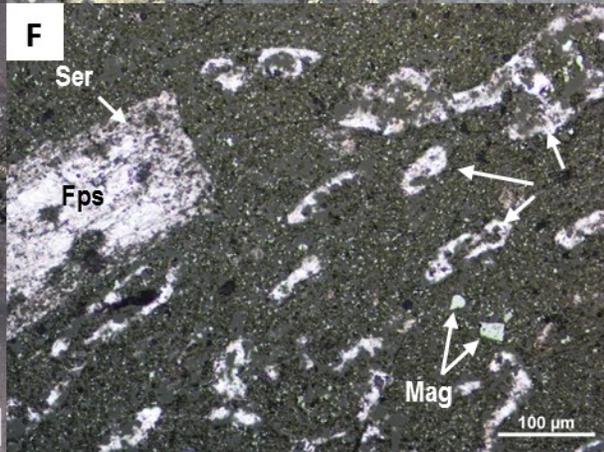
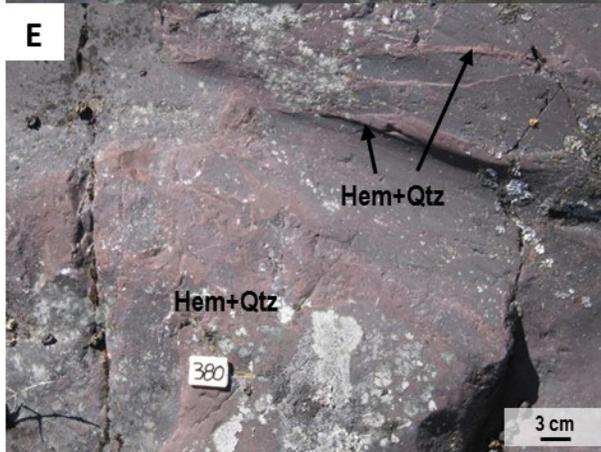
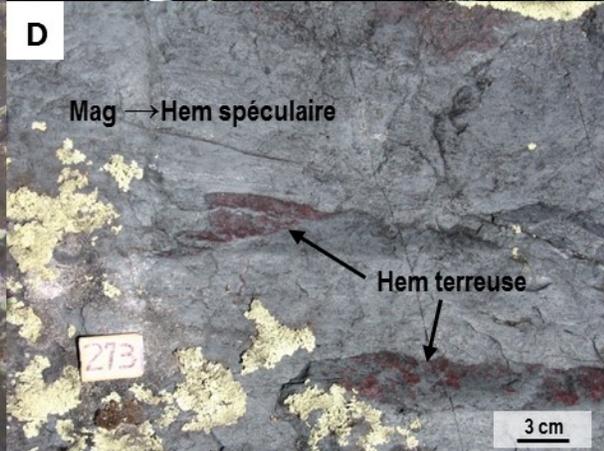
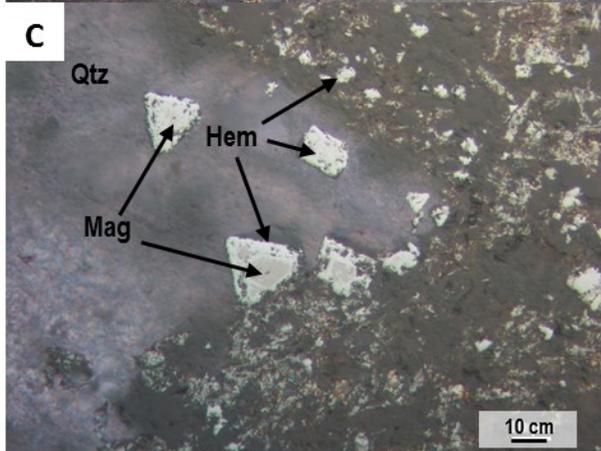
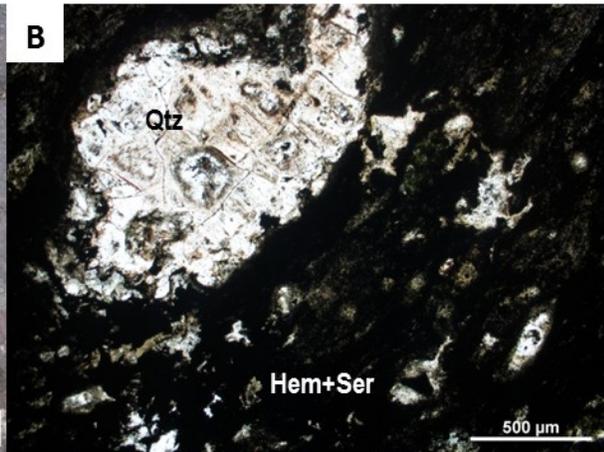
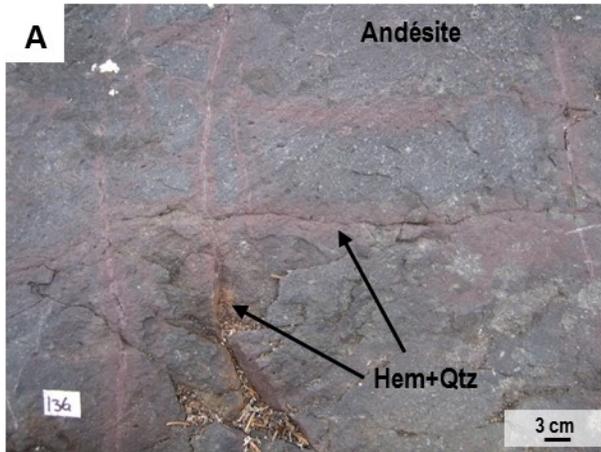


Planche 11 – Altérations de basse température

A) Altération à feldspath-K et chlorite superposée sur une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe qui remplace partiellement l'andésite porphyrique et formant des textures similaires à une texture bréchique (voir Planche 2 D). Une forte imprégnation à feldspath-K rougit considérablement le précurseur. Ce type d'altération est couramment associé à un enrichissement en $\text{Cu}\pm\text{Pb}\pm\text{Zn}$. Station CQA-06-336.

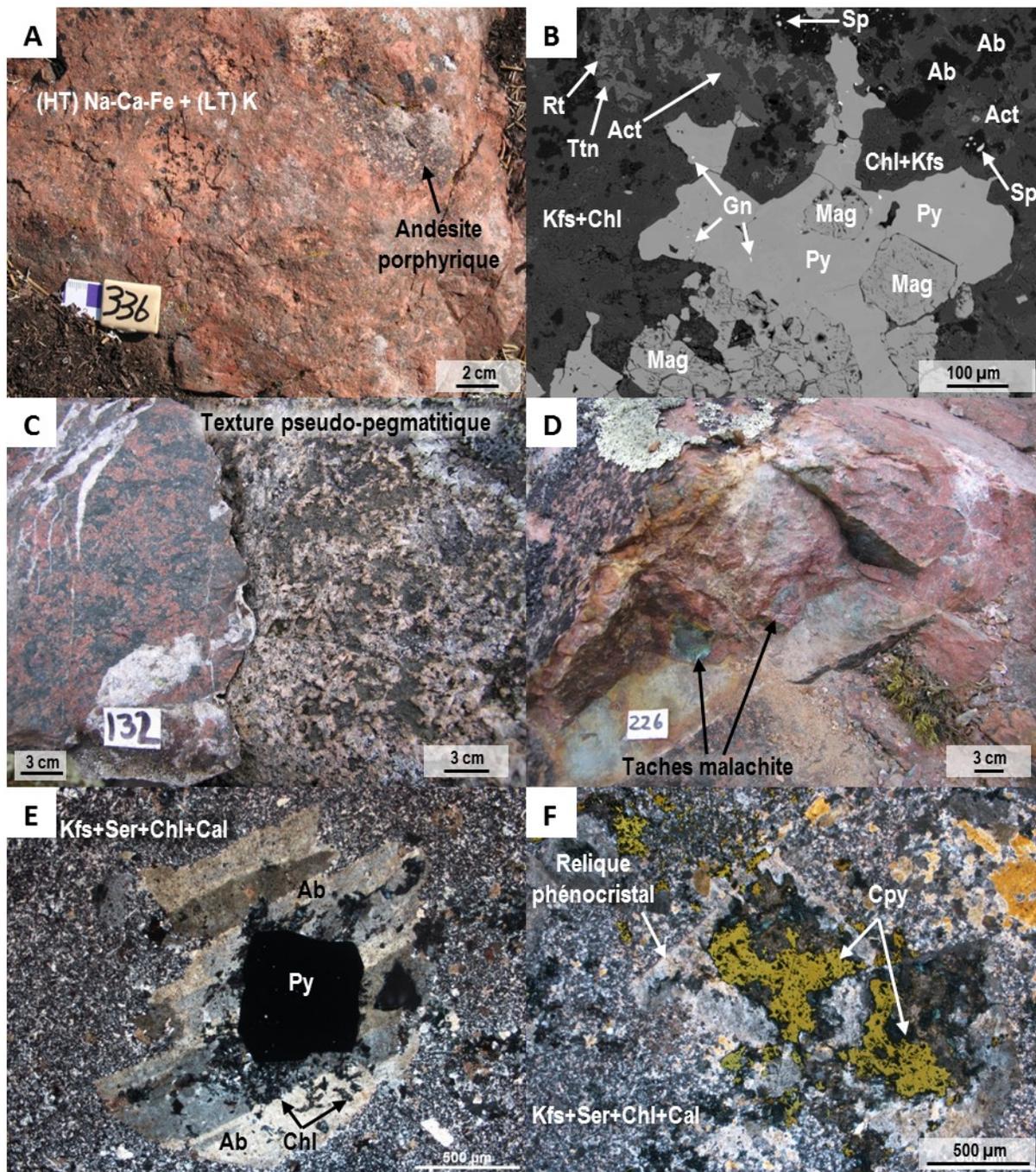
B) Paragenèse (HT) Na-Ca-Fe à albite, actinote, magnétite, titanite et rutile superposée par une imprégnation minéralisée à feldspath-K, chlorite, pyrite, sphalérite et galène. La magnétite montre des bordures très irrégulières typiques de textures de corrosion/dissolution et des porosités concentriques. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-06-336A.

C) Altération potassique de basse température superposée sur la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe à texture pseudo-pegmatitique. L'altération à feldspath-K est plus facilement identifiable sur une cassure fraîche (gauche) que sur la patine altérée (droite). Des veines de quartz recoupent l'imprégnation potassique. Station CQA-05-132.

D) Andésite porphyrique albitisée superposée par une altération potassique de basse température à feldspath-K, chlorite, calcite et séricite avec traces de chalcopryrite disséminée. De la malachite se forme le long de certaines fractures mais était absente sur la patine d'altération de l'affleurement. Station CQA-05-226.

E) Cristallisation préférentielle de la pyrite au cœur des phénocristaux de plagioclase albitisés. La pyrite est associée à de la chlorite, séricite et calcite microcristalline. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-226F.

F) Chalcopryrite associée à une altération à feldspath-K, séricite et chlorite présente sous forme de veines montrant un remplacement sélectif du cœur des phénocristaux de plagioclase complètement albitisés. La chalcopryrite est également retrouvée sous forme de dissémination au sein de plages irrégulières retrouvées le long des veines. Microphotographie combinant la lumière transmise polarisée et la lumière réfléchie, lame CQA-05-226J.



Le système de Grouard

Planche 12 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe

A) Brèche (HT) Ca-Fe à clinopyroxène et calcite recoupant une unité carbonatée légèrement albitisée. Les fragments sont monogéniques, subanguleux, fracturés, hétérométriques, distribués de façon aléatoire et certains présentent des contacts très irréguliers et lobés typiques de zones de dissolution. La brèche présente donc un fort degré de maturité si on applique les critères de Jébrak (2010). Station 10CQA-0202.

B) Unité volcanoclastique superposée par un remplacement (HT) Ca-Fe à amphibole, magnétite, titanite et apatite sous forme de front de remplacement irrégulier, pénétratif et homogène évoluant vers un remplacement stratoïde. Le contact entre les albitites massives et l'altération à amphibole et magnétite est net, sélectif et stratoïde. Le remplacement est hétérogène avec préservation de stratifications (centimétriques) albitisées du précurseur. Ce faciès d'altération évolue latéralement vers une zone bréchique. Station 10CQA-0301.

C) Paragenèse (HT) Ca-Fe sous forme de remplacement stratoïde hétérogène (gauche) et en remplacement pénétratif et généralisé sous la forme d'une veine qui recoupe l'affleurement et qui remplace avec un aspect chaotique une brèche d'albitite (droite). La brèche est recoupée tardivement par des veines d'épidote et une légère imprégnation potassique. Amas de magnétite dans la matrice entre des lits d'albitite présentant des évidences de rotation. Station 10CQA-0302.

D) Remplacement (HT) Ca-Fe sur un porphyre à amygdules de quartz et feldspath d'origine volcanique. Le porphyre est préalablement affecté par un remplacement généralisé à albite. Le remplacement (HT) Ca-Fe remplace sélectivement et partiellement les amygdules remplies de feldspath ou de quartz formant des couronnes à amphibole et magnétite. Le remplacement évolue vers un remplacement pseudomorphique complet des amygdules et la formation de plages à magnétite de forme irrégulière. Station 10CQA-1262.

E) Pseudo-brèche avec matrice à paragenèse (HT) Na-Ca-Fe recoupant l'andésite. La matrice est composée d'un cœur de magnétite massive avec de l'amphibole. Les épontes des fragments montrent une recristallisation de l'albite sur quelques centimètres. Imprégnation sporadique tardive à feldspath-K, épidote et chlorite entre la matrice et les fragments. Station 10CQA-1267/1268.

F) Remplacement stratoïde irrégulier à magnétite sur les unités de stromatolithes. Affleurement 10CQA-0308.

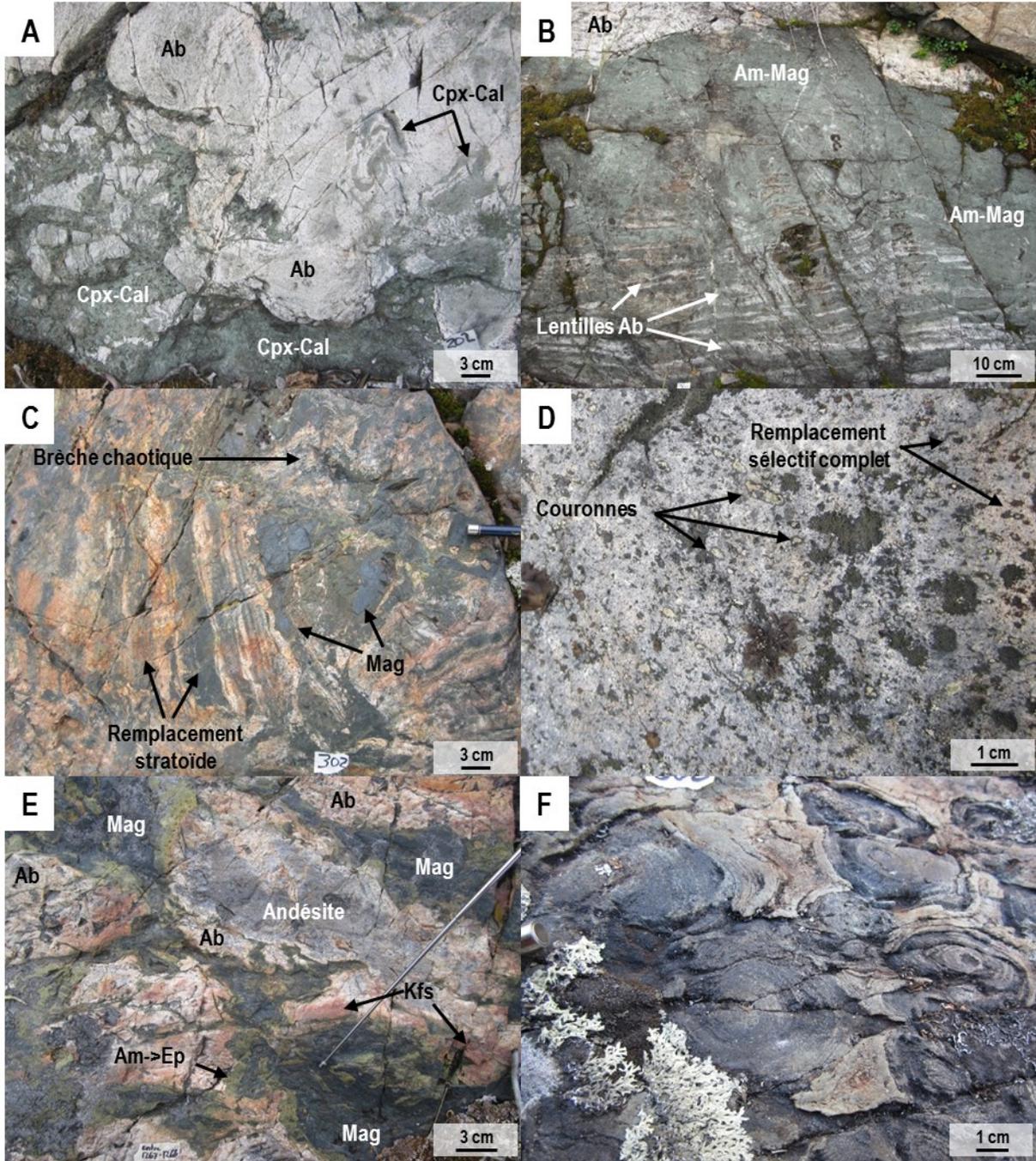


Planche 13 – Altération (HT) Ca-Fe

A) Remplacement (HT) Ca-Fe à actinote, magnétite, titanite, fluorapatite et allanite se superposant sur un tuf à phénocristaux de feldspath, lapillis et blocs (cf. lapillis et blocs en B). Le remplacement de couleur vert foncé est hétérogène et irrégulier, préférentiellement stratoïde mais avec un recoupement anastomosé d'une stratification à l'autre. L'aspect de la stratification du précurseur est en gros préservé. Station 10CQA-1270.

B) Remplacement (HT) Ca-Fe avec préservation des lapillis et blocs. L'intensité du remplacement varie au sein d'un même lit avec des contacts nets ou localement graduels avec le précurseur. Station 10CQA-1270.

C) Zone de plus faible intensité au sein du remplacement (HT) Ca-Fe. L'actinote est majoritairement dans la matrice et remplace certains phénocristaux ou fragments. La magnétite est peu abondante et disséminée dans la matrice. Les fragments lithiques et les cristaux commencent à être remplacés. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 10CQA-1270D01.

D) Zone d'intensité modérée. Reliques de cristaux partiellement à complètement remplacés en actinote, titanite et magnétite. La magnétite est présente sous forme de fins grains allotriomorphes, d'amas formés de grains microcristallins avec de la titanite et de grains disséminés dans l'actinote. La magnétite remplace également les feldspaths et forme de fines veinules. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 10CQA-1270D01.

E) Remplacement (HT) Ca-Fe à actinote, magnétite, titanite, fluorapatite et allanite. La magnétite est hypidiomorphe à allotriomorphe. Cristallisation préférentielle de magnétite au sein d'un cristal de feldspath alcalin. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 10CQA-1270D01.

F) Différentes texture de magnétite au sein du remplacement (HT) Ca-Fe à actinote, titanite, et magnétite qui contient des reliques de feldspaths de composition alcaline (à proportion Na et K à peu près égale). La magnétite est spatialement associée aux reliques de feldspath et à la titanite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 10CQA-1270D01.

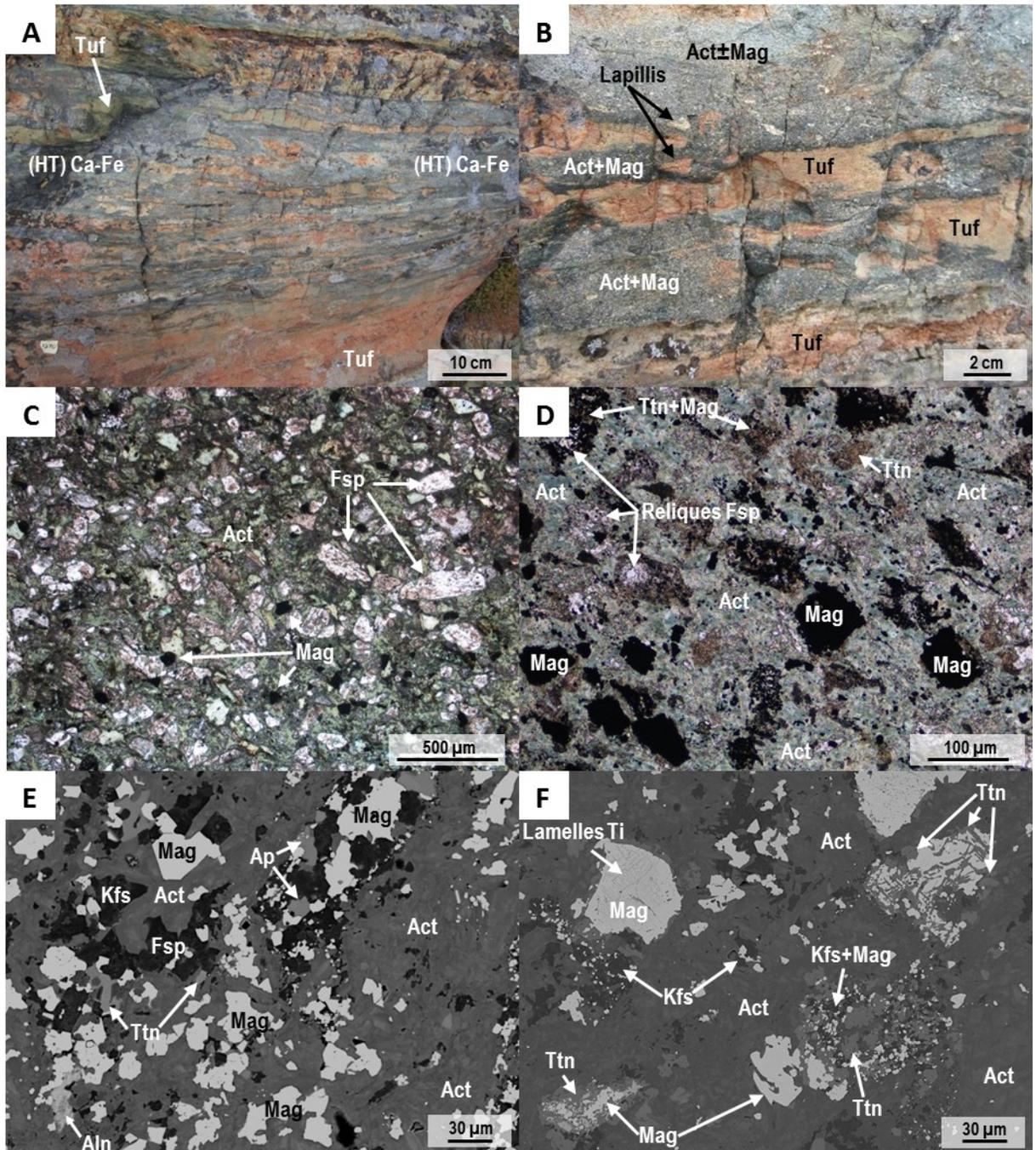


Planche 14 – Altération (HT) K-Fe

A) Remplacement (HT) K-Fe sous forme d'imprégnation généralisée sur une andésite. Des plages irrégulières à épidote se superposent à l'altération (HT) K-Fe. Tranche de roche polie, échantillon 10CQA-1294.

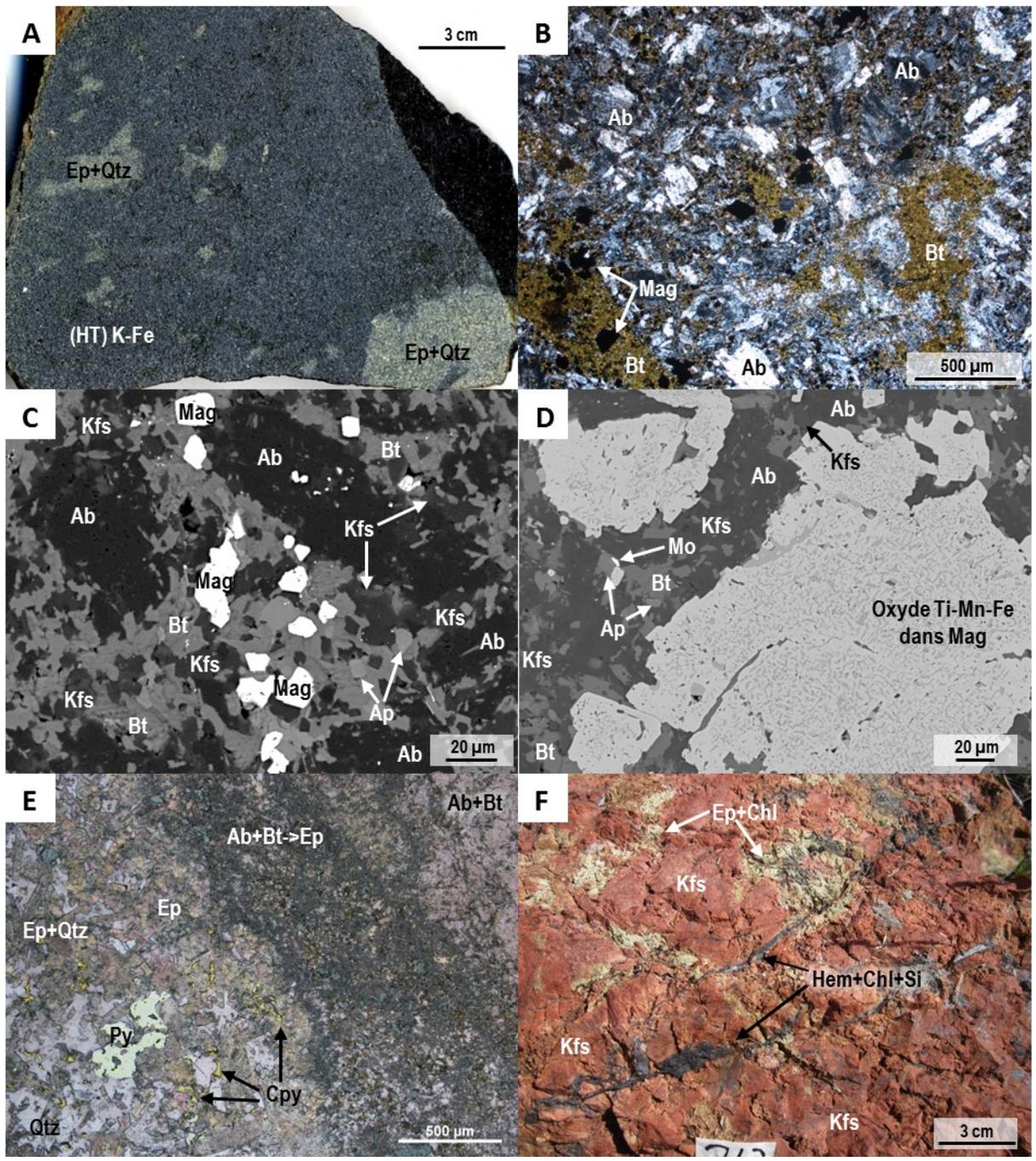
B) Aspect général de l'andésite affecté par un remplacement (HT) K-Fe d'aspect bigarré. La biotite et la magnétite sont intercrystallines aux lattes hypidiomorphes de plagioclase albitisé. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 10CQA-1294B01.

C) Reliques d'albite entourée par un assemblage à biotite, magnétite et apatite avec un remplacement de l'albite en feldspath-K. La magnétite est hypidiomorphe à allotriomorphe. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 10CQA-1294B01.

D) La magnétite contient de nombreuses inclusions d'un oxyde de Ti, Mn et Fe. L'abondance d'inclusions diminue en bordure des grains. Présence d'apatite et de molybdénite associée à la paragenèse (HT) K-Fe. L'albite est sous forme de relique partiellement remplacée en feldspath-K. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 10CQA-1294B01.

E) Contact graduel et diffus entre l'andésite affectée par un remplacement (HT) K-Fe et les plages à épidote et quartz. Traces de pyrite et chalcopryrite de forme irrégulière dans les plages à épidote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 10CQA-1294B01.

F) Forte imprégnation potassique associée à la présence de veines à hématite, chlorite et quartz. Plages irrégulières d'épidote tardive superposée sur l'altération potassique. Station 10CQA-0213.



Le système de Terra

Planche 15 – Précurseurs et intrusions

A) Roche sédimentaire (arénite) plissée constituée de lits parallèles d'épaisseur millimétriques à centimétriques. Station 09CQA-0144.

B) Andésite porphyrique à phénocristaux de plagioclase sans orientation préférentielle et d'aspect massif. La roche est légèrement altérée par une altération sodique et potassique. Station 09CQA-0135.

C) Blocs de roches minéralisées provenant de l'ancienne mine de Northrim. Ces blocs constituaient la partie non économique de l'exploitation.

D) Monzonite massive contenant des phénocristaux hypidiomorphes de plagioclase et de hornblende à grains moyens. La roche est altérée par un faible remplacement (LT) K pervasif. Station 09CQA-0132.

E) Remplacement des plagioclases par le feldspath-K produisant une texture vermiculaire. L'amphibole est rétrogradée par un assemblage à calcite et chlorite. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-0133A01.

F) Agrégat de magnétite et fluorapatite dans la monzonite. La magnétite est allotriomorphe et inclue des grains hypidiomorphes d'apatite microcristalline. L'apatite est spatialement associée à la magnétite. Remplacement de l'amphibole en chlorite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0133A01.

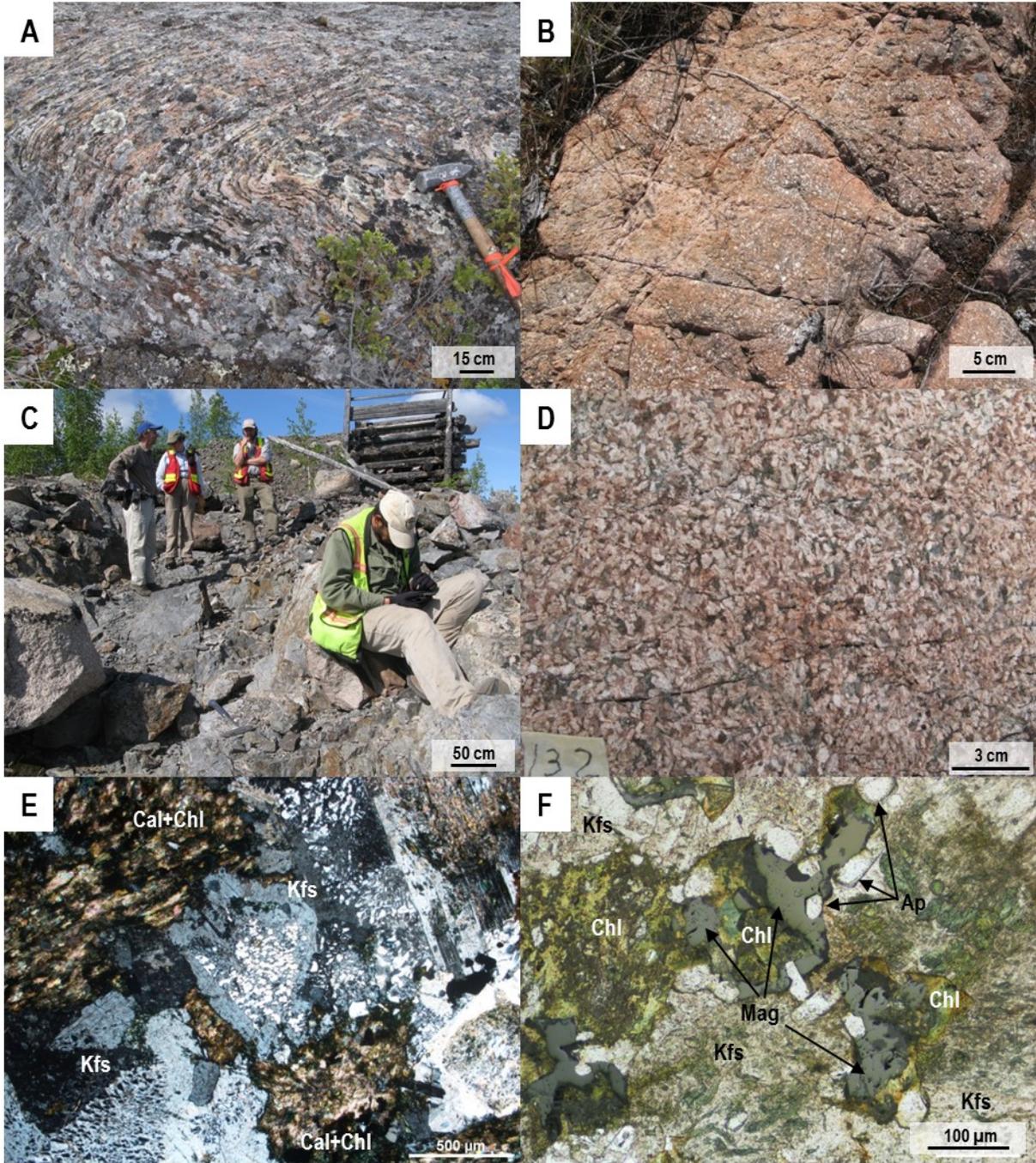


Planche 16 – Altérations (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe

A) Remplacement (HT) Na sporadique, zoné et hétérogène sur l'andésite avec préservation de la texture porphyrique du précurseur. Station 09CQA-0135.

B) Remplacement de la matrice de l'andésite par de l'albite allotriomorphe, équi-granulaire et microcristalline montrant une texture en mosaïque. Traces d'apatite et de rutile disséminés dans la matrice. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-0135A02.

C) Remplacement pseudomorphique des phénocristaux de plagioclase en albite. Présence de calcite microcristalline disséminée dans les phénocristaux et dans la matrice. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-0135A02.

D) Remplacement du précurseur sédimentaire par un remplacement généralisé (HT) Na à albite. La roche est par la suite remplacée par une paragenèse (HT) Ca-Fe stratoïde puis superposée par une faible imprégnation (LT) K. Station 09CQA-0142.

E) Remplacement généralisé (HT) Na-Ca-Fe avec initiation du développement de la texture pseudo-pegmatitique sur l'andésite porphyrique. La roche est ensuite superposée par une faible paragenèse (LT) K. Échantillon 09CQA-0137A01.

F) Début de formation de pseudo-baguettes d'albite d'orientation aléatoire avec cristallisation interstitielle d'amphibole, magnétite et apatite par un remplacement (HT) Na-Ca-Fe. La magnétite, l'amphibole et l'apatite sont concentrées entre des plages d'albite microcristalline et la magnétite est parfois disséminée avec l'albite. Remplacement de l'amphibole en chlorite et calcite par une faible altération tardive. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0137A01.

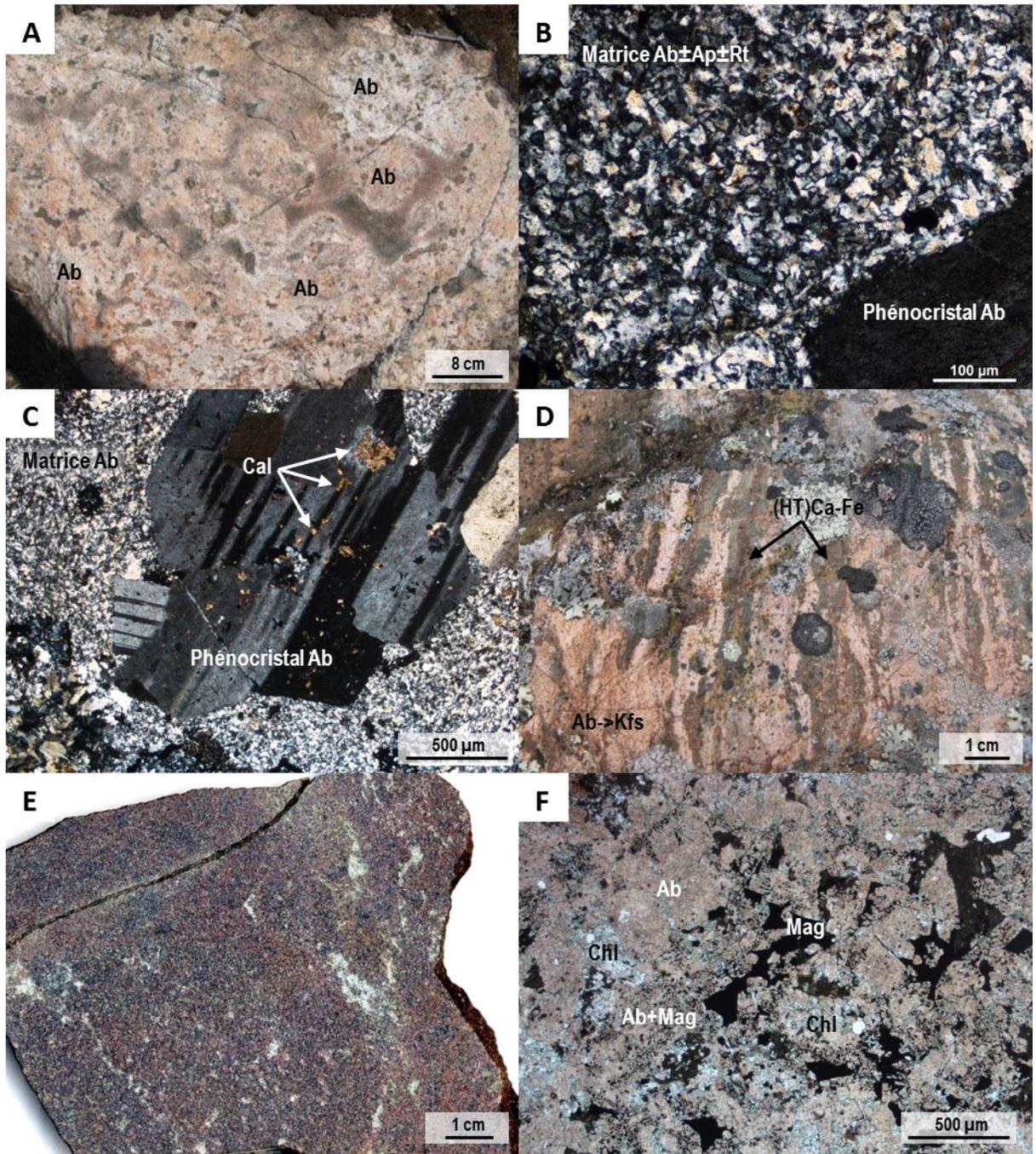


Planche 17 – Altération (HT) Ca-Fe

A) Remplacement (HT) Ca-Fe stratoïde hétérogène contenant des enclaves non-altérées de sédiment. Le remplacement est composé d'amphibole et de magnétite microcristalline avec une forte concentration de magnétite en bordure des enclaves. Le remplacement est marqué sur une épaisseur d'environ 5 mètres et possède un contact franc avec une zone faiblement altérée. Secteur de la mine Terra.

B) Remplacement (HT) Ca-Fe stratoïde de type lit par lit contenant des niveaux de magnétite discontinus. La magnétite est retrouvée spécifiquement le long de certains lits. Station 09CQA-144.

C) Injection de magnétite le long d'une fracture avec remplacement stratoïde dans certains lits spécifiques. Station 09CQA-144.

D) Remplacement (HT) Ca-Fe stratoïde bien développé avec préservation de la structure litée du précurseur. Distribution hétérogène de l'altération à actinote, magnétite et épidote. Échantillon 09CQA-0144A01.

E) Paragenèse (HT) Ca-Fe avec alternance de lits à actinote et magnétite et actinote et épidote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0144A02.

F) Paragenèse (HT) Ca-Fe à actinote, magnétite et épidote avec de la magnétite sous forme de plages irrégulières avec un aspect troué. La magnétite tend à avoir une texture plus grenue au cœur des niveaux avec l'actinote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0144A02.

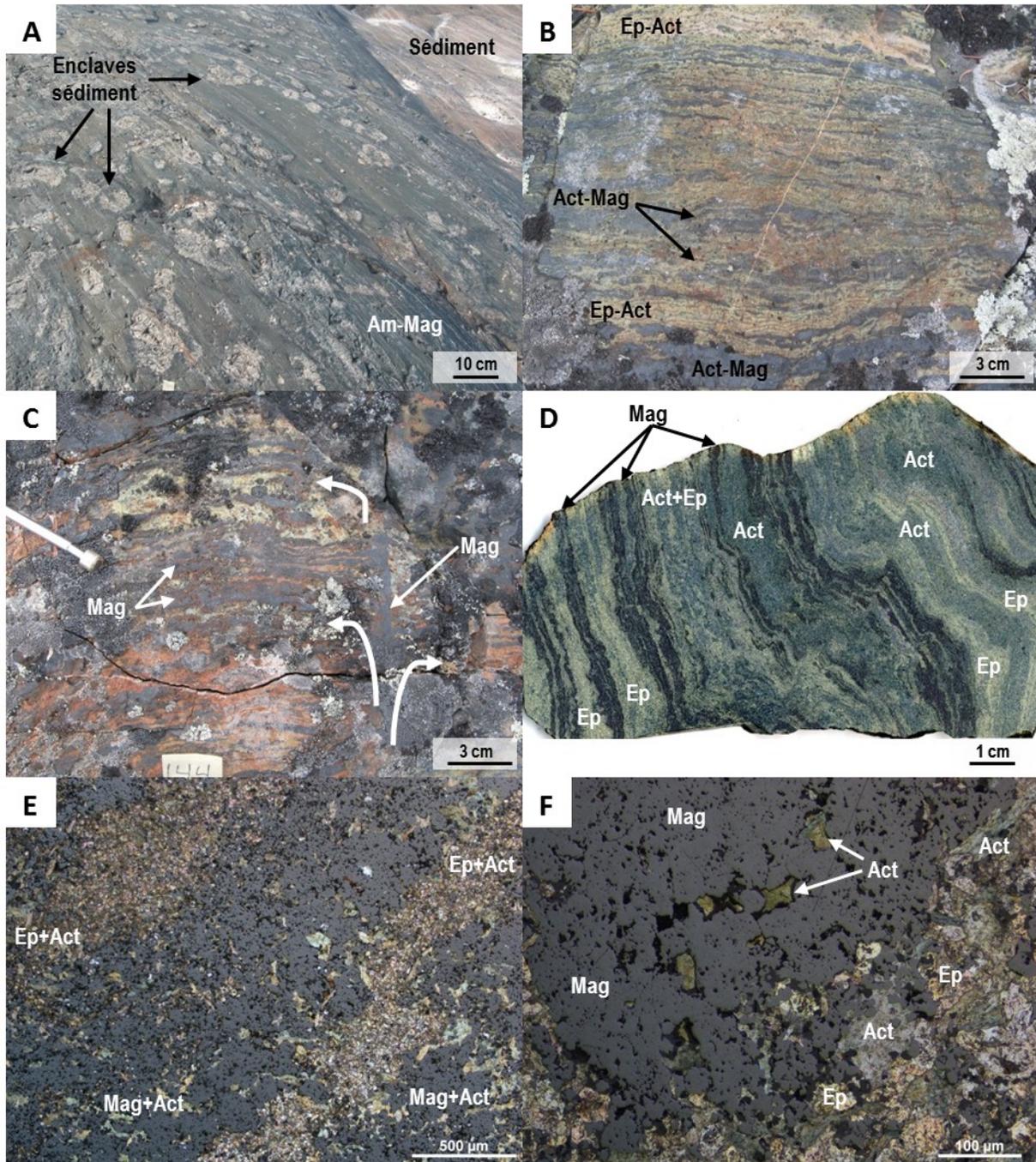


Planche 18 – Altération (HT) Fe

A) Injection de magnétite le long des lits de la roche sédimentaire associée à une faible imprégnation potassique du précurseur. Zone distale. Station 09CQA-0128.

B) Brèche contenant des fragments de roches sédimentaires remplacées par de la magnétite et du feldspath-K. Station 09CQA-0128.

C) Initiation de la bréchification avec formation d'un réseau de veines anastomosées composées de magnétite massive. Imprégnation à feldspath-K aux bordures des fragments du précurseur sédimentaire. Zone proximale. Station 09CQA-0128.

D) Brèche (HT) Fe à magnétite contenant des fragments de fluorapatite fracturés et en voie d'être remplacé par un assemblage à actinote chloritisé. Les fragments sont de taille décimétriques à millimétriques et sont démembrés au sein de la matrice à magnétite. Station 09CQA-0128.

E) Brèche (HT) Fe contenant des fragments démembrés de fluorapatite bréchifiée, recoupée par un assemblage à quartz et chlorite. Échantillon 09CQA-0128B01.

F) Les fragments sont composés d'un agrégat de cristaux d'apatite à grains fins à moyens soudés par du quartz et de la chlorite. La magnétite montre un aspect grenu à grains fins et est de forme hypidiomorphe à idiomorphe. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA- 0128B01.

G) Cristal de fluorapatite métasomatisée contenant des microcristaux de monazite dans les zones plus concentrées en F (gris foncé). Initialement, la fluorapatite est légèrement plus enrichie en Fe et Cl (gris pâle). La fluorapatite est fracturée et bréchifiée avec un remplissage à quartz et chlorite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-0128B01.

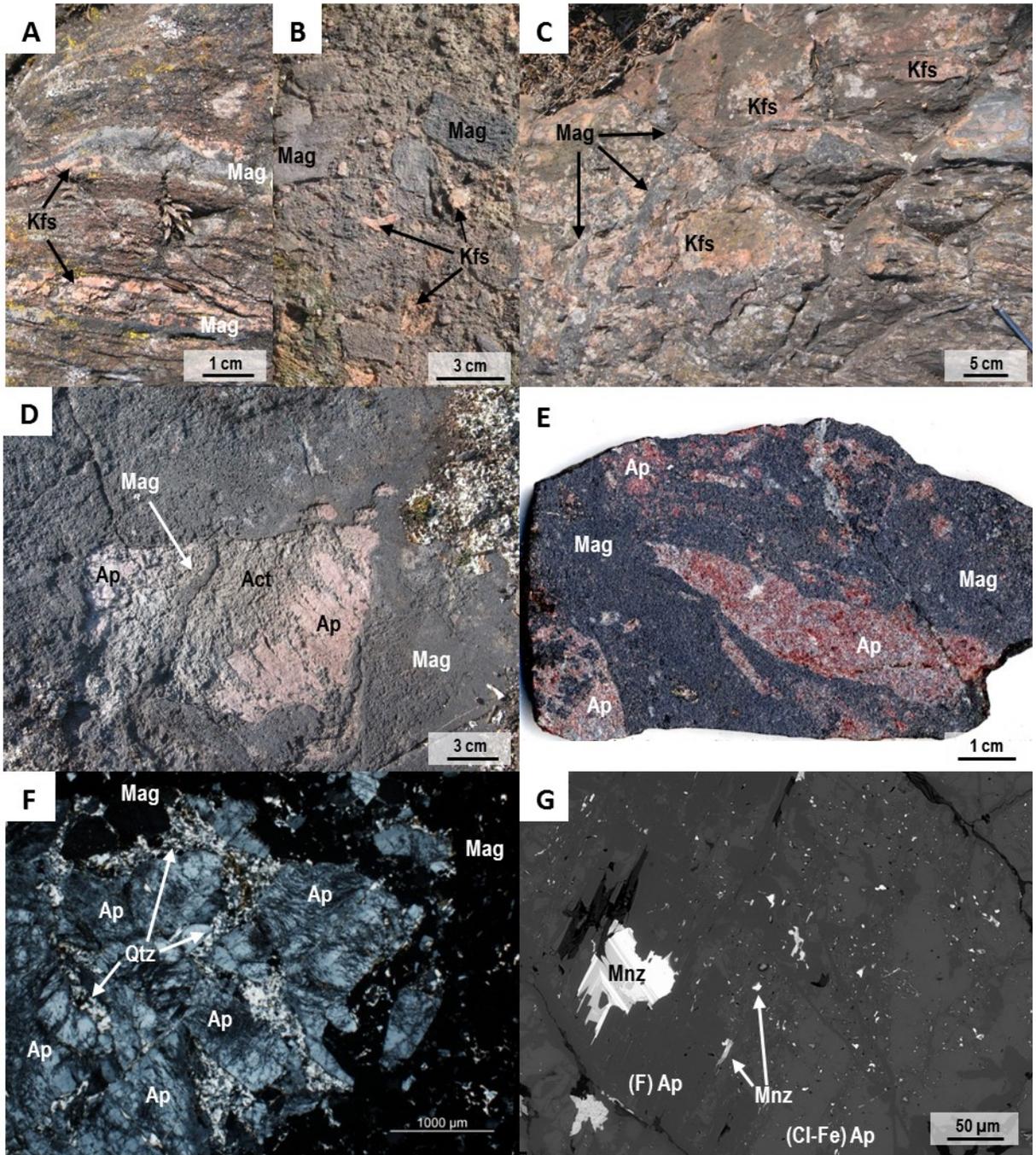


Planche 19 – Altération (HT) Ca-Fe

A) Veine (HT) Ca-Fe à magnétite, allanite, apatite et titanite recoupant le précurseur albitisé. La veine est recoupée par une autre paragenèse (HT) Ca-Fe à calcite, magnétite, sulfures, chlorite, épidote et quartz sous forme de stockwork. Bloc minéralisé de la mine de Northrim. Station 09CQA-0139.

B) Veine (HT) Ca-Fe recoupée par un assemblage à pyrite, chalcopryrite et chlorite. La magnétite forme des baguettes sans orientation préférentielle. Échantillon 09CQA-0139B01.

C) Allanite et magnétite résorbée par la veine à pyrite, chalcopryrite, quartz, calcite et chlorite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0139B01.

D) Magnétite montrant un aspect en plaquette qui est recoupée par les sulfures. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0139B01.

E) Allanite et magnétite de la paragenèse (HT) Ca-Fe. L'allanite est grenue, zonée et présente des bordures de corrosion lorsqu'elle est en contact avec de la chlorite. La magnétite inclue de l'allanite allotriomorphe en bordure de grain. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-0139B01.

F) Inclusions de scheelite au cœur des grains de magnétite. La magnétite est caractérisée par une forte porosité et une zonation. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-0139B01.

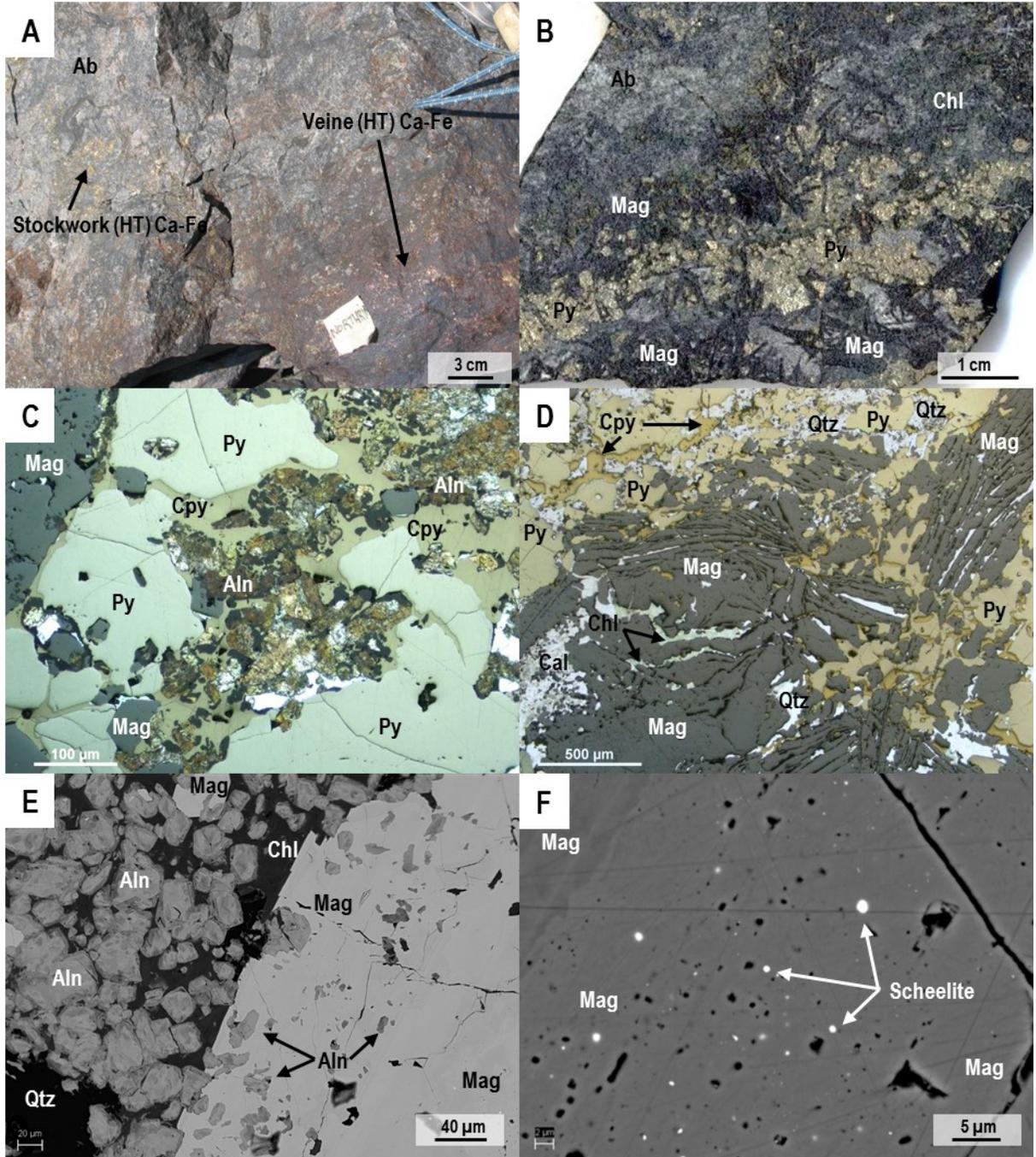


Planche 20 – Altération (HT) Ca-Fe

A) Andésite porphyrique albitisée recoupée par une paragenèse (HT) Ca-Fe minéralisée. L'albitite contient des plages à chlorite et épidote montrant une faible imprégnation à feldspath-K. Station 09CQA-0139.

B) Brèche monogénique comprenant des fragments anguleux formés d'albite et de magnétite. La matrice est majoritairement constituée d'albite et est recoupée par une altération à chlorite et pyrite. Échantillon 09CQA-0139G01.

C) Détail d'un fragment à albite et magnétite où la magnétite (gris) montre une texture anastomosée sous forme de plage irrégulière entre les phénocristaux d'albite (blanc/beige). La magnétite est microcristalline et disséminée dans la matrice et les phénocristaux sont issus du remplacement pseudomorphique du plagioclase en albite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0139G03.

D) Fragments à albite et magnétite dans une matrice d'albite contenant des traces d'apatite. La bordure des fragments est graduelle avec une diminution de la concentration en magnétite près du contact. Une altération (LT) Ca à chlorite, pyrite, calcite et épidote recoupe préférentiellement la matrice et forme des plages irrégulières. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0139G01.

E) Paragenèse (HT) Ca-Fe à calcite, magnétite, pyrite, chalcopryrite (non visible sur la photo), quartz et chlorite sous forme de veine recoupant l'andésite porphyrique albitisée. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0139G03.

F) Paragenèse (HT) Ca-Fe à calcite, magnétite, pyrite, chalcopryrite, quartz et chlorite sous forme de veine recoupant l'andésite porphyrique albitisée. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-0139G03.

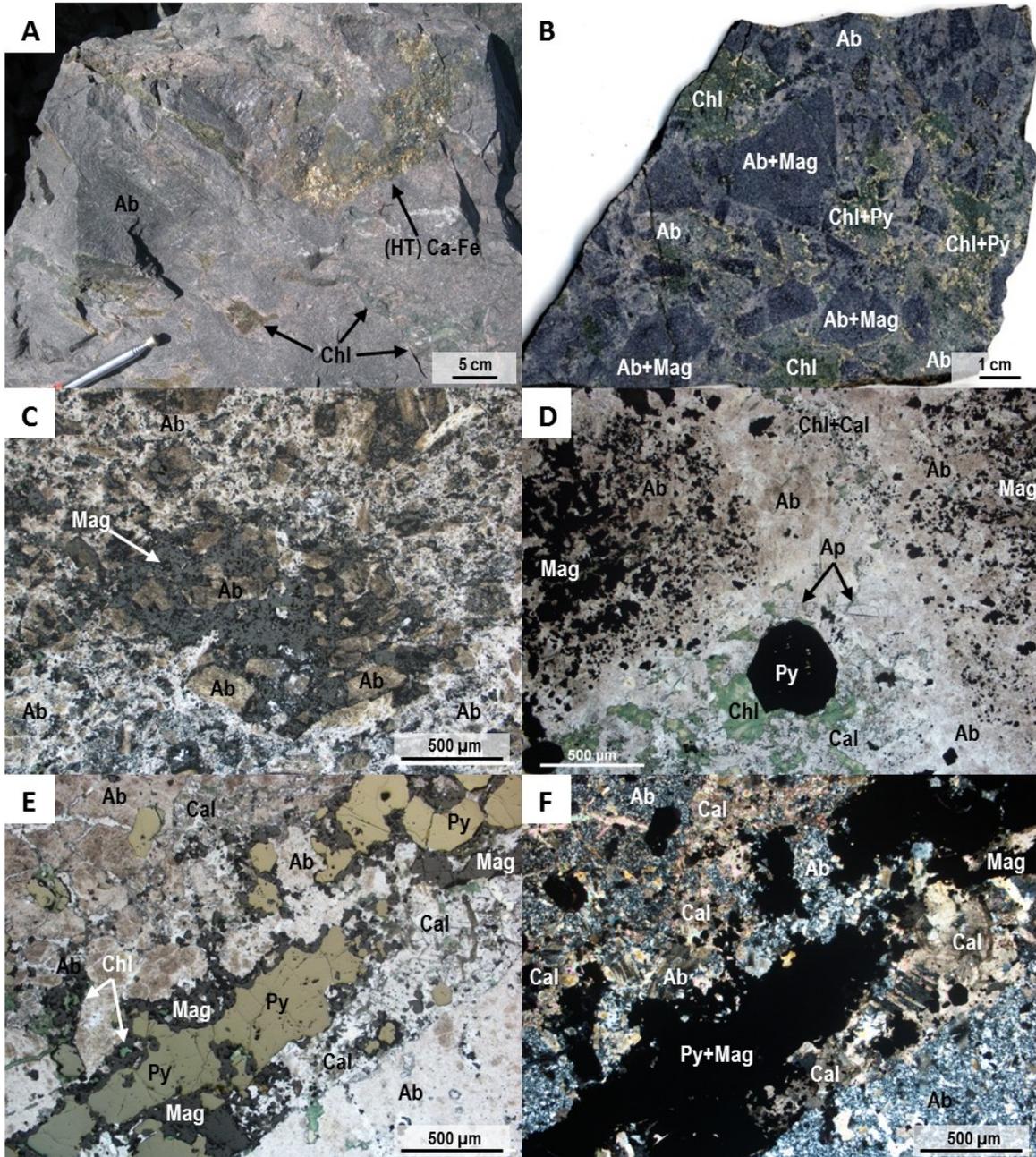


Planche 21 – Altérations (HT) Na et (LT) K

A) Andésite porphyrique fortement albitisée par un remplacement pervasif homogène. Station 09CQA-0135.

B) Tranche de roche colorée montrant la distribution de la paragenèse (LT) K-Ca-Mg. L'altération est présente sous forme de veinules et de plages irrégulières, de taille variable, avec marges diffuses et majoritairement formées de feldspath-K avec de la dolomite, chlorite, sphalérite, galène, tourmaline et quartz. Échantillon 09CQA-0135.

C) Veine à dolomite, sphalérite, galène et feldspath-K recoupant l'andésite porphyrique albitisée. L'altération (LT) K forme aussi des spots à feldspath-K et galène avec des traces de sphalérite et de galène disséminée dans la roche. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0135A02.

D) Veine à dolomite, sphalérite, galène et feldspath-K recoupant le porphyre albitisé. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-0135A02.

E) Galène et sphalérite massive dans une veine (LT) K avec des traces de galène disséminée. Le rutile est plutôt associé à l'albitisation. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-0135A02.

F) Plage de feldspath-K dans le porphyre albitisé. La galène est concentrée en bordure des plages et est finement disséminée dans le feldspath-K. Le feldspath-K recoupe l'albitite le long de fines veinules. L'apatite est associée à l'albitisation. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-0135A02.

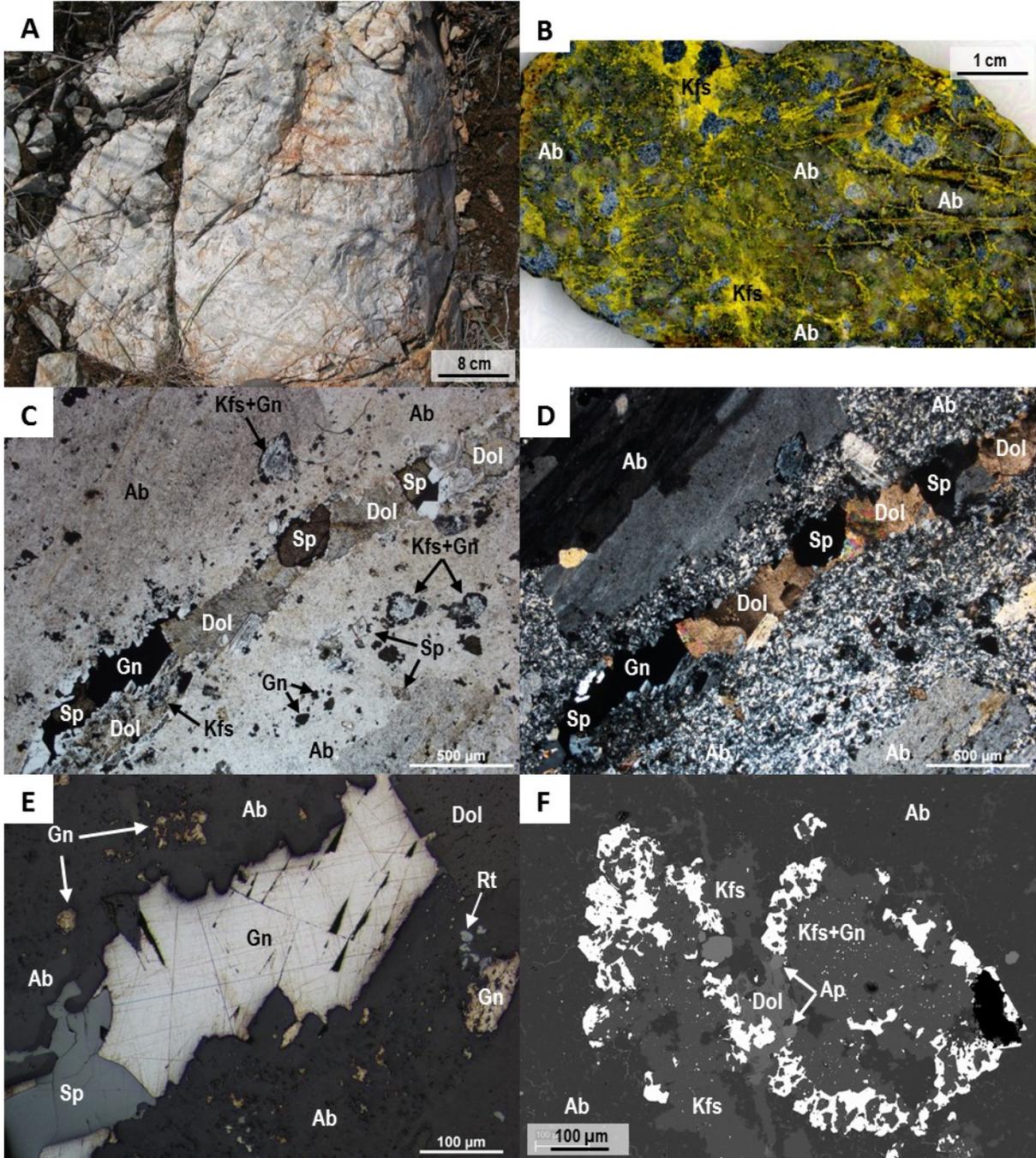


Planche 22 – Altérations (HT) K-Fe

A) Veinules (HT) K-Fe subparallèles au litage et présent également sous forme de réseau anastomosé contemporain à la déformation. L'altération (HT) K-Fe est accompagnée d'une forte imprégnation à feldspath-K sur quelques centimètres qui se superpose sur la roche sédimentaire albitisée. Station 09CQA-0143.

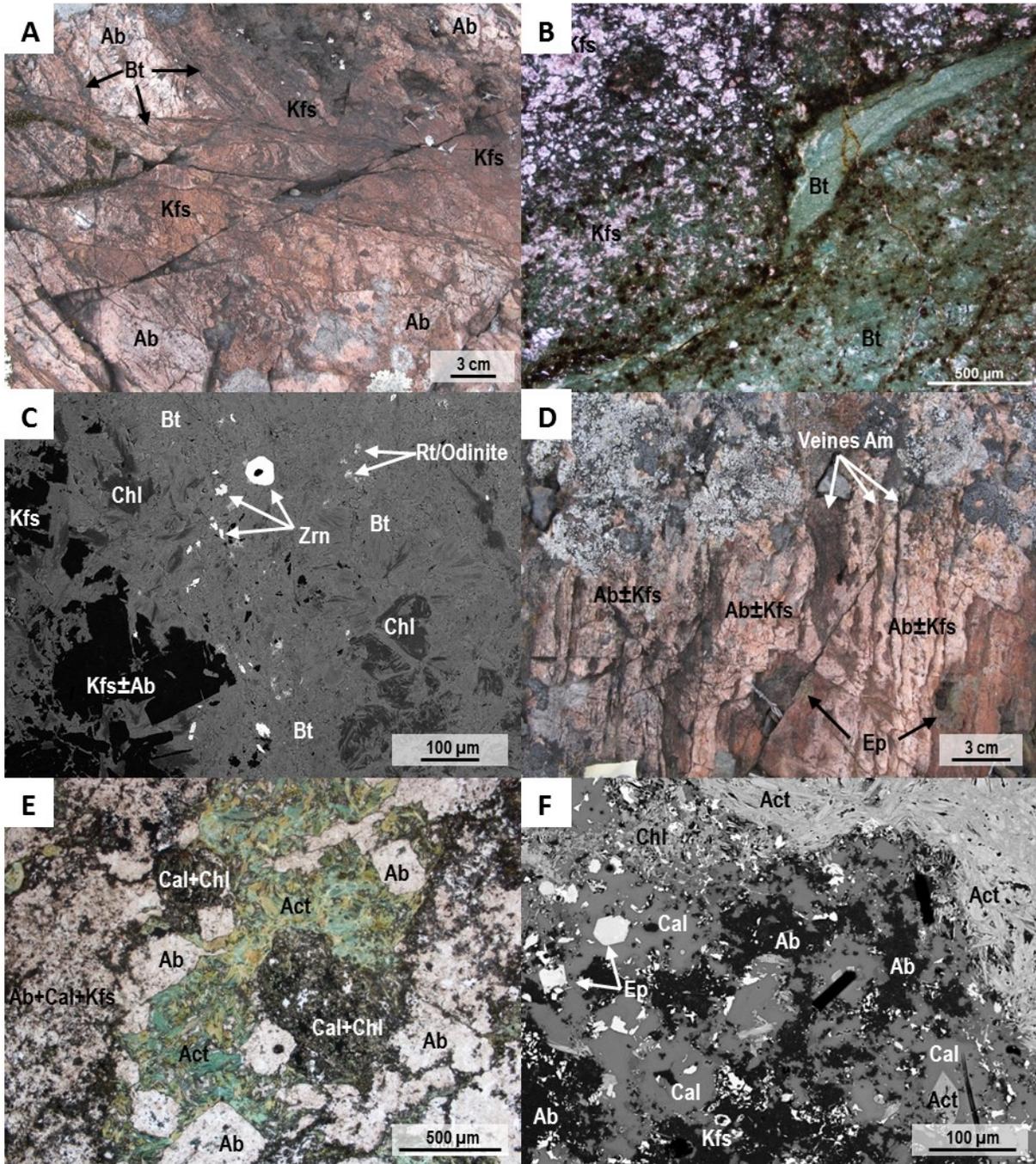
B) Veinule (HT) K-Fe à biotite avec un contact graduel avec le précurseur. La biotite est intercrystalline au feldspath-K et remplace progressivement les grains du précurseur près du contact. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0143A02.

C) Zircon, rutile et oxyde de Ti-Fe-Mn (odinite) disséminés dans la veine avec un remplacement des cristaux de chlorite en biotite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-0143A02.

D) Roche sédimentaire albitisée contenant des veines d'actinote subparallèles au litage. La roche est ensuite superposée par une paragenèse (LT) Ca-K à calcite, feldspath-K, épidote et chlorite contenant des traces de sulfures. Station 09CQA-0143.

E) Sédiment albitisé recoupé par des veinules d'actinote fibreuse qui contiennent des fragments du sédiment encaissant. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0142C01.

F) Remplacement de l'albite et de l'actinote par une paragenèse (LT) Ca-K à calcite, feldspath-K, épidote et chlorite avec traces de chalcopryrite et d'hématite. Le feldspath-K est présent comme fine bordure entre la calcite et l'albite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-0142C01.



Le système de Fab

Planche 23 – Précurseurs, intrusions et altération (HT) Na et (HT) Na-Ca-Fe

A) Dacite porphyrique à phénocristaux de feldspath potassique, de plagioclase et de quartz. Les phénocristaux de plagioclase sont idiomorphes et à grains fins à moyens dans une matrice aphanitique. Aspect massif marqué par une subtile foliation minérale. Texture homogène. Échantillon 11PUA-607A.

B) Texture de coulée dans l'unité volcanique porphyrique. L'unité contient des cristaux de feldspaths, quartz et magnétite altérés dans une matrice microcristalline. Les minéraux mafiques sont remplacés par un assemblage d'épidote et de quartz. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 11PUA-607A.

C) Monzonite porphyrique contenant des phénocristaux de plagioclase et de feldspath-K. Les plagioclases sont majoritaires et plus grossiers que les grains de feldspath-K. Échantillon 11PUA-67A.

D) La matrice de la monzonite est composée de quartz et de feldspath à texture grenue à grains fins. Remplacement pseudomorphique des agrégats de hornblende, magnétite et apatite en chlorite ± épidote avec couronne de titanite en bordure de la magnétite. Le plagioclase est faiblement à partiellement altéré en feldspath-K et séricite. La hornblende forme des plages qui englobent des phénocristaux de plagioclase et sont localement finement interconnectées illustrant la nature métasomatique qui recoupe et remplace le précurseur igné. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 11PUA-67A.

E) Remplacement pénétratif (HT) Na à albite d'intensité modérée formant un réseau interconnecté de pseudo-veines. Destruction des textures du précurseur avec un contact franc avec le précurseur. Station 10CQA-575.

F) Remplacement pénétratif (HT) Na-Ca-Fe à texture pseudo-pegmatitique. L'amphibole et la magnétite sont prépondérantes au centre de la zone de remplacement avec des cristaux d'albite grossière près des bordures. Station CQA-06-435.

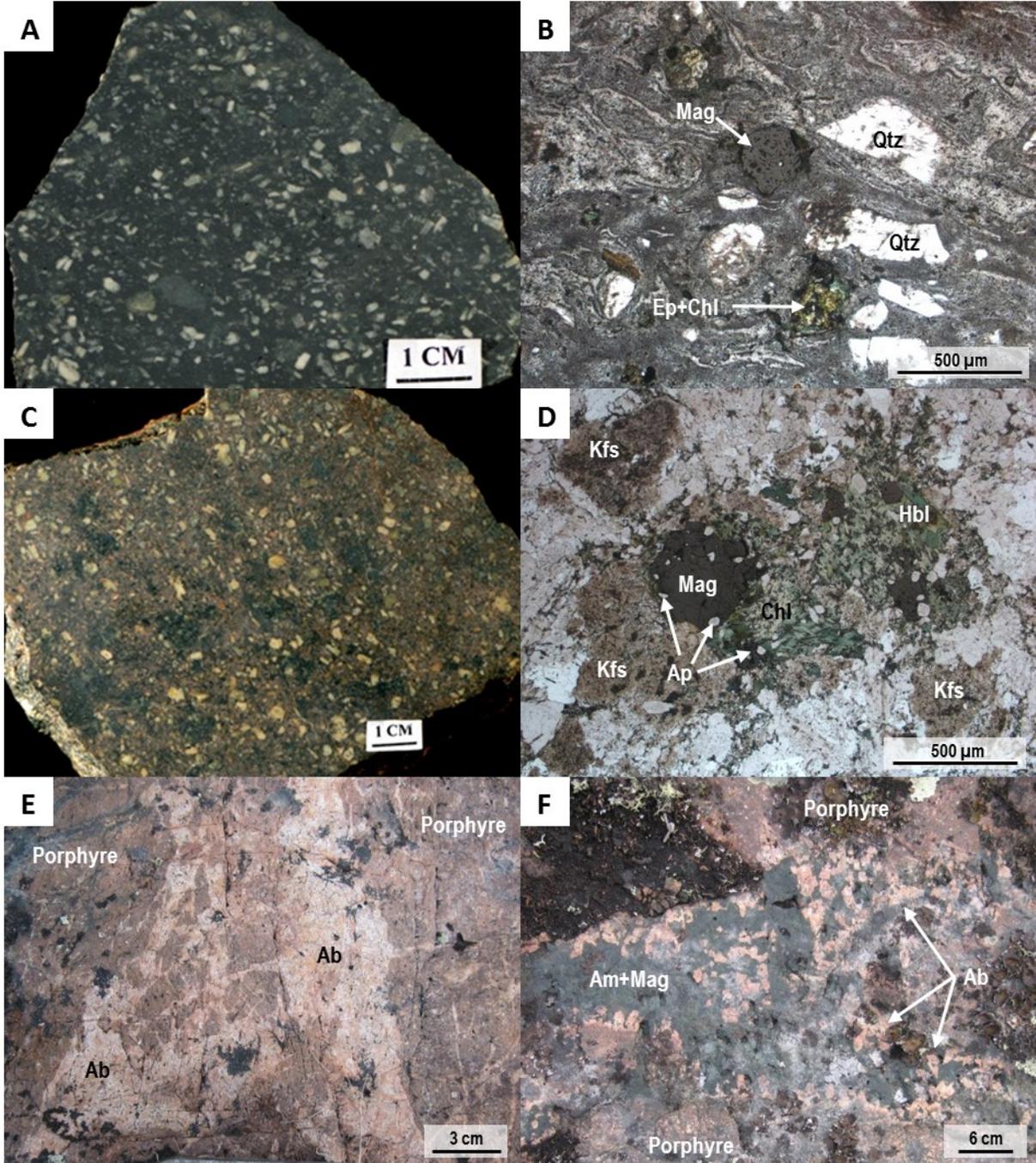


Planche 24 – Altération (HT) Na-Ca-Fe

A) Veines (HT) Na-Ca-Fe formant un réseau anastomosé constitué d'un remplissage d'albite accompagné d'une imprégnation irrégulière des épontes à amphibole et magnétite. Station 10CQA-575.

B) Réseau de veines recoupantes (HT) Na-Ca-Fe à albite avec une imprégnation à amphibole et magnétite des épontes sur une épaisseur maximale de 2 centimètres. Légère superposition à feldspath potassique qui forme un réseau anastomosé recoupant tant les veines que leur encaissant. Cette texture diffère des halos d'altération potassique qui se forment lors du développement des veines à paragenèses transitionnelles (HT) Ca-K-Fe. Concentration de magnétite accrue près des zones de recouplement. Station 11PUA-031.

C) Abondance de veines (HT) Na-Ca-Fe caractérisées par un remplissage à albite et un remplacement intense des épontes à albite, actinote, magnétite, apatite et titanite. Le remplacement est irrégulier et graduel avec une destruction des textures porphyriques au cœur des zones de remplacement. Veine tardive à épidote et chlorite. Échantillon 11PUA-031F01.

D) Remplacement (HT) Na-Ca-Fe sous forme d'imprégnation hétérogène avec préservation des textures porphyriques. Remplacement pseudomorphique des phénocristaux de plagioclase en albite avec une matrice à albite, actinote, magnétite, quartz, titanite et apatite à texture bigarrée. La magnétite est microcristalline et forme des filaments anastomosés diffus. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 11PUA-31F01.

E) Tranche de roche colorée montrant une imprégnation potassique sur les épontes des veines et veinules d'albite. Traces d'amphibole et de magnétite disséminées dans les épontes. La coloration fait ressortir une faible superposition potassique diffuse sur la dacite porphyrique, antérieure aux veines. Échantillon 11PUA-031D01.

F) Veines (HT) Na-Ca-Fe formées d'un remplissage à actinote et magnétite avec une imprégnation des épontes à albite. Les veines sont irrégulières, d'aspects massifs et à grains fins avec un contact graduel avec l'éponte d'albite. Station 11PUA-085.

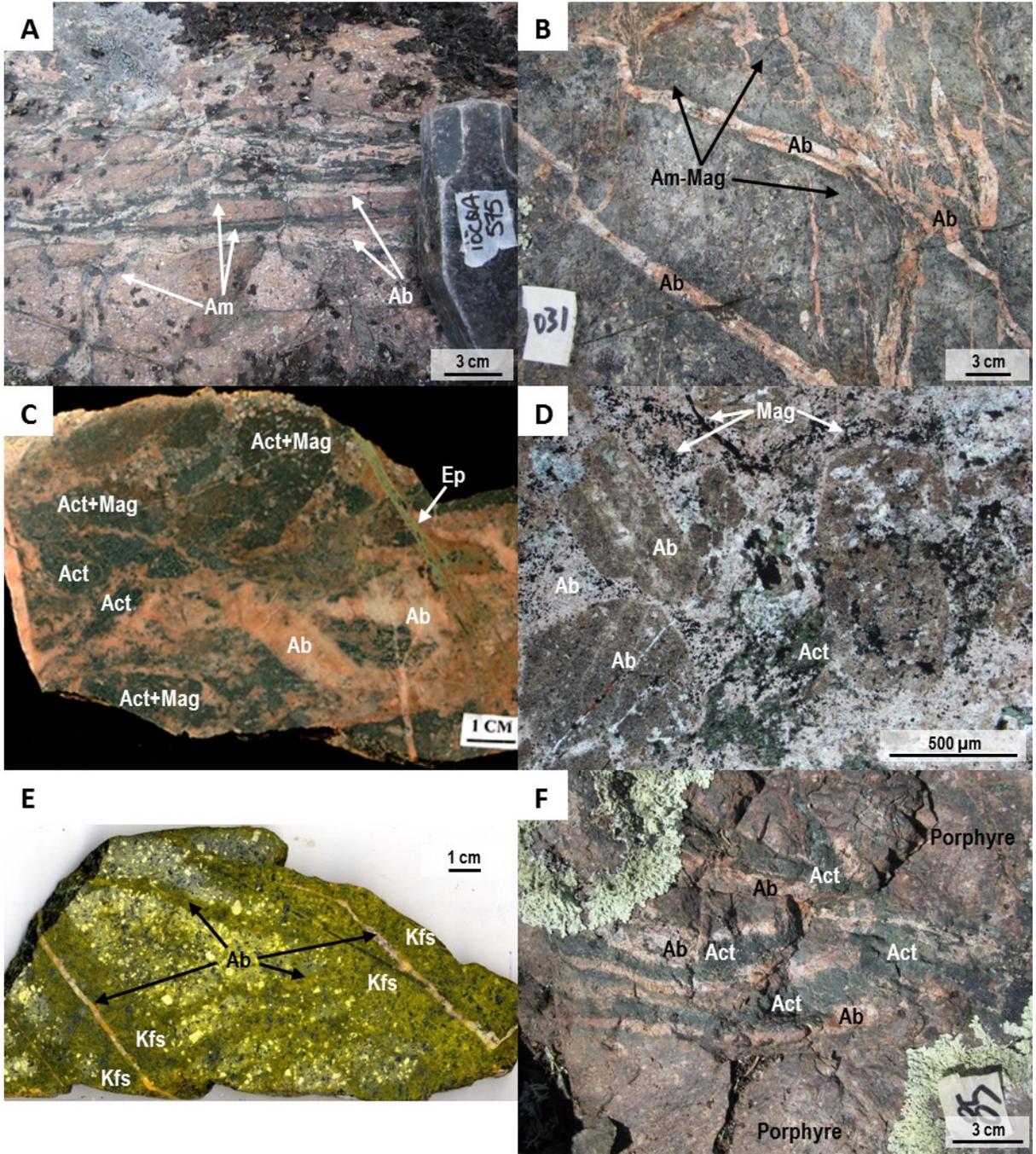


Planche 25 – Altérations (HT) Na-Ca±Fe et (HT) Ca-Fe

A) Remplacement (HT) Na-Ca généralisé, pénétratif et sporadique développé le long de fractures remplies d'actinote. L'actinote forme des veines discontinues à grains moyens dans l'albite. Un enrichissement en Th est associé aux larges zones à actinote à texture fibreuse. Station 11PUA-538.

B) Texture bigarrée de l'actinote dans la zone de remplacement à albite. Titanite idiomorphe hétérogranulaire qui est majoritairement microcristalline dans l'albite et à grains fins dans l'actinote. Remplacement sporadique subtile à feldspath-K qui remplace l'albite associée à de l'épidote qui remplace la titanite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 11PUA-538C01.

C) Remplacement pseudomorphique de la titanite en épidote et chlorite. Thorite disséminée principalement au pourtour des cristaux de titanite pseudomorphisés. L'albite est poreuse et contient des microinclusions de muscovite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-538C01.

D) Brèche (HT) Ca-Fe à actinote et magnétite recoupant la dacite porphyrique. Contact net et irrégulier avec l'encaissant. Station 11PUA-541.

E) Brèche polyphasée (HT) Ca-Fe contenant des zones faiblement bréchiques à magnétite interstitielle et des zones où les fragments sont fortement dissous dans une matrice à actinote. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 11PUA-541B01.

F) Remplacement (HT) Ca-Fe comme front d'altération graduel sur la dacite porphyrique. Remplacement préférentiel de la matrice du porphyre en amphibole et magnétite microcristalline. Station 11PUA-030.

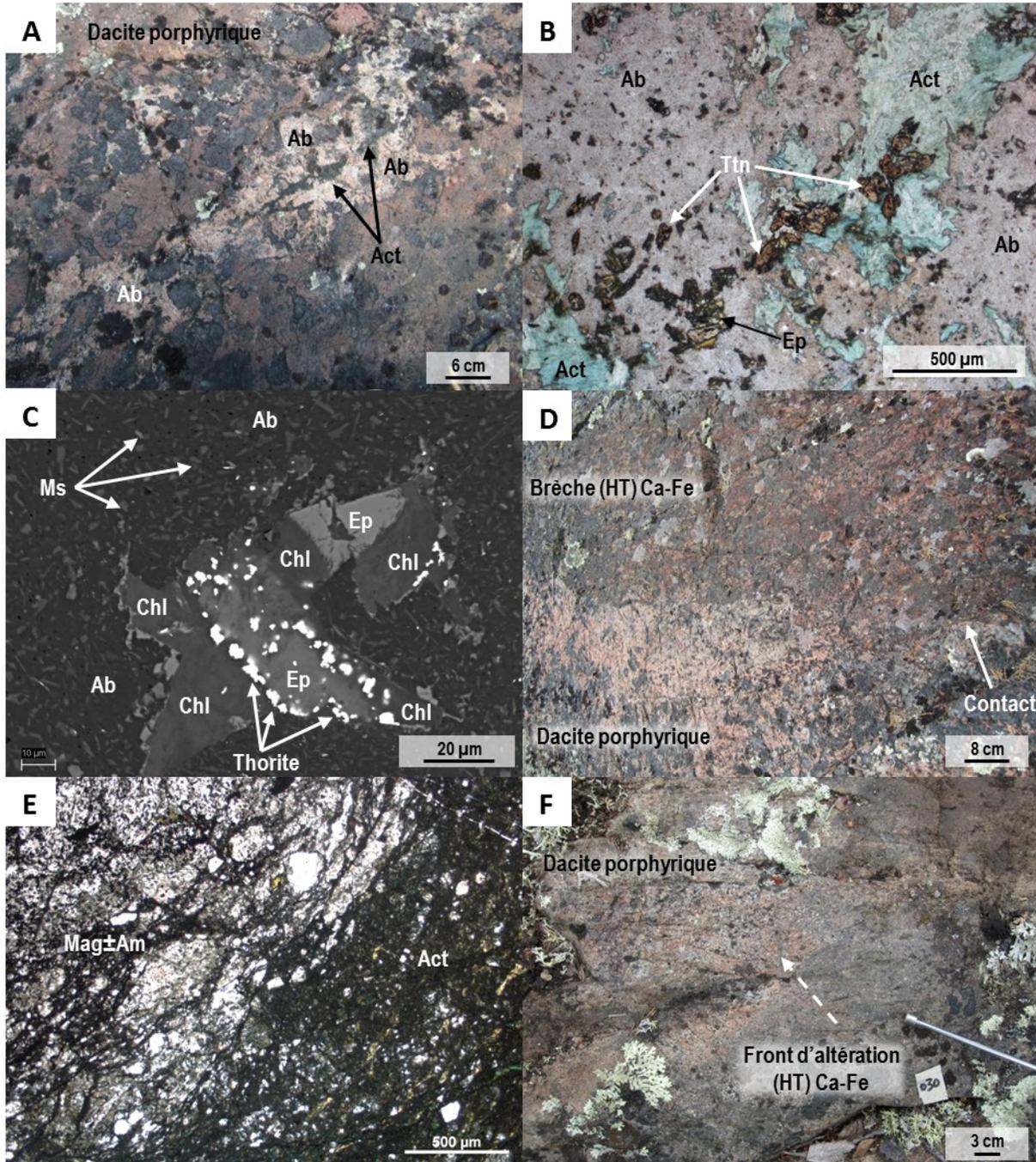


Planche 26 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe

A) Remplacement (HT) Ca-Fe généralisé et homogène sur la dacite. Remplacement préférentiel de la matrice par de la magnétite microcristalline. Station 11PUA-074.

B) Tranche de roche colorée montrant deux veinules (HT) Ca-Fe superposées par un remplacement (HT) K-Fe sur la dacite qui est préalablement affectée par le remplacement généralisé (HT) Ca-Fe. Échantillon 11PUA-074B01.

C) Remplacement (HT) Ca-Fe à magnétite microcristalline disséminée dans la matrice du porphyre et dans les pseudomorphes de phénocristaux remplacés en amphibole. La magnétite est plus grossière, hypidiomorphe et plus abondante dans ces pseudomorphes. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 11PUA-074B01.

D) Phénocristal de clinopyroxène partiellement remplacé en actinote au pourtour du cristal et les long des fractures. Magnétite allotriomorphe dans les fractures du clinopyroxène. Actinote et magnétite microcristalline disséminée dans la matrice. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 11PUA-072A03.

E) Remplacement (HT) Ca-Fe à actinote, magnétite, titanite et apatite sous forme d'imprégnation généralisée et sélective. Remplacement des phénocristaux de feldspath en actinote et hornblende. Spots de magnétite à grains moyens, de forme irrégulière, disséminés dans la matrice. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 11PUA-072A03.

F) Remplacement (HT) K-Fe à biotite et magnétite superposant le remplacement (HT) Ca-Fe. La distribution de la biotite est sporadique et d'aspect bigarré et est retrouvée préférentiellement en bordure de l'actinote. La magnétite est hypidiomorphe et spatialement associée aux zones à biotite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 11PUA-072C01.

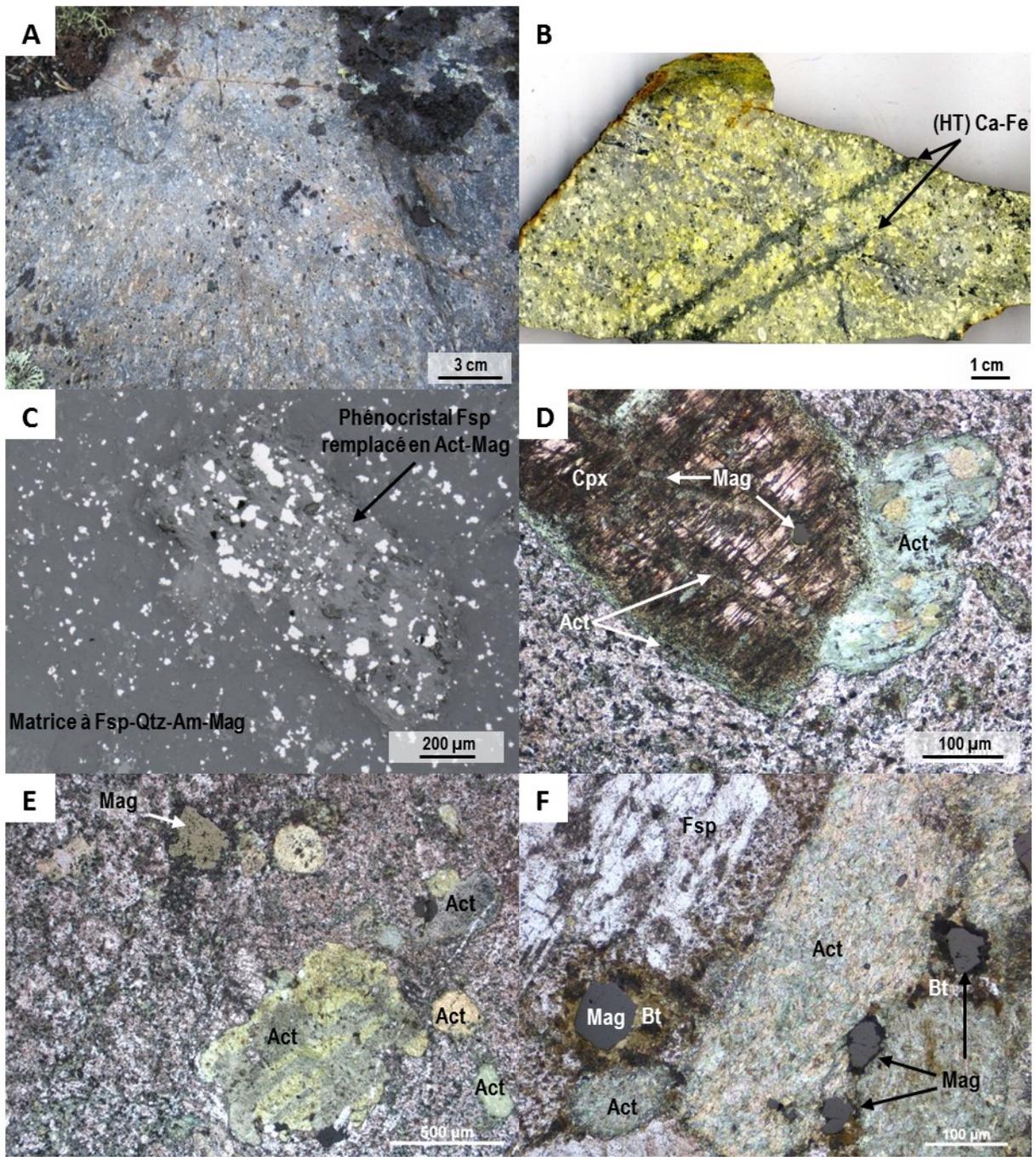


Planche 27 – Altérations (HT) Na-Ca, (HT) Ca-Fe et (LT) Ca-Fe

A) Succession de veines (HT) Ca-Fe recoupant les veines (HT) Na-Ca avec un contact net. Enclaves d'albite démembrée dans la veine (HT) Ca-Fe. Station 11PUA-053.

B) Veine (HT) Ca-Fe à actinote et magnétite recoupée par des veines d'actinote. Aspect massif ou anastomosé de la magnétite microcristalline. Échantillon 11PUA-053B02.

C) Tranche de roche colorée montrant les fragments albitisés du précurseur dans la veine (HT) Ca-Fe. Remplacement irrégulier et sporadique à feldspath-K superposé en bordure des enclaves d'albite et sur les fragments, de petite taille, distribués aléatoirement dans la veine (HT) Ca-Fe. Échantillon 11PUA-053B01.

D) Magnétite allotriomorphe disséminée associée à l'altération (HT) Ca-Fe à amphibole. Distribution hétérogène de la magnétite. Fragment d'albite d'une paragenèse (HT) Na-Ca antérieure sectionné par l'amphibole et la magnétite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 11PUA-053B02 (épaisseur de 200µm).

E) Zone à magnétite massive formée de grains allotriomorphes à idiomorphes fusionnés en plages irrégulières. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 11PUA-053B02.

F) Veines tardives (LT) Ca-Fe à épidote, chlorite, chalcopryrite et pyrite recoupant la paragenèse (HT) Ca-Fe. Cristallisation préférentielle des sulfures dans les fragments d'albite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 11PUA-053B01.

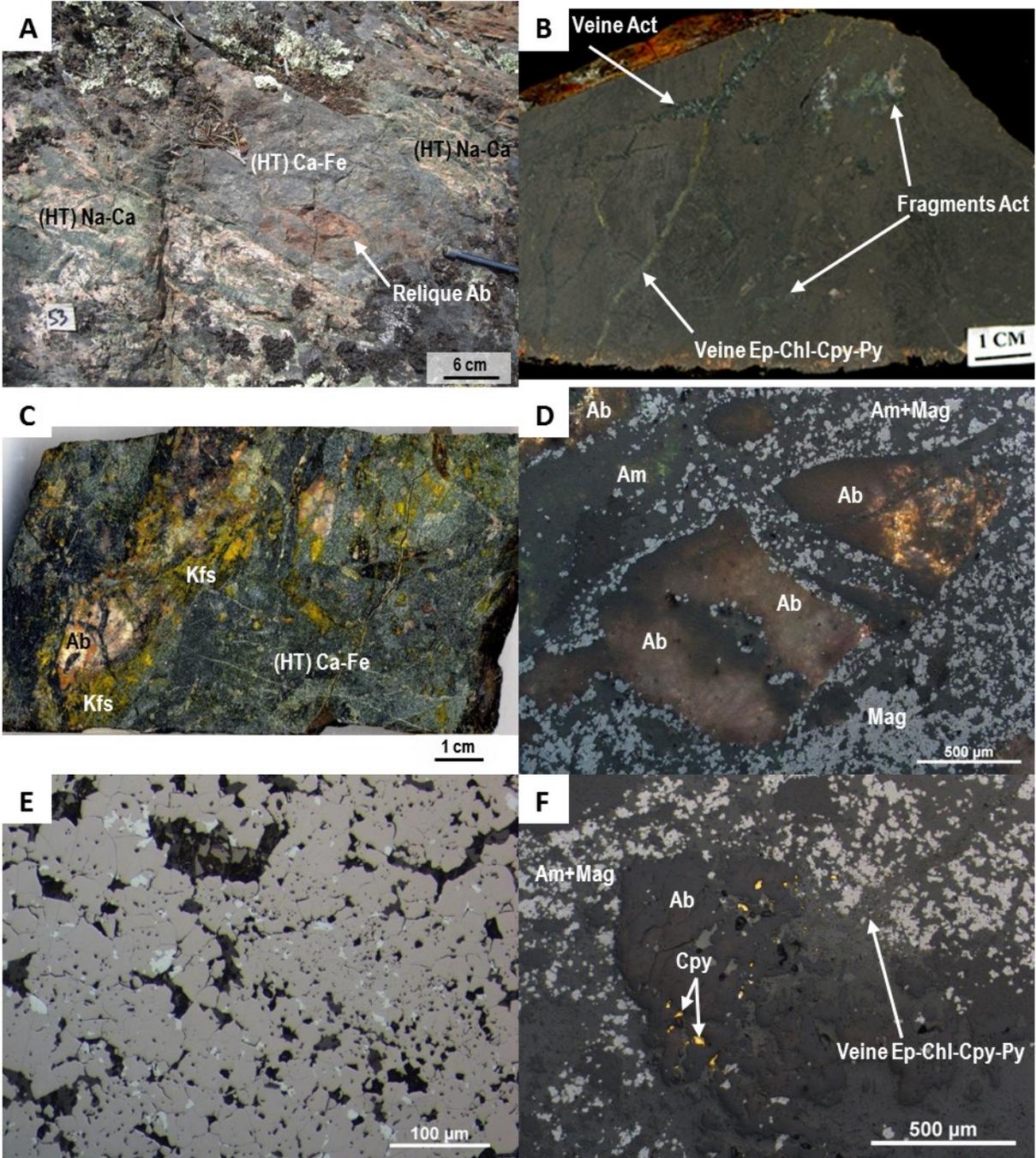


Planche 28 – Altération (HT) Ca-Fe

A) Veines (HT) Ca-Fe polyphasées à actinote ± magnétite ± apatite. Les paragenèses (HT) Ca-Fe à magnétite et apatite sont retrouvées au sein des veines à actinote. Les veines peuvent avoir une amplitude métrique et recoupe la dacite porphyrique avec un contact net et irrégulier. Station 11PUA-086.

B) Veine (HT) Ca-Fe contenant des cristaux d'apatite de taille millimétrique à centimétrique. La veine possède une texture massive à grains moyens. Échantillon 11PUA-086B04.

C) Cristaux grossiers d'actinote et d'apatite dans une veines (HT) Ca-Fe recoupés par de fines veinules d'actinote-quartz microcristallins. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 11PUA-086B04.

D) Magnétite microcristalline hypidiomorphe disséminée dans les cristaux grossiers d'actinote et sous forme de veinules discontinues de magnétite recoupant l'actinote. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 11PUA-086B04.

E) Relique de rutile contenant de la parisite concentrée en Nd, La, Ce et Pr. Grain arrondis de thorite renfermant de faibles concentrations en U, Y, Ce, et Nd. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-086B04.

F) Cristaux grossiers d'actinote recoupés par des veinules à actinote, quartz, fluorapatite et saponite avec des agrégats de thorite montrant des concentrations anormales en U-Y-Ir-Ce. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-086B04.

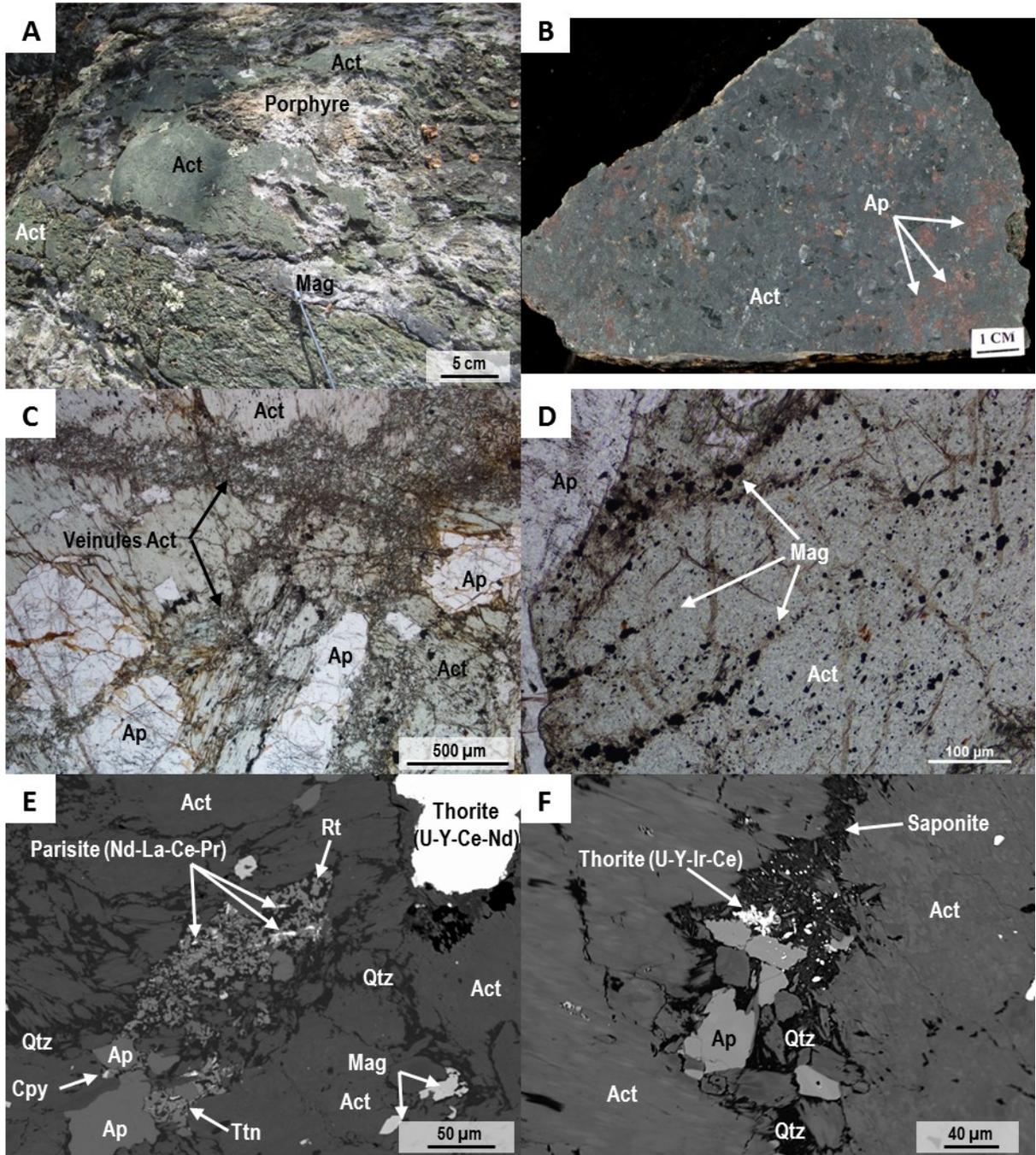


Planche 29 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Fe

A) Paragenèse (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite à grains fins sous forme de veines évoluant vers une brèche. L'altération (HT) Ca-Fe (vert foncé) est recoupée par une altération (HT) Ca±Fe à actinote et ± magnétite (vert pâle). Station 11PUA-1016.

B) Veine décimétrique (HT) Ca-Fe à amphibole, magnétite, titanite et apatite à grains moyen à grossier. Fort enrichissement en Th détecté par spectrométrie. Veinules tardives (LT) Ca-Fe à épidote, quartz et hématite avec remplacement de la magnétite en hématite. Station 11PUA-1017.

C) Réseau de veines anastomosées (HT) Fe recoupant plusieurs générations de veines à actinote et ± magnétite. Échantillon 11UA-086B03.

D) Veines anastomosées (HT) Fe dans lesquelles la magnétite forme des agrégats microcristallins irréguliers. La magnétite recoupe des paragenèses (HT) Ca-Fe retrouvées sous forme d'enclave à actinote à grains fins dans un assemblage à actinote microcristalline. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 11PUA-086B03 (épaisseur de 200µm).

E) Veine (HT) Fe à magnétite et quartz recoupant une veine à amphibole et magnétite massive avec une imprégnation potassique des éponges. La magnétite est finement grenue et concentrée le long des éponges de quartz. L'amphibole est remplacée en épidote par une altération tardive. Station 11PUA-1019.

F) Veinule (HT) Fe constituée de magnétite massive recoupant le réseau de veines polyphasées (HT) Ca-Fe à actinote, ± magnétite et ± apatite. Station 11PUA-086.

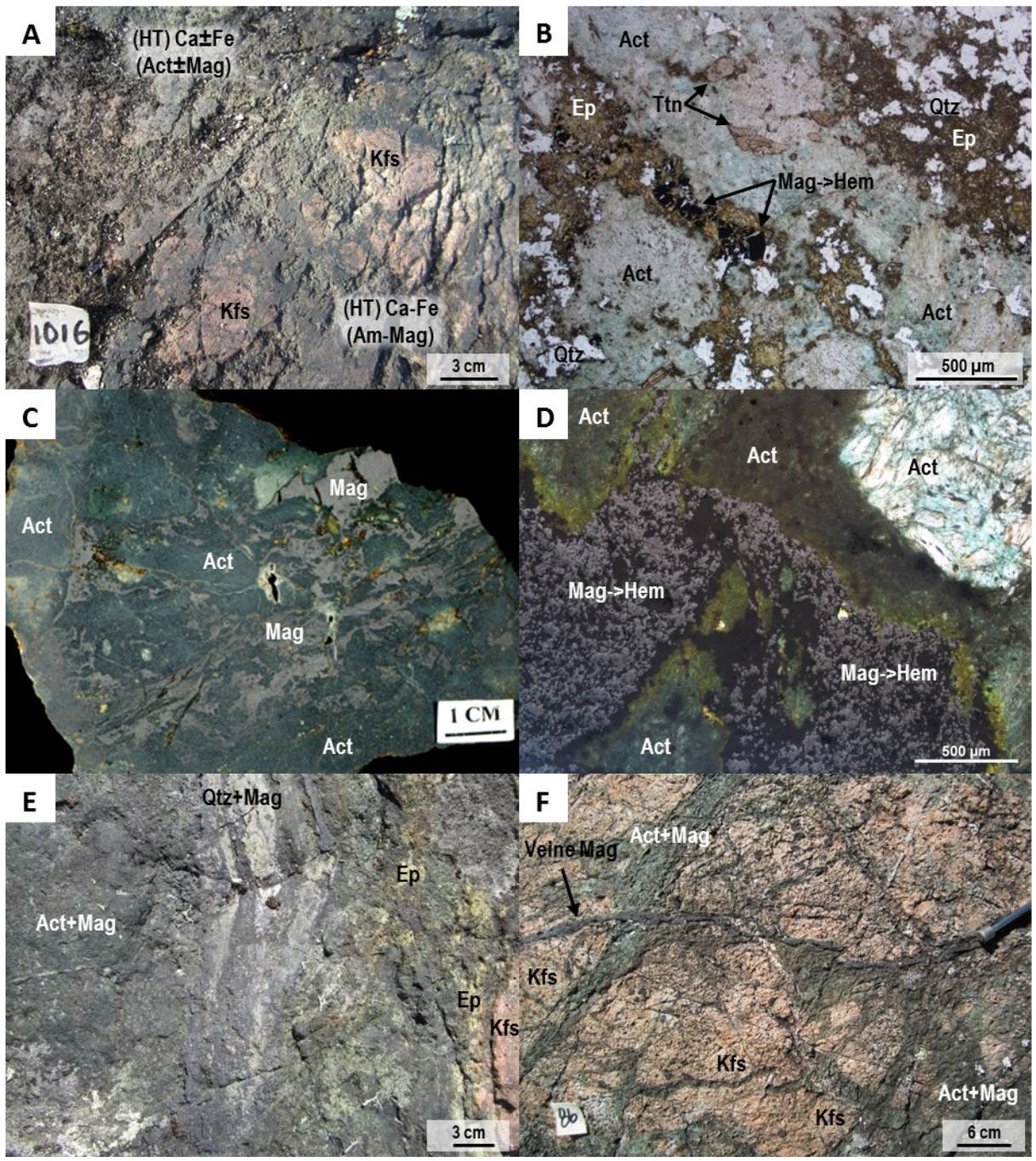


Planche 30 – Altération (HT) Ca-K-Fe

A) Veines rectilignes (HT) Ca-K-Fe recoupant la dacite porphyrique. Remplissage à amphibole et magnétite avec imprégnation à feldspath-K des épontes d'épaisseur centimétrique. La largeur de l'imprégnation est proportionnelle à la largeur de la veine. Station 11PUA-1019.

B) Veine millimétrique (HT) Ca-K-Fe composée d'un remplissage à hornblende, actinote, magnétite et apatite accompagné d'une imprégnation des épontes à feldspath-K, actinote et apatite. La magnétite est hypidiomorphe à grains fins à moyens. Trace d'apatite disséminée dans les épontes et remplacement sélectif des phénocristaux de feldspath en épidote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 11PUA-1019B01.

C) Veine centimétrique (HT) Ca-K-Fe à actinote, magnétite, feldspath-K, apatite et titanite. Magnétite allotriomorphe disséminée au sein de cristaux allotriomorphe d'actinote et de feldspath-K à grains moyens. La magnétite est plus grossière dans l'actinote que dans le feldspath-K. Destruction des textures de la dacite porphyrique. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 11PUA-1019C01.

D) Veines (HT) Ca-K-Fe subparallèles recoupant le porphyre et les veines (HT) Na-Ca-Fe. Épaisseur centimétrique des veines avec imprégnation potassique du même ordre de grandeur. Station 11PUA-534.

E) Remplissage à augite, actinote, magnétite, titanite et thorite dans une veine (HT) Ca-K-Fe d'une largeur de plus de 30 cm. Remplacement de l'augite à grains moyens par un assemblage à actinote, magnétite, titanite et thorite affecté par un subtil remplacement à épidote et chlorite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 11PUA-534B01.

F) Grains de thorite, de forme arrondie, associés aux veines (HT) Ca-K-Fe. La thorite est retrouvée au sein de l'actinote et avec de la titanite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-534B01.

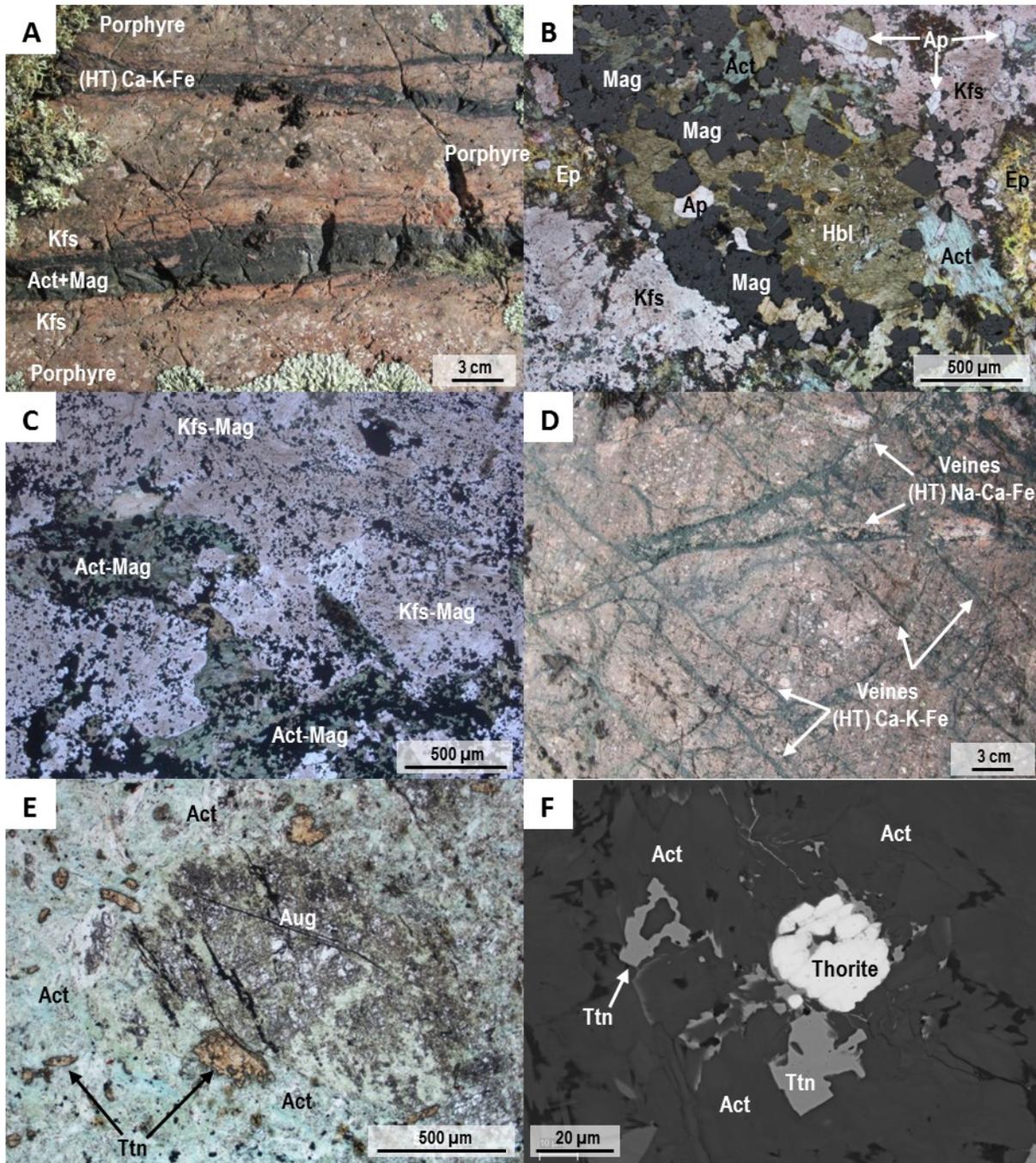


Planche 31 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe

A) Veines (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe recoupant la dacite porphyrique. Station CQA-05-249.

B) Tranche de roche polie (haut) et colorée (bas) montrant une veine (HT) Ca-K-Fe à actinote et magnétite avec une imprégnation des épontes à feldspath-K et magnétite intersectant une veine (HT) Na-Ca-Fe à albite avec une imprégnation des épontes à actinote et magnétite. Les veines (HT) Na-Ca-Fe montrent un front d'altération diffus à feldspath-K au-delà de la bordure à actinote et magnétite. L'albite des veines (HT) Na-Ca-Fe est fortement remplacée en feldspath-K près des veines (HT) Ca-K-Fe. L'éponte des veines (HT) Ca-K-Fe présente une fine bordure extérieure à amphibole et magnétite au-delà du front d'altération à feldspath-K qui détruit la texture porphyrique du précurseur. Échantillon CQA-05-249ABC.

C) Veines (HT) Na-Ca-Fe formant un réseau anastomosé. La couleur rose-rougeâtre des veines est causée par la superposition d'une imprégnation (HT) K-Fe généralisée. Station CQA-05-248.

D) Tranche de roche colorée montrant l'imprégnation généralisée hétérogène (HT) K-Fe à feldspath-K, biotite et \pm magnétite. Remplacement de l'actinote en biotite et de l'albite en feldspath-K. Échantillon CQA-05-248BC

E) Paragenèse (HT) Na-Ca-Fe sous forme de veines anastomosées associée à un remplacement du précurseur. La matrice des fragments de dacite porphyrique est fortement remplacée en actinote et magnétite finement grenue conférant une couleur verdâtre aux fragments et à l'encaissant. Station 11PUA-032.

F) Paragenèse (HT) Na-Ca-Fe (voir image E) superposée par une paragenèse (HT) K-Fe à feldspath-K, biotite et \pm magnétite. Préservation de la texture de l'altération (HT) Na-Ca-Fe avec remplacement sélectif de l'albite en feldspath-K avec abondance de magnétite finement grenue entre les veines de feldspath. Station 11PUA-031.

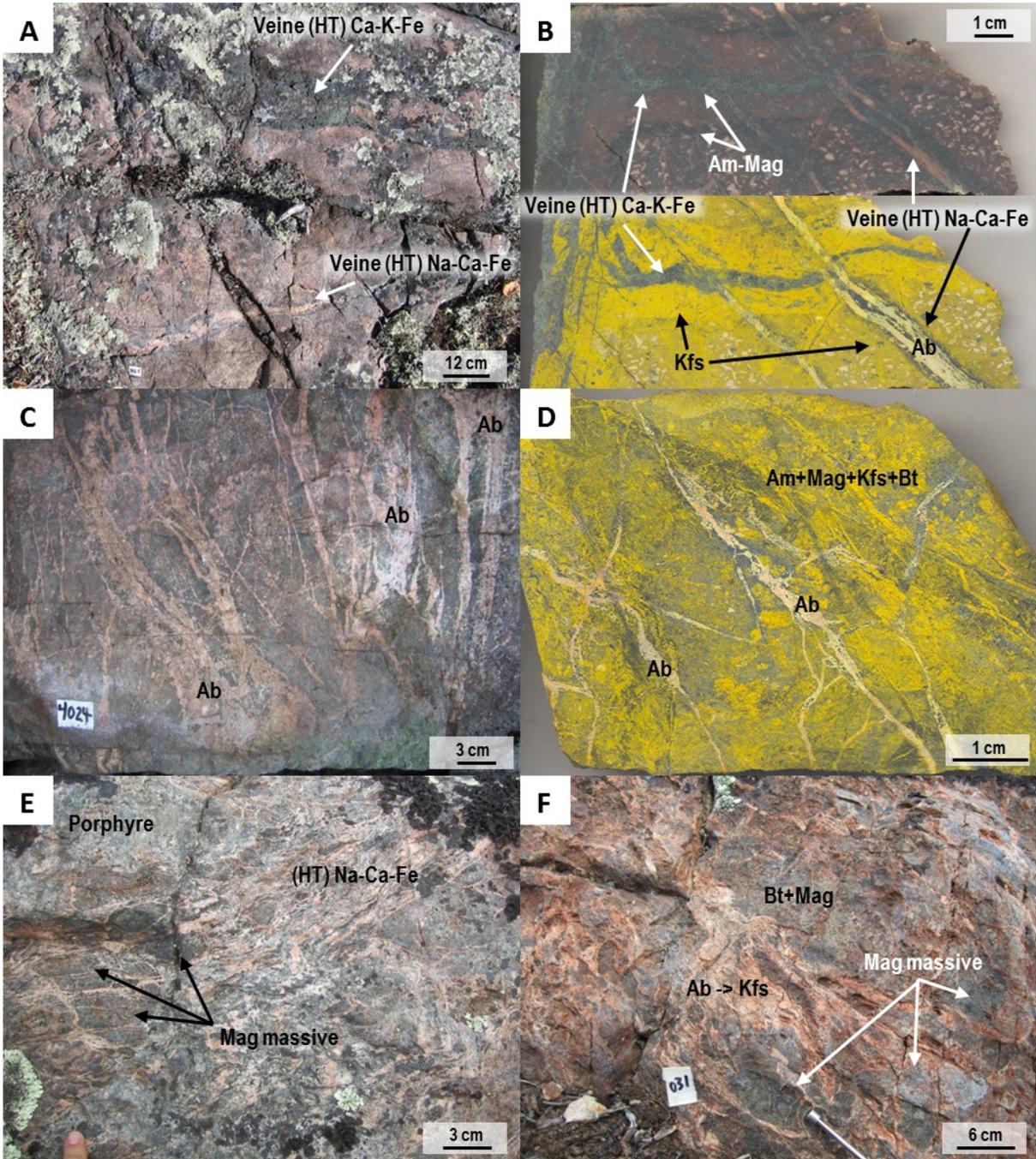


Planche 32 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe

A) Relations de recoupement et superposition des paragenèses (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe. Une forte concentration d'uranium a été détectée par le spectromètre portatif dans les veines à albite superposées par des imprégnations de magnétite massive. Station 10CQA-579.

B) Tranche de roche polie (haut) et colorée (bas) montrant la forte imprégnation généralisée (HT) K-Fe superposée sur les veines d'albite avec un halo à amphibole et magnétite. La pyrite et la chalcopryrite sont associées à l'altération à chlorite sous forme de veinules et de plages diffuses irrégulières. Échantillon 09CQA-1159C01.

C) Paragenèse (HT) K-Fe à biotite, feldspath-K, magnétite et apatite. La magnétite est allotriomorphe, hétérogranulaire et poreuse. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1159C01.

D) Pyrite et chalcopryrite associée à un assemblage à chlorite et fluorite qui remplace la biotite et la magnétite de la paragenèse (HT) K-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1159C01.

E) Forte imprégnation potassique superposée sur les veines à amphibole et magnétite. Destruction de la texture porphyrique du précurseur. Station 10CQA-566.

F) Chalcopryrite disséminée et d'aspect bigarré dans la paragenèse (HT) K-Fe à biotite, feldspath-K et magnétite. Minéral verdâtre retrouvé autour de la chalcopryrite, possiblement associé à une altération tardive à chlorite (voir image D). Station 10CQA-566.

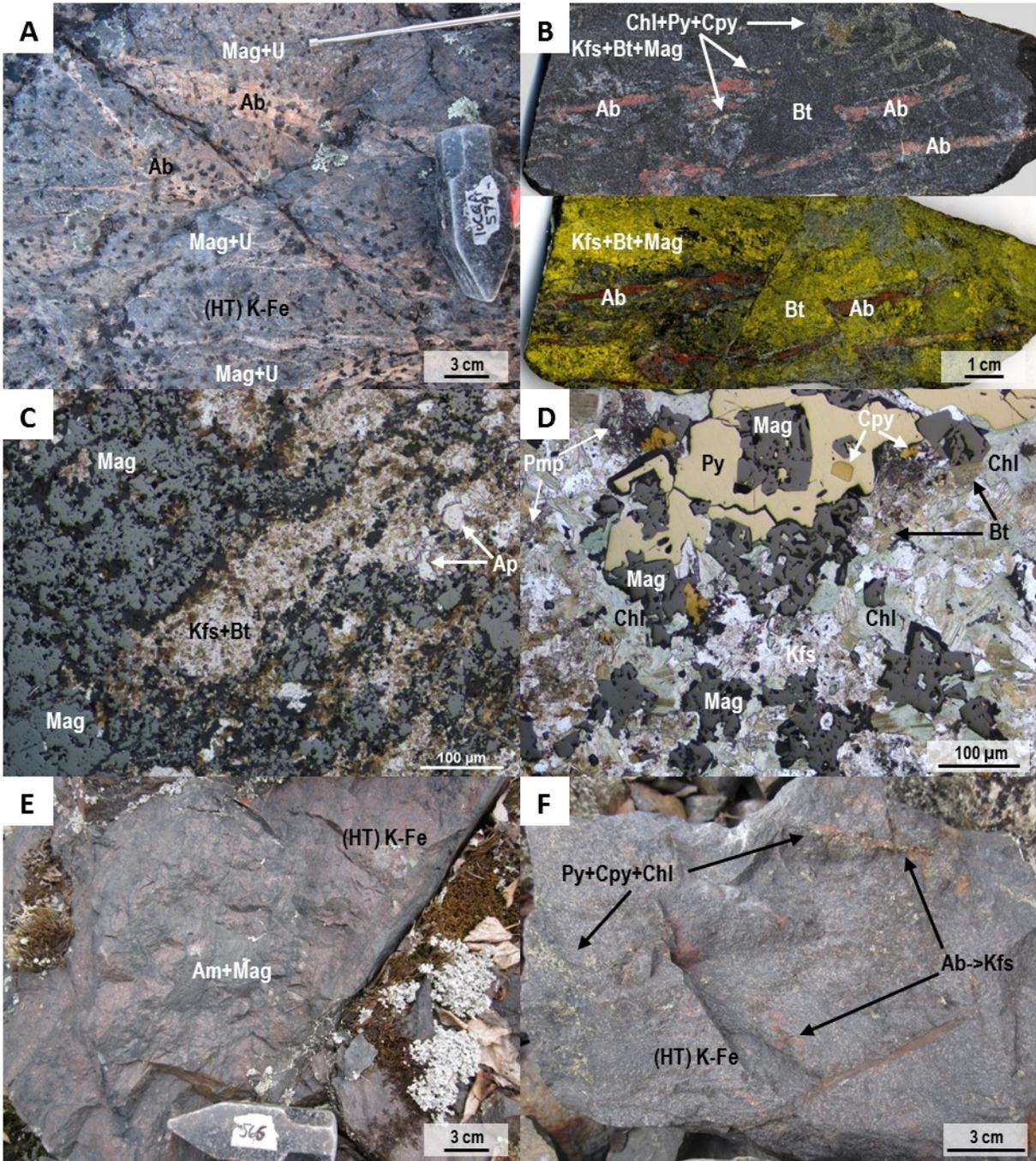


Planche 33 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) K-Fe et (LT) Ca-K

A) Front d'altération pénétratif (HT) Na-Ca-Fe formé majoritairement par un remplacement homogène à magnétite et amphibole accompagné d'une bordure d'épaisseur centimétrique d'albite formant un contact graduel avec la dacite porphyrique. Des veines (HT) Na-Ca-Fe recoupent le front de remplacement avec une plus grande proportion de magnétite en bordure des veines d'albite. Station 10CQA-562.

B) Dacite porphyrique superposée par un remplacement sélectif de la matrice par de la magnétite microcristalline. La roche est ensuite superposée par un remplacement sporadique à chlorite en montrant un contact diffus à feldspath-K avec les enclaves du précurseur. Station 11PUA-032.

C) En périphérie du principal indice minéralisé, le remplacement (LT) Ca-K à chlorite, épidote et feldspath-K est sporadique et produit un aspect bréchique. Les reliques de dacite porphyrique sont fortement magnétiques, résultant d'une altération (HT) Na-Ca-Fe antérieure. Certaines reliques sont affectées par une faible imprégnation (LT) Ca-K et sont moins magnétiques. Station 11PUA-032.

D) La zone de remplacement à chlorite est recoupée par des veines à albite. La présence d'une éponte riche en magnétite peut être dissimulée par l'abondance de magnétite dans le précurseur préalablement affecté par un fort remplacement à magnétite. La couleur rougeâtre des veines suggère une imprégnation (HT) K-Fe sur les altérations décrites précédemment. Station 11PUA-032.

E) Veines (HT) Na-Ca-Fe décimétriques superposées par une forte imprégnation (HT) K-Fe généralisée. Mise en place de sulfures le long de structures tardives qui décale la veine (HT) Na-Ca-Fe. Plages diffuses de pumpellyite superposées sur le porphyre et les veines (HT) Na-Ca-Fe et associées à l'imprégnation potassique. Station 11PUA-032.

F) Les sulfures et les zones à uranium sont spatialement associés à une couleur rouge brique du feldspath-K et un éclat métallique de la magnétite. Station 11PUA-032.

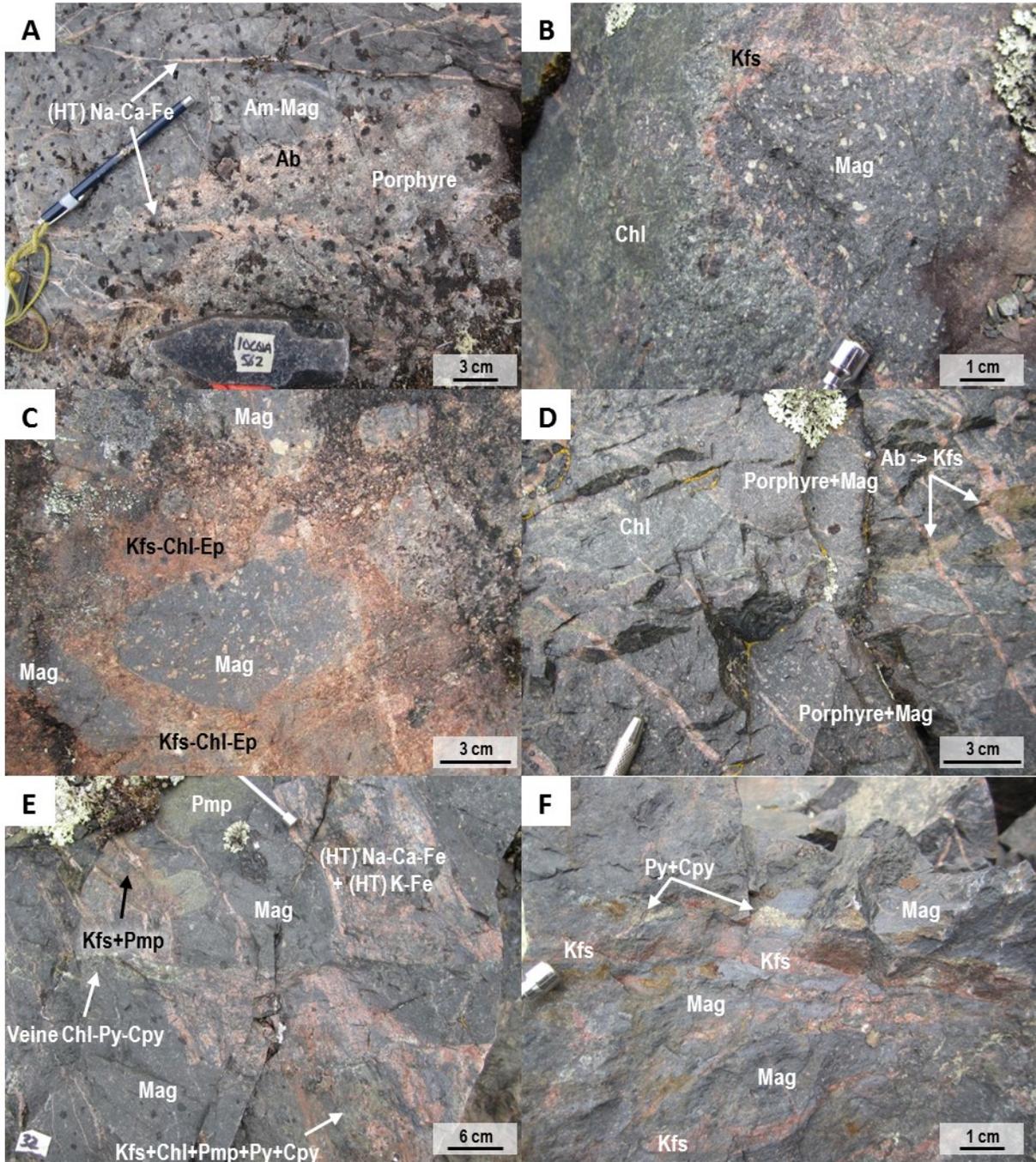


Planche 34 – Altérations (HT) Ca-K-Fe et (HT) Na-Ca

A) Paragenèse (HT) Ca-K-Fe minéralisée en Cu en remplacement irrégulier d'aspect bigarré sur un assemblage précoce à albite et actinote. Veine tardive à feldspath-K, chlorite et quartz venant recouper l'assemblage minéralisé. Échantillon 11PUA-1000G03.

B) L'assemblage (HT) Ca-K-Fe est constitué de feldspath-K, pumpellyite (non visible sur la photo), magnétite, chlorite, pyrite et chalcopryrite qui se superpose sur une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe à albite, actinote, magnétite, fluorapatite, titanite, allanite et uraninite. La magnétite présente des bordures de corrosion et est recoupée par de la chlorite. La chalcopryrite est disséminée dans la pumpellyite et le feldspath-K, et est intercrystalline à l'actinote. Remplacement graduel de l'actinote en pumpellyite. Possible recristallisation de magnétite dans la pumpellyite et le feldspath-K. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-1000G03.

C) Uraninite riche en Y-Ce et Nd associée à la magnétite hypidiomorphe et à l'assemblage à actinote, albite, quartz et apatite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-1000G03.

D) Remplacement (HT) Na-Ca généralisé tardif superposé sur les paragenèses (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe. Plages d'actinote issues du remplacement du porphyre. Traces de fluorite mauve. Station 11PUA-032.

E) Micro-inclusions de thorite, scheelite et magnétite dans la fluorapatite de la paragenèse (HT) Na-Fe. Uranite irrégulière enclavée dans de la chlorite et du feldspath-K. Reliques de feldspath-K et pumpellyite partiellement remplacés en albite. Amas de rutile et chlorite dans l'albite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-1000E03.

F) Paragenèse (HT) Na-Ca avec titanite hypidiomorphe englobant des zones irrégulières de rutile et chlorite. Traces de parsite riche en Ce-Nd dans l'actinote. Reliques microcristallines de feldspath-K dans l'albite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-1000E03.

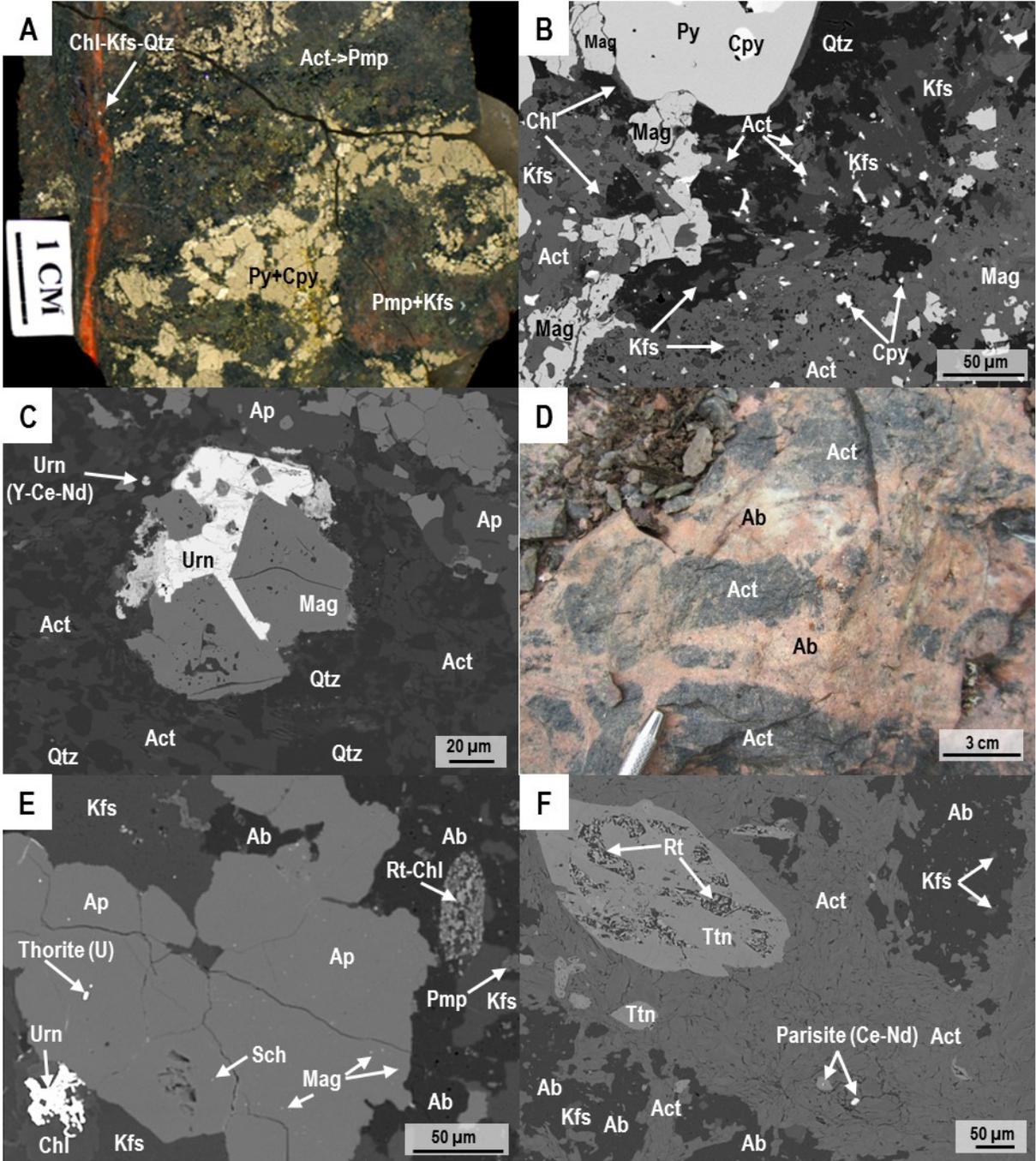


Planche 35 – Altérations (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (LT) Ca-K

A) Dacite porphyrique albitisée recoupée par des veines (HT) Ca-Fe à actinote et magnétite superposées par un remplacement (HT) Ca-K-Fe sporadique à biotite, pumpellyite, pyrite, magnétite et chalcoppyrite. Échantillon 11PUA-086C01.

B) Pyrite à grains moyens disséminée associée au remplacement (HT) Ca-K-Fe à biotite, pumpellyite et magnétite d'aspect bigarré. La magnétite est hétérogranulaire où la magnétite à grains fins est hypidiomorphe et spatialement associée aux plages de biotite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 11PUA-86C01.

C) Agrégat de pumpellyite contenant de la biotite et de la magnétite intercrystalline. Reliques d'albite montrant des golfes de corrosion et partiellement remplacés en feldspath-K (non visible sur la photo). Traces de thorite dans la pumpellyite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-086C01.

D) Titanite partiellement remplacée en biotite et chlorite par la paragenèse (HT) Ca-K-Fe. Traces de Ce, Nd et F dans les zones de remplacement. La biotite est intercrystalline à l'albite, la magnétite et la titanite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-086C01.

E) Cœur d'une veine (HT) Ca-Fe d'aspect massif superposée par un remplacement hétérogène (LT) Ca-K à feldspath-K, pumpellyite, chlorite, calcite, quartz et chalcoppyrite. La pyrite est à grains moyens et disséminée. Échantillon 11PUA-050B01.

F) Magnétite résorbée suite à la superposition de la paragenèse (LT) Ca-K sur une veine (HT) Ca-Fe à amphibole, magnétite et titanite. La chalcoppyrite forme des plages irrégulières dans la pumpellyite et la calcite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-050B01.

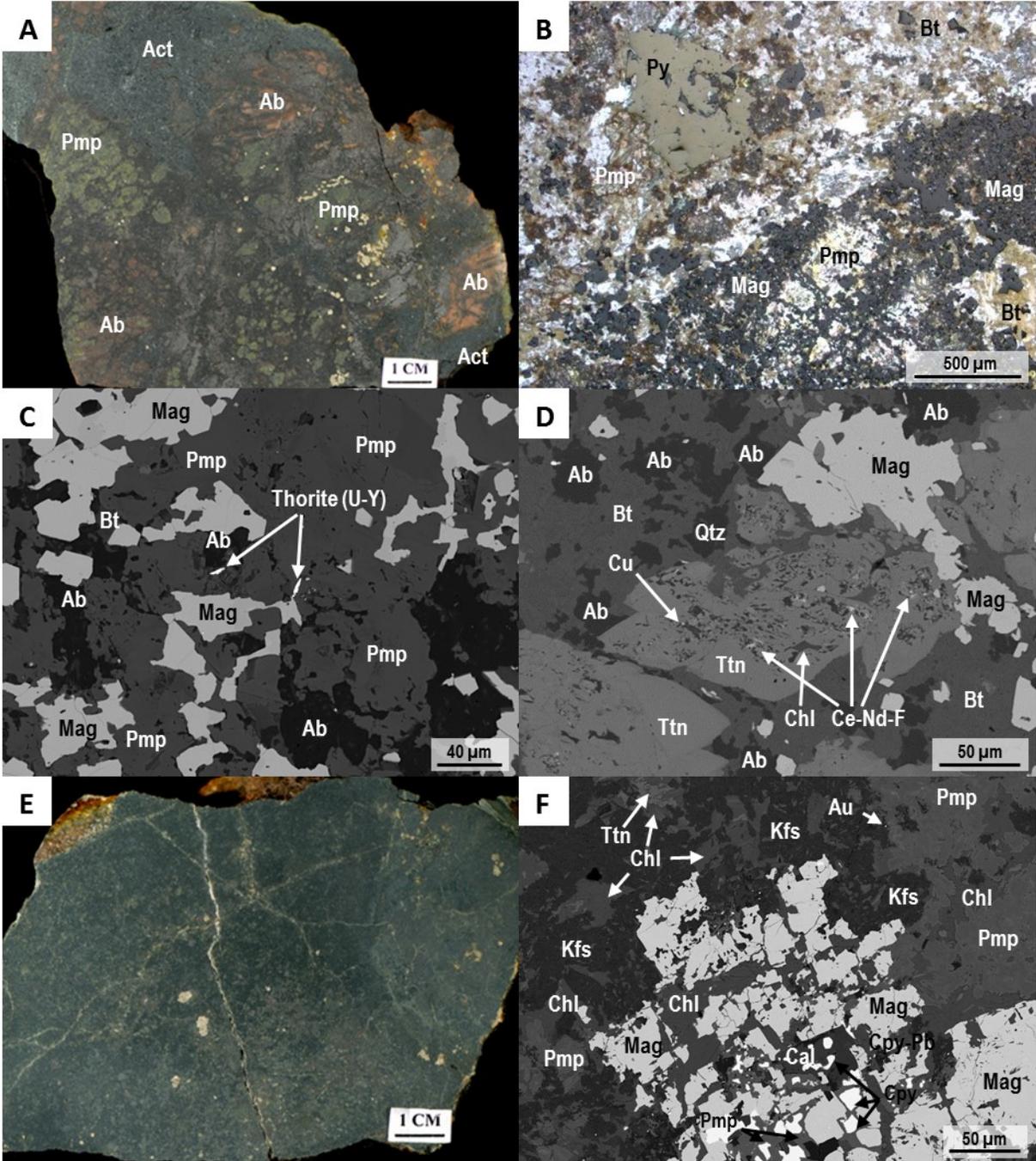


Planche 36 – Altérations (LT) Fe et (LT) K-Fe

A) Veine (LT) Fe à quartz et hématite recoupant les veines à magnétite et actinote. La veine est de taille irrégulière avec un contact net. La couleur rougeâtre est causée par l'hématite. Échantillon 11PUA-086B06.

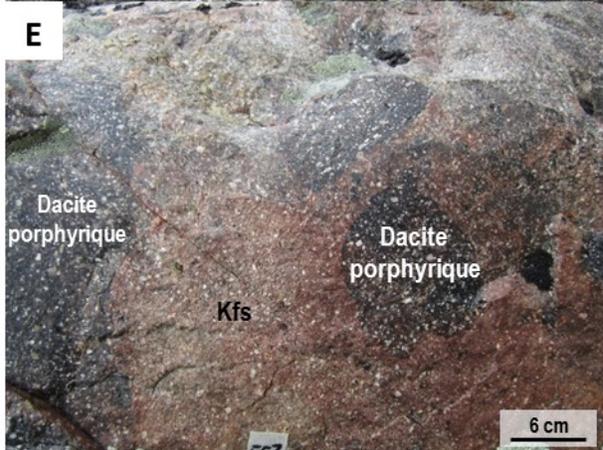
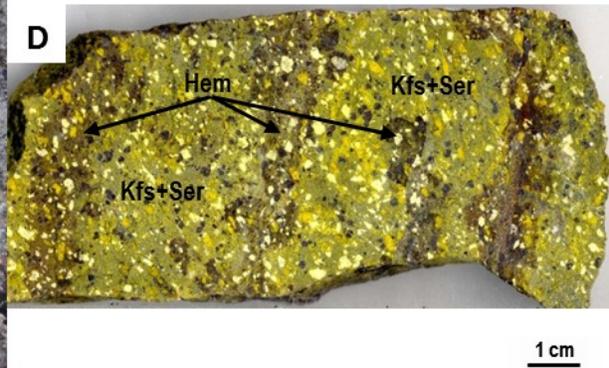
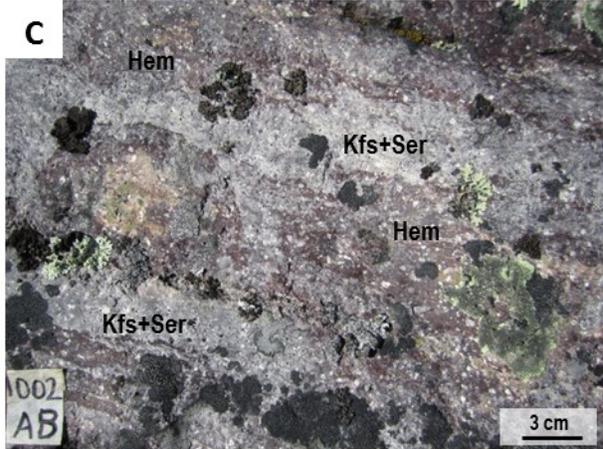
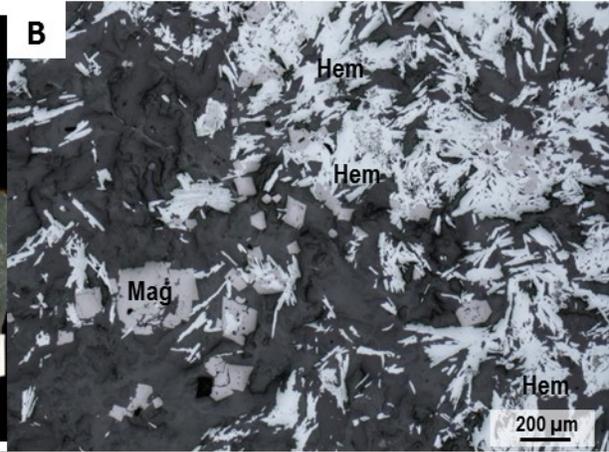
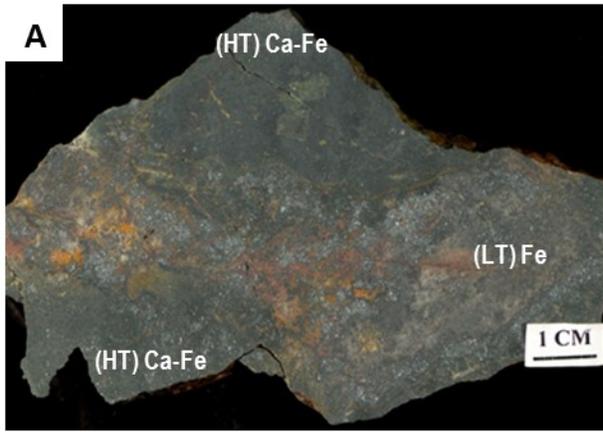
B) Remplacement de la magnétite (gris foncé) idiomorphe d'une veine (HT) Ca-Fe par de l'hématite spéculaire (gris pâle). Microphotographie en lumière réfléchie, lame 11PUA-086B06.

C) Remplacement du porphyre volcanique affecté par un remplacement (LT) K-Fe en bandes parallèles anastomosées et discontinues. La couleur blanchâtre est associée au remplacement de la matrice en feldspath-K et séricite tandis que la couleur mauve-rougeâtre correspond à l'hématite spéculaire intercrystalline. Station 11PUA-1002.

D) Tranche de roche colorée montrant la distribution du remplacement à (LT) K-Fe à feldspath-K, séricite et hématite. Remplacement préférentiel de la matrice et de certains phénocristaux par l'altération potassique. Échantillon 11PUA-1002B01.

E) Roche volcanique porphyrique superposée par un remplacement sporadique à feldspath-K donnant un aspect bréchiq ue à l'unité massive. Station 11PUA-557.

F) Précurseur volcanique superposé par un remplacement généralisé à quartz, feldspath-K et épidote. Préservation de la texture porphyrique. Station 11PUA-1033.



L'indice Ham

Planche 37 – Précurseurs et altérations (HT) Fe et (HT) K-Fe

A) Gneiss granodioritique superposé par une faible altération potassique à biotite et feldspath-K. Cette unité est l'encaissant des veines minéralisées à Cu-Mo-U-terres rares et \pm Au. Station 09CQA-1193.

B) Granodiorite fortement cisailée avec injection de veines à magnétite le long du plan de cisaillement «C». Les dykes de granite recoupent la granodiorite et les veines et contiennent des enclaves des deux unités qu'ils recoupent. Station CQA-08-595.

C) Détail du cisaillement de la granodiorite. Station CQA-08-595.

D) Granodiorite superposée par une forte imprégnation pervasive à feldspath-K. Station CQA-08-596.

E) Unité d'origine incertaine (altération métamorphisée?) plissée, constituée d'un assemblage à feldspath-K, biotite et quartz qui contient des rubans de quartz et feldspath-K. Échantillon 09CQA-1163A01.

F) Horizon granitique (leucosome?) plissé dans la granodiorite. Orientation des feuillets de biotite parallèlement à l'axe du pli dans les deux unités. La roche est majoritairement constituée de biotite et de feldspath-K. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince 09CQA-1163A01.

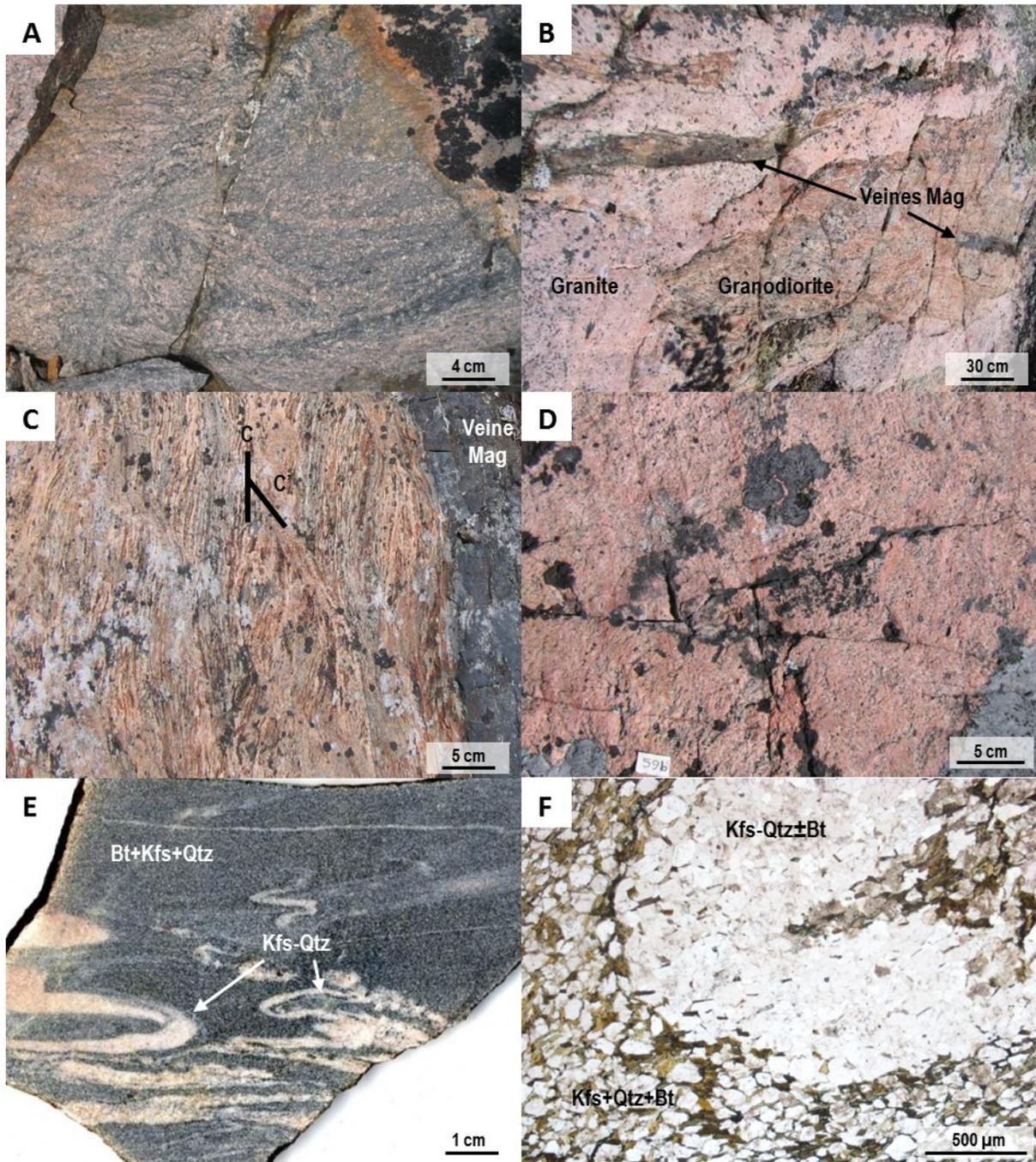


Planche 38 – Précurseurs et altération (HT) Fe

A) Granodiorite granoblastique à amphibole comme lithologie principale encaissant les veines à magnétite. Recoupée par un réseau de veines tardives à épidote avec un halo potassique sur les épontes. Station CQA-08-597.

B) Aspect général d'une veine à magnétite massive d'amplitude métrique. Les analyses du spectromètre indiquent une forte concentration en uranium (516 ppm) ainsi que 3,6 % K₂O. Station CQA-08-597.

C) Remplacement (HT) Fe ((HT) K-Fe ?) à magnétite. Injection pénétrative le long du plan de déformation. Horizons discontinus et d'épaisseur variable recoupant la granodiorite. Station CQA-08-597.

D) Fronts d'altération discontinu de magnétite dans la granodiorite. Contacts net entre les deux unités avec un aspect déformé des fragments de magnétite. Station CQA-08-597.

E) Veine à magnétite juxtaposée à une zone de remplacement à lentilles discontinues de magnétite. L'altération à magnétite est recoupée par une injection de matériel granitique avec assimilation de l'altération à magnétite. Textures de dissolution en bordure des boudins de magnétite. Station CQA-08-597.

F) Boudins à magnétite et grenat dans la granodiorite qui sont recoupés par une injection de matériel granitique. Remplacement partiel des fragments de magnétite en biotite-grenats-silicates. Station CQA-08-597.

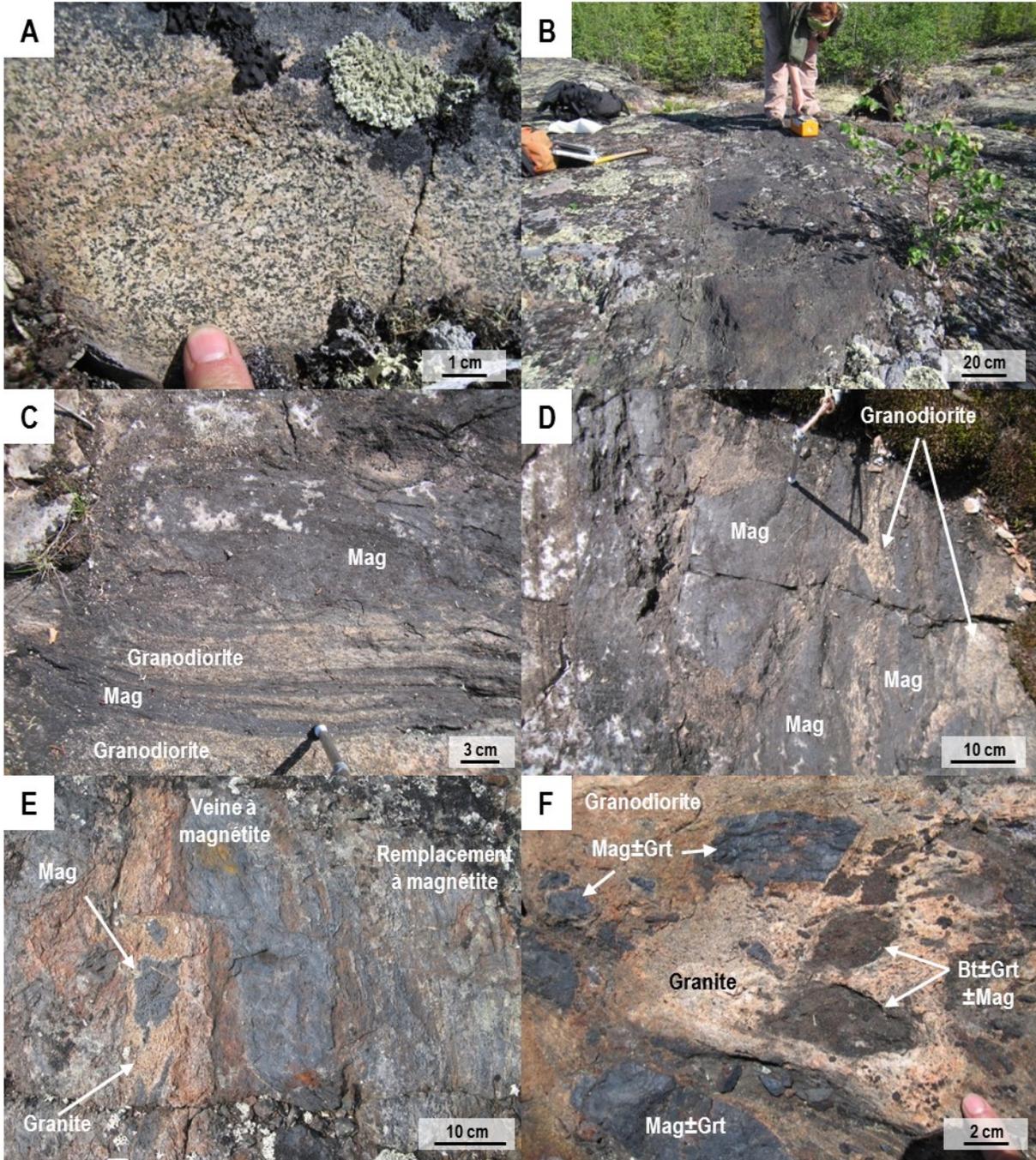


Planche 39 – Altérations (HT) Fe et à chlorite

A) Vue d'ensemble de l'indice Ham minéralisé en Cu-Mo-Au-U-Y-Sn-La-Nd-Ce-Ir-Yb-Tb. Station 09CQA-1193.

B) Veine de magnétite massive recoupant la granodiorite. Les sulfures sont tardifs et sont spatialement associés aux veines de magnétite. Station 09CQA-1193.

C) Magnétite remplacée par de la pyrite associée à une altération subséquente. Bordures de dissolution entre les deux phases minérales. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-1193C01.

D) Détail des veines à magnétite massive contenant de la fluorapatite, de forme arrondie, distribuée irrégulièrement. La magnétite forme des plages irrégulières avec des joints de grains partiellement à totalement soudés. Les veines à pyrite, chalcopyrite et chlorite recoupent la magnétite et la fluorapatite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1193C01.

E) Minéralisation en Cu-Au-U-Y constitué d'un assemblage à quartz, pyrite et chlorite qui recoupe la magnétite et la fluorapatite d'une altération antérieure. La magnétite montre des bordures de corrosion avec le quartz. La chlorite est riche en Mn et la pyrite montre des zones enrichies en Co. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-1193C01.

F) Assemblage à magnétite et apatite recoupé par une veine minéralisée (Cu-Au) à quartz et chlorite. Présence de terres rares lourdes (xénotime) en inclusions dans la magnétite et en bordure de la veine. Un grain d'or est associé à la chalcopyrite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-1193C01.

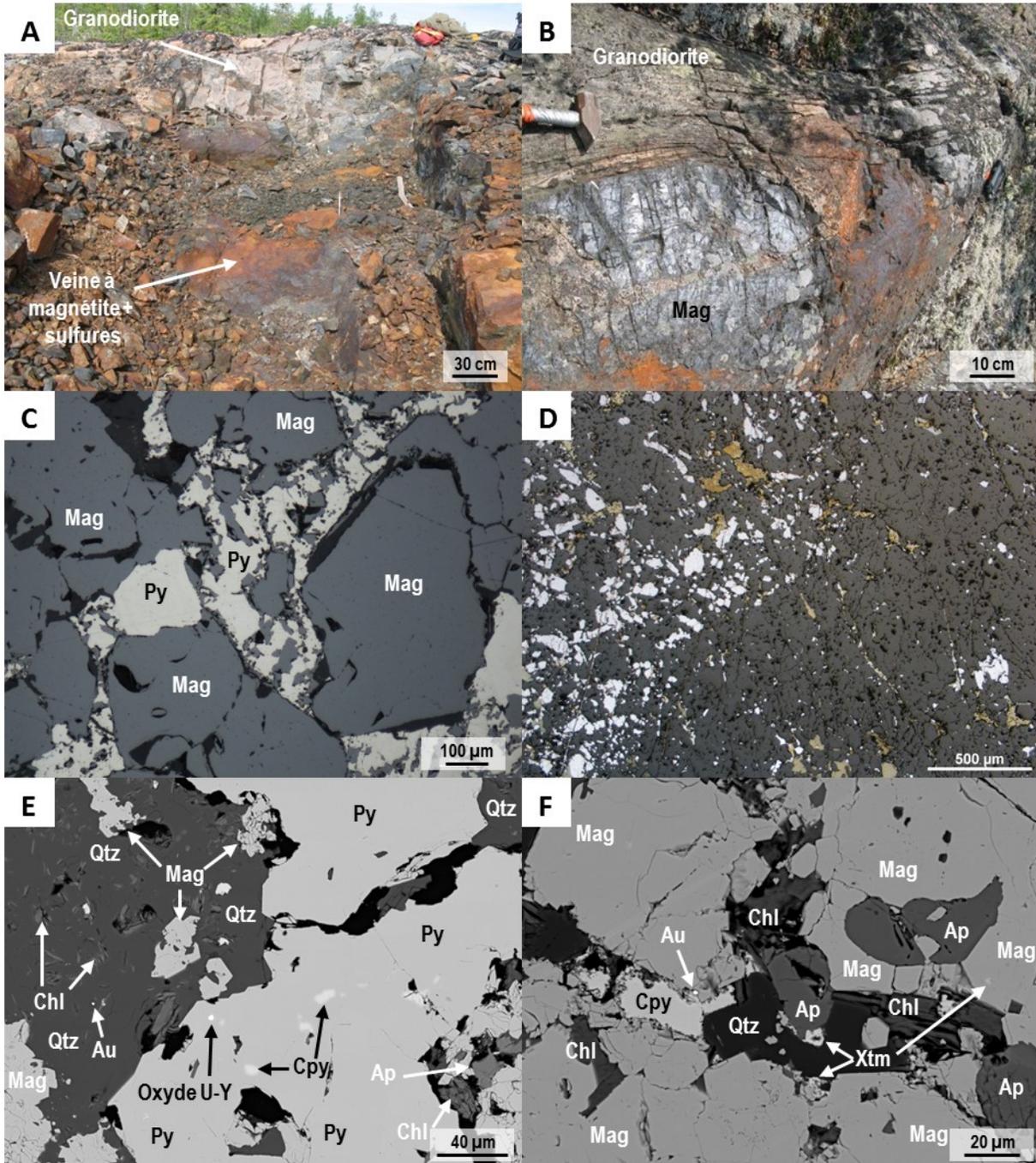


Planche 40 – Altérations (HT) Fe et à chlorite

A) Granodiorite recoupée par des veines (HT) Fe à magnétite et ± fluorapatite d'aspect massif (> 95% magnétite) et d'épaisseur centimétrique à métrique. Des veines à pyrite et chalcopryrite recoupent ensuite ces deux unités. Station 09CQA-1193.

B) Veine (HT) Fe d'aspect massif recoupée par un fin réseau de veinules de sulfures ayant une texture en filet. Échantillon 09CQA-1193C01

C) Veine à pyrite, chalcopryrite et chlorite recoupant la magnétite massive. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-1193C01.

D) Granodiorite recoupée par les veines de sulfures. Réseau irrégulier de veines d'aspect bigarré. Échantillon 09CQA-1193C03.

E) Granodiorite contenant un assemblage à feldspath-K, biotite, quartz, magnétite, zircon et apatite. La biotite, la magnétite et l'apatite seraient associés à une altération (HT) K-Fe superposée sur la granodiorite. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-1193C03

F) Veine à pyrite, chalcopryrite, chlorite qui recoupe la granodiorite. La magnétite est fracturée avec un remplissage de chalcopryrite et la biotite est remplacée en chlorite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1193C03

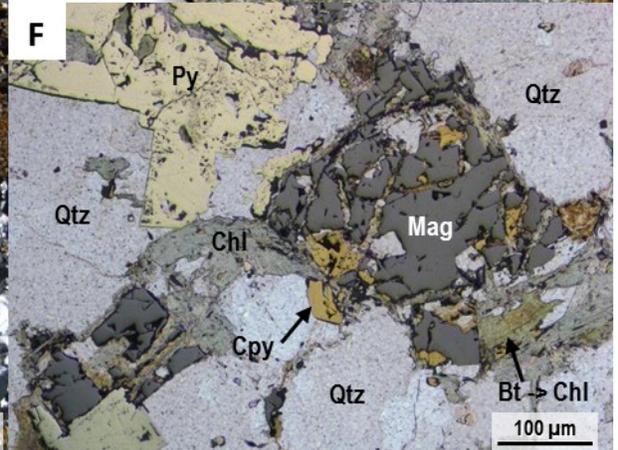
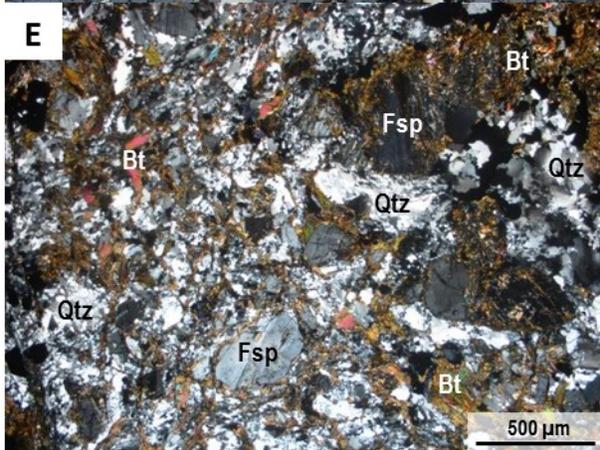
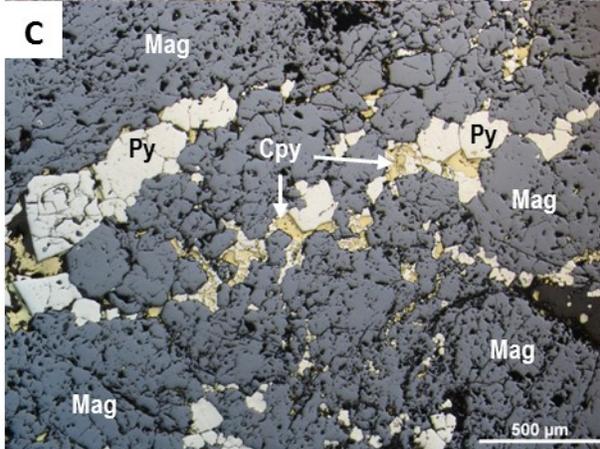
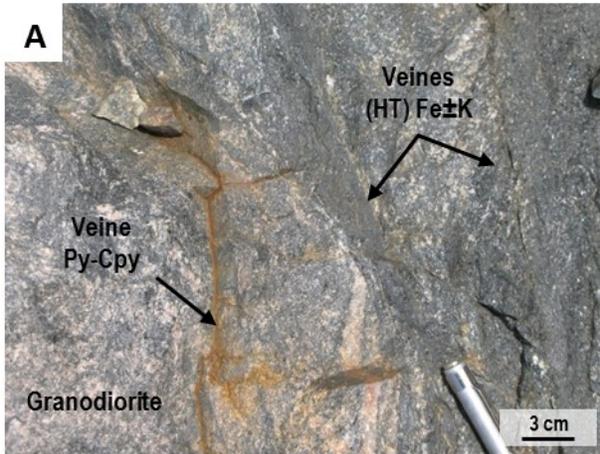


Planche 41 – Altérations (HT) K-Fe et (HT) Ca-Fe

A) Veine à magnétite massive formée par des paragenèses (HT) K-Fe et (HT) Ca-Fe. Ces altérations recourent la granodiorite qui est fortement foliée au contact avec la veine. Contient des zones de cisaillements en bordure et au sein de la veine. Station CQA-08-598.

B) Magnétite massive recoupant la granodiorite. Contact net entre les deux unités, accompagné d'une légère imprégnation à feldspath-K sur la granodiorite. Station CQA-08-598.

C) Aspect général des paragenèses (HT) K-Fe (biotite-magnétite) et (HT) Ca-Fe (allanite-magnétite). Dans l'altération (HT) K-Fe, la magnétite est disséminée dans le quartz ou massive le long d'un horizon discontinu. La magnétite est allotriomorphe, montre des bordures droites et forme des agrégats. Pour l'altération (HT) Ca-Fe, la magnétite est distribuée irrégulièrement dans l'allanite et majoritairement trouée, fracturée et montre des bordures de corrosion. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-08-598B.

D) Comparaison de la texture de la magnétite pour les paragenèses (HT) K-Fe (biotite-magnétite) et (HT) Ca-Fe (allanite-magnétite). L'altération (HT) Ca-Fe recoupe l'altération (HT) K-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-08-598B.

E) Apophyse de l'altération (HT) Ca-Fe qui remplace sélectivement le grenat/muscovite dans un horizon à grenat et quartz. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-08-598B.

F) Zone de cisaillement (HT) K-Fe à biotite, fluorite et feldspath-K qui recoupe et démembré la magnétite des paragenèses (HT) K-Fe et (HT) Ca-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-08-598B.

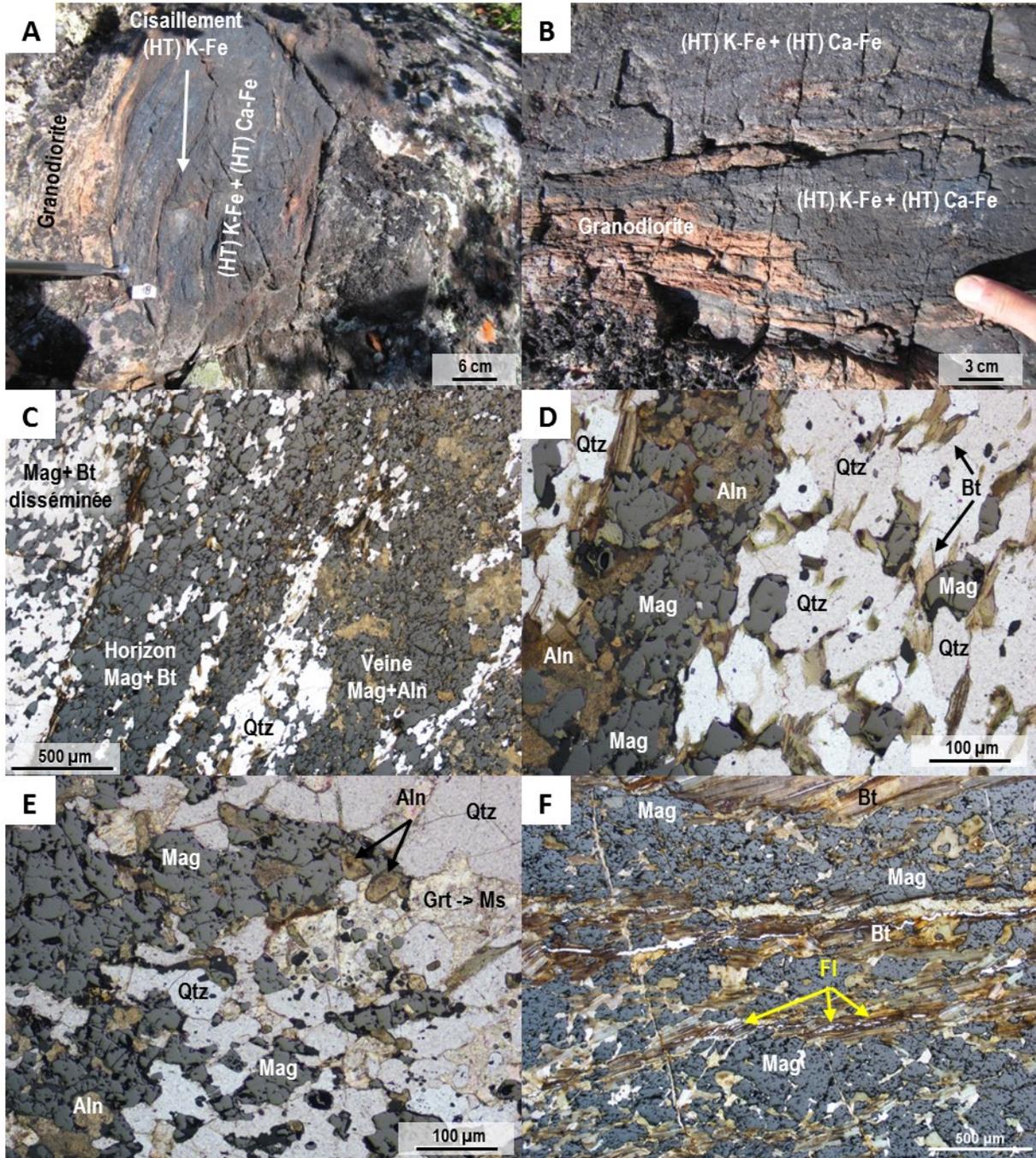


Planche 42 – Altérations (HT) K-Fe et (HT) Ca-Fe

A) Paragenèse (HT) Ca-Fe à magnétite, allanite et apatite avec minéralisation en Au et U. Reliques de biotite préservées de la paragenèse (HT) K-Fe antérieure. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-598B.

B) Comparaison entre les paragenèses (HT) K-Fe à biotite et magnétite et (HT) Ca-Fe à allanite et magnétite. L'altération (HT) Ca-Fe recoupe l'altération (HT) K-Fe. Minéralisation en U et Y associée à l'altération (HT) Ca-Fe. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-598B.

C) Grenats riches en Mn et Ca (spessartine/calderite) remplacés en muscovite. Veines de chlorite associées au remplacement. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-08-598B.

D) Détail du remplacement du grenat en muscovite. Traces de terres rares dans les zones de remplacement et dans les fractures du grenat. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-598B.

E) Zone de cisaillement (HT) K-Fe à biotite, feldspath-K et fluorite. Le feldspath-K et la fluorite sont localisés entre les lamelles de biotite. Reliques de terres rares concentrées le long de fractures. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-08-598B.

F) Zone de cisaillement (HT) K-Fe à biotite, feldspath-K et fluorite. Le feldspath-K et la fluorite sont localisés entre les lamelles de biotite. Reliques de terres rares concentrées le long de fractures. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-598B.

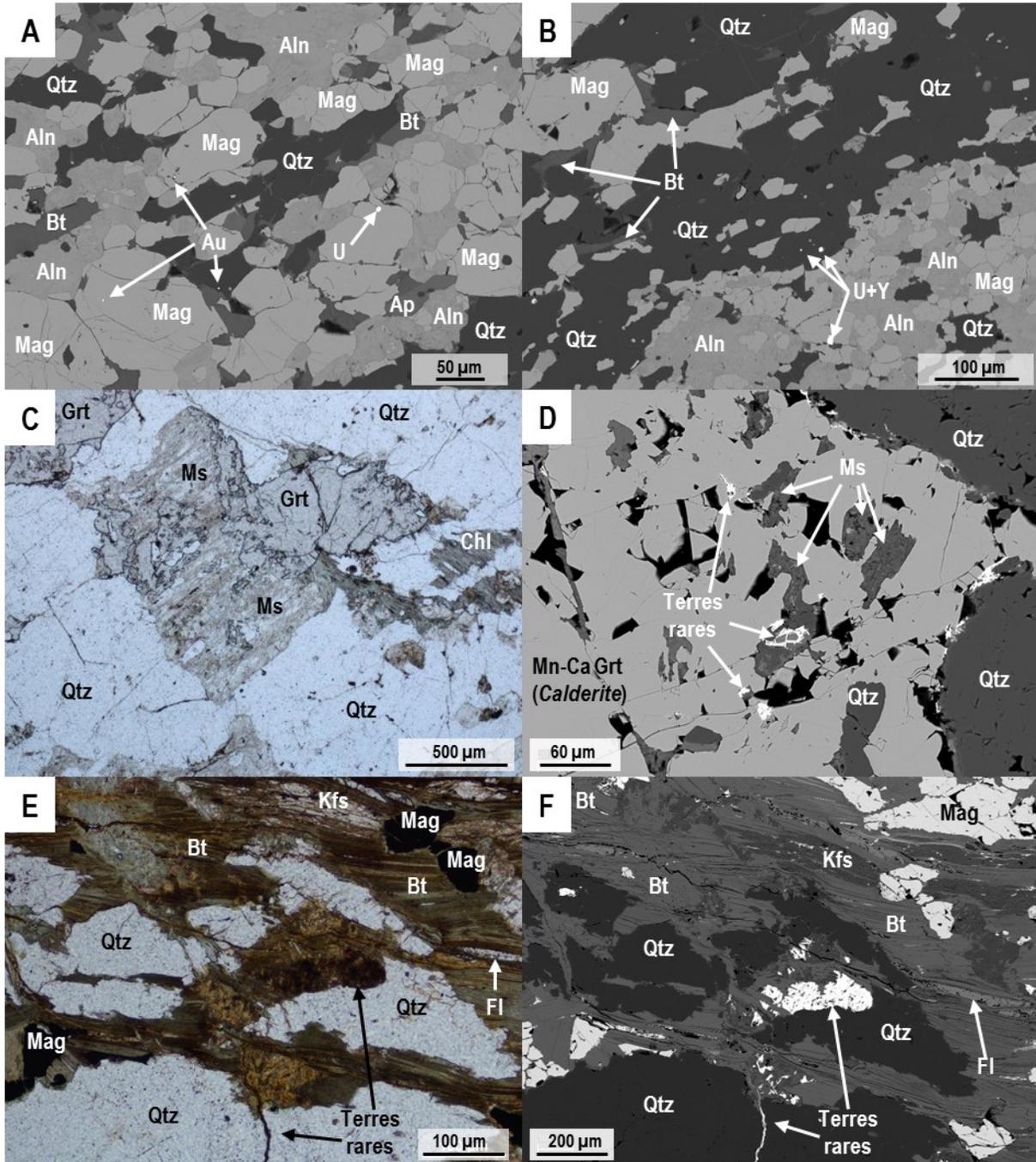


Planche 43 – Altération (HT) K-Fe

A) Veine (HT) K-Fe déformée recoupant la granodiorite avec un contact diffus. La veine montre une texture granoblastique hétérogène et hétérogranulaire d'aspect massif. La veine (HT) K-Fe est minéralisée en Cu, U et en terres rares. Faible imprégnation potassique sur la granodiorite, surtout en bordure de la veine. Station CQA-08-592.

B) Aspect général de la paragenèse (HT) K-Fe. La magnétite est concentrée dans les mêmes niveaux que le grenat. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-08-592C.

C) Paragenèse (HT) K-Fe avec biotite, magnétite, feldspath-K et zircon qui recoupe la granodiorite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-08-592C.

D) Minéralisation en U et terres rares associée à la paragenèse (HT) K-Fe. La paragenèse (HT) K-Fe est superposée par une altération de basse température où la biotite est remplacée en chlorite et le feldspath-K en muscovite avec un lessivage des terres rares de la monazite. La chalcopyrite est associée à l'assemblage à chlorite et muscovite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-592C.

E) Grains de monazite associés à la paragenèse (HT) K-Fe à biotite et magnétite. La monazite est altérée et les terres rares sont lessivées par le remplacement à chlorite et muscovite. Reliques d'yttrium et \pm thorium toujours présentes malgré le remplacement. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-592C.

F) Reliques d'ilménite dans la magnétite. La monazite est bien préservée vers le cœur de la magnétite et commence à être remplacée en bordure par l'assemblage à chlorite, muscovite et chalcopyrite. Le cœur de l'allanite est riche en Y et la bordure en La et Ce. Image d'électrons rétrodiffusés, lame mince CQA-08-592C.

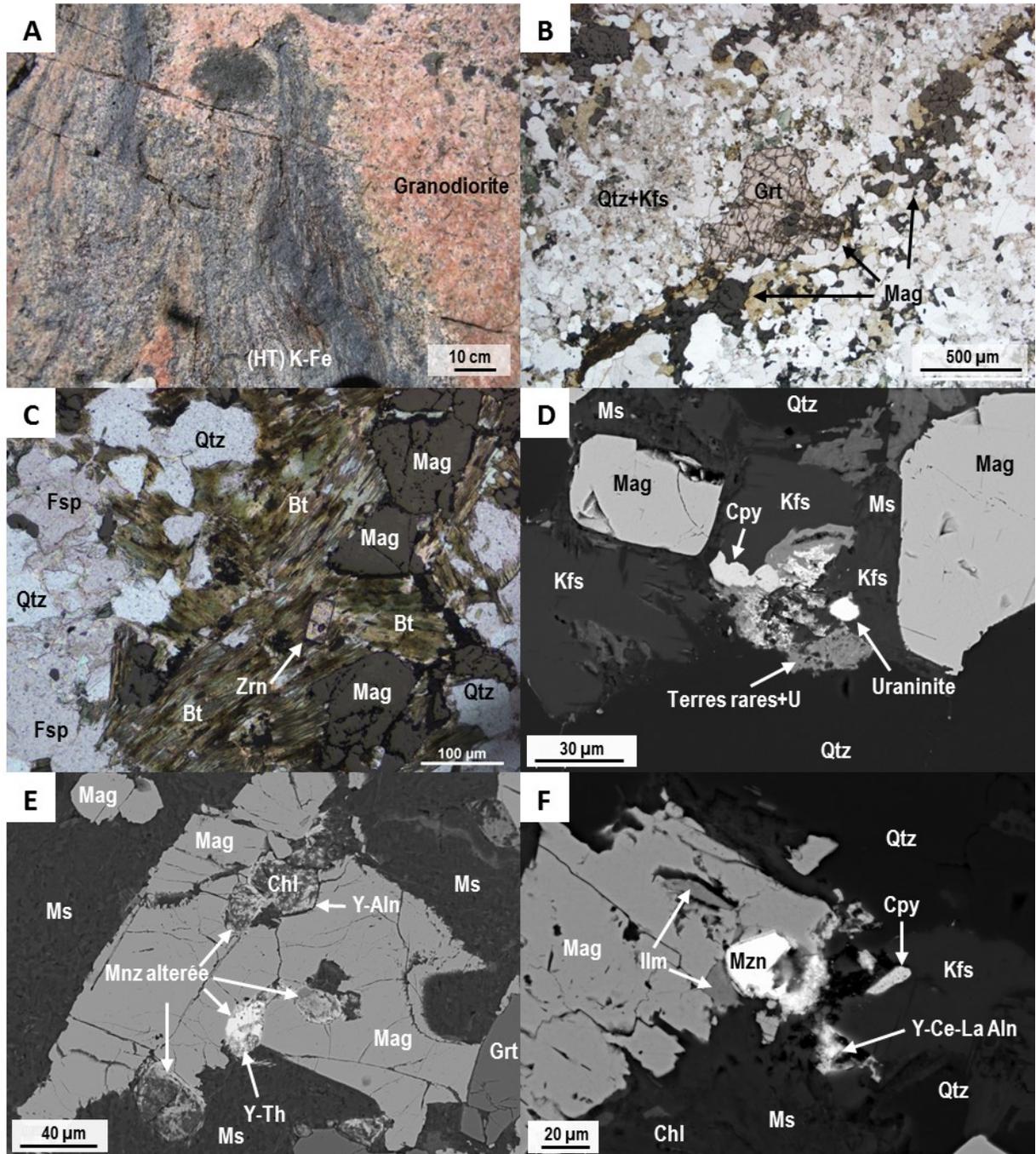


Planche 44 – Altérations (HT) K-Fe et (LT) K-Fe

A) Tranche de roche polie (gauche) et colorée (droite) d'une paragenèse (HT) K-Fe sous forme de remplacement pervasif sélectif d'intensité modérée sur la granodiorite. Les boudins (potentiellement des leucosomes ou des injections de veines granitiques) sont composés de quartz et feldspath-K dans une matrice à biotite, feldspath-K et quartz. Échantillon 09CQA-1162D01.

B) Injection de magnétite et de biotite dans les boudins. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1162D01.

C) Spots de magnétite allotriomorphe disséminée dans les horizons à grenats. La magnétite montre un contact net et irrégulier avec la biotite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1162D01.

D) Grenat poikilitique fracturé contenant des inclusions de magnétite et de quartz. Le grenat est entouré de feldspath-K séricitisé et de quartz. Certains grenats sont exempts d'inclusions. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1162D01.

E) Grains de magnétite hétérogranulaires disséminés et distribués de façon aléatoire. Forme hypidiomorphe des grains plus grossiers et allotriomorphe des grains microcristallins. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-1162D01.

F) Front d'altération (LT) K avec remplacement préférentiel du feldspath-K en séricite avec des grains de quartz plus réfractaires. Diminution de la taille des grains de magnétite suite au remplacement (LT) K. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1162D01.

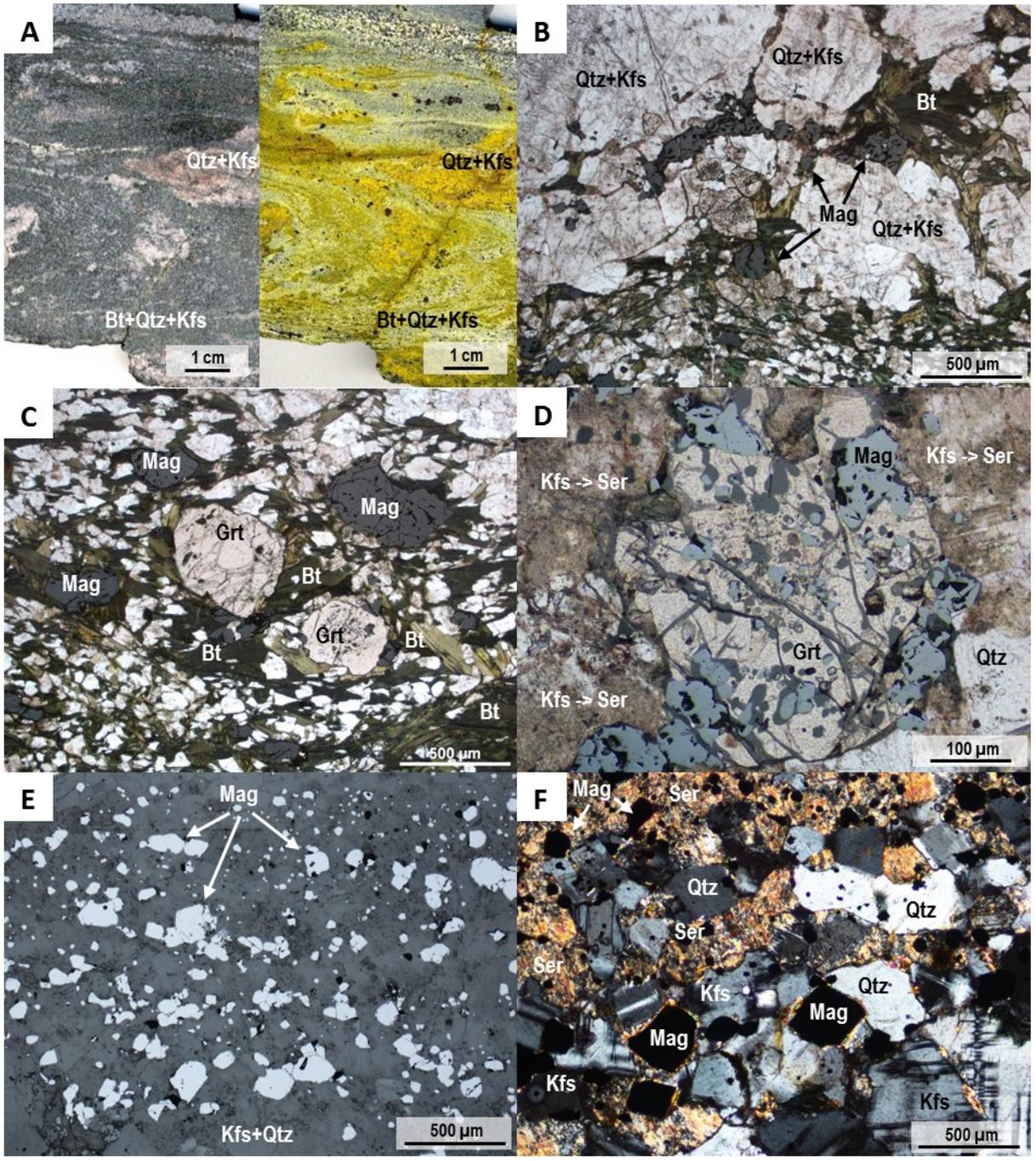


Planche 45 – Altération (HT) K-Fe

A) Tranche de roche polie (gauche) et colorée (droite) montrant le faible remplacement pénétratif sporadique (HT) K-Fe à biotite, feldspath-K et magnétite. Échantillon 09CQA-1164D01.

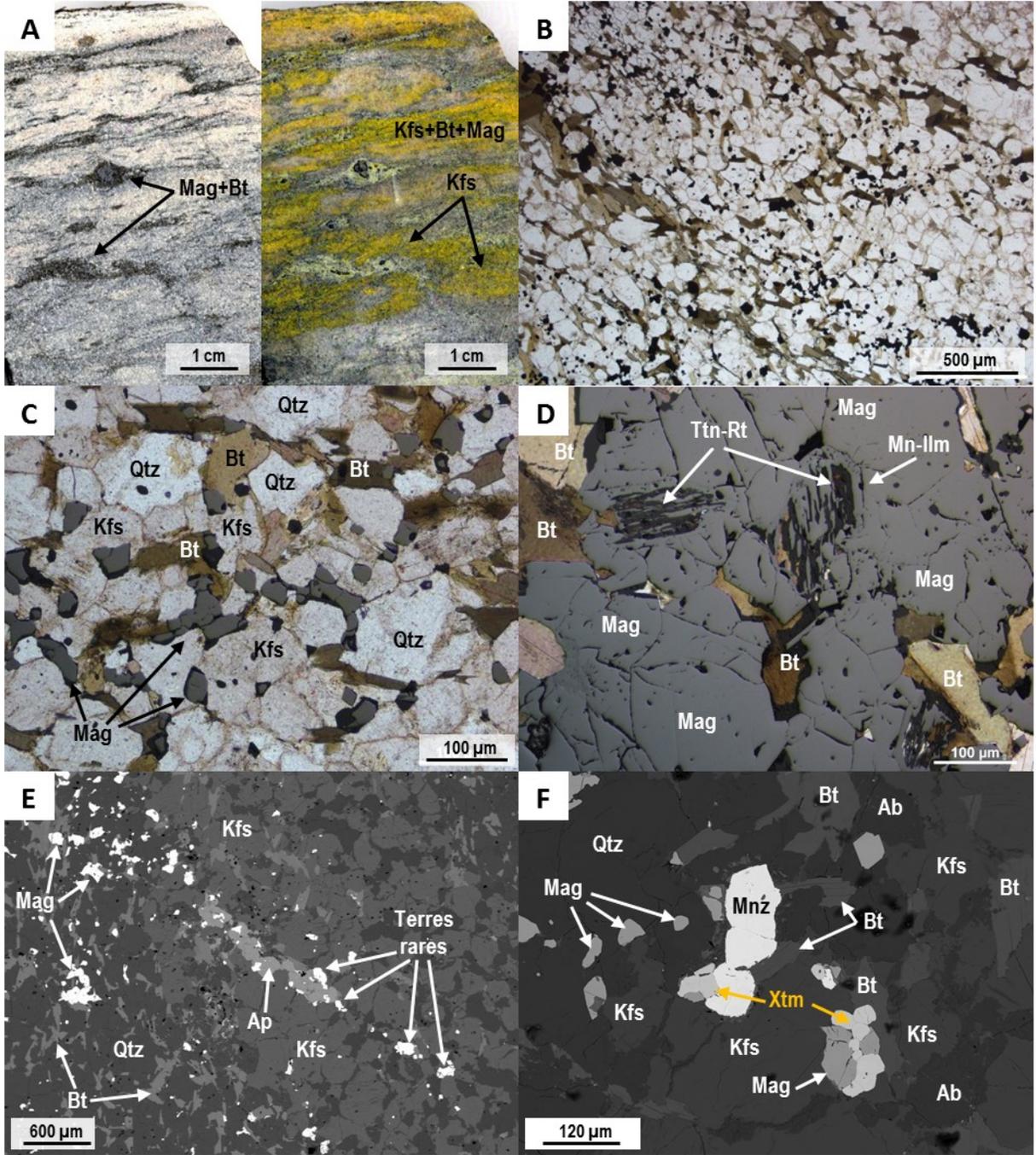
B) Aspect général de la paragenèse (HT) K-Fe à biotite et magnétite intergranulaires au quartz et feldspath. La distribution des phases minérales est hétérogène avec de la fluorapatite, monazite et xénotime aligné le long du plan de gneissosité. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1164A03.

C) Magnétite allotriomorphe microcristalline intergranulaire au quartz et au feldspath avec de la biotite foliée. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1164A03.

D) Agrégat de magnétite au sein de plages à biotite. L'ilménite forme des lamelles et une couronne autour de la titanite et du rutile. L'ilménite est riche en Mn et contient des micro-inclusions de magnétite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1164A03.

E) Apatite, monazite et xénotime localisés dans un niveau riche en feldspath-K. La minéralisation en terres rares est associée à la cristallisation de biotite et de magnétite intergranulaires au quartz et à l'albite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-1164A03.

F) Monazite et xénotime associés à la paragenèse (HT) K-Fe à biotite, magnétite et feldspath-K. Le feldspath-K remplace l'albite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-1164A03.



L'indice JLD

Planche 46 – Précurseurs et intrusions

A) Alternance de lits d'argiles et de silt d'épaisseur centimétrique montrant une lamination parallèle légèrement affectée par un remplacement (HT) Ca-K-Fe. Station CQA-08-574.

B) Horizon décimétrique d'argile bordé par des niveaux silteux. Les textures sédimentaires primaires sont préservées et décalées par une déformation fragile tardive. Station CQA-08-571.

C) Conglomérat polygénique contenant des fragments anguleux de précurseurs métasédimentaires de taille variable. La matrice montre une patine d'altération rougeâtre avec de la chlorite et la roche est recoupée par des veines de quartz tardives. Station CQA-08-571.

D) Granite porphyrique à phénocristaux de feldspaths potassiques circulaires et feldspaths sodiques hypidiomorphes. Présence de plages rougeâtres à proximité de l'indice JLD résultant d'un remplacement local plus intense. La coloration de la roche montre un remplacement d'intensité moyenne avec préservation des textures antérieures. Certains phénocristaux montrent une bordure de remplacement par du feldspath-K. Station 09CQA-1170.

E) Granite porphyrique silicifié avec remplacement des feldspaths en quartz avec développement de porosité secondaire. Abondance de zircons microcristallins disséminés dans les zones intercrystallines à feldspaths avec les fantômes de minéraux ferromagnésiens. Station 09CQA-1172.

F) Granite porphyrique superposé par une imprégnation potassique et recoupé par un réseau de veines anastomosées de chlorite produisant un aspect bréchique. Station 09CQA-1189.

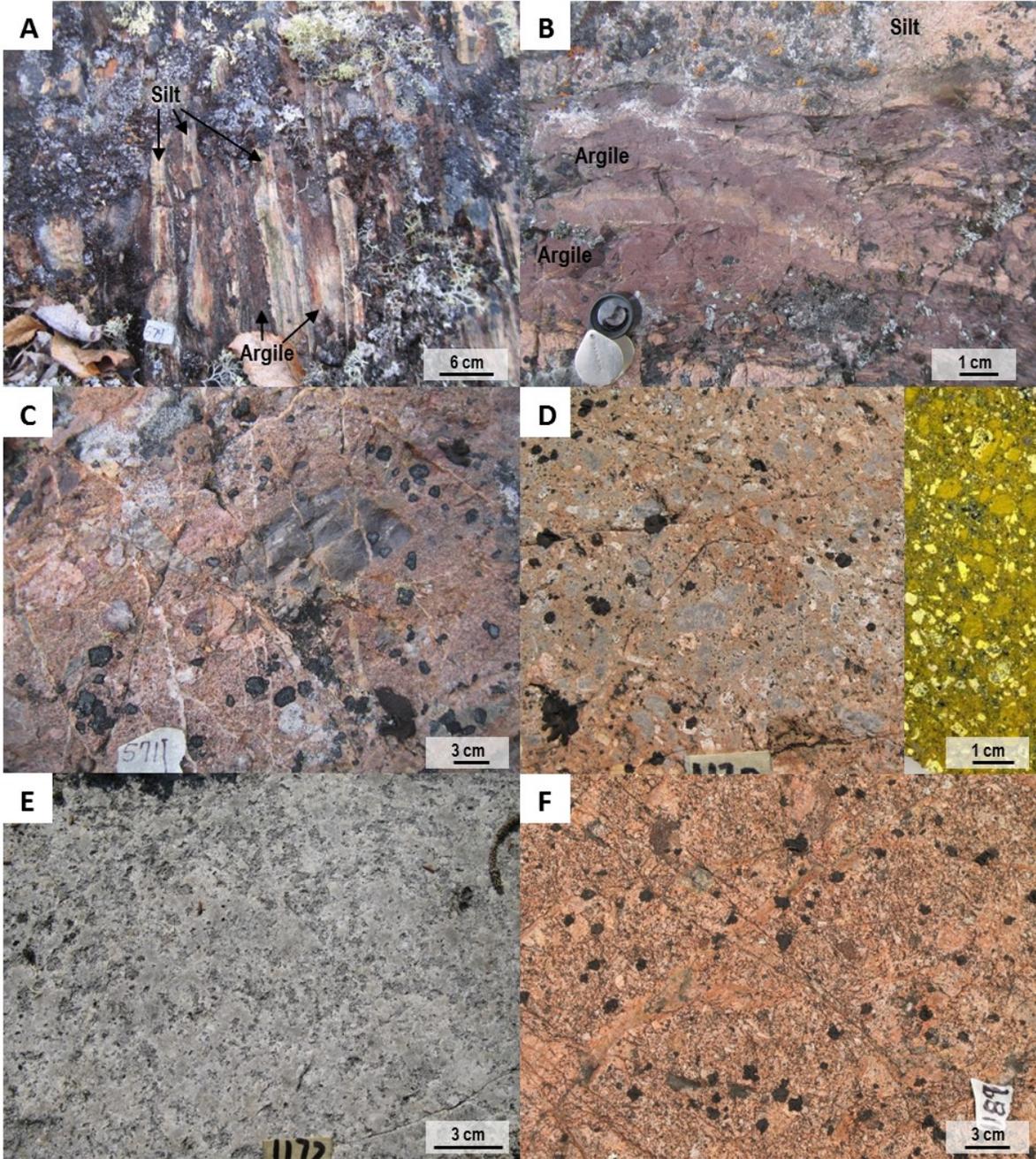


Planche 47 – Altération (HT) Ca-K-Fe

A) Veines composites subparallèles continues d'épaisseur centimétrique recoupant le granite porphyrique. La gaine de quartz formant la zone marginale recoupe la magnétite massive et s'infiltré le long de la veine de magnétite originale ainsi que dans des zones de fractures perpendiculaires aux contacts de la veine de magnétite. Station 09CQA-1170 (même affleurement que CQA-08-576).

B) Veine d'épaisseur centimétrique montrant des couches compositionnelles distinctes ayant des aspects massifs. Le cœur est majoritairement composé de magnétite avec des bordures de biotite-allanite remplacées en pumpellyite. Contact net et irrégulier avec l'encaissant qui montre une imprégnation des épontes sur moins de 4 cm. Station 09CQA-1170 (même affleurement que CQA-08-576).

C) Veine composite avec une partie montrant une texture massive (haut) et une zone anastomosée et foliée (bas). Station 09CQA-1170 (même affleurement que CQA-08-576).

D) Tranche de roche montrant l'aspect général d'une veine (HT) Ca-K-Fe. Les zones vertes correspondent à la biotite et l'allanite remplacées en pumpellyite avec des horizons discontinus de magnétite. Échantillon 09CQA-1170D05-1.

E) Réseau de veines à quartz et magnétite montrant une texture fluidale et une légère imprégnation potassique sur les épontes. La biotite et l'allanite sont absentes de ces veines et la magnétite est intercrystalline au quartz qui se présente sous forme de plages irrégulières, de baguettes et de plaquettes. Station 09CQA-1170 (même affleurement que CQA-08-576).

F) Zoom sur une zone où la texture de la magnétite bréchifiée et remplacée par le quartz de la photo E). Station 09CQA-1170 (même affleurement que CQA-08-576).

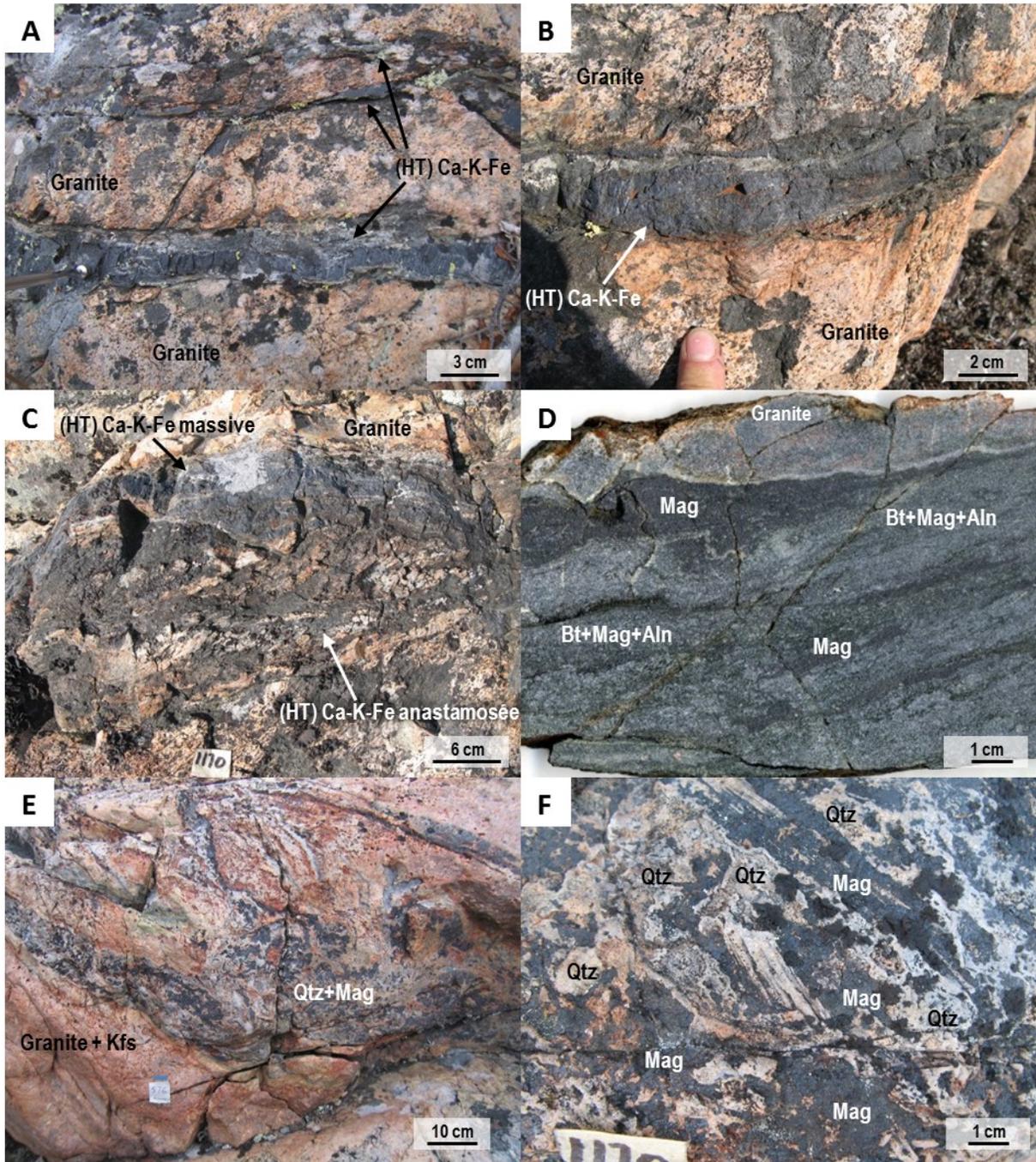


Planche 48 – Précurseur et altération (HT) K-Fe

A) Aspect général du granite contenant de la magnétite disséminée et de la biotite diffuse et bigarrée. La texture ignée est préservée avec un début de remplacement des phénocristaux de feldspaths sodiques en feldspath-K. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-08-576A (même affleurement que 09CQA-1170).

B) Aspect général du granite contenant de la magnétite disséminée et de la biotite diffuse et bigarrée. La texture ignée est préservée avec un début de remplacement des phénocristaux de feldspaths sodiques en feldspath-K. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame CQA-08-576A (même affleurement que 09CQA-1170).

C) Plages de biotite hypidiomorphe en plaquette autour de la magnétite et un oxyde de Fe-Ti. La fluorapatite et le zircon sont spatialement associés à l'altération (HT) K-Fe. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-576A (même affleurement que 09CQA-1170).

D) Picot à oxydes de Fe-Ti où l'ilménite est de forme irrégulière, possède des inclusions de quartz et montre des lamelles d'exsolutions ainsi qu'une bordure de titanomagnétite. La magnétite est hypidiomorphe et est toujours en contact avec la titanomagnétite. La fluorapatite est englobée dans les différents oxydes mais elle est également disséminée avec la biotite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-576A (même affleurement que 09CQA-1170).

E) Enrichissement en Y, Th et terres rares associé à la paragenèse (HT) K-Fe. Le zircon, l'apatite, la monazite et le xénotime sont spatialement associés à la biotite et le feldspath-K; qui remplace l'albite présente sous forme de reliques. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-576A (même affleurement que 09CQA-1170).

F) Remplacement de l'albite par du feldspath-K et de la biotite. Présence de zircon idiomorphe dans la zone de remplacement. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-576A (même affleurement que 09CQA-1170).

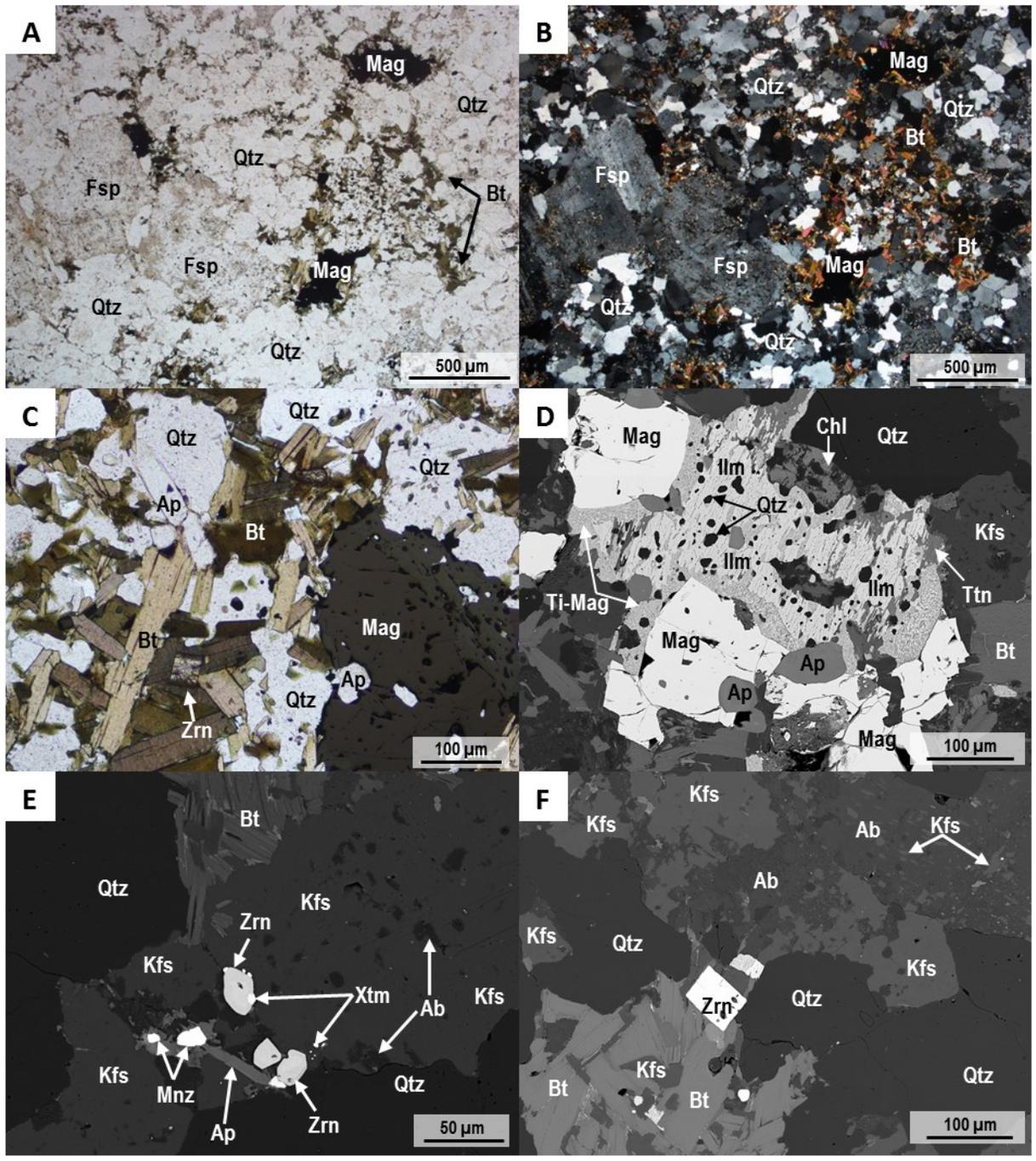


Planche 49 – Altération (HT) Ca-K-Fe

A) Paragenèse (HT) Ca-K-Fe recoupant un boudin de quartz dans le porphyre granitique. Dans cette zone, l'altération est majoritairement composée de biotite et de magnétite avec des traces d'apatite et d'allanite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-08-576G.

B) Apatite grenue allotriomorphe entourée par de la biotite. Traces de monazite associée à de l'épidote et présence de sphalérite dans la magnétite. Présence de fluorite entre les lamelles de biotite et en cristaux allongés près de la magnétite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-576G.

C) Aspect général de la paragenèse (HT) Ca-K-Fe composée de cristaux de feldspath-K contenant des grains de magnétite (noir) avec de la biotite, allanite, magnétite et apatite comme phases minérales principales. Le quartz est présent sous forme de reliques provenant de la roche encaissante. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-08-576G.

D) Relique de quartz contenant des minéraux de terres rares (allanite, monazite, xénotime et bastnaesite) entouré par la paragenèse (HT) Ca-K-Fe. La biotite est partiellement à totalement remplacée en chlorite. La magnétite est grenue et allotriomorphe et forme des amas entre la chlorite et l'allanite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-08-576G.

E) Certaines reliques de quartz contiennent de nombreux minéraux de terres rares incluant majoritairement de l'allanite avec de la monazite et du xénotime et de rares occurrences de bastnaesite. Les minéraux de terres rares ont une forme irrégulière et arrondie et sont disséminés dans le quartz. En comparaison, le feldspath-K contient des cristaux de magnétite et d'apatite. L'allanite, la monazite et le xénotime qui sont dans la veine montrent des signes de corrosion et de remplacement. Les bordures de grains d'allanite sont moins riches en terres rares et peuvent être remplacés en pumpellyite. La biotite est complètement remplacée en chlorite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-576G.

F) Paragenèse (HT) Ca-K-Fe à biotite, magnétite, allanite, feldspath-K, apatite, monazite, xénotime et fluorite superposée par une altération de plus faible température où la biotite est remplacée en chlorite et l'allanite en pumpellyite. En plus d'un enrichissement global en terres rares, certains minéraux ont une forte concentration en Y, Ta, W et U. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-08-576G.

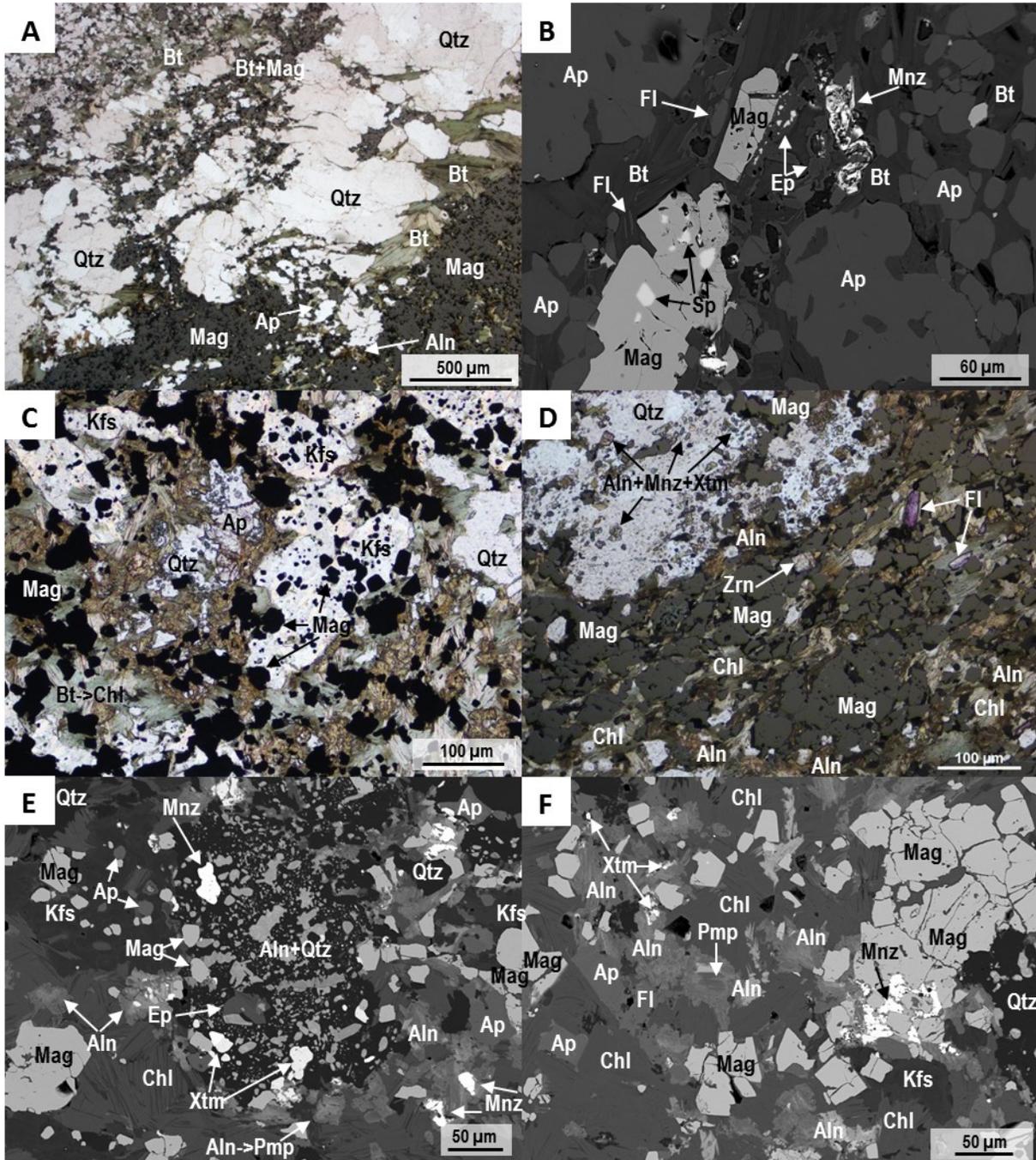


Planche 50 – Altération (HT) Ca-K-Fe

A) Bordure de la paragenèse (HT) Ca-K-Fe avec assimilation progressive du quartz au sein de la veine. La magnétite est moins abondante ou absente où le remplissage est faible et intergranulaire au quartz. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1170D05-1.

B) La texture de la magnétite est différente pour une même paragenèse et une proportion similaire de magnétite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1170D05-1.

C) Bordure d'un fragment de quartz avec début d'assimilation par la paragenèse (HT) Ca-K-Fe. La biotite et le feldspath-K cristallise entre les grains de quartz. Ultiment le fragment peut être remplacé par un agrégat de feldspath-K contenant des reliques de quartz et des inclusions de magnétite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1170D05-1.

D) Texture générale de la magnétite avec reliques de quartz emprisonnées à l'intérieur. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1170D05-1.

E) Agrégat de feldspath-K comportant des inclusions de magnétite, fluorapatite, monazite et xénotime. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1170D05-1.

F) Agrégat de feldspath-K comportant des inclusions de magnétite, fluorapatite, monazite et xénotime. Subtil remplacement du feldspath-K en muscovite. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-1170D05-1.

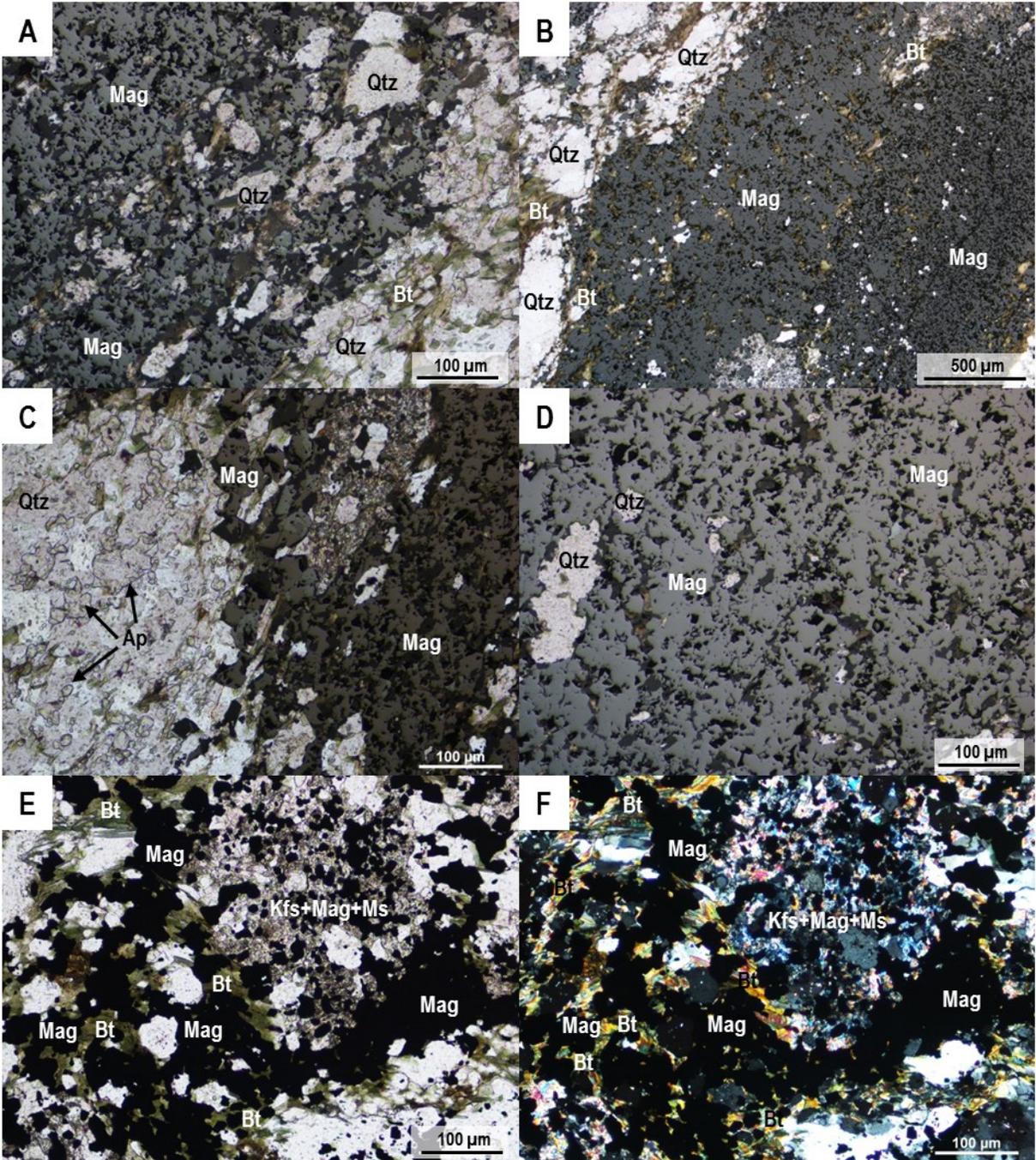


Planche 51 – Altération (HT) Ca-K-Fe

Microphotographies en lumière transmise d'une veine (HT) Ca-K-Fe avec une abondance variable de magnétite au sein de la veine. La veine recoupe des boudins de quartz avec une proportion variable de magnétite, allanite et de biotite, remplacée en chlorite et pumpellyite (non identifié sur les photos). Échantillon 09CQA-1170D05-1.

A) et B) Zone de faible abondance de magnétite avec biotite chloritisée majoritaire. La magnétite est hétérogranulaire et de forme allotriomorphe à hypidiomorphe. La magnétite est disséminée dans une matrice de biotite chloritisée et allanite d'aspect massif.

C) et D) Zone à magnétite semi-massive avec biotite et allanite intercrystallines. La magnétite est en agrégats avec des joints de grains soudés. Faible proportion de trous à l'intérieur des grains. Aspect folié de la biotite chloritisée entre la magnétite avec de l'allanite plus finement grenue et partiellement remplacée. Présence de fragments de quartz démembrés et assimilés au sein de la veine.

E) et F) Zone à magnétite massive avec biotite et allanite intercrystallines. La magnétite forme des agrégats et des plages irrégulières. La magnétite est fortement trouée avec des inclusions de silicates. Les joints de grains sont soudés mais on devine parfois le contact.

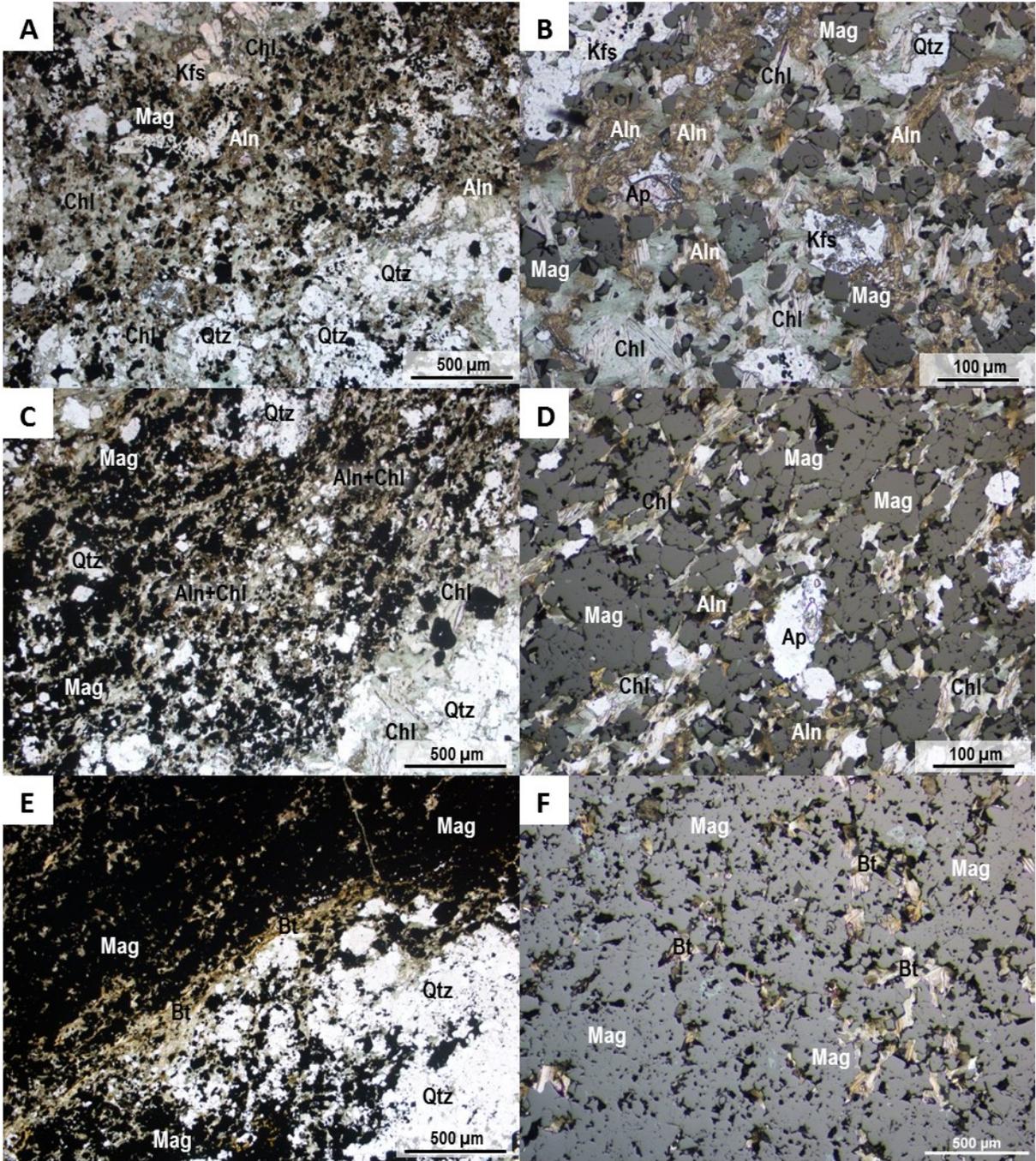


Planche 52 – Altérations (HT) Ca-K-Fe et de type skarn

A) Unité métasédimentaire composée d'une alternance de lits à grenat, clinopyroxène et quartz et de lits à feldspath-K, quartz, hornblende, clinopyroxène et magnétite associée à une altération (HT) Ca-K-Fe. En mortaise, la coloration montre la distribution du feldspath-K (jaune). Échantillon CQA-08-574.

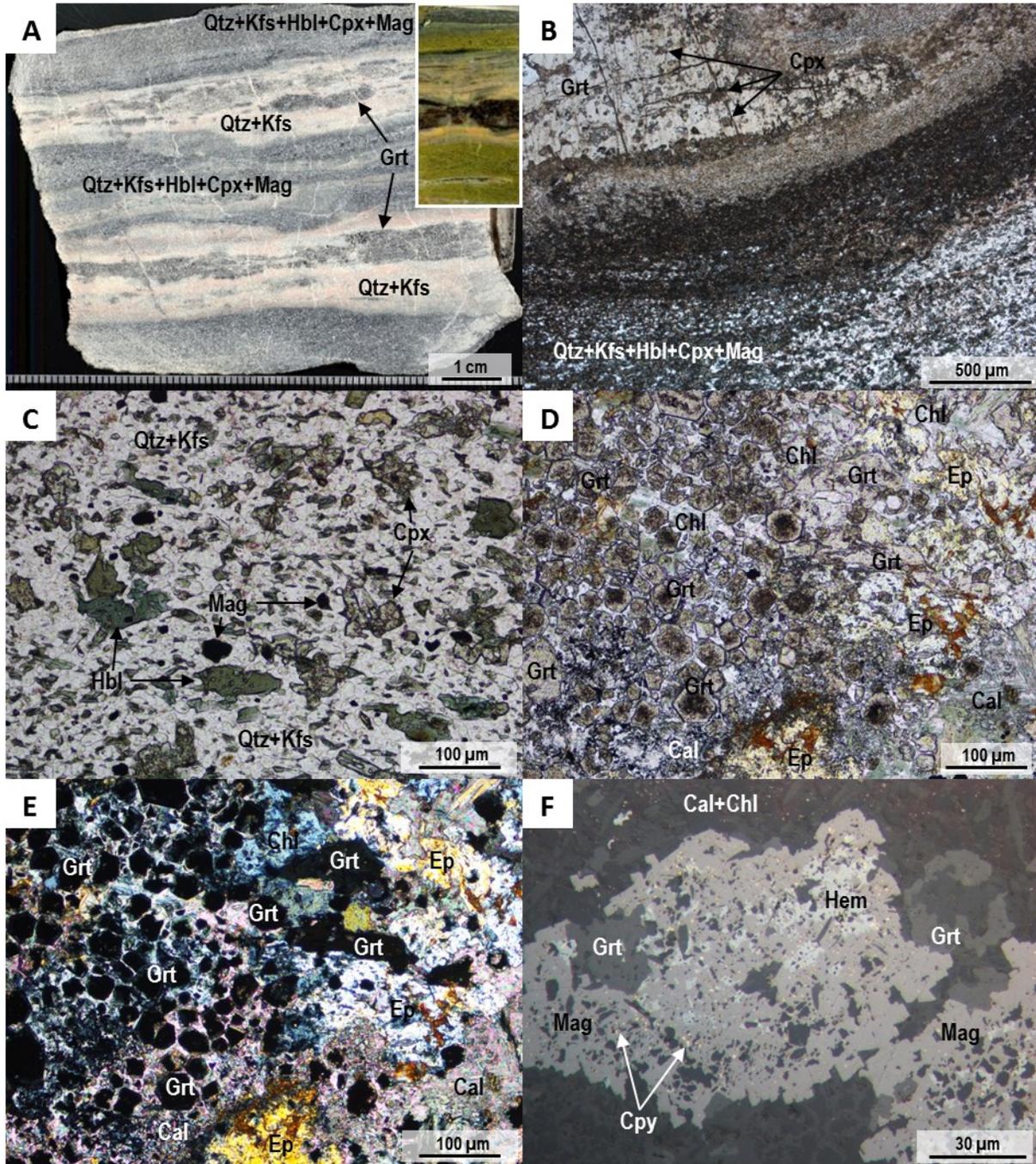
B) Lentille discontinue de grenat massif contenant des inclusions de quartz et de clinopyroxène. Le contact entre les lits est gradationnel et composé de phases minérales cryptocristallines. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-08-574.

C) Détail de la matrice microcristalline constituée de quartz, feldspath-K, hornblende, clinopyroxène et magnétite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-08-574.

D) Altération de type skarn à proximité des veines minéralisées (HT) Ca-K-Fe de l'indice JLD. L'assemblage minéralogique est composé de grenat, calcite, épidote, quartz, chlorite et magnétite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1170D05-2.

E) Altération de type skarn à proximité des veines minéralisées (HT) Ca-K-Fe de l'indice JLD. L'assemblage minéralogique est composé de grenat, calcite, épidote, quartz, chlorite et magnétite. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-1170D05-2.

F) Agrégat de magnétite microcristalline hypidiomorphe formant des spots disséminés au sein de l'altération de type skarn. Traces de chalcopyrite disséminée dans la magnétite associée au remplacement de la magnétite par l'hématite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-1170D05-2.



Le système de Sue-Dianne

Planche 53 – Précurseur et altérations (HT) K-Fe et (LT) K-Fe

A) Porphyre volcanique à phénocristaux de quartz et de feldspath superposé par une faible imprégnation potassique et des veinules de chlorite. Station 09CQA-0109.

B) Brèche à magnétite microcristalline contenant des fragments anguleux à arrondis. La texture porphyrique du précurseur est détruite par la forte imprégnation potassique. Pas de sulfures. Station 09CQA-0109.

C) Veine d'hématite avec forte imprégnation des épontes en feldspath-K. L'éponte contient des phénocristaux de quartz partiellement remplacés en feldspath-K et de la magnétite microcristalline. L'hématite est grenue et contient des reliques de magnétite suggérant un remplacement pseudomorphique de la magnétite en hématite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-0109C01.

D) Veine minéralisée en chalcopryrite au sein d'un assemblage (LT) Ca-Mg à épidote et chlorite et recoupant une veine de magnétite. Tranche de roche polie 09CQA-0109F05.

E) Grains de magnétite allotriomorphe partiellement remplacés en hématite. La magnétite possède des micro-porosités occasionnellement remplies de chalcopryrite. La chalcopryrite est surtout intercristalline à la magnétite et forme des plages irrégulières. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-0109F05.

F) Multiples phases minérales observées dans la veine minéralisée. Présence d'albite et de quartz montrant des bordures de corrosion en contact avec la magnétite. Les oxydes de fer (magnétite et hématite) montrent des bordures irrégulières avec de grandes plages formées de quartz, feldspath-K et muscovite. Les oxydes de fer sont troués et contiennent des inclusions de chalcopryrite. L'épidote forme des agrégats et contient des plages irrégulières de chalcopryrite. De fines veinules de chlorite recoupent la magnétite et l'épidote. Des grains d'or sont visibles entre des joints de grains de magnétite et disséminés dans le feldspath-K. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-0109F05.

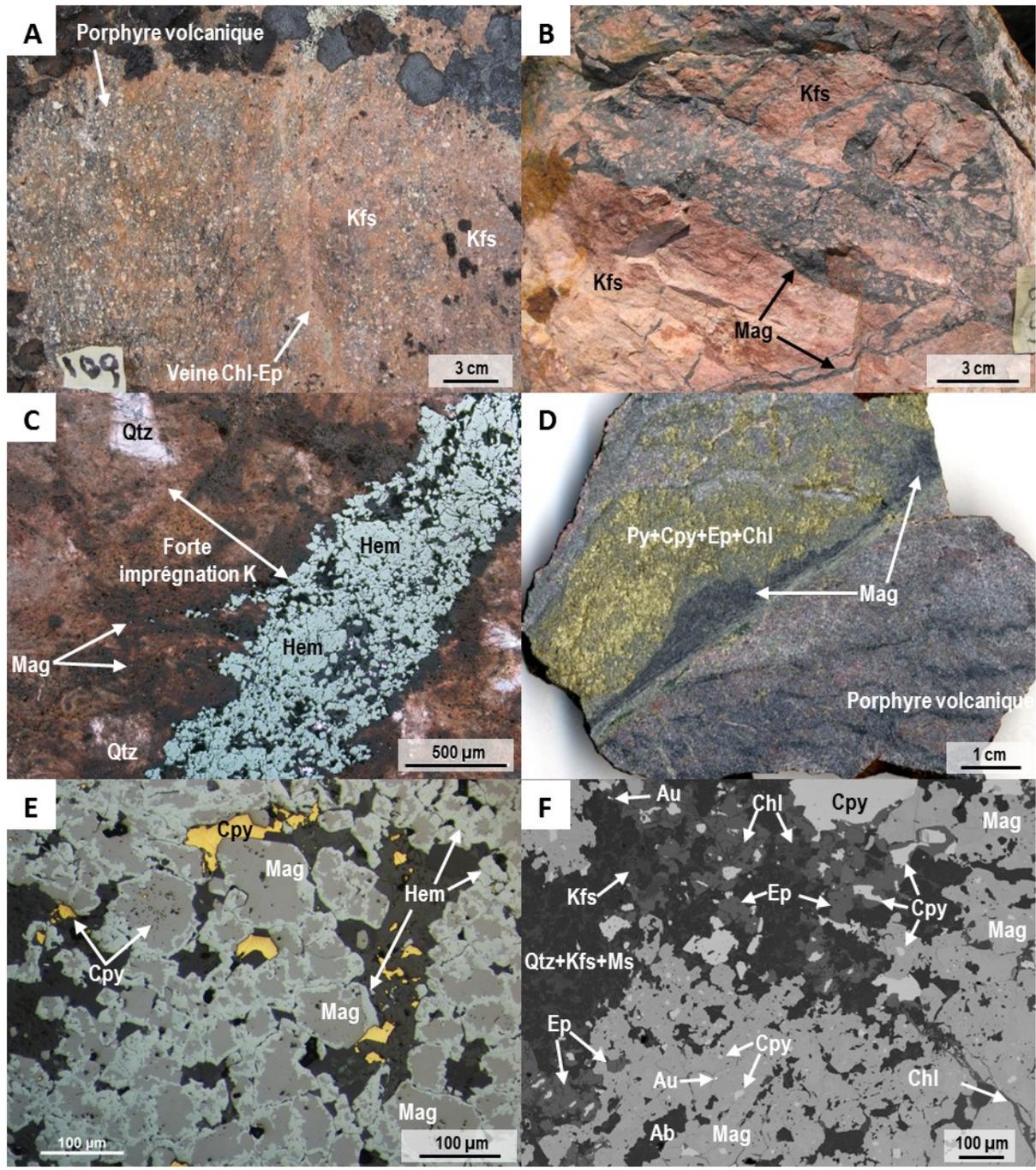


Planche 54 – Altérations (HT) Fe, (HT) K-Fe et (LT) K-Fe

A) Front de remplacement massif et bigarré (HT) Fe à magnétite d'aspect massif et irrégulier sur la rhyolite. Station 09CQA-0026.

B) Veines et veinules sub-parallèles avec un remplissage à magnétite et feldspath-K avec une imprégnation des épontes à feldspath-K de couleur rougeâtre. Les veines recoupent le remplacement massif et bigarré à magnétite. Station 09CQA-0026.

C) Brèche à magnétite évoluant latéralement vers un stockwork. Forte imprégnation à feldspath-K sur les fragments et la roche encaissante. Présence de sulfures disséminés dans le stockwork. Station 09CQA-0026.

D) Veines à pyrite et chalcopryrite recoupant une zone bréchique à magnétite massive. La brèche est associée à une forte imprégnation potassique. Station 09CQA-0026.

E) Aspect général des oxydes de fer et de la minéralisation. La magnétite est remplacée en hématite avec de la pyrite allotriomorphe à hypidiomorphe disséminée. Des veinules de magnétite, remplacée en hématite, recoupent des fragments composés de feldspath-K et présence de chlorite intergranulaire associée à la pyrite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0026F01.

F) Remplacement pseudomorphique irrégulier de la magnétite en hématite. La pyrite englobe un cristal de magnétite et contient des inclusions de magnétite. La pyrite est également présente sous forme d'inclusions dans la magnétite et dans l'hématite. Traces de chalcopryrite en inclusions dans la pyrite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-0026F01.

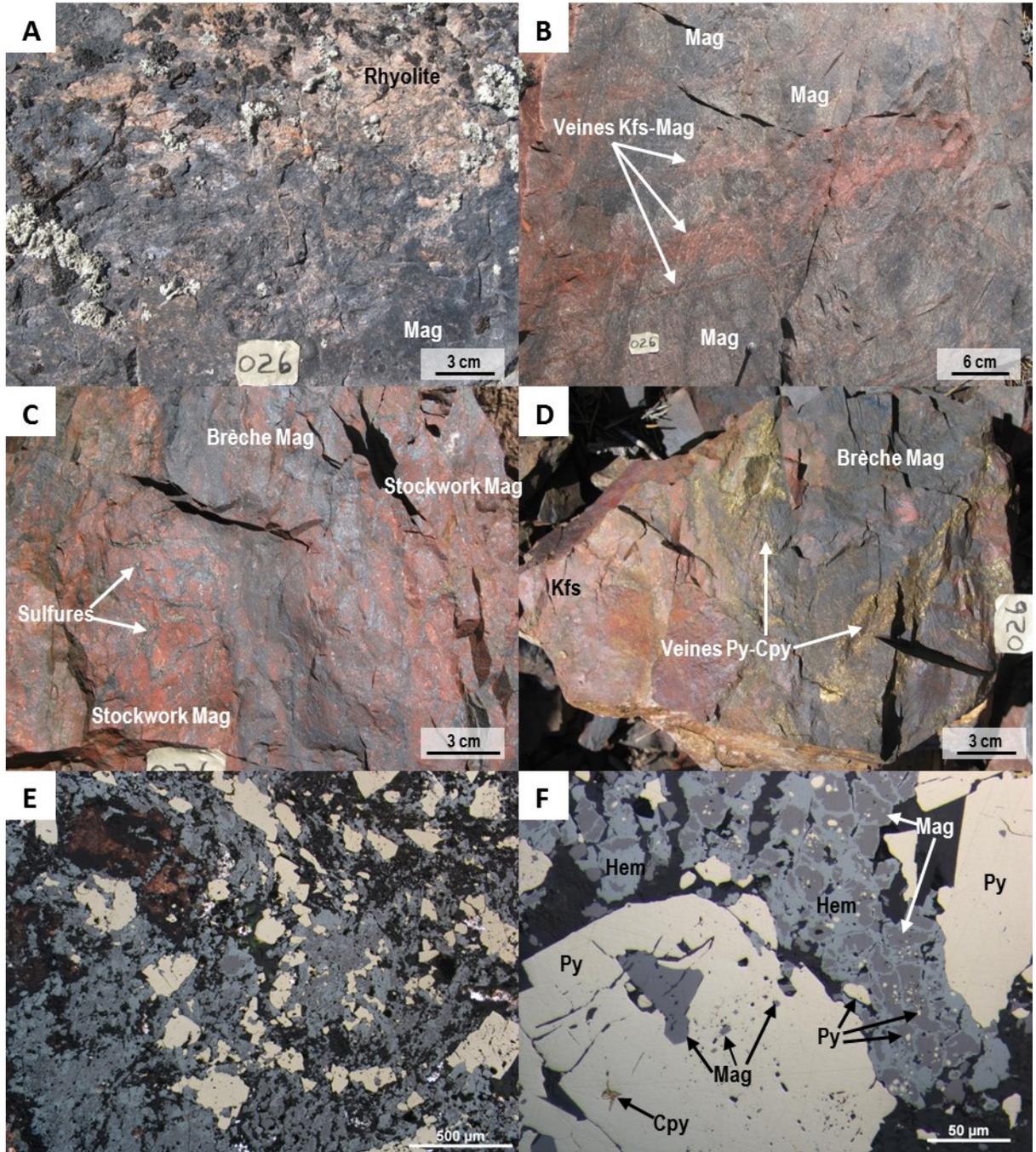


Planche 55 – Altérations (HT) K-Fe et (LT) K-Fe

A) Brèche à magnétite-hématite contenant des fragments rougeâtre altérés en feldspath-K supportés par la matrice d'origine hydrothermale. Distribution irrégulière de la magnétite dans la brèche qui est recoupée par des veines de quartz tardives. Échantillon KZ09-SD-5.

B) Brèche monogénique composée de fragments arrondis altérés en feldspath-K, montrant une distribution chaotique des fragments. La magnétite et l'hématite sont microcristallines et retrouvées dans la matrice au sein de zones diffuses. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame KZ09-SD-5C.

C) Brèche hydrothermale recoupée par une altération à magnétite-hématite puis intersectée par des veines de quartz-chlorite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame KZ09-SD-5A.

D) Brèche hydrothermale à oxydes de fer recoupé par un stockwork à chlorite. Les fragments sont sub-anguleux à sub-arrondis et affectés par une forte imprégnation potassique. Échantillon KZ09-SD-3.

E) Hématite massive trouée recoupée par des fractures et des brèches à hématite microcristalline contenant de la chalcopryrite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame KZ09-SD-3B.

F) Plage irrégulière de chalcopryrite injectée dans un fragment altéré en feldspath-K. Remplacement pseudomorphique partiel de la magnétite en hématite. Des grains de magnétite non-altérés sont présents au cœur des fragments. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame KZ09-SD-3B.

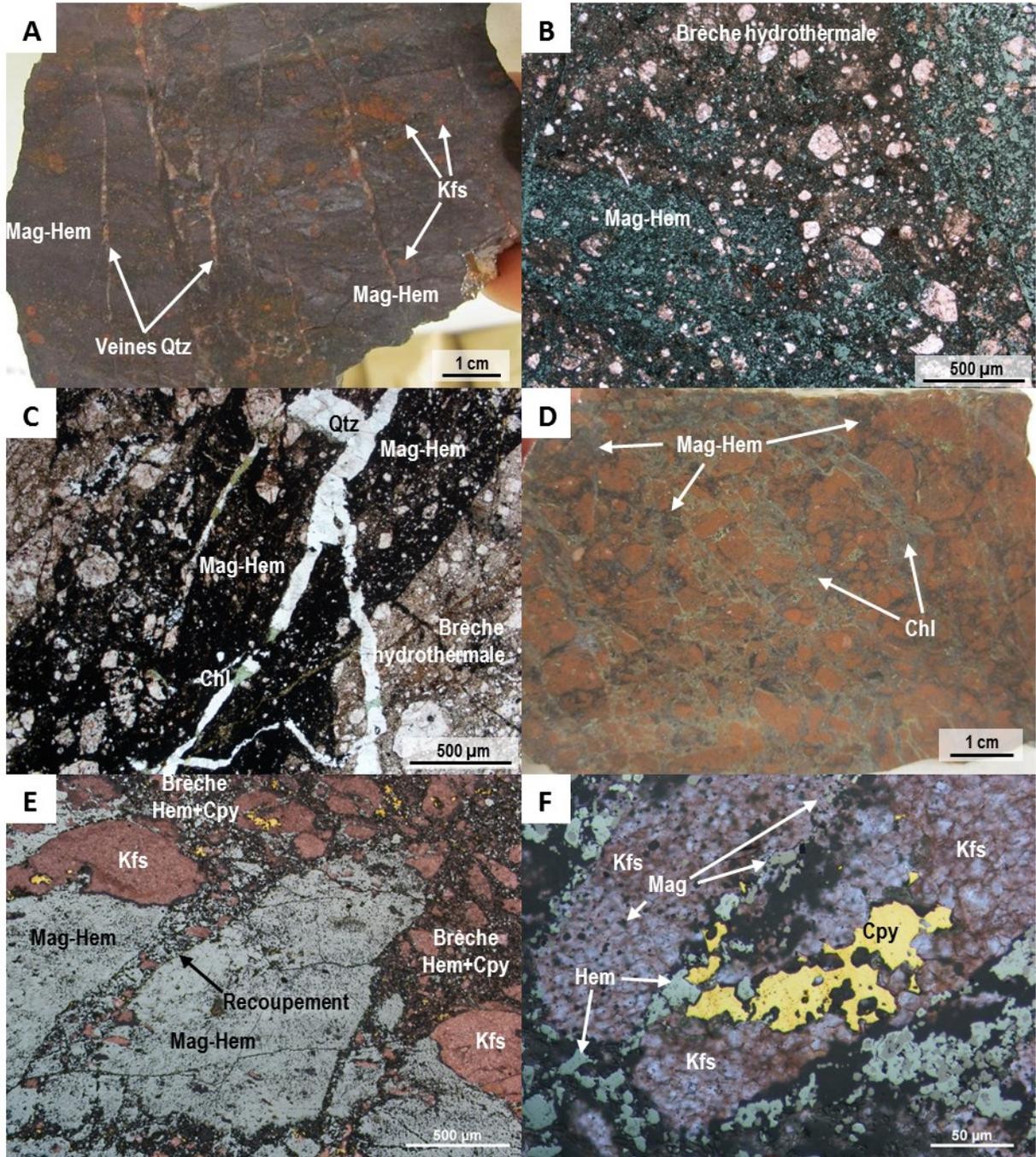


Planche 56 – Altérations (HT) K-Fe, (LT) K-Fe et à chlorite

A) Brèche hydrothermale à magnétite-hématite contenant des fragments ayant subi une forte imprégnation potassique. Les fragments sont hétérométriques et montrent une bordure de corrosion. Altération superficielle de la chalcopryrite microcristalline en malachite dans des fractures tardives. Échantillon KZ09-SD-9.

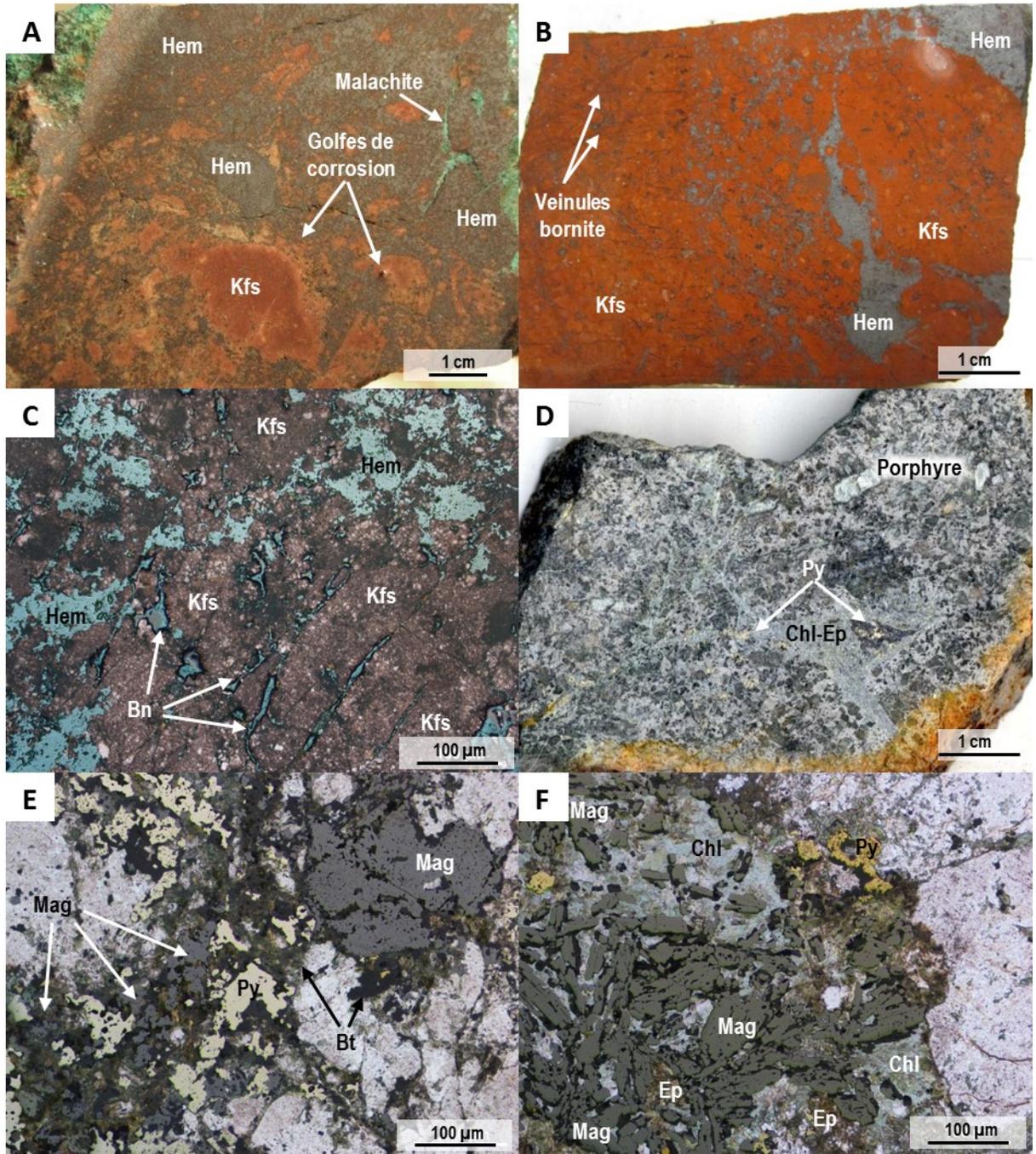
B) Faible bréchification accompagnée d'une forte imprégnation potassique avec préservation de la texture porphyrique. Échantillon KZ09-SD-08.

C) Faible bréchification à magnétite-hématite dans le précurseur porphyrique complètement remplacé en feldspath-K. La brèche est recoupée par de fines veinules de bornite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame KZ09-SD-8.

D) Tranche de roche colorée montrant l'unité volcanique porphyrique recoupée par un stockwork (blanchâtre) contenant des sulfures disséminés près de l'indice Kim. Échantillon KZ09-KM-NW1-1.

E) Paragenèse (HT) K-Fe sous forme de stockwork composée de biotite, magnétite, pyrite et chalcopryrite. La magnétite et la pyrite sont hétérogranulaires et possèdent des bordures irrégulières. Remplacement de la biotite en chlorite associé à une altération (LT) Ca-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame KZ09-KM-NW1-1.

F) Magnétite sous forme de baguettes (musketovite ?) aux bordures irrégulières et sans orientation préférentielle. La pyrite en contact avec la chlorite montre des golfes de corrosion. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame KZ09-KM-NW1-1.



Le système de Cole

Le secteur du lac Cole

Planche 57 – Altérations (HT) Na, (HT) Na-Ca-Fe et (LT) Ca-Fe

A) Porphyre à phénocristaux de feldspath bréchifié et affecté par une altération (HT) Na-Ca-Fe. Certains fragments ont préservé la texture porphyrique du précurseur tandis que d'autres ont été complètement remplacés par un assemblage à albite, amphibole et magnétite. Par la suite, la brèche a été affectée par un faible remplacement sporadique à épidote sous forme de plages diffuses qui se superposent préférentiellement sur les zones où l'amphibole est abondante. Station 09CQA-1070.

B) Rhyolite superposée par une altération à magnétite généralisée. La rhyolite est recoupée par une fracture et accompagnée d'une imprégnation des épontes par une altération (HT) Na à albite. Le remplacement de la rhyolite par l'albite est bien développée où les fractures subparallèles sont abondantes. Station 09CQA-0098.

C) Brèche (HT) Na-Ca-Fe recoupée par une veine (HT) Na-Ca-Fe avec un remplissage à actinote et magnétite accompagné d'une forte imprégnation des épontes à albite qui détruit la texture bréchique de l'encaissant. Station 09CQA-1075.

D) Réseau de veines subparallèles (HT) Na-Ca-Fe à actinote, apatite et magnétite avec une imprégnation centimétrique des épontes à albite en superposition sur la rhyolite. La magnétite est finement grenue tandis que l'actinote et l'apatite forme des cristaux centimétriques. Station 09CQA-0098.

E) Remplacement sélectif de l'actinote par de l'altération (LT) Ca-Fe à épidote et chlorite. L'altération (LT) Ca-Fe se superpose à la fois sur la matrice de la brèche et sur les veines (HT) Na-Ca-Fe. Fines veinules à épidote associées au remplacement (LT) Ca-Fe. Station 09CQA-0098.

F) Dyke de monzonite à texture porphyrique et d'aspect homogène qui recoupe la brèche et l'altération (LT) Ca-Fe. Station 09CQA-0098.

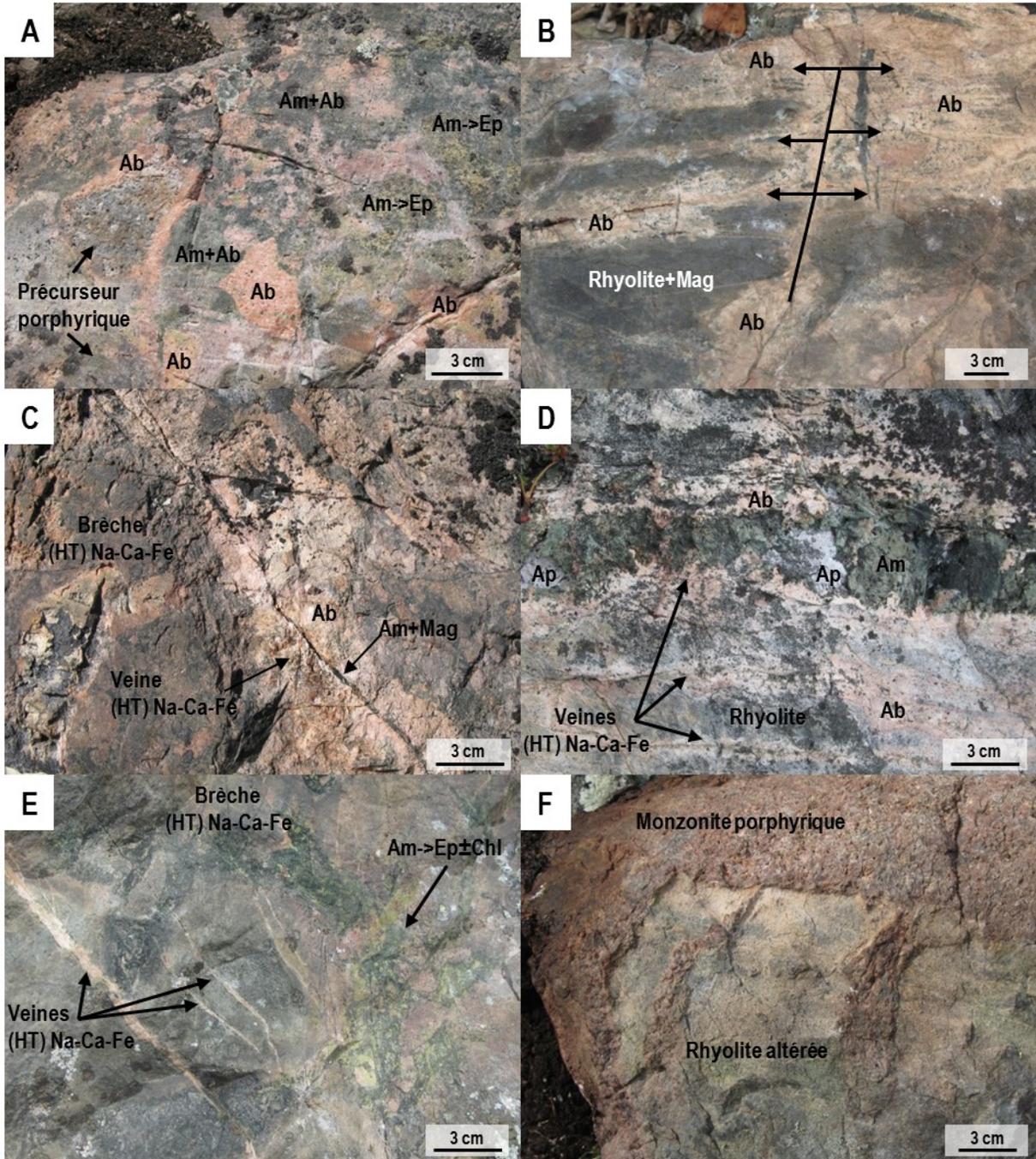


Planche 58 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe

A) Porphyre à phénocristaux de feldspath présent sous forme de fragments métriques au sein d'une brèche (HT) Na-Ca-Fe. Les fragments sont modérément remplacés par l'altération (HT) Na-Ca-Fe. Contact net entre la matrice et les fragments sub-arrondis. Station 09CQA-1123

B) Forte altération (HT) Na-Ca-Fe au sein de la brèche. La roche conserve une texture bréchique avec des pseudo-fragments composés majoritairement d'amphibole et de magnétite dans une matrice à albite, amphibole et magnétite. Le remplacement est hétérogène et irrégulier. Station 09CQA-1123.

C) et D) Remplacement (HT) Na-Ca-Fe d'un fragment du précurseur porphyrique. Les phénocristaux de plagioclase sont remplacés en albite brunâtre tandis que la matrice est majoritairement constituée d'albite microcristalline allotriomorphe avec des traces d'amphibole, magnétite et titanite. Les glomérocristaux sont remplacés par un assemblage d'albite, hornblende, allanite, magnétite et titanite. Microphotographie en lumière transmise analysée (C) et polarisée (D), lame 09CQA-1123A.

E) Altération (HT) Na-Ca-Fe sur un glomérocrystal du précurseur porphyrique. La magnétite est finement grenue, allotriomorphe, disséminée et est incluse dans des cristaux de titanite et de hornblende. La magnétite est également présente dans la matrice altérée du porphyre mais y est moins abondante et microcristalline. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1123A.

F) Grains de magnétite contenant des cristaux d'apatite allotriomorphe. Le grain de magnétite possède une couronne de titanite et est fracturé avec un remplissage de chlorite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1123A.

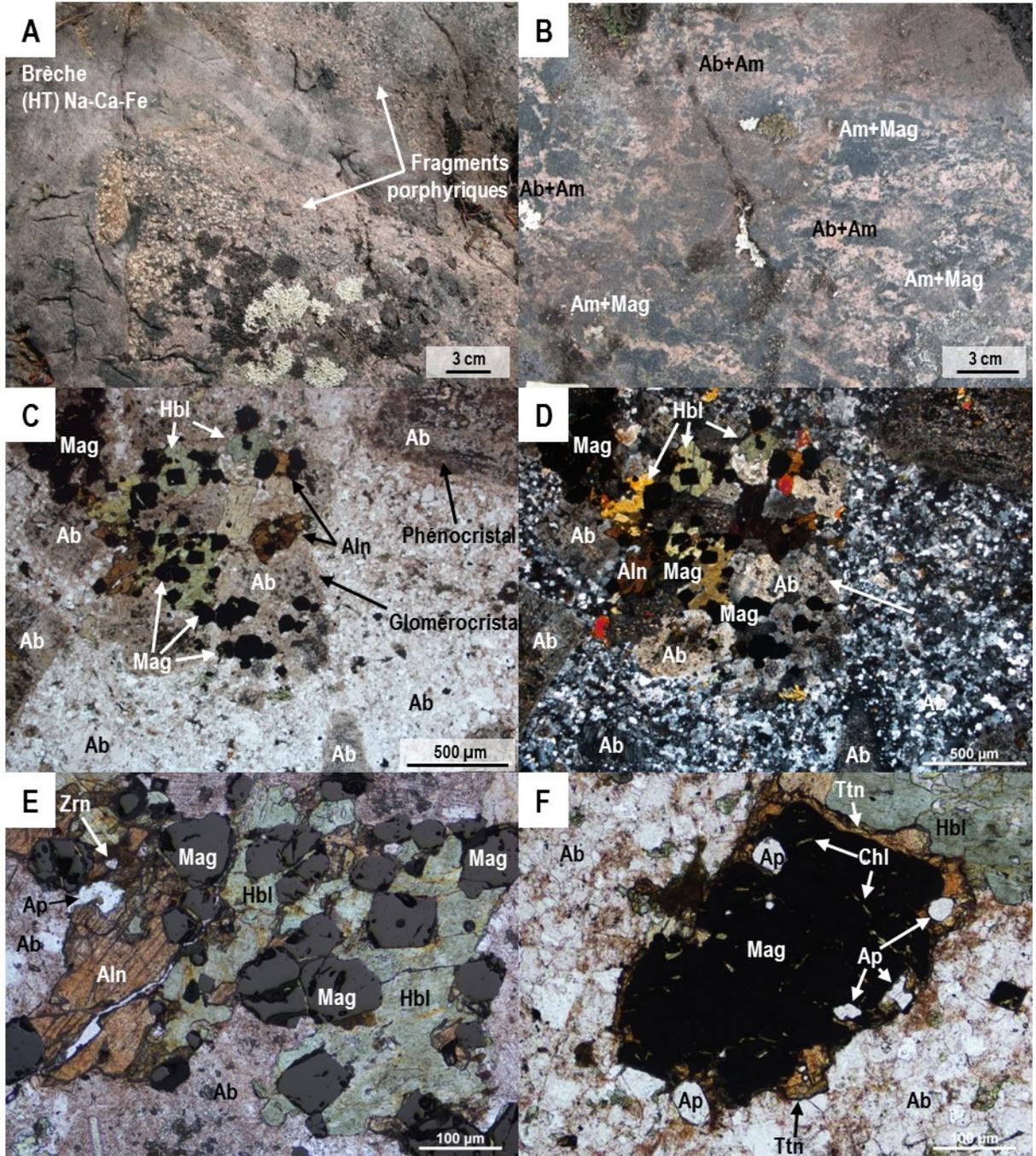


Planche 59 – Altérations (HT) Na, (HT) Na-Ca-Fe et (HT) K-Fe

A) Brèche hydrothermale polygénique associée à une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe. La matrice supporte des clastes et les fragments sont sub-anguleux à arrondis. Les fragments sont principalement altérés par de l'albite et/ou de la magnétite avec une matrice à albite, actinote et magnétite. Station 09CQA-0095.

B) Brèche associée à une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe. Les fragments albitisés sont allongés et alignés. Magnétite microcristalline dans la matrice. Station 09CQA-0095.

C) Fragments de la brèche (HT) Na-Ca-Fe. Fragments sub-anguleux à arrondis composés principalement d'albite ou de magnétite. Phénocristaux de plagioclase préservés dans le fragment à magnétite indiquant un remplacement sur un précurseur volcanique. Remplacement (HT) K-Fe sporadiques formant des plages irrégulières au pourtour des fragments albitisés. Station 09CQA-0095.

D) Brèche (HT) Na-Ca-Fe dans une zone où la matrice est majoritairement composée d'actinote. Les fragments albitisés montrent des golfes de corrosion, signe de dissolution. Magnétite de forme irrégulière dans un fragment albitisé et dans des fragments partiellement dissous, la magnétite possède une couronne de titanite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0095A02.

E) Contact net entre le fragment à magnétite et la matrice de la brèche. Le fragment est composé de magnétite microcristalline entouré d'albite. La magnétite remplace uniquement la matrice du précurseur volcanique en préservant les phénocristaux remplacés en albite. La matrice de la brèche est composée d'albite et d'actinote avec des traces d'apatite et de titanite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0095A02.

F) Fragment d'un précurseur porphyrique remplacé par une paragenèse (HT) Na à albite avec des traces d'apatite disséminée et des plages irrégulières de titanite et d'actinote. Le fragment est superposé par un remplacement à magnétite homogène avec un front d'altération diffus. La magnétite est microcristalline et disséminée dans la matrice du précurseur porphyrique avec quelques grains fins de magnétite dans les phénocristaux. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0095A02.

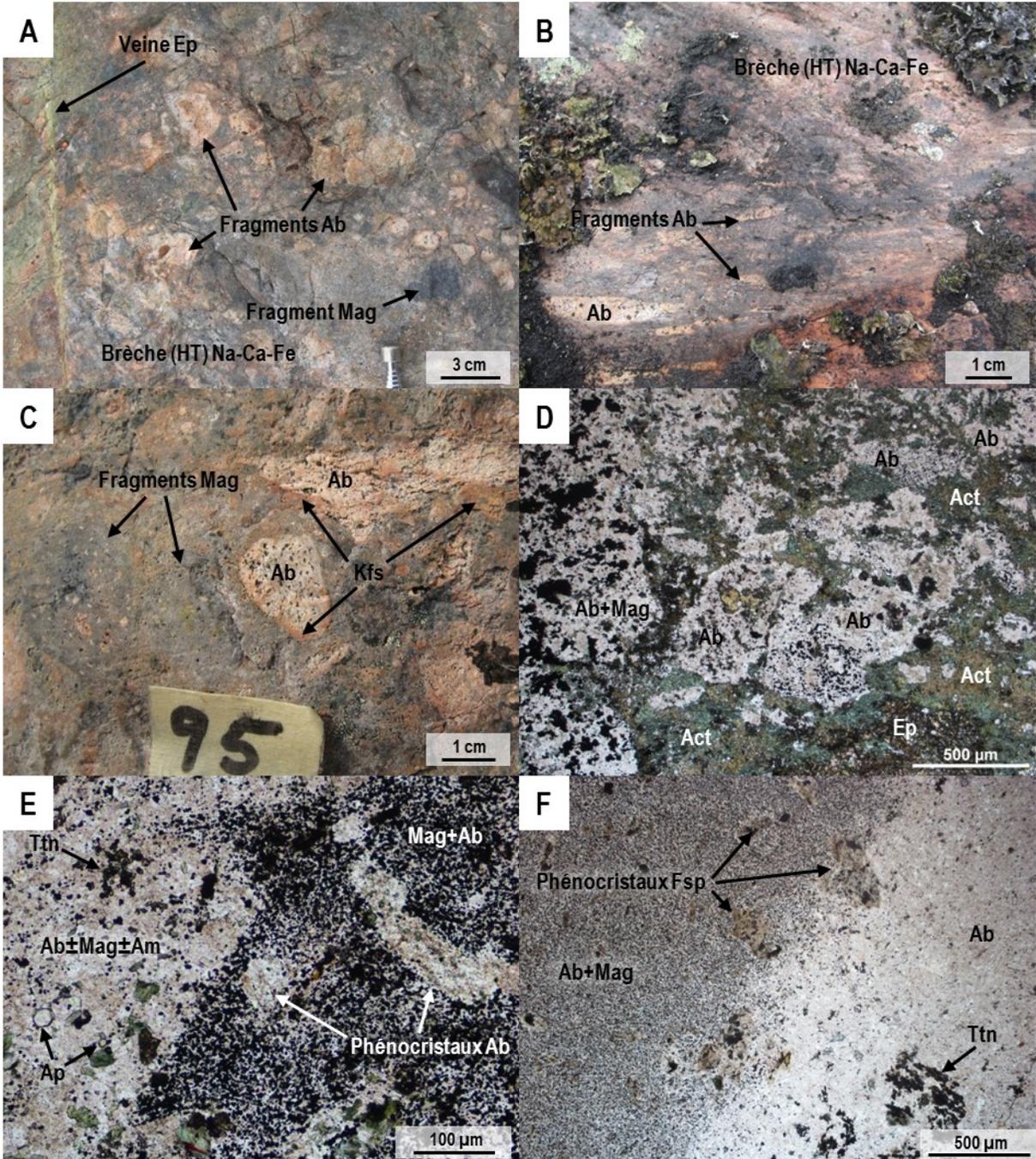


Planche 60 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) K-Fe

A) Brèche (HT) Na-Ca-Fe avec une matrice microcristalline qui supporte les fragments sub-arrondis du précurseur volcanique. La brèche est recoupée par des veines millimétriques rectilignes (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite, finement grenue. Plages diffuses d'épidote superposées sur l'altération (HT) Na-Ca-Fe. Station 09CQA-1075.

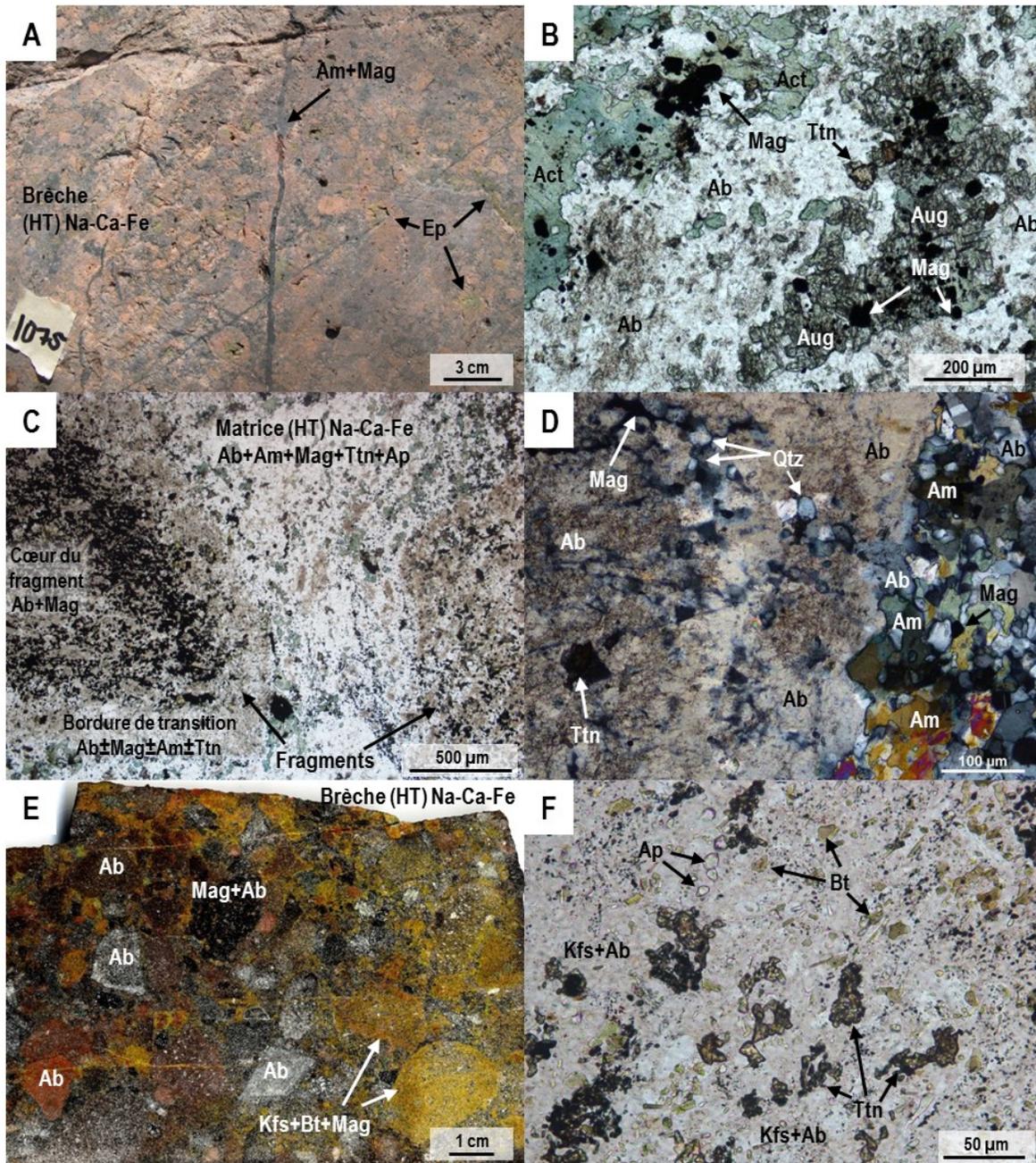
B) La matrice de la brèche (HT) Na-Ca-Fe est formée de cristaux hétérogranulaires et allotriomorphes formant une paragenèse à albite, hornblende, actinote, magnétite, augite et titanite. La magnétite est finement grenue et est spatialement associée aux amas d'amphiboles et/ou clinopyroxène. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1075A04.

C) Fragments à texture porphyrique composés d'albite et de magnétite. Les phénocristaux albitisés du précurseur porphyrique sont distinguables de la matrice à albite et magnétite, finement grenue. Le contact entre le fragment et la matrice est diffus et présente une bande transitionnelle où l'amphibole et la magnétite sont peu abondantes. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1075A03.

D) Détail du contact entre la bordure d'un fragment à albite et magnétite (gauche) et la matrice d'une brèche (HT) Na-Ca-Fe (droite). À la bordure du fragment, l'albite est «sale» et les joints de grains sont partiellement soudés. La bordure contient des cristaux microcristallins de quartz et magnétite disséminés. Dans la matrice de la brèche, l'actinote et la hornblende est abondante et montre une texture allotriomorphique. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-1075A03.

E) Tranche de roche colorée montrant la distribution de la faible altération (HT) K-Fe. Le remplacement est irrégulier et sporadique et semble affecter préférentiellement certains fragments de la brèche. Échantillon 09CQA-0102A01.

F) Altération (HT) K-Fe superposée sur un fragment de la brèche composée d'une paragenèse à feldspath-K, biotite, magnétite et des traces de titanite et apatite. Des cristaux granoblastiques d'albite et de feldspath-K composent l'essentiel du fragment partiellement remplacé. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1075A03.



Le secteur du lac Hump

Planche 61 – Précurseurs et altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (LT) Ca-Fe et (LT) K-Fe

A) Roche métasédimentaire affectée par un remplacement généralisé à magnétite recoupé par une veine (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite. Un remplacement stratoïde irrégulier (LT) K-Fe à feldspath-K et hématite se superpose sur les altérations à magnétite. Les altérations ont préservé la structure litée du précurseur. Les altérations sont ensuite recoupées par des injections granitiques concordantes et discordantes aux lits du précurseur. Station 09CQA-0039.

B) Initiation du remplacement stratoïde (HT) Na-Ca-Fe sur la roche métasédimentaire. Remplacement préférentiel de certains lits par l'albite ou l'amphibole et la magnétite. Station 09CQA-0041.

C) Réseau irrégulier de veines recoupantes (HT) Ca-Fe à amphibole au sein de la roche métasédimentaire qui est par la suite superposée par une imprégnation à feldspath-K. Une bande de remplacement (LT) K-Fe à feldspath-K et hématite se superpose sur les veines et l'imprégnation à feldspath-K. Station 09CQA-0039.

D) Boudin de magnétite massive à grains moyens retrouvé dans la roche métasédimentaire remplacée par une imprégnation généralisée à magnétite microcristalline. Station 09CQA-0041.

E) Rhyolite porphyrique massive avec alignement préférentiel des phénocristaux de feldspath. Station 09CQA-0038.

F) Rhyolite injectée par un granite formant un réseau anastomosé. La coloration permet de voir une subtile imprégnation à feldspath-K en bordure de l'intrusion et le long de veinules. Échantillon 09CQA-1028A01.

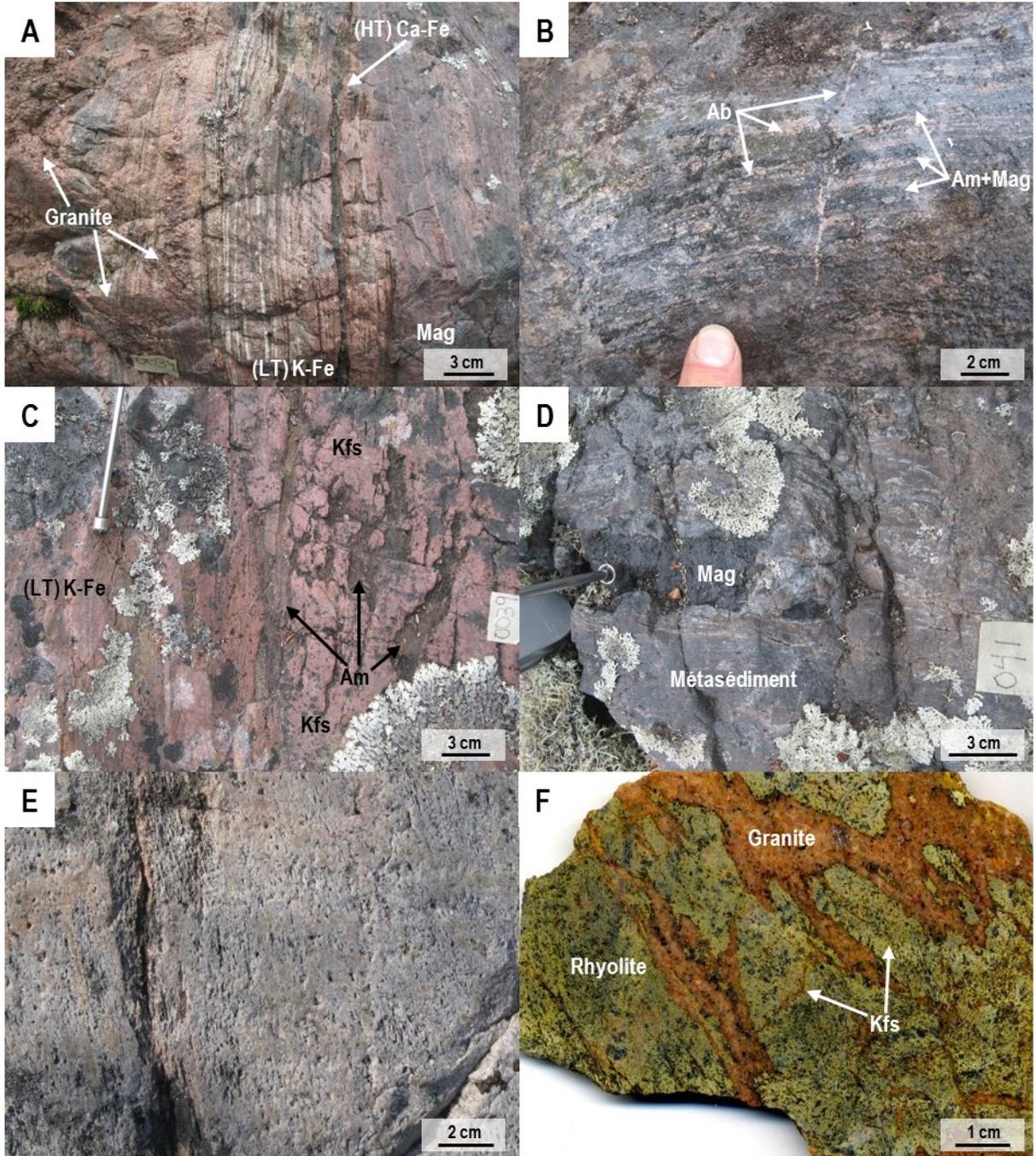


Planche 62 – Altérations (HT) Fe et (LT) K-Fe

A) Remplacement stratoïde (HT) Fe à magnétite sur la roche métasédimentaire. L'altération forme des bandes centimétriques d'aspect bréchique et une texture massive. Une paragenèse (LT) K-Fe à feldspath-K et hématite se superpose sur la roche métasédimentaire et la bande à magnétite. Station 09CQA-0042.

B) Tranche de roche colorée montrant la distribution de l'altération potassique attribuée à la paragenèse (LT) K-Fe. Le remplacement est généralisé avec une préservation des textures associées à la paragenèse (HT) Fe à magnétite. Échantillon 09CQA-0042B01.

C) Aspect général de la paragenèse (HT) Fe à magnétite superposée par l'altération (LT) K-Fe à feldspath-K, hématite et chlorite. Zone semi-massive en oxydes de fer avec une moyenne de 30% magnétite pour 70% hématite distribués aléatoirement. Certains grains de magnétite sont partiellement remplacés en hématite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0042A01.

D) Grains subidiomorphes de magnétite partiellement à totalement remplacés en hématite. La magnétite forme des plages globuleuses irrégulières au sein d'un même cristal (remplacement pseudomorphique?). Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-0042A01.

E) Détail de la photographie de la planche 61-A. L'altération (HT) Fe à magnétite se présente sous forme de remplacement généralisé sur la roche métasédimentaire. La magnétite est finement grenue et donne une couleur grisâtre à la roche sédimentaire maintenant composée d'un assemblage à quartz et magnétite. L'altération (LT) K-Fe à feldspath-K et hématite est stratoïde, sporadique et se superpose sur l'altération à magnétite. Station 09CQA-0041

F) Tranche de roche polie et colorée montrant le remplacement irrégulier et diffus de l'altération (LT) K-Fe qui se propage à partir de fractures. Le remplacement généralisé à magnétite est subtilement préservé. Échantillon 09CQA-0039A01.

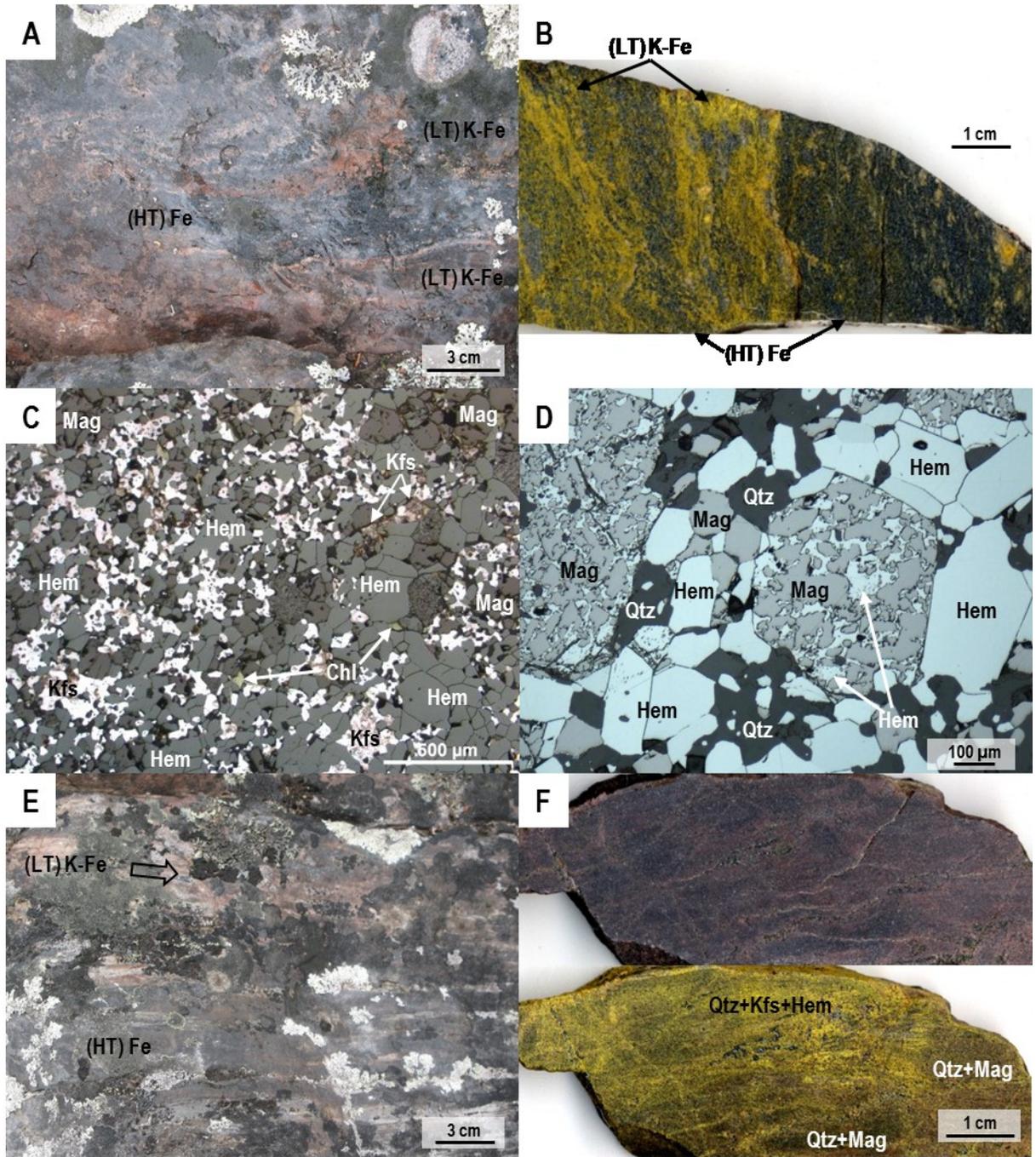


Planche 63 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) K-Fe et (LT) K-Fe

A) Enclave de roche sédimentaire albitisée recoupée par un réseau de veines à magnétite. L'enclave est comprise au sein d'un remplacement pénétratif (LT) K-Fe à feldspath-K qui est recoupé par un dyke de granite. Station 09CQA-0039.

B) Tranche de roche colorée montrant le remplacement pénétratif (LT) K-Fe d'intensité modérée composé de feldspath-K et d'hématite. Le remplacement forme un réseau anastomosé donnant un aspect bréchique. La roche contient des reliques de roches sédimentaires albitisées fracturées et remplies par de la magnétite. Échantillon KZ09-HLN-1.

C) Remplacement généralisé à magnétite microcristalline sur la roche métasédimentaire. La roche est ensuite affectée par un remplacement pénétratif sporadique (LT) K-Fe à feldspath-K et hématite avec des traces d'épidote, séricite et chlorite. Station 09CQA-0039.

D) Tranche de roche polie et colorée (mortaise) montrant la distribution de l'altération potassique sur la roche métasédimentaire. La roche métasédimentaire tout d'abord affectée par un remplacement anastomosé (HT) Na-Ca-Fe à albite, amphibole et magnétite. Ensuite, la roche métasédimentaire est recoupée par une brèche (HT) K-Fe qui est accompagnée d'une faible imprégnation sélective à feldspath-K sur la roche métasédimentaire non-bréchifiée. Échantillon 09CQA-0039E05.

E) Détail du remplacement anastomosé caractérisé par un remplacement sélectif de certains lits par de la magnétite semi-massive microcristalline. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0039E05.

F) La magnétite est présente sous forme d'agrégats de cristaux hypidiomorphes ou en cristaux allotriomorphes entre les grains de quartz. Traces d'augite et apatite intercristallines aux grains de quartz. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0039E04.

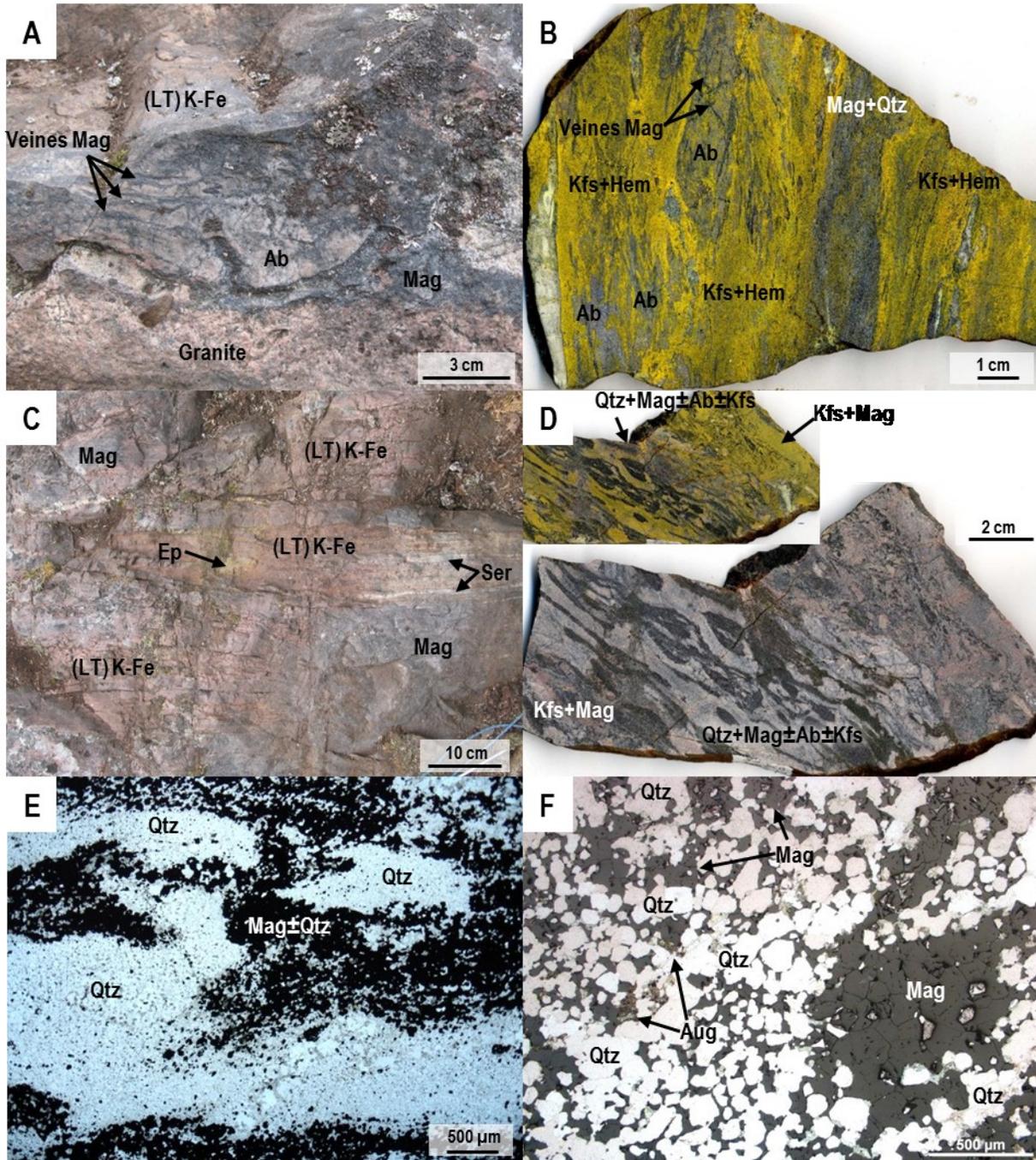


Planche 64 – Altérations (HT) Fe, (HT) Ca-K-Fe, (HT) K-Fe, (LT) Ca-K-Fe et (LT) K-Fe

A) Cristaux allotriomorphes de magnétite inclus dans des cristaux d'albite. Cet assemblage semble recouper le remplacement généralisé (HT) Fe à magnétite. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-0039E01.

B) Différence de textures entre les grains de magnétite à grains moyens formant des agrégats irréguliers entre les grains de quartz et la magnétite arrondie incluse dans les cristaux d'albite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-0039E01.

C) Les lits sans magnétite sont essentiellement composés de quartz équigranulaire. Les lits à magnétite semi-massive sont plutôt constitués de grains de feldspath alcalins et montrent un fin contact diffus où le feldspath est abondant. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-0039E05.

D) Paragenèse (HT) Ca-K-Fe à feldspath-K, magnétite et amphibole recoupant un fragment affecté par une altération (HT) K-Fe à biotite, feldspath-K et magnétite. La bordure du fragment ne contient pas de biotite, possiblement causé par un léger lessivage en marge du fragment. Seulement quelques fragments possèdent une paragenèse d'altération (HT) K-Fe et ils se trouvent dans une zone bréchique rougeâtre recoupant les fragments irréguliers à albite et quartz. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0039E04-2.

E) Paragenèse (HT) Ca-K-Fe à augite, magnétite, feldspath-K avec des traces d'apatite intergranulaire au quartz. L'augite est partiellement remplacée en épidote par la superposition de la faible altération (LT) Ca-K-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0039E04-3.

F) Feldspath-K maclé partiellement remplacé par un feldspath-K grisâtre associé au remplacement (LT) K-Fe. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-0039E04.

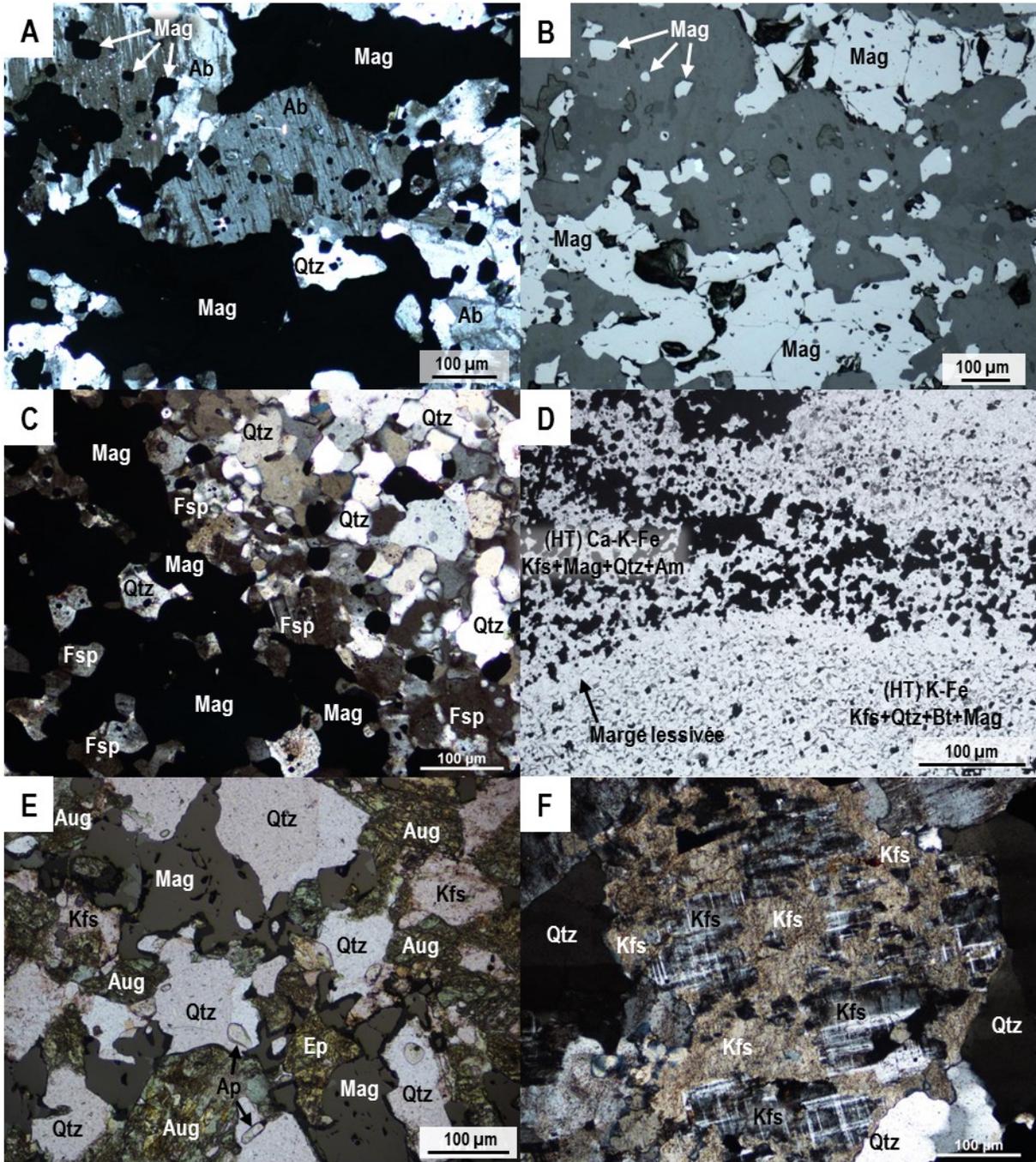


Planche 65 – Altérations à magnétite et (LT) Ca-K-Fe

A) Roche métasédimentaire remplacée par une altération à magnétite et une paragenèse (LT) Ca-K-Fe. La déformation ductile est contemporaine aux altérations hydrothermales. Station 09CQA-0041.

B) Tranche de roche colorée montrant la forte imprégnation (LT) Ca-K-Fe et l'aspect ductile de la déformation. Les bandes où la magnétite est abondante, sont associées à une coloration blanchâtre qui correspond à la présence de séricite qui remplace le grenat. Reliques d'albite rosée n'ayant pas été affectées par l'altération (LT) Ca-K-Fe. Échantillon 09CQA-0041C04.

C) Lits à quartz, feldspath-K, hornblende et hématite de l'altération (LT) Ca-K-Fe contenant des bandes discontinues, des lentilles ou des boudins à magnétite, hornblende et grenat. La majorité des grains de magnétite sont remplacés par des pseudomorphes d'hématite. La bordure des lentilles est composée de feldspath-K contenant des inclusions microcristallines de séricite et des plages irrégulières de chlorite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0041C04.

D) Grains de magnétite subidiomorphes fracturés d'une altération à magnétite précoce. L'hématite est associée à l'altération (LT) Ca-K-Fe où certains grains de magnétite ont pu être remplacés en hématite. L'hématite est disséminée ou en agrégats avec une légère foliation minérale parallèle au litage. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-0041C04.

E) Globules d'hématite disséminées dans des grains allotriomorphes de hornblende et dans des grains de quartz. La paragenèse (LT) Ca-K-Fe est composée de feldspath-K, quartz, hornblende et hématite où les grains subidiomorphes d'hématite sont interprétés comme étant des pseudomorphes de magnétite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0041C04.

F) Grains de magnétite partiellement à complètement remplacés en hématite. Le grenat entoure les grains fracturés de magnétite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0041C04.

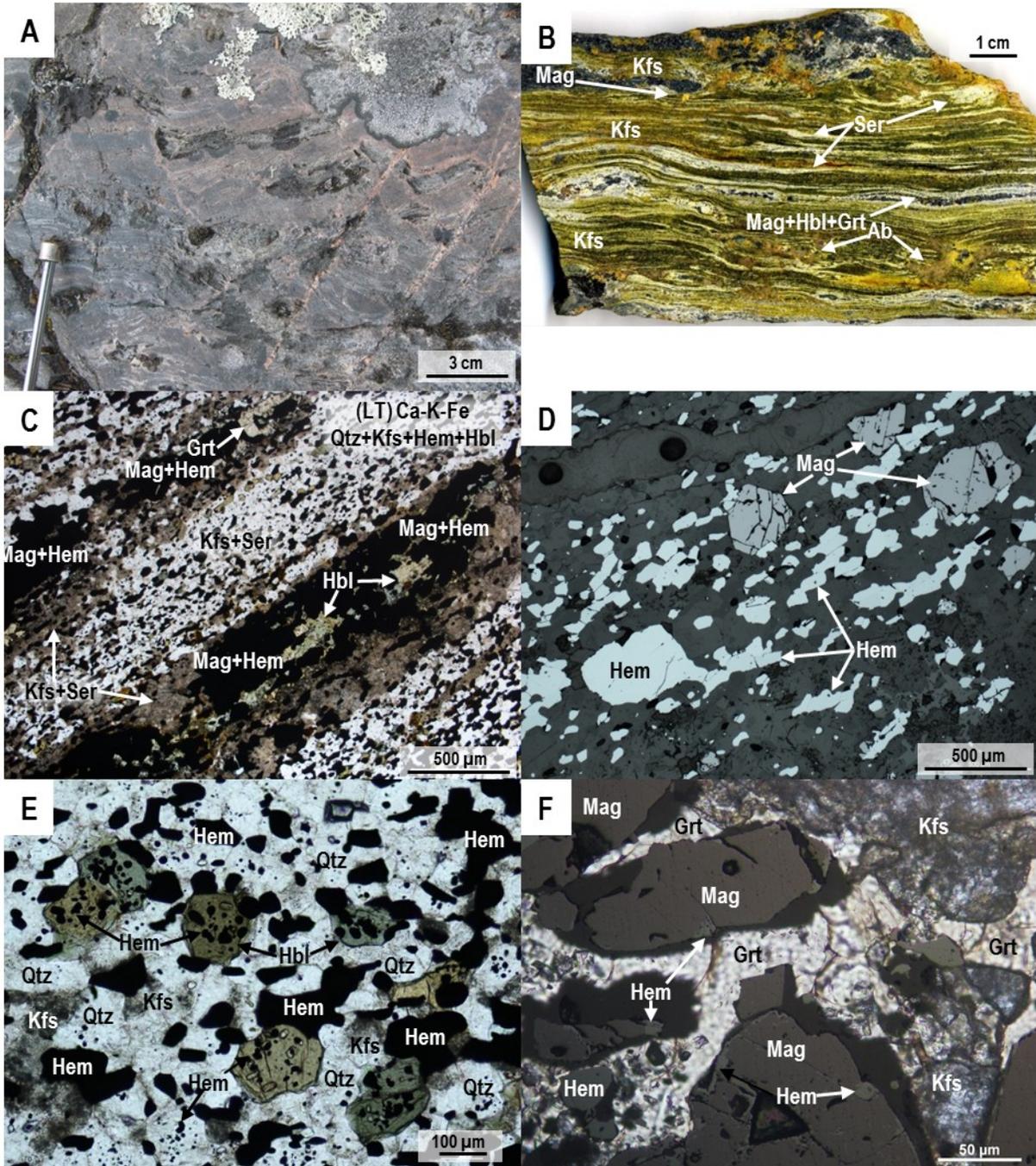


Planche 66 – Altérations à magnétite, (HT) Ca-Fe et (LT) K-Fe

A) Roche sédimentaire déformée avec boudins de magnétite et remplacement pénétratif en forme de bandes ondulantes à magnétite, grenat et amphibole. Un réseau de veines subparallèles (LT) K-Fe à feldspath-K, hématite et chlorite recoupe l'altération à magnétite. Station 09CQA-1020.

B) Remplacement pénétratif et stratoïde à magnétite sur la roche métasédimentaire. Cette altération semble contemporaine à la déformation tandis que le remplacement généralisé à magnétite est antérieur. La roche métasédimentaire et les altérations sont recoupées par un granite. Station 09CQA-0039.

C) Tranche de roches polies montrant une des bandes (HT) Ca-Fe à magnétite et amphibole recoupant la roche métasédimentaire. La roche métasédimentaire contient des amas de grenat qui sont parfois entourés d'une faible altération (LT) K-Fe d'aspect bigarré. Échantillon KZ09-HLN-2.

D) Amas de grenat de type andradite contenant des cristaux subidiomorphes de quartz et magnétite. Le grenat et la magnétite sont fracturés avec de la magnétite partiellement remplacée en hématite. Autour de l'amas, la roche métasédimentaire est composée d'un assemblage à quartz, feldspath-K et hématite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame KZ09-HLN-2A.

E) Reliques de magnétite fracturée et d'albite au sein de la paragenèse (LT) K-Fe, composée de feldspath-K et hématite avec des traces de chlorite, fluorapatite, monazite et zircon. Image d'électrons rétrodiffusés, lame KZ09-HLN-2.

F) Paragenèse (LT) K-Fe en bordure de l'agrégat à grenat (andradite) et magnétite. L'andradite et la magnétite sont fracturées avec un remplissage des interstices par du feldspath-K. Traces d'épidote, chalcopyrite et zircon associés à l'altération (LT) K-Fe. Relique d'allanite probablement associée à l'altération ayant formé la magnétite et l'andradite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame KZ09-HLN-2.

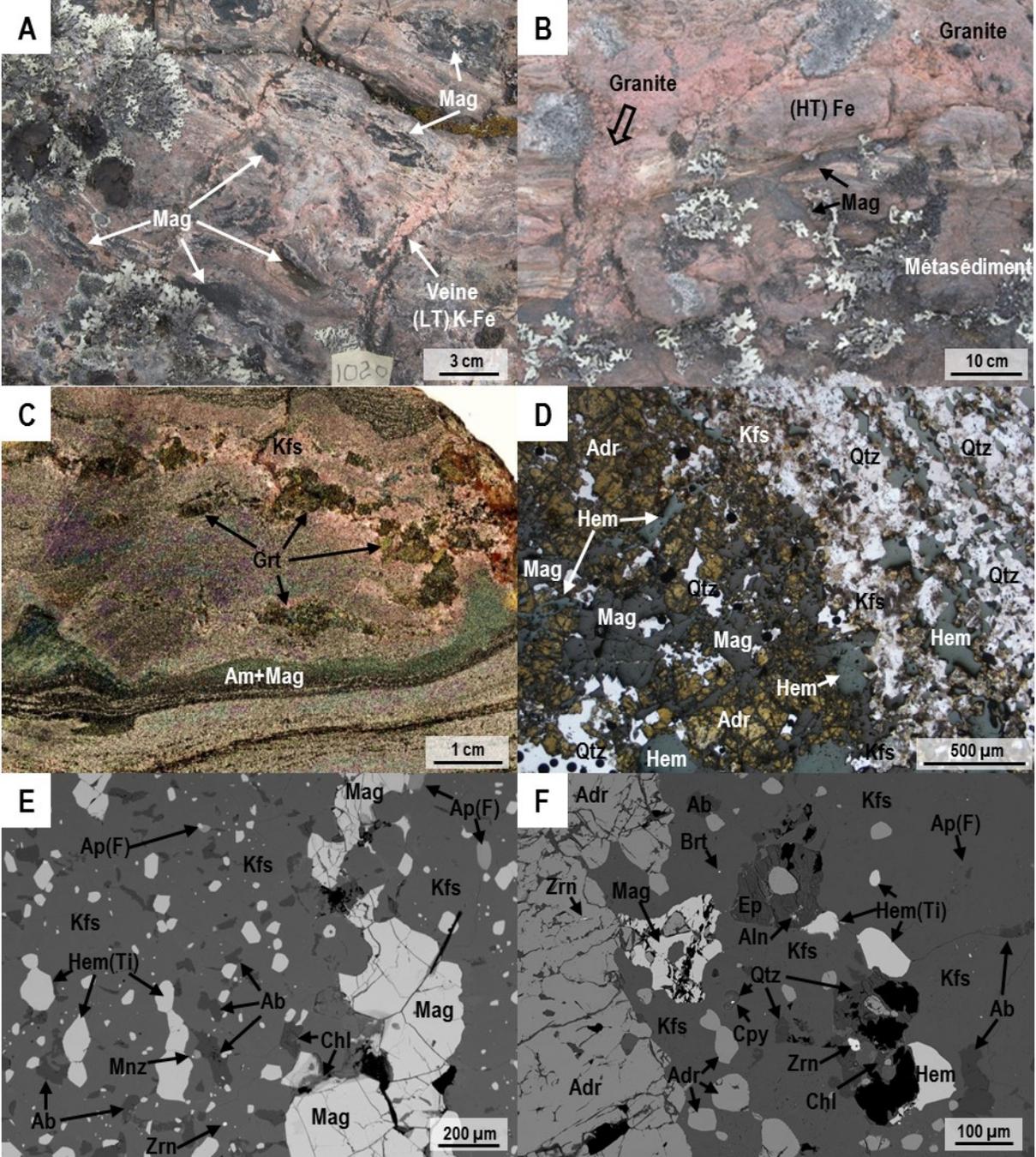


Planche 67 – Altérations (HT) Ca-Fe, (LT) Ca-Fe

A) Veine (HT) Ca-Fe d'aspect massif à grains moyens en contact net et irrégulier avec la roche métasédimentaire. La veine est recoupée par un dyke granitique puis par des veines d'épidote. Station 09CQA-1020.

B) Paragenèse (HT) Ca-Fe sous forme de remplacement stratoïde sur la roche métasédimentaire. Un réseau de veines irrégulières et un remplacement sporadique (LT) Ca-Fe recoupe et se superpose sur la paragenèse (HT) Ca-Fe. Station 09CQA-1020.

C) Tranche de roche polie montrant les amas à amphibole, clinopyroxène et épidote qui ont tendance à former des bandes rappelant le litage de la roche encaissante. Échantillon 09CQA-1020H04.

D) Amas de hornblende et cummingtonite finement grenus dans une matrice microcristalline composée de clinopyroxène, amphibole et magnétite. La magnétite forme des agrégats bigarrés plus abondants dans la matrice que dans les amas. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA1032F01.

E) Détail de l'augite et de la magnétite à texture granoblastique formant la zone matricielle de l'altération (HT) Ca-Fe. Subtile superposition de la paragenèse (LT) Ca-Fe qui remplace sélectivement la magnétite en hématite et forme quelques cristaux disséminés d'épidote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA1032F01.

F) Paragenèse (HT) Ca-Fe superposée par une faible altération (LT) Ca-Fe. La bordure des grains de magnétite est remplacée en hématite avec de l'augite rétrogradée en actinote et épidote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA1020H04.

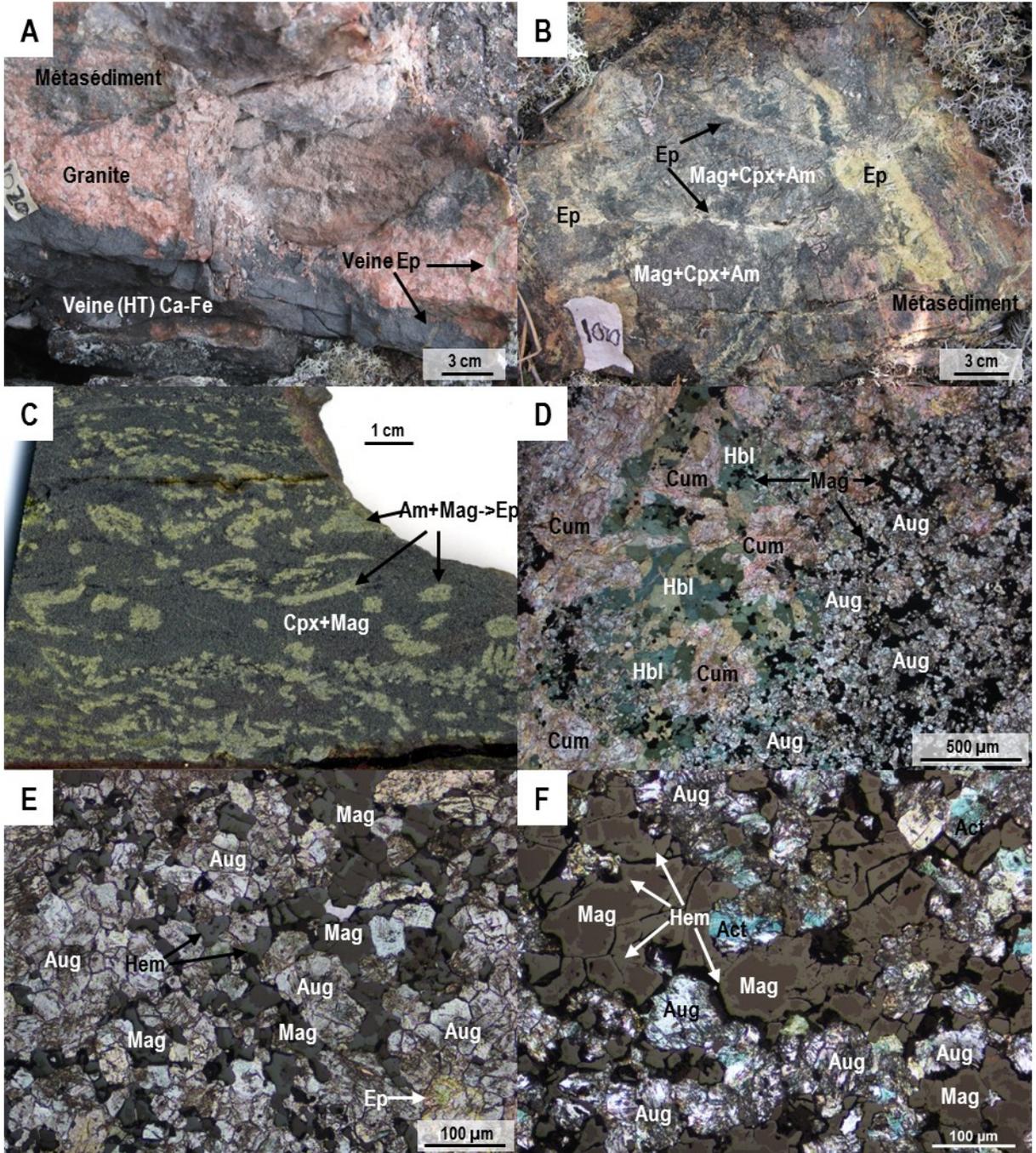


Planche 68 – Altérations (HT) K-Fe et (LT) K-Fe

A) Roche sédimentaire quartzreuse remplacée par une altération (HT) K-Fe formant des lentilles et des rubans discontinus à magnétite. La roche métasédimentaire est ensuite recoupée par un réseau anastomosé et interdigité de granite qui constitue la majorité de l’affleurement. Station 09CQA-1028.

B) Tranche de roche polie montrant le remplacement pénétratif irrégulier de l’altération (HT) K-Fe dans la roche métasédimentaire. La magnétite forme des rubans discontinus et des amas allongés, alignés le long du litage primaire. Échantillon 09CQA-1028G03.

C) Aspect général de l’altération (HT) K-Fe. Le quartz est granoblastique et possiblement hérité du précurseur. Le feldspath-K est partiellement remplacé en muscovite et possède une teinte brunâtre causé par la présence de fines inclusions de séricite. La magnétite est spatialement associée au feldspath-K. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1028G03.

D) Le grenat est intercrystallin à la magnétite et englobe certains grains partiellement remplacés en hématite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1028G03.

E) Amas de grains de magnétite subidiomorphes fracturés et partiellement remplacés en hématite. Le degré de remplacement varie au sein d’un amas. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-1028G03.

F) Grain subidiomorphe de magnétite partiellement remplacé en hématite en contact avec un cristal allotriomorphe d’hématite contenant de fines lamelles subparallèles d’exsolution de magnétite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-1028G03.

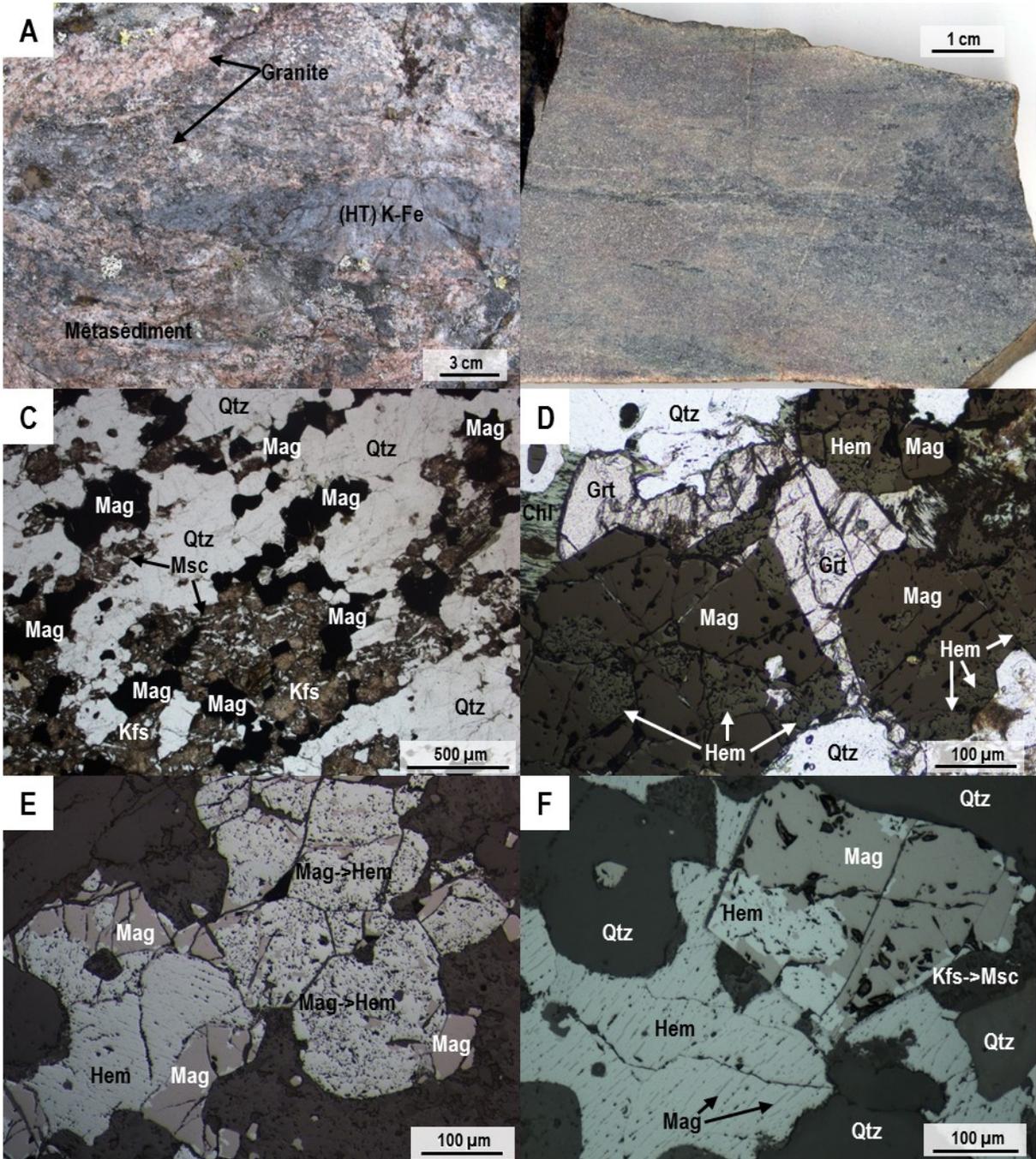


Planche 69 – Altération (HT) K-Fe

A) Roche métasédimentaire déformée et remplacée par une forte altération (HT) K-Fe. La roche comprend des zones massives recoupées par une zone bréchique. Station 09CQA-0040.

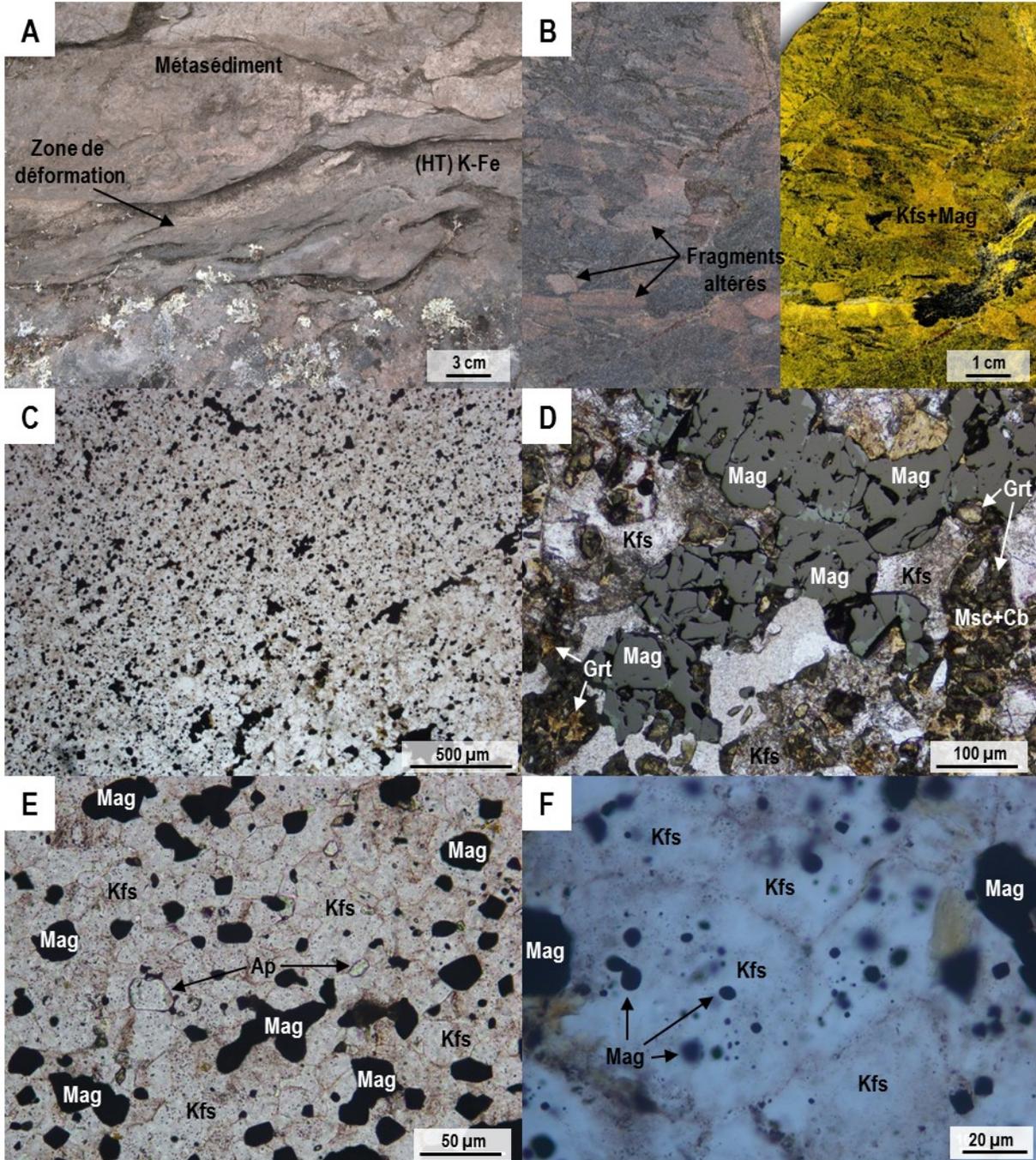
B) Tranche de roche polie (gauche) et colorée (droite) provenant de la zone cisailée. La roche est bréchique et contient des fragments anguleux à sub-arrondis montrant un alignement préférentiel des fragments. La matrice et les fragments sont fortement remplacés par la paragenèse (HT) K-Fe avec une abondance de feldspath-K (jaune) associé à de la magnétite dans la matrice et en imprégnation sur les fragments. Échantillon 09CQA-0040A01.

C) Détail de la matrice de la brèche formée de feldspath-K et de magnétite microcristalline montrant une texture granoblastique. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0040A02.

D) Agrégats de magnétite allotriomorphe dans un fragment de la brèche. Le grenat est partiellement remplacé en muscovite et calcite et la magnétite montre des bordures légèrement remplacées en hématite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0040A02.

E) Magnétite allotriomorphe ou subidiomorphe microcristalline disséminée au sein de la paragenèse (HT) K-Fe qui est majoritairement constituée de feldspath-K et de quartz avec des traces d'apatite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0040A02.

F) Globules de magnétite dans les cristaux de feldspath-K. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0040A02.



Le secteur du lac Ron

Planche 70 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe et (LT) Ca-Fe

A) Paragenèse (HT) Na-Ca-Fe sous forme de remplacement généralisé irrégulier contenant une zone d'aspect bréchique. L'altération est composée d'albite, amphibole et magnétite dans des proportions variables et où la structure litée du précurseur est préservée. Station 09CQA-0016.

B) Remplacement généralisé (HT) Na-Ca-Fe où l'albite forme des poches et des amas diffus et irréguliers entourés par une matrice microcristalline à amphibole et magnétite. L'altération détruit les textures du précurseur lité. Des veines tardives à chlorite recoupent et remplacent la paragenèse (HT) Na-Ca-Fe. Station 09CQA-0016.

C) Zone bréchique au sein du remplacement (HT) Na-Ca-Fe contenant des fragments bien préservés qui montrent un contact net avec la matrice. L'altération devient plus intense avec un remplacement partiel à complet des fragments qui montrent un contact graduel avec la matrice ainsi qu'une augmentation de la proportion en magnétite et amphibole. L'altération est superposée par une paragenèse (LT) Ca-Fe à épidote et chlorite qui remplace sélectivement et sporadiquement les fragments albitisés. Station 09CQA-0016.

D) Remplacement stratoïde (HT) Ca-Fe bien développé sur le précurseur. La magnétite forme des bandes millimétriques discontinues en alternance avec des bandes principalement composées d'amphibole et/ou clinopyroxène. Une altération (LT) Ca-Fe à épidote et chlorite recoupe l'altération à magnétite et est observée au sein de zones de cisaillement ou mylonitiques. Station 09CQA-0016.

E) Paragenèse (HT) Ca-Fe recoupé par un réseau de veines anastomosées (LT) Ca-Fe à chlorite et épidote menant sur des zones d'aspect bréchique. Des veines massives à feldspath-K recoupent les altérations (HT) Ca-Fe et (LT) Ca-Fe. Station 09CQA-0016.

F) Paragenèse (HT) Ca-Fe en enclave dans la monzonite. Certaines veines à feldspath-K sont exclusives aux fragments tandis que d'autres recoupent également la monzonite. Des veines à chlorite et épidote recoupent tardivement la monzonite et les veines à feldspath-K. Station 09CQA-0016.

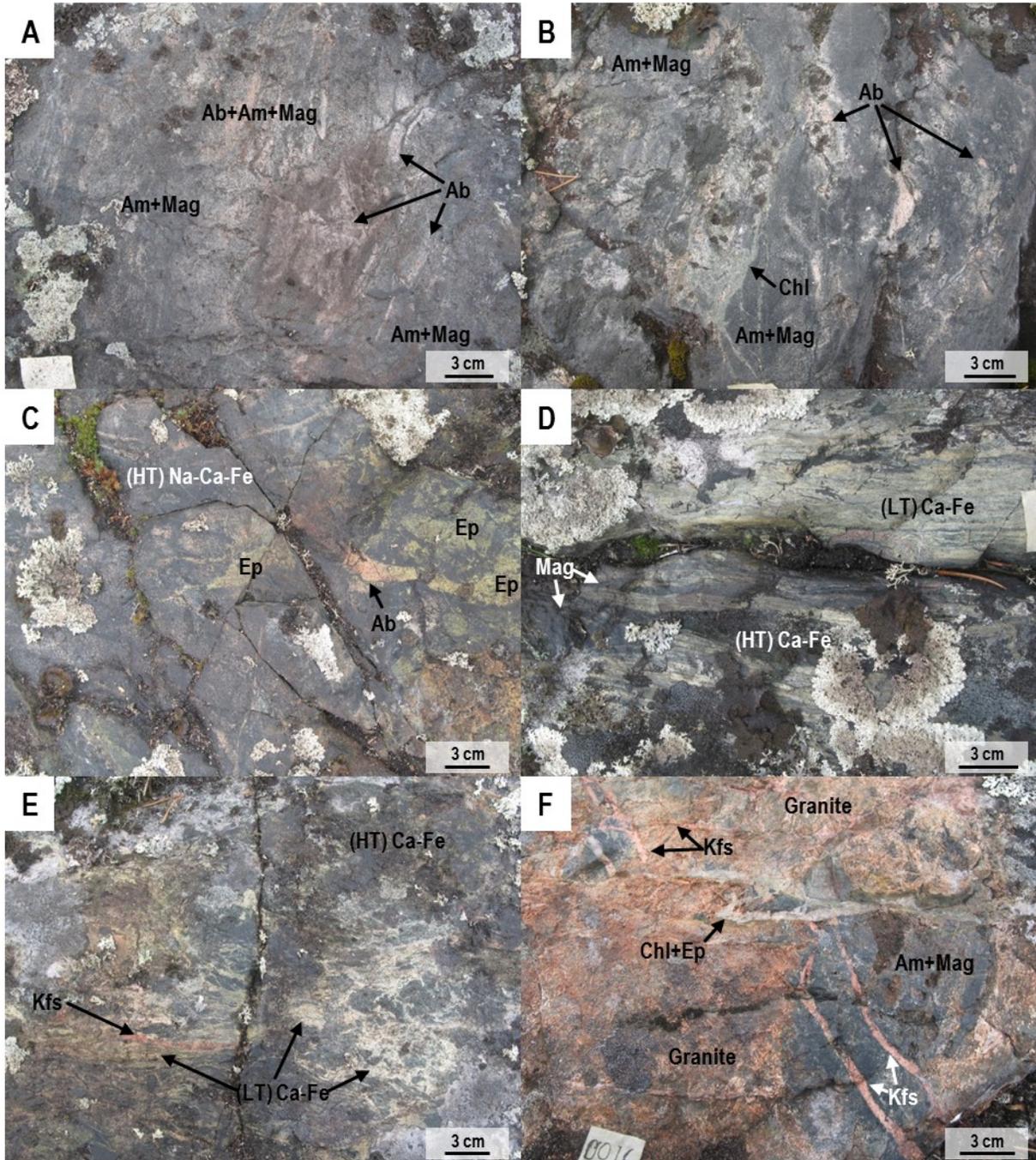


Planche 71 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (LT) Ca-K-Fe

A) Remplacement stratoïde irrégulier, discontinu et anastomosé à magnétite avec halo à feldspath-K qui se superpose sur des zones d'albitisation intenses antérieures. La magnétite de cette altération (HT) K-Fe est massive et finement grenue et localement superposée par une imprégnation en plages discontinues à épidote et hématite. Station 09CQA-0021.

B) Détail d'une bande de magnétite massive. Le remplacement stratoïde est irrégulier, sporadique et hétérogène. L'altération est superposée par une altération (LT) Ca-K-Fe généralisée. Station 09CQA-0021.

C) Enclave d'albitite au sein de l'altération à magnétite témoignant de la présence d'une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe précoce sous forme de remplacement stratoïde. L'altération (LT) Ca-K-Fe remplace totalement certains minéraux calciques (clinopyroxène et/ou amphibole) tout en préservant la magnétite, l'allanite et la fluorapatite. L'altération (LT) Ca-K-Fe est composée d'un assemblage à feldspath-K, pumpellyite, actinote, hématite et quartz. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0021B01.

D) La magnétite forme des amas irréguliers d'aspect bigarré formés de cristaux allotriomorphes. La bordure des grains est partiellement remplacée en hématite par l'altération (LT) Ca-K-Fe à actinote qui préserve la texture de l'altération antérieure à magnétite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et réfléchiée, lame 09CQA-0021B01.

E) Plage irrégulière d'allanite ayant cristallisé avec la magnétite. Les bordures d'allanite sont remplacées par de la pumpellyite et l'actinote est présente sous forme de reliques diffuses. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0021B01.

F) Apatite et magnétite allotriomorphes dans une plage irrégulière d'allanite. L'apatite contient des micro-inclusions de monazite et d'uraninite. La magnétite est partiellement remplacée en hématite tandis que l'allanite est zonée ce qui correspond à différentes concentrations en terres rares (La, Ce, Nd et Pr). Le quartz contient des lambeaux d'actinote et d'un minéral d'altération de type parasite. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-0021B01.

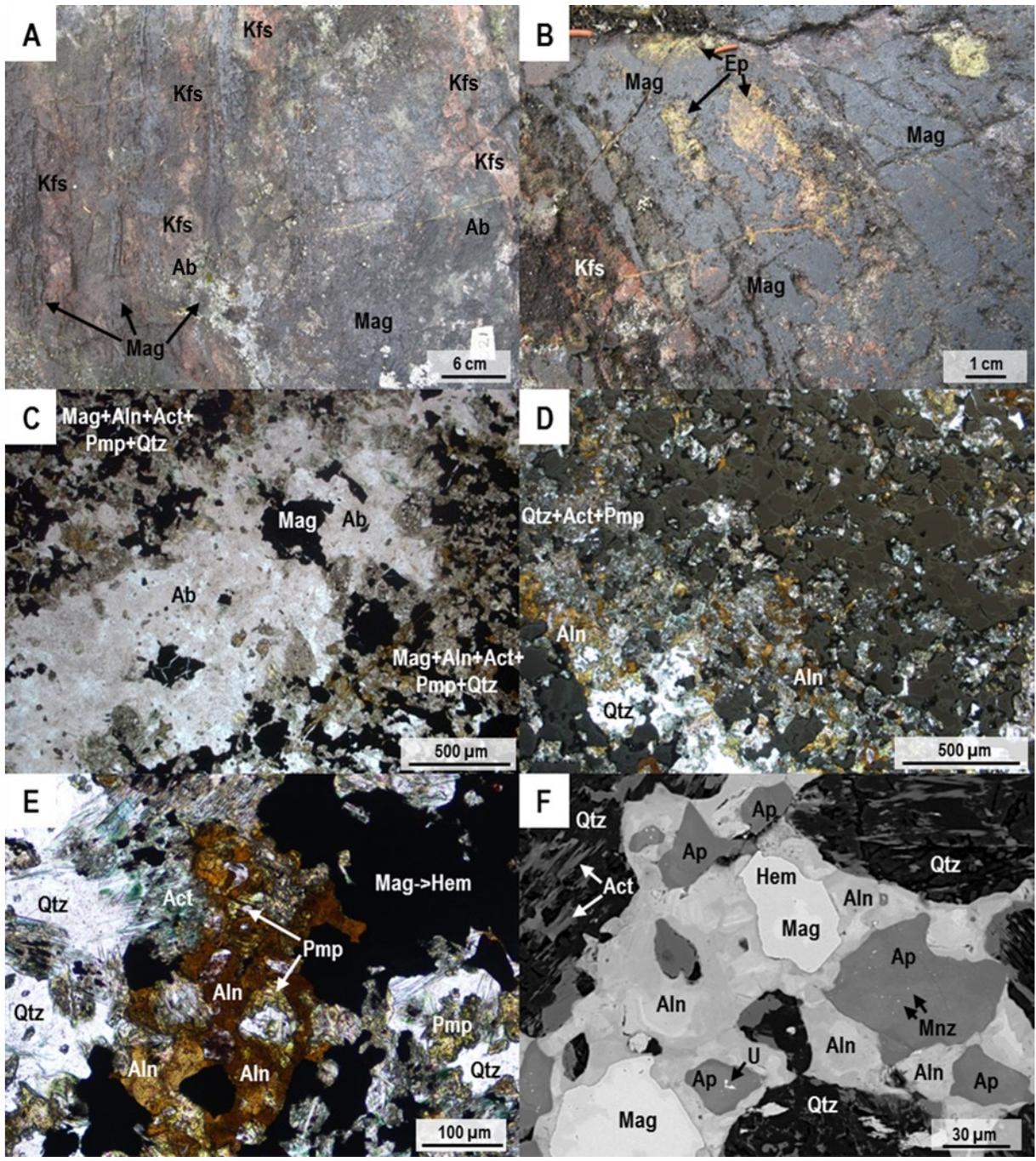


Planche 72 – Altérations (HT) Ca-Fe et (LT) Ca-K-Fe

A) Remplacement généralisé (HT) Ca-Fe à amphibole, magnétite et clinopyroxène. Le remplacement est homogène et régulier et forme des porphyroblastes constitués d'amas d'amphiboles dans une matrice finement grenue à magnétite et clinopyroxène. L'altération similaire à celle retrouvée au lac Hump (voir planche 67). Station 09CQA-0025.

B) Front d'altération (HT) Ca-Fe sur le précurseur volcanique. Le remplacement est pénétratif, irrégulier et forme des plages diffuses. L'altération à magnétite est entouré d'épidote, associée à un remplacement généralisé (LT) Ca-K-Fe. Station 09CQA-0020.

C) Tranche de roche colorée montrant la forte imprégnation potassique sur le précurseur porphyrique d'origine volcanique et le réseau de veines irrégulières (HT) Ca-Fe. Le remplacement (LT) Ca-K-Fe est sélectif où la magnétite et les amphiboles sont remplacées par un assemblage à hématite, chlorite et épidote tandis que la matrice de l'encaissant est remplacée par du feldspath-K. Échantillon 09CQA-0020D01.

D) Aspect général du remplacement (HT) Ca-Fe superposé par l'altération (LT) Ca-K-Fe. La magnétite est subidiomorphe et forme des amas irréguliers. La bordure des grains de magnétite est partiellement remplacée en hématite. L'imprégnation (LT) Ca-K-Fe est constituée d'amas et de cristaux disséminés d'épidote dans une plage de chlorite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et réfléchiée, lame 09CQA-0020D01.

E) Relique d'un grain de scheelite fracturé et partiellement digéré par la chlorite et l'épidote de la paragenèse (LT) Ca-K-Fe. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0020D01.

F) Cristaux d'apatite associés au remplacement (HT) Ca-Fe où le cristal compris dans l'amas de magnétite est peu affecté par le remplacement (LT) Ca-K-Fe. Les joints de grains de la magnétite sont remplis par de la chlorite et de l'épidote, contemporain au remplacement généralisé. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0020D01.

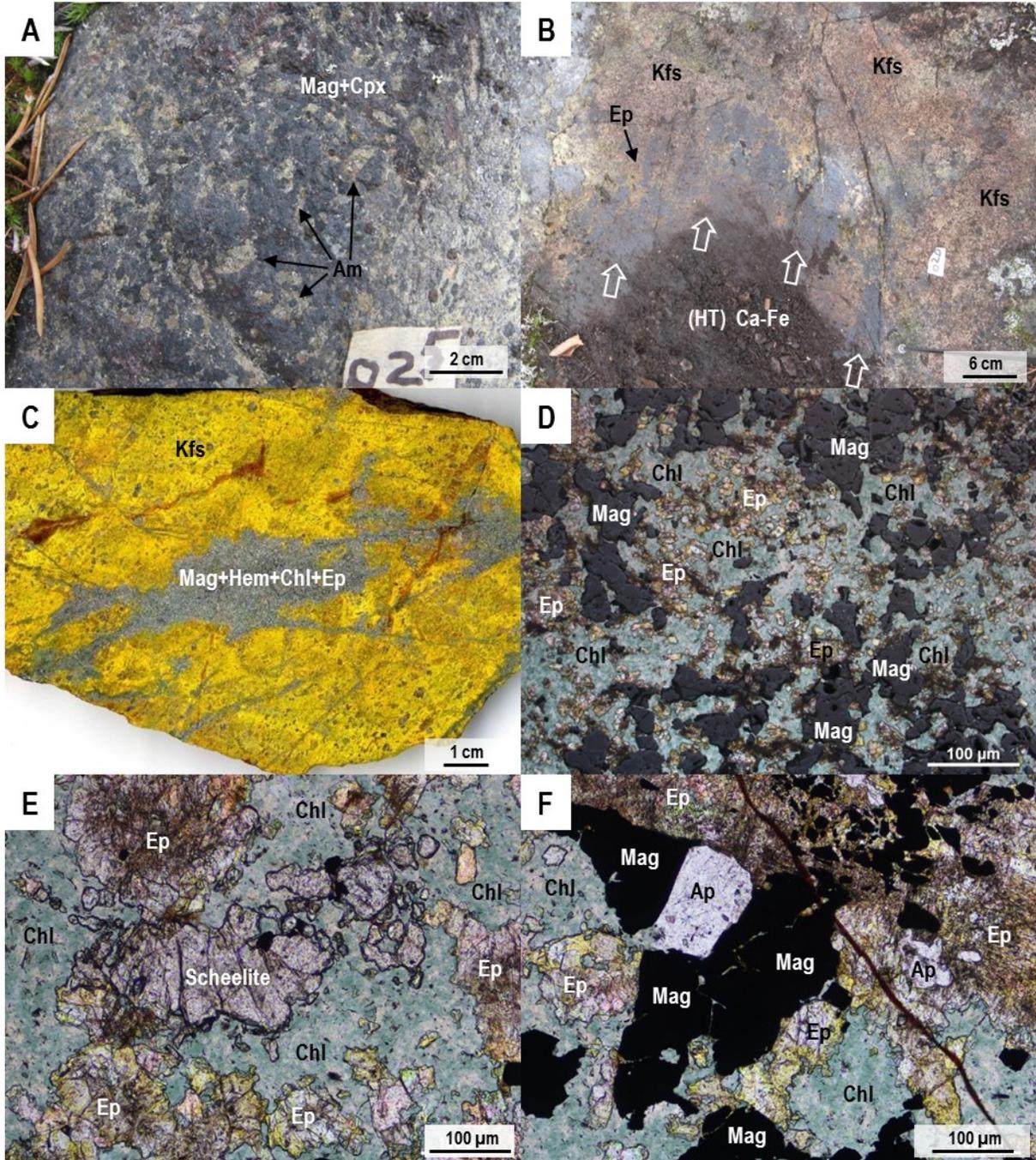


Planche 73 – Altérations à magnétite et (HT) Ca-K-Fe

A) Lentilles de magnétite dans le précurseur sédimentaire. Présence d'une forte imprégnation potassique sur la roche métasédimentaire ainsi que des veines à feldspath-K tardives qui recourent l'altération à magnétite. Station 09CQA-0025.

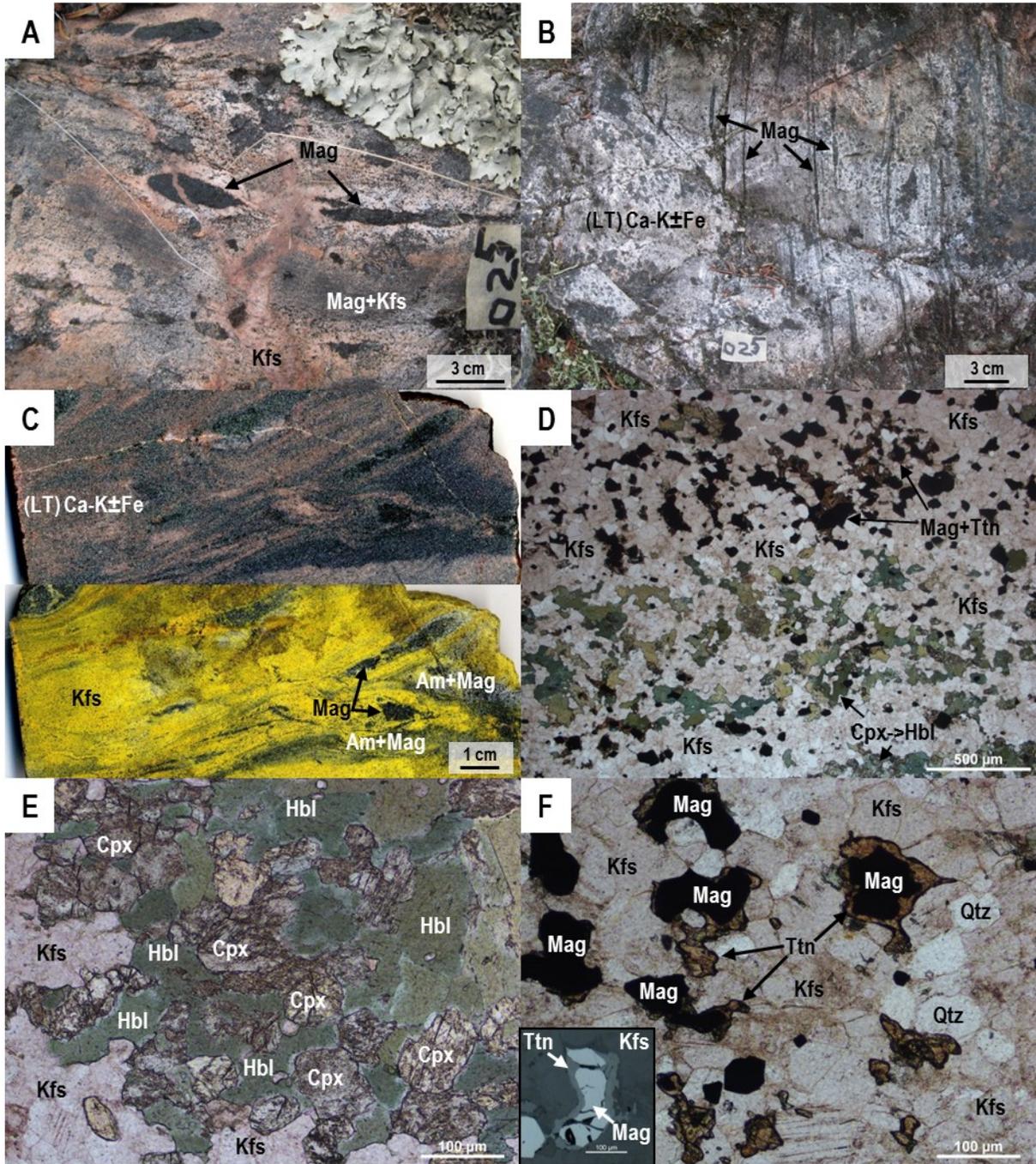
B) Bandes discontinues de magnétite massive en remplacement stratoïde. Station 09CQA-0025.

C) Tranche de roche polie (haut) et colorée (bas) montrant la forte imprégnation potassique associée au remplacement généralisé (HT) Ca-K±Fe. Échantillon 09CQA-0025B02

D) Détail de l'altération (HT) Ca-K±Fe constituée de feldspath-K, hornblende et titanite qui remplace une altération antérieure à clinopyroxène, magnétite et apatite. Texture granoblastique préservée du précurseur. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0025B02.

E) Remplacement du clinopyroxène en hornblende par la paragenèse (HT) Ca-K-Fe. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0025B02.

F) La titanite forme une couronne autour de cristaux allotriomorphes de magnétite. Les cristaux de magnétite sont parfois fracturés tandis que la titanite ne l'est pas. Des cristaux de magnétite exempts de titanite sont également présents avec le feldspath-K et pourraient être associés au remplacement (HT) Ca-K-Fe. Microphotographie en lumière transmise analysée et transmise dans la photo en mortaise, lame 09CQA-0025B02.



Le secteur du lac Esther

Planche 74 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe et (HT) Ca-Fe

A) Remplacement de la rhyolite par la paragenèse (HT) Na±Ca±Fe majoritairement composée d'albite avec des traces de hornblende et magnétite. Le remplacement est généralisé, hétérogène et préserve les structures d'écoulement du précurseur. Station 09CQA-0045.

B) Remplacement généralisé (HT) Na±Ca±Fe en imprégnation hétérogène sur la roche métasédimentaire qui est préservée dans des reliques irrégulières plus faiblement altérées. Station 09CQA-0044.

C) Développement d'une texture granoblastique à grains moyens associée au remplacement (HT) Na±Ca±Fe à albite et amphibole. Des reliques de la roche sédimentaire sont en enclaves et sont formées du même assemblage minéralogique. Station 09CQ-0044.

D) La paragenèse (HT) Na±Ca±Fe est majoritairement composée d'albite granoblastique équigranulaire à grains fins avec des traces de hornblende et de magnétite. La proportion d'amphibole et de magnétite est variable et peut atteindre quelques pourcents. La magnétite est microcristalline et disséminée tandis que la hornblende est allotriomorphe et est présente en disséminations et en amas irréguliers. Des grains équidimensionnels de quartz sont rencontrés dans la matrice d'albite. Un réseau de fines veinules à chlorite recoupe la paragenèse (HT) Na±Ca±Fe. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1058B01.

E) Roche métasédimentaire fortement albitisée puis bréchifiée. La matrice de la brèche est composée de magnétite microcristalline formant une plage irrégulière diffuse. Les fragments d'albite sont anguleux, de taille millimétrique à centimétrique et disposés en casse-tête. Station 09CQA-0044.

F) Remplacement généralisé (HT) Ca-Fe sur la roche métasédimentaire. L'imprégnation est hétérogène, irrégulière et d'aspect bigarré. Sur le même affleurement, l'altération est mieux développée et remplace complètement le précurseur fortement albitisé. Station 09CQA-1059.

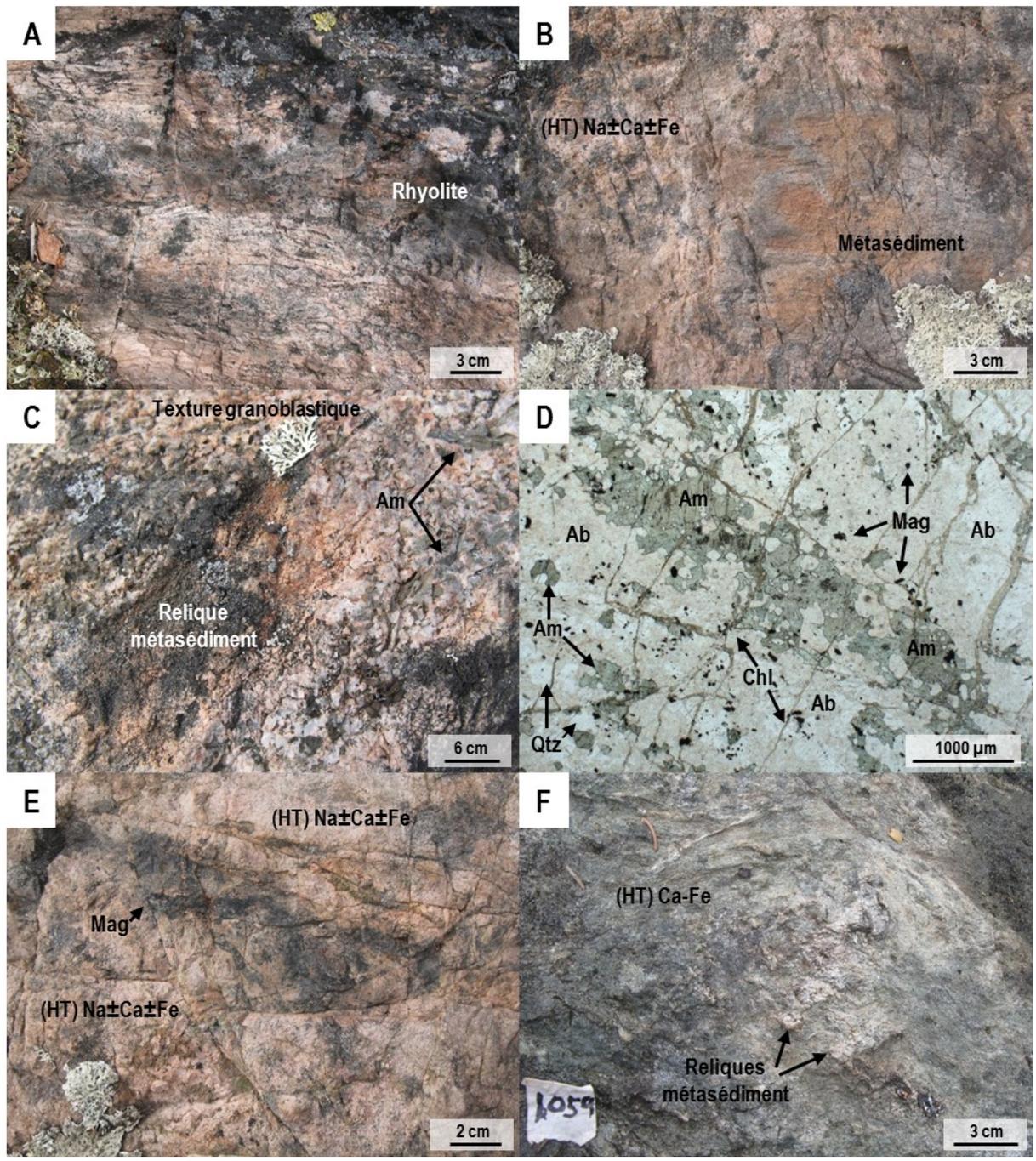


Planche 75 – Altérations skarn, (HT) Ca-Fe, (LT) K-Fe et (LT) Ca-K

A) Veines d'albite massive recoupant la paragenèse (HT) Ca-Fe qui forme un remplacement d'aspect bigarré au sein d'un skarn. Échantillon 09CQA-1059H02.

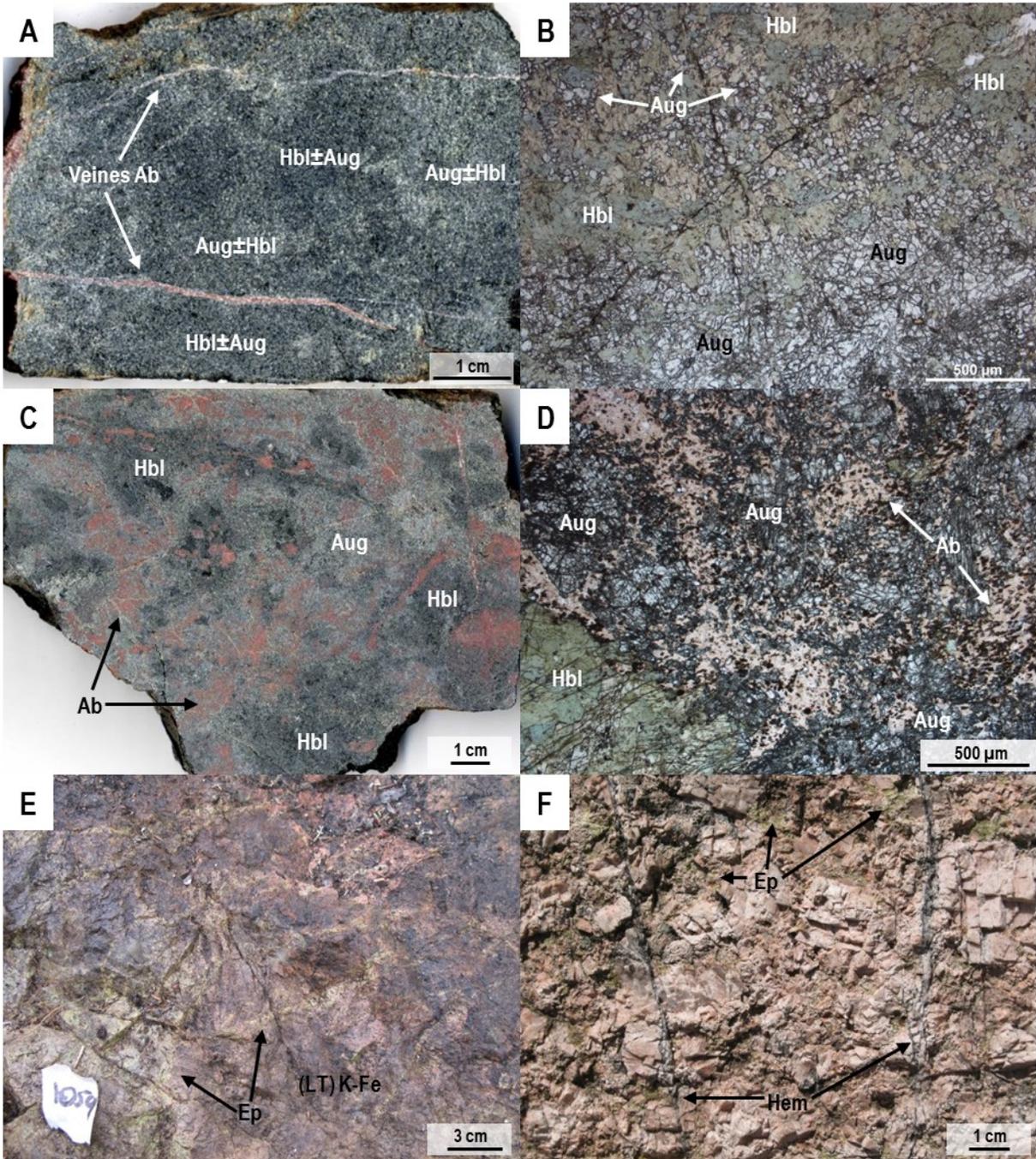
B) Remplacement (HT) Ca-Fe à augite, hornblende, apatite, titanite et allanite au sein d'un skarn. L'augite est allotriomorphe, finement grenue et forme des amas centimétriques irréguliers avec de la hornblende intergranulaire à grains fins à moyens. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1059H02.

C) Skarn et paragenèse (HT) Ca-Fe recoupée par un remplacement pénétratif et irrégulier (HT) Na à albite. Texture bigarrée de l'altération à albite qui est microcristalline et montre un contact diffus avec la paragenèse (HT) Ca-Fe. Échantillon 09CQA-1059I02.

D) Remplacement pénétratif de l'albite recoupant l'augite et la hornblende de la paragenèse (HT) Ca-Fe qui recoupe le skarn antérieur. Le contact est graduel et accompagné d'une assimilation des cristaux d'augite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1059I02.

E) Remplacement (LT) K-Fe homogène formant des plages composées de feldspath-K, hématite et chlorite. Des veines d'épidote recoupent le remplacement (LT) K-Fe. Station 09CQA-1059.

F) Granite porphyrique superposé par une imprégnation (LT) Ca-K d'intensité modérée à feldspath-K et épidote en plages irrégulières. Des veinules à hématite massive et pyrite disséminée recoupent le granite et l'altération (LT) Ca-K. Station 09CQA-0046.



Les affleurements environnants

Planche 76 – Altérations (HT) Na, (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe

A) Albitisation sous forme de remplacement hétérogène sur une unité métasédimentaire. Le remplacement est plus marqué sur certains horizons et produit une couleur blanchâtre caractéristique. L'albitisation est recoupée par un réseau de veines à chlorite avec une forte imprégnation des épontes à feldspath-K. Station 09CQA-0033.

B) Albitisation complète du précurseur volcanique avec préservation de la texture porphyrique. La matrice et les phénocristaux sont remplacés en albite. Échantillon 09CQA-0034.

C) Unité métasédimentaire carbonatée bréchifiée et remplacée par une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe. Station 09CQA-0121.

D) Paragenèse (HT) Na-Ca-Fe composée d'albite, augite, titanite, allanite et zircon. La matrice est majoritairement composée d'albite allotriomorphe, microcristalline et interdigitée formant une texture en mosaïque. L'allanite est spatialement associée à l'augite qui forme des amas irréguliers à grains fins. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0121C01.

E) Remplacement généralisé (HT) Na-Ca-Fe sous forme d'imprégnation homogène superposée sur une unité métasédimentaire. Des veines subparallèles (HT) Ca-K-Fe à amphibole, feldspath-K et magnétite avec une imprégnation des épontes à feldspath-K et biotite recoupent l'altération (HT) Na-Ca-Fe. Station 09CQA-1046.

F) Paragenèse (HT) Na-Ca-Fe sous forme de remplacement généralisé homogène recoupé par des veines (HT) Ca-K-Fe. L'altération (HT) Na-Ca-Fe est composée d'amphibole, magnétite et albite microgrenue où la magnétite est disséminée et forme des cristaux irréguliers et arrondis. Les veines (HT) Ca-K-Fe sont composées d'amphibole, feldspath-K, magnétite et quartz accompagnés d'une imprégnation potassique des épontes à feldspath-K et biotite. La magnétite est plus grossière dans la veine mais est toujours allotriomorphe. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1046A02-1.

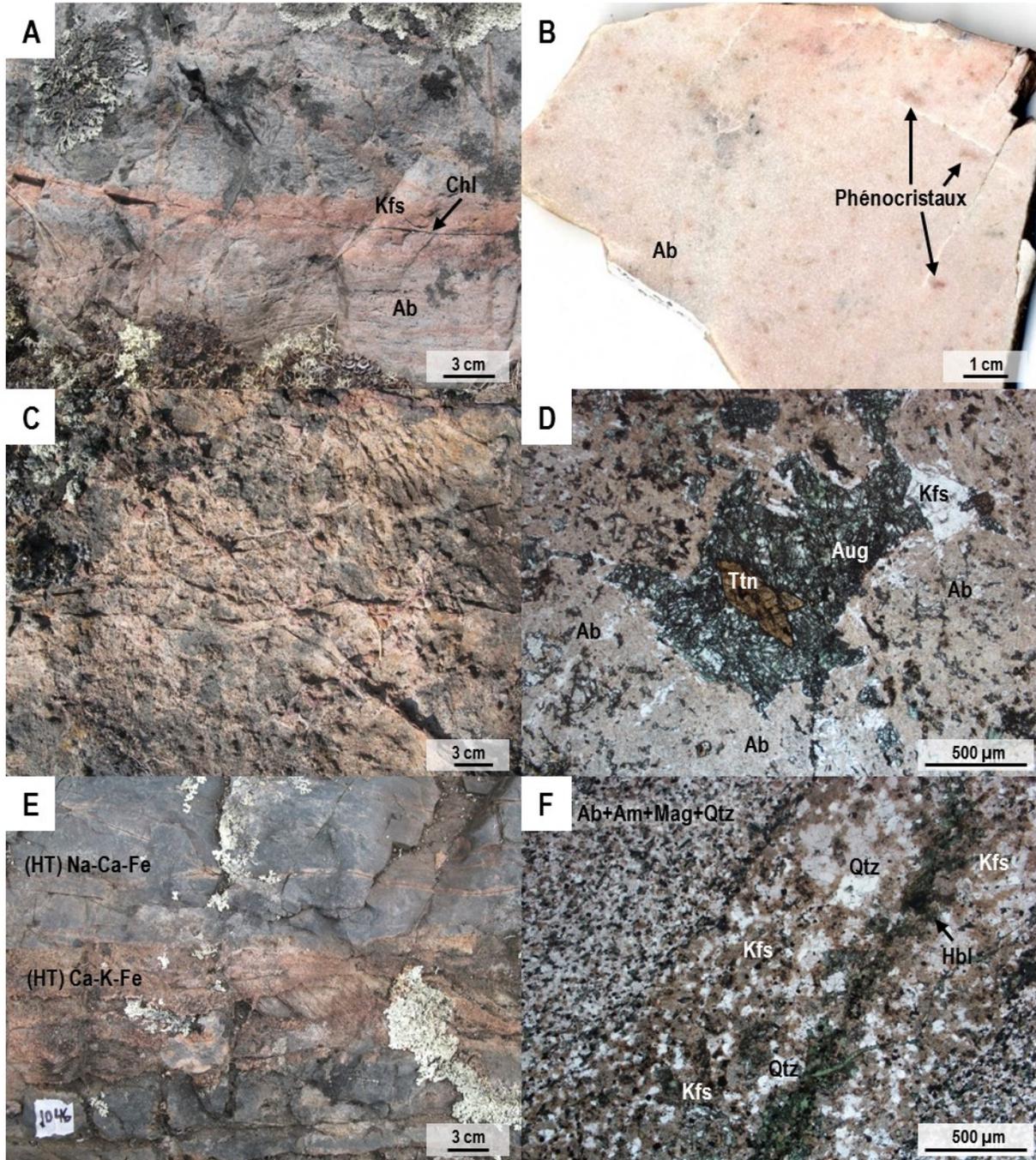


Planche 77 – Altérations (HT) Na, skarn et (HT) Ca-Fe

A) Remplacement (HT) Na-Ca-Fe sous forme d'imprégnation généralisée recoupée par une seconde paragenèse (HT) Na-Ca-Fe sous forme de brèche. La seconde altération (HT) Na-Ca-Fe est plus grossière et possède une couleur rougeâtre. Certains fragments de la brèche montrent des signes de dissolution. Station 09CQA-1118.

B) Paragenèse (HT) Na précoce bréchifiée et remplacée par des skarns. Le remplacement est généralisé, bien développée et montre une texture pegmatitique. Station 09CQA-1045.

C) Aspect général de la paragenèse (HT) Na précoce bréchifiée et remplacée par des skarns dominé par le clinopyroxène. Noter l'absence de titanite et d'apatite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1045E01.

D) Plage de magnétite allotriomorphe associée à la paragenèse (HT) Ca-Fe à magnétite, titanite et apatite qui remplace le clinopyroxène et l'albite. La magnétite englobe des cristaux de clinopyroxène et contient des inclusions de pyrite disséminée. La magnétite est remplacée de façon irrégulière par l'hématite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1045E01.

E) Veinules diffuses de magnétite recoupant la roche métasédimentaire. Les veines forment un réseau anastomosé aligné le long du litage. Des micro-lentilles de magnétite sont disséminées dans le précurseur et semblent être le résultat d'un remplacement sélectif. Station 09CQA-1127.

F) Paragenèse (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite sous forme de remplacement pénétratif irrégulier montrant des interdigitations dans le précurseur déjà affecté par un remplacement généralisé de type skarn à grains fins. Station 09CQA-1129.

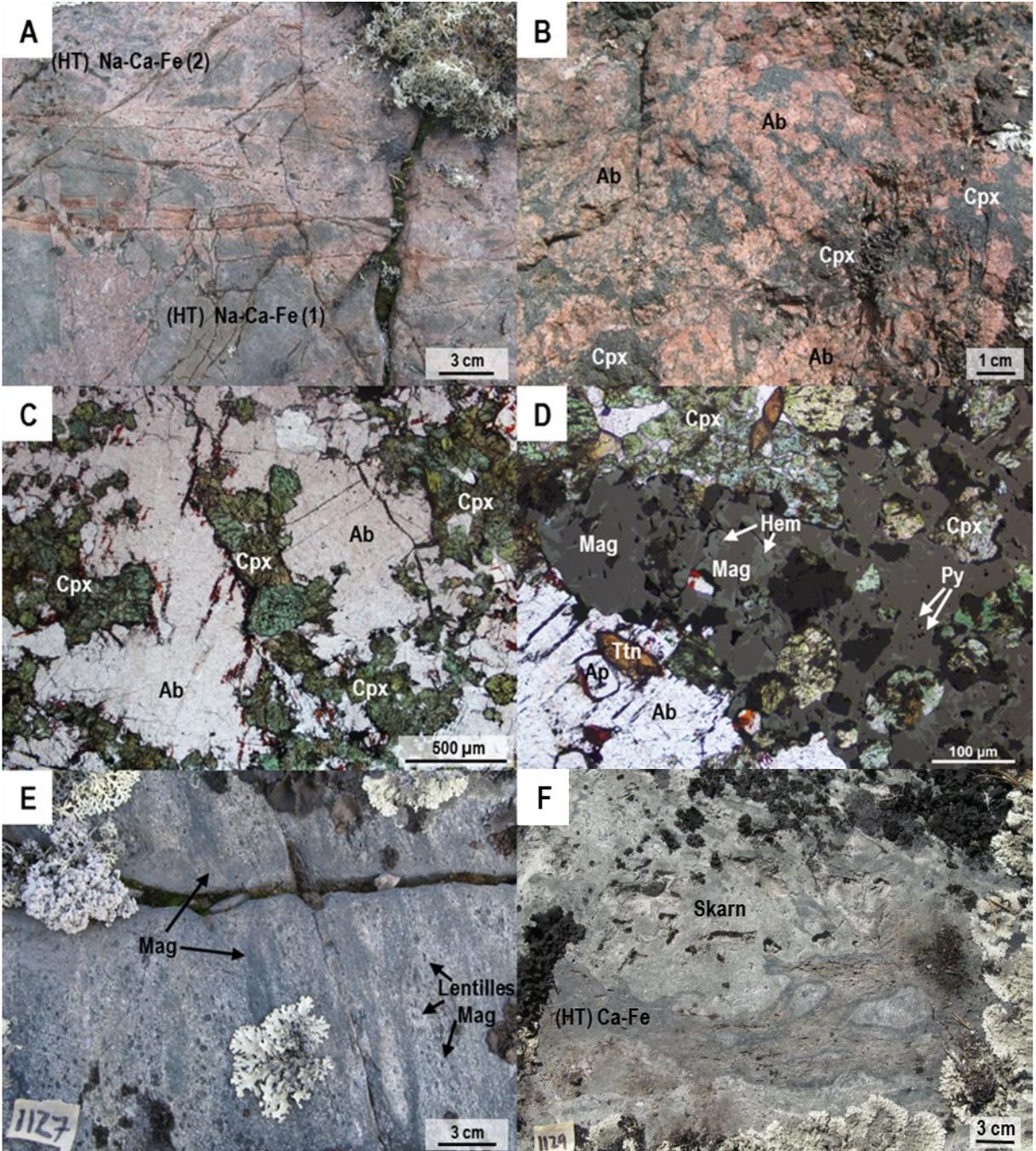


Planche 78 – Altérations (HT) Na-Ca-Fe, (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe

A) Brèche (HT) Ca-Fe recoupant la roche métasédimentaire albitisée. La brèche contient des fragments de l'encaissant qui sont arrondis, irréguliers et de taille centimétrique à décimétrique. Le contact entre l'encaissant et les fragments, montre des golfes de corrosion. L'altération (HT) Ca-Fe est recoupée par des veines de magnétite massive. Station 09CQA-0043.

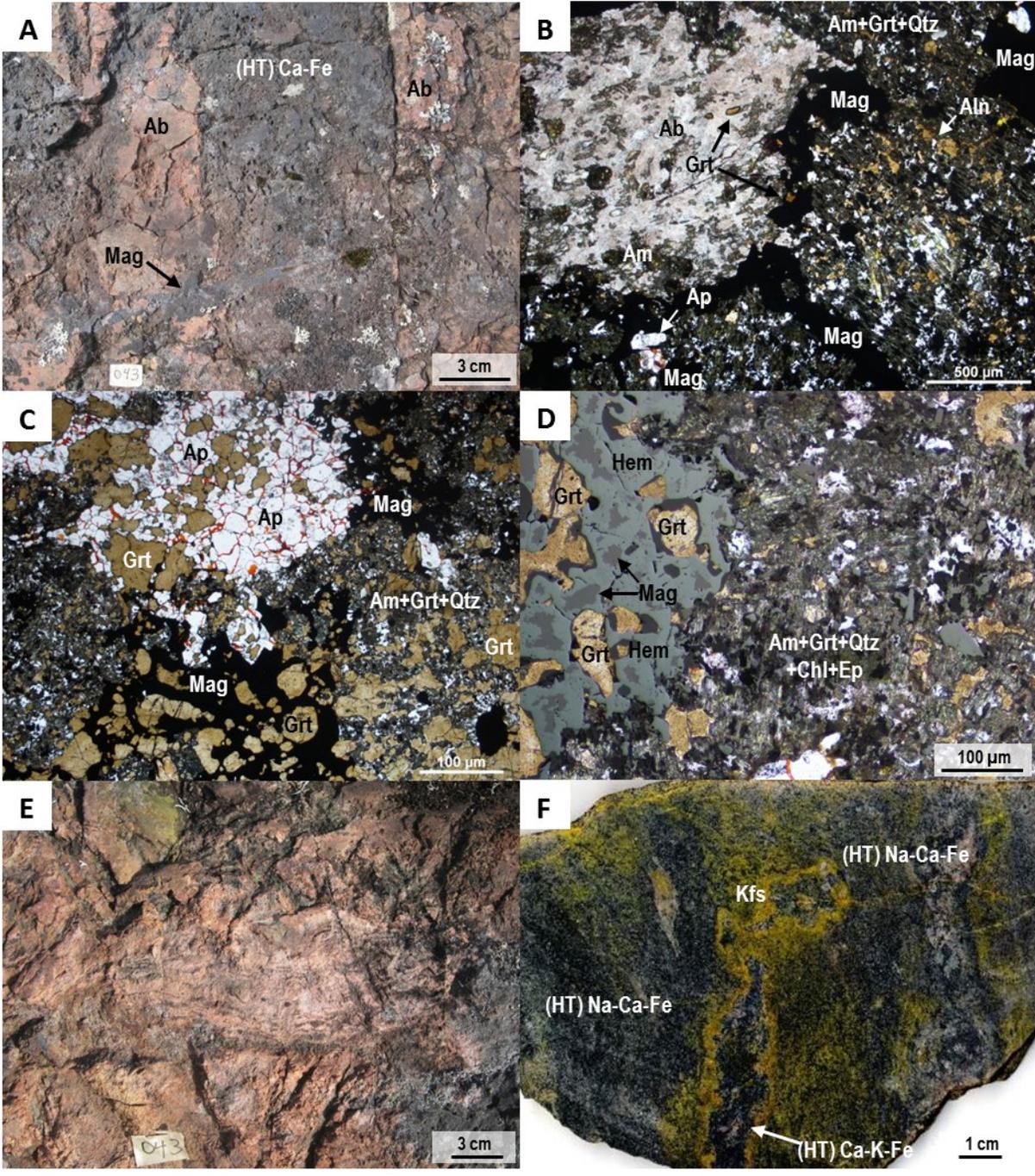
B) Fragment albitisé au sein de la brèche (HT) Ca-Fe. Le fragment est arrondi et est faiblement remplacé par de l'amphibole et du grenat. La matrice est composée de magnétite, amphibole, quartz, apatite et allanite où l'amphibole est partiellement remplacée par une altération à chlorite, épidote et quartz. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA0043D01.

C) Amas d'apatite et grenat dans la brèche (HT) Ca-Fe. La magnétite est disséminée dans l'amphibole et forme des amas irréguliers avec le grenat et l'apatite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0043D01.

D) Remplacement pseudomorphique de la magnétite par l'hématite et remplacement de l'amphibole par un assemblage à chlorite, épidote et quartz causé par une imprégnation de faible température. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0043D01.

E) Roche sédimentaire albitisée recoupée par des veines (HT) Ca-K-Fe. Les veines sont composées d'amphibole, magnétite, quartz et feldspath-K avec une imprégnation des épontes à feldspath-K et biotite. Station 09CQA-0043.

F) Tranche de roche colorée montrant la distribution du feldspath-K associé à un remplacement pénétratif irrégulier. La roche métasédimentaire est préalablement remplacée par une paragenèse (HT) Na-Ca-Fe composée d'albite, hornblende, magnétite. L'altération préserve la structure litée du précurseur. Le remplacement (HT) Ca-K-Fe forme des pseudo-veines à amphibole, magnétite, quartz et feldspath-K sont sub-parallèles au litage du précurseur. Échantillon 09CQA-0043F01.



Le système de Lou

Le gisement de NICO

Planche 79 – Altérations (HT) Ca-Fe

A) Vue aérienne du «Bowl zone» avec l'entrée menant aux galeries souterraines.

B) Aspect général de la roche sédimentaire altérée en amphibole, magnétite, feldspath-K et biotite encaissant le gîte de NICO. Lors de la découverte, la roche fut interprétée comme un schiste à amphibole et magnétite. Affleurement de la découverte du gîte.

C) Altération calco-silicatée composée de calcite, amphibole et magnétite. La calcite forme des bandes ondulantes qui recourent et bréchifient les lits à amphibole et magnétite. Échantillon CQA-07-464D.

D) Roche sédimentaire remplacée par une paragenèse (HT) Ca-Fe formée de laminations à actinote et magnétite finement grenue. Cette altération calcique est recoupée par des veinules et amas de calcite et des veinules (HT) K-Fe à biotite et magnétite minéralisée contenant de l'arsénopyrite et chalcopryrite. Échantillon CQA-07-466D3.

E) Plages millimétriques à centimétriques d'arsénopyrite cobaltifère formant des nodules disséminés. L'arsénopyrite forme des plages disséminées qui à l'échelle plus globale sont observées comme recoupant ou longeant l'altération stratoïde à amphibole et magnétite. Échantillon CQA-07-466A3.

F) Remplacement (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite sur la roche métasédimentaire. Les plages d'arsénopyrite sont distribuées préférentiellement le long de certains horizons. Des veines d'actinote recourent la paragenèse (HT) Ca-Fe. Échantillon CQA-07-458M.

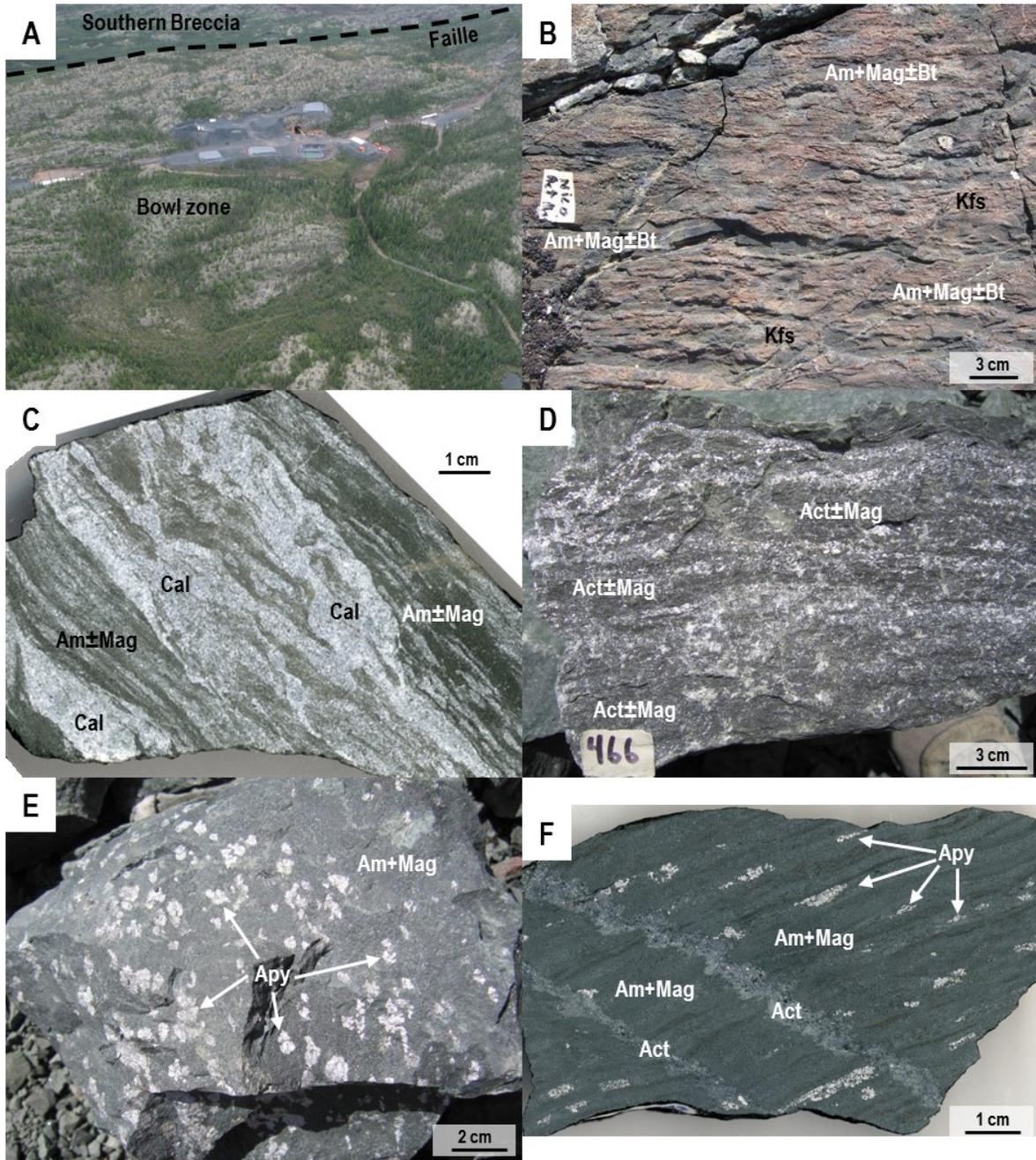


Planche 80 – Altérations (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe

A) Stockwork (HT) Ca-K-Fe composé d'amphibole, biotite, magnétite et sulfures avec une forte imprégnation des épontes à feldspath-K sur un précurseur porphyrique. Station CQA-07-478.

B) Stockwork (HT) K-Fe à biotite, magnétite et chalcopryrite associée à la mise en place de veines décimétriques. L'encaissant porphyrique est superposé par une forte imprégnation à feldspath-K. Station CQA-07-455.

C) Remplacement pénétratif et stratoïde à magnétite disséminée qui se superpose sur une paragenèse (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite. La magnétite est subtilement injectée le long des lits à amphibole. Échantillon CQA-07-460JKLM.

D) Paragenèse (HT) Ca-Fe à actinote et magnétite avec préservation de la structure litée du précurseur (droite). Un front d'altération homogène à actinote et magnétite détruit la texture litée de l'altération antérieure. Plages irrégulières à pyrrhotite, chalcopryrite et magnétite associée au front d'altération à amphibole. Échantillon CQA-07-469H.

E) Remplacement sporadique à amphibole et magnétite produisant un aspect bréchiq. La bordure de la roche sédimentaire montre des golfes de corrosion et est affectée par une imprégnation centimétrique à feldspath-K au sein d'une auréole d'altération et de bréchification qui longe un dyke porphyrique. Station CQA-07-454.

F) Stockwork à amphibole, épidote et magnétite avec de la chalcopryrite disséminée. Les épontes de la roche sédimentaire albitisée sont irrégulièrement remplacées par du feldspath-K. Station CQA-07-460.

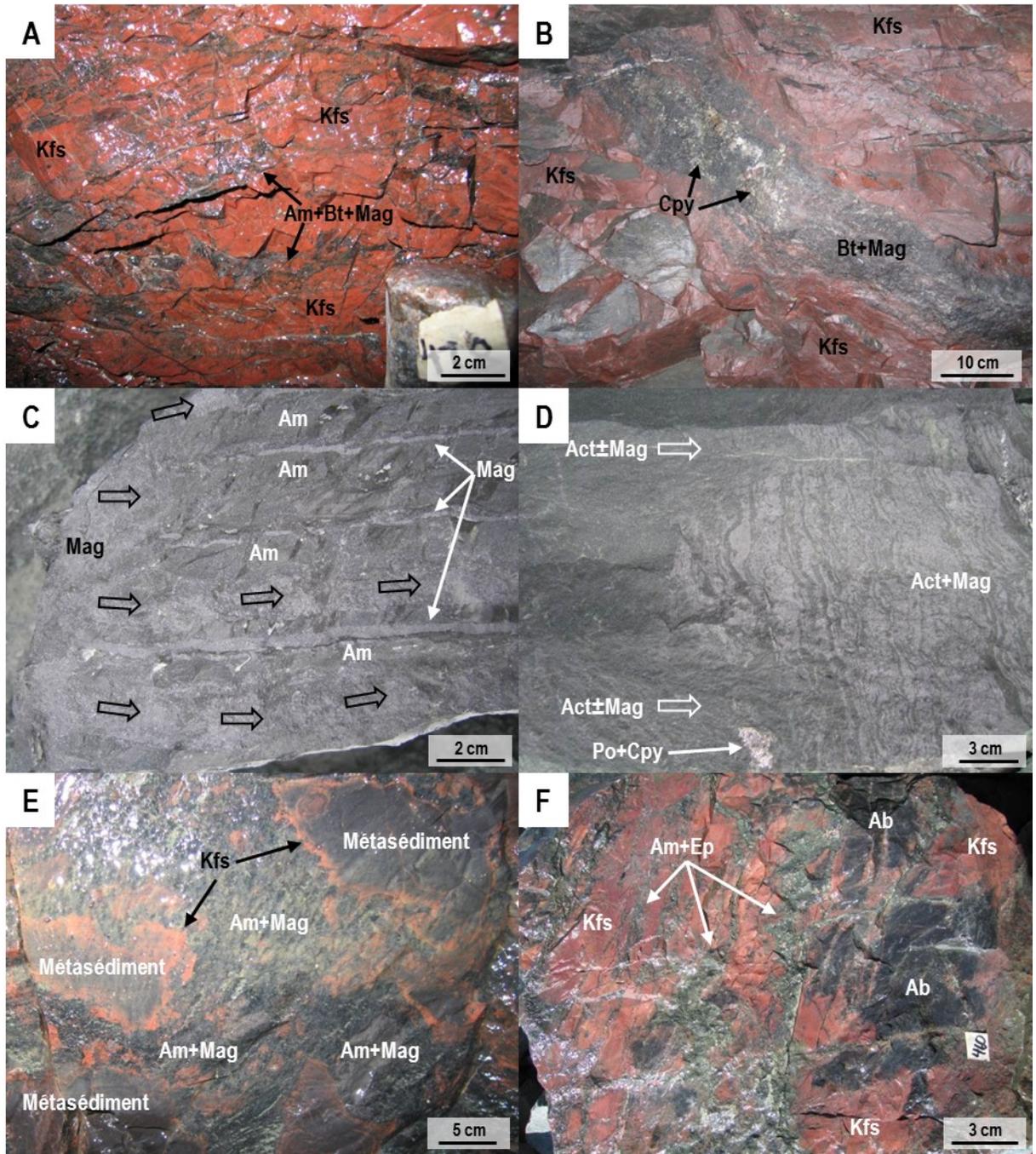


Planche 81 – Altérations (HT) Ca-K-Fe et (HT) Ca-Fe

A) Roche sédimentaire superposée par une forte altération calco-silicatée (skarn potassique) sous forme d'imprégnation pervasive qui se forme au sein des zones d'altération qui longent les dykes porphyriques. Des veines discontinues à feldspath-K et hornblende recourent l'altération calcique généralisée et un amas irrégulier de quartz. Échantillon CQA-07-466O.

B) Altération calco-silicatée (skarn potassique) composée d'augite, feldspath-K, hornblende avec des traces de biotite qui se développent tardivement dans la séquence paragénetique. Micro-inclusions de hornblende dans le feldspath-K. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-07-466O.

C) Lits sédimentaires altérés en skarn et recoupés par des altérations à amphibole et magnétite préférentiellement stratoïde mais localement discordante et anastomosées avec préservation du litage du précurseur. La roche est composée d'augite, hornblende et magnétite. Échantillon CQA-07-459A.

D) Remplacement des skarns par un assemblage (HT) Ca-Fe à hornblende et magnétite. La magnétite est préférentiellement localisée près des reliques d'augite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame CQA-07-459A.

E) Veine massive (HT) Ca-K-Fe recoupant une altération (HT) Ca-Fe généralisée. La veine est remplie par un remplissage à actinote, feldspath-K et calcite où l'actinote est à grains moyens, fibro-radiée et sans orientation préférentielle. Les épontes montrent une faible imprégnation à feldspath-K rosé. Des veines tardives de calcite recourent les altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe. Échantillon CQA-07-482F.

F) Détails de la veine (HT) Ca-K±Fe formée d'actinote, feldspath-K, calcite, allanite, apatite, arsénopyrite, sulfures de Co et Bi et monazite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame CQA-07-482F.

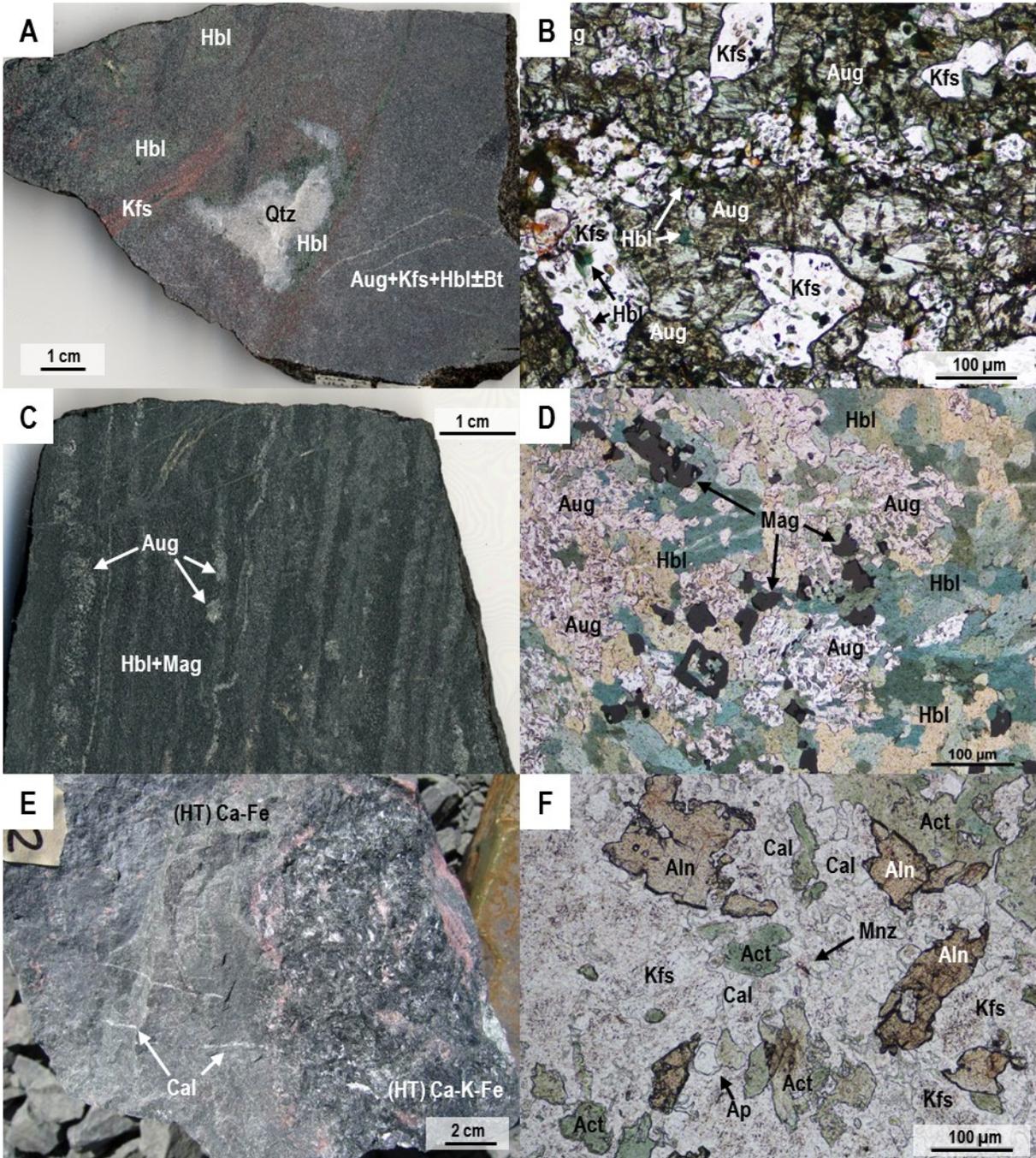


Planche 82 – Altérations (HT) Ca-Fe et à chlorite

A) Remplacement stratoïde et hétérogène (HT) Ca-Fe sur la roche métasédimentaire. Mise en place d'un corps granitique boudiné le long du litage, syngénétique à postgénétique à l'altération à magnétite. Excellente préservation de la texture du précurseur. Station 11PUA-028.

B) Remplacement stratoïde (HT) Ca-Fe sur la roche métasédimentaire. Remplacement sélectif de certains lits avec un contact net et ondulant. La teinte rougeâtre provient de l'hématite qui remplace la magnétite lors d'un événement tardif associé à la cristallisation de la chlorite. Station 11PUA-028.

C) Veine (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite d'aspect massif avec remplacement stratoïde le long de certains lits de roches métasédimentaires à partir de la veine. La roche encaissante possède un assemblage à magnétite, chlorite et feldspath-K qui est superposé par une imprégnation à actinote. Station 11PUA-028.

D) Remplacement généralisé de la roche sédimentaire par la paragenèse (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite. Le cisaillement est postérieur à la paragenèse (HT) Ca-Fe et contemporain à l'altération tardive à chlorite. Échantillon 11PUA-028C02.

E) Magnétite litée, massive à disséminée, associée à la paragenèse (HT) Ca-Fe. Léger cisaillement tardif accompagné du remplacement de l'amphibole par de la chlorite et de la magnétite par de l'hématite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame mince 11PUA-028C02.

F) Magnétite hypidiomorphe formée par le remplacement stratoïde (HT) Ca-Fe. L'apatite est contemporaine à la cristallisation de la magnétite mais l'enrichissement en thorium (britholite et enalite) et en argent pourrait être associé à l'altération à chlorite (chamosite) qui remplace l'amphibole. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 11PUA-028C02

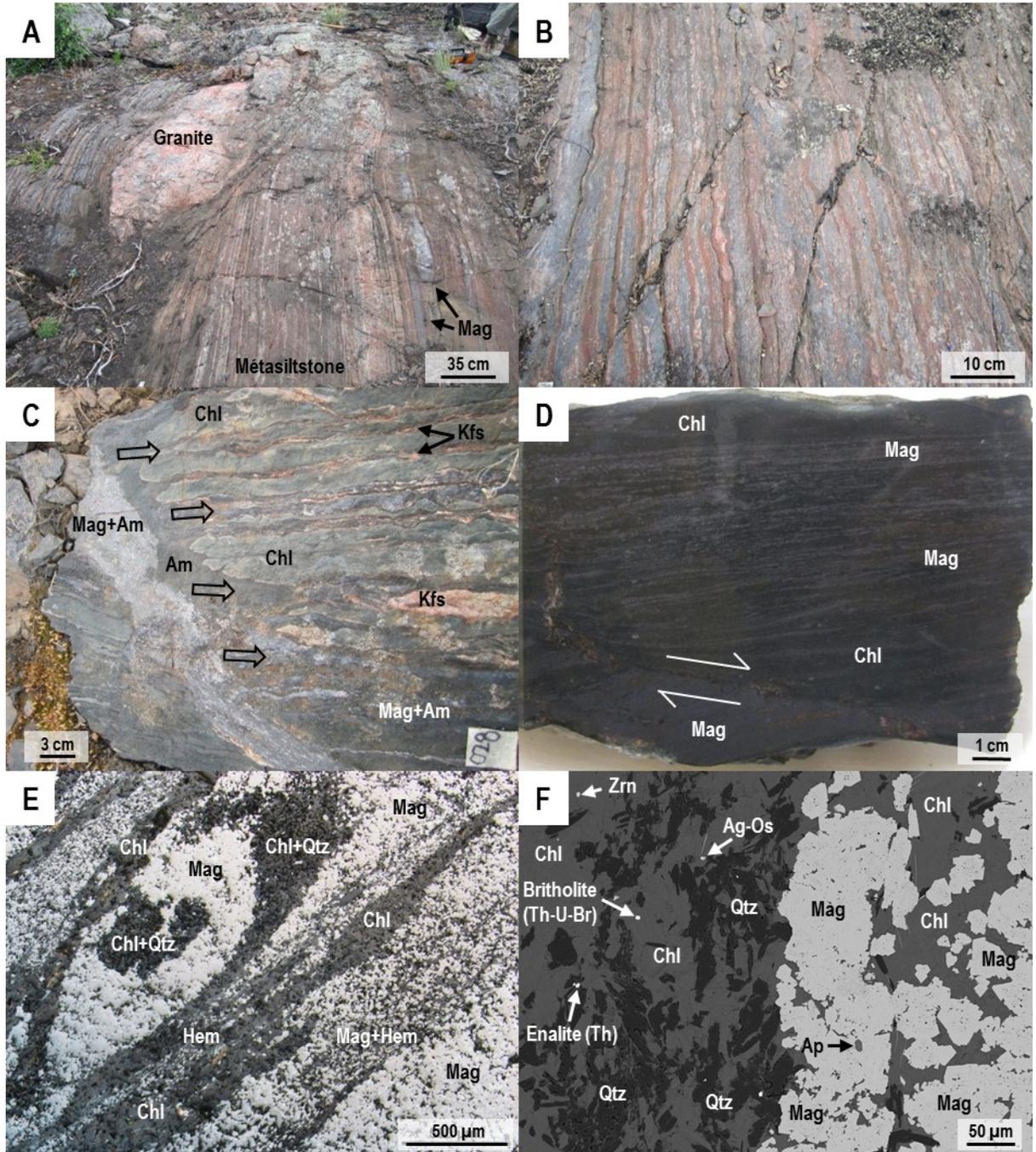


Planche 83 – Altérations (HT) Ca-Fe

A) Remplacement (HT) Ca-Fe à actinote, magnétite et sulfures sur un précurseur remplacé par une forte altération généralisée (HT) Ca-Fe. Le remplacement à actinote et magnétite remplace de façon sélective des bandes et lentilles à augite, hornblende, quartz, calcite et scheelite. Les lits à hornblende sont faiblement affectés par l'altération à actinote et montrent un contact irrégulier et diffus. Échantillon CQA-07-465.

B) Remplacement complet du précurseur par une altération (HT) Ca-Fe homogène principalement composée de hornblende équigranulaire. Cette altération est recoupée par des veines rectilignes (HT) Ca-Fe qui développent un remplacement stratoïde en imprégnation aux épontes de veines. Le remplacement stratoïde forme des lits millimétriques à actinote, magnétite et sulfures sur quelques centimètres. Échantillon CQA-07-465L1

C) Remplacement sélectif des lits à augite et quartz par une altération à actinote, magnétite, pyrrhotite, pyrite, arsénopyrite, chalcopyrite et sulfures de Co et Bi. Le remplacement à actinote est recoupé par des apophyses irrégulières et montre un contact diffus avec les horizons à hornblende. Les sulfures forment des plages irrégulières dans l'actinote. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-465L1.

D) Reliques d'augite, hornblende et scheelite remplacées par l'actinote du remplacement sélectif (HT) Ca-Fe. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-465L1.

E) Magnétite subidiomorphe à idiomorphe en contact avec les sulfures. La magnétite est associée au remplacement sélectif à actinote. Cristallisation localisée de pyrite dans les plages de pyrrhotite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame mince CQA-07-465L1.

F) Paragenèse (HT) Ca-Fe à actinote, magnétite idiomorphe et sulfures qui remplace la hornblende et la magnétite d'une altération (HT) Ca-Fe antérieure. La magnétite, la pyrrhotite et la chalcopyrite forment des plages irrégulières et sont spatialement associées au remplacement à actinote. Les sulfures de Co et Bi sont présents dans les clivages de l'actinote, dans des veinules qui recoupent l'actinote et la magnétite ainsi qu'en inclusions dans la magnétite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-465L1.

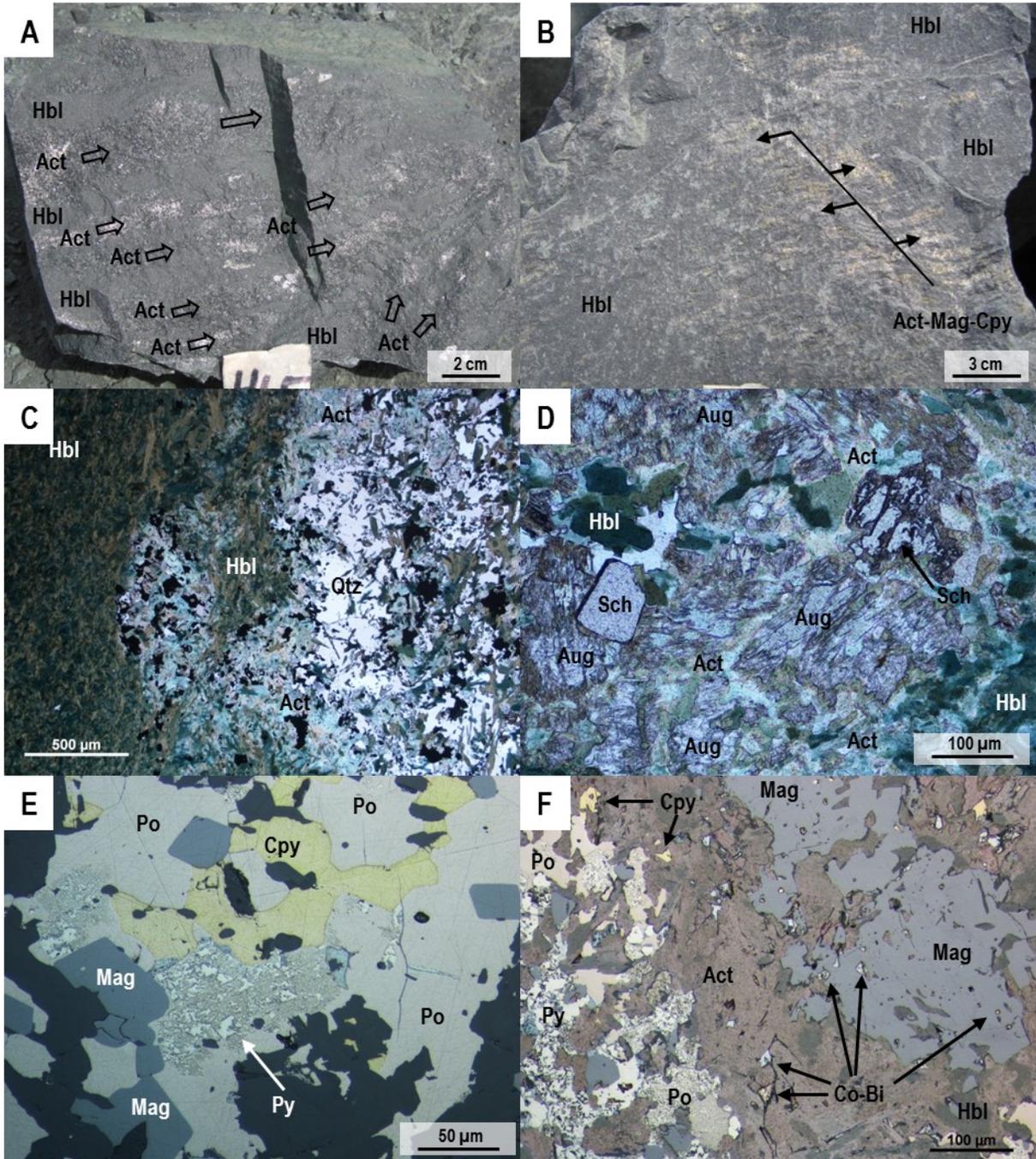


Planche 84 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe

A) Remplacement (HT) Ca-Fe généralisé avec préservation de l'aspect lité du précurseur et relique d'un lit altéré en albite et en quartz microcristallin et équigranulaire. La roche est composée de lits discontinus à amphibole et quartz formés par l'altération (HT) Ca-Fe lit par lit. Ces lits sont faiblement superposés par une faible altération à biotite, magnétite et sulfures. Échantillon CQA-07-469A.

B) Lits discontinus formés de boudins de quartz irréguliers compris dans le remplacement généralisé (HT) Ca-Fe à actinote, hornblende, magnétite et calcite. Une paragenèse (HT) K-Fe à biotite et magnétite recoupe l'altération (HT) Ca-Fe sous forme de remplacement pénétratif le long de certains horizons. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-469A.

C) Amas irrégulier de magnétite subidiomorphe à allotriomorphe au sein du remplacement (HT) Ca-Fe généralisé. La magnétite englobe des baguettes d'actinote et de la pyrrhotite. La pyrrhotite est partiellement remplacée en pyrite par l'altération à biotite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-469A.

D) Arsénopyrite allotriomorphe et poreuse qui contient de la magnétite, pyrrhotite, actinote et sulfures de cobalt. Un grain d'or est observé avec des sulfures de cobalt et de la pyrrhotite dans l'arsénopyrite. La magnétite est allotriomorphe et contient des plages irrégulières de sulfures de cobalt et des globules de pyrrhotite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame mince CQA-07-469A.

E) Remplacement de la pyrrhotite, actinote et magnétite par de la biotite intercristalline. La pyrrhotite et l'actinote montrent des bordures de corrosion et il y a formation de pyrite au détriment de la pyrrhotite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-469A.

F) Magnétite allotriomorphe et subidiomorphe en amas montrant des bordures soudées. Les sulfures de cobalt sont observés en inclusions dans la magnétite et le long de joints de grains et de micro-fractures. Microphotographie en lumière réfléchie, lame mince CQA-07-469A.

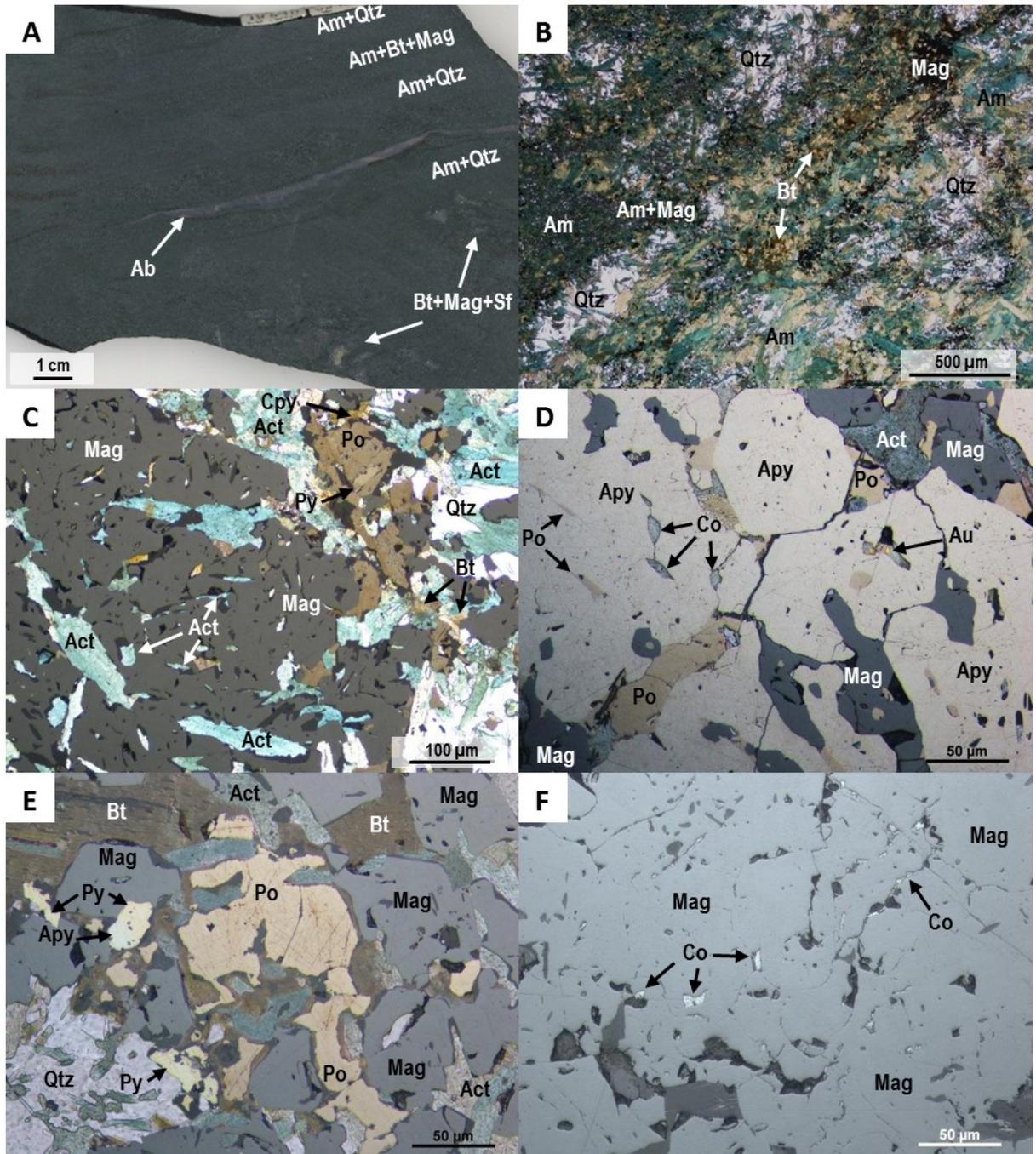


Planche 85 – Altérations (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe

A) Remplacement (HT) Ca-Fe généralisé et sporadique formant des lentilles millimétriques minéralisées dans une matrice à amphibole. Échantillon CQA-07-468D.

B) Lentille à quartz, magnétite, pyrrhotite, arsénopyrite et chalcopryrite associée à un remplacement sporadique (HT) Ca-Fe à actinote et magnétite qui se superpose sur une altération à hornblende généralisée. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-468D.

C) Remplacement pénétratif interdigité à biotite sur une matrice à actinote. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-467A.

D) Remplacement (HT) Ca-K-Fe généralisé composé d'actinote fibro-radiée et aciculaire avec de la biotite intercrystalline qui forme également des lits millimétriques. L'altération (HT) Ca-K-Fe est associée à de l'arsénopyrite en amas montrant des bordures lobées en contact avec l'actinote et la biotite. Des sulfures de cobalt et bismuth sont présents en inclusions en bordures des cristaux d'arsénopyrite ainsi que le long de micro-fractures recoupant l'arsénopyrite. La chalcopryrite se retrouve aussi en inclusions dans l'arsénopyrite et forme également des plages irrégulières au cœur des amas d'arsénopyrite. L'altération (HT) Ca-K-Fe est superposée par des plages diffuses et irrégulières d'actinote vert pâle (Act (2)) qui contiennent des micro-lamelles de sulfures de cobalt et bismuth le long du plan de clivage de l'actinote. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-467A.

E) Faible altération (HT) Ca-Fe à actinote vert pâle qui forme des plages diffuses et irrégulières en superposition sur la paragenèse (HT) Ca-K-Fe à amphibole et biotite. Dans les zones à actinote pâle, l'arsénopyrite, la chalcopryrite et la pyrrhotite montrent des signes de résorption. L'arsénopyrite contient des inclusions de magnétite, chalcopryrite, pyrrhotite et sulfures de Co et Bi. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-467A.

F) Remplacement du clinopyroxène, de la hornblende et de la biotite par l'actinote vert pâle. L'actinote contient des lamelles et des plages irrégulières de sulfures de Co et Bi alignées le long du clivage de l'actinote. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-469A.

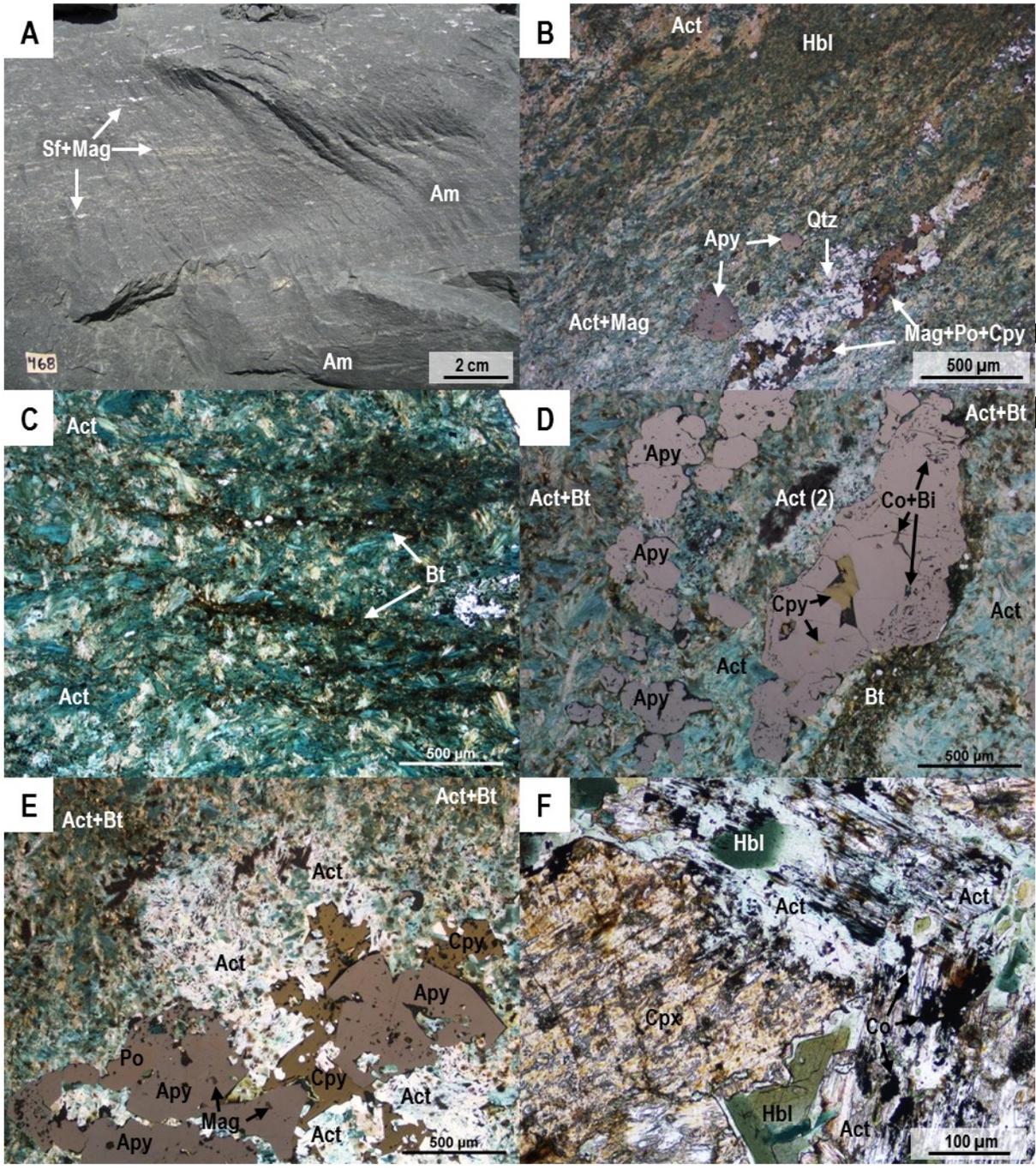


Planche 86 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe

A) Métasiltstone superposé par un remplacement généralisé (HT) Ca-Fe à hornblende qui est ensuite recoupé par un réseau de veines (HT) Ca-Fe à clinopyroxène, actinote et arsénopyrite. Échantillon CQA-07-480Q.

B) Veine (HT) Ca-Fe à clinopyroxène, actinote et arsénopyrite montrant un contact diffus et irrégulier avec le précurseur composé de hornblende et de quartz. Au contact, la hornblende est remplacée en actinote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-480Q.

C) Veine (HT) Ca-K-Fe à amphibole, feldspath-K et pyrrhotite recoupant des lits albitisés et le remplacement généralisé (HT) Ca-Fe. Échantillon CQA-07-480I.

D) Cœur d'une veine (HT) Ca-K-Fe composée de hornblende et feldspath-K et de fragments de quartz fracturés qui montrent des golfes de corrosion. Les cristaux allotriomorphes et hétérogranulaires de hornblende sont compris dans une matrice de feldspath-K microcristallin formant une texture en mosaïque. La matrice à feldspath-K contient de la chalcopyrite, pyrite, magnétite et sulfures de Co et Bi, de forme irrégulière, disséminés. Au pourtour des veines, les sulfures sont plus abondants et l'actinote est présente au détriment de la hornblende. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-468D.

E) Bordure de la veine (HT) Ca-K-Fe (en D) composée d'actinote, quartz, magnétite, pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite, marcassite et sulfures de Co et Bi. Le contact de la veine est net à diffus et irrégulier où l'actinote vert pâle remplace la hornblende et l'actinote d'une altération (HT) Ca-Fe antérieure. Le remplacement à actinote vert pâle est sporadique et accompagné de lamelles de sulfures de Co et Bi préférentiellement distribuées le long du plan de clivage. Une apophyse de la veine s'injecte le long d'un lit du précurseur. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-468D.

F) Dans la veine (HT) Ca-K-Fe (en D), la magnétite est finement grenue, allotriomorphe, compacte et est englobée par la pyrite, la pyrrhotite et la chalcopyrite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-468D.

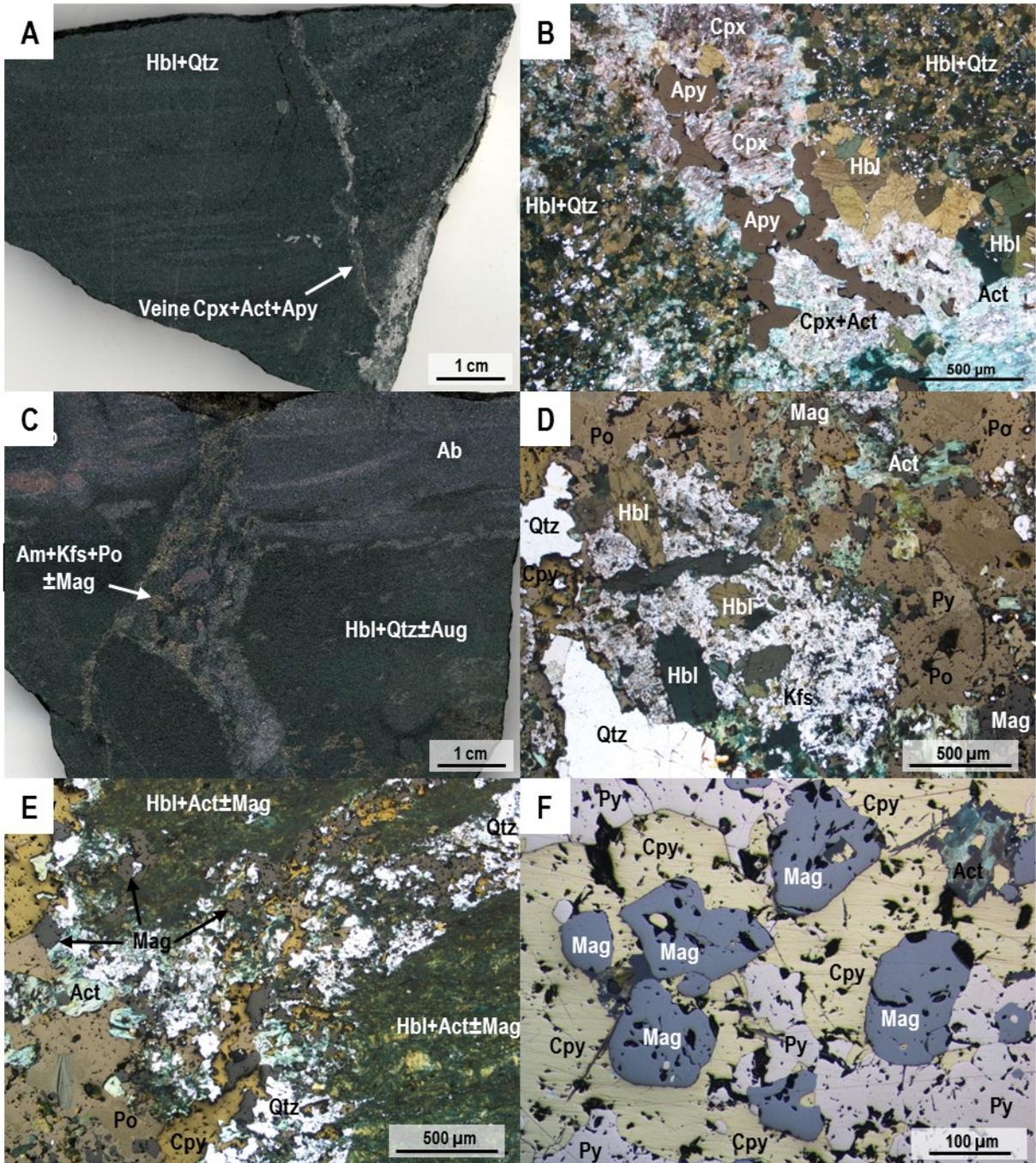


Planche 87 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) Ca-K-Fe

A) Réseau de veines à arsénopyrite recoupant des altérations sodiques, calciques et potassiques. Échantillon CQA-07-483E2.

B) Altération (HT) Ca-K-Fe à hornblende, augite, feldspath-K, allanite et apatite sous forme de remplacement irrégulier qui contient des écailles et fragments d'un précurseur albitisé montrant un assemblage à albite, hornblende, apatite et titanite. L'arsénopyrite est associée à une faible imprégnation à actinote qui se superpose sur l'altération (HT) Ca-K-Fe. L'arsénopyrite englobe des cristaux d'augite bien préservés tandis que dans la matrice, l'augite est rétrogradée en actinote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-483E1.

C) Veines à arsénopyrite et sulfures de Co et Bi recoupant l'altération (HT) Ca-K-Fe à hornblende, feldspath-K, augite, allanite et apatite. Les veines sont accompagnées d'une imprégnation des épontes caractérisée par un remplacement partiel de la hornblende et de l'augite par de l'actinote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-483E2.

D) Au cœur des veines, l'arsénopyrite est idiomorphe et est entourée par une matrice équi-granulaire à actinote, feldspath-K et quartz. Près des épontes, l'arsénopyrite est allotriomorphe et contient des sulfures de Co et Bi au cœur des cristaux. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-483E1.

E) Réseau de veines (HT) Ca-Fe à arsénopyrite et actinote recoupé par une veine à hornblende d'aspect massif. Le précurseur est composé de lits albitisés intercalés par des horizons remplacés par une altération (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite. Ces altérations sont ensuite superposées par une imprégnation potassique avec un remplacement sélectif et incomplet de l'albite par le feldspath-K et des amphiboles par de la biotite. Les veines à arsénopyrite recoupent préférentiellement les lits à feldspaths. Échantillon CQA-07-0480J2.

F) Précurseur albitisé superposé par une imprégnation sélective à feldspath-K. Une altération (HT) Ca-Fe à actinote et magnétite fracture et remplace les lits à feldspath. La magnétite remplace sporadiquement certaines parties des lits à feldspath en formant des plages irrégulières et diffuses, et contient des picots disséminés reliés par des veines et fractures. Échantillon CQA-07-0480.

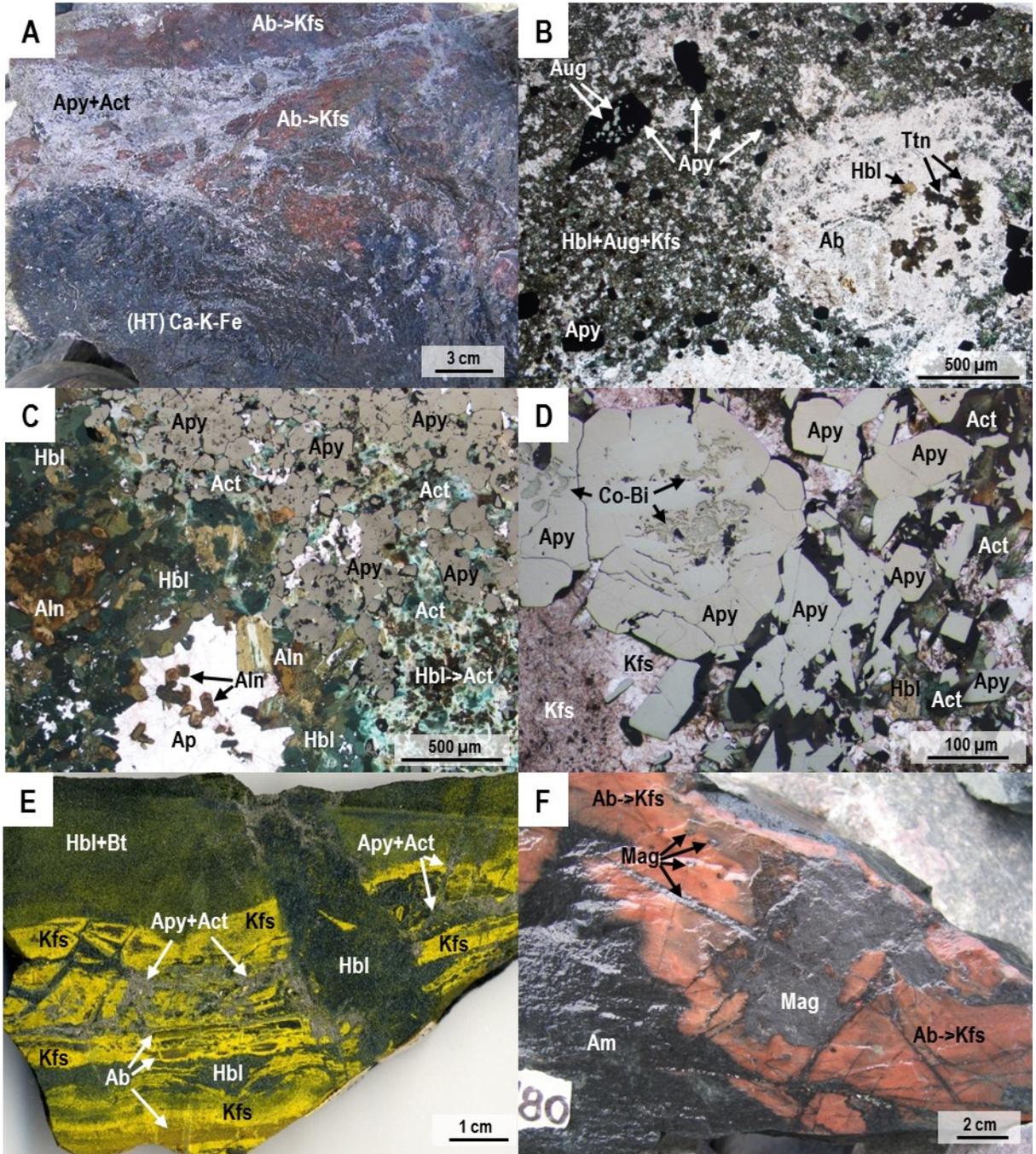


Planche 88 – Altération (HT) Ca-K-Fe

A) Brèche (HT) Ca-K-Fe composée d'une matrice à actinote, magnétite et pyrrhotite avec initiation d'un remplacement stratoïde sur un fragment composé d'un assemblage à albite, actinote et titanite. La magnétite et la pyrrhotite forme des amas irréguliers dans la matrice de la brèche et forme des lentilles ondulantes dans le fragment. Échantillon CQA-07-484T.

B) Amas irrégulier à pyrrhotite, magnétite et chalcopryrite associé à la matrice de brèche à actinote. En bordure des fragments et spatialement associée aux sulfures, l'altération (HT) Ca-K-Fe développe des plages disparates et irrégulières à biotite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-480ZC.

C) Brèche (HT) Ca-K-Fe contenant des fragments altérés provenant de paragenèses (HT) Na et (HT) Ca-Fe antérieures. Les fragments sont subanguleux à arrondis, de taille centimétrique à décimétrique et sont supportés par la matrice. Les fragments (HT) Ca-Fe sont composés de hornblende, actinote et magnétite, équigranulaire et finement grenue, qui montrent une bordure de réaction avec la matrice. La brèche est composée d'actinote, magnétite, pyrrhotite, chalcopryrite, arsénopyrite et sulfures de Co et Bi. Les sulfures et la magnétite sont présents aléatoirement sur certains fragments. Échantillon CQA-07-480ZD1.

D) Dans la matrice de la brèche, la pyrrhotite forme des plages irrégulières à texture bigarrée et est intercrystalline à l'actinote aciculaire ou fibro-radiée. La magnétite est allotriomorphe, hétérogranulaire et comprise dans la pyrrhotite. La pyrrhotite est localement remplacée en marcassite et pyrite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-480Z11.

E) Magnétite massive en amas montrant différents faciès au sein de la brèche. Le cœur est fracturé et contient un remplissage à sulfures de Co-Bi. En périphérie, la magnétite contient des micro-inclusions de pyrrhotite, arsénopyrite, pyrite, chalcopryrite et sulfures de Co-Bi. Microphotographie en lumière réfléchie, lame mince CQA-07-480ZD1.

F) En marge des amas de magnétite, la magnétite englobe des baguettes d'actinote qui montrent des bordures irrégulières. La magnétite est poreuse et contient des micro-inclusions de pyrrhotite, arsénopyrite, pyrite, chalcopryrite et sulfures de Co-Bi ainsi que des plages irrégulières de pyrrhotite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame mince CQA-07-480ZD1.

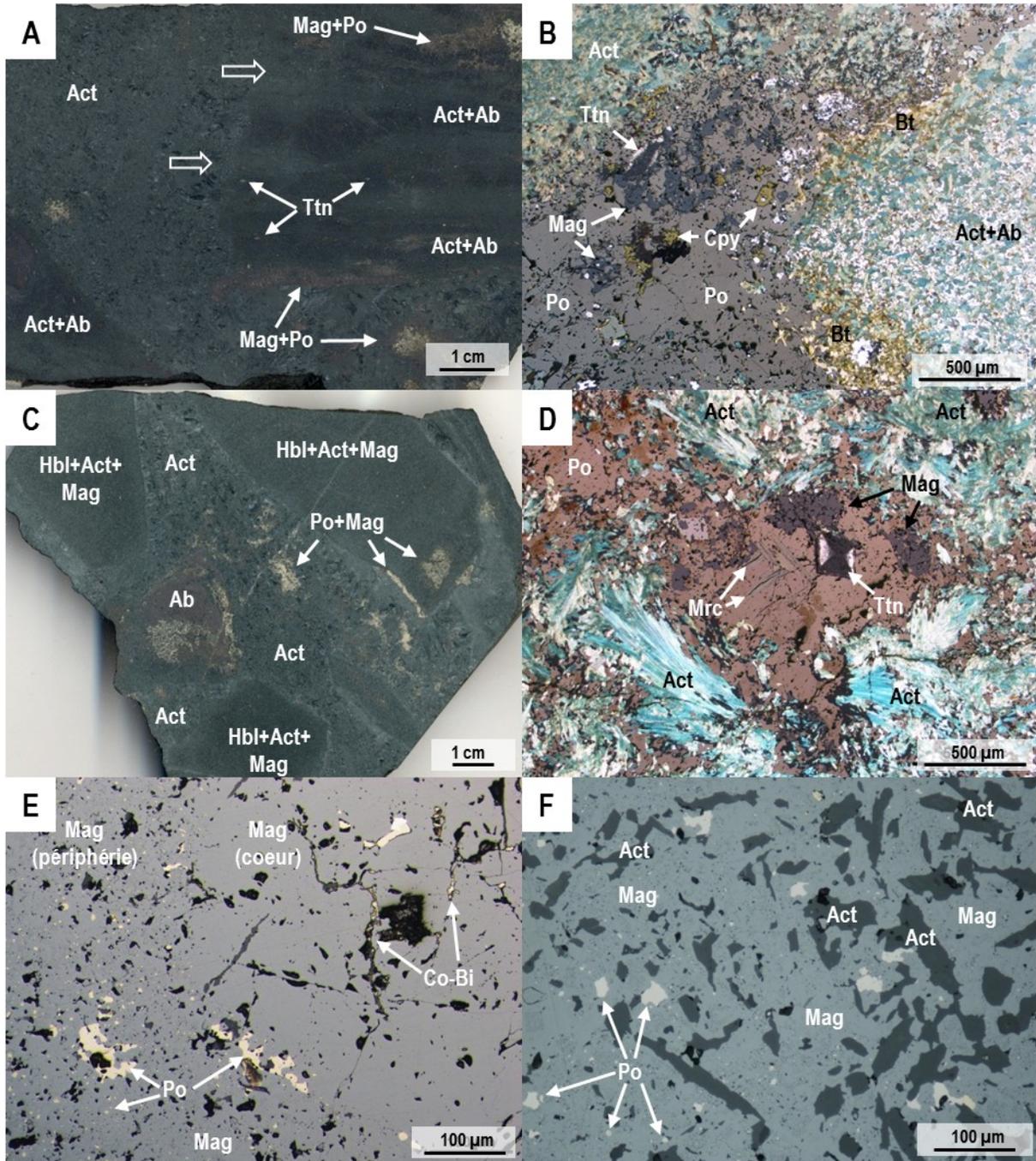


Planche 89 – Altération (HT) Ca-K-Fe

A) Bordure d'un fragment albitisé superposé par une imprégnation (HT) Ca-K-Fe associé à la matrice de brèche à actinote, magnétite et pyrrhotite. La biotite forme des amas circulaires en remplacement sélectif de la titanite disséminée dans le précurseur. Des zircons et oxydes de U-Th microcristallins et disséminés, sont exclusifs aux amas de biotite. Aux endroits où la pyrrhotite est abondante, la magnétite englobe une relique de titanite partiellement remplacée. La pyrrhotite forme des plages irrégulières qui englobent les baguettes d'actinote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0480ZI2.

B) Relique d'un cristal de titanite remplacé en ilménite, magnétite et biotite par l'imprégnation (HT) Ca-K-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0480ZI2.

C) Cristallisation préférentielle de la magnétite, pyrrhotite, chalcopryrite et sulfures de Co-Bi en périphérie des cristaux de titanite. La forme des cristaux de titanite est discernable malgré le remplacement en ilménite, magnétite et biotite causé par l'altération (HT) Ca-K-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0480ZC.

D) Détail d'un réseau de veine (HT) Ca-Fe à arsénopyrite massive recoupé par une veine (HT) K-Fe à biotite et magnétite au sein de la brèche (HT) Ca-K-Fe. Les veines (HT) Ca-Fe sont composées d'arsénopyrite, calcite, titanite, magnétite, apatite, quartz, pyrrhotite et fluorite tandis que la veine (HT) K-Fe est composée de magnétite, biotite, chalcopryrite, arsénopyrite et pyrrhotite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0480ZD3.

E) Magnétite subidiomorphe à allotriomorphe et hétérogranulaire au cœur de la veine (HT) K-Fe. La magnétite contient des globules de calcite, biotite, apatite, quartz et pyrrhotite. La magnétite possède cette texture particulière lorsque la titanite et la calcite est abondante. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0480ZD3.

F) Près du contact avec la matrice de brèche à actinote, la magnétite est allotriomorphe, microcristalline et forme un amas continu et irrégulier qui suit le contact. Dans la veine et en contact avec la biotite, la magnétite est subidiomorphe, finement à moyennement grenue et contient moins de micro-porosités. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0480ZD3.

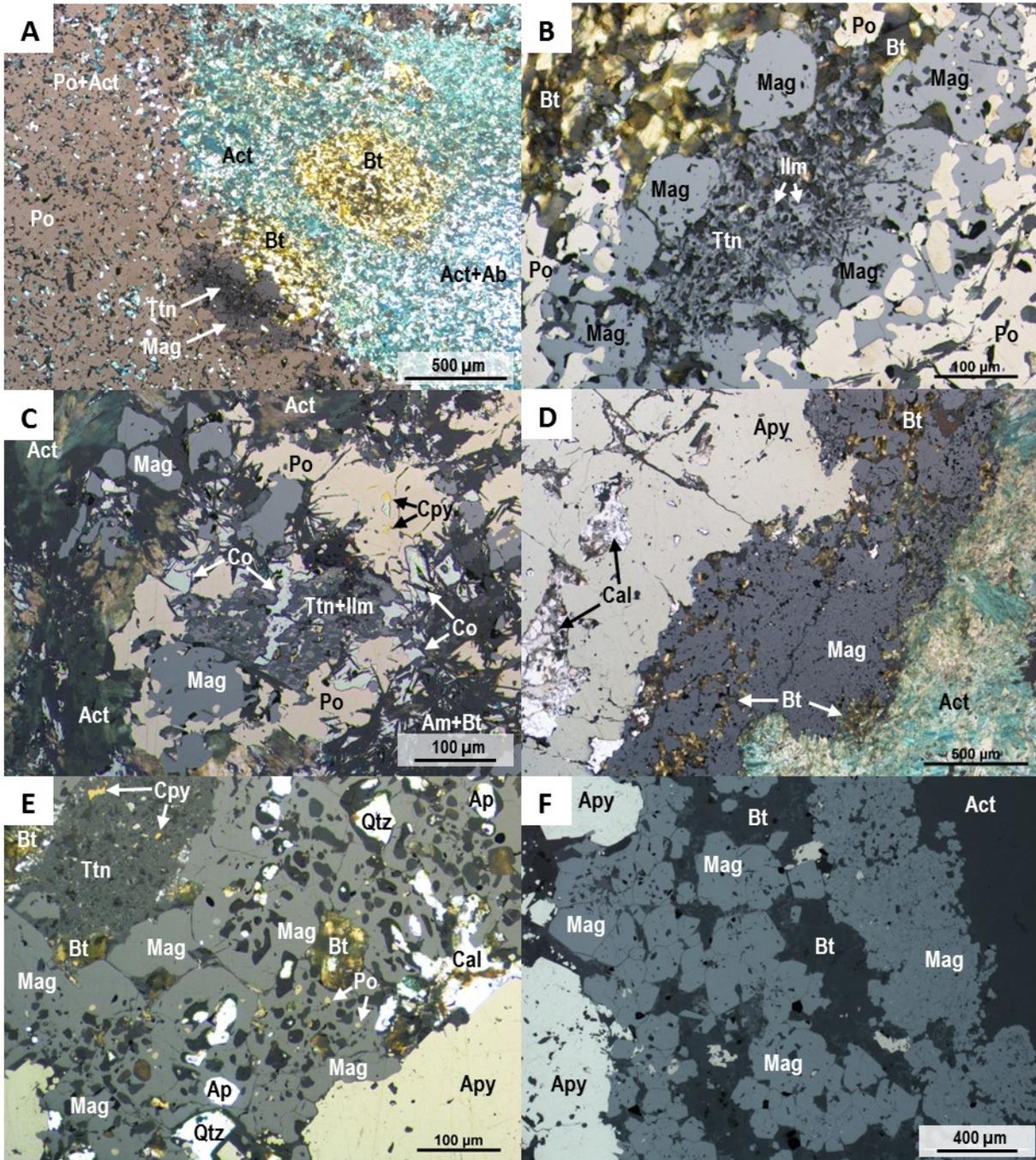


Planche 90 – Altération (HT) K-Fe

A) Rhyolite porphyrique superposée par un remplacement généralisé (HT) K-Fe d'intensité modéré. La texture de coulée est préservée ainsi que les phénocristaux. Station 09CQA-0008.

B) Le remplacement généralisé (HT) K-Fe préserve la texture volcanique primaire. La magnétite est microcristalline, disséminée et se concentre le long de certains horizons parallèles à l'orientation des phénocristaux de feldspath et quartz. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince 09CQA-0008B01.

C) Remplacement complet de la matrice de la rhyolite porphyrique par des cristaux microcristallins et allotriomorphes de feldspath-K qui contient de fins cristaux allotriomorphes et compactes de magnétite disséminée. Les phénocristaux de feldspath montrent un subtil remplacement à feldspath-K initié par de fines fractures. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince 09CQA-0008B01.

D) Réseau de veines à arsénopyrite accompagné d'un subtil remplacement (HT) K-Fe à biotite sur le métasiltstone. Échantillon KZ09-NI-1-1-2.

E) Remplacement préférentiel du feldspath-K par de la biotite microcristalline. L'altération (HT) K-Fe à biotite se propage entre les joints de grains pour remplacer sélectivement des grains de feldspath sans affecter les grains de quartz. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame KZ09-NI-1-1-2.

F) Détails du remplacement du feldspath-K par la biotite. La biotite contient de fines lamelles d'oxyde de fer parallèles au clivage. Image d'électrons rétrodiffusés, lame KZ09-NI-1-1-2.

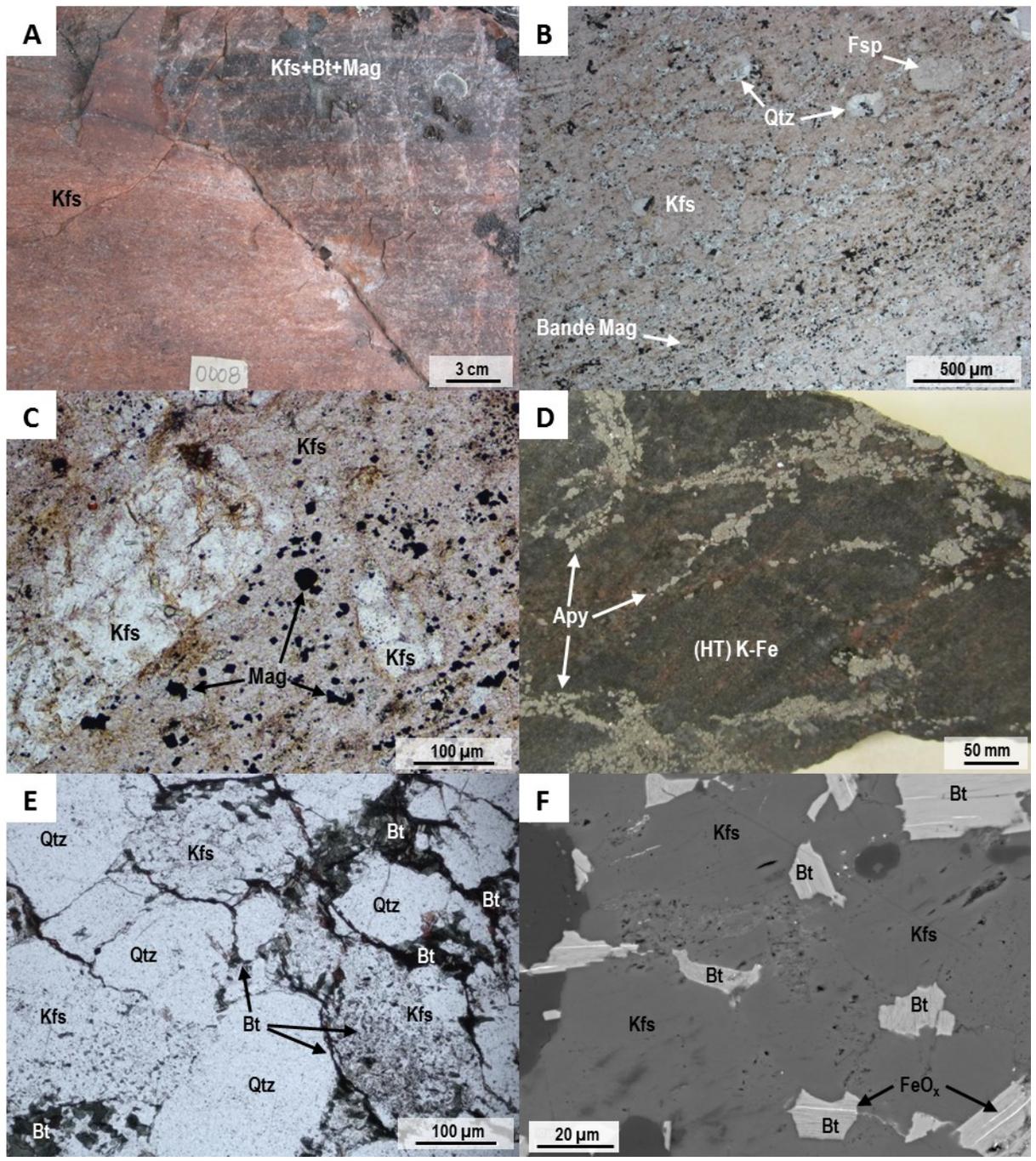


Planche 91 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe

A) Tranche de roche polie (haut) et colorée (bas) montrant la distribution du faible remplacement (HT) K-Fe à feldspath-K, biotite et magnétite sur le métasiltstone. Le remplacement est sélectif, sporadique et irrégulier avec une excellente préservation des textures du précurseur. Échantillon 09CQA-0002A01.

B) Remplacement (HT) K-Fe à biotite, feldspath-K et magnétite sur le métasiltstone. Dans un lit plus grossier, les grains de quartz finement grenus sont préservés. L'altération en biotite montre un aspect bigarré et la magnétite y est microcristalline et disséminée. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince 09CQA-0002A01.

C) Tranche de roche polie (gauche) et colorée (droite) montrant la distribution du remplacement d'intensité modérée (HT) K-Fe à feldspath-K, biotite et magnétite sur le métasiltstone. Le remplacement est régulier, hétérogène et sélectif avec une bonne préservation des textures du précurseur. Échantillon CQA-07-484M.

D) Remplacement (HT) K-Fe à biotite, feldspath-K et magnétite sur le métasiltstone. Une lentille de quartz est préservée mais montre des golfes de corrosion et le développement de cristaux de biotite au cœur. La biotite est hétérogranulaire et plus abondante que le feldspath-K. La magnétite est microcristalline, disséminée et spatialement associée à la biotite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-0484M.

E) Faible altération (HT) K-Fe à biotite et magnétite superposée sur une altération (HT) Ca-Fe à actinote, magnétite et quartz. L'altération (HT) Ca-Fe forme des lits millimétriques de magnétite massive en amas aux bordures nettes et irrégulières qui sont intercalés par des lits à actinote et quartz. L'altération (HT) K-Fe est stratoïde, irrégulière et se met en place au contact avec les lits de magnétite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0469H.

F) La magnétite de la paragenèse (HT) Ca-Fe (Mag(Ca)) est recristallisée en contact avec la biotite de la paragenèse (HT) K-Fe. La magnétite de la paragenèse (HT) K-Fe (Mag(K)) est plus grossière, contient des inclusions de pyrite et chalcopryrite et tend à former des cristaux subidiomorphes. Présence de pyrite et chalcopryrite associés à l'altération (HT) K-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0469H.

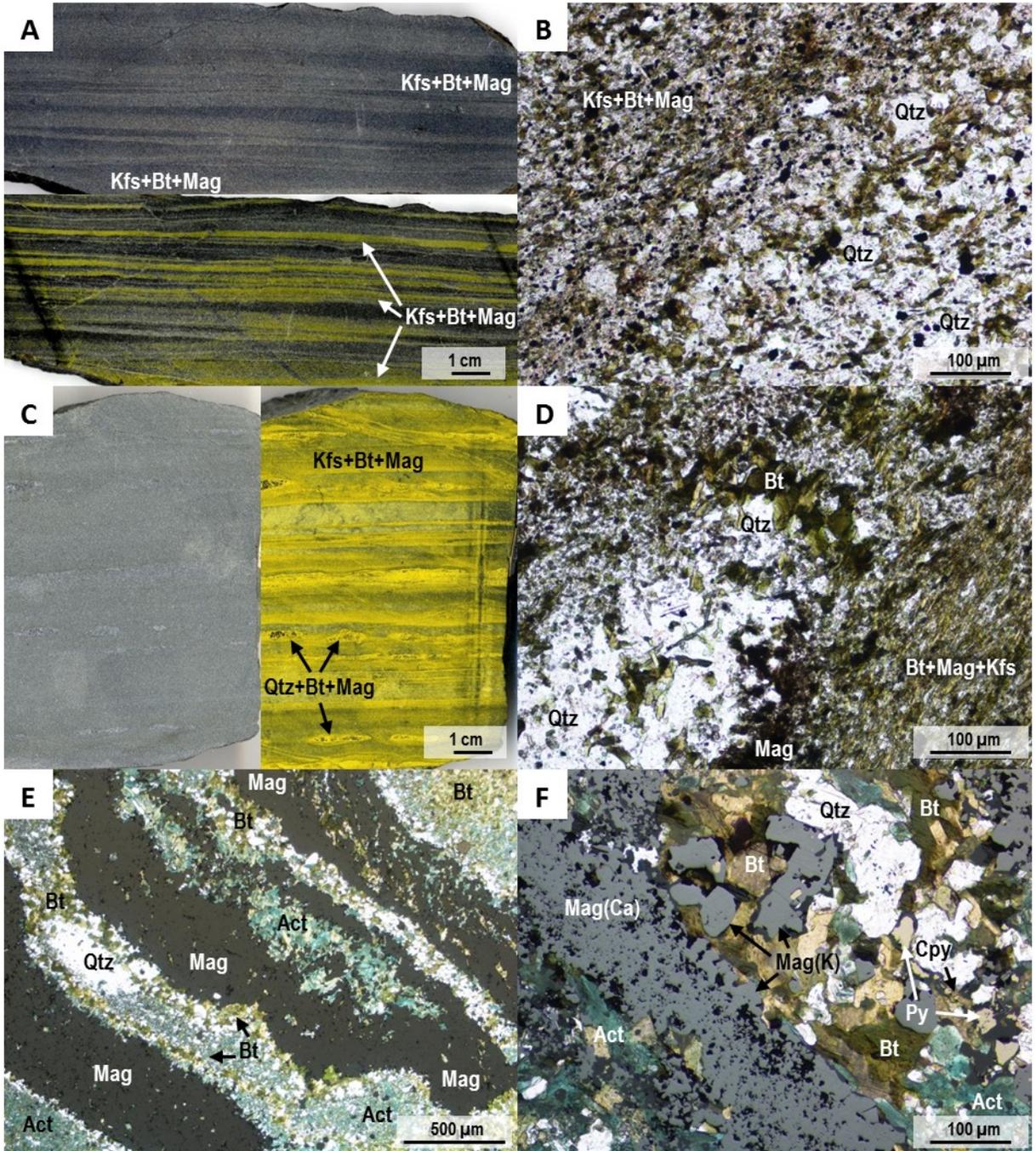


Planche 92 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe

A) Paragenèse (HT) Ca-Fe à actinote, magnétite et quartz recoupée par une veine massive à arsénopyrite, pyrrhotite et magnétite. Ces altérations sont ensuite superposées par un remplacement stratoïde et pénétratif (HT) K-Fe à biotite, magnétite et sulfures qui préserve la texture du précurseur. Échantillon CQA-07-0468F.

B) Remplacement pénétratif irrégulier de l'altération (HT) K-Fe à biotite en superposition sur la magnétite, l'actinote et le quartz de la paragenèse (HT) Ca-Fe. Assimilation de certains lits à magnétite par le passage de l'altération potassique. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0468F.

C) L'arsénopyrite, associée à la paragenèse (HT) Ca-Fe, contient des baguettes microcristallines d'actinote et forme des amas aux bordures irrégulières. La biotite de la paragenèse (HT) K-Fe recoupe l'arsénopyrite et remplace sporadiquement l'actinote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0468F.

D) Remplacement pénétratif (HT) K-Fe à biotite montrant un aspect anastomosé. Le remplacement à biotite est associé à formation de feldspath-K, zircon et d'oxyde d'uranium et thorium. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-0468F.

E) Détail de la veine minéralisée où l'arsénopyrite est allotriomorphe à subidiomorphe et contient de la pyrrhotite et magnétite de forme irrégulière. La magnétite est intercristalline et forme des amas irréguliers. Les sulfures de Co et Bi le long des joints de grains et dans les fractures de la pyrrhotite et de la magnétite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0468F.

F) L'altération pénétrative (HT) K-Fe recoupe l'arsénopyrite et la pyrrhotite et est associée à une présence plus marquée de sulfures de Co et Bi, particulièrement dans l'arsénopyrite et la pyrrhotite qui montrent des signes de remplacement. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0468F.

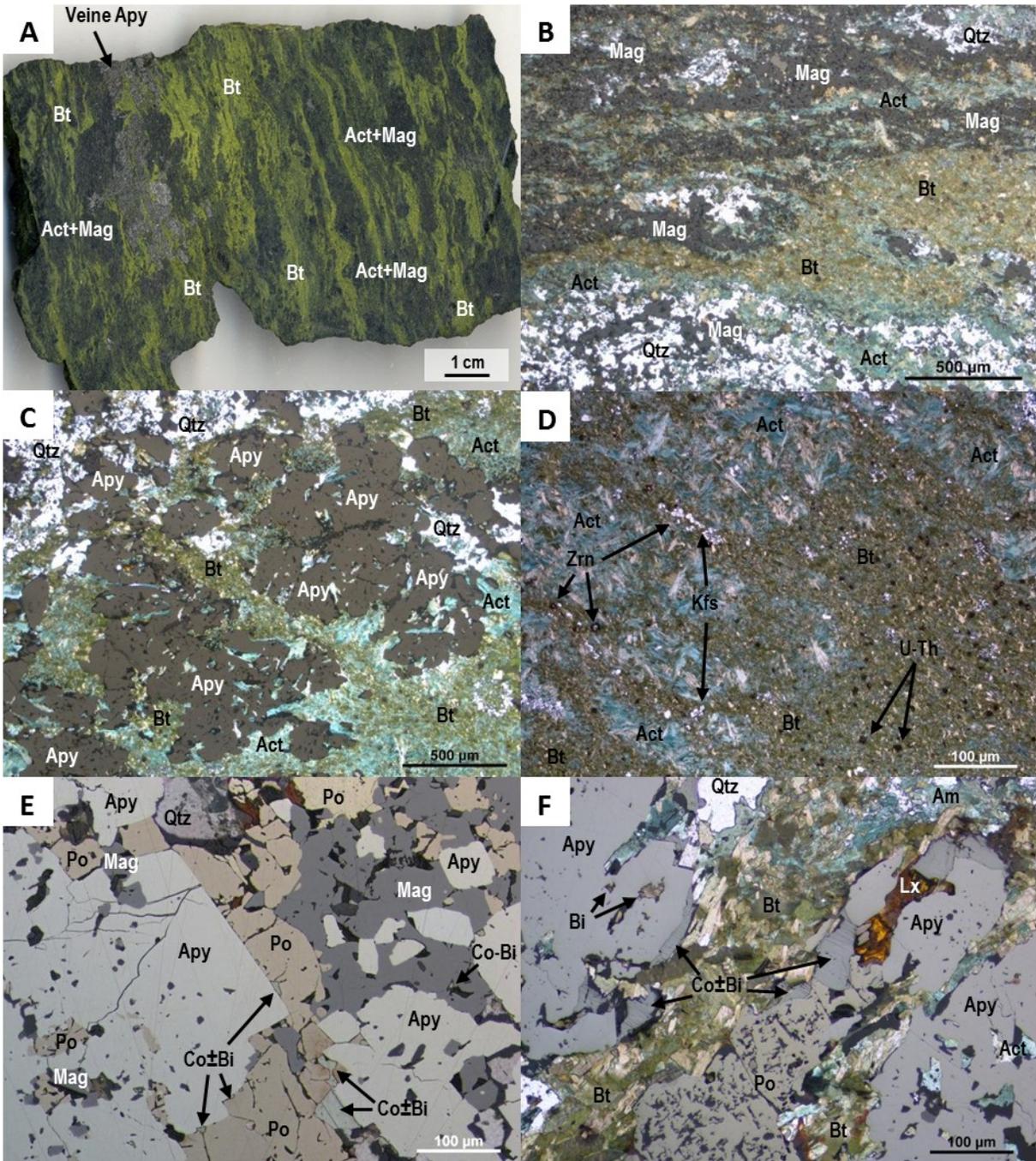


Planche 93 – Altérations (HT) Ca-Fe, (HT) Ca-K-Fe et (HT) Ca-K-Fe

A) Métasiltstone superposé par un remplacement (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite où la texture sédimentaire est bien préservée par la présence de fines lamines. Un remplacement pervasif, stratoïde, sélectif et hétérogène (HT) K-Fe à biotite et magnétite remplace certains horizons du précurseur où seule la structure litée est préservée. Échantillon CQA-07-0480V.

B) Remplacement de la hornblende par de la biotite lors du remplacement généralisé (HT) K-Fe. Des fragments lobés à albite et biotite sont contenus dans la matrice à hornblende et biotite. L'arsénopyrite contient des lamelles de magnétite associé au remplacement à biotite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0486E.

C) Remplacement généralisé (HT) K-Fe sous forme d'imprégnation hétérogène sur le métasiltstone préalablement affecté par une altération (HT) Na et (HT) Ca-Fe. L'altération (HT) K-Fe est ensuite recoupée par des veines (HT) Ca-K-Fe à hornblende, feldspath-K, magnétite, arsénopyrite, et chalcopyrite mises en place lors d'un épisode de cisaillement. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0480V.

D) Veine (HT) Ca-K-Fe recoupant les lits de magnétite. Dans la veine, la magnétite forme des cristaux allongés et zonés tandis que les lits de magnétite sont constitués de magnétite massive en amas. La roche encaissante est constituée de lits millimétriques à centimétriques d'albite microcristallin qui sont superposés et recoupés par une paragenèse (HT) K-Fe à biotite. Les lits de magnétite contiennent de la biotite intercristalline indiquant une possible recristallisation de la magnétite par le passage de l'altération (HT) K-Fe. Des reliques d'amphibole sont retrouvées dans les plages à biotite indiquant une altération calcique antérieure à celle à biotite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0480V.

E) Dans les lits, la magnétite est massive, allotriomorphe, microcristalline à finement grenue. Au cœur des lits, la magnétite forme de fines baguettes zonées et poreuses sans orientation préférentielle. Dans les lits à albite et biotite, la magnétite subidiomorphe ou en amas disséminés de forme irrégulière qui contiennent parfois des baguettes de magnétite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0480V.

F) Magnétite zonée retrouvée dans les veines (HT) Ca-K-Fe. La partie extérieure de la magnétite est associée au veine (HT) Ca-K-Fe tandis que le cœur est associé à une phase précoce de cristallisation au sein de la veine ou une altération antérieure aux veines. Le cœur de la magnétite contient de micro-inclusions de scheelite et montre un contact net avec la seconde génération de magnétite qui l'entoure. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-07-0480V.

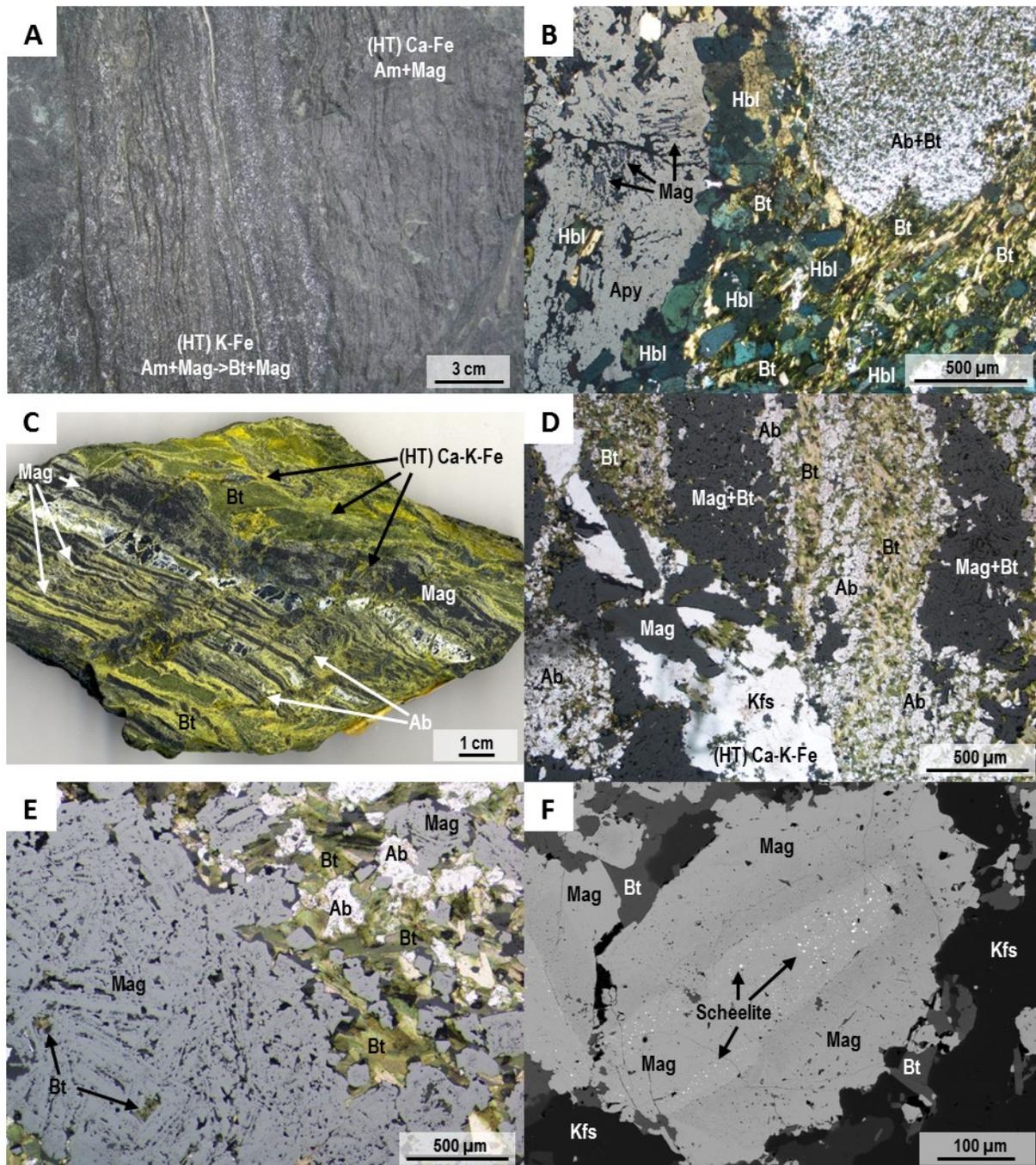


Planche 94 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe

A) Tranche de roche polie montrant la distribution de l'altération potassique dans les veines (HT) K-Fe à biotite, arsénopyrite, pyrite, chalcopyrite et magnétite. Les veines recoupent un remplacement généralisé (HT) Ca-Fe composé d'augite et hornblende et montrent un contact régulier et diffus. Échantillon CQA-07-0468G1.

B) Cœur de la veine où la paragenèse (HT) K-Fe forme un réseau anastomosé entre les amas et les cristaux d'augite. L'arsénopyrite est allotriomorphe et englobe des cristaux d'augite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0468G1.

C) Bordure de la veine (HT) K-Fe où l'arsénopyrite est concentrée près du contact. Dans l'éponte, l'arsénopyrite est de forme irrégulière et englobe la hornblende. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0468G1.

D) Tranche de roche colorée montrant la distribution de l'altération (HT) K-Fe sur le métasiltstone albitisé. L'altération (HT) K-Fe se met en place le long du réseau de fractures et remplace sporadiquement le précurseur sous forme d'imprégnation diffuse. Échantillon CQA-07-0480W3

E) Remplacement irrégulier (HT) K-Fe formant des poches irrégulières et des lits discontinus alignés le long du litage et qui se développent lorsque les veines rencontrent un horizon spécifique. Le remplacement (HT) K-Fe est composé de biotite, magnétite et feldspath-K qui sont équigranulaires et finement grenus dans les poches irrégulières. Aux épontes des veines et des poches irrégulières, l'altération développe un halo diffus composé de cristaux microcristallins en imprégnation sur le précurseur albitisé. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-0480W3.

F) Métasiltstone albitisé contenant un lit altéré en magnétite semi-massif aux contacts graduels qui est composé de cristaux allotriomorphes et microcristallins. La paragenèse (HT) K-Fe à feldspath-K, biotite et magnétite recoupe l'albitite et le lit altéré en magnétite. Une altération préférentielle de lamines albitisées par la magnétite a été observée dans plusieurs cas mégascopiquement, certains d'entre eux ayant aussi été superposés par une altération faible en feldspath-K (Figure 27 dans Corriveau et al., 2010a). Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0480W3.

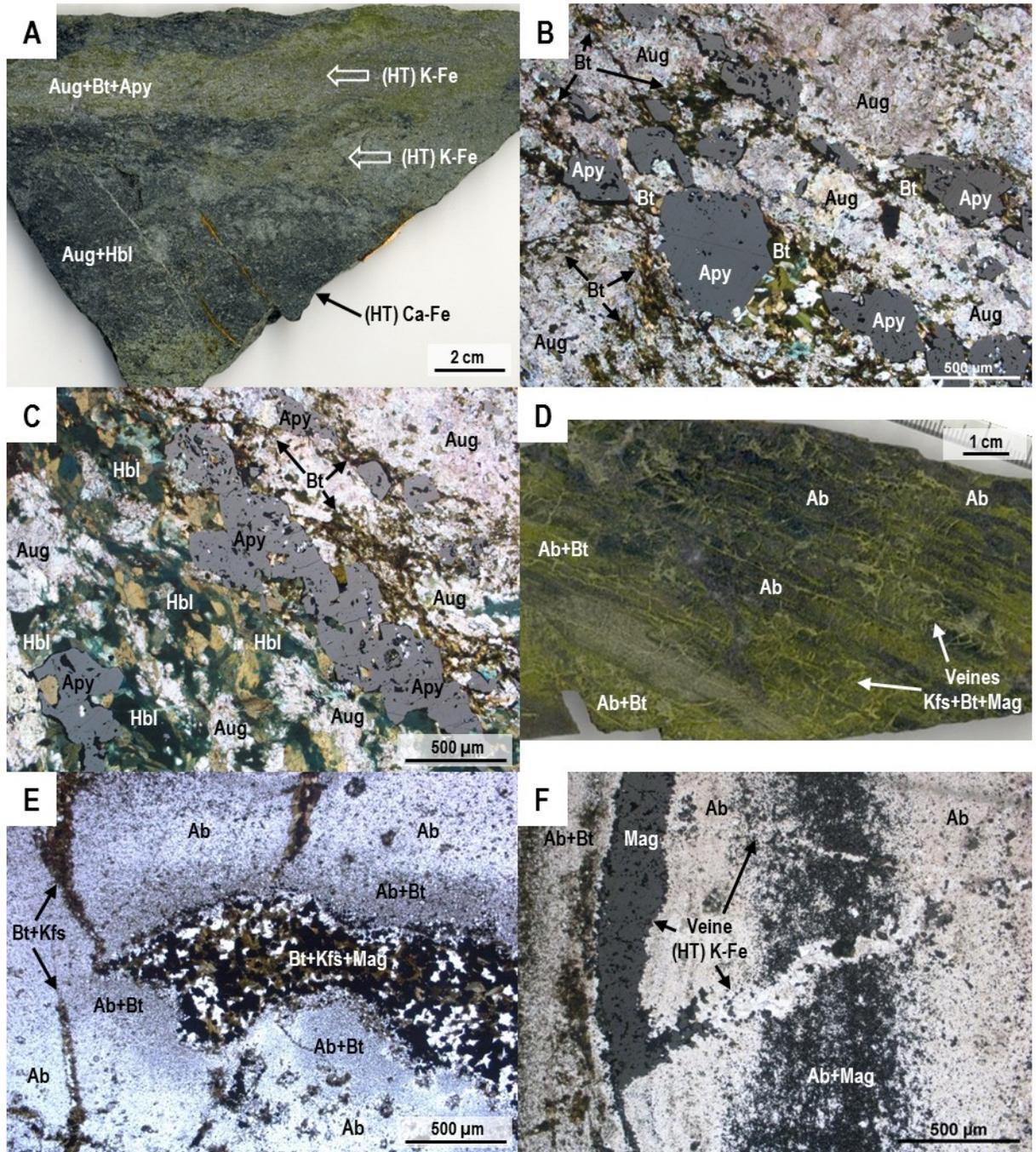


Planche 95 – Altérations (HT) K-Fe

A) Tranche de roche polie (gauche) et colorée (droite) montrant la forte imprégnation à feldspath-K des fragments associée à une brèche (HT) K-Fe à biotite, feldspath-K, magnétite et chlorite. Échantillon CQA-07-0465F.

B) Brèche (HT) K-Fe contenant des fragments anguleux à subanguleux autosupportés dans une matrice microcristalline à biotite, feldspath-K, magnétite et chlorite. Les fragments sont de taille millimétrique à centimétrique et sont complètement remplacés par du feldspath-K avec des traces de magnétite et de chlorite qui ont une texture bigarrée. Les fragments sont monogéniques, montrent un contact net avec la matrice et sont distribués de façon aléatoire dans la brèche. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-0465F.

C) Détail de l'imprégnation à feldspath-K, magnétite et chlorite sur les fragments de métasiltstone. L'abondance et la texture de la magnétite sont similaires dans la matrice et dans les fragments. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0465F.

D) Métasiltstone albitisé recoupé par deux réseaux de veines (HT) K-Fe. La première altération (HT) K-Fe forme un stockwork à magnétite massive contenant du quartz et de la biotite intercristalline. La seconde altération (HT) K-Fe est minéralisée et forme un réseau de veines recoupantes à biotite, feldspath-K, magnétite, quartz, titanite, pyrite et chalcopryrite. Échantillon CQA-07-0466Q.

E) Détails des deux réseaux de veines (HT) K-Fe qui recoupent l'albitite. La première génération de veines (HT) K-Fe, composée de magnétite massive, est recoupée par la seconde génération de veines (HT) K-Fe majoritairement composée de biotite et de la magnétite disséminée, finement grenue et de forme irrégulière. Les veines de la seconde paragenèse (HT) K-Fe sont plus fines et recoupent les veines de la première altération (HT) K-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0466Q.

F) La magnétite de la première génération de veines (HT) K-Fe est microcristalline, allotriomorphe, équigranulaire et forme des amas irréguliers avec des joints de grains partiellement soudés. Lorsque les veines de la seconde altération (HT) K-Fe recoupent les veines à magnétite massive, la magnétite de la première altération est recristallisée et forme des cristaux subidiomorphes plus grossiers avec de la chalcopryrite et pyrite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame mince CQA-07-0466Q.

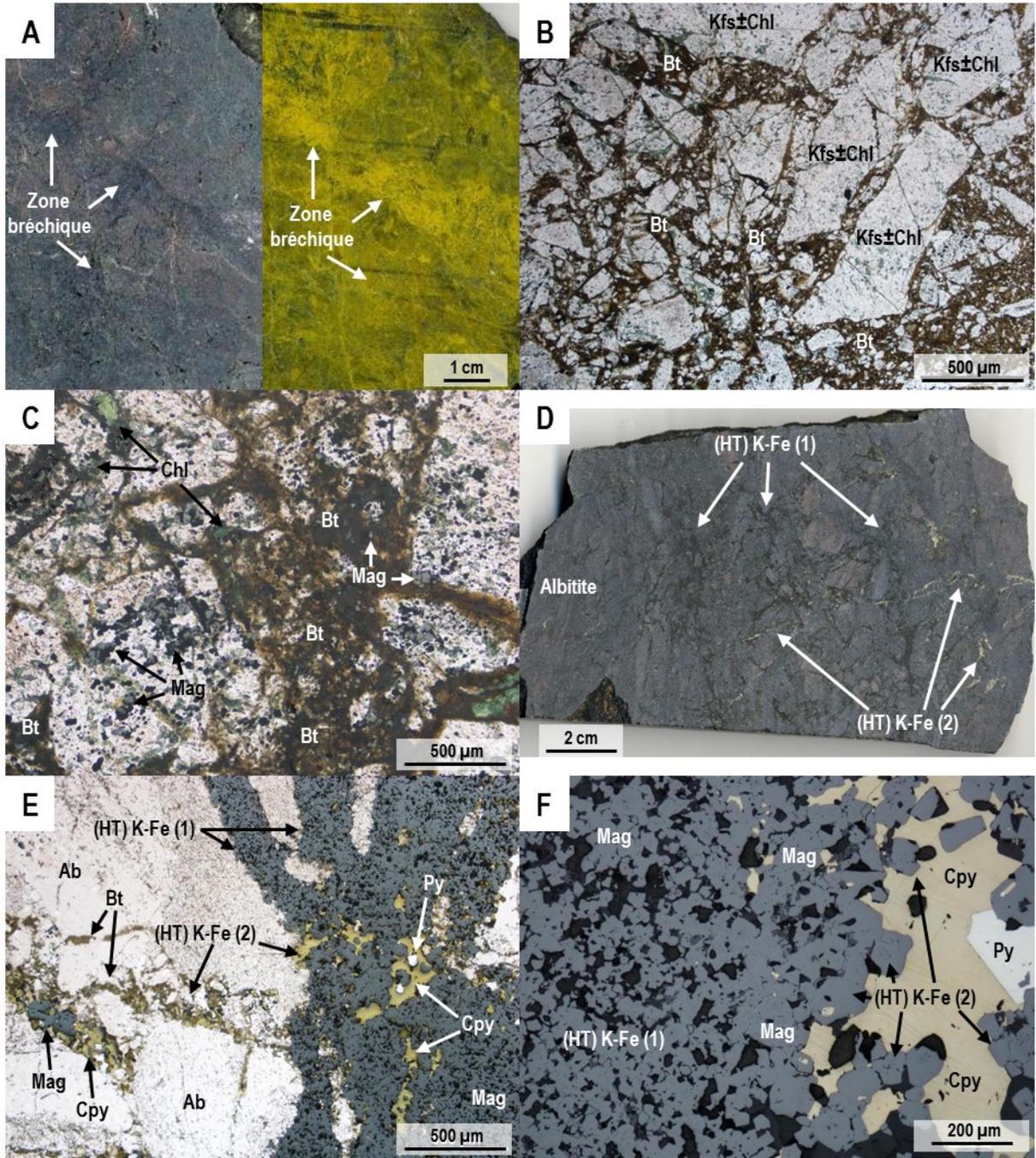


Planche 96 – Intrusion et altérations (HT) Ca-K-Fe et (HT) K-Fe

A) Monzonite porphyrique superposée par une forte imprégnation potassique puis recoupée par un réseau de veines (HT) Ca-K-Fe. Les veines sont massives et montrent un remplissage à hornblende, quartz, arsénopyrite, pyrrhotite et magnétite et une imprégnation des épontes à feldspath-K. Échantillon CQA-07-466I.

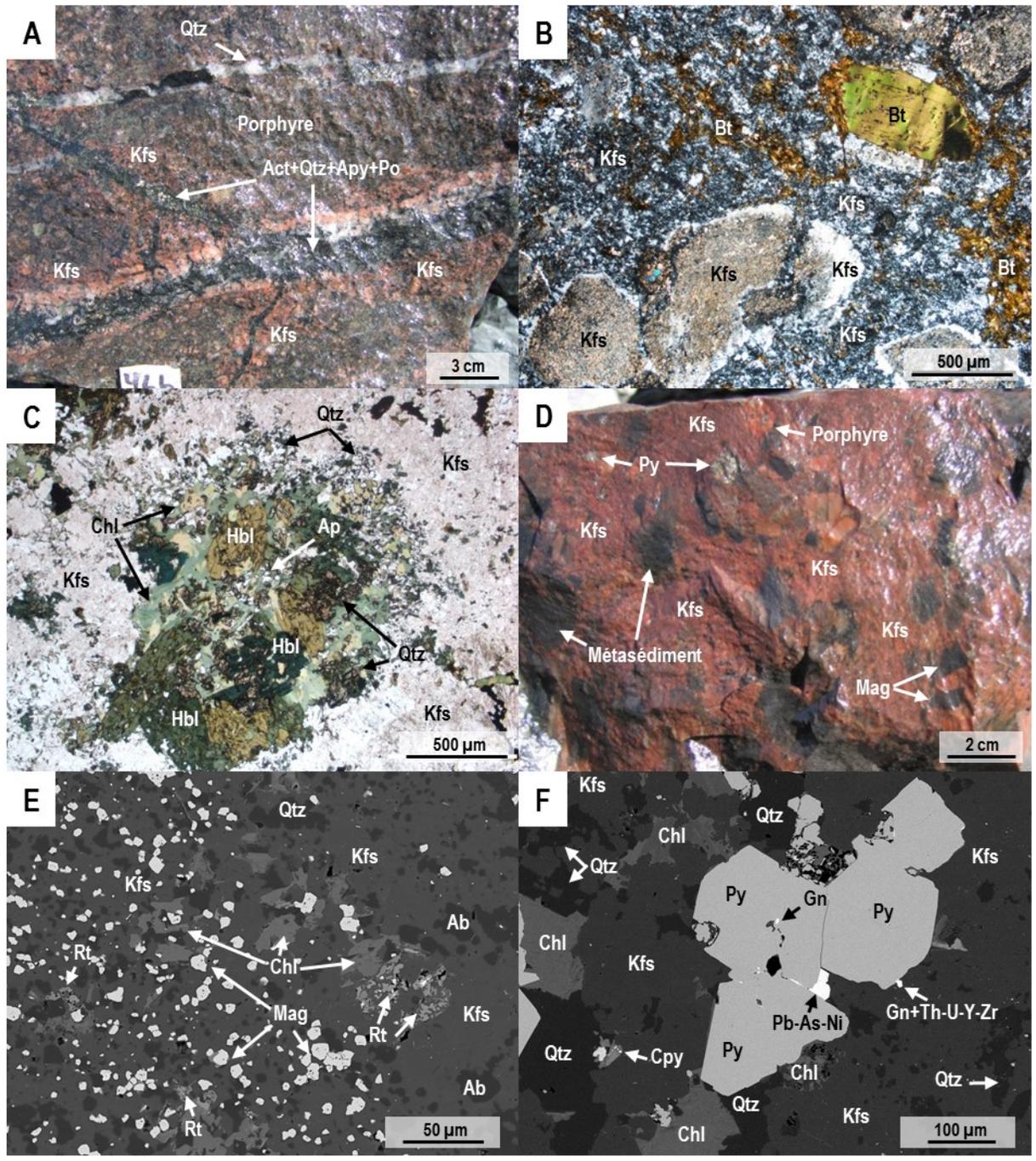
B) Monzonite porphyrique superposée par une forte imprégnation potassique avec préservation des textures primaires. Les phénocristaux sont complètement remplacés en feldspath-K où le cœur contient de microcristaux de séricite. La matrice est complètement recristallisée avec du feldspath-K microcristallin à texture allotriomorphe et de la biotite d'aspect bigarré. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-0466I4.

C) Glomérocrystal à hornblende, titanite et apatite dans la monzonite porphyrique. L'amas est superposé par une imprégnation potassique, associée au réseau de veines (HT) Ca-K-Fe recoupant la monzonite, qui remplace la hornblende en chlorite et quartz. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame mince CQA-07-0466I.

D) Brèche polygénique (HT) K-Fe contenant des fragments de métasiltstone et de monzonite porphyrique altérés à différentes intensités. Les fragments sont millimétriques à décimétriques, sub-arrondis et montrent des signes de corrosions avec un contact diffus. La matrice est majoritairement composée de feldspath-K microcristallins. Échantillon CQA-07-0466.

E) Brèche (HT) K-Fe avec magnétite disséminée associée à un remplacement sélectif d'un fragment de la brèche. La présence de magnétite détermine la taille du fragment qui est complètement remplacé par un assemblage à feldspath-K, magnétite, chlorite, quartz et rutile. La matrice contient des reliques d'albite disséminée. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-07-0466W7.

F) Matrice de la brèche (HT) K-Fe majoritairement composée de feldspath-K, quartz et chlorite de type chamosite. Cette altération contient également des traces de pyrite disséminée avec quelques occurrences de chalcopryrite, galène, sulfures de Pb, As et Ni et des oxydes de Th-U-Y-Zr. Image d'électrons rétrodiffusés, lame CQA-07-0466W7.



La Southern Breccia

Planche 97 – Précurseur et altérations (HT) Na et (HT) Ca-Fe

A) Métasiltstone superposé par un remplacement pervasif (HT) Na avec préservation de la texture du précurseur. Les lits sont majoritairement composés de microcristaux d'albite avec de la biotite, de l'ilménite et de la titanite microcristallines, disséminées dans certains lits (gris). Des veines subparallèles (HT) Na à albite de couleur rosée recoupe l'albitisation généralisée du secteur. Station 11PUA-517.

B) Premier épisode d'albitisation (HT) Na (1) superposé par un second épisode d'albitisation (HT) Na (2) de couleur rosée qui détruit la texture et la structure du précurseur. Le remplacement est sporadique et irrégulier avec des cristaux d'albite à grains fins équigranulaires. Station 11PUA-019.

C) Détail des deux paragenèses (HT) Na où le premier épisode d'albitisation est composé d'un assemblage microcristallin à albite, biotite, ilménite et titanite recoupé par un réseau de veines anastomosé d'albite à grains fins contenant des poches de rutile et chlorite. La seconde altération à albite présente une imprégnation des épontes caractérisée par un lessivage de la biotite de l'encaissant et du remplacement de la titanite en rutile. Un grain de zircon est présent dans l'éponte des veines. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 11PUA-002A02

D) Brèche tectono-hydrothermale comprenant des fragments des deux épisodes d'albitisation. Les fragments, de forme allongée, sont de taille décimétrique pour les plus gros. Station 11PUA-514.

E) Remplacement pénétratif (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite recoupant la roche métasédimentaire albitisée. Station 11PUA-506.

F) Remplacement stratoïde (HT) Ca-Fe avec préservation de la structure sédimentaire et de lits de roche sédimentaire albitisée. Station 11PUA-506.

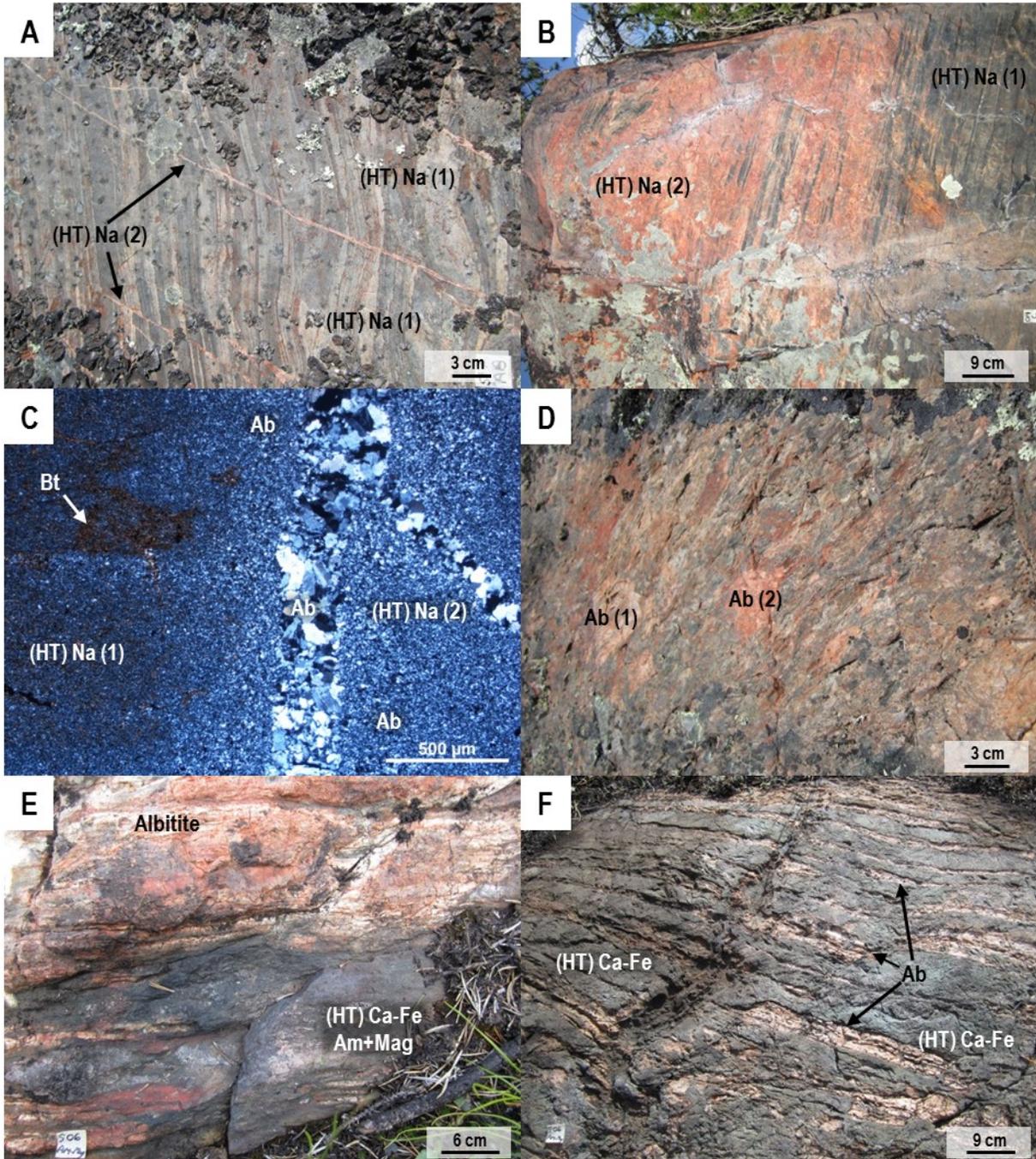


Planche 98 – Altérations (HT) K-Fe

A) Initiation du remplacement (HT) K-Fe stratoïde et pénétratif. Le remplacement progresse en formant des micro-brèches au sein du métasiltstone albitisé. Station 10CQA-1615.

B) Brèche affectée par un remplacement sélectif de certains fragments par de la magnétite. Filaments de magnétite dispersés dans la matrice qui se connectent à des fragments de magnétite. Station 11PUA-512.

C) Front d'altération (HT) K-Fe de forme irrégulière montrant un contact graduel et diffus avec le précurseur. La matrice de la brèche est préférentiellement remplacée par de la magnétite et de la biotite microcristalline faisant ressortir la nature bréchique du précurseur. Station 10CQA-1616.

D) Brèche superposée par un remplacement pervasif sporadique (HT) K-Fe d'intensité modérée. La matrice est préférentiellement remplacée par le feldspath-K avec remplacement des fragments par de la magnétite, feldspath-K et biotite. En mortaise, coloration au cobaltinitrate faisant ressortir le feldspath-K (jaune), la biotite (vers/jaune) et la magnétite (noir). Station 11PUA-528.

E) Remplacement pénétratif (HT) K-Fe où le feldspath-K est en imprégnation sur le métasiltstone albitisé et la magnétite forme un réseau anastomosé à magnétite microcristalline diffuse. La magnétite commence à remplacer le précurseur. Station 10CQA-1615.

F) Réseau de veines anastomosées (HT) K-Fe à magnétite et biotite accompagné d'une imprégnation pervasive à biotite, magnétite et feldspath-K sur le précurseur albitisé. Le contact des veines est diffus et irrégulier. Station 10CQA-1615.

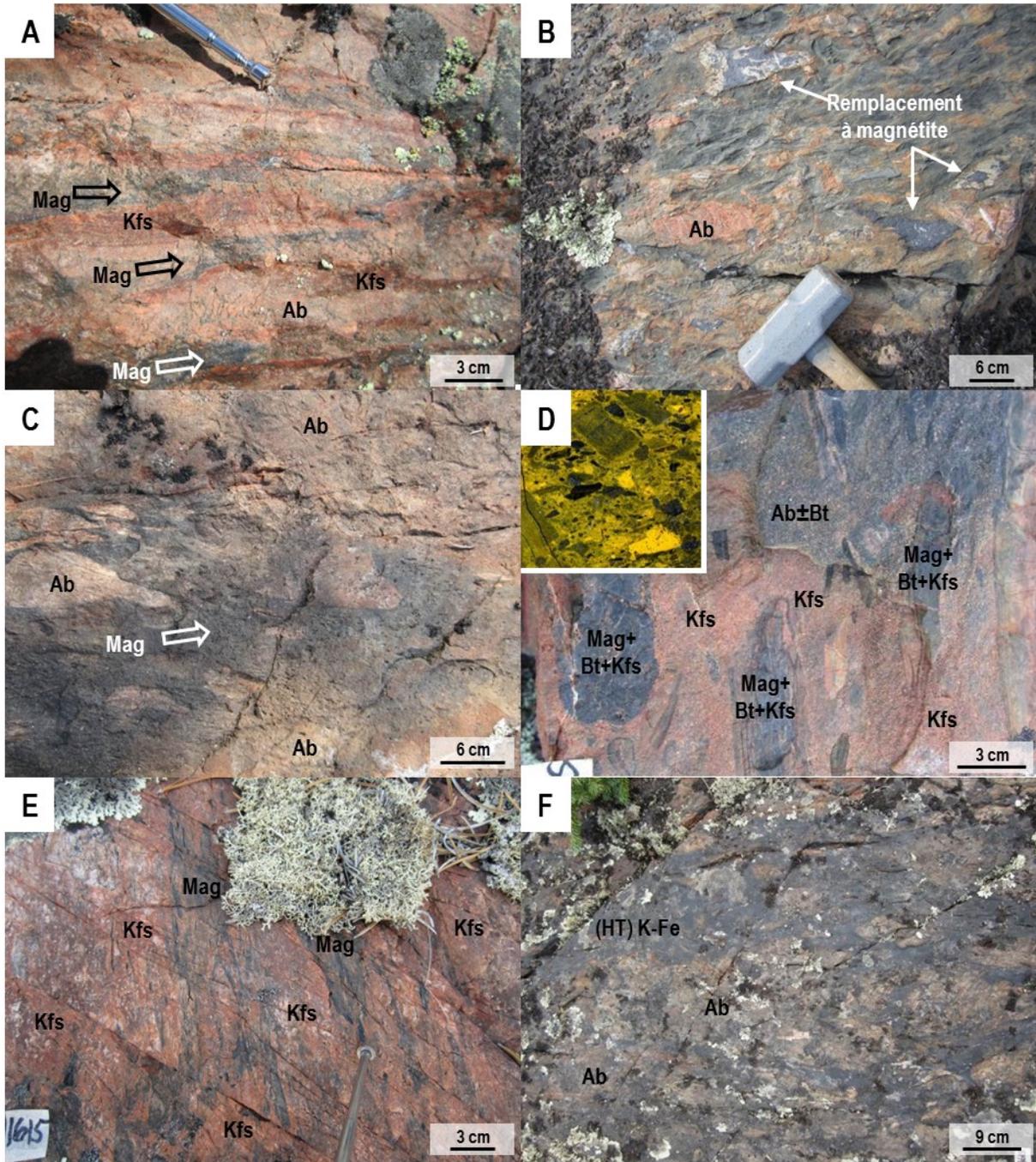


Planche 99 – Altérations (HT) Na et (HT) K-Fe

A) Fragment de roche sédimentaire albitisée remplacé en feldspath-K par l'imprégnation potassique associée à l'altération (HT) K-Fe de la brèche. Les fragments sont fortement allongés et montrent des signes de dissolution par l'altération au sein de la matrice. Station 11PUA-514.

B) Remplacement complet de la matrice de la brèche par la paragenèse (HT) K-Fe à magnétite et biotite avec une forte assimilation des fragments qui forment des lambeaux étirés. Station 10CQA-1615.

C) Réseau de veines anastomosées (HT) K-Fe constitué d'un remplissage à magnétite massive et d'une faible imprégnation potassique d'épaisseur centimétrique sur le métasiltstone albitisé. Station 10CQA-1623.

D) Texture des veines de magnétite massive, associées à la paragenèse (HT) K-Fe. Les joints des grains de magnétite sont soudés donnant un aspect poreux aux plages de magnétite. La magnétite est subidiomorphe lorsqu'elle est en contact avec la biotite et le feldspath-K intercrystallin. Les joints de grains de la magnétite sont subtilement discernables par endroits. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 10CQA-1623B.

E) Détail du contact entre le réseau de veines anastomosées (HT) K-Fe et le métasiltstone albitisé. La magnétite est massive et forme des cristaux subidiomorphes en contact avec le feldspath-K et la biotite. La magnétite contient des grains de zircons disséminés ainsi qu'un oxyde à Fe-Ti-Mn d'aspect bigarré. La biotite fracture l'encaissant et s'immisce le long des joints d'albite. La chlorite forme une phase transitionnelle précoce associée à la formation de biotite intercrystalline. Le feldspath-K remplace certains cristaux d'albite, surtout où la biotite est plus abondante. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 10CQA-1623B.

F) Métasiltstone comportant un réseau de veinules de sulfures qui recoupe les paragenèses (HT) Na ainsi qu'un remplacement à magnétite disséminée formant des plages. Les veines sont composées de magnétite, arsénopyrite, pyrite, molybdénite et chalcopryrite. Station 11PUA-019.

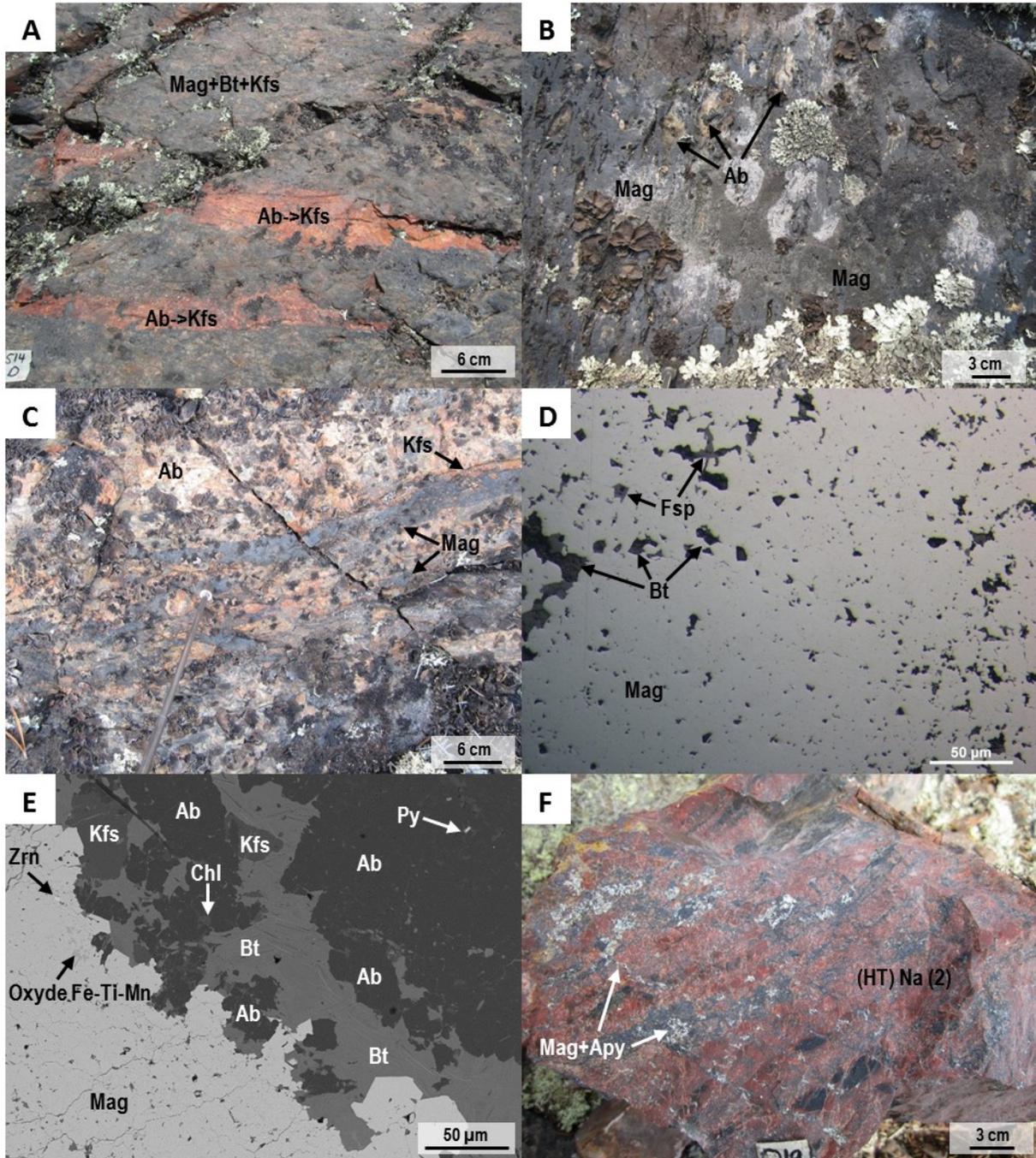


Planche 100 – Altérations (HT) K-Fe

A) Plage diffuse fortement radioactive montrant une patine d'altération jaunâtre à rougeâtre. L'uranium est spatialement associé à des amas diffus de magnétite et des veines qui recourent les deux épisodes d'albitisation. Station 10CQA-1621.

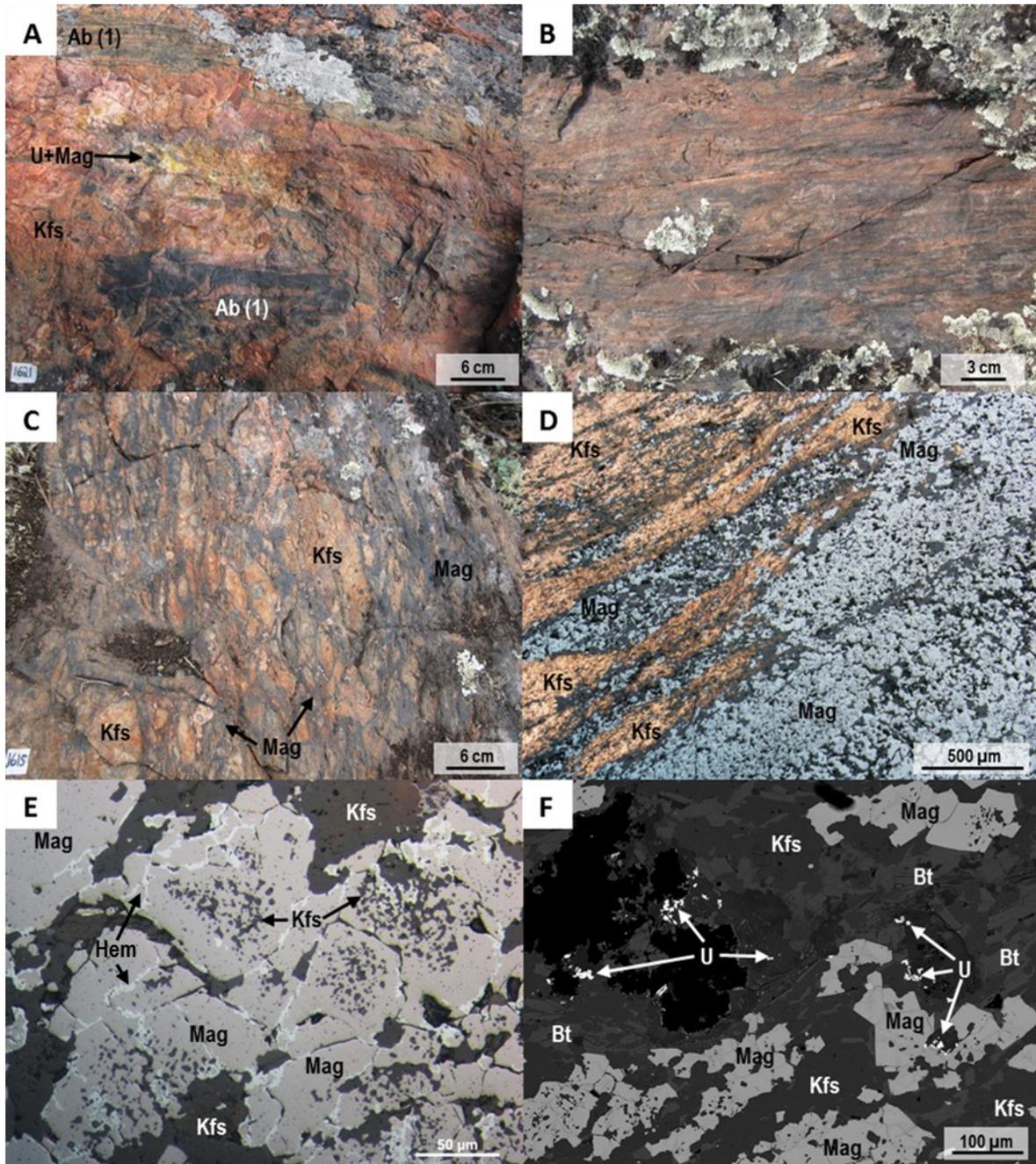
B) Zone bréchique remplacée par une paragenèse (HT) K-Fe à magnétite, feldspath-K et biotite. Les fragments de la brèche sont très allongés et superposés par le feldspath-K. Station 10CQA-1615.

C) Horizon métrique fortement déformé et bréchique affecté par une forte altération (HT) K-Fe composée de feldspath-K, magnétite et biotite. Le feldspath-K est en imprégnation sur les fragments tandis que la magnétite et la biotite constitue la matrice. Station 10CQA-1615.

D) Texture microscopique de la paragenèse (HT) K-Fe au sein de la zone bréchique fortement déformée. La magnétite est hétérogranulaire et recoupe les fragments composés essentiellement de feldspath-K microcristallins. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 10CQA-1615I.

E) Détail de la texture des cristaux allotriomorphes de magnétite où le cœur des grains est poreux et contient des inclusions de feldspath-K. Subtile remplacement de la magnétite en hématite en marge des grains et le long des joints de grains. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 10CQA-1615I.

F) Enrichissement en uranium associé à la paragenèse (HT) K-Fe. L'uraninite forme des amas microcristallins dans le feldspath ou la biotite. La magnétite subidiomorphe contient peu de porosité comparativement à celle allotriomorphe. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 10CQA-1615I.



Les secteurs d'Apy-Mag, Duke et South Duke

Planche 101 – Altérations (HT) Ca-Fe

A) Métasédiment albitisé superposé par des remplacements stratoïdes (HT) Ca-Fe à amphibole et amphibole-magnétite. Les lits sont continus et d'épaisseur centimétrique avec des bordures irrégulières et franches. La texture est massive ou présente une foliation parallèle aux bordures. Station 09CQA-1082.

B) Métasédiment albitisé recoupé par une paragenèse (HT) Ca-Fe, majoritairement composée de magnétite avec de l'amphibole, sous forme d'une veine massive et d'un stockwork qui évolue vers un remplacement. La veine massive est subparallèle au litage avec une épaisseur maximale de 30 cm et un contact net à diffus avec la roche métasédimentaire. Station 09CQA-0054.

C) Stockwork (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite recoupant la roche métasédimentaire albitisée. La distribution des veines est irrégulière avec des épaisseurs variables et des zones de recristallisation à albite, amphibole et ± magnétite. Remplacement sporadique et sélectif tardif à hématite terreuse. Station 09CQA-0055.

D) Remplacement stratoïde (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite sur la roche métasédimentaire. La paragenèse sodique est sporadique et irrégulière sur la roche métasédimentaire. La paragenèse (HT) Ca-Fe a un aspect anastomosé avec interdigitations et possède un contact net à diffus. Le tout est superposé par une altération à chlorite sélective qui remplace l'amphibole. Station 09CQA-0054.

E) Bandes d'altération à feldspath-K superposées sur la roche métasédimentaire albitisée et les veines d'épidotes. Imprégnation à épidote bien développée dans les bandes d'altération potassique. Station 09CQA-0054.

F) Granite porphyrique recoupant les roches métasédimentaires et les altérations. Imprégnation potassique modérée régulièrement distribuée qui affecte préférentiellement la matrice. Corrosion des phénocristaux avec bordures lobées. Station 09CQA-0069.

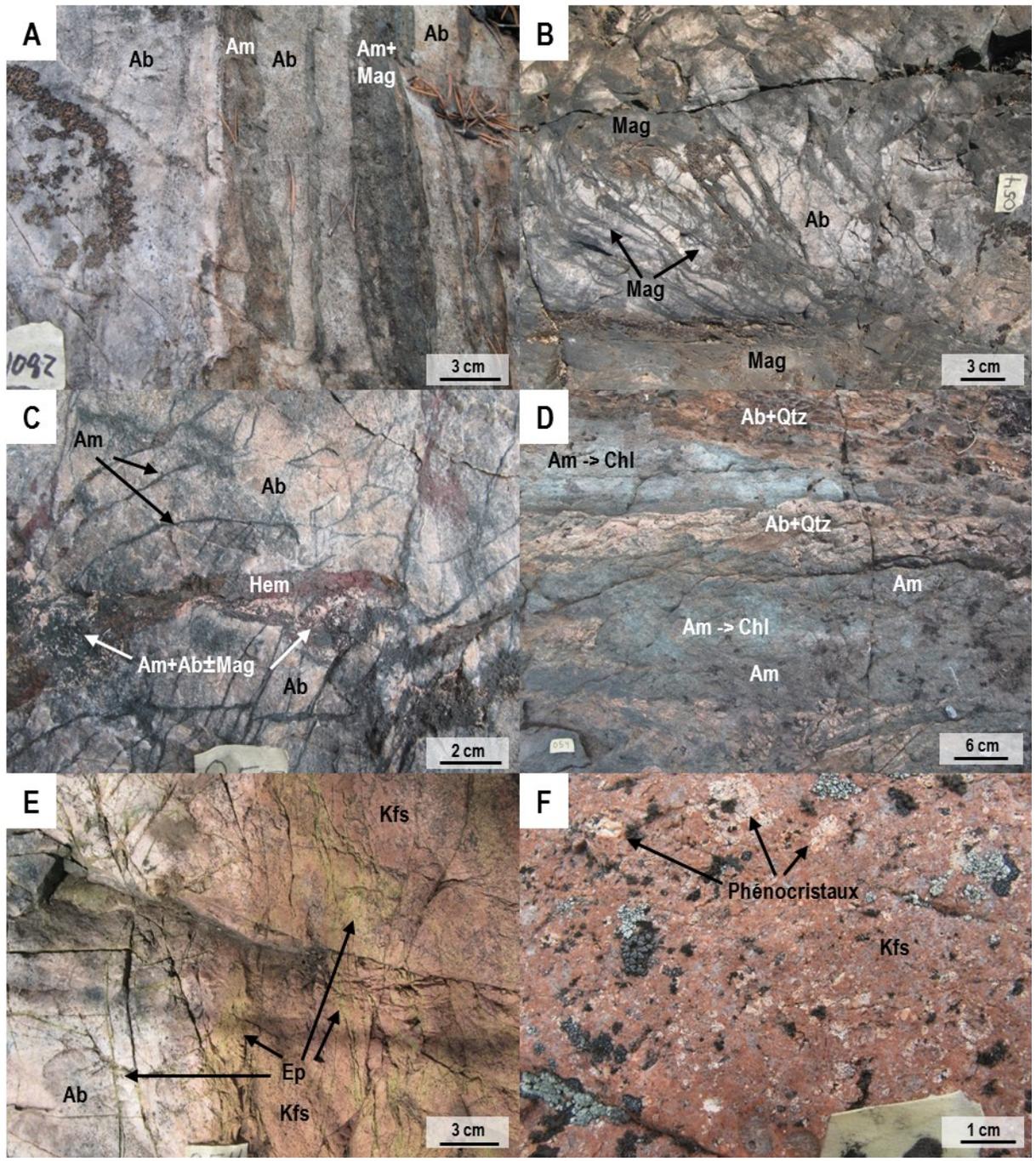


Planche 102 – Altération (HT) Ca-Fe

A) Veines et remplacement (HT) Ca-Fe recoupant la roche métasédimentaire albitisée. Aspect anastomosé avec assimilation des fragments. Station 09CQA-1082.

B) Démembrement et remplacement des fragments de métasédiments albitisés par la paragenèse (HT) Ca-Fe. Échantillon 09CQA-1082E01.

C) Fragments de métasédiment remplacés par la paragenèse (HT) Ca-Fe à hornblende, magnétite et cummingtonite. Reliques de quartz préservées du remplacement. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1082E01.

D) Veine (HT) Ca-Fe recoupant la roche métasédimentaire albitisée. La veine a un cœur de cummingtonite bordé par une couche de magnétite et de la hornblende en périphérie. Reliques de cummingtonite remplacées par de la hornblende. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1082E01.

E) Texture de la magnétite dans la paragenèse (HT) Ca-Fe. La magnétite est à grains fins, disséminée et allotriomorphe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1082E01.

F) Front de remplacement (HT) Ca-Fe à hornblende, cummingtonite et magnétite qui remplace la roche métasédimentaire albitisée à quartz et albite. L'albite est complètement remplacée des amphiboles et des reliques de quartz sont préservées. La cummingtonite contient des inclusions de magnétite et est parfois remplacée par de la hornblende. Lame 09CQA-1082E01.

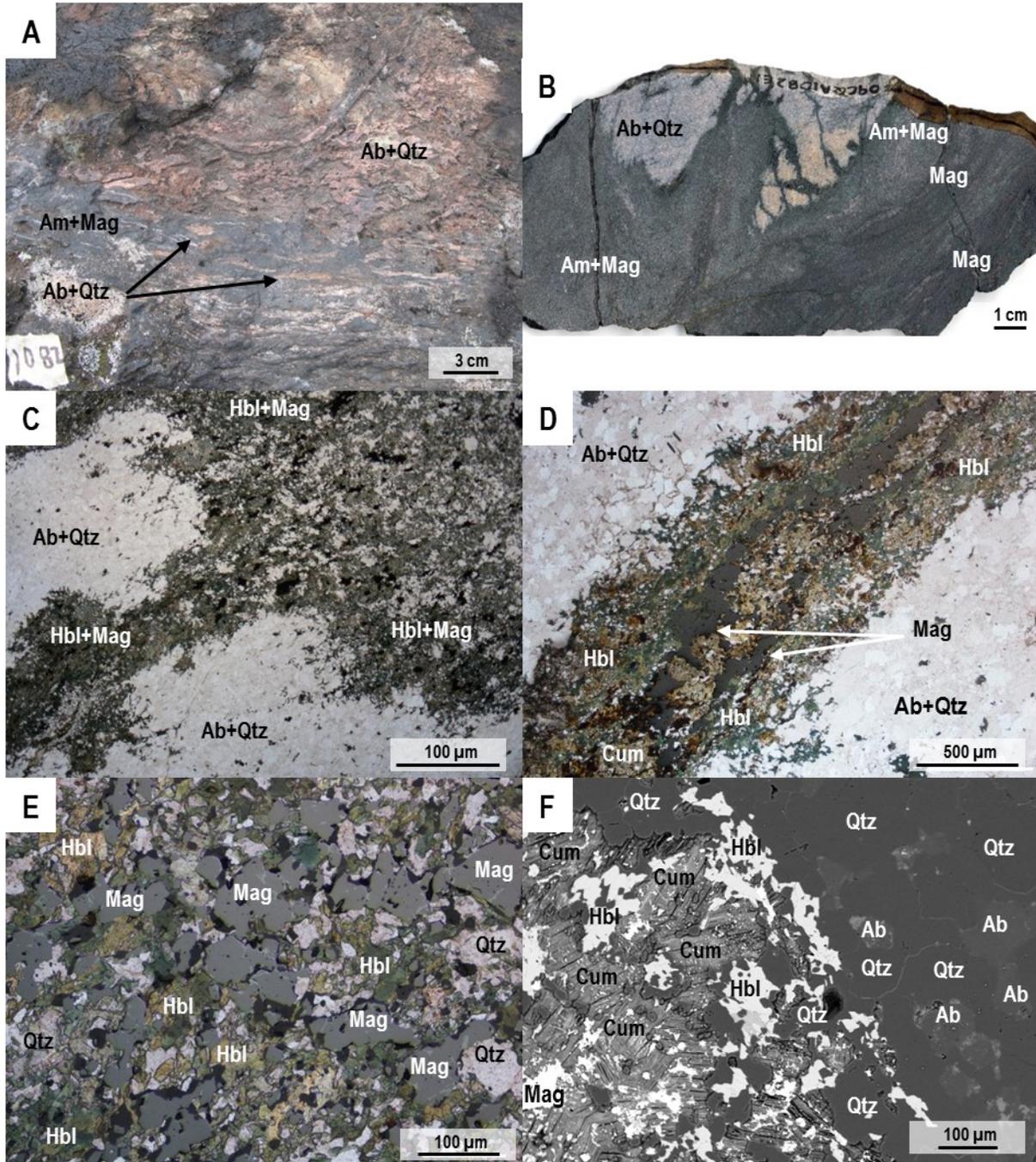


Planche 103 – Altérations (HT) Ca-Fe

A) Remplacement (HT) Ca-Fe de type stratoïde sur la roche métasédimentaire. Échantillon 09CQA-1086B01.

B) Remplacement d'une altération à cummingtonite par la paragenèse (HT) Ca-Fe à hornblende (vert) et magnétite (noir). La magnétite est plus abondante près des zones de transitions. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1086B01.

C) Aspect général de l'altération (HT) Ca-Fe avec hornblende, magnétite et traces d'apatite. La magnétite est intercrystalline et en inclusions dans la hornblende. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1086B01.

D) Aspect général de la magnétite de l'altération (HT) Ca-Fe. La magnétite est allotriomorphe ou forme des plages irrégulières. La magnétite, trouée avec une bordure d'hématite, est intercrystalline et en inclusions dans la hornblende. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-1086B01.

E) Reliques d'augite (gris moyen) dans la cummingtonite (gris foncé) qui est superposée par l'assemblage à hornblende (gris moyen) et magnétite (blanc). Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-1086B01.

F) Reliques de cummingtonite et quartz remplacées par la paragenèse (HT) Ca-Fe à hornblende (gris pâle) et magnétite (blanc). Les filaments de magnétite entre deux grains de magnétite indiquent qu'ils sont en train de fusionner. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-1086B01.

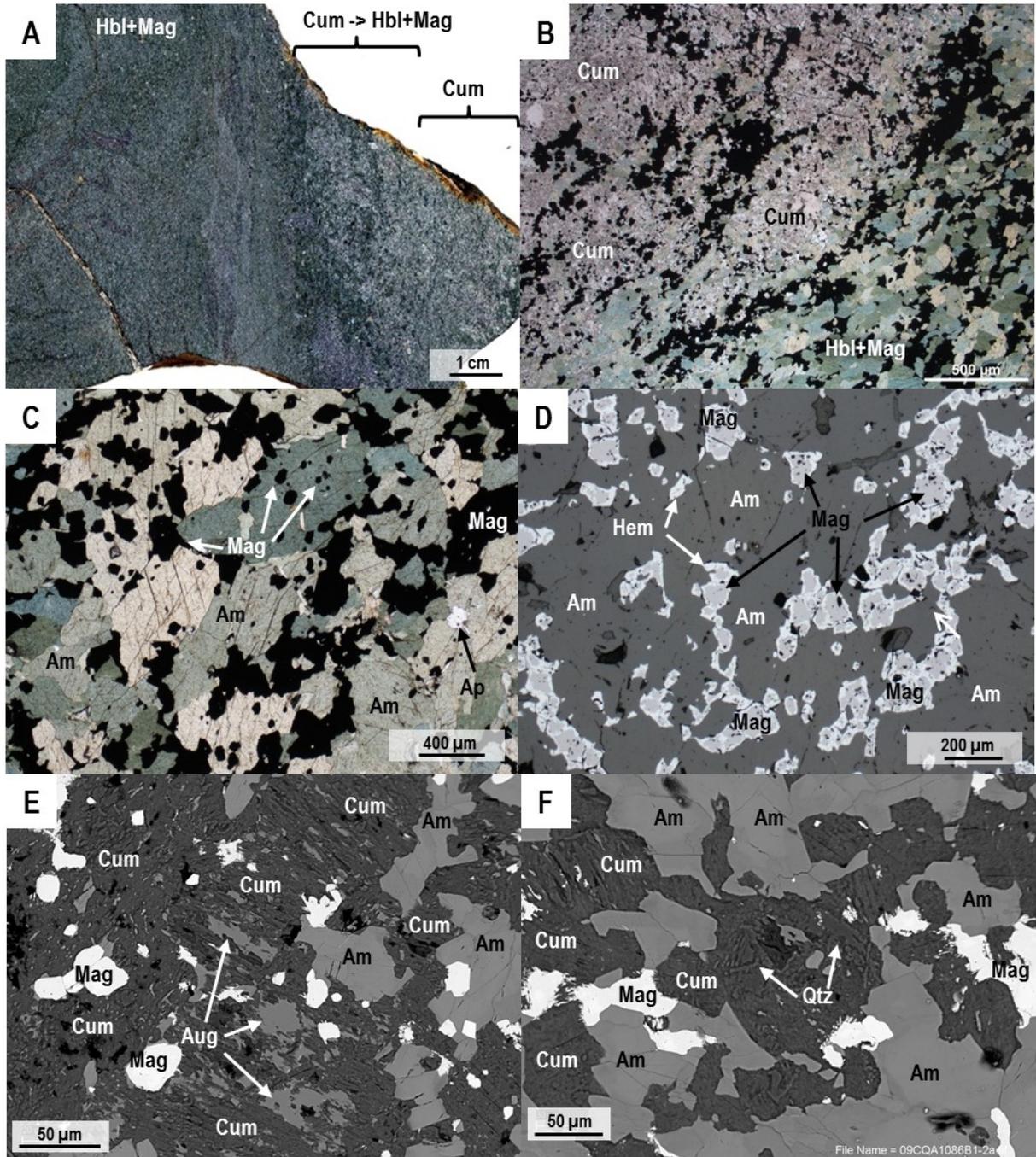


Planche 104 – Altérations (HT) Ca-Fe

A) Remplacement (HT) Ca-Fe à amphibole et magnétite comportant des zones à grains fins et des zones à grains moyens à grossiers, recoupé par de la biotite intercrystalline. Échantillon 09CQA-0055F.

B) Aspect général de la zone finement grenue. La cummingtonite (orangé) est remplacée par un assemblage à hornblende (vert foncé), actinote (vert pâle) et magnétite (noir) où l'actinote est en bordure des reliques de cummingtonite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0055F01.

C) et D) Relique d'un cristal de cummingtonite remplacée par la paragenèse (HT) Ca-Fe. Les bordures entre les amphiboles sont graduelles. Des lamelles d'hématite sont préférentiellement injectées le long d'un plan clivage de la cummingtonite. La magnétite est de forme irrégulière avec des lobes et des indentations. Microphotographie en lumière transmise analysée (C) et en lumière réfléchie (D), lame 09CQA-0055F01.

E) et F) La magnétite est spatialement associée à l'actinote (vert pâle) qui est intercrystalline à la hornblende (vert foncé). Traces de chalcopryrite disséminée dans la magnétite. Microphotographie en lumière transmise analysée (E) et en lumière réfléchie (F), lame 09CQA-0055F01.

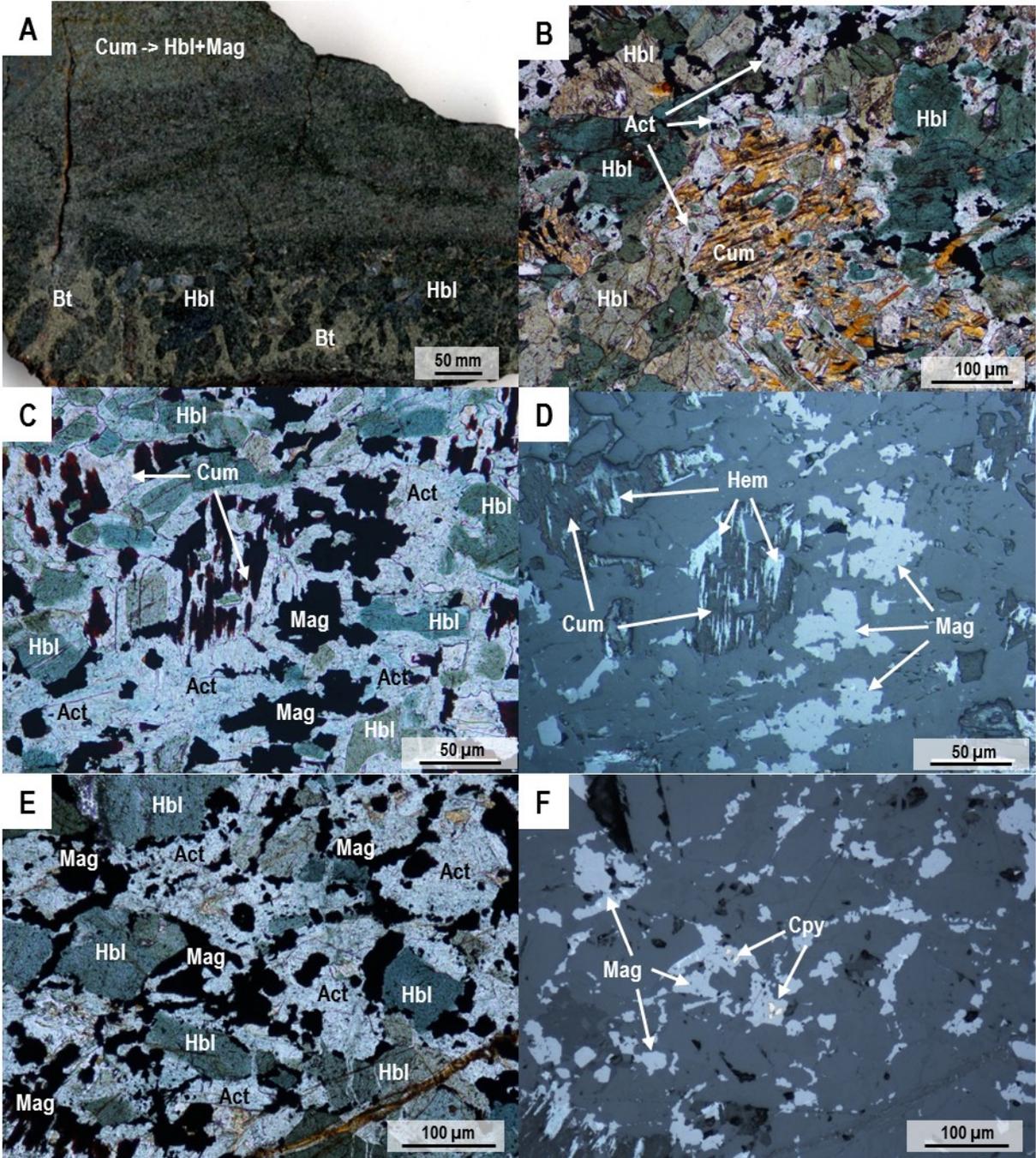


Planche 105 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe

A) Roche métasédimentaire superposée par une paragenèse (HT) Ca-Fe. Préservation des structures sédimentaires avec porphyroblastes de grenat le long de certains horizons. Station 09CQA-0056.

B) Tranche de roche polie (haut) et colorée (bas) montrant la paragenèse (HT) Ca-Fe (hornblende-magnétite-quartz) superposée par un remplacement (HT) K-Fe (biotite-feldspath-K) sous forme d'imprégnation pénétrative. Échantillon 09CQA-0055B04.

C) Paragenèse (HT) Ca-Fe avec magnétite stratoïde discontinue. La magnétite forme des plages irrégulières avec des bordures lobées. La magnétite est à grains fins à moyens, trouée et se trouve en inclusions dans la hornblende hypidiomorphe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0055B04.

D) Lambeau de métasédiment affecté par un remplacement (HT) Ca-Fe (hornblende-feldspath) puis recoupé par une paragenèse (HT) K-Fe (biotite). Le lambeau est formé de lits plissés constitués de quartz, à texture grenue et grains fins, et de lits de hornblende, quartz et feldspath microcristallins associés à une paragenèse (HT) Ca-Fe. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-1092A01.

E) Remplacement de la hornblende en feldspath-K associé à la superposition de la paragenèse (HT) K-Fe à biotite, feldspath-K et magnétite sur le remplacement (HT) Ca-Fe à hornblende et magnétite. Le feldspath-K forme des plages irrégulières. Microphotographie en lumière transmise polarisée, lame 09CQA-0055B04.

F) Porphyroblaste de grenat antérieur au développement des paragenèses (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe. Présence de hornblende et biotite dans les fractures du grenat. La hornblende est partiellement remplacée en biotite qui montre une foliation et a un aspect anastomosé intergranulaire aux grains de quartz. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0056D01.

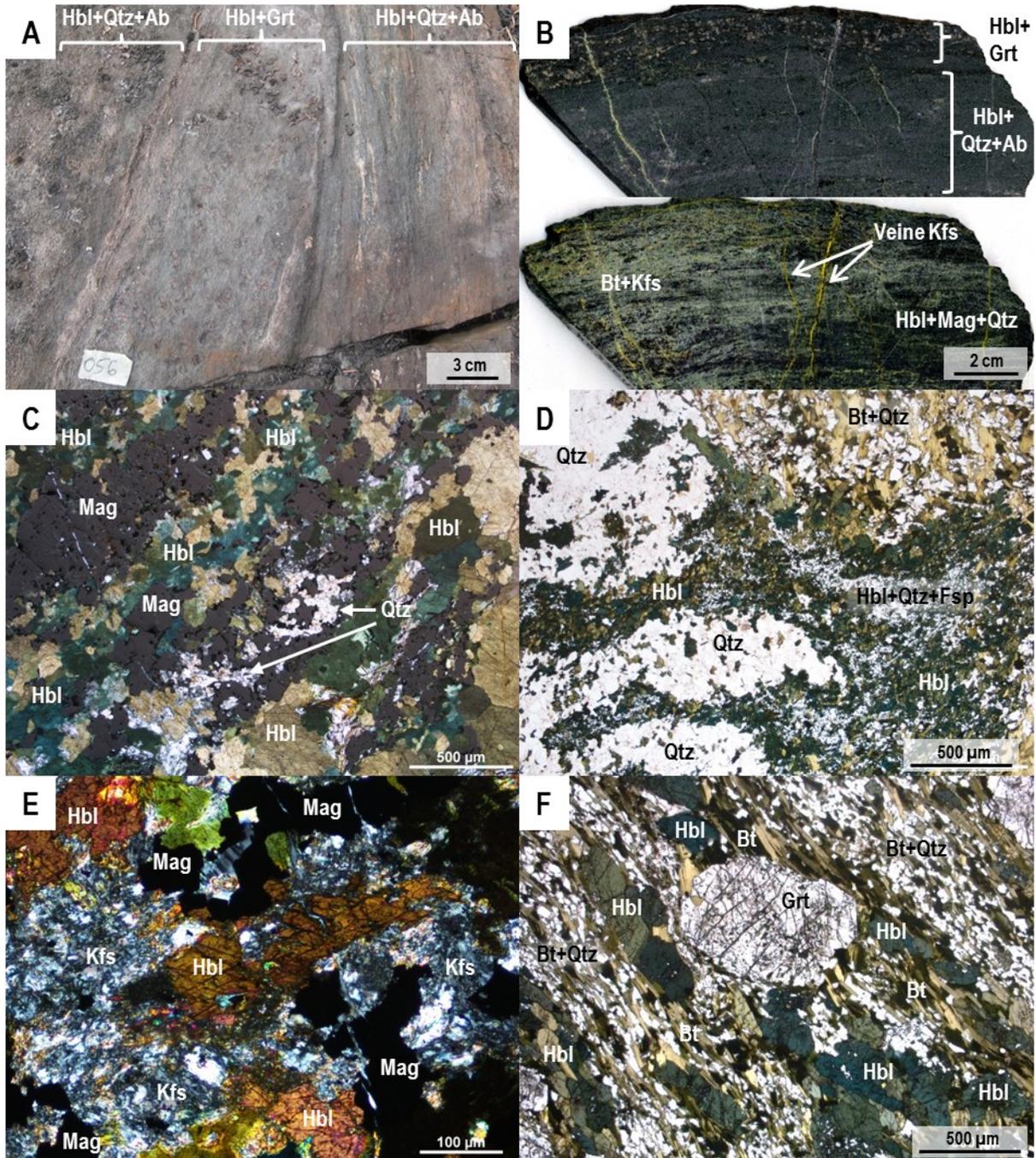


Planche 106 – Altérations (HT) Ca-Fe

A) Tranche de roche polie montrant la paragenèse (HT) Ca-Fe à hornblende et magnétite qui segmente la roche métasédimentaire albitisée. La minéralisation, associée à une paragenèse (HT) Ca-Fe à actinote, est superposée sur la paragenèse (HT) Ca-Fe à hornblende. Le rectangle représente la zone couverte par la lame mince. Échantillon 09CQA-1082E02.

B) Paragenèse (HT) Ca-Fe à hornblende-magnétite recoupée par des pseudo-veines veines d'actinote à arsénopyrite, arsénopyrite cobaltifère, chalcopyrite et bismuthinite. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1082E02.

C) Amas de magnétite en contact avec les pseudo-veines à actinote. En bordure, la magnétite contient des trous, remplis par de la bismuthinite, et qui sont interconnectés par des veinules d'hématite. Présence d'inclusions de chalcopyrite et bismuthinite et des grains allotriomorphes de skutterudite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-1082E02.

D) Remplacement de l'arsénopyrite par de l'arsénopyrite cobaltifère avec texture de dissolution en bordure de l'arsénopyrite. L'arsénopyrite cobaltifère a un aspect squelettique avec des grains idiomorphes et borde les grains de magnétite. L'enrichissement en U est contemporain aux sulfures, l'actinote et au chloritoïde riche en Mn. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-1082E02.

E) Métasédiment superposé par une paragenèse (HT) Ca-Fe à amphibole et allanite et magnétite. L'altération, sous forme de poches irrégulières, est localisée à la jonction de veines au sein d'un remplacement sous forme d'imprégnation sporadique. Échantillon 09CQA-1084B01.

F) Phases riches en terres rares associée à l'altération d'allanite et d'amphibole calcique. Présence d'apatite et de titanite disséminée. Image d'électrons rétrodiffusés, lame 09CQA-1084B01.

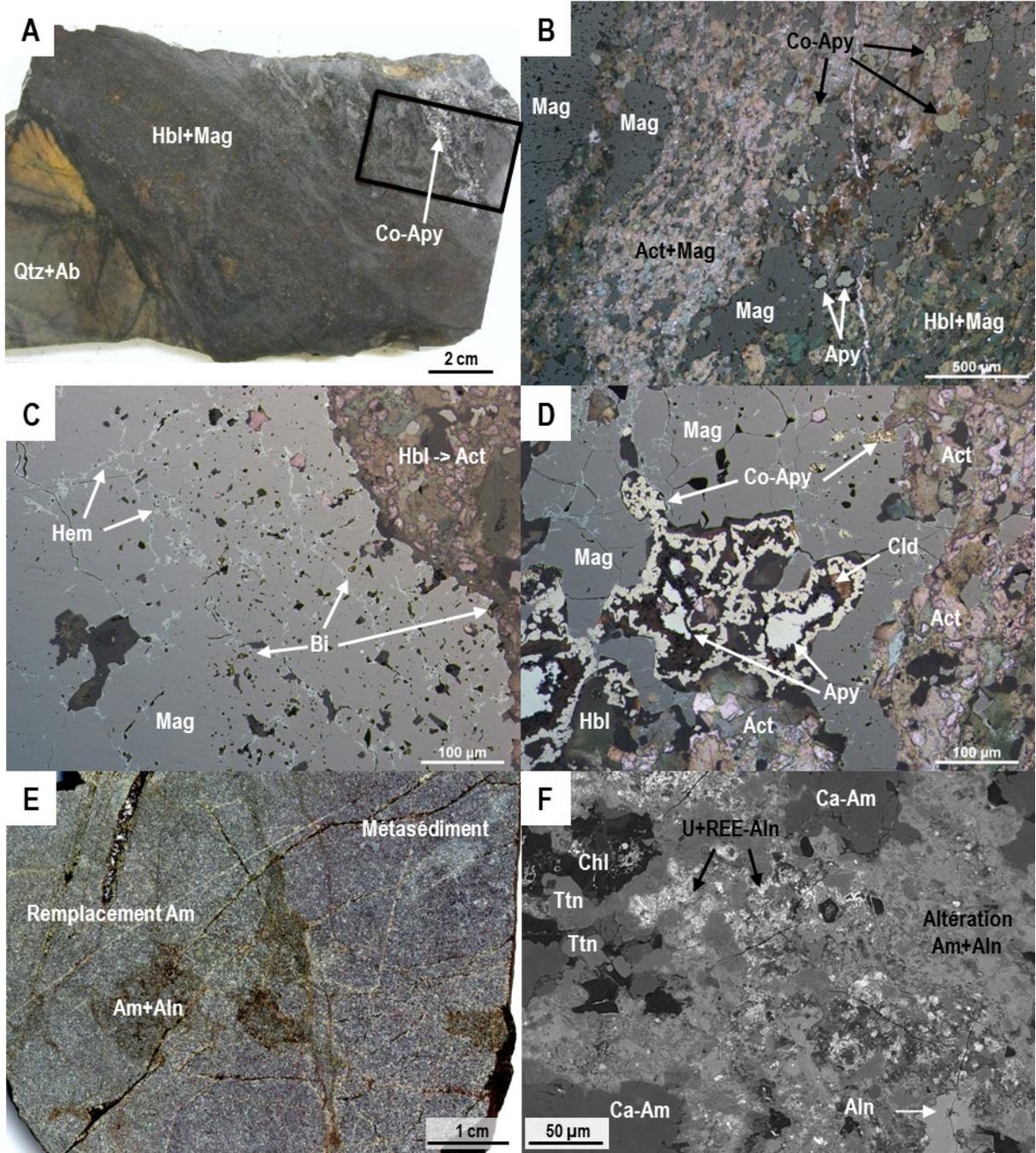


Planche 107 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe

A) Veine rectiligne (HT) Ca-Fe à amphibole, magnétite et arsénopyrite qui recoupe le métasiltstone albitisé. La veine est massive et d'épaisseur centimétrique avec un contact franc. Station 09CQA-1082.

B) Veine (HT) Ca-Fe à arsénopyrite recoupant la roche métasédimentaire albitisée. Échantillon 09CQA-1082G03.

C) Remplacement (HT) K-Fe sur le métasiltstone. Préservation des lits sédimentaires. Station 09CQA-0070.

D) Tranche de roche polie montrant la paragenèse (HT) K-Fe sur le métasiltstone. Remplacement sous forme d'imprégnation sporadique pénétrative. Échantillon 09CQA-0070A03.

E) Paragenèse (HT) K-Fe à biotite, magnétite et feldspath-K sous forme de remplacement pervasif hétérogène laissant des îlots du précurseur faiblement altérés. Les reliques de métasédiment sont majoritairement composées de magnétite et de feldspath-K séparées par un assemblage à biotite et magnétite. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0070A03.

F) Zoom sur un îlot de métasédiment progressivement remplacé par la paragenèse (HT) K-Fe. Dans les îlots à feldspath-K, magnétite et quartz, la magnétite est microcristalline et disséminée sur le feldspath-K avec traces de muscovite résultant du remplacement. Préservations des grains de quartz d'origine sédimentaire. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-0070A03.

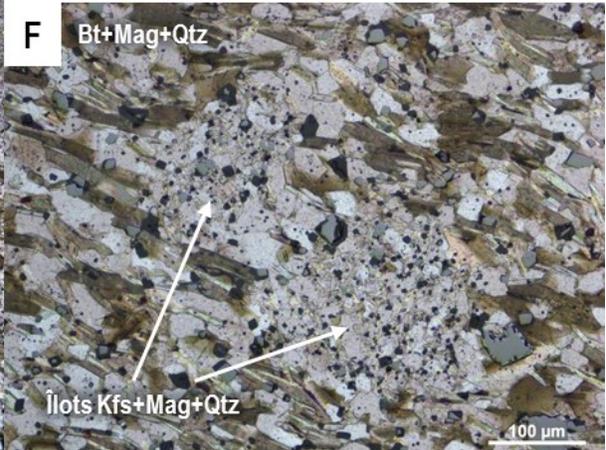
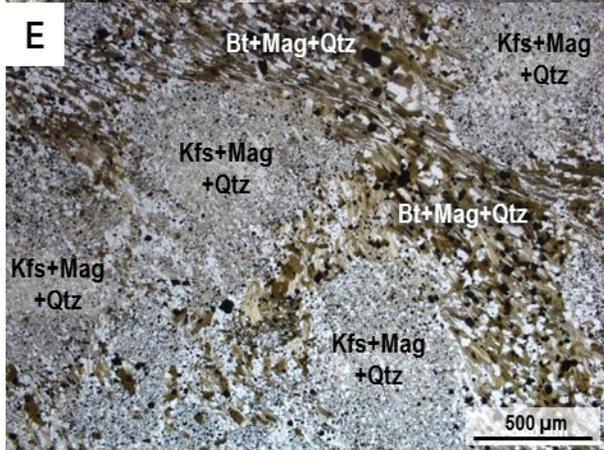
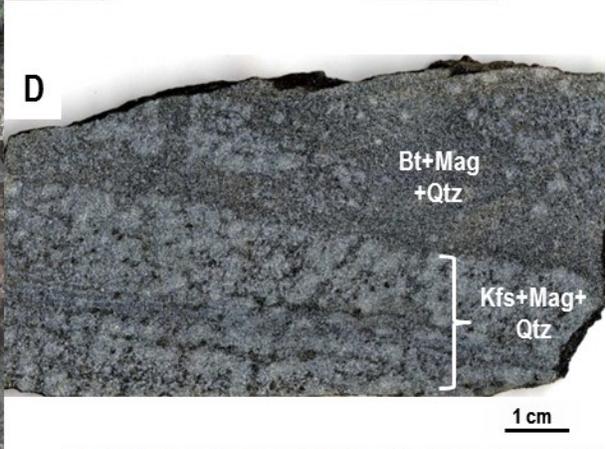
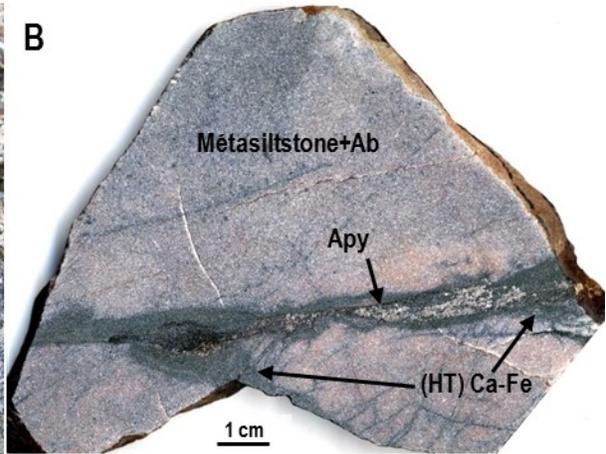


Planche 108 – Altérations (HT) Ca-Fe et (LT) Ca-K

A) Métasédiment superposé par un remplacement (HT) Ca-Fe. Le remplacement est sous forme d'imprégnation pervasive avec préservation de la structure litée du précurseur. Échantillon KZ09-DK.

B) Aspect général de la paragenèse (HT) Ca-Fe à augite, quartz, hornblende et allanite avec traces de magnétite, albite, titanite et apatite. La roche est composée de lits d'augite granoblastique interlitée de quartz et d'albite avec des plages irrégulières de hornblende. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame KZ09-2-1A.

C) Remplacement pénétratif sporadique (LT) Ca-K superposé sur la paragenèse (HT) Ca-Fe. Amas disséminés de sulfures. Tranche de roche polie 09KZ-DK-3-11.

D) Paragenèse (LT) Ca-K à feldspath-K-pumpellyite superposée sur l'altération (HT) Ca-Fe. Microphotographie en lumière transmise, lame KZ09-DK-3-4.

E) Plages irrégulières et de chalcopryrite intercrystalline à l'augite. La chalcopryrite est spatialement associée au feldspath-K et à l'épidote. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame KZ09-DK-3-11C.

F) Exemple de minéralisation à chalcopryrite, cassitérite, sphalérite et galène associée à la paragenèse (LT) Ca-K à feldspath-K, pumpellyite et épidote. Image d'électrons rétrodiffusés, lame KZ09-DK-3-4.

Planche 109 – Altérations (HT) Ca-Fe et (HT) K-Fe

A) Tranche de roche polie montrant l'altération (HT) Ca-Fe (hornblende) et (HT) K-Fe (biotite-magnétite) stratoïde superposée sur la roche métasédimentaire. Échantillon KZ09-DES-3-2.

B) Altération homogène à hornblende granoblastique recoupée par un réseau de veines anastomosées constituées d'actinote et de magnétite avec trace de biotite. La magnétite est de forme irrégulière. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame KZ09-DSE-2-1.

C) Progression du remplacement de la paragenèse (HT) Ca-Fe à hornblende, apatite et feldspath par la paragenèse (HT) Ca-K-Fe à biotite et actinote. Aspect bigarré de la biotite. Microphotographie en lumière transmise, lame KZ09-DSE-2-1.

D) Métasédiment où les minéraux calciques sont complètement remplacés par de la biotite tandis que la magnétite est préservée. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame KZ09-DSE-3-1.

E) Remplacement de l'actinote en biotite par la paragenèse (HT) K-Fe (biotite-magnétite). La magnétite semble être formée lors du remplacement par la paragenèse (HT) K-Fe. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame KZ09-DSE-3-1.

F) Métasiltstone superposé par un remplacement modéré (HT) K-Fe à biotite et feldspath-K sous forme d'imprégnation pervasive. Reliques d'amphiboles de formes irrégulières témoignant d'une altération calcique antérieure à l'altération à biotite. Microphotographie en lumière transmise, lame KZ09-DSE-3-5.

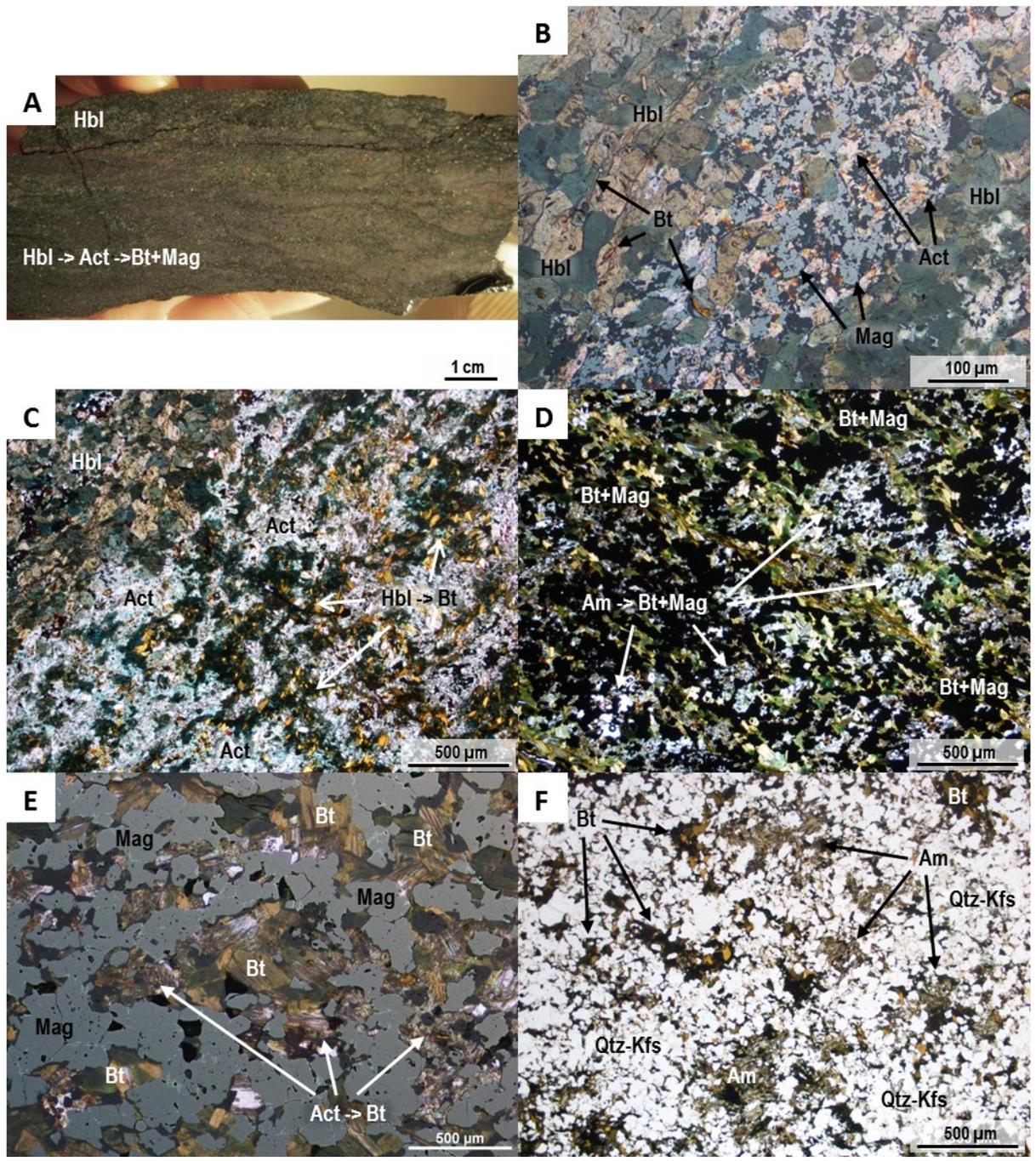


Planche 110 – Altérations de type skarn, (LT) K et (LT) Fe

A) Tranche de roche polie montrant un remplacement pervasif de type skarn sur la roche métasédimentaire avec une alternance de lits d'épidote (vert), de grenat (rougeâtre) et des traces de calcite. La structure litée du précurseur est préservée. Échantillon 09CQA-0068A01.

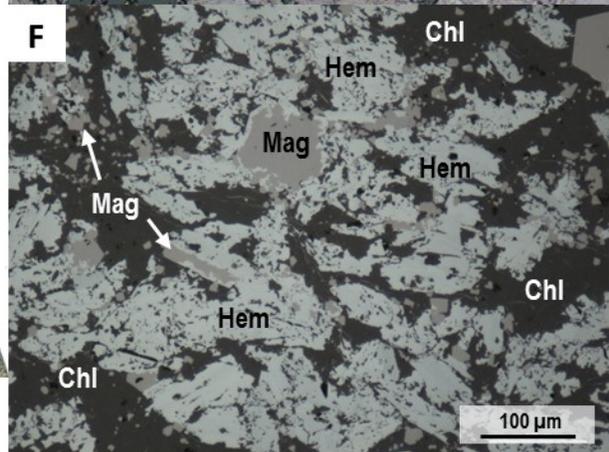
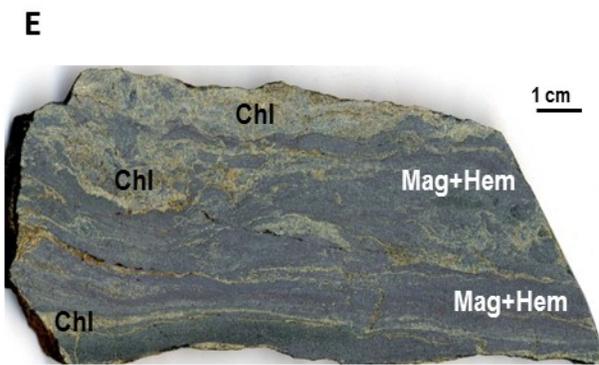
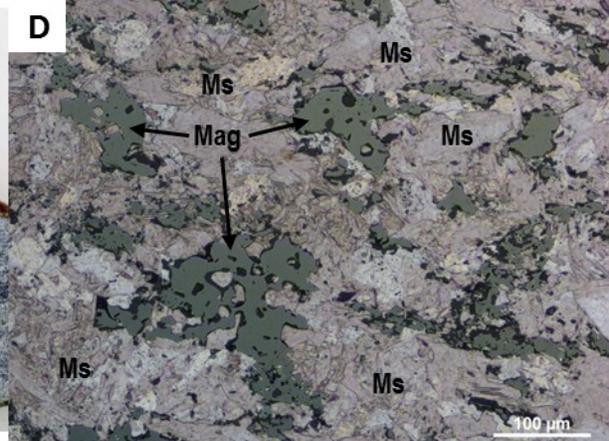
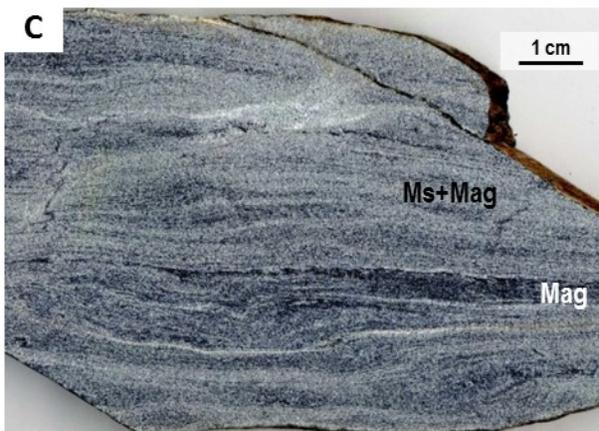
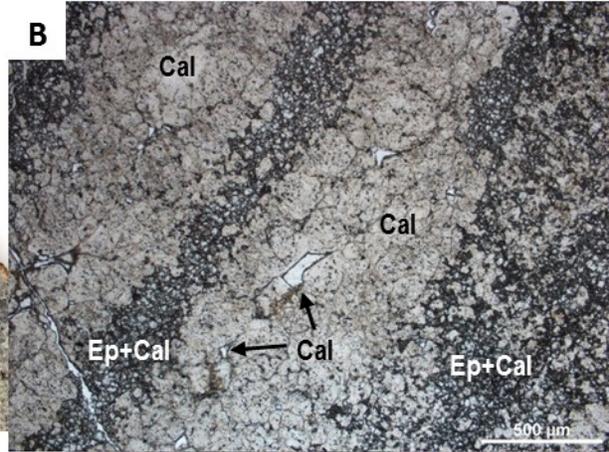
B) Alternance de lits millimétriques de grenat et d'épidote. Traces de calcite sous forme de plages irrégulières dans les lits de grenat et hématite, intergranulaire à l'épidote. Microphotographie en lumière transmise analysée, lame 09CQA-0068A01.

C) Tranche de roche polie montrant une altération à magnétite disséminée stratoïde superposée par une altération à muscovite. Échantillon 09CQA-1083C01.

D) Altération (LT) K à muscovite se superposant sur une paragenèse à magnétite. La magnétite ne montre pas de bordures de remplacement et est préservée malgré le fort remplacement à muscovite. La magnétite est allotriomorphe et forme des lambeaux déformés, étirés et partiellement assimilée par le remplacement. Microphotographie combinant la lumière transmise analysée et la lumière réfléchie, lame 09CQA-1083C01.

E) Tranche de roche polie montrant une altération à magnétite massive stratoïde superposée par une altération de plus faible température à chlorite. Échantillon 09CQA-1087A03.

F) Remplacement de la magnétite en hématite par la superposition d'une altération à chlorite. Microphotographie en lumière réfléchie, lame 09CQA-1087A03.



ANNEXE III : DONNÉES COMPOSITIONNELLES DE LA MAGNÉTITE

I. Le système de Port Radium-Echo Bay

Lame CQA-05-0095A

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
095A 3a	0,0193	0,0015	0,0015	0,0211	0,0000	0,0022	0,0543	0,0043	0,8005	0,0133	0,2837	0,0098	0,0177
095A 3b	0,0225	0,0004	0,0016	0,1866	0,0000	0,0026	0,0630	0,0032	0,6733	0,1835	0,3029	0,0065	0,0124
095A 3c	0,0170	0,0001	0,0024	0,0419	0,0000	0,0000	0,0496	0,0000	0,4086	0,0308	0,2609	0,0035	0,0405
095A 2a	0,0172	0,0015	0,0029	0,1994	0,0000	0,0056	0,0635	0,0030	0,6007	0,2026	0,2931	0,0181	0,0188
095A 2b	0,0185	0,0000	0,0009	0,1240	0,0000	0,0000	0,0654	0,0042	0,6793	0,0707	0,2719	0,0096	0,0488
095A 2c	0,0145	0,0013	0,0016	0,0225	0,0029	0,0007	0,0504	0,0028	0,2651	0,0282	0,2790	0,0185	0,0401
095A 1a	0,0385	0,0062	0,0121	0,0626	0,0000	0,0024	0,0496	0,0023	0,4833	0,0074	0,2772	0,0118	0,0471
095A 1b	0,0169	0,0003	0,0010	0,1041	0,0000	0,0020	0,0590	0,0000	0,3435	0,0873	0,2894	0,0025	0,0585
095A 1c	0,0176	0,0013	0,0022	0,0968	0,0000	0,0050	0,0673	0,0027	0,6547	0,1030	0,2716	0,0194	0,0584

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
095A 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0020	0,0103	0,0051	0,0060	0,0049
095A 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0060	0,0052
095A 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0051	0,0060	0,0047
095A 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0020	0,0101	0,0050	0,0059	0,0049
095A 2b	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0060	0,0047
095A 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048
095A 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0048
095A 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0039	0,0000	0,0019	0,0103	0,0048	0,0060	0,0048
095A 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048

Lame CQA-05-0104A

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0104A 3a	0,0123	0,0003	0,0128	0,0366	0,0012	0,0000	0,3431	0,0000	0,6259	0,0374	0,3428	0,0096	0,0155
0104A 3b	0,0216	0,0024	0,0986	0,0332	0,0000	0,0000	0,0782	0,0130	0,0869	0,0000	0,3178	0,0025	0,0019
0104A 3c	0,0162	0,0011	0,0000	0,0968	0,0000	0,0085	0,0804	0,0067	0,1557	0,0188	0,3622	0,0054	0,0054
0104A 3d	0,0159	0,0008	0,0110	0,0178	0,0000	0,0000	0,0525	0,0000	0,0514	0,0000	0,2790	0,0014	0,0137
0104A 3e	0,0223	0,0003	0,0062	0,0271	0,0000	0,0000	0,2769	0,0051	0,6306	0,0023	0,2983	0,0000	0,0081
0104A 3f	0,0210	0,0024	0,0348	0,0231	0,0018	0,0000	0,0609	0,0022	0,0515	0,0000	0,2549	0,0013	0,0043
0104A 2a	0,0140	0,0006	0,0038	0,0415	0,0000	0,0088	0,1358	0,0006	0,2208	0,0000	0,2912	0,0002	0,0123
0104A 2b	0,0207	0,0027	0,0018	0,1463	0,0020	0,0000	0,2937	0,0090	2,3865	0,0000	0,3498	0,0069	0,0046
0104A 2c	0,0142	0,0013	0,0014	0,1616	0,0001	0,0010	0,1261	0,0039	0,8686	0,0279	0,3503	0,0096	0,0121
0104A 1a	0,0177	0,0001	0,0014	0,0847	0,0095	0,0071	0,6058	0,0017	1,6101	0,0231	0,3307	0,0131	0,0153
0104A 1b	0,0100	0,0004	0,0008	0,0529	0,0000	0,0000	0,2326	0,0039	1,0816	0,0334	0,3458	0,0012	0,0078
0104A 1c	0,0097	0,0020	0,0039	0,0164	0,0052	0,0000	0,0637	0,0000	0,1775	0,0118	0,3136	0,0000	0,0157

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0104A 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0039	0,0000	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0047
0104A 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0048
0104A 3c	0,0014	0,0014	0,0000	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0048
0104A 3d	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0048
0104A 3e	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0000	0,0049
0104A 3f	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0049
0104A 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0060	0,0049
0104A 2b	0,0015	0,0015	0,0015	0,0019	0,0047	0,0000	0,0040	0,0022	0,0020	0,0000	0,0053	0,0060	0,0051
0104A 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0082	0,0039	0,0022	0,0020	0,0102	0,0053	0,0059	0,0048
0104A 1a	0,0015	0,0015	0,0015	0,0019	0,0046	0,0082	0,0040	0,0022	0,0020	0,0104	0,0052	0,0060	0,0049
0104A 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0020	0,0102	0,0052	0,0060	0,0049
0104A 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0000	0,0046

Lame CQA-05-0125A

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0125A 2a	0,0387	0,0029	0,0195	0,1018	0,0000	0,0000	0,0205	0,0228	0,0829	0,0490	0,3451	0,0101	0,3864
0125A 2b	0,0212	0,0039	0,0151	0,0970	0,0000	0,0037	0,0058	0,0048	0,0669	0,0017	0,3449	0,0106	0,3628
0125A 2c	0,0205	0,0018	0,0061	0,1414	0,0000	0,0000	0,0213	0,0048	0,0970	0,0519	0,3409	0,0123	0,3305
0125A 4a	0,0164	0,0008	0,0241	0,0601	0,0000	0,0000	0,0179	0,0005	0,1434	0,0140	0,3312	0,0021	0,3187
0125A 4b	0,0336	0,0000	0,0123	0,0626	0,0000	0,0000	0,0105	0,0193	0,0765	0,0209	0,3254	0,0062	0,3412
0125A 5a	0,0174	0,0031	0,0206	0,0429	0,0074	0,0078	0,0195	0,0000	0,1085	0,0139	0,1824	0,0074	0,0250
0125A 5b	0,0193	0,0000	0,0118	0,0651	0,0005	0,0038	0,0134	0,0058	0,1398	0,0407	0,1765	0,0000	0,0362
0125A 6a	0,0473	0,0024	0,0300	0,0941	0,0050	0,0000	0,0122	0,0115	0,0767	0,0110	0,1943	0,0067	0,2547
0125A 6b	0,0185	0,0006	0,0557	0,0229	0,0029	0,0042	0,0259	0,0007	0,1970	0,0200	0,1736	0,0109	0,2093

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0125A 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048
0125A 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0048	0,0059	0,0049
0125A 2c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0048
0125A 4a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048
0125A 4b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0048
0125A 5a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0080	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0049
0125A 5b	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0048	0,0000	0,0048
0125A 6a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
0125A 6b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0050

Lame CQA-05-184A1 (A)

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0184A 1a	0,1330	0,0155	0,0364	0,0469	0,0060	0,0000	0,1070	0,0086	0,1642	0,0103	0,1519	0,0000	0,0052
0184A 1b	0,1774	0,0387	0,0192	0,0731	0,0000	0,0032	0,1170	0,0026	0,1795	0,0047	0,1206	0,0041	0,0000
0184A 1c	0,2479	0,0195	0,0106	0,0596	0,0004	0,0043	0,0585	0,0132	0,0355	0,0203	0,1379	0,0002	0,0082
0184A 1d	0,1277	0,0100	0,0014	0,0510	0,0015	0,0029	0,0633	0,0001	0,0341	0,0000	0,0390	0,0000	0,0000
0184A 1e	0,1009	0,0038	0,0148	0,0378	0,0000	0,0093	0,0588	0,0017	0,0340	0,0118	0,0384	0,0000	0,0000
0184A 1f	1,0016	0,1456	0,2022	0,4567	0,0012	0,0000	0,0762	0,0569	0,1022	0,0027	0,0235	0,0000	0,0055
0184A 2a	0,1353	0,0195	0,0938	0,0448	0,0025	0,0000	0,0915	0,0050	0,0929	0,0037	0,1158	0,0034	0,0000
0184A 2b	0,0945	0,0057	0,0131	0,0532	0,0079	0,0000	0,0936	0,0005	0,1072	0,0066	0,0984	0,0022	0,0000
0184A 2c	0,0983	0,0041	0,1781	0,0162	0,0007	0,0089	0,0765	0,0000	0,0924	0,0006	0,1530	0,0000	0,0000
0184A 3a	0,2009	0,0754	0,0493	0,1012	0,0000	0,0028	0,0526	0,0030	0,0616	0,0000	0,1258	0,0000	0,0037
0184A 3b	0,0891	0,0192	0,0238	0,0513	0,0000	0,0000	0,3739	0,0030	0,7536	0,0283	0,1754	0,0159	0,0086
0184A 3c	0,1804	0,0374	0,0614	0,0436	0,0036	0,0102	0,0539	0,0034	0,0255	0,0000	0,0921	0,0000	0,0080
0184A 3d	0,3778	0,0216	0,0495	0,1683	0,0062	0,0070	0,1335	0,0034	0,0022	0,0000	0,0052	0,0014	0,0052
0184A 3e	0,0340	0,0020	0,0136	0,0342	0,0068	0,0000	0,0484	0,0028	0,0196	0,0326	0,0296	0,0042	0,0000
0184A 3f	0,0110	0,0000	0,0091	0,0308	0,0000	0,0061	0,0847	0,0000	0,0088	0,0140	0,0002	0,0000	0,0000
0184A 4a	0,0751	0,0016	0,0139	0,0384	0,0000	0,0000	0,0738	0,0000	0,0267	0,0000	0,0319	0,0004	0,0000
0184A 4b	0,0164	0,0012	0,0286	0,0177	0,0000	0,0000	0,0531	0,0000	0,0144	0,0000	0,0557	0,0086	0,0018
0184A 4c	0,1761	0,0058	0,0302	0,0349	0,0000	0,0024	0,0753	0,0137	0,0269	0,0072	0,0291	0,0067	0,0000

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0184A 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0052	0,0000	0,0047
0184A 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0000
0184A 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0047
0184A 1d	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0000	0,0000
0184A 1e	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0000	0,0000
0184A 1f	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0103	0,0052	0,0000	0,0048
0184A 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0000
0184A 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0000
0184A 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0047	0,0000	0,0000
0184A 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0048
0184A 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0049
0184A 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0080	0,0037	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0000	0,0048
0184A 3d	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0046
0184A 3e	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0049	0,0059	0,0000
0184A 3f	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0000
0184A 4a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
0184A 4b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0049	0,0058	0,0047
0184A 4c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0037	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0058	0,0000

Lame CQA-05-0195A

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0195AG 1a	0,0153	0,0012	0,0025	0,0997	0,0032	0,0000	0,0357	0,0071	0,0845	0,0255	0,4053	0,0079	0,0838
0195AG 1b	0,0137	0,0004	0,0030	0,0918	0,0000	0,0000	0,0638	0,0039	0,0696	0,0288	0,4040	0,0033	0,0727
0195AG 1c	0,0114	0,0000	0,0005	0,1787	0,0015	0,0017	0,1027	0,0038	0,2283	0,0527	0,3878	0,0000	0,0818
0195AG 2a	0,0108	0,0012	0,0115	0,1117	0,0038	0,0028	0,0976	0,0009	0,1299	0,0367	0,4114	0,0069	0,1086
0195AG 2b	0,0116	0,0016	0,0069	0,0896	0,0031	0,0057	0,0587	0,0000	0,0837	0,0303	0,4151	0,0000	0,1059
0195AG 2c	0,0098	0,0011	0,0080	0,0914	0,0023	0,0000	0,1018	0,0000	0,1169	0,0456	0,4008	0,0094	0,1124
0195AG 3a	0,0142	0,0007	0,0040	0,0596	0,0000	0,0000	0,0468	0,0017	0,0480	0,0168	0,4101	0,0113	0,0790
0195AG 3b	0,0148	0,0000	0,0109	0,0485	0,0000	0,0000	0,0486	0,0018	0,0872	0,0051	0,4133	0,0032	0,0855
0195AG 3c	0,0128	0,0008	0,0013	0,0601	0,0000	0,0000	0,0475	0,0000	0,0651	0,0186	0,3876	0,0078	0,0880

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0195AG 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0049
0195AG 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0049
0195AG 1c	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0000	0,0049
0195AG 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0047
0195AG 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0048
0195AG 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0050
0195AG 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
0195AG 3b	0,0014	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0046
0195AG 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0049

Lame CQA-05-0201A

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0201A 1b	0,0117	0,0000	0,0019	0,1844	0,0008	0,0154	0,1281	0,0000	0,1775	0,0619	0,2382	0,0046	0,1209
0201A 1c	0,0143	0,0019	0,0106	0,1152	0,0000	0,0021	0,1204	0,0005	0,1410	0,0615	0,2385	0,0019	0,1203
0201A 2a	0,0145	0,0000	0,0012	0,2489	0,0045	0,0000	0,0488	0,0149	0,1537	0,0102	0,2681	0,0208	0,1410
0201A 2b	0,0117	0,0021	0,0049	0,1419	0,0018	0,0096	0,0440	0,0052	0,0829	0,0195	0,2617	0,0161	0,1374
0201A 2c	0,0096	0,0000	0,0080	0,2228	0,0037	0,0000	0,0741	0,0071	0,2474	0,0054	0,2707	0,0156	0,1477
0201A 3a	0,0095	0,0024	0,0101	0,2211	0,0027	0,0000	0,0743	0,0004	0,1692	0,0529	0,2448	0,0089	0,1229
0201A 3b	0,0100	0,0000	0,0032	0,0749	0,0065	0,0000	0,0500	0,0000	0,0440	0,0573	0,2507	0,0075	0,1164
0201A 3c	0,0114	0,0010	0,0044	0,1222	0,0000	0,0000	0,1134	0,0000	0,1490	0,0160	0,2428	0,0022	0,1263

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0201A 1a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0053	0,0059	0,0047
0201A 1b	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0046	0,0080	0,0038	0,0000	0,0019	0,0100	0,0050	0,0059	0,0048
0201A 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0060	0,0049
0201A 2a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0049	0,0059	0,0048
0201A 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0049
0201A 2c	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0048
0201A 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0047
0201A 3b	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0049
0201A 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0000	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0047

Lame CQA-05-0206CEF1

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0206CEF1 6a	0,0107	0,0000	0,0075	0,0531	0,0000	0,0045	0,1230	0,0050	0,1234	0,0275	0,2807	0,0011	0,0307
0206CEF1 6b	0,0127	0,0009	0,0071	0,1650	0,0000	0,0069	0,1935	0,0033	0,2475	0,1022	0,2834	0,0056	0,0364
0206CEF1 6c	0,0132	0,0020	0,0091	0,0515	0,0012	0,0074	0,1044	0,0011	0,0947	0,0064	0,2663	0,0077	0,0427
0206CEF1 5a	0,0152	0,0015	0,0035	0,0450	0,0000	0,0000	0,1055	0,0044	0,1390	0,0092	0,2738	0,0035	0,0403
0206CEF1 5b	0,0125	0,0000	0,0008	0,0657	0,0000	0,0000	0,1115	0,0000	0,1291	0,0471	0,2838	0,0010	0,0386
0206CEF1 5c	0,0170	0,0000	0,0036	0,0821	0,0000	0,0034	0,1438	0,0021	0,2169	0,0023	0,2927	0,0000	0,0422
0206CEF1 4a	0,0124	0,0014	0,0000	0,0479	0,0000	0,0000	0,1063	0,0000	0,1538	0,0175	0,2794	0,0025	0,0454
0206CEF1 4b	0,0157	0,0025	0,0015	0,0620	0,0058	0,0000	0,0715	0,0063	0,1547	0,0000	0,2743	0,0028	0,0356
0206CEF1 4c	0,0137	0,0028	0,0046	0,0878	0,0002	0,0000	0,0861	0,0044	0,2251	0,0018	0,2730	0,0000	0,0454
0206CEF1 3a	0,0134	0,0000	0,0022	0,0947	0,0000	0,0000	0,0622	0,0017	0,1285	0,0214	0,3216	0,0012	0,0411
0206CEF1 3b	0,0224	0,0025	0,0032	0,2204	0,0000	0,0017	0,1185	0,0047	0,2931	0,0393	0,3208	0,0073	0,0376
0206CEF1 3c	0,0106	0,0021	0,0090	0,0906	0,0000	0,0031	0,0880	0,0020	0,1396	0,0066	0,3261	0,0037	0,0459
0206CEF1 2a	0,0156	0,0027	0,0009	0,0427	0,0008	0,0000	0,0435	0,0030	0,0265	0,0114	0,3160	0,0059	0,0300
0206CEF1 2b	0,0085	0,0006	0,0018	0,0237	0,0044	0,0008	0,0625	0,0006	0,0870	0,0080	0,3120	0,0074	0,0396
0206CEF1 2c	0,0109	0,0003	0,0003	0,0888	0,0000	0,0095	0,1066	0,0025	0,1488	0,0637	0,3187	0,0000	0,0297
0206CEF1 1a	0,0131	0,0016	0,0034	0,0638	0,0000	0,0000	0,0702	0,0042	0,0674	0,0243	0,3374	0,0045	0,0390
0206CEF1 1b	0,0130	0,0014	0,0046	0,0404	0,0000	0,0000	0,0601	0,0000	0,0664	0,0202	0,3134	0,0068	0,0394
0206CEF1 1c	0,0116	0,0009	0,0020	0,0963	0,0000	0,0000	0,1276	0,0041	0,1427	0,0266	0,3378	0,0099	0,0391
0206CEF1 1d	0,0119	0,0023	0,0008	0,1988	0,0000	0,0061	0,0699	0,0010	0,1868	0,0010	0,3333	0,0074	0,0294

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0206CEF1 6a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0060	0,0049
0206CEF1 6b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0103	0,0051	0,0059	0,0047
0206CEF1 6c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0052	0,0059	0,0047
0206CEF1 5a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048
0206CEF1 5b	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
0206CEF1 5c	0,0014	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0048
0206CEF1 4a	0,0015	0,0014	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0050	0,0060	0,0047
0206CEF1 4b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0048
0206CEF1 4c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0047
0206CEF1 3a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0047
0206CEF1 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0052	0,0059	0,0048
0206CEF1 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0047
0206CEF1 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0049
0206CEF1 2b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0047
0206CEF1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0080	0,0039	0,0022	0,0019	0,0100	0,0051	0,0000	0,0049
0206CEF1 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0048
0206CEF1 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0047
0206CEF1 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0048
0206CEF1 1d	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0049

Lame CQA-05-0206CEF2

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0206CEF2 3a	0,0100	0,0000	0,0096	0,0370	0,0008	0,0089	0,0679	0,0000	0,0609	0,0117	0,4336	0,0094	0,0358
0206CEF2 3b	0,0157	0,0000	0,0068	0,0415	0,0000	0,0068	0,0601	0,0001	0,0529	0,0071	0,4346	0,0107	0,0390
0206CEF2 3c	0,0138	0,0000	0,0060	0,0344	0,0000	0,0000	0,0745	0,0046	0,0758	0,0066	0,4189	0,0072	0,0432
0206CEF2 2a	0,0178	0,0028	0,0067	0,0268	0,0000	0,0091	0,0378	0,0045	0,0304	0,0000	0,3398	0,0125	0,0304
0206CEF2 2b	0,0164	0,0016	0,0065	0,1072	0,0045	0,0000	0,0434	0,0107	0,0716	0,0453	0,3611	0,0065	0,0248
0206CEF2 2c	0,0150	0,0013	0,0044	0,0888	0,0000	0,0000	0,0619	0,0047	0,0700	0,0286	0,3556	0,0229	0,0203
0206CEF2 1a	0,0410	0,0010	0,0050	0,0457	0,0000	0,0000	0,0455	0,0000	0,0251	0,0130	0,2534	0,0069	0,0071
0206CEF2 1b	0,0139	0,0006	0,0025	0,0780	0,0000	0,0004	0,0742	0,0000	0,1196	0,0203	0,2832	0,0139	0,0135
0206CEF2 1c	0,0205	0,0011	0,0037	0,0795	0,0000	0,0000	0,1280	0,0015	0,1524	0,0297	0,2491	0,0000	0,0154
0206CEF2 1d	0,0088	0,0012	0,0231	0,0157	0,0000	0,0000	0,0424	0,0018	0,0427	0,0099	0,3226	0,0085	0,0252
0206CEF2 1e	0,0118	0,0031	0,0143	0,0360	0,0035	0,0000	0,0585	0,0000	0,0505	0,0051	0,3289	0,0067	0,0256
0206CEF2 1f	0,0139	0,0011	0,0085	0,0255	0,0000	0,0000	0,0524	0,0032	0,0502	0,0069	0,3075	0,0000	0,0272

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0206CEF2 3a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0046	0,0080	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048
0206CEF2 3b	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048
0206CEF2 3c	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0101	0,0047	0,0059	0,0046
0206CEF2 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0049
0206CEF2 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0052	0,0059	0,0048
0206CEF2 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0058	0,0048
0206CEF2 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0100	0,0049	0,0059	0,0047
0206CEF2 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0050	0,0058	0,0048
0206CEF2 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0046
0206CEF2 1d	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0049	0,0059	0,0048
0206CEF2 1e	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
0206CEF2 1f	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0053	0,0000	0,0047

Lame CQA-06-0336A

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
336A 1a	0,2480	0,0314	0,0873	0,0910	0,0000	0,0000	0,1067	0,0723	0,0275	0,0000	0,1569	0,0000	0,1697
336A 1b	0,4930	0,0583	0,1571	0,1345	0,0057	0,0000	0,1096	0,1525	0,0429	0,0000	0,1586	0,0031	0,0693
336A 1c	0,0200	0,0000	0,0000	0,0429	0,0000	0,0000	0,0944	0,0082	0,0255	0,0000	0,1691	0,0000	0,1643
336A 2a	0,4529	0,0387	0,1484	0,0922	0,0000	0,0141	0,1370	0,1061	0,0558	0,0000	0,1926	0,0018	1,6817
336A 2b	0,0910	0,0054	0,0153	0,0406	0,0008	0,0000	0,0809	0,0091	0,0305	0,0196	0,1707	0,0000	0,2086
336A 2c	0,0264	0,0000	0,0152	0,0333	0,0000	0,0091	0,0938	0,0033	0,0276	0,0111	0,1569	0,0065	0,1433
336A 3a	0,2008	0,0043	0,0030	0,0472	0,0000	0,0080	0,1056	0,0247	0,0251	0,0031	0,1616	0,0028	0,0339
336A 3b	0,7745	0,0349	0,3146	0,3062	0,0022	0,0000	0,1329	0,3417	0,2616	0,0195	0,1501	0,0007	0,4038
336A 3c	0,0348	0,0038	0,0087	0,0465	0,0005	0,0000	0,0602	0,0091	0,0280	0,0209	0,1701	0,0002	0,2506

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
336A 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0049
336A 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0060	0,0051
336A 1c	0,0015	0,0000	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0047
336A 2a	0,0015	0,0015	0,0016	0,0019	0,0000	0,0082	0,0040	0,0022	0,0020	0,0000	0,0051	0,0061	0,0051
336A 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0044	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0048
336A 2c	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0050
336A 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0060	0,0048
336A 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0040	0,0023	0,0020	0,0103	0,0055	0,0060	0,0047
336A 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0044	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0048

Lame CQA-06-0360A

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr	P
360 1a	0,0349	0,0036	0,1070	0,9919	0,0000	0,0000	4,4695	0,1938	4,7187	0,1639	0,8436	0,0077	0,0528	0,0000
360 1b	0,0145	0,0000	0,2311	1,0556	0,0000	0,0095	3,5912	0,1542	3,7912	0,0450	0,9203	0,0110	0,0492	0,0014
360 1c	0,0301	0,0107	0,1023	1,0978	0,0050	0,0083	4,5627	0,1925	4,7339	0,1337	0,8607	0,0085	0,0508	0,0020
360 3a	0,0337	0,0003	0,0661	1,3320	0,0000	0,0031	4,1983	0,5904	4,3568	0,0231	0,5177	0,0190	0,0286	0,0000
360 3b	0,3152	0,0004	0,0175	1,2881	0,0036	0,0000	3,9043	0,9660	4,0377	0,1141	0,4855	0,0010	0,0334	0,0000
360 3c	0,2173	0,0017	0,0829	1,2314	0,0010	0,0000	3,5474	0,4046	3,6441	0,0624	0,4481	0,0000	0,0137	0,0023
360 2a	0,0150	0,0037	0,0487	1,1929	0,0023	0,0000	4,1771	0,3169	4,3468	0,0433	0,5650	0,0119	0,0251	0,0000
360 2b	0,0198	0,0006	0,0324	1,0655	0,0000	0,0000	4,1201	0,2029	4,2203	0,1231	0,5382	0,0000	0,0403	0,0000
360 2c	0,0339	0,0015	0,0308	1,0290	0,0000	0,0052	3,5496	0,2409	3,6199	0,0906	0,4572	0,0000	0,0256	0,0000

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr	P
360 1a	0,0016	0,0016	0,0017	0,0020	0,0000	0,0000	0,0045	0,0023	0,0020	0,0112	0,0059	0,0065	0,0057	0,0000
360 1b	0,0015	0,0000	0,0017	0,0020	0,0000	0,0088	0,0044	0,0023	0,0020	0,0110	0,0057	0,0064	0,0055	0,0024
360 1c	0,0016	0,0016	0,0017	0,0020	0,0041	0,0089	0,0045	0,0023	0,0020	0,0112	0,0057	0,0066	0,0056	0,0025
360 3a	0,0015	0,0016	0,0017	0,0020	0,0000	0,0089	0,0045	0,0023	0,0020	0,0111	0,0058	0,0064	0,0054	0,0000
360 3b	0,0016	0,0016	0,0017	0,0020	0,0041	0,0000	0,0045	0,0024	0,0020	0,0111	0,0058	0,0065	0,0057	0,0000
360 3c	0,0015	0,0015	0,0016	0,0020	0,0040	0,0000	0,0044	0,0023	0,0020	0,0111	0,0057	0,0000	0,0053	0,0024
360 2a	0,0016	0,0015	0,0016	0,0020	0,0041	0,0000	0,0044	0,0023	0,0020	0,0111	0,0058	0,0064	0,0055	0,0000
360 2b	0,0015	0,0016	0,0017	0,0020	0,0000	0,0000	0,0045	0,0023	0,0020	0,0110	0,0060	0,0000	0,0055	0,0000
360 2c	0,0015	0,0015	0,0016	0,0020	0,0000	0,0087	0,0044	0,0022	0,0020	0,0110	0,0056	0,0000	0,0055	0,0000

II. Le système de Grouard

Lame 10CQA-1270D01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1270D 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0055	0,0060	0,0051
1270D 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0082	0,0039	0,0023	0,0019	0,0102	0,0053	0,0059	0,0049
1270D 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0103	0,0051	0,0059	0,0048
1270D 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0048
1270D 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0000
1270D 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0043	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0060	0,0048
1270D 3a	0,0017	0,0016	0,0018	0,0020	0,0000	0,0000	0,0044	0,0025	0,0022	0,0113	0,0061	0,0066	0,0058
1270D 3b	0,0016	0,0015	0,0017	0,0019	0,0000	0,0000	0,0042	0,0023	0,0022	0,0109	0,0056	0,0063	0,0055
1270D 3c	0,0015	0,0015	0,0016	0,0019	0,0000	0,0086	0,0043	0,0022	0,0022	0,0109	0,0055	0,0064	0,0054

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1270D 1a	0,2769	0,0303	0,1065	0,1348	0,0000	0,0000	0,0487	0,1314	0,0971	0,0000	0,1260	0,0070	0,3026
1270D 1b	0,6435	0,0180	0,1984	0,0993	0,0000	0,0068	0,0257	0,2364	0,0690	0,0251	0,1234	0,0088	0,2203
1270D 1c	0,2404	0,0096	0,1914	0,0517	0,0000	0,0023	0,0215	0,0417	0,1868	0,0131	0,1257	0,0232	0,2569
1270D 2a	0,3737	0,0206	0,1457	0,0800	0,0047	0,0015	0,0208	0,1207	0,0332	0,0000	0,1361	0,0068	0,0035
1270D 2b	0,1821	0,0251	0,0250	0,0893	0,0000	0,0042	0,0201	0,0703	0,0410	0,0156	0,1224	0,0068	0,0000
1270D 2c	0,4990	0,0235	0,1739	0,1013	0,0018	0,0000	0,0223	0,1651	0,0305	0,0000	0,1431	0,0050	0,0059
1270D 3a	5,0411	0,0825	3,5492	0,6521	0,0000	0,0000	0,0632	1,3504	2,6865	0,0046	0,1502	0,0089	0,2245
1270D 3b	2,5580	0,0096	2,6235	0,2943	0,0000	0,0000	0,0602	0,3318	2,7491	0,0037	0,1721	0,0181	0,2121
1270D 3c	0,1761	0,0022	0,2534	0,0322	0,0000	0,0135	0,6409	0,0296	6,8868	0,0034	0,1735	0,0087	0,3077

Lame 10CQA-1294B01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr	P
1294 2a	3,3113	1,0492	0,1381	1,8188	0,0000	0,0035	0,1804	1,6930	0,1975	0,0186	0,0961	0,0036	0,0165	0,0000
1294 2b	0,8261	0,3412	0,0352	0,4354	0,0000	0,0000	0,0986	0,3006	0,1147	0,0162	0,1033	0,0000	0,0291	0,0000
1294 2c	0,0944	0,0302	0,0432	0,0425	0,0009	0,0000	0,0873	0,0300	0,0472	0,0003	0,1134	0,0056	0,0340	0,0000
1294 1a	0,4356	0,0582	0,3849	0,0957	0,0000	0,0066	0,1371	0,0402	0,3630	0,0065	0,1098	0,0004	0,0472	0,1093
1294 1b	0,0775	0,0203	0,0185	0,0044	0,0026	0,0006	0,0501	0,0067	0,0377	0,0097	0,1140	0,0019	0,0385	0,0000
1294 1c	5,4471	2,2574	1,3908	3,0012	0,0000	0,0000	0,2315	2,5340	0,3908	0,0158	0,1154	0,0000	0,0239	0,7127
1294 3a	0,4882	0,0556	0,0364	0,1031	0,0014	0,0000	0,0602	0,0690	0,0553	0,0000	0,1143	0,0004	0,0706	0,0000
1294 3b	4,4310	1,7014	0,0477	2,6721	0,0000	0,0000	0,1974	2,3741	0,2730	0,0044	0,1018	0,0196	0,0116	0,0037
1294 3c	2,0243	0,2642	0,1328	1,0020	0,0000	0,0097	0,0790	0,3830	0,0950	0,0114	0,0964	0,0081	0,0113	0,0000

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr	P
1294 2a	0,0016	0,0016	0,0016	0,0020	0,0000	0,0086	0,0040	0,0025	0,0019	0,0107	0,0054	0,0063	0,0051	0,0000
1294 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0018	0,0102	0,0052	0,0000	0,0051	0,0000
1294 2c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0037	0,0000	0,0038	0,0022	0,0018	0,0102	0,0052	0,0059	0,0049	0,0000
1294 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0082	0,0039	0,0022	0,0018	0,0102	0,0049	0,0060	0,0050	0,0023
1294 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0037	0,0081	0,0038	0,0021	0,0018	0,0101	0,0051	0,0059	0,0048	0,0000
1294 1c	0,0017	0,0017	0,0018	0,0021	0,0000	0,0000	0,0043	0,0026	0,0021	0,0113	0,0060	0,0000	0,0057	0,0025
1294 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0037	0,0000	0,0039	0,0022	0,0018	0,0000	0,0051	0,0059	0,0049	0,0000
1294 3b	0,0017	0,0016	0,0017	0,0020	0,0000	0,0000	0,0042	0,0026	0,0020	0,0110	0,0057	0,0063	0,0056	0,0024
1294 3c	0,0015	0,0015	0,0016	0,0019	0,0000	0,0082	0,0039	0,0023	0,0019	0,0104	0,0050	0,0060	0,0049	0,0000

III. Le système de Terra

Lame 09CQA-0137A01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0137A1 3a	0,0138	0,0000	0,0174	0,0175	0,0000	0,0029	0,0281	0,0051	0,2444	0,0000	0,1614	0,0025	0,0053
0137A1 3b	0,0116	0,0008	0,0050	0,0208	0,0000	0,0000	0,0235	0,0015	0,2485	0,0125	0,1673	0,0041	0,0150
0137A1 3c	0,0148	0,0020	0,0095	0,0112	0,0032	0,0116	0,0246	0,0031	0,1449	0,0096	0,1699	0,0060	0,0115
0137A1 2a	0,0122	0,0038	0,0116	0,0082	0,0009	0,0083	0,0160	0,0047	0,2086	0,0224	0,1769	0,0124	0,0096
0137A1 2b	0,0128	0,0026	0,0300	0,0156	0,0012	0,0082	0,0171	0,0012	0,2252	0,0000	0,1682	0,0066	0,0115
0137A1 2c	0,0143	0,0017	0,0079	0,0083	0,0000	0,0000	0,0128	0,0019	0,0728	0,0000	0,1496	0,0047	0,0209
0137A1 1a	0,0314	0,0089	0,0139	0,0273	0,0000	0,0000	0,0263	0,0025	0,2175	0,0102	0,1613	0,0091	0,0162
0137A1 1b	0,0173	0,0055	0,0198	0,0149	0,0000	0,0017	0,0229	0,0050	0,1263	0,0000	0,1480	0,0094	0,0155
0137A1 1c	0,0139	0,0032	0,0062	0,0336	0,0000	0,0000	0,0223	0,0042	0,3862	0,0042	0,1654	0,0018	0,0107

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0137A1 3a	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0021	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0049
0137A1 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0047
0137A1 3c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0048
0137A1 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0021	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0047
0137A1 2b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0048
0137A1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
0137A1 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0052	0,0059	0,0047
0137A1 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0048
0137A1 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0047

Lame 09CQA-0139B01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0139B1 1a	0,0000	0,0017	0,0132	0,0227	0,0039	0,0053	0,0278	0,0006	0,0026	0,0120	0,0265	0,0031	0,0064
0139B1 1b	0,1507	0,0169	0,0430	0,0502	0,0000	0,0044	0,0133	0,0302	0,0091	0,0000	0,0282	0,0000	0,0043
0139B1 1c	0,0685	0,0069	0,0262	0,0330	0,0000	0,0027	0,0251	0,0258	0,0066	0,0073	0,0379	0,0049	0,0019
0139B1 2a	0,6854	0,0107	0,1766	0,1180	0,0000	0,0000	0,0273	0,0938	0,0174	0,0183	0,0265	0,0000	0,0009
0139B1 2b	0,0097	0,0015	0,0901	0,0083	0,0000	0,0043	0,0223	0,0019	0,0043	0,0026	0,0117	0,0053	0,0000
0139B1 2c	0,3046	0,0032	0,0476	0,0325	0,0000	0,0000	0,0179	0,0257	0,0175	0,0044	0,0294	0,0013	0,0037
0139B1 3a	0,9088	0,0135	0,2287	0,2846	0,0000	0,0914	0,0344	0,0703	0,0425	0,0011	0,0317	0,0000	0,0000
0139B1 3b	0,4519	0,0168	0,1570	0,1509	0,0017	0,1076	0,0274	0,0321	0,0432	0,0190	0,0419	0,0123	0,0000
0139B1 3c	0,5990	0,0294	0,2070	0,1363	0,0000	0,0310	0,0343	0,0580	0,0375	0,0115	0,0252	0,0000	0,0062
0139B1 4a	0,3992	0,0129	0,0907	0,0983	0,0000	0,0000	0,0239	0,0553	0,0228	0,0000	0,0346	0,0005	0,0000
0139B1 4b	0,5986	0,0152	0,1468	0,1473	0,0000	0,0039	0,0261	0,0674	0,0315	0,0199	0,0389	0,0113	0,0061
0139B1 4c	0,7908	0,0111	0,1667	0,1556	0,0000	0,0000	0,0281	0,0782	0,0361	0,0026	0,0450	0,0003	0,0002

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0139B1 1a	0,0000	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0046
0139B1 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0000	0,0047
0139B1 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0021	0,0019	0,0100	0,0048	0,0059	0,0047
0139B1 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0048
0139B1 2b	0,0017	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0000
0139B1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0048
0139B1 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0000	0,0000
0139B1 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0100	0,0050	0,0059	0,0000
0139B1 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0000	0,0046
0139B1 4a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
0139B1 4b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0048
0139B1 4c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0103	0,0049	0,0059	0,0049

Lame 09CQA-0139G03

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0139G3 5a	0,4608	0,0102	0,1210	0,1320	0,0037	0,0152	0,0287	0,0305	0,0387	0,0058	0,0318	0,0107	0,0000
0139G3 5b	0,4388	0,0156	0,1154	0,1197	0,0058	0,0087	0,0246	0,0316	0,0355	0,0000	0,0401	0,0099	0,0000
0139G3 5c	0,6883	0,0199	0,1397	0,2224	0,0000	0,0062	0,0373	0,0454	0,0431	0,0128	0,0420	0,0000	0,0000
0139G3 4a	0,6529	0,0108	0,2037	0,2069	0,0000	0,0000	0,0455	0,0322	0,0663	0,0000	0,0410	0,0093	0,0037
0139G3 4b	0,8835	0,0255	0,2271	0,3033	0,0006	0,0103	0,0419	0,0666	0,0717	0,0005	0,0649	0,0095	0,0091
0139G3 4c	0,5503	0,0045	0,1075	0,1287	0,0000	0,0020	0,0334	0,0317	0,0404	0,0000	0,0403	0,0039	0,0000
0139G3 3a	0,1393	0,0037	0,0313	0,0384	0,0017	0,0000	0,0238	0,0098	0,0170	0,0117	0,0685	0,0054	0,0264
0139G3 3b	0,4176	0,0113	0,0706	0,0850	0,0000	0,0000	0,0294	0,0105	0,0443	0,0654	0,0729	0,0000	0,0099
0139G3 3c	0,5328	0,0347	0,1125	0,1646	0,0000	0,0038	0,0329	0,0431	0,0390	0,0060	0,0631	0,0059	0,1302
0139G3 2a	0,4764	0,0149	0,0939	0,1166	0,0000	0,0000	0,0191	0,0310	0,0326	0,0242	0,0439	0,0080	0,1604
0139G3 2b	0,8922	0,0204	0,3234	0,2469	0,0056	0,0000	0,0214	0,1067	0,0413	0,0074	0,0241	0,0024	0,0041
0139G3 2c	0,6825	0,0194	0,2309	0,2002	0,0033	0,0095	0,0201	0,0816	0,0392	0,0000	0,0251	0,0004	0,0000
0139G3 1a	0,2989	0,0103	0,0851	0,0918	0,0002	0,0000	0,0194	0,0150	0,0199	0,0000	0,0428	0,0037	0,0180
0139G3 1b	0,6346	0,0161	0,2551	0,2368	0,0000	0,0028	0,0321	0,0322	0,0579	0,0000	0,0447	0,0000	0,0364
0139G3 1c	0,8649	0,0133	0,2454	0,2805	0,0023	0,0000	0,0415	0,0841	0,0758	0,0006	0,0545	0,0054	0,0301

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0139G3 5a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0000
0139G3 5b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0044	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0000
0139G3 5c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0052	0,0000	0,0000
0139G3 4a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0053	0,0059	0,0047
0139G3 4b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0047
0139G3 4c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0021	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
0139G3 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0100	0,0050	0,0059	0,0046
0139G3 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0000	0,0047
0139G3 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0052	0,0059	0,0048
0139G3 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0050	0,0059	0,0047
0139G3 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0047
0139G3 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
0139G3 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0052	0,0059	0,0049
0139G3 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0052	0,0000	0,0048
0139G3 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0048

Lame 09CQA-0144A02-2

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0144A2-2 1a	1,4661	0,0543	0,9813	0,7535	0,0005	0,0019	0,1618	0,0751	0,0864	0,0000	0,0000	0,0053	0,0025
0144A2-2 1b	1,5769	0,0479	1,1920	0,7478	0,0009	0,0096	0,1879	0,0694	0,1726	0,0038	0,0067	0,0000	0,0000
0144A2-2 1c	0,8113	0,0225	0,4814	0,3517	0,0000	0,0094	0,1109	0,0376	0,0756	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000
0144A2-2 2a	1,5065	0,0393	1,0435	0,8738	0,0000	0,0000	0,1357	0,0905	0,0797	0,0194	0,0072	0,0057	0,0055
0144A2-2 2b	1,4277	0,0457	0,9893	0,8519	0,0042	0,0000	0,1486	0,0813	0,0544	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
0144A2-2 2c	1,4093	0,0433	0,9454	0,6519	0,0000	0,0123	0,1702	0,0661	0,0463	0,0111	0,0000	0,0002	0,0081
0144A2-2 3a	1,0919	0,0379	0,6980	0,2957	0,0019	0,0090	0,1165	0,0476	0,1034	0,0135	0,0131	0,0000	0,0000
0144A2-2 3b	1,3832	0,0504	0,9041	0,4557	0,0000	0,0000	0,1299	0,0676	0,1183	0,0145	0,0060	0,0000	0,0000
0144A2-2 3c	1,2300	0,0462	0,8099	0,3838	0,0032	0,0032	0,1342	0,0551	0,0799	0,0083	0,0050	0,0000	0,0030

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0144A2-2 1a	0,0015	0,0015	0,0016	0,0019	0,0046	0,0083	0,0039	0,0022	0,0020	0,0000	0,0000	0,0060	0,0048
0144A2-2 1b	0,0015	0,0015	0,0016	0,0019	0,0046	0,0082	0,0040	0,0022	0,0020	0,0103	0,0050	0,0000	0,0000
0144A2-2 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0000	0,0000	0,0000
0144A2-2 2a	0,0015	0,0015	0,0016	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0020	0,0103	0,0051	0,0060	0,0048
0144A2-2 2b	0,0015	0,0014	0,0016	0,0019	0,0045	0,0000	0,0039	0,0022	0,0020	0,0103	0,0000	0,0000	0,0000
0144A2-2 2c	0,0015	0,0014	0,0016	0,0019	0,0000	0,0082	0,0039	0,0023	0,0020	0,0102	0,0000	0,0060	0,0048
0144A2-2 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0000
0144A2-2 3b	0,0015	0,0015	0,0016	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0020	0,0103	0,0052	0,0000	0,0000
0144A2-2 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0000	0,0049

IV. Le système de Fab

Lame 11PUA050B01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
050B01 3a	0,5693	0,0641	0,1637	0,3474	0,0004	0,4343	0,0399	0,0158	0,0687	0,0000	0,0547	0,0000	0,0000
050B01 3b	0,6424	0,0737	0,1901	0,3757	0,0022	0,3497	0,0461	0,0156	0,0838	0,0028	0,0579	0,0062	0,0000
050B01 3c	0,7825	0,0895	0,2339	0,4380	0,0000	0,0115	0,0453	0,0226	0,0877	0,0000	0,0761	0,0018	0,0000
050B01 2a	0,6038	0,0734	0,1572	0,3438	0,0001	0,6399	0,0379	0,0159	0,0624	0,0273	0,0587	0,0047	0,0000
050B01 2b	0,6859	0,0661	0,1946	0,4329	0,0000	0,0000	0,0518	0,0211	0,0842	0,0018	0,0614	0,0000	0,0000
050B01 2c	0,0274	0,0024	0,0227	0,0536	0,0025	0,0000	0,0174	0,0000	0,0516	0,0086	0,0761	0,0026	0,0291
050B01 1a	0,6358	0,0865	0,1658	0,4053	0,0000	0,0000	0,0492	0,0229	0,0577	0,0000	0,0625	0,0000	0,0000
050B01 1b	0,3263	0,0398	0,0888	0,2108	0,0000	0,1071	0,0381	0,0152	0,0244	0,0221	0,0290	0,0000	0,0000
050B01 1c	0,6250	0,0742	0,1851	0,3722	0,0000	0,0186	0,0500	0,0270	0,0605	0,0055	0,0666	0,0073	0,0004
050B01 1d	0,4393	0,0501	0,1138	0,2778	0,0000	0,1139	0,0387	0,0194	0,0506	0,0144	0,0517	0,0081	0,0042

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
050B01 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0000
050B01 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0103	0,0051	0,0060	0,0000
050B01 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
050B01 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0060	0,0000
050B01 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0039	0,0021	0,0019	0,0102	0,0051	0,0000	0,0000
050B01 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0048
050B01 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0047	0,0000	0,0000
050B01 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0000	0,0000
050B01 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0049
050B01 1d	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0047

Lame 11PUA053B02

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
053B02 1a	0,0105	0,0000	0,0054	0,0114	0,0000	0,0000	0,0386	0,0000	0,0387	0,0016	0,2953	0,0148	0,0160
053B02 1b	0,0099	0,0008	0,0043	0,0041	0,0000	0,0000	0,0402	0,0032	0,0304	0,0015	0,2717	0,0136	0,0025
053B02 1c	0,0168	0,0008	0,0341	0,0007	0,0000	0,0000	0,0166	0,0071	0,0267	0,0000	0,2801	0,0132	0,0167
053B02 2a	0,0104	0,0025	0,0023	0,0260	0,0000	0,0062	0,0336	0,0009	0,0279	0,0342	0,2752	0,0061	0,0148
053B02 2b	0,0124	0,0014	0,0007	0,0437	0,0000	0,0002	0,0347	0,0036	0,0307	0,0309	0,2769	0,0049	0,0000
053B02 2c	0,0116	0,0011	0,0025	0,0175	0,0013	0,0122	0,0364	0,0032	0,0176	0,0023	0,2884	0,0169	0,0000
053B02 3a	0,0088	0,0018	0,0008	0,0142	0,0032	0,0000	0,0339	0,0011	0,0239	0,0055	0,2874	0,0118	0,0107
053B02 3b	0,0149	0,0075	0,0046	0,0116	0,0000	0,0035	0,0335	0,0021	0,0423	0,0000	0,2911	0,0231	0,0028
053B02 3c	0,0159	0,0000	0,0029	0,0000	0,0000	0,0107	0,0140	0,0044	0,0044	0,0000	0,2830	0,0175	0,0043
053B02 3d	0,0235	0,0012	0,0039	0,0000	0,0000	0,0045	0,0058	0,0030	0,0019	0,0000	0,2757	0,0119	0,0072

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
053B02 1a	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0047	0,0059	0,0046
053B02 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048
053B02 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
053B02 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0051	0,0060	0,0046
053B02 2b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0000
053B02 2c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0000
053B02 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0048
053B02 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0048
053B02 3c	0,0014	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0048	0,0059	0,0049
053B02 3d	0,0014	0,0014	0,0015	0,0000	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0048

Lame 11PUA067A01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
067A01 3a	0,0235	0,0000	0,0062	0,4853	0,0060	0,0000	0,0839	0,0054	0,4365	0,0064	0,1918	0,0042	0,1527
067A01 3b	0,0337	0,0025	0,0171	0,0421	0,0035	0,0000	0,2045	0,0019	0,8110	0,0000	0,1626	0,0078	0,1650
067A01 3c	0,0245	0,0009	0,0126	0,1898	0,0000	0,0000	0,0699	0,0047	0,2729	0,0008	0,1737	0,0058	0,1436
067A01 2a	0,0259	0,0019	0,0230	0,2305	0,0020	0,0000	0,0665	0,0024	0,3596	0,0251	0,1722	0,0093	0,1632
067A01 2b	0,0283	0,0000	0,0650	0,0748	0,0000	0,0000	0,0538	0,0061	0,2178	0,0016	0,1772	0,0049	0,1815
067A01 2c	0,0255	0,0038	0,0076	0,0334	0,0000	0,0056	0,0418	0,0037	0,1385	0,0018	0,1748	0,0010	0,1393
067A01 1a	0,0245	0,0087	0,0286	0,0448	0,0000	0,0028	0,0378	0,0060	0,1767	0,0000	0,1575	0,0138	0,2097
067A01 1b	0,0300	0,0016	0,0052	0,0348	0,0000	0,0065	0,0732	0,0066	0,8632	0,0254	0,1785	0,0024	0,1728
067A01 1c	0,0205	0,0005	0,0506	0,0202	0,0000	0,0001	0,0222	0,0031	0,1659	0,0000	0,1622	0,0102	0,2044

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
067A01 3a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0103	0,0048	0,0060	0,0048
067A01 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0048
067A01 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0049
067A01 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0103	0,0050	0,0059	0,0048
067A01 2b	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0046
067A01 2c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0049
067A01 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0046
067A01 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0060	0,0048
067A01 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047

Lame 11PUA074B01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
074D1 4a	0,0607	0,0117	0,0298	0,0734	0,0000	0,0000	0,0142	0,0296	0,0954	0,0000	0,1173	0,0021	0,0993
074D1 4b	0,0163	0,0034	0,0027	0,0098	0,0041	0,0028	0,0153	0,0036	0,0675	0,0047	0,1108	0,0205	0,0999
074D1 4c	0,0134	0,0044	0,0092	0,0112	0,0017	0,0057	0,0217	0,0037	0,0656	0,0016	0,1193	0,0078	0,1291
074D1 3a	0,0181	0,0093	0,0216	0,0016	0,0000	0,0000	0,0158	0,0081	0,0415	0,0000	0,0908	0,0126	0,1900
074D1 3b	0,0715	0,0212	0,0279	0,0347	0,0000	0,0000	0,0143	0,0162	0,0544	0,0107	0,1044	0,0121	0,1834
074D1 3c	0,0381	0,0208	0,0230	0,0136	0,0000	0,0057	0,0207	0,0130	0,0356	0,0000	0,0967	0,0189	0,2487
074D1 2a	0,1107	0,0286	0,0386	0,0660	0,0000	0,0000	0,0143	0,0394	0,0635	0,0000	0,0824	0,0081	0,2201
074D1 2b	0,0184	0,0032	0,0159	0,0000	0,0000	0,0135	0,0082	0,0009	0,0301	0,0000	0,0795	0,0130	0,1114
074D1 2c	0,0200	0,0009	0,0195	0,0000	0,0000	0,0000	0,0074	0,0041	0,0285	0,0000	0,0739	0,0165	0,1185
074D1 1a	0,1809	0,0253	0,0824	0,0856	0,0000	0,0000	0,0167	0,0537	0,0317	0,0046	0,0859	0,0148	0,6301
074D1 1b	0,1075	0,0139	0,0035	0,0623	0,0000	0,0008	0,0125	0,0339	0,0333	0,0047	0,0981	0,0096	0,7168
074D1 1c	0,0593	0,0113	0,0096	0,0352	0,0000	0,0000	0,0104	0,0189	0,0317	0,0000	0,1001	0,0127	0,7137

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
074D1 4a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
074D1 4b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0048
074D1 4c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0048	0,0059	0,0046
074D1 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0037	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0047
074D1 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0049
074D1 3c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0052	0,0059	0,0048
074D1 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0047
074D1 2b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0000	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0048
074D1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0058	0,0047
074D1 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0052	0,0059	0,0049
074D1 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0060	0,0048
074D1 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0049

Lame 11PUA607A01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
607A01 1a	3,4395	0,0114	10,5515	0,9108	0,0024	0,0053	0,1007	0,2807	4,0926	0,0000	0,0929	0,0000	0,1441
607A01 1c	0,2289	0,0027	1,6671	0,0923	0,0000	0,0000	0,1765	0,0359	0,6777	0,0008	0,0751	0,0114	0,1406
607A01 2a	0,1964	0,0076	0,3645	0,0479	0,0000	0,0000	0,8315	0,0143	3,9753	0,0144	0,1113	0,0119	0,1046
607A01 3a	0,0532	0,0062	0,1128	0,0170	0,0000	0,0000	0,1027	0,0093	0,5759	0,0175	0,1189	0,0000	0,1243
607A01 3b	0,7123	0,0070	0,6139	0,2551	0,0000	0,0046	0,0599	0,2323	0,6735	0,0013	0,1325	0,0067	0,1066
607A01 3c	0,2811	0,0063	0,5110	0,0270	0,0000	0,0000	0,3490	0,0056	1,9555	0,0000	0,1423	0,0000	0,1515

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
607A01 1a	0,0017	0,0016	0,0021	0,0020	0,0054	0,0094	0,0046	0,0024	0,0025	0,0000	0,0063	0,0000	0,0061
607A01 1c	0,0015	0,0014	0,0016	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0020	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048
607A01 2a	0,0015	0,0015	0,0016	0,0019	0,0000	0,0000	0,0041	0,0022	0,0021	0,0106	0,0053	0,0061	0,0054
607A01 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0039	0,0021	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0049
607A01 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0082	0,0039	0,0022	0,0020	0,0103	0,0050	0,0060	0,0050
607A01 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0040	0,0022	0,0020	0,0000	0,0053	0,0000	0,0052

Lame 11PUA1000G03

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr	P
1000 3a	0,6177	0,0428	0,2492	0,2082	0,0021	0,0029	0,0128	0,0498	0,0353	0,0206	0,0007	0,0424	0,0044	0,0000
1000 3b	0,0123	0,0000	0,0085	0,0000	0,0000	0,0000	0,0037	0,0031	0,0158	0,0000	0,0820	0,0988	0,0047	0,0000
1000 3c	0,2034	0,0087	0,0399	0,0364	0,0027	0,0084	0,0000	0,0113	0,0179	0,0061	0,0442	0,0625	0,0000	0,0000
1000 2a	0,6094	0,0324	0,1819	0,1479	0,0000	0,0178	0,0044	0,1189	0,0083	0,0000	0,0269	0,2607	0,0018	0,0033
1000 2b	0,4500	0,0213	0,1683	0,1394	0,0076	0,0038	0,0089	0,0356	0,0317	0,0000	0,0294	0,0746	0,0000	0,0000
1000 2c	0,2802	0,0121	0,0817	0,0641	0,0000	0,0000	0,0029	0,0506	0,0103	0,0008	0,0252	0,2439	0,0052	0,0000
1000 1a	0,6018	0,0278	0,2207	0,1844	0,0011	0,0022	0,0135	0,1324	0,0199	0,0000	0,0148	0,2026	0,0000	0,0000
1000 1b	0,8107	0,0442	0,2670	0,2727	0,0070	0,0550	0,0120	0,1929	0,0132	0,0000	0,0310	0,2718	0,0057	0,0015
1000 1c	0,1010	0,0041	0,0165	0,0134	0,0003	0,0000	0,0061	0,0092	0,0168	0,0056	0,0617	0,0530	0,0046	0,0002

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr	P
1000 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0039	0,0082	0,0038	0,0022	0,0018	0,0102	0,0052	0,0060	0,0048	0,0000
1000 3b	0,0015	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0018	0,0000	0,0051	0,0059	0,0047	0,0000
1000 3c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0038	0,0081	0,0000	0,0022	0,0018	0,0101	0,0049	0,0059	0,0000	0,0000
1000 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0082	0,0039	0,0022	0,0018	0,0000	0,0051	0,0060	0,0048	0,0023
1000 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0038	0,0082	0,0038	0,0022	0,0018	0,0000	0,0050	0,0060	0,0000	0,0000
1000 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0018	0,0102	0,0051	0,0059	0,0047	0,0000
1000 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0038	0,0081	0,0038	0,0022	0,0018	0,0000	0,0050	0,0060	0,0000	0,0000
1000 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0038	0,0082	0,0038	0,0022	0,0018	0,0000	0,0049	0,0060	0,0048	0,0023
1000 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0038	0,0000	0,0038	0,0022	0,0018	0,0101	0,0051	0,0059	0,0048	0,0022

Lame 11PUA1019B01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1019C1 1a	0,0571	0,0015	0,0179	0,0253	0,0054	0,0000	0,0110	0,0434	0,0737	0,0053	0,7800	0,0135	0,0225
1019C1 1b	0,1033	0,0051	0,0409	0,0525	0,0000	0,0000	0,0117	0,0580	0,3639	0,0079	0,7975	0,0066	0,0251
1019C1 1c	0,0170	0,0052	0,0906	0,0015	0,0000	0,0027	0,0107	0,0039	0,1981	0,0000	0,7554	0,0200	0,0234
1019C1 2a	0,0088	0,0086	0,0094	0,0024	0,0000	0,0184	0,0325	0,0035	0,0168	0,0000	0,7148	0,0241	0,0098
1019C1 2b	0,0104	0,0037	0,0149	0,0027	0,0000	0,0021	0,0155	0,0000	0,0249	0,0083	0,6398	0,0143	0,0176
1019C1 2c	0,0080	0,0000	0,0064	0,0045	0,0054	0,0000	0,0282	0,0007	0,0262	0,0053	0,7086	0,0189	0,0121
1019C1 3a	0,0251	0,0069	0,0532	0,0125	0,0000	0,0039	0,0202	0,0021	0,1314	0,0245	0,5766	0,0032	0,0157
1019C1 3b	0,0103	0,0039	0,0068	0,0000	0,0000	0,0000	0,0146	0,0036	0,0277	0,0055	0,6521	0,0021	0,0161
1019C1 3c	0,0229	0,0028	0,0109	0,0024	0,0000	0,0101	0,0133	0,0133	0,0179	0,0000	0,5633	0,0155	0,0166
1019C1 4a	0,0208	0,0015	0,0032	0,1377	0,0092	0,0000	0,0195	0,0111	0,2263	0,0016	0,1860	0,0058	0,1014
1019C1 4b	0,0163	0,0014	0,0047	0,0883	0,0004	0,0020	0,0134	0,0019	0,0599	0,0096	0,1997	0,0051	0,1124
1019C1 4c	0,0132	0,0000	0,0125	0,0937	0,0000	0,0000	0,0246	0,0050	0,0945	0,0000	0,1789	0,0154	0,1193

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1019C1 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0050
1019C1 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0049
1019C1 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0048
1019C1 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0050
1019C1 2b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
1019C1 2c	0,0014	0,0000	0,0015	0,0019	0,0044	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0050
1019C1 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0052	0,0059	0,0049
1019C1 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
1019C1 3c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0048
1019C1 4a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0048
1019C1 4b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0047
1019C1 4c	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0047

V. L'indice Ham

Lame CQA-08-0592C

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0592C 1a	0,0172	0,0012	0,0013	0,0305	0,0011	0,0000	0,1892	0,0005	0,5750	0,0111	0,0318	0,0152	0,0000
0592C 1b	0,0129	0,0033	0,0035	0,0429	0,0014	0,0178	0,0292	0,0000	0,0411	0,0258	0,0393	0,0078	0,0026
0592C 1c	0,0114	0,0004	0,0004	0,0185	0,0017	0,0000	0,0939	0,0016	0,2420	0,0000	0,0326	0,0027	0,0118
0592C 2a	0,0086	0,0004	0,0002	0,0254	0,0000	0,0000	0,0974	0,0026	0,1770	0,0066	0,0230	0,0083	0,0000
0592C 2b	0,0110	0,0005	0,0028	0,0186	0,0001	0,0057	0,2157	0,0000	0,4505	0,0000	0,0287	0,0063	0,0045
0592C 2c	0,0188	0,0046	0,0027	0,0262	0,0000	0,0185	0,2494	0,0064	0,5718	0,0026	0,0231	0,0162	0,0074
0592C 3a	0,0205	0,0039	0,0000	0,0243	0,0000	0,0000	0,1808	0,0016	0,4776	0,0000	0,0165	0,0151	0,0028
0592C 3b	0,0179	0,0049	0,0000	0,0227	0,0014	0,0021	0,0637	0,0002	0,1689	0,0000	0,0237	0,0151	0,0003
0592C 3c	0,0159	0,0051	0,0006	0,0440	0,0000	0,0038	0,0652	0,0000	0,1496	0,0063	0,0210	0,0116	0,0051

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0592C 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0052	0,0059	0,0000
0592C 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0047	0,0059	0,0047
0592C 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0060	0,0046
0592C 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0101	0,0049	0,0060	0,0000
0592C 2b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0049
0592C 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0020	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048
0592C 3a	0,0015	0,0014	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0000	0,0052	0,0060	0,0049
0592C 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0048
0592C 3c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0048

Lame CQA-08-0598B

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0598B 1a	0,0335	0,0131	0,0042	0,0180	0,0065	0,0000	0,1317	0,0055	0,0064	0,0072	0,0378	0,0204	0,0072
0598B 1b	0,0364	0,0292	0,0057	0,0625	0,0000	0,0024	0,2981	0,0489	0,1705	0,0086	0,0555	0,0193	0,0083
0598B 1c	0,0159	0,0020	0,0027	0,0095	0,0000	0,0145	0,1461	0,0000	0,0516	0,0000	0,0700	0,0096	0,0010
0598B 2a	0,0102	0,0008	0,0035	0,0134	0,0026	0,0000	0,1836	0,0013	0,0884	0,0257	0,0627	0,0270	0,0018
0598B 2b	0,0103	0,0016	0,0067	0,0077	0,0000	0,0000	0,2965	0,0006	0,2057	0,0117	0,0695	0,0182	0,0076
0598B 2c	0,0267	0,0102	0,0032	0,0571	0,0000	0,0016	0,2126	0,0067	0,0913	0,0552	0,0589	0,0127	0,0000
0598B 3a	0,0226	0,0063	0,0144	0,0263	0,0000	0,0112	0,2726	0,0052	0,1527	0,0094	0,0535	0,0334	0,0106
0598B 3b	0,0149	0,0009	0,0095	0,0041	0,0000	0,0007	0,1626	0,0000	0,0668	0,0018	0,0479	0,0215	0,0055
0598B 3c	0,0134	0,0039	0,0086	0,0214	0,0033	0,0011	0,4230	0,0000	0,3604	0,0251	0,0381	0,0211	0,0037
0598B 4a	0,0889	0,0319	0,0069	0,2159	0,0000	0,0066	0,2474	0,0272	0,1286	0,1404	0,0527	0,0087	0,0000
0598B 4b	0,0158	0,0000	0,0041	0,1289	0,0022	0,0000	0,3383	0,0004	0,2153	0,1328	0,0455	0,0196	0,0032
0598B 4c	0,0191	0,0000	0,0015	0,7685	0,0047	0,0027	0,3424	0,0085	0,2083	0,7622	0,0564	0,0112	0,0041

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0598B 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0048
0598B 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0047
0598B 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0047	0,0059	0,0047
0598B 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0100	0,0051	0,0059	0,0049
0598B 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0046
0598B 2c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0060	0,0000
0598B 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0058	0,0046
0598B 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
0598B 3c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0039	0,0000	0,0019	0,0102	0,0052	0,0059	0,0048
0598B 4a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0103	0,0050	0,0060	0,0000
0598B 4b	0,0014	0,0000	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
0598B 4c	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0046	0,0082	0,0039	0,0022	0,0020	0,0104	0,0051	0,0060	0,0048

Lame 09CQA-1162D01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1162D1 1a	0,0314	0,0138	0,0044	0,0295	0,0000	0,0004	0,2465	0,0056	0,2243	0,0321	0,0622	0,0000	0,0492
1162D1 1b	0,0132	0,0020	0,0085	0,0127	0,0000	0,0028	0,0702	0,0014	0,0212	0,0360	0,0679	0,0050	0,0371
1162D1 1c	0,0119	0,0026	0,0010	0,0065	0,0043	0,0000	0,0686	0,0031	0,0201	0,0251	0,0708	0,0122	0,0472
1162D1 2a	0,0106	0,0028	0,0022	0,0130	0,0000	0,0000	0,0753	0,0019	0,0085	0,0252	0,1009	0,0086	0,0350
1162D1 2b	0,0068	0,0000	0,0024	0,0120	0,0000	0,0000	0,4708	0,0000	0,4272	0,0310	0,0969	0,0162	0,0326
1162D1 2c	0,0069	0,0033	0,0030	0,0199	0,0000	0,0000	0,0776	0,0037	0,0088	0,0285	0,0969	0,0083	0,0268
1162D1 3a	0,0095	0,0004	0,0088	0,7177	0,0000	0,0000	0,6245	0,0034	0,4435	0,4519	0,1002	0,0062	0,0520
1162D1 3b	0,0106	0,0051	0,0100	0,0305	0,0020	0,0000	0,3742	0,0000	0,1620	0,0619	0,1001	0,0053	0,0799
1162D1 3c	0,0137	0,0031	0,0098	0,0031	0,0000	0,0000	0,0569	0,0000	0,0057	0,0000	0,0538	0,0037	0,0632
1162D1 4a	0,0086	0,0110	0,0505	0,0049	0,0000	0,0021	0,0492	0,0018	0,0045	0,0165	0,0961	0,0000	0,0581
1162D1 4b	0,0067	0,0028	0,0040	0,0173	0,0101	0,0000	0,0667	0,0000	0,0179	0,0204	0,0951	0,0060	0,0758
1162D1 4c	0,0120	0,0024	0,0218	0,0056	0,0000	0,0000	0,0780	0,0000	0,0092	0,0072	0,0953	0,0097	0,0647

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1162D1 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0046
1162D1 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0049
1162D1 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0047	0,0059	0,0047
1162D1 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0046
1162D1 2b	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0039	0,0000	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048
1162D1 2c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0048
1162D1 3a	0,0015	0,0015	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0020	0,0104	0,0052	0,0060	0,0049
1162D1 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0039	0,0000	0,0019	0,0101	0,0050	0,0060	0,0049
1162D1 3c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
1162D1 4a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0048
1162D1 4b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
1162D1 4c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048

Lame 09CQA-1164A03

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1164A3 4a	0,0102	0,0033	0,0036	0,0166	0,0027	0,0000	0,0767	0,0037	0,0206	0,0219	0,0919	0,0143	0,0253
1164A3 4b	0,0357	0,0190	0,0023	0,0254	0,0016	0,0005	0,0643	0,0099	0,0094	0,0275	0,0820	0,0328	0,0244
1164A3 4c	0,0077	0,0085	0,0050	0,0079	0,0021	0,0020	0,0690	0,0037	0,0116	0,0184	0,0711	0,0350	0,0341
1164A3 3a	0,0064	0,0032	0,0000	0,0114	0,0017	0,0008	0,0381	0,0000	0,0136	0,0252	0,0814	0,0227	0,0511
1164A3 3b	0,0115	0,0023	0,0002	0,0655	0,0000	0,0000	0,0350	0,0065	0,0108	0,0749	0,0814	0,0272	0,0361
1164A3 3c	0,0072	0,0038	0,0011	0,0168	0,0000	0,0043	0,0321	0,0029	0,0055	0,0291	0,0717	0,0225	0,0478
1164A3 2a	0,0101	0,0012	0,0041	0,0122	0,0000	0,0038	0,0862	0,0000	0,0723	0,0191	0,0937	0,0559	0,0142
1164A3 2b	0,0072	0,0047	0,0041	0,0058	0,0005	0,0080	0,0549	0,0000	0,0111	0,0212	0,0907	0,0606	0,0163
1164A3 2c	0,0079	0,0015	0,0060	0,0153	0,0029	0,0093	0,0695	0,0022	0,0151	0,0672	0,1008	0,0567	0,0078
1164A3 1a	0,0079	0,0111	0,0039	0,0047	0,0042	0,0057	0,0222	0,0000	0,0105	0,0184	0,0676	0,0277	0,0324
1164A3 1b	0,1422	0,0818	0,0102	0,0742	0,0000	0,0083	0,0447	0,0433	0,0187	0,0210	0,0940	0,0246	0,0500
1164A3 1c	0,0080	0,0042	0,0042	0,0101	0,0000	0,0068	0,0499	0,0015	0,0085	0,0088	0,0715	0,0312	0,0227
1164A3 1d	0,0070	0,0058	0,0124	0,0058	0,0000	0,0032	0,0435	0,0000	0,0062	0,0033	0,0885	0,0245	0,0276

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1164A3 4a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0060	0,0047
1164A3 4b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0047
1164A3 4c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0058	0,0048
1164A3 3a	0,0015	0,0014	0,0000	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0047
1164A3 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0048	0,0059	0,0049
1164A3 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0046
1164A3 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0047
1164A3 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0045
1164A3 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0081	0,0038	0,0021	0,0019	0,0100	0,0048	0,0059	0,0048
1164A3 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0100	0,0051	0,0059	0,0049
1164A3 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0021	0,0019	0,0100	0,0049	0,0059	0,0048
1164A3 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0021	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0047
1164A3 1d	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0049

Lame 09CQA-1193C01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1193C1 1a	0,1439	0,0574	0,0241	0,1370	0,0027	0,0000	0,0348	0,0356	0,0401	0,0124	0,0115	0,0060	0,0026
1193C1 1b	0,0855	0,0324	0,0189	0,1096	0,0000	0,0000	0,0633	0,0248	0,0378	0,0068	0,0214	0,0128	0,0000
1193C1 1c	0,0108	0,0000	0,0152	0,0632	0,0000	0,0151	0,0319	0,0016	0,0339	0,0048	0,0234	0,0000	0,0000
1193C1 2a	0,0429	0,0124	0,0135	0,1028	0,0037	0,0094	0,0358	0,0168	0,0327	0,0135	0,0450	0,0022	0,0000
1193C1 2b	0,1242	0,0510	0,0096	0,1553	0,0031	0,0000	0,0371	0,0392	0,0330	0,0000	0,0357	0,0017	0,0000
1193C1 2c	0,0851	0,0358	0,0070	0,1404	0,0022	0,0000	0,0374	0,0274	0,0307	0,0053	0,0344	0,0048	0,0022
1193C1 3a	0,0091	0,0034	0,0149	0,0674	0,0000	0,0071	0,0332	0,0005	0,0480	0,0079	0,0340	0,0000	0,0013
1193C1 3b	0,0075	0,0027	0,0085	0,0561	0,0016	0,0168	0,0345	0,0007	0,0384	0,0000	0,0489	0,0046	0,0000
1193C1 3c	0,0113	0,0032	0,0166	0,0585	0,0000	0,0003	0,0300	0,0029	0,0400	0,0181	0,0537	0,0194	0,0000

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1193C1 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0052	0,0059	0,0048
1193C1 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0000
1193C1 1c	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0000	0,0000
1193C1 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0000
1193C1 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
1193C1 2c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0060	0,0047
1193C1 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0049
1193C1 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0000
1193C1 3c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0051	0,0059	0,0000

VI. L'indice JLD

Lame CQA-08-0576A

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0576A 2a	0,0079	0,0110	0,0081	0,0101	0,0000	0,0018	0,0273	0,0026	0,0238	0,0043	0,0643	0,0069	0,0158
0576A 2b	0,0089	0,0035	0,0039	0,0155	0,0000	0,0034	0,0200	0,0027	0,0223	0,0034	0,0658	0,0123	0,0288
0576A 2c	0,0072	0,0015	0,0075	0,0305	0,0069	0,0186	0,0318	0,0020	0,0938	0,0225	0,0660	0,0092	0,0243
0576A 3a	0,0103	0,0038	0,0035	0,0584	0,0010	0,0048	0,0282	0,0018	0,0367	0,0443	0,0612	0,0044	0,0510
0576A 3b	0,0070	0,0012	0,0087	0,0230	0,0025	0,0000	0,0363	0,0014	0,0115	0,0000	0,0920	0,0000	0,0520
0576A 3c	0,0093	0,0015	0,0032	0,0272	0,0011	0,0000	0,0280	0,0070	0,0357	0,0172	0,0880	0,0096	0,0571
0576A 1a	0,0079	0,0022	0,0025	0,0211	0,0000	0,0014	0,0270	0,0000	0,0146	0,0069	0,0701	0,0004	0,0350
0576A 1b	0,0098	0,0031	0,0058	0,0090	0,0031	0,0000	0,0247	0,0044	0,0814	0,0098	0,0589	0,0029	0,0443
0576A 1c	0,0137	0,0064	0,0038	0,0066	0,0000	0,0000	0,0255	0,0003	0,0551	0,0046	0,0714	0,0052	0,0205

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0576A 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0049
0576A 2b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0058	0,0048
0576A 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0049
0576A 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0052	0,0059	0,0048
0576A 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0048	0,0000	0,0048
0576A 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0047
0576A 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
0576A 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0046
0576A 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0047

Lame CQA-08-0578G

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0576G 1a	0,0089	0,0000	0,0037	0,0192	0,0000	0,0000	0,0279	0,0069	0,0087	0,0000	0,1357	0,0006	0,0058
0576G 1b	0,0091	0,0013	0,0029	0,0171	0,0000	0,0000	0,0247	0,0007	0,0069	0,0000	0,1368	0,0006	0,0043
0576G 1c	0,0097	0,0000	0,0059	0,0349	0,0032	0,0061	0,1184	0,0019	0,1486	0,0293	0,1307	0,0000	0,0039
0576G 2a	0,0527	0,0206	0,0054	0,0321	0,0000	0,0000	0,0273	0,0179	0,0071	0,0000	0,1333	0,0011	0,0075
0576G 2b	0,0228	0,0076	0,0063	0,0175	0,0000	0,0018	0,0654	0,0053	0,0156	0,0238	0,1462	0,0047	0,0059
0576G 2c	0,0160	0,0036	0,0053	0,0241	0,0082	0,0000	0,0478	0,0086	0,0238	0,0055	0,1249	0,0087	0,0003
0576G 3a	0,0193	0,0064	0,0036	0,0157	0,0068	0,0034	0,0383	0,0031	0,0113	0,0148	0,1029	0,0129	0,0000
0576G 3b	0,0170	0,0075	0,0064	0,0134	0,0000	0,0144	0,0439	0,0036	0,0074	0,0000	0,0906	0,0214	0,0022
0576G 3c	0,0481	0,0242	0,0077	0,0395	0,0000	0,0066	0,0389	0,0025	0,0157	0,0000	0,1156	0,0016	0,0044
0576G 4a	0,0303	0,0116	0,0107	0,1316	0,0009	0,0000	0,0607	0,0093	0,0549	0,0809	0,1297	0,0126	0,0000
0576G 4b	0,0126	0,0092	0,0112	0,0742	0,0000	0,0026	0,0620	0,0045	0,0703	0,0788	0,1295	0,0000	0,0036
0576G 4c	0,0117	0,0034	0,0094	0,0506	0,0052	0,0002	0,0549	0,0000	0,0428	0,0377	0,1303	0,0075	0,0072

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0576G 1a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0047
0576G 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0048
0576G 1c	0,0014	0,0000	0,0015	0,0019	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0049
0576G 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0048
0576G 2b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0021	0,0019	0,0100	0,0048	0,0059	0,0047
0576G 2c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0049
0576G 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0049	0,0059	0,0000
0576G 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0058	0,0048
0576G 3c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0048	0,0059	0,0048
0576G 4a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0058	0,0000
0576G 4b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0021	0,0019	0,0100	0,0050	0,0000	0,0048
0576G 4c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0080	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0046

VII. Le système de Sue Dianne

Lame KZ-09-KM-NW1-1A

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
KNW1-1 3a	0,1833	0,0225	0,0377	0,1978	0,0064	0,0000	0,0393	0,0124	0,0346	0,0016	0,0185	0,0031	0,0000
KNW1-1 3b	0,1990	0,0220	0,0581	0,2210	0,0000	0,0096	0,0392	0,0091	0,0606	0,0184	0,0250	0,0000	0,0000
KNW1-1 3c	0,3307	0,0337	0,0793	0,3000	0,0040	0,0019	0,0553	0,0116	0,0680	0,0225	0,0237	0,0060	0,0000
KNW1-1 2a	0,4666	0,0292	0,1005	0,3803	0,0000	0,0000	0,0534	0,0119	0,0466	0,0078	0,0157	0,0000	0,0000
KNW1-1 2b	0,0182	0,0040	0,0395	0,1326	0,1758	0,0000	0,0356	0,0053	0,0289	0,0196	0,0150	0,0000	0,0019
KNW1-1 2c	0,3202	0,0274	0,0591	0,2984	0,0092	0,0002	0,0471	0,0074	0,0327	0,0210	0,0159	0,0017	0,0000
KNW1-1 1a	0,1604	0,0222	0,0572	0,1325	0,0017	0,0000	0,1324	0,0052	0,4411	0,0041	0,0627	0,0000	0,0029
KNW1-1 1b	0,5094	0,0538	0,0853	0,3387	0,0013	0,0054	0,0675	0,0151	0,0773	0,0154	0,0541	0,0000	0,0140
KNW1-1 1c	0,1262	0,0129	0,0266	0,0959	0,0000	0,0000	0,0448	0,0071	0,1125	0,0000	0,0633	0,0094	0,0010

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
KNW1-1 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0000
KNW1-1 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0000
KNW1-1 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0000
KNW1-1 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0000	0,0000
KNW1-1 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0047
KNW1-1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0000
KNW1-1 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0052	0,0000	0,0048
KNW1-1 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0000	0,0047
KNW1-1 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0049

Lame 09CQA-109F05

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr	P
109 2a	0,0216	0,0023	0,0370	0,0214	0,0061	0,0064	0,0237	0,0056	0,0021	0,0000	0,0113	0,0000	0,0000	0,0024
109 2b	0,7367	0,2425	0,0068	0,7172	0,0000	0,0040	0,0183	0,0354	0,0098	0,0000	0,0131	0,0065	0,0138	0,0006
109 2c	0,0142	0,0002	0,0059	0,0149	0,0024	0,0000	0,0229	0,0089	0,0039	0,0142	0,0239	0,0036	0,0058	0,0020
109 3a	0,0263	0,0053	0,0005	0,0111	0,0000	0,0052	0,0243	0,0056	0,0022	0,0000	0,0154	0,0079	0,0012	0,0000
109 3b	0,0099	0,0039	0,0171	0,0230	0,0000	0,0000	0,0530	0,0081	0,0176	0,0000	0,0291	0,0086	0,0034	0,0000
109 3c	0,0157	0,0010	0,0053	0,0279	0,0000	0,0000	0,0267	0,0106	0,0162	0,0000	0,0185	0,0000	0,0000	0,0003
109 1a	0,0005	0,0019	0,0084	0,0010	0,0000	0,0111	0,0262	0,0008	0,0069	0,0034	0,0164	0,0000	0,0026	0,0000
109 1b	0,0135	0,0017	0,0019	0,0137	0,0000	0,0000	0,0166	0,0048	0,0034	0,0133	0,0068	0,0156	0,0029	0,0000
109 1c	0,0000	0,0000	0,0309	0,0081	0,0000	0,0093	0,0349	0,0068	0,0062	0,0094	0,0187	0,0017	0,0000	0,0000

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr	P
109 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0040	0,0080	0,0038	0,0021	0,0018	0,0000	0,0051	0,0000	0,0000	0,0022
109 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0060	0,0046	0,0023
109 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0039	0,0000	0,0038	0,0021	0,0018	0,0101	0,0048	0,0059	0,0047	0,0022
109 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0018	0,0000	0,0049	0,0058	0,0048	0,0000
109 3b	0,0016	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0018	0,0000	0,0047	0,0059	0,0047	0,0000
109 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0018	0,0000	0,0048	0,0000	0,0000	0,0023
109 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0018	0,0101	0,0049	0,0000	0,0048	0,0000
109 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0018	0,0101	0,0050	0,0058	0,0047	0,0000
109 1c	0,0000	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0018	0,0101	0,0049	0,0059	0,0000	0,0000

VIII. Le système de Cole

Lame 09CQA-0039E01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0039E1 1a	0,0148	0,0029	0,0030	0,0709	0,0011	0,0058	0,0851	0,0056	0,0640	0,0121	0,1556	0,0179	0,5055
0039E1 1b	0,0074	0,0006	0,0006	0,0791	0,0034	0,0000	0,0852	0,0000	0,0629	0,0019	0,1490	0,0126	0,5286
0039E1 1c	0,0096	0,0033	0,0021	0,0777	0,0030	0,0005	0,0879	0,0030	0,0833	0,0000	0,1406	0,0231	0,5209
0039E1 1d	0,0046	0,0001	0,0000	0,0767	0,0000	0,0000	0,1275	0,0001	0,0737	0,0293	0,1492	0,0217	0,5173
0039E1 2a	0,0111	0,0028	0,0047	0,0164	0,0000	0,0071	0,0744	0,0000	0,0230	0,0000	0,0469	0,0082	0,0305
0039E1 2b	0,0124	0,0016	0,0027	0,0179	0,0005	0,0161	0,0656	0,0004	0,0228	0,0069	0,0493	0,0014	0,0439
0039E1 2c	0,0127	0,0011	0,0059	0,0207	0,0009	0,0003	0,0692	0,0003	0,0349	0,0067	0,0511	0,0078	0,0308
0039E1 3a	0,0122	0,0010	0,0026	0,0341	0,0019	0,0110	0,0976	0,0050	0,0588	0,0000	0,0451	0,0064	0,0162
0039E1 3b	0,0129	0,0004	0,0001	0,0399	0,0010	0,0017	0,0730	0,0018	0,0610	0,0117	0,0550	0,0105	0,0115
0039E1 3c	0,0149	0,0009	0,0000	0,0436	0,0018	0,0000	0,0867	0,0017	0,0534	0,0075	0,0572	0,0038	0,0046

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0039E1 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0049
0039E1 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0047
0039E1 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
0039E1 1d	0,0015	0,0014	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0049
0039E1 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
0039E1 2b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0046
0039E1 2c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0049
0039E1 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
0039E1 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0047
0039E1 3c	0,0014	0,0014	0,0000	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0047	0,0059	0,0048

Lame 09CQA-0040A02

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0040A2 1a	0,0164	0,0002	0,0022	0,0131	0,0000	0,0027	0,1127	0,0049	0,0163	0,0136	0,0438	0,0076	0,0074
0040A2 1b	0,0192	0,0011	0,0030	0,0138	0,0000	0,0099	0,0976	0,0084	0,0171	0,0085	0,0410	0,0006	0,0000
0040A2 1c	0,0146	0,0013	0,0027	0,0141	0,0010	0,0000	0,1117	0,0024	0,0177	0,0029	0,0346	0,0158	0,0104
0040A2 1d	0,0131	0,0010	0,0030	0,0168	0,0028	0,0000	0,1123	0,0049	0,0186	0,0000	0,0467	0,0059	0,0069
0040A2 2a	0,0109	0,0021	0,0010	0,0083	0,0000	0,0000	0,1583	0,0013	0,0245	0,0000	0,0262	0,0061	0,0222
0040A2 2b	0,0128	0,0055	0,0027	0,0116	0,0004	0,0164	0,1418	0,0017	0,0195	0,0000	0,0386	0,0095	0,0054
0040A2 2c	0,0148	0,0081	0,0040	0,0051	0,0000	0,0000	0,1630	0,0018	0,0225	0,0000	0,0283	0,0000	0,0107
0040A2 3a	0,0155	0,0422	0,0016	0,0064	0,0033	0,0057	0,1223	0,0014	0,0446	0,0000	0,0334	0,0029	0,0112
0040A2 3b	0,0090	0,0072	0,0039	0,0075	0,0010	0,0000	0,1371	0,0000	0,0429	0,0128	0,0258	0,0196	0,0107
0040A2 3c	0,0095	0,0050	0,0013	0,0040	0,0000	0,0037	0,1011	0,0003	0,0433	0,0141	0,0369	0,0029	0,0120

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0040A2 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
0040A2 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0000
0040A2 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0058	0,0047
0040A2 1d	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0048	0,0059	0,0048
0040A2 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0046
0040A2 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0080	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0047	0,0059	0,0048
0040A2 2c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0000	0,0047
0040A2 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0048	0,0059	0,0048
0040A2 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0051	0,0058	0,0048
0040A2 3c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0048

Lame 09CQA-0041C04

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0041C4 1a	0,0057	0,0000	0,0000	0,0916	0,0011	0,0001	3,4462	0,0013	0,0203	0,0152	0,0368	0,0410	0,0104
0041C4 1b	0,0027	0,0021	0,0000	0,0881	0,0048	0,0000	3,6373	0,0021	0,0213	0,0085	0,0310	0,0524	0,0145
0041C4 1c	0,0025	0,0021	0,0012	0,0860	0,0033	0,0003	3,9203	0,0070	0,0204	0,0078	0,0283	0,0489	0,0186
0041C4 2a	0,0043	0,0006	0,0003	0,0332	0,0000	0,0000	0,2426	0,0016	0,0093	0,0020	0,0252	0,0517	0,0108
0041C4 2b	0,0038	0,0018	0,0000	0,0260	0,0000	0,0000	0,2681	0,0063	0,0097	0,0162	0,0257	0,0487	0,0096
0041C4 2c	0,0030	0,0000	0,0014	0,0373	0,0000	0,0000	0,2765	0,0014	0,0095	0,0094	0,0295	0,0505	0,0110
0041C4 3a	0,0072	0,0000	0,0120	0,0593	0,0000	0,0000	0,3899	0,0021	0,0024	0,0129	0,0225	0,0480	0,0139
0041C4 3b	0,0047	0,0000	0,0014	0,0205	0,0000	0,0000	0,3530	0,0036	0,0030	0,0000	0,0211	0,0431	0,0118
0041C4 3c	0,0083	0,0007	0,0026	0,0282	0,0009	0,0108	0,3342	0,0020	0,0008	0,0255	0,0287	0,0509	0,0086

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0041C4 1a	0,0015	0,0000	0,0000	0,0019	0,0047	0,0084	0,0042	0,0022	0,0020	0,0104	0,0050	0,0062	0,0051
0041C4 1b	0,0015	0,0015	0,0000	0,0019	0,0047	0,0000	0,0042	0,0022	0,0020	0,0105	0,0050	0,0061	0,0050
0041C4 1c	0,0015	0,0015	0,0016	0,0019	0,0047	0,0084	0,0041	0,0022	0,0020	0,0105	0,0051	0,0061	0,0049
0041C4 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0047
0041C4 2b	0,0014	0,0014	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0021	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0048
0041C4 2c	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0048
0041C4 3a	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0046
0041C4 3b	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
0041C4 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0021	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048

Lame 09CQA-0043F01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0043F1 4a	0,0176	0,0003	0,0025	0,0218	0,0000	0,0000	0,0494	0,0040	0,0544	0,0087	0,0513	0,0273	0,0000
0043F1 4b	0,0137	0,0004	0,0032	0,0221	0,0048	0,0056	0,0367	0,0055	0,0338	0,0012	0,0793	0,0107	0,0125
0043F1 4c	0,0173	0,0013	0,0001	0,0200	0,0017	0,0037	0,0494	0,0008	0,0598	0,0012	0,0663	0,0193	0,0000
0043F1 3a	0,0174	0,0010	0,0017	0,0211	0,0000	0,0000	0,0681	0,0023	0,0959	0,0000	0,0687	0,0176	0,0049
0043F1 3b	0,0159	0,0019	0,0000	0,0215	0,0000	0,0047	0,0387	0,0050	0,0687	0,0000	0,0618	0,0219	0,0102
0043F1 3b	0,0159	0,0019	0,0000	0,0215	0,0000	0,0047	0,0387	0,0050	0,0687	0,0000	0,0618	0,0219	0,0102
0043F1 2a	0,0138	0,0010	0,0034	0,0558	0,0000	0,0223	0,0955	0,0026	0,0706	0,0063	0,0724	0,0236	0,0090
0043F1 2b	0,0144	0,0015	0,0049	0,0414	0,0000	0,0000	0,0715	0,0081	0,0665	0,0118	0,0630	0,0152	0,0104
0043F1 2c	0,0114	0,0004	0,0058	0,0354	0,0000	0,0000	0,0878	0,0014	0,0770	0,0000	0,0608	0,0132	0,0146
0043F1 1a	0,0134	0,0011	0,0078	0,0368	0,0000	0,0080	0,0246	0,0031	0,0627	0,0000	0,0502	0,0046	0,0035
0043F1 1b	0,0125	0,0041	0,0053	0,0539	0,0000	0,0000	0,0289	0,0020	0,0841	0,0038	0,0619	0,0106	0,0041
0043F1 1c	0,0114	0,0029	0,0000	0,0365	0,0000	0,0000	0,0426	0,0041	0,0806	0,0137	0,0579	0,0158	0,0000
0043F1 1d	0,0130	0,0013	0,0012	0,0468	0,0000	0,0000	0,0347	0,0000	0,0522	0,0070	0,0602	0,0204	0,0009

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0043F1 4a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0053	0,0058	0,0000
0043F1 4b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0080	0,0038	0,0021	0,0019	0,0102	0,0047	0,0059	0,0046
0043F1 4c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0044	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0000
0043F1 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0048
0043F1 3b	0,0014	0,0014	0,0000	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0052	0,0059	0,0047
0043F1 3b	0,0014	0,0014	0,0000	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0052	0,0059	0,0047
0043F1 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0079	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0048
0043F1 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0100	0,0050	0,0059	0,0048
0043F1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0046
0043F1 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0021	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0048
0043F1 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
0043F1 1c	0,0014	0,0014	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0000
0043F1 1d	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0100	0,0049	0,0059	0,0048

Lame 09CQA-1020H04

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1020H4 3a	0,0133	0,0029	0,0133	0,0637	0,0000	0,0000	0,0370	0,0011	0,0226	0,0201	0,1157	0,0154	0,0169
1020H4 3b	0,0150	0,0014	0,0044	0,0787	0,0032	0,0000	0,0431	0,0072	0,0199	0,0169	0,1228	0,0093	0,0106
1020H4 3c	0,0218	0,0015	0,0057	0,0800	0,0000	0,0006	0,0412	0,0112	0,0275	0,0260	0,1309	0,0078	0,0117
1020H4 2a	0,0155	0,0000	0,0058	0,0598	0,0017	0,0000	0,0337	0,0092	0,0260	0,0032	0,1197	0,0119	0,0023
1020H4 2b	0,0069	0,0000	0,0030	0,0668	0,0000	0,0000	0,0257	0,0021	0,0196	0,0093	0,1207	0,0153	0,0121
1020H4 2c	0,0115	0,0014	0,0044	0,1504	0,0005	0,0013	0,0397	0,0045	0,0249	0,0089	0,1268	0,0123	0,0083
1020H4 1a	0,0155	0,0000	0,0023	0,0483	0,0000	0,0040	0,0276	0,0056	0,0107	0,0203	0,0959	0,0162	0,0000
1020H4 1b	0,0125	0,0023	0,0044	0,0379	0,0000	0,0000	0,0320	0,0049	0,0137	0,0135	0,1020	0,0132	0,0090
1020H4 1c	0,0189	0,0016	0,0105	0,0440	0,0000	0,0035	0,0282	0,0094	0,0153	0,0176	0,1011	0,0157	0,0083

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1020H4 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0047
1020H4 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0049
1020H4 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0047
1020H4 2a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0049
1020H4 2b	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0047
1020H4 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0060	0,0048
1020H4 1a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0000
1020H4 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0058	0,0047
1020H4 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048

Lame 09CQA-1045E01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1045E1 1a	0,0336	0,0027	0,0089	0,0013	0,0028	0,0001	0,0094	0,0029	0,0056	0,0095	0,0540	0,0222	0,3045
1045E1 1b	0,1676	0,0026	0,0060	0,0028	0,0000	0,0039	0,0111	0,0000	0,0029	0,0030	0,0415	0,0327	0,0676
1045E1 1c	0,2200	0,0000	0,0035	0,0086	0,0000	0,0000	0,0098	0,0155	0,0020	0,0150	0,0541	0,0180	0,0837
1045E1 2a	0,0255	0,0023	0,0024	0,0059	0,0009	0,0073	0,0153	0,0000	0,0062	0,0107	0,0927	0,0186	0,0211
1045E1 2b	0,0377	0,0025	0,0028	0,0105	0,0000	0,0000	0,0122	0,0255	0,0080	0,0135	0,0789	0,0230	0,0959
1045E1 2c	0,0479	0,0011	0,0016	0,0100	0,0000	0,0000	0,0136	0,0169	0,0066	0,0063	0,0630	0,0257	0,0030
1045E1 3a	0,0186	0,0019	0,0035	0,0016	0,0030	0,0000	0,0170	0,0006	0,0034	0,0000	0,0309	0,0378	0,2280
1045E1 3b	0,1552	0,0030	0,0178	0,0025	0,0000	0,0056	0,0092	0,0109	0,0035	0,0000	0,0405	0,0221	0,0336
1045E1 3c	0,1625	0,0024	0,0070	0,0020	0,0000	0,0000	0,0105	0,0028	0,0033	0,0154	0,0274	0,0289	0,0621

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1045E1 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0047
1045E1 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0000	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0048
1045E1 1c	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0060	0,0049
1045E1 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0080	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0047	0,0060	0,0049
1045E1 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
1045E1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0047
1045E1 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
1045E1 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0048	0,0060	0,0048
1045E1 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0047	0,0059	0,0048

IX. Le système du lac Lou

IX.i. Le gisement Nico

Lame CQA-07-0465L1

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0465L1 1a	0,0358	0,0007	0,0179	0,0046	0,0000	0,0076	0,0114	0,0019	0,0242	0,0033	0,0172	0,0000	0,0191
0465L1 1b	0,0464	0,0001	0,0105	0,0090	0,0000	0,0118	0,0126	0,0027	0,0273	0,0037	0,0161	0,0016	0,0244
0465L1 1c	0,0418	0,0020	0,0065	0,0075	0,0000	0,0140	0,0131	0,0010	0,0249	0,0000	0,0030	0,0018	0,0000
0465L1 2a	0,0341	0,0025	0,0093	0,0078	0,0000	0,0016	0,0051	0,0000	0,0208	0,0067	0,0128	0,0045	0,0176
0465L1 2b	0,0413	0,0029	0,0266	0,0069	0,0000	0,0469	0,0126	0,0008	0,0268	0,0000	0,0098	0,0018	0,0168
0465L1 2c	0,0333	0,0010	0,0187	0,0068	0,0000	0,0046	0,0164	0,0016	0,0209	0,0000	0,0156	0,0000	0,0134
0465L1 3a	0,1650	0,0034	0,0340	0,0140	0,0034	0,0000	0,0240	0,0398	0,0338	0,0000	0,0107	0,0000	0,0000
0465L1 3b	0,0354	0,0006	0,0227	0,0131	0,0000	0,0010	0,0114	0,0019	0,0398	0,0000	0,0135	0,0000	0,0000
0465L1 3c	0,0477	0,0013	0,0247	0,0127	0,0000	0,0000	0,0138	0,0055	0,0438	0,0000	0,0168	0,0004	0,0143

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0465L1 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0000	0,0047
0465L1 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0050	0,0059	0,0046
0465L1 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0000
0465L1 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0047
0465L1 2b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0049
0465L1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0037	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0000	0,0047
0465L1 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0000
0465L1 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0000
0465L1 3c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0046

Lame CQA-07-0466Q1

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0466Q1 4a	0,0659	0,0020	0,0039	0,0848	0,0000	0,0017	0,0090	0,0399	0,0167	0,0222	0,0408	0,0033	0,0054
0466Q1 4b	0,1677	0,0062	0,0248	0,0996	0,0027	0,0119	0,0070	0,0602	0,0572	0,0000	0,0483	0,0058	0,0168
0466Q1 4c	1,3511	0,0288	0,1856	0,1439	0,0009	0,0000	0,0118	0,1477	0,0281	0,0008	0,0596	0,0048	0,0000
0466Q1 3a	0,0209	0,0004	0,0031	0,0222	0,0000	0,1801	0,0109	0,0094	0,0114	0,0054	0,0345	0,0054	0,0060
0466Q1 3b	0,0129	0,0025	0,0040	0,0238	0,0000	0,0856	0,0101	0,0054	0,0147	0,0011	0,0412	0,0000	0,0000
0466Q1 3c	0,0286	0,0000	0,0031	0,0250	0,0000	0,0185	0,0094	0,0050	0,0174	0,0000	0,0538	0,0057	0,0155
0466Q1 2a	0,1968	0,0062	0,0545	0,0436	0,0009	0,0018	0,0153	0,0579	0,0195	0,0140	0,0582	0,0003	0,0125
0466Q1 2b	0,0171	0,0097	0,0120	0,0168	0,0000	0,0142	0,0114	0,0011	0,0326	0,0178	0,0502	0,0000	0,0155
0466Q1 2c	0,0163	0,0038	0,0054	0,0158	0,0003	0,0000	0,0086	0,0015	0,0137	0,0000	0,0456	0,0025	0,0046
0466Q1 1a	0,0232	0,0014	0,0007	0,0259	0,0000	0,0037	0,0236	0,0015	0,0271	0,0081	0,0448	0,0047	0,0158
0466Q1 1b	0,0238	0,0025	0,0028	0,0255	0,0003	0,0000	0,0194	0,0017	0,0200	0,0072	0,0415	0,0090	0,0388
0466Q1 1c	0,0393	0,0039	0,0030	0,0352	0,0000	0,0000	0,0188	0,0068	0,0303	0,0079	0,0423	0,0106	0,0202

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0466Q1 4a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0052	0,0060	0,0048
0466Q1 4b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0060	0,0049
0466Q1 4c	0,0015	0,0015	0,0016	0,0019	0,0046	0,0000	0,0039	0,0022	0,0020	0,0103	0,0050	0,0060	0,0000
0466Q1 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0047
0466Q1 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0103	0,0050	0,0000	0,0000
0466Q1 3c	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0047	0,0059	0,0048
0466Q1 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0046	0,0059	0,0048
0466Q1 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0000	0,0047
0466Q1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0048
0466Q1 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0049
0466Q1 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0047
0466Q1 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0049

Lame CQA-07-0468D1

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0468D 4a	0,0329	0,0000	0,0000	0,0521	0,0000	0,0139	0,0230	0,0020	0,2099	0,0000	0,0231	0,0055	0,0114
0468D 4b	0,0323	0,0003	0,0017	0,0608	0,0026	0,0102	0,0126	0,0009	0,1646	0,0058	0,0126	0,0000	0,0083
0468D 4c	0,0319	0,0010	0,0017	0,0632	0,0000	0,0115	0,0065	0,0035	0,0845	0,0302	0,0199	0,0000	0,0076
0468D 2a	0,0268	0,0018	0,0027	0,0504	0,0000	0,0085	0,0122	0,0007	0,0237	0,0000	0,0073	0,0000	0,0000
0468D 2b	0,0251	0,0018	0,0038	0,0472	0,0005	0,0185	0,0229	0,0065	0,0220	0,0075	0,0065	0,0000	0,0000
0468D 2c	0,0175	0,0012	0,0007	0,0656	0,0000	0,0000	0,0205	0,0054	0,0288	0,0005	0,0177	0,0027	0,0048
0468D 1a	0,0433	0,0010	0,0172	0,0082	0,0000	0,0176	0,0043	0,0031	0,0557	0,0075	0,0156	0,0000	0,0019
0468D 1b	0,0644	0,0032	0,0153	0,0099	0,0007	0,0069	0,0144	0,0109	0,0355	0,0002	0,0085	0,0010	0,0000
0468D 1c	0,0697	0,0035	0,0058	0,0147	0,0000	0,0000	0,0062	0,0044	0,0336	0,0000	0,0069	0,0035	0,0000
0468D 3a	0,2568	0,0267	0,0219	0,0409	0,0006	0,0303	0,0115	0,0182	0,0308	0,0058	0,0239	0,0000	0,0002
0468D 3b	0,2754	0,0070	0,0265	0,0143	0,0000	0,0712	0,0211	0,0426	0,0316	0,0000	0,0159	0,0011	0,0000
0468D 3c	0,0094	0,0008	0,0561	0,0076	0,0008	0,1659	0,0090	0,0021	0,0274	0,0000	0,0046	0,0084	0,0000
0468D 5a	0,0341	0,0000	0,0058	0,0090	0,0040	0,0270	0,0193	0,0018	0,0297	0,0073	0,0154	0,0010	0,0124
0468D 5b	0,0301	0,0027	0,0183	0,0088	0,0020	0,0119	0,0051	0,0023	0,0282	0,0000	0,0149	0,0051	0,0059
0468D 5c	0,0940	0,0000	0,0186	0,0127	0,0000	0,0124	0,0100	0,0192	0,0324	0,0021	0,0125	0,0004	0,0026

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0468D 4a	0,0015	0,0000	0,0000	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
0468D 4b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0000	0,0047
0468D 4c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0100	0,0050	0,0000	0,0049
0468D 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0000	0,0000
0468D 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0000
0468D 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0047	0,0059	0,0048
0468D 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0048
0468D 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0103	0,0052	0,0060	0,0000
0468D 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
0468D 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0048	0,0000	0,0048
0468D 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0039	0,0023	0,0019	0,0000	0,0050	0,0060	0,0000
0468D 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0000
0468D 5a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0060	0,0048
0468D 5b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0049
0468D 5c	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0060	0,0048

Lame CQA-07-0469A1

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0469A1 3a	0,0355	0,0035	0,0324	0,0133	0,0000	0,0195	0,0087	0,0016	0,0369	0,0000	0,0177	0,0000	0,0114
0469A1 3b	0,0415	0,0023	0,0345	0,0063	0,0000	0,0167	0,0049	0,0027	0,0464	0,0000	0,0186	0,0180	0,0077
0469A1 3c	0,0768	0,0202	0,0614	0,0211	0,0000	0,0080	0,0064	0,0111	0,0378	0,0000	0,0144	0,0000	0,0241
0469A1 2a	0,0438	0,0000	0,0029	0,0157	0,0000	0,0000	0,0075	0,0023	0,0495	0,0000	0,0118	0,0020	0,0000
0469A1 2b	0,1702	0,0070	0,0424	0,0218	0,0007	0,0000	0,0069	0,0343	0,0449	0,0026	0,0207	0,0044	0,0007
0469A1 2c	0,0362	0,0025	0,0053	0,0110	0,0000	0,0134	0,0115	0,0032	0,0518	0,0181	0,0087	0,0044	0,0000
0469A1 1a	0,0446	0,0011	0,0101	0,0156	0,0043	0,0000	0,0130	0,0009	0,0467	0,0012	0,0212	0,0023	0,0000
0469A1 1b	0,4204	0,0111	0,0925	0,0268	0,0000	0,0000	0,0231	0,0799	0,0460	0,0000	0,0109	0,0072	0,0058
0469A1 1c	0,5827	0,0273	0,1565	0,0436	0,0000	0,0076	0,0253	0,1243	0,0544	0,0025	0,0133	0,0004	0,0001

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0469A1 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0047
0469A1 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0049
0469A1 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0000	0,0047
0469A1 2a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
0469A1 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0048
0469A1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0000
0469A1 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0000
0469A1 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0023	0,0019	0,0000	0,0049	0,0060	0,0047
0469A1 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0103	0,0053	0,0060	0,0050

Lame CQA-07-0469H

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0469H 4a	0,6145	0,0185	0,1580	0,0452	0,0000	0,0000	0,0183	0,1261	0,0208	0,0000	0,0000	0,0058	0,0040
0469H 4b	0,0512	0,0075	0,0089	0,0133	0,0000	0,0057	0,0066	0,0062	0,0160	0,0057	0,0074	0,0098	0,0054
0469H 4c	0,0559	0,0182	0,0055	0,0203	0,0000	0,0004	0,0082	0,0139	0,0162	0,0000	0,0164	0,0005	0,0043
0469H 3a	0,2650	0,0114	0,0859	0,0416	0,0036	0,0038	0,0084	0,0467	0,0137	0,0000	0,0096	0,0035	0,0033
0469H 3b	0,3048	0,0035	0,0150	0,1147	0,0060	0,0000	0,0151	0,1002	0,0156	0,0150	0,0037	0,0000	0,0049
0469H 3c	0,0517	0,0083	0,0043	0,0145	0,0000	0,0064	0,0064	0,0090	0,0143	0,0007	0,0108	0,0082	0,0082
0469H 2a	0,0493	0,0084	0,0035	0,0138	0,0007	0,0000	0,0103	0,0000	0,0239	0,0000	0,0000	0,0026	0,0000
0469H 2b	0,0637	0,0048	0,0057	0,0109	0,0000	0,0000	0,0117	0,0075	0,0190	0,0000	0,0066	0,0000	0,0000
0469H 2c	0,0491	0,0057	0,0035	0,0135	0,0000	0,0075	0,0121	0,0080	0,0201	0,0036	0,0027	0,0000	0,0000
0469H 1a	0,0747	0,0067	0,0154	0,0150	0,0018	0,0000	0,0033	0,0111	0,0192	0,0044	0,0030	0,0000	0,0137
0469H 1b	0,1105	0,0063	0,0044	0,0177	0,0012	0,0040	0,0042	0,0038	0,0203	0,0005	0,0017	0,0000	0,0006
0469H 1c	0,2642	0,0050	0,0829	0,0178	0,0000	0,0000	0,0078	0,0592	0,0222	0,0061	0,0000	0,0000	0,0000

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0469H 4a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0000	0,0060	0,0047
0469H 4b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0047
0469H 4c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0048	0,0059	0,0047
0469H 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0048
0469H 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0049	0,0000	0,0048
0469H 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0058	0,0047
0469H 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0059	0,0000
0469H 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0000	0,0000
0469H 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0000
0469H 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0000	0,0046
0469H 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0048
0469H 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0000	0,0000	0,0000

Lame CQA-07-0480V1

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0480V 4a	0,0432	0,0065	0,0145	0,0118	0,0012	0,0031	0,0077	0,0087	0,0243	0,0034	0,0133	0,0051	0,0041
0480V 4b	0,0886	0,0220	0,0086	0,0264	0,0000	0,0000	0,0064	0,0085	0,0373	0,0000	0,0206	0,0057	0,0000
0480V 4c	0,0797	0,0183	0,0211	0,0223	0,0000	0,0033	0,0080	0,0103	0,0515	0,0064	0,0129	0,0058	0,0293
0480V 3a	1,8339	0,0850	0,4016	0,2078	0,0051	0,0006	0,0080	0,3107	0,0390	0,0070	0,0155	0,0049	0,0021
0480V 3b	0,2084	0,0446	0,0279	0,0626	0,0000	0,0147	0,0039	0,0601	0,0226	0,0146	0,0230	0,0091	0,0193
0480V 3c	0,4041	0,0778	0,1034	0,1315	0,0000	0,0091	0,0074	0,0796	0,0259	0,0000	0,0141	0,0000	0,0221
0480V 3d	0,7936	0,2706	0,0874	0,2624	0,0040	0,0072	0,0086	0,1946	0,0454	0,0000	0,0090	0,0001	0,0092
0480V 3e	0,1247	0,0974	0,0030	0,0454	0,0026	0,0066	0,0066	0,0056	0,0156	0,0116	0,0179	0,0045	0,0092
0480V 2a	0,0196	0,0085	0,0065	0,0121	0,0000	0,0071	0,0018	0,0070	0,0134	0,0140	0,0139	0,0079	0,0034
0480V 2b	0,0075	0,0033	0,0406	0,0191	0,0000	0,0000	0,0089	0,0028	0,0229	0,0000	0,0205	0,0022	0,0000
0480V 2c	0,0241	0,0015	0,0017	0,0144	0,0000	0,0122	0,0000	0,0064	0,0266	0,0000	0,0133	0,0026	0,0000
0480V 2d	0,0242	0,0087	0,0044	0,0127	0,0057	0,0000	0,0039	0,0060	0,0244	0,0014	0,0163	0,0000	0,0014
0480V 1a	0,0792	0,0355	0,0035	0,0422	0,0101	0,0000	0,0063	0,0229	0,0160	0,0000	0,0000	0,0031	0,0022
0480V 1b	0,1632	0,0192	0,0267	0,0492	0,0064	0,0000	0,0000	0,0513	0,0084	0,0062	0,0208	0,0113	0,0128
0480V 1c	0,3428	0,0215	0,0964	0,0289	0,0000	0,0000	0,0108	0,0970	0,0141	0,0000	0,0072	0,0035	0,0052

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0480V 4a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0052	0,0059	0,0049
0480V 4b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0000
0480V 4c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0047
0480V 3a	0,0015	0,0015	0,0016	0,0018	0,0046	0,0082	0,0039	0,0022	0,0020	0,0104	0,0052	0,0060	0,0049
0480V 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0058	0,0049
0480V 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0000	0,0047
0480V 3d	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0052	0,0060	0,0048
0480V 3e	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0047
0480V 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0047
0480V 2b	0,0016	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0000
0480V 2c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0080	0,0000	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
0480V 2d	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0047
0480V 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0000	0,0059	0,0048
0480V 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0000	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
0480V 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0052	0,0059	0,0048

Lame CQA-07-0480W3

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0480W3 1a	0,0255	0,0184	0,0032	0,0116	0,0000	0,0000	0,0077	0,0045	0,0305	0,0000	0,0327	0,0055	0,1499
0480W3 1b	0,0313	0,0257	0,0031	0,0112	0,0000	0,0000	0,0000	0,0026	0,0325	0,0000	0,0390	0,0132	0,1556
0480W3 1c	0,2287	0,0211	0,0060	0,0165	0,0000	0,0034	0,0000	0,0085	0,0345	0,0148	0,0293	0,0038	0,1311
0480W3 2a	0,2273	0,0898	0,0013	0,1075	0,0007	0,0000	0,0000	0,0762	0,0504	0,0032	0,0543	0,0000	0,0226
0480W3 2b	0,0332	0,0325	0,0079	0,0116	0,0000	0,0039	0,0046	0,0066	0,0522	0,0040	0,0458	0,0085	0,0207
0480W3 2c	0,0991	0,0356	0,0254	0,0255	0,0000	0,0017	0,0028	0,0215	0,0251	0,0106	0,0522	0,0000	0,0285
0480W3 3a	0,0529	0,0694	0,0257	0,0116	0,0011	0,0038	0,0029	0,0102	0,0686	0,0099	0,0376	0,0017	0,0480
0480W3 3b	0,2256	0,0913	0,0662	0,0799	0,0000	0,0063	0,0055	0,0342	0,0274	0,0086	0,0469	0,0022	0,0396
0480W3 3c	0,6686	0,1769	0,0361	0,1300	0,0000	0,0000	0,0044	0,0576	0,0428	0,0064	0,0229	0,0144	0,0356

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0480W3 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0049
0480W3 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0049
0480W3 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0000	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0060	0,0050
0480W3 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0000	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0049
0480W3 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0082	0,0038	0,0023	0,0019	0,0102	0,0050	0,0060	0,0049
0480W3 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0000	0,0048
0480W3 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0060	0,0048
0480W3 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0082	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0060	0,0048
0480W3 3c	0,0015	0,0015	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0053	0,0060	0,0049

Lame CQA-07-0480ZD1

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0480ZD1 1a	0,0404	0,0025	0,0041	0,0115	0,0000	0,0000	0,0075	0,0000	0,0497	0,0000	0,0051	0,0000	0,0000
0480ZD1 1b	0,0469	0,0017	0,0000	0,0152	0,0007	0,0000	0,0117	0,0001	0,0473	0,0061	0,0024	0,0034	0,0005
0480ZD1 1c	0,0374	0,0024	0,0045	0,0105	0,0022	0,0000	0,0023	0,0003	0,0419	0,0094	0,0036	0,0044	0,0000
0480ZD1 1d	1,3620	0,0768	0,1697	0,0634	0,0000	0,0043	0,0199	0,0452	0,0876	0,0045	0,0000	0,0034	0,0000
0480ZD1 2a	0,2539	0,0060	0,0809	0,0184	0,0017	0,0030	0,0084	0,0427	0,0285	0,0000	0,0066	0,0000	0,0000
0480ZD1 2b	0,9221	0,0157	0,1372	0,0325	0,0000	0,0094	0,0117	0,0721	0,0432	0,0000	0,0054	0,0023	0,0000
0480ZD1 2c	0,3979	0,0141	0,1132	0,0261	0,0048	0,0000	0,0133	0,0628	0,0324	0,0000	0,0112	0,0000	0,0011
0480ZD1 3a	0,7486	0,0005	0,0464	0,0790	0,0000	0,0047	0,0184	0,0072	0,0985	0,0083	0,0056	0,0000	0,0000
0480ZD1 3b	0,6922	0,0008	0,0386	0,0933	0,0000	0,0000	0,0273	0,0053	0,0839	0,0000	0,0000	0,0023	0,0028
0480ZD1 3c	0,1580	0,0014	0,0046	0,0832	0,0009	0,0000	0,0231	0,0325	0,0801	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0480ZD1 3d	0,1709	0,0342	0,0378	0,0459	0,0000	0,0024	0,0074	0,0113	0,0393	0,0000	0,0034	0,0049	0,0000
0480ZD1 3e	0,3005	0,0169	0,1004	0,0301	0,0000	0,0000	0,0146	0,0504	0,0691	0,0000	0,0058	0,0006	0,0000
0480ZD1 3f	0,0380	0,0054	0,0113	0,0155	0,0000	0,0000	0,0070	0,0030	0,0746	0,0000	0,0041	0,0000	0,0026

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0480ZD1 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0000	0,0019	0,0000	0,0049	0,0000	0,0000
0480ZD1 1b	0,0015	0,0014	0,0000	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0049
0480ZD1 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0048	0,0059	0,0000
0480ZD1 1d	0,0015	0,0015	0,0015	0,0019	0,0000	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0103	0,0000	0,0060	0,0000
0480ZD1 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0000	0,0000
0480ZD1 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0060	0,0000
0480ZD1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0048
0480ZD1 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0039	0,0023	0,0019	0,0102	0,0049	0,0000	0,0000
0480ZD1 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0000	0,0060	0,0048
0480ZD1 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0480ZD1 3d	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
0480ZD1 3e	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0023	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
0480ZD1 3f	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0047

Lame CQA-07-0480ZD3

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
480ZD3 3a	0,0404	0,0026	0,0143	0,0110	0,0000	0,0037	0,0051	0,0045	0,0640	0,0107	0,0000	0,0000	0,0121
480ZD3 3b	0,0824	0,0075	1,5301	0,0159	0,0000	0,0109	0,0064	0,0085	0,0530	0,0187	0,0010	0,0000	0,0306
480ZD3 3c	0,0402	0,0022	0,0091	0,0116	0,0000	0,0000	0,0010	0,0043	0,0449	0,0131	0,0072	0,0000	0,0120
480ZD3 2a	0,0457	0,0021	0,0045	0,0178	0,0000	0,0000	0,0104	0,0036	0,0650	0,0000	0,0083	0,0067	0,0114
480ZD3 2b	0,0424	0,0017	0,0006	0,0164	0,0000	0,0115	0,0419	0,0046	0,4609	0,0000	0,0117	0,0000	0,0064
480ZD3 2c	0,0470	0,0025	0,0000	0,0175	0,0031	0,0101	0,0067	0,0054	0,0600	0,0000	0,0108	0,0000	0,0156
480ZD3 1a	0,1373	0,0095	0,0350	0,0276	0,0000	0,0027	0,0080	0,0170	0,0226	0,0000	0,0061	0,0041	0,0000
480ZD3 1b	0,1129	0,0172	0,0823	0,0201	0,0000	0,0000	0,0051	0,0142	0,1012	0,0114	0,0020	0,0000	0,0000
480ZD3 1c	0,2643	0,0469	0,0776	0,0503	0,0010	0,0000	0,0080	0,0394	0,0326	0,0000	0,0108	0,0000	0,0099

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
480ZD3 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0000	0,0000	0,0047
480ZD3 3b	0,0015	0,0014	0,0016	0,0019	0,0000	0,0082	0,0039	0,0023	0,0020	0,0102	0,0052	0,0000	0,0049
480ZD3 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0000	0,0047
480ZD3 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0023	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0048
480ZD3 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0023	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0049
480ZD3 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0048	0,0000	0,0047
480ZD3 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0000
480ZD3 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0053	0,0000	0,0000
480ZD3 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0049

Lame CQA-07-0480Zi1

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0480Z1 3a	0,9142	0,0174	0,1639	0,0279	0,0000	0,0000	0,0119	0,0781	0,0472	0,0256	0,0128	0,0034	0,0067
0480Z1 3b	0,6114	0,0246	0,1995	0,0323	0,0024	0,0000	0,0121	0,1034	0,0651	0,0014	0,0097	0,0000	0,0004
0480Z1 3c	0,4399	0,0088	0,0837	0,0157	0,0000	0,0205	0,0190	0,0745	0,0550	0,0179	0,0101	0,0077	0,0003
0480Z1 2a	0,4505	0,0114	0,0899	0,0334	0,0001	0,0045	0,0248	0,0873	0,1146	0,0000	0,0239	0,0000	0,0066
0480Z1 2b	0,7100	0,0149	0,1255	0,0411	0,0029	0,0038	0,0383	0,0374	0,4408	0,0000	0,0185	0,0051	0,0000
0480Z1 2c	0,2399	0,0050	0,0409	0,0281	0,0013	0,0000	0,0144	0,0274	0,1180	0,0049	0,0237	0,0000	0,0055
0480Z1 1a	0,0264	0,0016	0,0077	0,0138	0,0000	0,0064	0,0108	0,0033	0,0579	0,0153	0,0097	0,0009	0,0223
0480Z1 1b	0,0411	0,0031	0,0098	0,0100	0,0000	0,0039	0,0069	0,0049	0,0500	0,0109	0,0192	0,0037	0,0176
0480Z1 1c	0,0384	0,0012	0,0139	0,0107	0,0039	0,0643	0,0023	0,0046	0,0421	0,0234	0,0163	0,0031	0,0253

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
0480Z1 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0051	0,0060	0,0048
0480Z1 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0039	0,0023	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0049
0480Z1 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0060	0,0049
0480Z1 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0000	0,0048
0480Z1 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0082	0,0039	0,0022	0,0019	0,0000	0,0052	0,0060	0,0000
0480Z1 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0038	0,0023	0,0019	0,0102	0,0051	0,0000	0,0046
0480Z1 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0060	0,0048
0480Z1 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0047
0480Z1 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0046	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0060	0,0047

Lame 11PUA-028C02

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
028C2 1a	0,0741	0,0216	0,0098	0,0206	0,0000	0,0000	0,0069	0,0111	0,0050	0,0000	0,0124	0,0036	0,0000
028C2 1b	0,0730	0,0227	0,0122	0,0182	0,0000	0,0080	0,0077	0,0226	0,0078	0,0000	0,0069	0,0072	0,0081
028C2 1c	0,0524	0,0046	0,0066	0,0071	0,0000	0,0157	0,0083	0,0156	0,0060	0,0000	0,0004	0,0086	0,0009
028C2 2a	0,2289	0,0594	0,0408	0,0342	0,0000	0,0000	0,0070	0,0510	0,0086	0,0000	0,0000	0,0097	0,0000
028C2 2b	0,0322	0,0000	0,0055	0,0000	0,0000	0,0000	0,0121	0,0076	0,0011	0,0021	0,0178	0,0000	0,0021
028C2 2c	0,6149	0,0147	0,0140	0,3630	0,0039	0,0003	0,0303	0,4111	0,0013	0,0016	0,0012	0,0000	0,0018
028C2 3a	0,2076	0,0397	0,0143	0,0899	0,0010	0,0000	0,0095	0,0918	0,0012	0,0057	0,0100	0,0036	0,0081
028C2 3b	0,1256	0,0405	0,0229	0,0213	0,0000	0,0000	0,0069	0,0261	0,0028	0,0000	0,0045	0,0000	0,0145
028C2 3c	0,2412	0,0868	0,0280	0,0756	0,0000	0,0000	0,0077	0,0748	0,0052	0,0009	0,0177	0,0000	0,0139

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
028C2 1a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0000
028C2 1b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0048
028C2 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0023	0,0019	0,0000	0,0052	0,0059	0,0048
028C2 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0000	0,0059	0,0000
028C2 2b	0,0015	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0038	0,0023	0,0019	0,0102	0,0049	0,0000	0,0048
028C2 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0082	0,0038	0,0023	0,0019	0,0103	0,0051	0,0000	0,0049
028C2 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0046	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0049
028C2 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0000	0,0047
028C2 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0000	0,0048

IX.ii. La Southern Breccia

Lame 10CQA-1615I01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1615I 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0048
1615I 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0044	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0049
1615I 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0000
1615I 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
1615I 2b	0,0014	0,0014	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0021	0,0019	0,0101	0,0048	0,0060	0,0048
1615I 2c	0,0014	0,0014	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
1615I 3a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0047
1615I 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0021	0,0019	0,0102	0,0051	0,0059	0,0048
1615I 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0052	0,0000	0,0047

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1615I 1a	0,3055	0,0139	0,0176	0,0377	0,0000	0,0000	0,0308	0,0137	0,0200	0,0000	0,0651	0,0085	0,0018
1615I 1b	0,2086	0,0078	0,0018	0,0215	0,0034	0,0000	0,0300	0,0001	0,0185	0,0082	0,0608	0,0070	0,0080
1615I 1c	0,2843	0,0126	0,0175	0,0361	0,0000	0,0073	0,0256	0,0174	0,0154	0,0004	0,0674	0,0108	0,0000
1615I 2a	0,0084	0,0288	0,0025	0,0088	0,0054	0,0000	0,0263	0,0000	0,0125	0,0000	0,0719	0,0056	0,0042
1615I 2b	0,3743	0,0719	0,0000	0,0961	0,0000	0,0000	0,0277	0,0038	0,0123	0,0125	0,0800	0,0004	0,0070
1615I 2c	0,0109	0,0058	0,0000	0,0143	0,0000	0,0000	0,0226	0,0000	0,0140	0,0000	0,0661	0,0020	0,0000
1615I 3a	0,4278	0,0450	0,0872	0,1229	0,0048	0,0000	0,0388	0,0663	0,0260	0,0217	0,0714	0,0053	0,0055
1615I 3b	0,3461	0,0280	0,0195	0,0688	0,0000	0,0053	0,0298	0,0106	0,0219	0,0150	0,0716	0,0045	0,0049
1615I 3c	0,4067	0,0390	0,0538	0,0925	0,0000	0,0000	0,0322	0,0368	0,0258	0,0000	0,0607	0,0000	0,0019

Lame 10CQA-1623B01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1623B 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0048	0,0000	0,0000
1623B 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0045
1623B 2c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0044	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0047	0,0059	0,0047
1623B 1a	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0000	0,0047
1623B 1b	0,0015	0,0014	0,0000	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0000	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0046
1623B 1c	0,0014	0,0014	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0000
1623B 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0048
1623B 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0052	0,0060	0,0048
1623B 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0051	0,0000	0,0047

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1623B 2a	0,0534	0,0162	0,0116	0,0303	0,0000	0,0045	0,0079	0,0089	0,1136	0,0000	0,0689	0,0000	0,0000
1623B 2b	0,1130	0,0103	0,0516	0,0402	0,0000	0,0059	0,0084	0,0151	0,0654	0,0040	0,0630	0,0000	0,0172
1623B 2c	0,1351	0,0282	0,0464	0,0557	0,0010	0,0004	0,0076	0,0213	0,0223	0,0000	0,0706	0,0058	0,0042
1623B 1a	0,0183	0,0000	0,0014	0,0139	0,0000	0,0000	0,0066	0,0036	0,0255	0,0000	0,0581	0,0000	0,0056
1623B 1b	0,0136	0,0046	0,0000	0,0171	0,0000	0,0014	0,0074	0,0000	0,0255	0,0000	0,0568	0,0026	0,0148
1623B 1c	0,0229	0,0019	0,0000	0,0195	0,0000	0,0000	0,0155	0,0023	0,0310	0,0000	0,0622	0,0043	0,0000
1623B 3a	0,0788	0,0139	0,0177	0,0282	0,0000	0,0000	0,0214	0,0071	0,3637	0,0000	0,0627	0,0057	0,0080
1623B 3b	0,1862	0,0400	0,0212	0,0840	0,0000	0,0067	0,0016	0,0465	0,0231	0,0047	0,0584	0,0042	0,0101
1623B 3c	0,1246	0,0300	0,0160	0,0613	0,0008	0,0012	0,0084	0,0232	0,0218	0,0121	0,0589	0,0000	0,0047

IX.iii. Les secteurs d'Apy-Mag, Duke et South Duke

Lame 09CQA-1082E01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1082E1 4a	0,0840	0,0016	0,0159	0,0313	0,0000	0,0070	0,1358	0,0081	0,0709	0,0000	0,0062	0,0090	0,0155
1082E1 4b	0,0180	0,0013	0,0132	0,0264	0,0000	0,0055	0,1376	0,0021	0,0678	0,0068	0,0055	0,0013	0,0183
1082E1 4c	0,1924	0,0104	0,0220	0,0725	0,0000	0,0000	0,2612	0,0216	0,0620	0,0123	0,0117	0,0093	0,0159
1082E1 3a	0,0339	0,0010	0,0012	0,0263	0,0000	0,0145	0,1144	0,0033	0,0649	0,0000	0,0213	0,0020	0,0102
1082E1 3b	0,0581	0,0013	0,0003	0,0380	0,0000	0,0129	0,1975	0,0000	0,0882	0,0280	0,0166	0,0143	0,0091
1082E1 3c	0,0322	0,0015	0,0017	0,0279	0,0028	0,0000	0,1820	0,0035	0,0801	0,0000	0,0148	0,0144	0,0066
1082E1 1a	0,0444	0,0029	0,0049	0,0277	0,0024	0,0000	0,0895	0,0000	0,0348	0,0041	0,0179	0,0019	0,0186
1082E1 1b	0,0113	0,0038	0,0089	0,0245	0,0000	0,0000	0,0926	0,0015	0,0396	0,0076	0,0179	0,0216	0,0117
1082E1 1c	0,0150	0,0000	0,0148	0,0056	0,0000	0,0012	0,0677	0,0024	0,0330	0,0000	0,0223	0,0029	0,0236

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1082E1 4a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0058	0,0049
1082E1 4b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0047
1082E1 4c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0058	0,0047
1082E1 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0049	0,0059	0,0048
1082E1 3b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0051	0,0059	0,0047
1082E1 3c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0050	0,0059	0,0047
1082E1 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0000	0,0038	0,0000	0,0019	0,0101	0,0051	0,0058	0,0047
1082E1 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0058	0,0046
1082E1 1c	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0059	0,0047

Lame 09CQA-1086B01

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1086B01 1a	0,0288	0,0001	0,0057	0,0556	0,0035	0,0000	0,2042	0,0091	0,1977	0,0298	0,0170	0,0000	0,0000
1086B01 1b	0,0762	0,0278	0,0073	0,0944	0,0008	0,0065	0,1616	0,0206	0,1868	0,0072	0,0174	0,0057	0,0102
1086B01 1c	0,0140	0,0006	0,0099	0,0491	0,0015	0,0078	0,1744	0,0018	0,1880	0,0340	0,0304	0,0000	0,0018
1086B01 2a	0,0145	0,0027	0,0084	0,1055	0,0049	0,0000	0,1898	0,0034	0,2129	0,0353	0,0075	0,0000	0,0085
1086B01 2b	0,0150	0,0023	0,0054	0,0641	0,0024	0,0000	0,2439	0,0069	0,2804	0,0533	0,0034	0,0092	0,0000
1086B01 2c	0,0183	0,0000	0,0082	0,0734	0,0000	0,0000	0,2018	0,0038	0,2048	0,0749	0,0161	0,0046	0,0054
1086B01 3a	0,0280	0,0006	0,0244	0,0611	0,0000	0,0069	0,1615	0,0081	0,1485	0,0530	0,0160	0,0004	0,0022
1086B01 3b	0,0374	0,0022	0,0268	0,0848	0,0000	0,0019	0,1438	0,0150	0,1275	0,0979	0,0245	0,0008	0,0108
1086B01 3c	0,0292	0,0000	0,0205	0,0437	0,0000	0,0000	0,1221	0,0151	0,0919	0,0198	0,0022	0,0097	0,0019

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1086B01 1a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0000	0,0000
1086B01 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0059	0,0047
1086B01 1c	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0045	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0000	0,0047
1086B01 2a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0044	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0102	0,0050	0,0000	0,0048
1086B01 2b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0045	0,0000	0,0039	0,0022	0,0019	0,0102	0,0052	0,0059	0,0000
1086B01 2c	0,0014	0,0000	0,0015	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0048
1086B01 3a	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0037	0,0022	0,0019	0,0102	0,0049	0,0059	0,0048
1086B01 3b	0,0015	0,0014	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0047
1086B01 3c	0,0014	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0052	0,0059	0,0048

Lame 09CQA-1109B03-2

Analyses	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1109B3-2 1a	0,2809	0,0000	0,0280	0,0955	0,0000	0,0004	0,0715	0,0331	0,0267	0,0272	0,1155	0,0055	0,2365
1109B3-2 1b	0,0845	0,0013	0,0150	0,0455	0,0000	0,0105	0,0746	0,0070	0,0284	0,0237	0,1158	0,0000	0,2682
1109B3-2 1c	0,0176	0,0005	0,0015	0,0440	0,0052	0,0000	0,0638	0,0025	0,0297	0,0102	0,1100	0,0012	0,2066
1109B3-2 2a	0,0364	0,0005	0,0019	0,0460	0,0000	0,0031	0,0535	0,0062	0,0326	0,0022	0,1232	0,0173	0,0901
1109B3-2 2b	0,0246	0,0016	0,0004	0,0466	0,0006	0,0167	0,0599	0,0066	0,0333	0,0025	0,1187	0,0098	0,0696
1109B3-2 2c	0,0138	0,0000	0,0001	0,0390	0,0000	0,0046	0,0718	0,0012	0,0300	0,0044	0,1203	0,0118	0,0382
1109B3-2 3a	0,0322	0,0005	0,0000	0,0573	0,0000	0,0026	0,0568	0,0047	0,0367	0,0086	0,1239	0,0000	0,0398
1109B3-2 3b	0,0305	0,0000	0,0024	0,0565	0,0021	0,0000	0,0661	0,0073	0,0468	0,0092	0,1284	0,0113	0,1142
1109B3-2 3c	0,0187	0,0010	0,0000	0,0475	0,0000	0,0000	0,0702	0,0046	0,0393	0,0000	0,1147	0,0000	0,0445

LD	Si	K	Ca	Al	Sn	Cu	Mn	Mg	Ti	Zn	V	Ni	Cr
1109B3-2 1a	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0039	0,0022	0,0019	0,0100	0,0047	0,0059	0,0048
1109B3-2 1b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0080	0,0038	0,0022	0,0019	0,0100	0,0051	0,0000	0,0049
1109B3-2 1c	0,0014	0,0014	0,0015	0,0018	0,0044	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0059	0,0046
1109B3-2 2a	0,0015	0,0014	0,0015	0,0019	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0058	0,0047
1109B3-2 2b	0,0014	0,0014	0,0015	0,0019	0,0044	0,0079	0,0038	0,0021	0,0019	0,0101	0,0049	0,0059	0,0046
1109B3-2 2c	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0050	0,0058	0,0049
1109B3-2 3a	0,0014	0,0014	0,0000	0,0018	0,0000	0,0081	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0049	0,0000	0,0048
1109B3-2 3b	0,0015	0,0000	0,0015	0,0018	0,0045	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0101	0,0048	0,0059	0,0047
1109B3-2 3c	0,0014	0,0014	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0038	0,0022	0,0019	0,0000	0,0051	0,0000	0,0047

ANNEXE IV : DESCRIPTION DE LA MAGNÉTITE ANALYSÉE À LA MICROSONDE

Cette annexe contient la description des textures de la magnétite analysée ainsi que l'assemblage minéralogique. Les descriptions sont séparées en zones correspondant à un endroit sur la lame ou plusieurs analyses ponctuelles ont été effectuées

I. Le secteur de Port Radium-Echo Bay

CQA-05-095A	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Agrégat de magnétite dans l'amphibole, en bordure de l'albite. Magnétite hypidiomorphe, peu abondante.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Agrégat de magnétite dans l'amphibole, en bordure de l'albite. Magnétite idiomorphe formant des joints à 120° entre les grains.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Agrégat de magnétite dans l'amphibole, en bordure de l'albite. Magnétite et amphibole abondante.

CQA-05-104A	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Grain de magnétite dans l'albite, forme hypidiomorphe. Exsolutions d'ilménite. Entouré d'albite
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Grain de magnétite dans l'albite. Aspect interstitiel avec magnétite entourée d'albite.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Grain de magnétite dans l'albite. Magnétite en contact avec l'apatite. Le point B est près de la bordure en contact avec l'apatite.
Zone 3 (D-E-F)	(HT) Na-Ca-Fe	Petit grain de magnétite dans l'albite. Magnétite en contact avec l'apatite.

CQA-05-125A	Altération	Description
Zone 2 (A-B-C)	Monzonite	Grain de magnétite dans une tache de hornblende. Magnétite trouée avec bordure de corrosion.
Zone 4 (A-B)	Monzonite	Grain de magnétite entourée de hornblende. Bordures de corrosion avec aspect troué
Zone 5 (A-B)	Monzonite	Grain de magnétite dans une tache de hornblende. Magnétite trouée avec bordure de corrosion.
Zone 6 (A-B)	Monzonite	Grain de magnétite dans une tache de hornblende. Magnétite trouée avec bordure de corrosion.

CQA-05-184A	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite subidiomorphe disséminée dans la matrice du porphyre. Présence de bordures de corrosion.
Zone 1 (D-E-F)	(HT) K-Fe	Magnétite en bordure des fiammes recristallisés en quartz. Spots de magnétite dans la biotite au pourtour du fiamme.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée dans la matrice du porphyre. Magnétite en agrégat avec bordures irrégulières.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite subidiomorphe disséminée dans la matrice du porphyre.
Zone 3 (D-E-F)	(HT) Ca-Fe	Magnétite dans une veine de calcite-chlorite-quartz-épidote. Magnétite de forme irrégulière près de l'éponte. Le point D est plus près de l'éponte.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite subhedral disséminée en bordure de la veine de carbonate. Recristallisation à partir de la veine de carbonate.

CQA-05-195AG	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite dans une lentille d'actinote. Magnétite en agrégats en bordure de la lentille en contact avec l'albite.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite idiomorphe an agrégats. Aspect bigarré de la magnétite et de l'actinote.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite massive idiomorphe. Magnétite intercrystalline à l'albite. Pas d'actinote.

CQA-05-201A	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe-K	Grain de magnétite aux bordures irrégulières au cœur d'une veine d'actinote. Veine de 2mm de largeur.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite intercrystalline aux cristaux d'albite. Antérieure aux veines d'actinote et non superposée sur l'altération potassique des veines.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe/ (HT) Ca-K-Fe	Magnétite disséminée dans l'albite superposée par l'altération potassique de l'éponte associée aux veines d'actinote.

CQA-05-0206CEF-1	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C-D)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite intercrystalline aux baguettes d'albite. Pas d'actinote à proximité. Superposée par une imprégnation à feldspath-K.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite avec actinote intercrystalline aux baguettes d'albite. Superposée par une imprégnation à feldspath-K et recristallisation de l'actinote en chlorite.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite avec actinote intercrystalline aux baguettes d'albite. Superposée par une imprégnation à feldspath-K et recristallisation de l'actinote en chlorite.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Imprégnation pénétrative sporadique superposée sur albite et l'imprégnation potassique. Magnétite de forme irrégulière avec actinote.
Zone 5 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Imprégnation pénétrative sporadique superposée sur albite et l'imprégnation potassique. Magnétite de forme irrégulière avec actinote.
Zone 6 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Imprégnation pénétrative sporadique superposée sur albite et l'imprégnation potassique. Magnétite de forme irrégulière avec actinote.

CQA-05-206CEF-2	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C-D-E-F)	(HT) Ca-Fe-K	Magnétite idiomorphe disséminée, au cœur de la veine d'amphibole.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe-K	Magnétite massive dans la veine, partie interne.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe-K	Magnétite massive dans la veine, partie externe.

CQA-06-336A2(1)	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe/ Kfs+Sulfures	Agrégat de magnétite dans une tache d'actinote. La magnétite est dans une plage irrégulière de pyrite. La magnétite est plus abondante que la pyrite. La magnétite a un pourcentage modal similaire à l'actinote.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe/ Kfs+Sulfures	Agrégat de magnétite concentré dans une tache d'actinote. La pyrite est peu abondante et disséminée.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe/ Kfs+Sulfures	Spot de magnétite-pyrite dans une tache d'actinote. La magnétite est grenue et de forme irrégulière.

CQA-06-360A	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Veine de magnétite-quartz avec fragments de carbonates. Magnétite de forme irrégulière.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Veine de magnétite-quartz avec fragments de carbonates. Magnétite de forme irrégulière.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Veine de magnétite-quartz avec fragments de carbonates. Magnétite de forme irrégulière.

II. Le secteur de Grouard

10CQA-1270D01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite disséminée dans un horizon où la magnétite est plus abondante. Forme irrégulière, allotriomorphe de la magnétite. La magnétite est entourée d'actinote avec quelques reliques du précurseur.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite intercrystalline aux cristaux d'amphibole et forme des micro-lentilles de magnétite. La magnétite est mieux développée avec des formes allotriomorphe à hypidiomorphe. Dans le même horizon que la zone 1.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite disséminée dans un horizon où la magnétite est plus abondante. Forme irrégulière, allotriomorphe de la magnétite. La magnétite est entourée d'actinote avec une relique démembrée du précurseur.

10CQA-1294B01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée de forme irrégulière. Imprégnation pervasive bigarrée.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée de forme irrégulière. Imprégnation pervasive bigarrée.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée de forme irrégulière. Imprégnation pervasive bigarrée.

III. Le secteur de Terra

09CQA-137A01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite intergranulaire aux cristaux d'albite. Présence d'apatite disséminée microcristalline près de la magnétite. Faible imprégnation de carbonates sur l'albite. Petite zone à épidote pouvant être de l'amphibole rétrogradée.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite intergranulaire aux cristaux d'albite. Présence d'apatite disséminée microcristalline près de la magnétite. Imprégnation modérée de carbonates sur l'albite. Entouré de magnétite microcristalline d'aspect variegated.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite et apatite intergranulaire aux cristaux d'albite. Imprégnation modérée de carbonates sur l'albite. Fantôme d'amphibole rétrogradée à proximité.

09CQA-139B01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe (REE)	Zone où la magnétite est abondante, massive et en plaquette. La magnétite est fracturée avec un remplissage de pyrite-chalcopryrite-chlorite.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe (REE)	Magnétite en plaquette, la zonation est bien marquée avec les analyses effectuées dans les zones les plus claires. La magnétite est fracturée avec un remplissage de calcite et de chalcopryrite.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe (REE)	Magnétite grenue disséminée, en inclusion dans la pyrite et la chalcopryrite. Grains possiblement recristallisés. Entre deux plaquettes de magnétite. Tache d'allanite à proximité.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe (REE)	Magnétite hypidiomorphe, grenue et disséminée dans des grains de quartz de forme irrégulière.

09CQA-139G03	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe (Sulfures)	Magnétite disséminée et en agrégat dans la matrice de la brèche. Zone de petites veinules avec chlorite et calcite.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe (Sulfures)	Magnétite massive dans une large veine de pyrite-calcite-chalcopryrite.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe (Sulfures)	Imprégnation pervasive et pénétrative de magnétite sur un fragment d'albitite. Magnétite microcristalline.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe (Sulfures)	Imprégnation pervasive et pénétrative de magnétite sur un fragment d'albitite. Magnétite microcristalline.
Zone 5 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe (Sulfures)	Magnétite massive dans une large veine de pyrite-calcite-chalcopryrite.

09CQA-144A02-2	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite disséminée, finement grenue dans l'épidote avec des reliques d'amphibole.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite hypidiomorphe disséminée dans un lit d'actinote.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite idiomorphe finement grenue en agrégat. Aspect massif dans une lentille de quartz-actinote, entourée d'épidote.

IV. Le secteur de Fab

11PUA-050B01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C-D)	(HT) Ca-Fe	Magnétite disséminée de forme irrégulière avec chalcopryrite en inclusions in intergranulaire. La magnétite est fracturée
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite disséminée de forme irrégulière avec chalcopryrite en inclusions in intergranulaire. Spots de magnétite.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite disséminée de forme irrégulière avec chalcopryrite en inclusions in intergranulaire. La magnétite est fracturée

11PUA-053B02	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite massive finement grenue en agrégat. Forme irrégulière. Aspect cisailé.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite massive finement grenue en agrégat. Forme irrégulière. Aspect cisailé.
Zone 3 (A-B-C-D)	(HT) Ca-Fe	Magnétite massive finement grenue en agrégat. Forme irrégulière. Aspect cisailé.

11PUA-067A01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	Monzonite	Magnétite disséminée dans une tache de hornblende recristallisée en chlorite. Forme irrégulière de la magnétite.
Zone 2 (A-B-C)	Monzonite	Spot de magnétite disséminée entourée dans la matrice de la monzonite. Zone affectée par l'imprégnation potassique.
Zone 3 (A-B-C)	Monzonite	Magnétite disséminée dans une tache de hornblende recristallisée en chlorite. Forme irrégulière de la magnétite. Inclusion de quartz dans la magnétite avec couronne d'épidote au pourtour du grain.

11PUA-074B01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Fe	Magnétite disséminée finement grenue dans la matrice du porphyre volcanique. Imprégnation pervasive loin de la veine.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Fe	Magnétite disséminée finement grenue dans la matrice du porphyre volcanique. Imprégnation pervasive loin de la veine.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Fe	Magnétite disséminée grossière en bordure de la veine.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) Fe	Magnétite disséminée grossière en bordure de la veine.

11PUA-607A01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	Porphyre volcanique	Grain de magnétite disséminé. La magnétite est accolée à un feldspath saussuritisé (chlorite-épidote).
Zone 2 (A)	Porphyre volcanique	Grain de magnétite disséminé. La magnétite est accolée à un feldspath saussuritisé (chlorite-épidote).
Zone 3 (A-B-C)	Porphyre volcanique	Grain de magnétite disséminé. La magnétite est accolée à un feldspath saussuritisé (chlorite-épidote).

11PUA-1000G03	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Veines de pyrite-chalcopryrite-magnétite. Magnétite de forme irrégulière avec inclusions de chalcopryrite.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Veines de pyrite-chalcopryrite-magnétite. Magnétite de forme irrégulière avec inclusions de chalcopryrite.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Veines de pyrite-chalcopryrite-magnétite. Magnétite de forme irrégulière avec inclusions de chalcopryrite.

11PUA-1019C01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Amas de magnétite hypidiomorphe au sein de la veine, avec de l'allanite.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Amas de magnétite hypidiomorphe au sein de la veine, avec de l'amphibole.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Magnétite massive de forme irrégulière en bordure de la zone de cisaillement.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Spots de magnétite dans le porphyre. Forme compacte fracturée avec sulfures.

V. L'indice Ham

CQA-08-592C	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée en agrégat le long de certains horizons. Assemblage rétrograde (muscovite-chlorite-pyrite-chalcopyrite) superposé sur la paragenèse à magnétite.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée en inclusion et intergranulaire au grenat et au quartz. La magnétite se situe le long d'un horizon où la magnétite est abondante.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée intergranulaire aux cristaux de quartz. Magnétite concentrée le long d'un horizon. Pas de sulfures à proximité.

CQA-08-598B	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée intergranulaire associée à la biotite dans un lit riche en quartz. Faible proportion de magnétite.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe (REE)	Magnétite massive en agrégat ou disséminée entre les horizons de biotite-quartz-magnétite. Formes irrégulières et hétérogranulaire, aspect cisailé, imprégnation pénétrative.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe (REE)	Magnétite massive en agrégat ou disséminée en imprégnation pervasive. Magnétite abondante avec formes irrégulières.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) K-Fe?	Magnétite massive démembrée par une zone de cisaillement à biotite-fluorite. Magnétite fracturée et bordure de corrosion autour de la magnétite.

CQA-09-1162D01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée au sein d'une imprégnation stratabound pénétrative. Associée à la biotite.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée de forme irrégulière associée à une imprégnation stratabound.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite A-B en inclusion dans le grenat. Magnétite C disséminée au sein de l'imprégnation stratabound à biotite.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée au sein d'une imprégnation stratabound pénétrative. Associée à la biotite.

09CQA-1164A03	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C-D)	(HT) K-Fe (REE)	Magnétite disséminée, imprégnation pénétrative intergranulaire associée à des terres rares. Magnétite peu abondante dans un horizon.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) K-Fe (REE)	Magnétite disséminée, imprégnation pénétrative intergranulaire associée à des terres rares. Magnétite abondante dans un horizon où les terres rares semblent moins abondantes.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) K-Fe (REE)	Patch de magnétite-biotite. Agrégat de magnétite entouré de biotite. Remplace de la titanite.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) K-Fe (REE)	Magnétite disséminée, imprégnation pénétrative intergranulaire associée à des terres rares. Magnétite peu abondante dans un horizon.

09CQA-1193C01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Fe	Magnétite massive avec des bordures de corrosion. Microcristaux de quartz et d'apatite ainsi que de sulfures en bordure. 15% pyrite, 70% magnétite dans la zone.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Fe	Magnétite massive avec microcristaux d'apatite. La magnétite est recoupée par des veinules de chlorite. Bordures de grains toujours visibles.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Fe	Magnétite massive fracturée avec injection de pyrite-chalcopyrite-quartz-chlorite. Inclusions de sulfures dans la magnétite. Possible recristallisation. Près d'une veine de pyrite.

VI. L'indice JLD

CQA-08-576A	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée au sein d'une imprégnation pervasive bigarrée. Magnétite de forme irrégulière, trouée.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée au sein d'une imprégnation pervasive bigarrée. Magnétite de forme irrégulière, trouée.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée au sein d'une imprégnation pervasive bigarrée. Magnétite de forme irrégulière, trouée.

CQA-08-576G	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe (REE)	Magnétite hypidiomorphe grossière disséminée dans la biotite chloritisée. Agrégats recoupés par la biotite anastomosée.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe (REE)	Magnétite semi-massive allotriomorphe finement grenue. Au sein d'une zone de cisaillement à biotite chloritisée.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe (REE)	Magnétite massive en agrégats irréguliers. Recoupé par la zone de cisaillement à biotite chloritisée.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe (REE)	Magnétite massive en agrégats irréguliers. Recoupé par la zone de cisaillement à biotite chloritisée.

VII. Sue Dianne

KZ09-KM-NW1-1A	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) K-Fe (Sulfures)	Remplacement sélectif du phénocristal sectionné par la veine de biotite-magnétite-pyrite Magnétite disséminée subhedral.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) K-Fe (Sulfures)	Magnétite massive subhedral entourant un grain de pyrite. Associée au stockwork ou le remplissage est plus important.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) K-Fe (Sulfures)	Zone où la fracturation est mieux développée. Magnétite pseudo-aciculaire sans pyrite.

09CQA-0109F05	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) K-Fe (Sulfures)	Stockwork de magnétite-chalcopryrite avec bordure hématisée de la magnétite.
Zone 2 : A-B-C	(HT) K-Fe (Sulfures)	Stockwork de magnétite-chalcopryrite avec bordure hématisée de la magnétite.
Zone 3 : A-B-C	(HT) K-Fe (Sulfures)	Stockwork de magnétite-chalcopryrite avec bordure hématisée de la magnétite.

VIII. Le système de Cole

09CQA-0039E01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C-D)	Dyke	Magnétite disséminée dans le dyke
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Magnétite disséminée avec amphibole et titanite à proximité. Imprégnation pervasive
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Magnétite grossière disséminée avec amphibole et titanite à proximité. Imprégnation pervasive

09CQA-0040A02	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C-D)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée intergranulaire et en inclusion dans le feldspath-K, à proximité d'un grenat rétrogradé en séricite. Imprégnation pervasive. Forme irrégulière de la magnétite, finement grenue.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée intergranulaire et en inclusion dans le feldspath-K. Imprégnation pervasive. Forme irrégulière de la magnétite, finement grenue.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Magnétite disséminée intergranulaire et en inclusion dans le feldspath-K. Imprégnation pervasive. Forme irrégulière de la magnétite, finement grenue.

09CQA-0041C04	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Grain de magnétite compacte hypidiomorphe, fracturée. Magnétite disséminée dans un lit de feldspath-K avec hornblende disséminée. Imprégnation stratoïde.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Grains de magnétite compacte hypidiomorphe, fracturés. Magnétite disséminée dans un lit de séricite-hématite avec reliques de hornblende. Imprégnation stratoïde.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Grains de magnétite compacte hypidiomorphe, fracturés. Présence de grenat. Magnétite disséminée dans un lit de séricite-hématite avec reliques de hornblende. Imprégnation stratoïde.

09CQA-0043F01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C-D)	(HT) Ca-K-Fe	Magnétite disséminée finement grenue, dans l'encaissant dans la partie éloignée.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Magnétite disséminée finement grenue, dans l'encaissant près de la veine.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Magnétite peu abondante, dans la veine.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) Ca-K-Fe	Magnétite massive plus grossière, dans la veine.

09CQA-1020H04	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite intergranulaire aux reliques d'amphibole et de clinopyroxène, forme une plage irrégulière. Mince bordure d'hématite.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite en agrégat dans un horizon à épidote qui remplace l'amphibole. Magnétite grossière avec des bordures irrégulières.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite intergranulaire aux reliques de clinopyroxène, forme une plage irrégulière. Mince bordure d'hématite.

09CQA-1045E01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe (Skarn)	Patch d'augite-grenat-magnétite-calcite au sein d'une matrice d'albite. Magnétite de forme irrégulière intergranulaire à l'augite.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe (Skarn)	Plage irrégulière de magnétite, intergranulaire à l'albite. À proximité de patchs augite-grenat-calcite.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe (Skarn)	Grains de magnétite dans l'augite. Intergranulaire à l'augite et à l'albite.

IX. Le système du lac Lou

IX.i. Le gisement NICO

CQA-07-465L1	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) Ca-Fe (Sulfures)	Magnétite allotriomorphe localisée dans un horizon à quartz-augite recristallisé par une altération à actinote. Magnétite associée à l'assemblage magnétite-pyrrhotite-hornblende. Enrichissement en sulfures subséquent avec l'actinote.
Zone 2 : A-B-C	(HT) Ca-Fe (Sulfures)	Magnétite allotriomorphe localisée dans un horizon à quartz-augite recristallisé par une altération à actinote. Magnétite associée à l'assemblage magnétite-pyrrhotite-hornblende. Enrichissement en sulfures subséquent avec l'actinote.
Zone 3 : A-B-C	(HT) Ca-Fe (Sulfures)	Horizon de magnétite massive soudée avec de la hornblende. Nombreuses inclusions de pyrrhotite. Fracturation et injection de sulfures de Co-Bi avec début de recristallisation de la pyrrhotite en pyrite.

CQA-07-466Q1	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) K-Fe (Sulfures)	Veine de biotite-magnétite-chalcopryrite-pyrite. Magnétite allotriomorphe, bordures irrégulières avec inclusions de chalcopryrite. La veine recoupe l'albitite bréchifiée.
Zone 2 : A-B-C	(HT) K-Fe	Magnétite massive dans le stockwork. Magnétite allotriomorphe à hypidiomorphe agglomérée. Biotite interstitielle. Un peu plus d'inclusions près du point A.
Zone 3 : A-B-C	(HT) K-Fe (Sulfures)	Veines de biotite-magnétite-chalcopryrite-pyrite qui recoupe le stockwork de magnétite massive. Recristallisation de la magnétite près des sulfures. Le point C est plus loin de la chalcopryrite et possiblement moins recristallisé.
Zone 4 : A-B-C	(HT) K-Fe	Magnétite massive dans le stockwork. Magnétite allotriomorphe à hypidiomorphe agglomérée. Biotite interstitielle.

CQA-07-468D	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Magnétite interstitielle avec chalcopryrite, pyrrhotite et sulfures de Co-Bi. Veine interdigitée injectée parallèlement au litage. Minéralisation au avec des bordures de quartz.
Zone 2 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Grains de magnétite allotriomorphe, entourés d'une plage irrégulière de chalcopryrite avec de la pyrrhotite. La zone est située au cœur de la veine. Magnétite uniforme avec quelques trous et inclusions de pyrrhotite.
Zone 3 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Magnétite interstitielle à l'actinote avec chalcopryrite. Interdigitation de l'éponte à actinote dans un horizon de l'altération Ca-Fe. Chalcopryrite abondante.
Zone 4 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Magnétite allotriomorphe entourée de pyrrhotite dans la veine. La largeur de la veine diminue, localisée près de l'éponte d'actinote. Inclusions de pyrrhotite.
Zone 5 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Zone de faible amplitude de la veine reconnaissable par le halo d'actinote. Grains de magnétite fracturés avec remplissage de chalcopryrite. Bordure de corrosion autour de la magnétite.

CQA-07-0469A1	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) Ca-Fe (Sulfures)	Spot à magnétite pyrrhotite avec inclusions de sulfures de Co. Associée à l'altération à biotite avec cristallisation de magnétite autour de l'amphibole.
Zone 2 : A-B-C	(HT) Ca-Fe (Sulfures)	Petite patch de magnétite en remplacement d'une lentille de quartz-actinote aciculaire. Sulfure de Co-Bi en inclusion dans la magnétite
Zone 3 : A-B-C	(HT) Ca-Fe (Sulfures)	Magnétite disséminée dans l'altération Ca-Fe. Possiblement associée à l'altération K mais pas de biotite à proximité. Aspect pénétratif le long d'horizons autour de poches de quartz.

CQA-07-469H	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) Ca-Fe	Horizon de magnétite massive, remplacement stratabound. Agrégat de magnétite finement grenue.
Zone 2 : A-B-C	(HT) K-Fe (Sulfures)	Recristallisation de la magnétite par le passage de l'altération. Forme hypidiomorphe est plus grossière
Zone 3 : A-B-C	(HT) Ca-Fe	Horizon de magnétite massive, remplacement stratabound. Agrégat de magnétite finement grenue. Les analyses sont localisées en bordure du lit qui montre un assemblage K-Fe qui aurait pu changer la composition de la magnétite
Zone 4 : A-B-C	(HT) Ca-Fe	Horizon de magnétite massive, remplacement stratabound. Agrégat de magnétite finement grenue. Les analyses sont localisées en bordure du lit qui montre un faible remplacement potassique.

CQA-07-0480V	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) K-Fe	Magnétite pseudo-aciculaire. Aspect stratabound formant des lits massifs. Difficile d'associer la magnétite à une paragenèse en particulier. Les lits sont localisés entre les lits d'albite. La déformation et l'altération potassique (K-Ca-Fe et K-Fe) sont postérieures à sa formation.
Zone 2 : A-B-C-D	HT) Ca-K-Fe	Magnétite massive associée à l'altération Ca-K-Fe sous forme de veine. Cette paragenèse recoupe l'altération K-Fe. La magnétite formée est zonée avec des inclusions de scheelite dans le cœur du cristal.
Zone 3 : A-B-C	(HT) K-Fe	La magnétite A-B-C est associée à l'altération ayant formé les horizons de magnétite massive pseudo-aciculaire. Le fragment est localisé dans une partie plus bréchifiée, moins stratabound.
Zone 3 : D-E	(HT) K-Fe	Les grains D et E sont microcristallins et grenus et sont associés à l'altération K-Fe qui recoupe les horizons de magnétite et d'albite.
Zone 4 : A-B-C	(HT) K-Fe	La magnétite A-B-C est associée à l'altération ayant formé les horizons de magnétite massive pseudo-aciculaire. Le point A est prêt d'une veine de biotite mais la texture est inchangée.

CQA-07-480W3	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) K-Fe	Veine de biotite-magnétite-feldspath-K recoupant l'albite. Les veines forment un réseau se rejoignant aux poches formant une paragenèse identique. Forme irrégulière et grenue de la magnétite.
Zone 2 : A-B-C	(HT) K-Fe	Poche formée par l'altération K-Fe (Bt-Kfs-Mag). Les poches sont de formes irrégulières et suivent le litage sédimentaire. La formation des poches est contemporaine à celle des veines recoupant l'albite. Nombreuses inclusions au cœur des grains de magnétite, les bordures de grains ont été analysés car la magnétite est plus massive.
Zone 3 : A-B-C	(HT) Fe (?)	Magnétite associée à l'altération Na-Fe, antérieure aux veines et aux poches K-Fe (Bt-Kfs-Mag). Magnétite disséminée microcristalline de forme irrégulière, intergranulaire à l'albite.

CQA-07-480ZD1	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Magnétite massive avec sulfures de Co-Bi à proximité des points analysés. Le point D est situé dans une zone où les inclusions sont moins abondantes, dans la partie externe de la bordure de magnétite.
Zone 2 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Magnétite massive avec inclusions de pyrrhotite et reliques de baguettes d'actinote.
Zone 3 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Magnétite massive fracturée sans inclusion. Présence de trous sans sulfures.
Zone 3 : D-E-F	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Magnétite massive avec inclusions de pyrrhotite. Au pourtour de la magnétite massive de l'altération Ca-Fe.

CQA-07-480ZD3	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Remplacement en taches de formes irrégulières de magnétite-pyrrhotite associées à l'imprégnation Ca-Fe constituant la matrice de la brèche.
Zone 2 : A-B-C	(HT) K-Fe (Sulfures)	Veine de biotite avec magnétite idiomorphe à hypidiomorphe. Les grains sont au cœur de la veine. La différence de la chimie pourrait être expliquée par la présence d'une fracture à proximité de l'analyse B.
Zone 3 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Veine avec magnétite trouée qui recoupe la veine à biotite. Inclusions de pyrrhotite et chalcopryrite. Magnétite associée à l'assemblage pyrite-calcite et fluorite.

CQA-07-480Zi1	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Phénocristal de titanite recristallisé en magnétite-ilménite. Remplacement sélectif, la chalcopryrite est tardive.
Zone 2 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Grain de magnétite allotriomorphe entouré par la pyrrhotite. La pyrrhotite remplace progressivement la magnétite. Imprégnation en patchs de la magnétite.
Zone 3 : A-B-C	(HT) Ca-K-Fe (Sulfures)	Magnétite intercrystalline à l'actinote avec de la chalcopryrite intercrystalline. Nombreuses inclusions dans la magnétite. La magnétite est entourée de pyrrhotite.

11PUA-028C02	Altération	Description
Zone 1 : A-B-C	(HT) Fe?	Boudin de magnétite massive, démembré par le cisaillement à biotite. Le point C est en bordure du boudin.
Zone 2 : A-B-C	(HT) Fe?	Zone interne d'un lit de magnétite massive plissé. Le point C est possiblement une magnétite recristallisée.
Zone 3 : A-B-C	(HT) Fe?	Magnétite semi-massive entre deux zones de cisaillement. La magnétite est allotriomorphe, en agrégat.

VI.ii. La Southern Breccia

10CQA-1615I01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) K-Fe (U)	Magnétite grossière au centre de la zone de remplissage. Les inclusions sont surtout situées au cœur des grains.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) K-Fe (U)	Magnétite finement grenue avec de nombreuses inclusions. Zone en bordure de fragments albitisés étirés.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) K-Fe (U)	Magnétite allotriomorphe sans inclusion au cœur de la zone de cisaillement. Entouré de fragments d'albite démembrés et étirés.

10CQA-1623B01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Veine de magnétite massive recoupant l'albitite. La magnétite est hypidiomorphe dans une zone de fracture à biotite-magnétite dans l'albite.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Veine de magnétite massive recoupant l'albitite. Pas de biotite intergranulaire.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) K-Fe	Veine de magnétite massive recoupant l'albitite. Pas de biotite intergranulaire.

IX.iii. Les secteurs d'Apy-Mag, Duke et South Duke

09CQA-1082E01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite en bordure d'une pseudo-veine de cummingtonite. Recristallisation des bordures en hornblende. La pseudo-veine recoupe le métasédiment albitisé.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Amas de magnétite au cœur de la zone d'altération Ca-Fe. La magnétite est intergranulaire aux cristaux de quartz. Entouré de hornblende et de cummingtonite.
Zone 4 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite allotriomorphe disséminée près du front d'altération. Entourée de hornblende.

09CQA-1086B01	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite intergranulaire à la hornblende dans une imprégnation pervasive intense. Mince bordure d'hématisation.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite intergranulaire à la hornblende dans une imprégnation pervasive intense. Mince bordure d'hématisation.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Ca-Fe	Magnétite localisée en bordure d'une zone à cummingtonite qui commence progressivement à être remplacée par la hornblende. Mince bordure d'hématisation.

09CQA-1109B03-2	Altération	Description
Zone 1 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite de forme irrégulière, dans l'éponte d'augite. Assemblage de type skarn.
Zone 2 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite de forme irrégulière, dans l'éponte d'augite. Entouré de hornblende. Assemblage de type skarn.
Zone 3 (A-B-C)	(HT) Na-Ca-Fe	Magnétite de forme irrégulière, dans l'éponte d'augite. Entouré de hornblende et d'allanite. Assemblage de type skarn.

ANNEXE V : RÉSUMÉ DES PARAGENÈSES D'ALTÉRATION À MAGNÉTITE PAR SYSTÈME

	(HT) Na	(HT) Na-Ca-Fe	(HT) Ca-Fe	(HT) Fe	(HT) Ca-K-Fe	(HT) K-Fe	Skarn
Port Radium-Echo Bay	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plage généralisée, homogène et grenu 	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Front d'altération pénétratif irrégulier, sporadique et hétérogène, pseudo pegmatitique; - Plage généralisée sélective; - Stratoïde, irrégulier <p>Veine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recoupantes et simples, massive avec imprégnation des épontes, en peigne 	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plages pénétratives irrégulières <p>Veine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réseau parallèle, rubané discontinu, massive, homogène et équigranulaire; - Réseau de veinules 		<p>Veine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simple, massive avec imprégnation des épontes 	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plages pénétratives, sélectives, irrégulières; - Plage généralisée, homogènes 	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plages pénétratives, hétérogènes et irrégulières; - Plages sélectives
Grouard	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plage généralisée, homogène et grenu 	<p>Brèche</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chaotique avec imprégnation et dissolution des fragments 	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plages pénétratives ou généralisées, irrégulières; - Stratoïde pénétratif, irrégulier, anastomosé et hétérogène; - Sélectif sur phénocristaux, pseudomorphique <p>Veine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réseau anastomosé d'aspect bréchiq ue 			<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plage généralisée, irrégulière d'aspect bigarré 	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plage généralisée; - Plages pénétratives, hétérogène; - Stratoïde <p>Brèche</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fragments monogéniques altérés, mature

Terra	<p>Remplacement - Plage généralisée, homogène, textures primaires préservées; - Plages sporadiques, poches diffuses, irrégulières</p> <p>Brèche - Fragments altérés d'orientation aléatoire, supportés par la matrice</p>	<p>Remplacement - Plages sporadiques, irrégulière, pseudo-pegmatitique</p>	<p>Remplacement - Stratoïde, discontinue, hétérogène, irrégulière, laminée, pseudo-veine</p> <p>Veine - Réseau parallèle, discontinu, en couches; - Réseau anastomosé, massif; - Veine composite, pseudo-aciculaire, en éventail; - Stockwork</p>	<p>Veine - Réseau parallèle, massives; - Réseau anastomosé, massif</p> <p>Brèche - Fragments polygéniques altérés, supportés par la matrice</p>		<p>Veine - Réseau parallèle et anastomosé, imprégnation des épontes</p>	
Fab	<p>Remplacement - Plages pénétratives, pseudo-veines</p>	<p>Remplacement - Plages pénétratives, zonées, pseudo-pegmatitiques; - Plages pénétratives, sporadiques, irrégulières, halos de fractures; - Front d'altération pénétratif, homogène aux contacts diffus</p> <p>Veine - Simple rectiligne, réseau anastomosé, massive avec imprégnation des épontes, zonée</p>	<p>Remplacement - Plage généralisée, sélective sur la mésostase et/ou phénocristaux, homogène; - Front d'altération graduel au contact net, sélectif</p> <p>Veine - Composite, massive, polyphasée</p> <p>Brèche - Monogénique à fragments dissous, multiphasée</p>	<p>Veine - Simple rectiligne, sporadique, massive, zonée; - Réseau anastomosé, massive, zonée</p>	<p>Remplacement - Plages sporadiques, pénétratives, aspect bigarré</p> <p>Veine - Réseau parallèle, composite, imprégnation des épontes, aspect bigarré</p> <p>Brèche - Fractures bréchiques, stockwork</p>	<p>Remplacement - Plages sélectives, sporadiques, irrégulières; - Plage généralisée, pénétrative, texture préservée du précurseur; - Plages pénétratives, aspect bigarré</p>	

Ham			<p>Veine - Réseau anastomosé, massives, hétérogènes et irrégulières</p>	<p>Remplacement - Stratoïde, pénétratif, irrégulier; - Lentilles et boudins, massifs, homogène</p> <p>Veine - Massive évoluant vers un remplacement</p>	<p>Remplacement - Plage généralisée, sélective, régulière; - Plages pénétratives, sporadiques; - Amas sporadiques</p> <p>Veine - Simple, zonée, déformée, diffuse, hétérogène; - Simple, massive, imprégnation des épontes, zone de cisaillement</p>		
JLD			<p>Remplacement - Plage généralisée, sélective, lentilles</p>		<p>Remplacement - Stratoïde, hétérogène</p> <p>Veine - Réseau parallèle, massives, en couches, foliées, anastomosées</p>	<p>Remplacement - Plage généralisée, aspect bigarré</p>	<p>Remplacement - Plage généralisée et sélective, lentilles</p>
Sua-Dianne	<p>Remplacement - Plage généralisée, homogène</p>			<p>Remplacement - Stratoïde, sporadique, irrégulier, massif, homogène</p> <p>Veine - Simple, massive, irrégulière</p>		<p>Veine - Réseau parallèle, discontinu, massives; - Stockwork</p> <p>Brèche - Fragments altérés, supportés par la matrice, mature. Évolue en veines/stockwork</p>	

Cole	<p>Remplacement - Plage généralisée, hétérogène; - Front d'altération, halo de fracture; - Plages diffuses, pénétratives, pseudo-veines</p> <p>Veine - Réseau recoupant, massives</p>	<p>Remplacement - Stratoïde, sélectif, hétérogène; - Stratoïde, anastomosé, massif; - Plage généralisée, irrégulière, d'aspect bréchique, lentilles, poches, amas; - Stratoïde, sporadique, irrégulier, hétérogène; - Plage généralisée, hétérogène, textures préservées; - Plage généralisée, homogène</p> <p>Veine - Simple, massive, imprégnation des éponges; - Réseau parallèle, massive, hétérogène, imprégnation des éponges</p> <p>Brèche - Fragments polygéniques altérés/remplacés, supportés par la matrice</p>	<p>Remplacement - Stratoïde, sélectif, amas; - Stratoïde, sélectif, pseudo-veines, massif; - Plage généralisée, homogène, régulière, porphyroblastique; - Plage généralisée, hétérogène, aspect bigarré; - Front d'altération pénétratif, régulier, plages diffuses; - Plages pénétratives, irrégulières, interdigitées; - Stratoïde, discontinu, bandes, lentilles, boudins</p> <p>Veine - Simple, massive, contact net et irrégulier; - Simple, rectiligne, massive; - Stockwork, irrégulier; - Réseau recoupant, irrégulier; - Massive, pegmatitique</p> <p>Brèche - Fragments irréguliers dissous, supportés par la matrice, distribution aléatoire</p>	<p>Remplacement - Plage généralisée, régulière, homogène, lentilles; - Stratoïde, pénétratif, aspect bréchique, massif</p> <p>Veine - Réseau recoupant, anastomosé, massives; - Réseau anastomosés, contact diffus, lentilles</p>	<p>Remplacement - Plages pénétratives; - Plage généralisée, irrégulière; - Stratoïde, pénétratif, pseudo-veines discontinues, imprégnation des éponges</p> <p>Veine - Réseau parallèle, imprégnation des éponges; - Réseau anastomosé, aspect bréchique</p>	<p>Remplacement - Plages sporadiques irrégulières; - Plages pénétratives irrégulières, lentilles; - Plage généralisée, textures du précurseur préservées</p> <p>Brèche - Fragments altérés alignés, zone de cisaillement</p>	<p>Remplacement - Stratoïde évoluant en veines et brèches; - Plages pénétratives, régulières; - Plage généralisée, pseudo-pegmatitique</p>
-------------	---	---	--	---	---	--	---

Lou	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plage généralisée, régulière, hétérogène, préservation des textures antérieures 		<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lentilles, sporadiques - Plage généralisée, sélective, régulière/irrégulière, homogène/hétérogène, préservation des textures antérieures; - Stratoïde, sélectif, régulier/irrégulier, homogène/hétérogène, préservation des textures antérieures; - Stratoïde, pénétratif, irrégulier, anastomosé; - Front d'altération irrégulier, homogène <p>Veine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simple, massive, contact diffus; - Réseau parallèle, massive, imprégnation des épontes; - Réseau recoupant, massive, hétérogène 	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stratoïde, pseudo-veine, irrégulier, massif 	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plages diffuses, pénétratives, sélectives, amas <p>Veine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réseau recoupant, déformé, imprégnation des épontes, sélectif, bréchiq;ue; - Simple, massive, imprégnation des épontes; - Stockwork, imprégnation des épontes <p>Brèche</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fragments altérés, supportés par la matrice, hétérogène 	<p>Remplacement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plage généralisée, hétérogène, sélectif, préservation des textures antérieures; - Plages, sélectives, sporadiques, régulières/irrégulières, hétérogènes; - Stratoïde, pénétratif, irrégulier; - Pseudo-veine, pénétratif, anastomosé <p>Veine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réseau parallèle au litage, massive, imprégnation des épontes; - Stockwork, imprégnation des épontes <p>Brèche</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fragments altérés; - Fragments polygéniques altérés, dissolution 	
------------	--	--	---	--	---	---	--

Southern Breccia	<p>Remplacement - Plage généralisée, sélective, diffuse et marbrée, préservation des textures antérieures; - Plages pénétratives continues, sporadiques, anastomosées, destruction des textures du précurseur</p> <p>Veine -Réseau parallèle, massive, contact net</p>		<p>Remplacement - Plages pénétratives, massives, en entenoir; - Stratoïde, homogène, irrégulier</p>	<p>Remplacement - Plages sporadiques</p> <p>Veine - Réseau recoupant, massives</p>		<p>Remplacement - Stratoïde, pénétratif, micro-brèche; - Plages sélectives sur fragments de brèche; - Plages sporadiques, sélectives, irrégulières, filaments; - Front d'altération irrégulier, diffus; - Plages pénétratives, sporadiques, anastomosées; - Plage généralisée, préservation des textures antérieures</p> <p>Veine - Réseau anastomosé, imprégnation des épontes; - Réseau recoupant rectilignes, anastomosé, zoné</p> <p>Brèche - Fragments et matrice altérés, tectono-hydrothermale</p>	
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Apy-Mag, Duke et South Duke	Remplacement - Plages généralisée, homogène; - Plages sporadiques irrégulières	Remplacement - Stratoïde, sélectif, discontinu	Remplacement - Plage généralisée, homogène; - Stratoïde, pénétratif, anastomosé, irrégulier Veine - Simple, rectiligne, massive, hétérogène; - Réseau recoupant irrégulier; - Stockwork évoluant vers un remplacement	Remplacement - Stratoïde, hétérogène, régulier/irrégulier	Remplacement - Plages pénétratives, irrégulières, diffuses	Remplacement -Plages pénétratives sporadiques, tachetées; - Plages généralisée, sélective, homogène	Remplacement - Plage généralisée, sélective, homogène, régulière
------------------------------------	---	--	---	---	--	--	--