

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR

VÉRONIQUE LAFRANCE

B.Sc.

**CARACTÉRISATION DE L'ENVIRONNEMENT GÉOLOGIQUE DE LA MINE MARBRIDGE, ABITIBI,
QUÉBEC**

SEPTEMBRE 2015

RÉSUMÉ

Le secteur de la mine Marbridge se situe dans la moitié sud de la Sous-province de l'Abitibi, soit plus précisément à la base du Groupe de Malartic, dans un assemblage de roches volcaniques mafiques et ultramafiques. La mine Marbridge, associée à des komatiites, a été en exploitation de 1962 à 1968 et a été opérée, à cette époque par deux compagnies, soient Falconbridge Nickel Mines Ltd et Marchant Mining Company Ltd. Ils ont extrait au total, de 4 lentilles minéralisées, plus de 700 000 tonnes de minerai à 2,28 % Ni et 0,17 % Cu.

L'environnement géologique du secteur de la mine Marbridge peut être divisé en 3 blocs distincts. Les blocs SO et NE sont caractérisés par des assemblages de roches ultramafiques-mafiques d'affinité tholéitique. Le bloc central comprend des volcanites felsiques d'affinité calco-alkaline et un assemblage de roches volcaniques mafiques-ultramafiques d'affinité transitionnelle à calco-alkaline. On y retrouve également une unité volcanosédimentaire d'affinité transitionnelle à calco-alkaline. À l'intérieur de cette unité, une sous-unité fragmentaire, interprétée comme un tuf à lapillis et à blocs, a été identifiée. Ces assemblages sont parsemés et recoupés d'intrusions gabbroïques à tonalitiques sous forme de dykes.

Les blocs SO et NE présentent un degré de déformation moindre tandis que le bloc central correspond à une zone de déformation majeure qui se caractérise par des linéations d'étirement très fortement développées et qui plongent modérément vers l'est. Ce bloc présente les évidences de deux phases de déformation ductile (D_1 et D_2). La schistosité principale, S_p , est de direction générale NO-SE, mais est reprise par des plis P_2 . Un clivage de crénulation, S_2 , de plan axial est localement reconnu et sa direction est E-O. Le métamorphisme atteint le faciès des amphibolites.

La lentille minéralisée no 1, d'épaisseur métrique et de direction NO-SE est composée de pyrrhotite, de pentlandite, de pyrite et d'un peu de chalcopyrite. Elle est encaissée dans une unité basaltique et elle montre des relations angulaires avec la direction des fabriques S_p et des couches d'orientation N-S. Ces éléments soutiennent l'hypothèse d'une remobilisation tardi- à post- D_2 de la lentille no 1.

Les polarités observées et interprétées sur le terrain pour la séquence de la mine Marbridge permettent de proposer plusieurs scénarios dont deux qui ont des incidences sur la source du soufre pour la formation des lentilles minéralisées et donc du vecteur d'exploration. Dans l'hypothèse d'une séquence à polarité sud-ouest, l'unité volcanoclastique sédimentaire située au nord des lentilles minéralisées pourrait représenter la source du soufre. Mais dans l'hypothèse d'une séquence à polarité NE, l'unité de volcanites felsiques riches en pyrrhotite/pyrite pourrait alors agir comme source du soufre. Cette dernière interprétation est compatible avec les polarités observées et permettrait de soutenir l'hypothèse d'un enrichissement en sulfures associé à un système volcanogène de type SMV qui aurait par la suite été recouvert par une séquence volcanique komatiitique.

Mots clés : Marbridge, Sulfures de Ni-Cu magmatique, Komatiites, Abitibi, Faille Porcupine-Destor-Manneville

REMERCIEMENTS

J'aimerais tout d'abord remercier mon directeur de maîtrise, le professeur Réal Daigneault pour m'avoir fait confiance en me léguant ce projet et pour le nombre de fois qu'il m'a remonté le moral suite à une baisse de motivation soudaine. Mon co-directeur, Philippe Pagé, qui était toujours disponible lorsque j'en avais besoin.

Aussi, je voudrais dire merci aux membres du Bureau de la connaissance géoscientifique du Québec (BCGQ) au Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, en particulier à M. Pierre Pilote pour avoir accepté que je me joigne à lui l'instant de deux campagnes de terrain, et surtout pour tous les précieux conseils et astuces qu'il a partagés avec moi et qui m'aideront dans ma carrière. Je remercie également M. Pierre Lacoste, pour l'aide avec mes lames minces ainsi que pour son côté humoristique durant les étés sur le terrain, ça allégeait la tâche de ce projet.

Je voudrais aussi remercier l'équipe de Royal Nickel Corp. pour m'avoir permis d'accéder à leur propriété et à leurs différentes données acquises sur le terrain, comme les carottes de forage.

Plus personnellement, j'aimerais remercier mes parents et amis, en particulier Pierre Bedeaux qui a été présent peu importe mes émotions, été comme hiver, ainsi que mon conjoint, Jonathan Beaumont pour sa très grande patience envers mes multiples tâches et sautes d'humeur durant ces années de maîtrise.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	II
REMERCIEMENTS	III
TABLE DES MATIÈRES	IV
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
CHAPITRE 1 MISE EN CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	1
1.1 INTRODUCTION	1
1.2 PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE	2
1.2.1 <i>Formation des gisements de sulfure de nickel associés aux komatiites</i>	3
1.2.1.1 Saturation en soufre.....	3
1.2.2 <i>Gisements de type Kambalda</i>	4
1.2.3 <i>Les komatiites</i>	7
1.3 GISEMENTS DE SULFURES DE NICKEL EN TERRAIN DÉFORMÉ	11
1.3.1 <i>Déformation et métamorphisme</i>	11
1.3.3 <i>Remobilisation des sulfures</i>	14
1.4 PROBLÉMATIQUE SPÉCIFIQUE	17
1.5 OBJECTIFS	22
1.6 MÉTHODOLOGIE	23
1.6.1 <i>Phase de terrain</i>	23
1.6.1.1 Cartographie sectorielle et détaillée	23
1.6.1.2 Prise de mesures	24
1.6.1.3 Échantillonnage.....	24
1.6.2 <i>Phase de laboratoire</i>	25
1.6.2.1 Préparation des échantillons.....	25
1.6.2.2 Analyses pétrographiques et géochimiques.....	25
1.6.2.3 Numérisation	26
1.7 GÉOLOGIE RÉGIONALE	27
1.7.1 <i>Zone Volcanique Sud</i>	28
1.8 GÉOLOGIE LOCALE	29
CHAPITRE 2 CARACTÉRISATION DES UNITÉS LITHOLOGIQUES.....	31
2.1 INTRODUCTION	31
2.2 DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE ET LITHOGÉOCHIMIQUE	34
2.2.1 <i>Unités Ultramafiques</i>	34
2.2.2 <i>Unités Mafiques</i>	41
2.2.3 <i>Unité Felsique</i>	47
2.2.4 <i>Unité Volcanosédimentaire</i>	52
2.2.5 <i>Intrusions</i>	58

2.2.6 Sommaire des descriptions.....	65
2.3 ORGANISATION DES UNITÉS LITHOLOGIQUES.....	65
2.3.1 Assemblage Ultramafique-Mafique des blocs SO et NE.....	66
2.3.2 Assemblage Mafique-Ultramafique-Felsique du bloc central.....	66
CHAPITRE 3 GÉOLOGIE STRUCTURALE ET MÉTAMORPHISME.....	68
3.1 INTRODUCTION.....	68
3.2 DESCRIPTION DES FABRIQUES.....	68
3.2.1 Schistosité principale ($S_p = S_1$).....	68
3.2.2 Linéation d'étirement L_e	74
3.2.3 Clivage de crénulation S_2	77
3.3 PLISSEMENT.....	80
3.3.1 Plis P_1	80
3.3.1.1 Affleurement 272 : Komatiite plissée.....	81
3.3.2 Plis P_2	82
3.3.2.1 Affleurement 298 : Lave coussinée plissée.....	82
3.4 SYNTHÈSE DE LA DÉFORMATION.....	85
3.5 MÉTAMORPHISME.....	86
CHAPITRE 4 LENTILLE MINÉRALISÉE NO. 1.....	88
4.1 DESCRIPTION.....	88
CHAPITRE 5 SYNTHÈSE ET DISCUSSION.....	93
5.1 SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS.....	93
5.1.1 Contexte local.....	93
5.1.2 Déformation.....	94
5.2 DISCUSSION SUR LE PLISSEMENT.....	95
5.2.1 Séquence homoclinale vers le NE.....	96
5.2.2 Séquence homoclinale vers le SO.....	97
5.2.3 Séquence plissée.....	98
5.2.4 Grand pli P_1	99
5.3 MINÉRALISATION.....	101
5.4 MODÈLE DE FORMATION DU GISEMENT.....	103
CHAPITRE 6 CONCLUSIONS.....	107
RÉFÉRENCES.....	110
ANNEXES.....	116
ANNEXE 1 LOCALISATION DES STATIONS.....	117
ANNEXE 2 CARACTÉRISTIQUES PÉTROGRAPHIQUES.....	122
ANNEXE 3 ANALYSES LITHOGÉOCHIMIQUES.....	126
ANNEXE 4 LISTE DES ÉCHANTILLONS.....	137

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: SCHÉMAS MONTRANT LA MISE EN PLACE DES GISEMENTS ASSOCIÉS AUX COULÉES KOMATIITIQUES ET L'ASSIMILATION DES UNITÉS SÉDIMENTAIRES	5
FIGURE 2: CARTE ILLUSTRANT LA GÉOLOGIE ET LA DISTRIBUTION DES GÎTES DE SULFURES DE NI ASSOCIÉS À DES KOMATIITES DANS LE SECTEUR DU CAMP MINIER DE KAMBALDA, DANS L'OUEST DE L'Australie.....	6
FIGURE 3: CRISTAUX ACICULAIRES D'OLIVINES CARACTÉRISTIQUES DE LA TEXTURE SPINIFEX ET MARQUEUR DE LA PARTIE SOMMITALE D'UNE COULÉE KOMATIITIQUE, SPINIFEX RIDGE, ABITIBI, QC.....	8
FIGURE 4: COUPE SCHÉMATIQUE IDÉALISÉE D'UNE COULÉE KOMATIITIQUE TYPIQUE	9
FIGURE 5: SCHÉMA DE LA MORPHOLOGIE D'UNE COULÉE DE KOMATIITE.....	10
FIGURE 6: MODÈLE SCHÉMATIQUE DE LA DÉFORMATION DU GISEMENT HARMONY	12
FIGURE 7: PHOTOS MONTRANT L'EFFET DU MÉTAMORPHISME ET DE LA DÉFORMATION SUR UN BASALTE COUSSINÉ, SECTEUR MARBRIDGE.....	13
FIGURE 8: SCHÉMAS MONTRANT L'ÉVOLUTION DE LA REMOBILISATION DES SULFURES PAR LA FUSION PARTIELLE DANS UN SYSTÈME PYRRHOTITE (PO), SPHALÉRITE (SPH), GALÈNE (GN)	16
FIGURE 9: CARTE RÉGIONALE DE LA PARTIE NORD-OUEST DU LAC MALARTIC.....	19
FIGURE 10: CARTE GÉOLOGIQUE DU SECTEUR MARBRIDGE MONTRANT LES POSITIONS OCCUPÉES PAR LES DIFFÉRENTES LENTILLES MINÉRALISÉES.....	21
FIGURE 11: CARTE GÉOLOGIQUE DU SECTEUR DE LA MINE MARBRIDGE, ABITIBI.....	32
FIGURE 12: PHOTOS DE ROCHES ULTRAMAFIQUES PRISES DANS LE SECTEUR MARBRIDGE.. ..	36
FIGURE 13: MICROPHOTOGRAPHIES D'ÉCHANTILLONS DE ROCHES ULTRAMAFIQUES MONTRANT LA MINÉRALOGIE DANS CETTE UNITÉ.....	37
FIGURE 14: DIAGRAMMES MONTRANT LA LITHOGÉOCHIMIE DES UNITÉS ULTRAMAFIQUES SUR LE SECTEUR MARBRIDGE	40
FIGURE 15: PHOTOS DE ROCHES MAFIQUES PRISES SUR LE SECTEUR MARBRIDGE.....	42
FIGURE 16: MICROPHOTOGRAPHIES DE ROCHES MAFIQUES MONTRANT LA MINÉRALOGIE DANS CETTE UNITÉ.....	44
FIGURE 17: CARTE GÉOLOGIQUE DU SECTEUR MARBRIDGE MONTRANT, EN VERT, LES UNITÉS MAFIQUES	45
FIGURE 18: DIAGRAMMES MONTRANT LA LITHOGÉOCHIMIE DES UNITÉS MAFIQUES SUR LE SECTEUR MARBRIDGE.	46
FIGURE 19: PHOTOS DE ROCHES FELSIQUES PRISES SUR LE SECTEUR MARBRIDGE.....	48
FIGURE 20: MICROPHOTOGRAPHIES DE ROCHES FELSIQUES MONTRANT LA MINÉRALOGIE DANS CETTE UNITÉ	50
FIGURE 21: DIAGRAMMES MONTRANT LA LITHOGÉOCHIMIE DE L'UNITÉ FELSIQUE SUR LE SECTEUR MARBRIDGE.	51
FIGURE 22: PHOTOS DE L'UNITÉ VOLCANOSÉDIMENTAIRE PRISES SUR LE SECTEUR MARBRIDGE.....	53
FIGURE 23: MICROPHOTOGRAPHIES DES SCHISTES À BIOTITE ET HORNBLÈNDE.. ..	55
FIGURE 24: DIAGRAMMES MONTRANT LA LITHOGÉOCHIMIE DES SCHISTES À BIOTITE ET HORNBLÈNDE SUR LE SECTEUR MARBRIDGE	57
FIGURE 25: PHOTO MONTRANT UNE INTRUSION GABBROÏQUE SCHISTEUSE.	58
FIGURE 26: PHOTOS DES DIFFÉRENTS DYKES OBSERVÉS SUR LE SECTEUR DE LA MINE MARBRIDGE.. ..	60
FIGURE 27: MICROPHOTOGRAPHIES DES DIFFÉRENTS TYPES D'INTRUSIONS.....	62
FIGURE 28: DIAGRAMMES MONTRANT LA LITHOGÉOCHIMIE DES INTRUSIONS.. ..	64
FIGURE 29: CARTE SCHÉMATISÉE DU SECTEUR MARBRIDGE PRÉSENTANT LES ASSEMBLAGES LITHOLOGIQUES D'APRÈS LEUR AFFINITÉ GÉOCHIMIQUE.	66
FIGURE 30: APPARENCE DE LA SCHISTOSITÉ $Sp-S_1$ SUR LE TERRAIN.. ..	70
FIGURE 31: CARTE DES TRAJECTOIRES DE LA SCHISTOSITÉ PRINCIPALE.	72
FIGURE 32: DISTRIBUTION DES MESURES DE LA SCHISTOSITÉ PRINCIPALE.....	73

FIGURE 33: MICROPHOTOGRAPHIE DE LA SCHISTOSITÉ PRINCIPALE (S_1).	74
FIGURE 34: PHOTO MONTRANT L'INTENSITÉ DE LA LINÉATION D'ÉTIREMENT SUR LE SECTEUR DE LA MINE MARBRIDGE.	75
FIGURE 35: DISTRIBUTION DES MESURES DE LINÉATION D'ÉTIREMENT.....	76
FIGURE 36: MICROPHOTOGRAPHIES DE LA LINÉATION D'ÉTIREMENT.	77
FIGURE 37: A) ET B) CLIVAGE DE CRÉNULATION S_2 OBSERVÉ EN AFFLEUREMENT.	78
FIGURE 38: DISTRIBUTION DES MESURES DU CLIVAGE DE CRÉNULATION S_2	79
FIGURE 39: MICROPHOTOGRAPHIES DU CLIVAGE DE CRÉNULATION, S_2	80
FIGURE 40: AFFLEUREMENT 272 MONTRANT DES COULÉES KOMATIITIQUES PLISSÉES PAR UN PLI DE PREMIÈRE GÉNÉRATION	82
FIGURE 41: CARTOGRAPHIE DE L'AFFLEUREMENT 298 MONTRANT DES BASALTES COUSSINÉS PLISSÉS.....	84
FIGURE 42: PHOTOS MONTRANT L'EFFET DU MÉTAMORPHISME ET DE LA DÉFORMATION SUR UN BASALTE COUSSINÉ.....	86
FIGURE 43: CARTE GÉOLOGIQUE ET PHOTOS DE LA LENTILLE NO.1 DE LA MINE MARBRIDGE.....	90
FIGURE 44: SECTIONS DES ZONES MINÉRALISÉES À LA MINE MARBRIDGE, LE REGARD EST VERS L'OUEST.	91
FIGURE 45: MICROPHOTOGRAPHIES DE LA LENTILLE MINÉRALISÉE NO.1.	92
FIGURE 46: CARTOGRAPHIE STRUCTURALE DU SECTEUR DE LA MINE MARBRIDGE	99
FIGURE 47: CARTE GÉOLOGIQUE DU SECTEUR MARBRIDGE MONTRANT LA TRACE D'UN POSSIBLE PLAN AXIAL D'UN GRAND PLI P_1	100
FIGURE 48: SCHÉMA DU MODÈLE DE LA REMOBILISATION DE LA LENTILLE DE SULFURE MASSIF NO. 1.	102
FIGURE 49: MODÈLE PROPOSÉ POUR LA FORMATION DU GISEMENT DU SECTEUR DE LA MINE MARBRIDGE EN TENANT COMPTE D'UNE POLARITÉ VERS LE NE.....	104
FIGURE 50: MODÈLE PROPOSÉ POUR LA FORMATION DU GISEMENT DU SECTEUR DE LA MINE MARBRIDGE EN TENANT COMPTE D'UNE POLARITÉ VERS LE SO.....	106

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: SYNTHÈSE DES CARACTÉRISTIQUES PÉTROGRAPHIQUES DES DIFFÉRENTES LITHOLOGIES.	33
TABLEAU 2: SYNTHÈSE DES CARACTÉRISTIQUES TEXTURALES MESURÉES SUR LE TERRAIN.....	34

CHAPITRE 1

MISE EN CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

1.1 INTRODUCTION

Ce projet de maîtrise a été réalisé en partenariat avec le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN) et le Centre d'études sur les ressources minérales de l'UQAC (CERM). De plus, la compagnie Royal Nickel Corp. a participé au projet en permettant l'accès à leur propriété et en fournissant les données disponibles sur le secteur de la mine Marbridge. Cette étude porte sur la caractérisation structurale, métamorphique et lithologique de l'environnement géologique des lentilles minéralisées du gisement Marbridge, et plus particulièrement de la zone 1.

Ce présent chapitre met en contexte la mise en place des gisements de nickel associés aux komatiites ainsi que les caractéristiques particulières de ce type de gîte. Ensuite, il est question des modifications que peuvent subir les lentilles minéralisées en sulfures face au métamorphisme et à la déformation régionale. Finalement, la problématique qui découle de ce projet, les objectifs et la méthodologie employée lors des travaux, tant sur le terrain qu'en laboratoire, sont présentés. Le deuxième chapitre présente une description complète, tant sur les aspects pétrographiques que lithogéochimiques, des unités géologiques présentes dans le secteur de la mine Marbridge. Les éléments structuraux sont décrits au

troisième chapitre, comme par exemple les différentes fabriques observées sur le terrain. Les assemblages minéralogiques résultant de l'altération hydrothermale et du métamorphisme sont, quant à eux, décrits au quatrième chapitre. Le chapitre cinq expose la synthèse ainsi que l'interprétation des données et finalement, la conclusion constitue le sixième et dernier chapitre de ce mémoire.

1.2 PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

Les gisements de nickel associés aux komatiites ont longtemps été étudiés et le sont encore aujourd'hui. Les modèles de formation de ce type de gisement, qui sont essentiellement d'âge archéen, sont généralement bien connus avec comme référence les gisements de la région de Kambalda, en Australie (Gresham et Loftus-Hills, 1981; Marston et al., 1981; Leshner et al., 1984; Barnes et al., 1995). En contexte déformé et métamorphisé, ces gisements et leur environnement peuvent subir des transformations importantes, conduisant même jusqu'à une remobilisation significative des lentilles de sulfures (Collins et al., 2012). Il est pertinent d'étudier des gisements déformés et métamorphisés afin de mieux comprendre les effets et les implications d'une possible remobilisation et de définir les méthodes d'exploration les plus appropriées.

La section qui suit discutera des caractéristiques primaires et de la formation des gisements de nickel associés aux komatiites et, particulièrement, des gisements de type Kambalda. Une section portera également sur les caractéristiques primaires des komatiites, lesquelles constituent les roches encaissantes, ainsi que la source de la minéralisation de ces gisements. Même en contexte déformé, ces caractéristiques peuvent servir à établir le cadre

stratigraphique local et faciliter la recherche de vecteurs minéralisés. Le secteur de la mine Marbridge en Abitibi est un bon exemple de gisement nickélifère situé dans un environnement déformé et métamorphisé au faciès des amphibolites.

1.2.1 FORMATION DES GISEMENTS DE SULFURE DE NICKEL ASSOCIÉS AUX KOMATIITES

Les gisements de nickel associés aux roches komatiitiques sont une importante source de ce métal et, comme produits secondaires, de cuivre et d'éléments du groupe du platine (ÉGP). Selon Mercier-Langevin et al. (2012), 30 % du nickel est associé à des gîtes sulfurés, les 70 % restant sont extraits de gîtes latéritiques. De plus, selon Hronsky et Schodde (2007), le nickel provenant des gisements associés aux komatiites représente près de 18% des réserves mondiales. Afin de permettre la formation d'un gisement de sulfure de nickel associé aux komatiites, il est primordial que la lave augmente son contenu en soufre, ceci assure la précipitation de sulfure de nickel, qu'on observe généralement en une lentille de minéralisation massive à la base de la coulée, type I, ou de façon disséminée, type II (Barnes et Fiorentini, 2012).

1.2.1.1 Saturation en soufre

Il est essentiel d'avoir une saturation précoce en sulfure pour former un gisement de sulfures de nickel. Le manteau contient naturellement entre 200 et 300 ppm de soufre (McDonough et Sun, 1995). Les komatiites, étant issues de 30 à 50% de fusion partielle du manteau selon Arndt et Lesher (2004), peuvent donc contenir jusqu'à 600 ppm de soufre, ce qui n'est pas encore assez pour saturer le magma en sulfures. Selon Shima et Naldrett

(1975) et Barnes (2007), la saturation en sulfure du magma nécessite une concentration de plus de 1600 ppm de soufre et pouvant même aller jusqu'à 3000 ppm selon les conditions de pression et de température ambiantes. De plus, c'est au fur et à mesure que la cristallisation fractionnée se produit que le magma peut naturellement augmenter son contenu en soufre, puisque ce dernier est un élément incompatible (Barnes, 2007). L'incompatibilité signifie que l'élément ne s'intègre pas facilement dans le réseau cristallin de certains minéraux, comme c'est le cas du soufre dans l'olivine. Pour cette raison, si le magma contient une certaine quantité de soufre au départ, celle-ci augmentera avec la cristallisation de l'olivine, puisque le soufre restera confiné au magma. D'un autre côté, le nickel est un élément compatible, c'est-à-dire qu'il s'intègre facilement dans le réseau de l'olivine. C'est pourquoi, il est primordial que la saturation en sulfure soit précoce, sans quoi la cristallisation de l'olivine captera le nickel présent dans le magma et aucun gisement ne pourra donc être formé, outre des sulfures de fer comme la pyrrhotite. La présence et l'assimilation d'une unité riche en soufre permettra au magma d'atteindre la saturation en sulfures de nickel de façon très précoce.

1.2.2 GISEMENTS DE TYPE KAMBALDA

Les gisements de type Kambalda, situés dans l'ouest de l'Australie, sont associés aux komatiites et se forment de la même façon que tous les autres gisements de sulfures de nickel associés aux roches komatiitiques. La mise en place de ce type de gisement se fait principalement à la base de la coulée komatiitique, dans des dépressions préexistantes ou formées par la fusion de la roche au plancher des coulées ultramafiques (Lesher et al.,

1984; Huppert et Sparks, 1985). La raison pour laquelle les lentilles minéralisées en sulfure s'observent à la base des coulées est une conséquence de la différence de densité entre le liquide sulfuré, plus dense, et le liquide silicaté, moins dense. Le liquide sulfuré aura donc tendance à s'enfoncer vers la base. Il est aussi possible d'observer des gisements de sulfures disséminés à l'intérieur des coulées. Le schéma de la figure 1 (Barnes et al., 2013) illustre le processus de contamination en soufre d'un magma komatiitique par l'assimilation des unités sédimentaires au plancher de la coulée, ce qu'on nomme l'érosion thermomécanique.

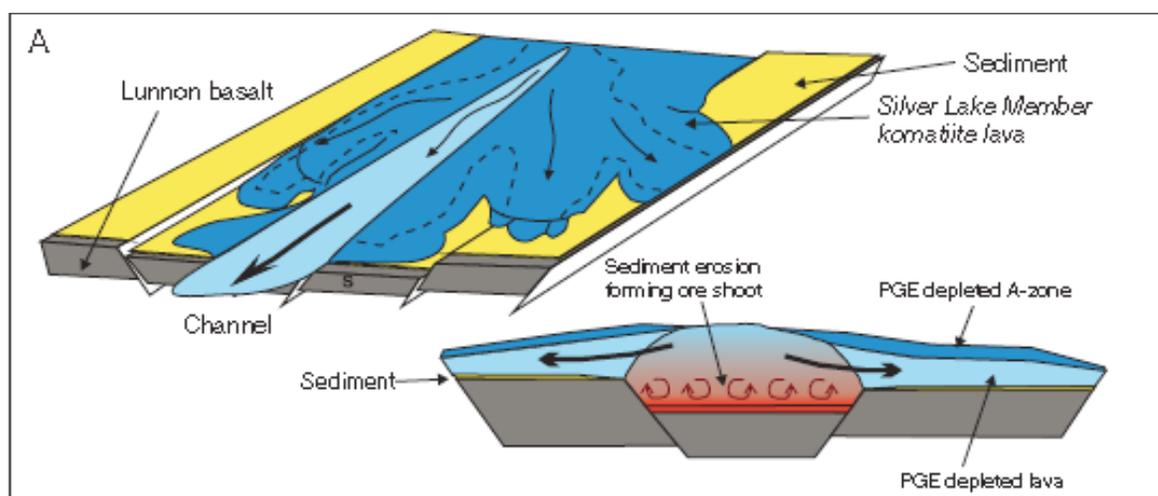


Figure 1: Schémas montrant la mise en place des gisements associés aux coulées komatiitiques et l'assimilation des unités sédimentaires. A) Éruption komatiitique et contamination en soufre par assimilation des sédiments. (Modifié de Barnes et al., 2013)

Des exemples typiques de gisements de nickel associés aux komatiites s'observent dans le camp minier de Kambalda où les lentilles se trouvent essentiellement à la base des coulées komatiitiques. Ce camp minier contient plus de 18 gisements avec une teneur moyenne de 3,15% Ni (Gresham et Loftus-Hills, 1981). La très grande majorité des gîtes, soit 99%, est associée à ce qu'on appelle la séquence de Kambalda (Fig. 2).

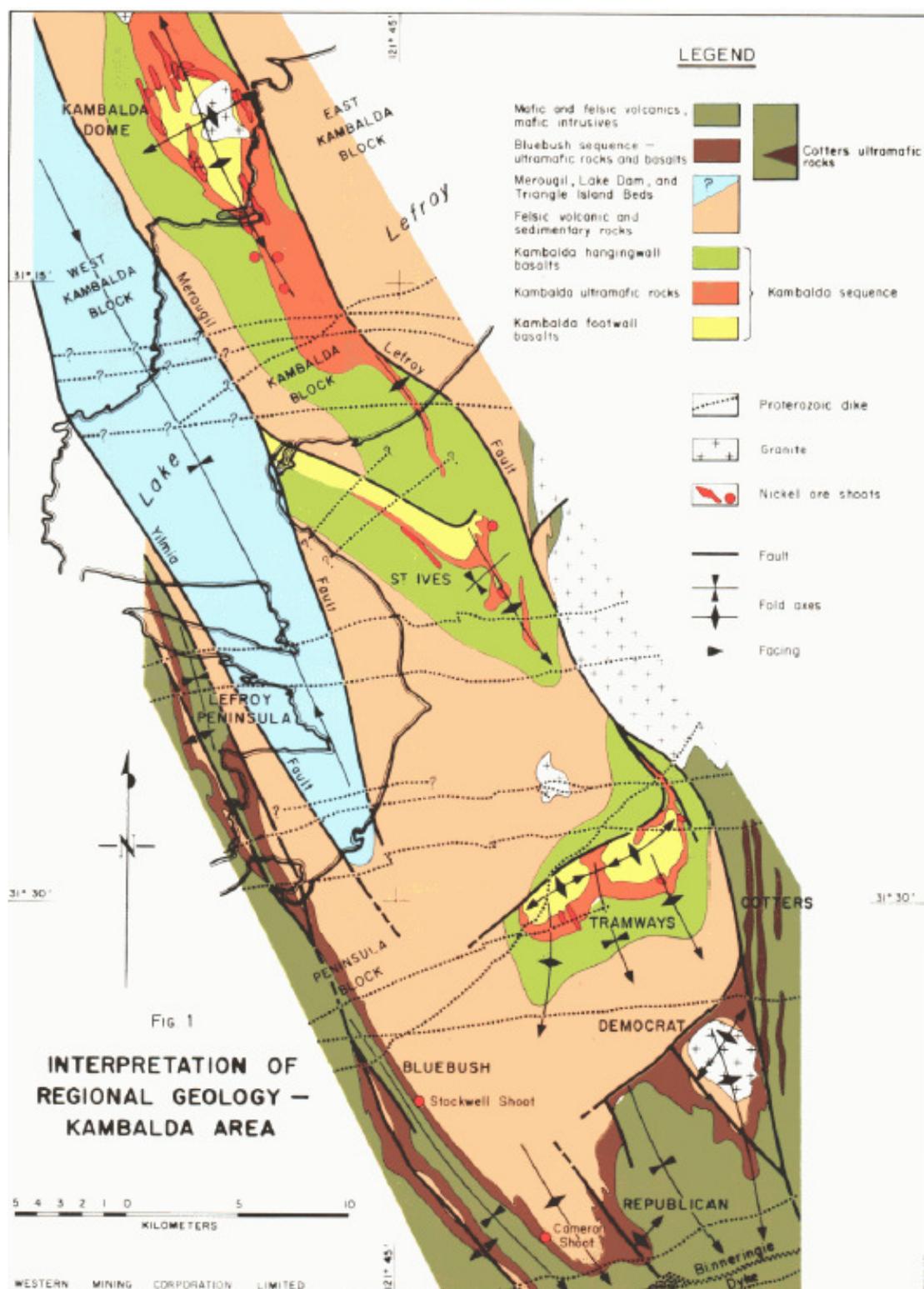


Figure 2: Carte illustrant la géologie et la distribution des gîtes de sulfures de Ni associés à des komatiites dans le secteur du camp minier de Kambalda, dans l'ouest de l'Australie (Gresham et Loftus-Hill, 1981).

Cette séquence lithologique se compose, de la base vers le sommet, de roches volcano-sédimentaires, de roches ultramafiques et de basaltes (Gresham et Loftus-Hills, 1981). Il est intéressant de mentionner que l'on compare communément les différents gisements de nickel associés aux komatiites avec ceux de la région de Kambalda, ce qui a popularisé dans la littérature l'expression « gisement de type Kambalda » (Barley et Groves, 1992).

1.2.3 LES KOMATIITES

Comme les komatiites sont les encaissants typiques des gisements de Ni de type Kambalda et qu'elles sont omniprésentes dans le secteur de la mine Marbridge, il importe de les décrire plus en détail.

Les komatiites sont des roches ultramafiques volcaniques à sub-volcaniques typiquement archéennes, exception faite de celles de l'île de Gorgona qui sont d'âge mésozoïque. Les komatiites se retrouvent au sein des cratons archéens, comme par exemple le bloc Yilgarn, dans l'ouest de l'Australie et le craton du Supérieur au Québec et en Ontario. Il s'agit de roches contenant un pourcentage poids en MgO supérieur à 18% (Arndt et Lesher, 2004; Arndt et al., 2008). D'autres roches volcaniques peuvent également contenir un pourcentage relativement élevé en oxyde de magnésium, telle les picrites par exemple, qui contiennent des phénocristaux d'olivine transportés par le magma. Cependant, les komatiites se distinguent par leur texture spinifex, communément présente dans la partie sommitale d'une coulée (Arndt et Lesher, 2004). La texture spinifex (Fig. 3) est marquée par des cristaux squelettiques d'olivine (Faure et al., 2006) et parfois de pyroxène.



Figure 3: Cristaux aciculaires d'olivines caractéristiques de la texture spinifex et marqueur de la partie sommitale d'une coulée komatiitique, Spinifex Ridge, Abitibi, Qc.

Les coulées de komatiites peuvent être divisées en deux parties (Fig. 4), soit la zone A, qui représente la partie de la coulée qui a refroidi rapidement, et la zone B, qui représente la partie de la coulée qui a refroidi plus lentement permettant la cristallisation et l'accumulation des olivines, des chromites et des pyroxènes (Pyke et al., 1973; Champagne et al., 2002; Champagne, 2004). De plus, ces coulées ont aussi une morphologie assez caractéristique, soit dendritique, qui peut ressembler à un système fluvial (Fig. 5).

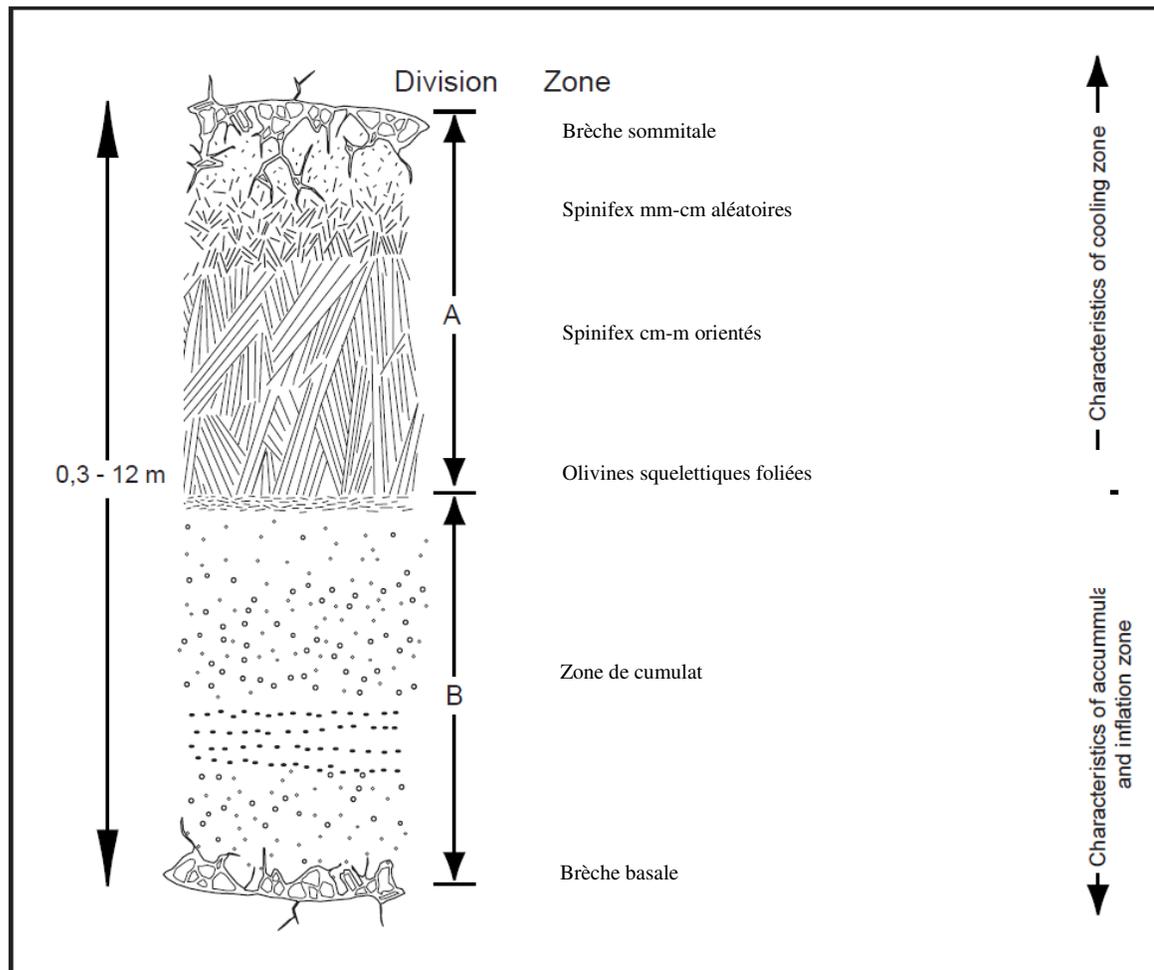


Figure 4: Coupe schématique idéalisée d'une coulée komatiitique typique (modifié de Pyke et al., 1973; Champagne et al., 2002; Champagne, 2004).

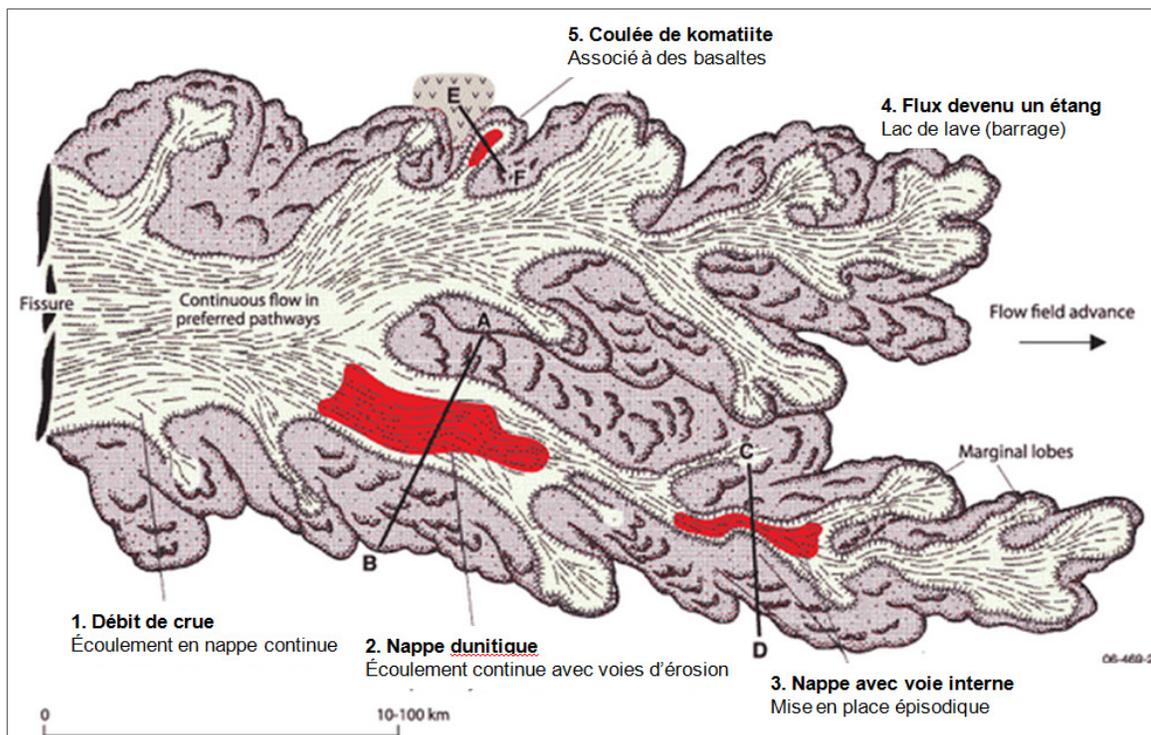


Figure 5: Schéma de la morphologie d'une coulée de komatiite. En rouge ce sont des lentilles minéralisées observées dans le camp minier de Kambalda en Australie. Modifié de Hoatson et al. (2006) et de Dowling et Hill (1998).

Les komatiites, issues d'un taux de fusion du manteau très élevé (30 à 50% selon Arndt et Leshar, 2004), se forment à haute température et possède une composition ultrabasique, ce qui leur confère une viscosité très faible (Huppert et Sparks, 1985). De plus, les minéraux ferromagnésiens sont les plus denses et comme ils se forment en premier selon la suite de Bowen, c'est-à-dire à haute température (Bowen, 1922), les roches komatiitiques sont majoritairement composées d'olivine (\pm chromite) et de pyroxène (Huppert et Sparks, 1985). Il faut noter aussi que les komatiites ont une grande capacité à assimiler les roches de leur plancher, c'est-à-dire à éroder thermomécaniquement ou mettre en fusion la roche hôte sur laquelle elles s'écoulent (Huppert et Sparks, 1985). Sans oublier que cette fusion peut se produire aussi le long du conduit amenant les magmas komatiitiques vers la surface.

1.3 GISEMENTS DE SULFURES DE NICKEL EN TERRAIN DÉFORMÉ

Dans la section suivante, les effets de la déformation et du métamorphisme sur les lentilles minéralisées en sulfures de nickel et leurs encaissants seront présentés.

1.3.1 DÉFORMATION ET MÉTAMORPHISME

Il est certain que la déformation occasionne une modification de la géométrie des corps minéralisés, c'est pourquoi il est essentiel d'étudier les impacts de la déformation sur les lentilles de sulfures massifs. La figure 6 montre un bon exemple des modifications géométriques de la minéralisation du gisement Harmony, dans l'ouest de l'Australie (Duuring et al., 2007). À la figure 6a, on observe, en réponse au raccourcissement est-ouest (E-O), que la séquence stratigraphique, le gisement ainsi que la schistosité sont déformés. En effet, ils ont été plissés et cet événement a généré une nouvelle fabrique de plan axial orientée nord-nord-ouest (NNO). Déjà à ce stade, les sulfures massifs tendent à se concentrer dans les charnières de plis et les lentilles minéralisées se boudinent sur les flancs. La déformation se poursuit avec le développement d'un cisaillement senestre normal le long des flancs du pli. La déformation résulte donc en un épaissement de l'horizon de komatiite dans les charnières de plis et par une remobilisation des lentilles de sulfures massifs, non seulement dans les charnières, mais aussi à l'intérieur des zones de cisaillement en formation (Fig. 6b). La déformation des unités et de la minéralisation se poursuivant (Fig. 6c), cela provoque un amincissement des portions minéralisées associées à la komatiite, autant en surface qu'en profondeur. Finalement, la figure 6d illustre, en plan,

la géologie de la région centrale du gisement Harmony, et ce à 70 m sous la surface actuelle. Elle montre la remobilisation des sulfures massifs qui sont maintenant situés le long du contact stratigraphique entre les schistes volcano-sédimentaires et la komatiite (Duuring et al., 2007).

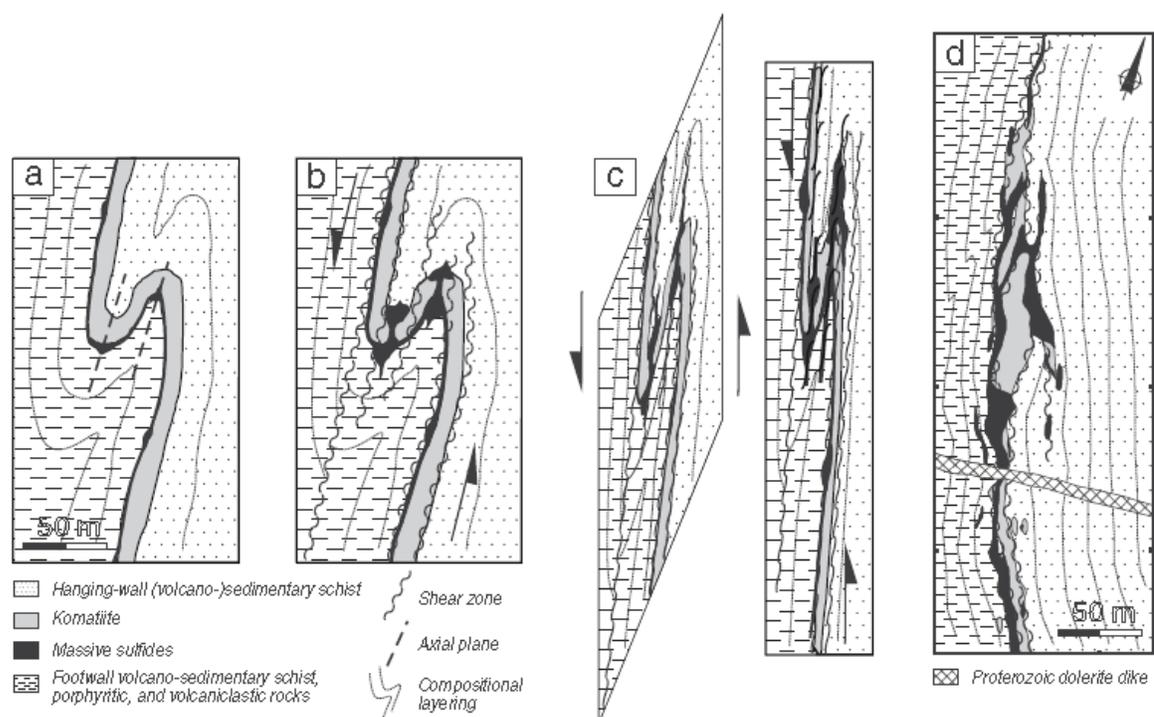


Figure 6: Modèle schématique de la déformation du gisement Harmony illustrant le développement des différentes fabriques en réponse à la déformation est-ouest, montré en section pour (a), (b), (c) et en plan pour (d). (Duuring et al., 2007).

Pour ce qui est des effets du métamorphisme, ils sont variés et dépendent non seulement de l'intensité et de la durée de l'événement, mais aussi de la nature des roches impliquées dans les processus. En fonction du grade métamorphique régional et des lithologies présentes, les paragenèses primaires peuvent être transformées partiellement ou complètement, il peut y avoir présence de minéraux néoformés et même disparition d'éléments structuraux primaires et des textures magmatiques et sédimentaires. Comme les

roches préalablement hydratées sont plus sensibles au métamorphisme et à la déformation (Winter, 2001), les basaltes, par exemple, ayant subi une altération précoce seront plus sensibles aux effets du métamorphisme. Les différents événements d'altération et de métamorphisme peuvent compliquer la description et l'identification des unités présentes. Par exemple un basalte coussiné peut ressembler à une amphibolite rubanée suite au métamorphisme et à la déformation (Fig. 7).

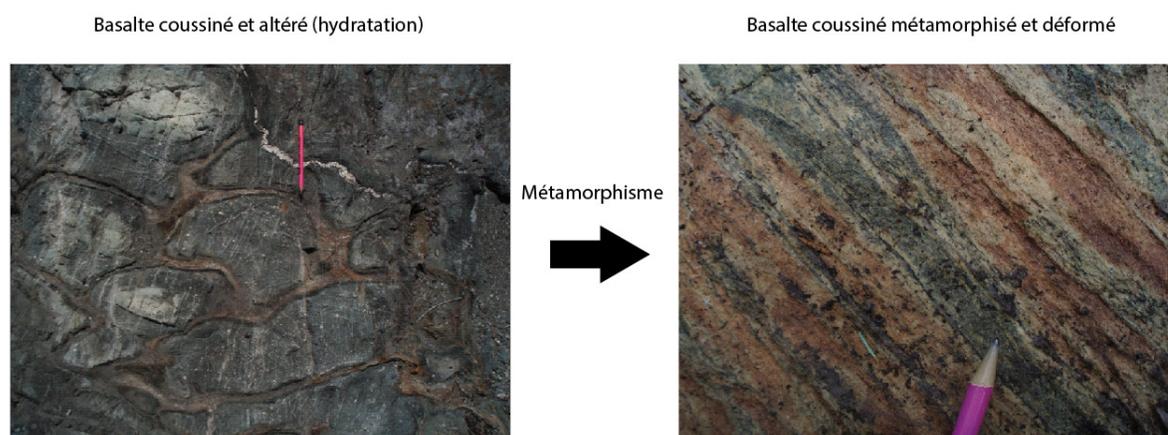
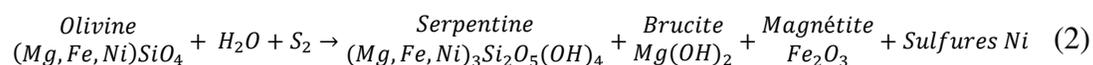


Figure 7: Photos montrant l'effet du métamorphisme et de la déformation sur un basalte coussiné, secteur Marbridge.

Les sulfures vont également enregistrer les effets du métamorphisme et de la déformation. Tout d'abord, les principaux sulfures dans un gisement de nickel non déformé et non métamorphosé sont la pyrrhotite et la pentlandite. La transformation de certains sulfures se fait par recristallisation en grains plus grossiers. Certaines réactions métamorphiques vont même entraîner des modifications de la paragenèse. Lorsque la pentlandite s'altère par météorisation (altération supergène), elle devient de la violarite comme le montre l'équation 1 (Keele et Nickel, 1974), mais elle pourrait aussi donner de la pyrite + millérite (Graterol et Naldrett, 1971). L'équation 1 n'est pas équilibrée, elle est présentée à titre indicatif des éléments partagés lors de la météorisation de la pentlandite.



La violarite est un minéral qui se forme aussi à haute température lors d'un métamorphisme prograde, à partir de la pentlandite, et donc disparaît lors de la réaction rétrograde pour réapparaître à très basse température (Graterol et Naldrett, 1971). La présence de millérite indique non seulement la perte de fer pour de la magnétite ou des silicates de fer, mais peut aussi indiquer l'apport en nickel supplémentaire par une réaction métamorphique prograde ou même rétrograde de l'olivine (Porter et Mckay, 1981). Des analyses de la serpentine et du talc rétrograde ont démontrées qu'entre 0,1 et 0,5% de nickel peuvent être libérés des olivines durant leur métamorphisme (Porter et Mckay, 1981). Cette réaction associée au métamorphisme (Filippidis, 1982) est :



Dans cette réaction, les sulfures sont principalement de la pentlandite et de la millérite.

1.3.3 REMOBILISATION DES SULFURES

Les gisements de sulfures de nickel se composent principalement de lentilles de sulfures massifs ou disséminés composés de pentlandite [(Fe,Ni)₉S₈], de pyrrhotite [Fe_(1-x)S] et quelques fois d'un peu de pyrite [FeS₂]. Il est aussi possible d'observer de la millérite [NiS]. Les lentilles minéralisées peuvent subir diverses modifications suite au métamorphisme et à la déformation régionale, selon le degré de l'intensité de ces derniers. Ces lentilles de sulfures peuvent être réaménagées soit de façon mécanique par leur fluage,

soit de façon chimique, c'est-à-dire par une remobilisation assistée par des fluides ou par anatexie, c'est-à-dire par leur fusion partielle (Tomkins et al., 2007).

La remobilisation mécanique est le résultat d'une pression constante sur la lentille minéralisée et la roche, due aux contraintes régionales. Cette pression provoque un réaménagement progressif de la lentille minéralisée, en d'autres termes, un déplacement lent de matière, ce qu'on appelle le fluage (Rutter, 1993).

La remobilisation chimique, quant à elle, est possible grâce à la présence de fluides, que ce soit les fluides magmatiques, hydrothermaux ou métamorphiques (Etheridge et al., 1983). Ceux-ci circulent dans la roche par la porosité ou par l'intermédiaire d'une faille par exemple, et arrivent à solubiliser certains éléments selon les conditions de mise en solution de ces derniers. Ces conditions varient en fonction de la composition des fluides et des minéraux, de leur solubilité et, évidemment, des conditions de pression, température et oxydoréduction des différents éléments. Les métaux, ainsi en solution, peuvent donc être transportés jusqu'à ce que le fluide atteigne les conditions qui leurs permettront de précipiter.

Finalement, la remobilisation par anatexie se fait par la fusion partielle des sulfures et, si la température le permet, de la roche encaissante. La présence accrue d'eau dans le système abaisse la température à laquelle une fusion partielle est généralement observée. Ces éléments impliquent qu'une fusion partielle serait théoriquement rendue possible au faciès métamorphique des amphibolites (Skinner et Johnson, 1987). En plus de l'eau, la

présence d'halogénures dans le système permettrait aussi d'abaisser la température de fusion des sulfures (Mungall et Brenan, 2003). Dans certaines conditions, la roche encaissante peut aussi subir une fusion partielle, grâce aux températures élevées qui mènent à la fusion partielle de certains sulfures. Aussi, comme chaque sulfure a sa température de fusion, il est possible que seulement certains d'entre eux (Fig. 8) soient affectés (Tomkins et al., 2007).

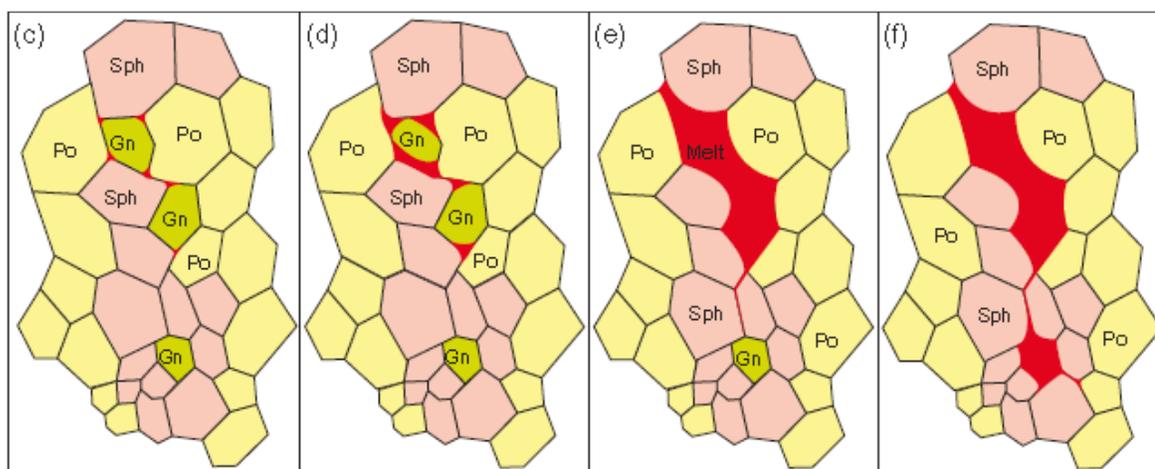


Figure 8: Schémas montrant l'évolution de la remobilisation des sulfures par la fusion partielle dans un système pyrrhotite (Po), Sphalérite (Sph), galène (Gn). Tiré de Tomkins et al., (2007).

Le réaménagement des lentilles minéralisées dépend donc de plusieurs facteurs, soit la pression et la température, les minéraux présents dans la lentille, la durée de l'épisode de métamorphisme et de déformation et la présence ou non d'eau et d'halogénures dans le système. Tout d'abord, plus la température et la pression sont élevées, plus la lentille de sulfures massifs deviendra ductile, donc sera plus facile à remobiliser (Duuring et al., 2007). Ensuite, la présence prépondérante de certains minéraux joue un rôle important dans la façon dont une lentille de sulfures peut être remobilisée (Gilligan et Marshall, 1987). Par exemple, la pyrite est un minéral qui a un comportement cassant. En se déformant, elle aura

donc tendance à se fracturer. Par contre, la pyrrhotite a un comportement ductile, ce qui confère à la lentille de sulfures massifs une certaine capacité de fluage. Finalement, la remobilisation d'une lentille minéralisée dépend aussi de l'intensité et de la durée de l'épisode de déformation/métamorphisme (Duuring, 2009).

1.4 PROBLÉMATIQUE SPÉCIFIQUE

La Province de Supérieur, au Canada, est propice aux gisements de nickel et un des plus connus est celui provenant de l'Orogène Trans-Hudsonien, plus précisément de la Thompson Nickel Belt, au Manitoba. Le gisement Thompson est un gîte de nickel associé à des komatiites en terrain déformé et métamorphisé (Zwanzig et al., 2007), tout comme le gisement Marbridge. Du côté de la Sous-province géologique de l'Abitibi, il est intéressant de mentionner qu'elle ne compte, du côté québécois, qu'une seule mine de nickel, laquelle a été en exploitation entre les années 1962 et 1968. C'est la mine Marbridge, opérée à l'époque par les compagnies Falconbridge Nickel Mines Ltd et Marchant Mining Company Ltd (Buchan et Blowes, 1968). Au total, plus de 700 000 tonnes de minerai à 2,28 % Ni et 0,17 % Cu ont été extraites des 4 lentilles minéralisées (Giovenazzo, 2000).

Le secteur de la mine Marbridge (Fig. 9) se situe à environ 60 km à l'ouest-nord-ouest de la ville de Val-d'Or, dans le canton de La Motte (Brett et al., 1976). Il est encerclé par trois plutons importants (Brett et al., 1976; Imreh, 1984; Babineau, 1985) : au nord on retrouve le pluton de La Motte daté à 2641 Ma (Machado et al., 1992; Ducharme et al., 1997), à l'est celui de La Corne daté à 2680-2642 Ma (Steiger et Wasserburg, 1969; Feng

et Kerrich, 1991; Machado et al., 1992) et au sud on retrouve celui de Preissac daté à 2681-2660 Ma (Ducharme et al., 1997) .

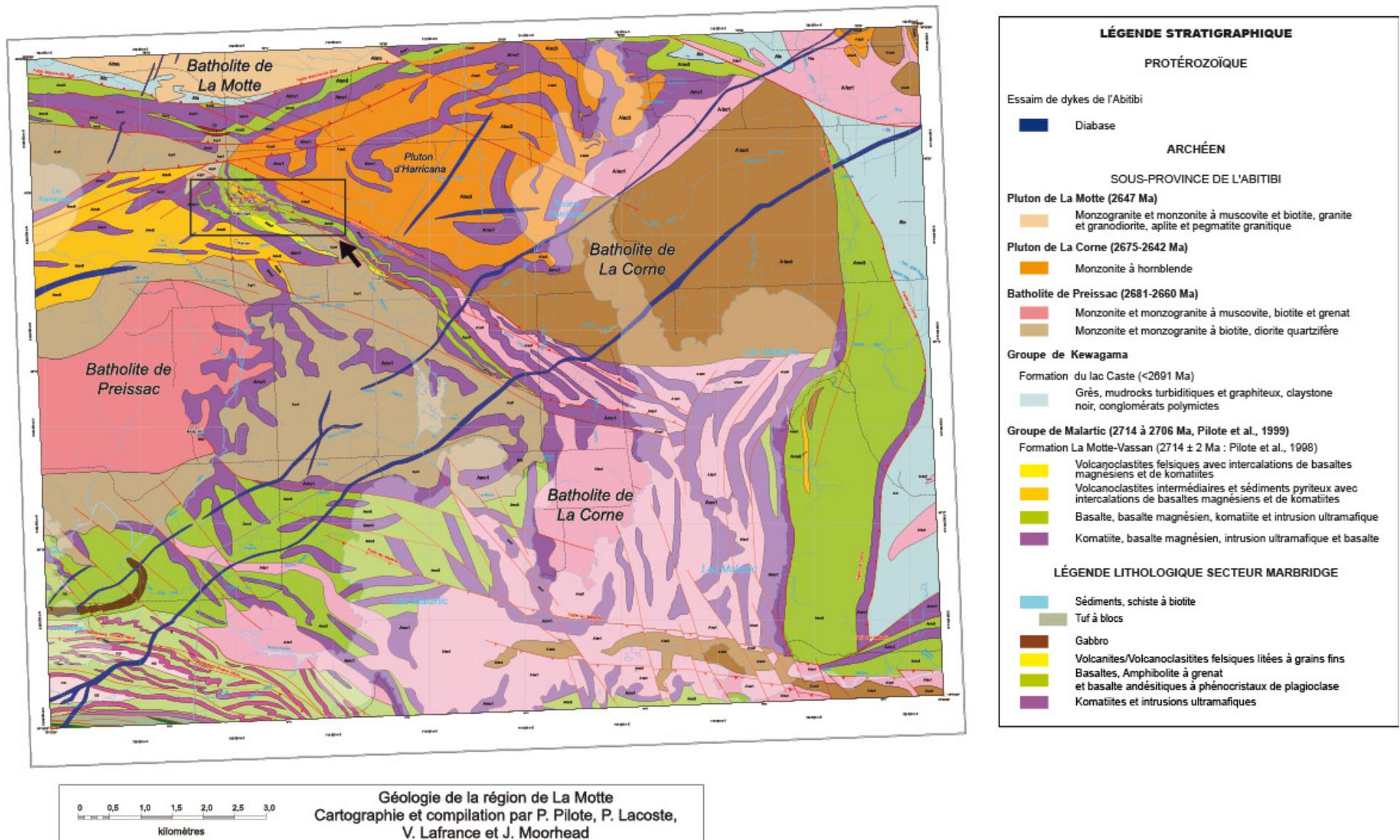


Figure 9: Carte régionale de la partie nord-ouest du lac Malartic (Modifiée de Pilote et al. (2013a et 2013b)) indiquant dans l'encadré noir le secteur Marbridge.

Cette étude du secteur de la mine Marbridge vise à parfaire notre compréhension des effets du métamorphisme et de la déformation sur les gisements de nickel associés aux komatiites. Par conséquent, il est important de caractériser l'environnement géologique des encaissants du gîte Marbridge afin de vérifier si la position spatiale des lentilles minéralisées (Fig. 10) correspond à une géométrie résultant simplement de l'effet de la déformation ou si l'emplacement actuel résulte plutôt d'une certaine remobilisation.

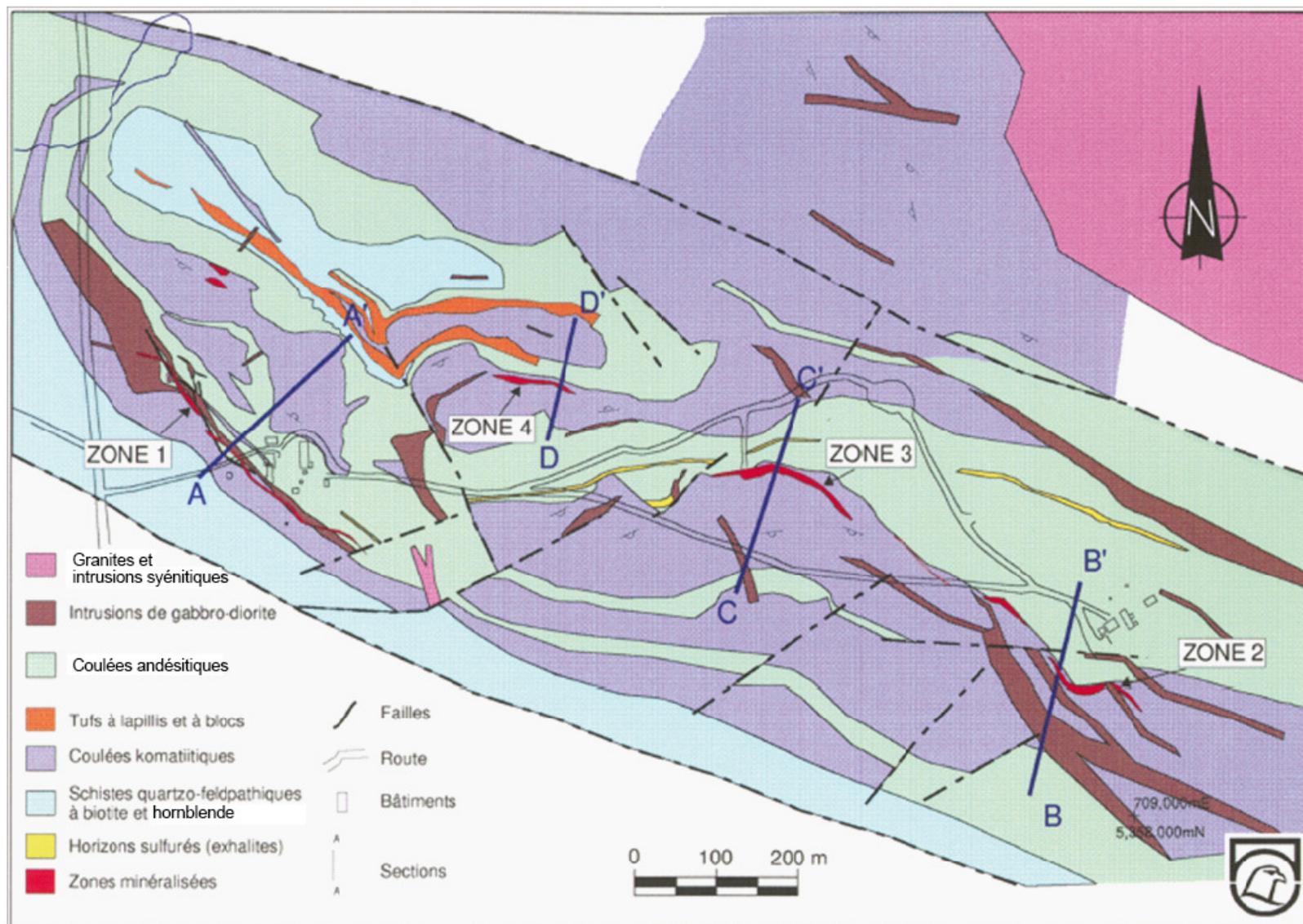


Figure 10: Carte géologique du secteur Marbridge montrant les positions occupées par les différentes lentilles minéralisées (modifiée de Giovenazzo, 2000).

Une hypothèse peut être posée ici, soit que les lentilles minéralisées ont bel et bien été remobilisées en réponse aux différents épisodes de métamorphisme et de déformation.

Ce projet tentera, par diverses méthodes, de clarifier et d'améliorer notre compréhension du gisement Marbridge et, par le fait même, la compréhension de plusieurs autres gisements de ce type.

1.5 OBJECTIFS

Le but global de ce projet est d'établir le contexte géologique des minéralisations en sulfure de nickel et de caractériser la déformation et le métamorphisme de l'environnement du gisement de nickel associé aux komatiites du secteur de la mine Marbridge. Cela permettra d'identifier l'impact du métamorphisme et de la déformation sur les lentilles minéralisées. Ce but peut se diviser en quatre objectifs concrets qui sont :

- 1) Caractériser les différentes unités lithologiques présentes dans le secteur de la mine Marbridge de manière à en définir les cadres structural, stratigraphique, métamorphique et géochimique;
- 2) Caractériser la minéralisation nickélifère aux environ du puits no. 1;
- 3) Établir l'histoire structurale et métamorphique du secteur;
- 4) Proposer un modèle de mise en place de la minéralisation.

1.6 MÉTHODOLOGIE

Ce projet implique deux phases générales, soient une première sur le terrain visant à recueillir les données lithologiques et structurales et à prélever les échantillons, et une seconde en laboratoire visant à faire l'étude pétrographique et lithogéochimique des roches et à procéder à l'analyse structurale du secteur d'étude.

1.6.1 PHASE DE TERRAIN

Les travaux de terrain se sont déroulés durant les saisons 2014 et 2015, ce qui a permis la cartographie du secteur d'étude (2 km x 1 km). Les données récoltées comprennent les descriptions lithologiques, les mesures structurales et la prise d'échantillons orientés pour la confection de lames minces orientées.

1.6.1.1 Cartographie sectorielle et détaillée

La cartographie sectorielle a été effectuée grâce aux mesures et aux informations recueillies sur les affleurements de la propriété. L'outil GPS (*Global Positioning System*) a été utilisé afin de bien localiser les affleurements ainsi que les fabriques relevées. Les cartes détaillées de différents affleurements clés ont été réalisées afin de mettre en relation les lithologies et les éléments structuraux. Ces cartes ont été tracées à partir d'une grille au sol faite à l'aide de ruban à mesurer. La lentille minéralisée numéro 1 (zone 1, Fig. 10) a été cartographiée en détail, car elle est la seule observable de la surface. Elle est orientée à N300° et avec un pendage variant entre 45° et 55° vers le nord-est (Giovenazzo, 2000). En

surface, cette lentille s'étend sur près de 30 m de longueur et est d'une épaisseur qui varie de 1 à 3 m.

1.6.1.2 Prise de mesures

La prise de mesures structurales quant à elle, a permis de bien illustrer les relations existantes entre le litage primaire (S_0), les différentes fabriques planaires et linéaires produites par la déformation et les éléments liés aux plissements. Pour en faire une brève description, le litage primaire (S_0) est un élément produit au moment de la formation de la roche. Il est représenté, par exemple, par les contacts entre les coulées volcaniques au moment de leur mise en place, ou encore par le litage dans les roches sédimentaires (Roy et Daigneault, 2013). Une emphase est placée sur la reconnaissance de la fabrique planaire principale qui prend la forme d'une foliation ou d'une schistosité selon les lithologies et qui sera désignée S_p dans ce mémoire. D'autres fabriques planaires sont également reconnues et prennent la forme de clivage de crénulation localement bien développés. Des plis secondaires affectant la fabrique S_p sont reconnus et les plans axiaux et les axes de ces plis ont été levés. Les linéations d'étirement ont également été mesurées de manière systématique puisqu'elles sont bien développées dans le secteur d'étude. Ces linéations correspondent à l'allongement des objets et des minéraux dans la roche.

1.6.1.3 Échantillonnage

Cette étape des travaux de terrain, combinée à l'étude pétrographique et géochimique, a été nécessaire afin de valider l'interprétation de certaines lithologies. L'échantillonnage a

été fait à l'aide d'une masse et, pour les affleurements le nécessitant, avec une scie à roche. Ces échantillons ont été nécessaires pour des fins d'analyses lithogéochimiques et d'analyses pétrographiques. Certains échantillons ont été orientés avant d'être retirés de l'affleurement afin de permettre une observation des relations entre différentes fabriques structurales, le cas échéant et des indicateurs de cisaillement en lame mince.

1.6.2 PHASE DE LABORATOIRE

1.6.2.1 Préparation des échantillons

C'est lors de cette phase que les lames minces ont été préparées. Au total, ce sont 100 lames minces ordinaires et 18 lames minces polies qui ont été confectionnées. Certaines lames minces ont été faites sur la face XZ qui est à la fois parallèle à la linéation et perpendiculaire à la schistosité ainsi que sur la face YZ qui est perpendiculaire à la linéation et à la schistosité (Bethune et Erickson, 2010). Ces lames minces ont permis d'observer, le cas échéant, des fabriques asymétriques ou des indicateurs de cisaillement.

1.6.2.2 Analyses pétrographiques et géochimiques

Les lames minces ont été examinées à l'aide d'un microscope optique polarisant. Une description détaillée et complète a été effectuée, cela incluant les éléments structuraux, les textures métamorphiques et la nature des phases minérales primaires et secondaires présentes. Une attention sera portée sur les relations entre les épisodes de déformation et le métamorphisme. Finalement, une cinquantaine d'analyses lithogéochimiques et une dizaine d'analyses économiques ont été réalisées. Les analyses de lithogéochimie ont été effectuées

selon les méthodes utilisées par Géologie Québec (MERN) avec le laboratoire Actlabs et consistent en une fusion ICP (inductively coupled plasma) au métaborate/tétraborate de lithium des éléments majeurs et une ICP-MS (inductively coupled plasma - mass spectrometry) des éléments traces. Ces analyses sont importantes afin de bien distinguer les différentes lithologies présentes et décrites préalablement sur le terrain, puisque celles-ci sont hautement métamorphisées. Les analyses économiques consistent, quant à elles, en une digestion par 4 acides à chaud, puis l'analyse par ICP-AES (inductively coupled plasma – atomic emission spectroscopy). Certaines analyses économiques ont été effectuées sur les roches ultramafiques afin de voir si celles-ci sont anormalement riches en certains métaux, d'autres ont été faites sur la lentille minéralisée numéro 1 afin de connaître les teneurs actuelles en métaux économiques comme l'or (Au), le platine (Pt), le palladium (Pd), l'argent (Ag), l'arsenic (As), le cobalt (Co), le cuivre (Cu), le molybdène (Mo), le nickel (Ni), le plomb (Pb) et le zinc (Zn).

1.6.2.3 Numérisation

Il a été nécessaire de numériser chacune des cartes produites sur le terrain. Pour ce faire, les logiciels Illustrator d'Adobe et Mapinfo ont été utilisés.

Suite à toutes ces étapes, les observations et les données ont été synthétisées et interprétées. Cette interprétation propose un modèle de formation du gisement ainsi qu'une histoire de sa déformation.

1.7 GÉOLOGIE RÉGIONALE

La mine Marbridge fait partie de la ceinture de roches vertes archéennes de l'Abitibi dominée par des assemblages d'unités volcaniques et sédimentaires. La ceinture de l'Abitibi fait 300 km par 700 km et est orientée est-ouest (Goodwin et Ridler, 1970). Elle est interprétée par certains auteurs comme le collage de deux arcs océaniques (Goodwin et Ridler, 1970; Chown et al., 1992). Toutefois, selon Thurston (2002), elle est davantage perçue comme une évolution autochtone sans collage de terrains différents. Selon Ayer et al. (2002), le volcanisme de l'Abitibi prend place entre 2750 et 2697 Ma. La ceinture de l'Abitibi est limitée, au sud, par la faille de Cadillac-Larder Lake, qui sépare les Sous-provinces de l'Abitibi et de Pontiac (Daigneault et al., 2002). Chown et al. (1992) divisent l'Abitibi en deux parties distinctes, soient la Zone Volcanique Sud (ZVS) et la Zone Volcanique Nord (ZVN). Ces deux zones sont séparées par la faille Destor-Porcupine-Manneville qui est orientée est-ouest (Mueller et al., 1996). La ZVN est interprétée comme un arc composé de deux cycles volcaniques mafiques/felsiques (Chown et al., 1992). Les roches ultramafiques sont surtout présentes dans la Zone Volcanique Sud (Dimroth et al., 1982). Daigneault et al. (2004) rapportent à partir des données géochronologiques (Corfu et al., 1989; Mortensen, 1993; David et al., 2006) que les événements volcaniques dominants de la ZVN se sont déroulés entre 2735 et 2705 Ma, alors que pour la ZVS, ils sont entre 2715 et 2697 Ma. Les roches ultramafiques sont interprétées comme étant issues d'un panache mantellique (Mueller et al., 1996) et se sont mises en place en quatre épisodes distincts formant donc quatre assemblages de roches ultramafiques-mafiques-felsiques différents (Houlé et Lesher, 2011), c'est-à-dire 2760-2735 Ma pour l'assemblage Pacaud,

2723-2720 Ma pour l'assemblage Stoughton-Roquemaure, 2720-2710 Ma pour l'assemblage Kidd-Munro et 2710-2704 pour l'assemblage Tisdale. Ce sont les assemblages de Kidd-Munro et Tisdale, les deux plus jeunes, qui sont les plus riches en gisements de nickel associés aux komatiites (Houlé et Lesher, 2011). La Sous-province de l'Abitibi a d'abord subi une déformation polyphasée attribuable à l'orogénie kénoréenne (Dimroth et al., 1983; Imreh, 1984). Ces événements de déformation sont associés, à la fois à du plutonisme et à du métamorphisme au faciès des schistes verts (Dimroth et al., 1983; Pilote, 2000). À la mine Marbridge, il est possible d'observer une complexité structurale résultant de l'interaction entre plutonisme, déformation et métamorphisme (Imreh, 1984; Pilote, 2000; Daigneault et al., 2004).

1.7.1 ZONE VOLCANIQUE SUD

Le secteur de la mine Marbridge se situe dans la moitié nord de la Zone Volcanique Sud. Celle-ci est un assemblage de roches volcaniques et sédimentaires dont font partie, du nord vers le sud, les groupes de Kewagama, de Malartic, de Blake River et de Cadillac (Chown et al., 1992; Mueller et al., 1996; Pilote, 2000). La Formation du Lac Caste (Brett et al., 1976; Imreh, 1984; Pilote, 2000), contenue dans le Groupe de Kewagama, se compose de roches sédimentaires (alternance de wackes et de pélites) datées à 2691 ± 8 Ma par Feng et Kerrich (1991). Le Groupe de Malartic se compose de roches volcaniques ultramafiques à felsiques. Les Formations La Motte-Vassan, Dubuisson et Jacola font partie de ce dernier groupe (Pilote et al., 2000). Le Groupe de Blake River est composé de roches volcaniques mafiques et felsiques (Dimroth et al., 1982; Gélinas et al., 1984; Goutier et al.,

2007). Le Groupe de Cadillac est également constitué de roches sédimentaires, soient des grès, des wackes, des pélites et des conglomérats. La ZVS est recoupée par des plutons dont l'âge s'étend de syn-volcanique à tardi-tectonique.

La région aurait enregistré plusieurs phases de déformation se manifestant par des schistosités, des linéations et des plis de différentes générations (Dimroth et al., 1983; Babineau, 1985; Desrochers et al., 1993; Mueller et al., 1996; Pilote, 2000; Daigneault et al., 2002).

1.8 GÉOLOGIE LOCALE

La mine Marbridge se situe dans le canton de La Motte, à l'ouest du lac Malartic. La géologie de ce canton (Brett et al., 1976) se résume en des roches volcaniques métamorphisées du Groupe de Malartic et en des roches sédimentaires de la Formation du lac Caste. Dans le canton de La Motte, la totalité des roches sédimentaires et une bonne partie des roches volcaniques sont affectées par le métamorphisme ou la déformation dus à l'une ou l'autre des intrusions présentes (Brett et al., 1976). En effet, la zone d'étude (Figs. 9 et 10) se situe à la base stratigraphique du Groupe de Malartic (Alsac et Latulippe, 1979) et est encerclée par trois plutons importants (Brett et al., 1976; Imreh, 1984; Babineau, 1985), soit celui de La Motte au nord, La Corne à l'est et Preissac au sud. Les lithologies volcaniques observées sont de compositions ultramafiques, mafiques et felsiques (Fillion, 1975; Fillion, 1979). Le gisement Marbridge est le seul gîte de nickel à avoir été exploité jusqu'à maintenant du côté québécois de la Sous-province de l'Abitibi. Un âge de 2714 ± 2 Ma a été établi à Marbridge pour la Formation La Motte-Vassan (Parent, 1998; Pilote et al.,

2000). Notons que cet âge est similaire à celui de l'assemblage volcanique de Kidd-Munro (Ayer et al., 2002), qui contient aussi le gisement de type sulfures massifs volcanogènes (SMV) Cu-Zn de classe mondiale Kidd Creek (Bleeker et Parrish, 1996; Barrie et al., 1999).

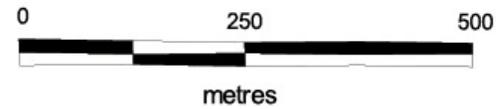
CHAPITRE 2

CARACTÉRISATION DES UNITÉS LITHOLOGIQUES

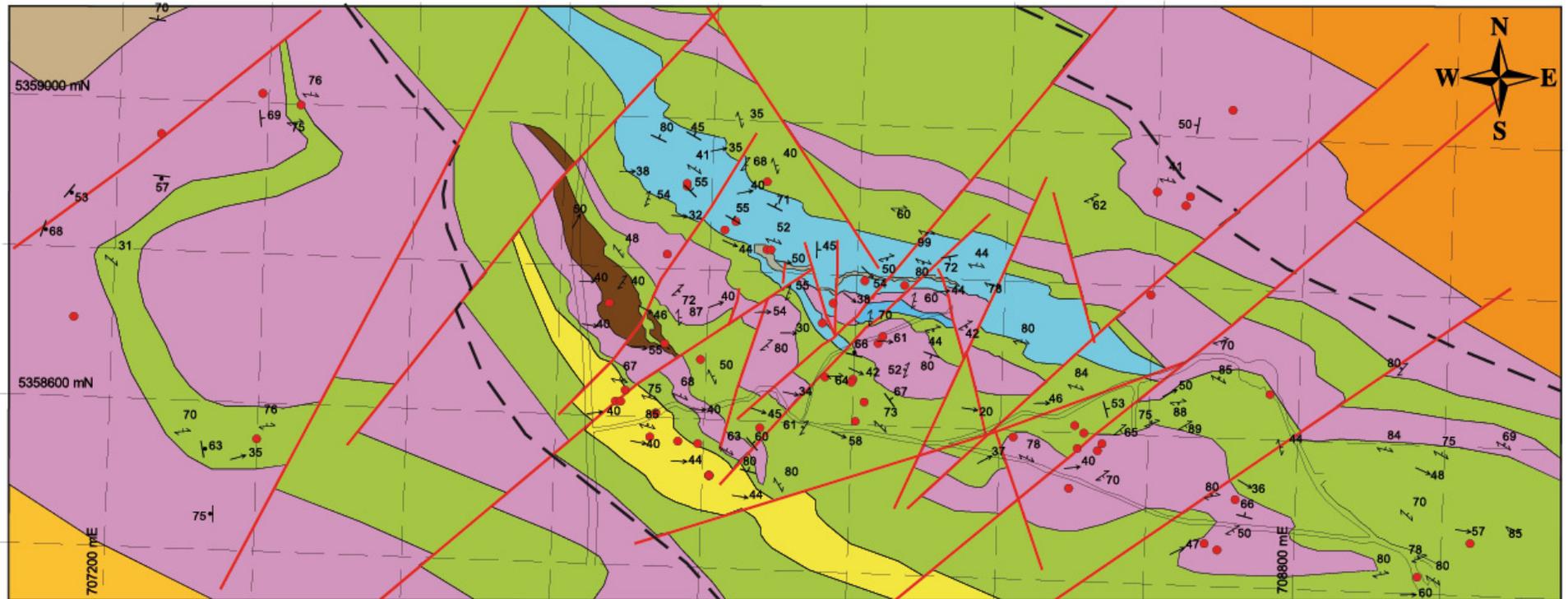
2.1 INTRODUCTION

Ce chapitre présente les différentes caractéristiques des unités lithologiques observées sur la propriété Marbridge. Le secteur à l'étude est caractérisé par la présence d'unités volcaniques mafiques et ultramafiques, d'une unité volcanique felsique et d'une unité volcanosédimentaire.

Comme la détermination des sommets stratigraphiques représente un véritable enjeu dans ce terrain fortement déformé et affecté par un métamorphisme élevé, les unités sont d'abord décrites ici de manière générale sans concept stratigraphique. La cartographie de ces unités est présentée à la figure 11. Cette carte présente l'intégration des résultats de cette étude en tenant également compte des informations antérieures issues des travaux de Falconbridge Nickel (voir Giovenazzo, 2000) plus particulièrement.



Propriété Marbridge
Cartographie et compilation par V. Lafrance,
P. Pilote et Réal Daigneault



LÉGENDE STRATIGRAPHIQUE ARCHÉEN SOUS-PROVINCE DE L'ABITIBI

Batholite de Preissac (2681-2660 Ma, Ducharme et al., 1997)

Monzonite et monzogranite à biotite, diorite quartzifère

Pluton de La Corne (2675-2642 Ma, Machado et al., 1992)

Monzonite à hornblende

Groupe de Malaric (2714 à 2706 Ma, Pilote et al., 1999)

Formation La Motte-Vassan (2714 ± 2 Ma : Pilote et al., 1998)

Volcanoclastites felsiques avec intercalations de basaltes magnésiens et de komatites

Volcanoclastites intermédiaires et sédiments pyriteux avec intercalations de basaltes magnésiens et de komatites

Basalte, basalte magnésien, komatite et intrusion ultramafique

Komatite, basalte magnésien, intrusion ultramafique et basalte

LÉGENDE LITHOLOGIQUE SECTEUR MARBRIDGE

Roches sédimentaires, schiste à biotite

Tuf à lapillis

Gabbro

Volcanites/Volcanoclastites felsiques litées à grains fins

Basaltes, Amphibolite à grenat

et basalte andésitiques à phénocristaux de plagioclase

Komatites et intrusions ultramafiques

Limites de la zone de déformation

Faillies

Litage (S0) polarité connue

Schistosité (S1)

Linéation d'étiement (Lé)

Échantillon de géochimie

Litage (S0) polarité inconnue

Schistosité (S2)

Figure 11: Carte géologique du secteur de la mine Marbridge, Abitibi.

De manière générale, le secteur d'étude peut être divisé en 3 blocs distincts. Le bloc SO, dominé par des coulées ultramafiques et mafiques, le bloc central est le plus complexe avec un mélange d'unités mafiques, ultramafiques, felsiques et volcanoclastiques, et le bloc NE, constitué surtout d'unités ultramafiques. Les blocs SO et NE présentent un degré de déformation moindre tandis que le bloc central correspond à une zone de déformation majeure qui sera décrite au chapitre 3.

Les aspects pétrographiques et texturaux de ces unités sont détaillés dans la section 2.2 et sont résumés aux tableaux 1 et 2. Ce chapitre dresse le portrait des événements magmatiques et volcaniques qui sont survenus dans le secteur afin de donner le cadre général de formation du gisement de Marbridge.

Tableau 1: Synthèse des caractéristiques pétrographiques des différentes lithologies.

Lithologie	ST	TC	QZ	PG	HB	BO	MV	CL	EP	SR	MC	CB	AM	GR	Opaques
Unités volcaniques Ultramafiques (n=10)	30-70 (51)	23-50 (31)	-	-	tr-15	-	-	tr-1 / 17	-	-	-	tr-2	-	-	2-15 (10)
Unités volcaniques Mafiques (n=10)	-	-	tr-1	12-70 (58)	3-85 (34)	tr-3	-	2-10 (6)	2-10 (5)	-	-	-	tr-5 / 27	-	tr-3
Unités volcaniques Felsiques (n=7)	-	-	40-60 (51)	1-15 (7)	tr-10	5-30 (18)	10-30 (17)	-	4-18 (10)	tr-10	tr-2	-	-	tr-1	1-2 (1)
Unités sédimentaires et volcanoclastiques (n=6)	-	-	22-55 (45)	2-25 (14)	10-20 (15)	15-30 (22)	tr-5	tr-5	2-30 (11)	-	-	-	14	tr-4	tr-1
Sous-unité fragmentaire (n=4)	-	-	13-35 (29)	10-20 (14)	15-60 (34)	13-25 (19)	-	1-2	2-5 (3)	-	-	-	-	10-20 (15)	2-5
Intrusions Mafiques (n=4)	-	-	-	19-38 (28)	50-72 (59)	1	-	15	2	-	-	-	10-80 (45)	-	1
Intrusions Intermédiaires (n=4)	-	-	-	60-85 (73)	12-24 (18)	1-15	-	2	1	-	-	-	15	-	1
Intrusions Felsiques (n=1)	-	-	65	15	-	10	7	3	-	-	-	-	-	-	-

Les chiffres sont en pourcentage et les chiffres entre parenthèses représentent la valeur moyenne, le cas échéant. Les abréviations des minéraux sont ST=serpentine, TC=talc, QZ=quartz, PG=plagioclase, HB=hornblende, BO=biotite, MV=muscovite, CL=chlorite, EP=épidote, SR=séricite, MC=microcline, CB=carbonate, AM=amphibole, GR=grenats

Tableau 2: Synthèse des caractéristiques texturales observées sur le terrain.

Lithologie	Terme métamorphique	Textures mégascopiques
Unités volcaniques Ultramafiques	Schistes à serpentine et talc	Texture en "dos d'éléphant, fracturé, rugueux. Spinifex localement visibles pour les effusives
Unités volcaniques Mafiques	Amphibolites	Texture porphyrique à phénocristaux de plagioclase, localement coussinés
Unités volcaniques Felsiques	Schistes à muscovite	Rubané, tuf
Unités sédimentaires et volcanoclastiques	Schistes à biotite et hornblende	Texture granoblastique, rubané, localement des turbidites
Sous-unité fragmentaire		Texture fragmentaire, tuf à bloc et lapilli, est contenu dans le schiste à biotite et hornblende
Intrusions Mafiques		Granoblastique, localement schisteux
Intrusions Intermédiaires		Massif à légèrement folié, grenu
Intrusions Felsiques		Massif à légèrement folié, grenu

2.2 DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE ET LITHOGÉOCHIMIQUE

2.2.1 UNITÉS ULTRAMAFIQUES

Les unités ultramafiques sont abondantes dans la zone à l'étude et représentent plus de 30% du secteur en terme de surface (Fig. 11). Dans le bloc central, cette lithologie est représentée par plusieurs bandes d'orientation générale NO-SE. L'épaisseur des bandes varie de 50 m à environ 500 m, et ces bandes peuvent être suivies sur plus de 1 km de long. Ces bandes contiennent plusieurs coulées komatiitiques d'épaisseur variant de 0,5 à 2 m. Les roches ultramafiques comprennent surtout des komatiites, facilement identifiable lorsque les textures spinifex sont reconnues. Ces roches comprennent également des dunites (Fig. 12a) lesquelles peuvent représenter la zone à cumulat située à la base des coulées ultramafiques (Zone B; voir Fig. 4) ou bien des intrusions, le degré de déformation rendant la distinction difficile.

En affleurement, les roches ultramafiques ont une couleur d'altération beige à brun chamois, causée par les carbonates et la serpentine, qui sont les principaux minéraux d'altération de ces roches. On les reconnaît aussi par leur texture en « peau d'éléphant », c'est-à-dire fracturées et à l'aspect rugueux. Les limites de coulées, soit la surface S_0 , sont bien visibles (Fig. 12b) dans les unités effusives. Généralement, on y voit la texture spinifex avec des cristaux aciculaires de taille variable. Ces cristaux peuvent atteindre plus de 50 cm de longueur. La texture spinifex n'est pas toujours présente, dans certains cas les fractures de refroidissement (Fig. 12c) affectent toute l'épaisseur de la coulée (Fig. 12d). La déformation n'affecte, apparemment, que peu les roches ultramafiques du secteur Marbridge par comparaison aux autres types de roches présentes. Mais dans quelques cas, ces coulées peuvent être schisteuses et plissées (voir Fig. 40).

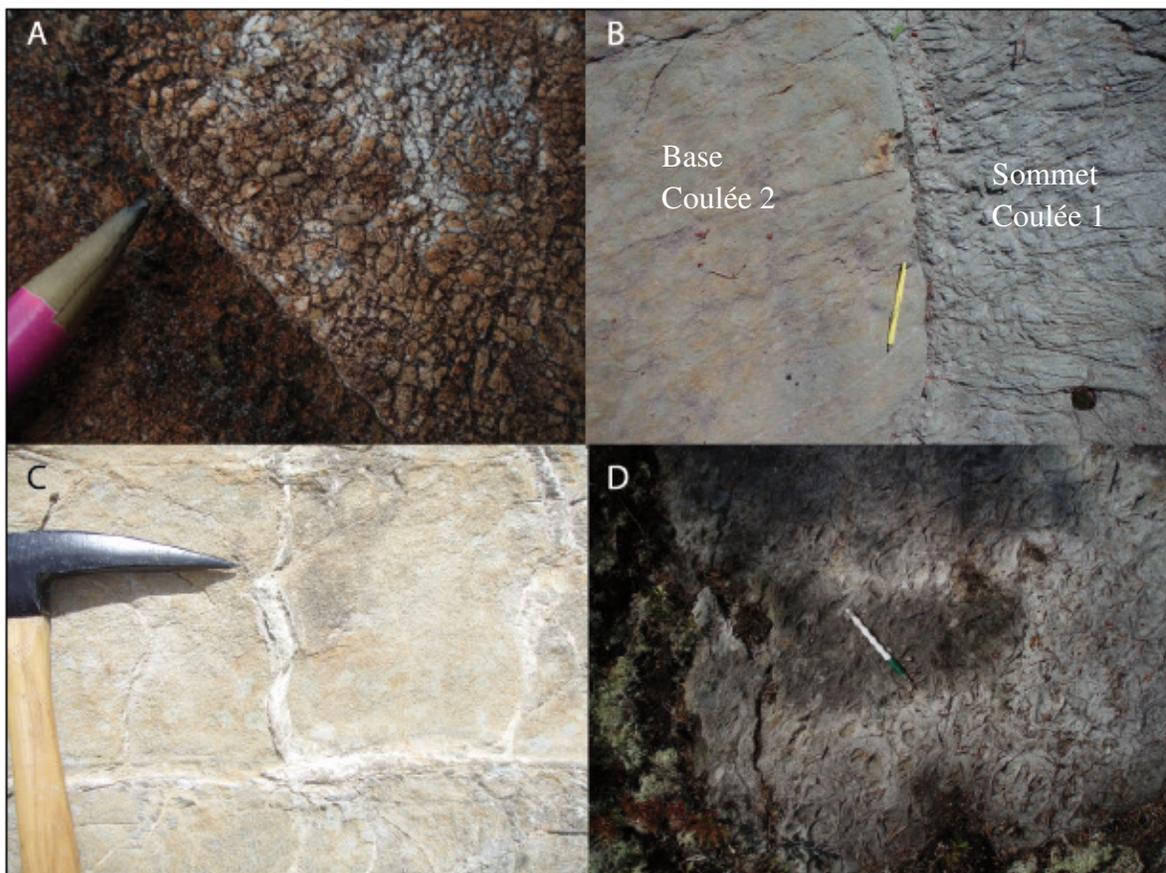


Figure 12: Photos de roches ultramafiques prises dans le secteur Marbridge. A) Cumulat d'olivine dans une péridotite intrusive, B) Surface S_0 d'une coulée komatiitique montrant le sommet grâce aux spinifex et la zone de cumulat à la base, C) Fractures de refroidissement colmatées par de la silice, et D) Coulée sans spinifex, montrant seulement des fractures de refroidissement.

En lame mince, on reconnaît essentiellement le talc, la serpentine, les carbonates et la magnétite. La serpentine, généralement fibreuse (Fig. 13A, B et C), est la phase la plus abondante, composant de 30 à 70% des échantillons. Le talc (Fig. 13D) est le deuxième minéral en termes d'abondance, composant entre 23 et 50% des échantillons. La magnétite est aussi présente partout et sa concentration varie de 2 à 15%. Les carbonates (Fig. 13C), généralement de la calcite, sont de moindre importance, environ 2%, et se retrouvent essentiellement en plages irrégulières. La proportion de carbonates peut cependant atteindre jusqu'à 60% chez les unités sévèrement altérées. De plus, 10 à 15% de hornblende ont été

observés dans deux échantillons seulement et jusqu'à 17% de chlorite sont présents dans un échantillon (voir tableau 1).

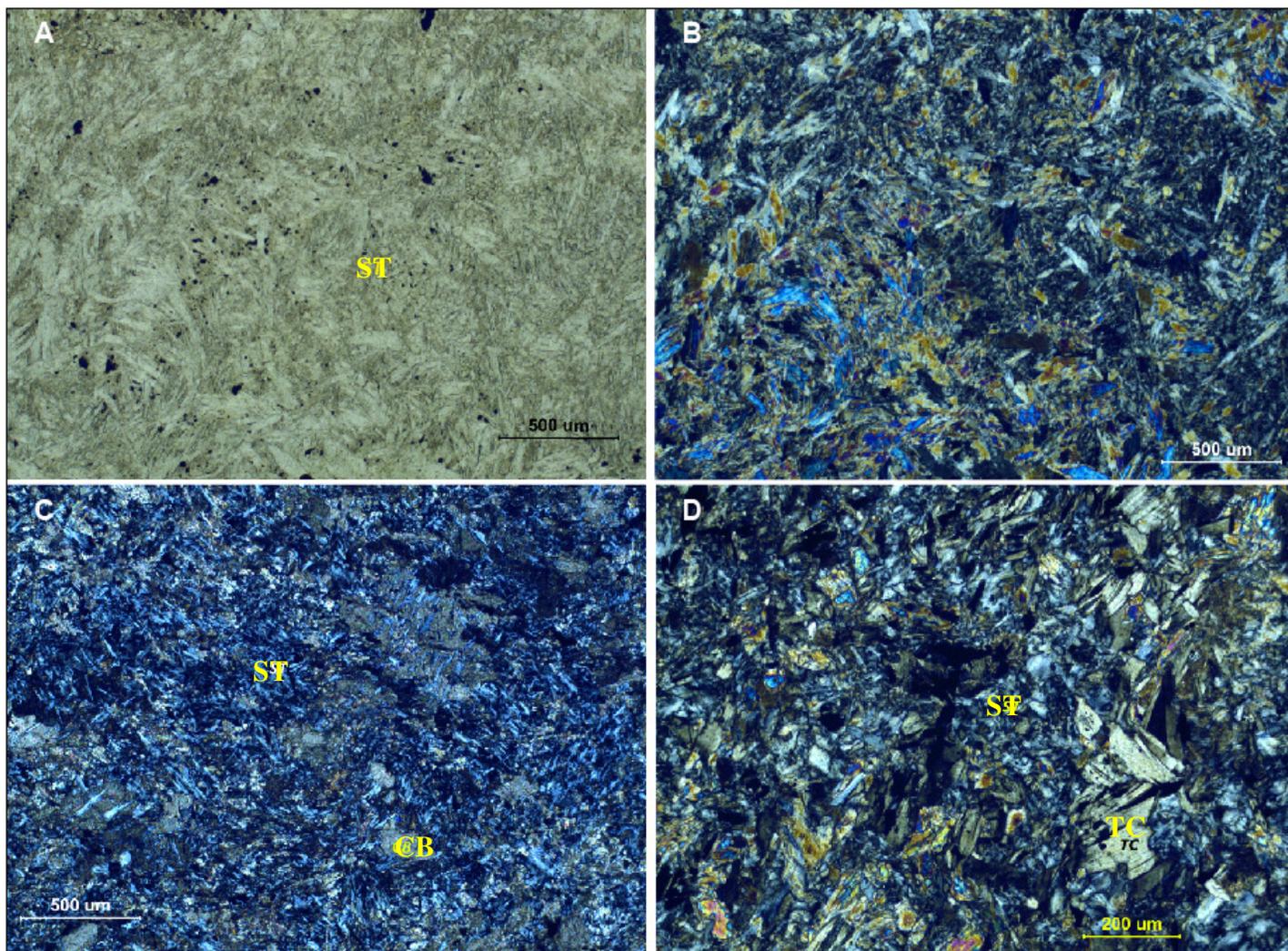


Figure 13: Microphotographies d'échantillons de roches ultramafiques montrant la minéralogie dans cette unité. En A) la roche est entièrement serpentinisée (LN). En B), c'est la même vue que A), mais en lumière polarisée analysée (LPA). En C), altération en serpentine (ST) et carbonates (CB) (LPA). En D), altération en serpentine (ST) et talc (TC) (LPA).

Finalement, au niveau de la lithogéochimie, les roches ultramafiques du secteur de la mine Marbridge peuvent être séparées en deux familles distinctes, désignés ultramafique 1 et ultramafique 2. Tout d'abord, les profils des éléments des terres rares pour ces deux familles (Fig. 14A et B) sont plats avec des abondances de moins de 10 fois les chondrites.

Cependant, la famille ultramafique 2 (Fig. 14B) présente un appauvrissement en terres rares lourdes, par rapport à la famille ultramafique 1. Le diagramme du rapport Zr/Y en fonction du Zr (Fig. 14C) démontre bien l'affinité tholéïitique des unités ultramafiques. Pour le diagramme TiO₂ vs Zr (Fig. 14D), les valeurs obtenues pour ces roches se distribuent le long d'une droite à pente positive et passant par l'origine, ce qui témoigne du caractère co-génétique des magmas de ces deux sous-groupes ainsi que du caractère « immobile » de ces deux éléments face aux conditions présentes du métamorphisme et de l'altération. Cette droite témoigne également de la présence d'une altération plus ou moins intense au sein de ces deux familles ultramafiques (MacLean et Barrett, 1993). La figure 14E montre la teneur en pourcentage de MgO dans chacun des échantillons ultramafiques récoltés. Il n'y a donc aucun basalte komatiitique sur le secteur de la mine Marbridge. Les quatre échantillons de la famille ultramafique 2 sont des cumulats komatiitiques, soient 3048 A, 3059 A, 3103 A et 297 D. Ces derniers, ainsi que trois autres échantillons sont donc plus riches en magnésium. La figure 14F montre les classifie les komatiites selon leur teneur en Al₂O₃ et MgO. La limite sur le diagramme est tracée selon Arndt et Lesher (2004). Il est donc observé, sur la figure 14F, que les échantillons de la famille ultramafique 2 sont des komatiites appauvries en aluminium, comme celles qui se trouvent dans la ceinture de Barberton, tandis que la famille ultramafique 1 n'est pas appauvrie en aluminium, comme les komatiites de type Munro.

La famille ultramafique 1 correspond surtout aux roches ultramafiques des blocs SO et NE ainsi qu'à une partie de la bordure du bloc central, tandis que les roches de la famille ultramafique 2 sont toutes localisées dans le bloc central. De plus, selon Sproule et al.

(2002), les échantillons ayant une teneur en MgO de plus de 30% pourraient provenir d'une source mantellique dite contaminée, soit par la subduction de roches sédimentaires qui seraient alors incorporés au manteau avant la fusion partielle importante (30-60% de fusion partielle) de celui-ci. Ceci étant dit, les échantillons contenant plus de 30% MgO se situent tous, spatialement, dans le bloc central..

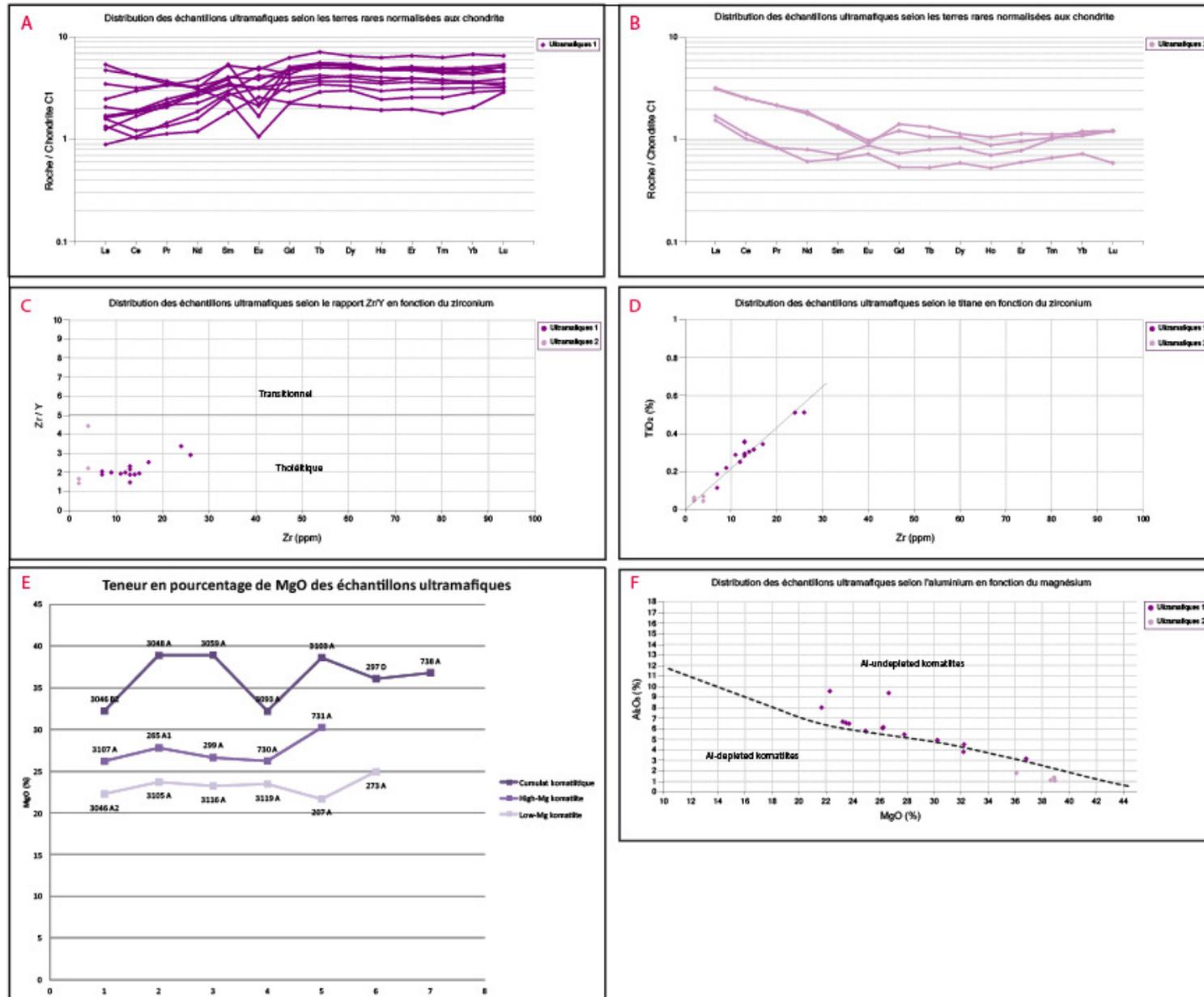


Figure 14: Diagrammes montrant la lithogéochimie des unités ultramafiques sur le secteur Marbridge. En A) diagramme des terres rares normalisées aux chondrites C1 (Palm et O'neil, 2004) pour la famille ultramafique 1, B) diagramme des terres rares normalisées aux chondrites C1 (Palm et O'neil, 2004) pour la famille ultramafique 2, C) Zr/Y en fonction du Zr (démarchations des champs tirées de MacLean et Barrett, 1993), D) TiO₂ en fonction du Zr, E) diagramme de la teneur en %MgO des échantillons ultramafiques et F) Al₂O₃ en fonction du MgO.

2.2.2 UNITÉS MAFIQUES

Les roches volcaniques mafiques représentent plus de 30% du terrain d'étude (Fig. 11). Les unités mafiques se présentent en plusieurs bandes dont l'épaisseur varie de 150 m à près d'un kilomètre et elles s'étendent jusqu'à 1,5 km de long. L'unité principale est le basalte coussiné et massif. Ces unités sont en alternance avec les niveaux ultramafiques. Les basaltes du secteur Marbridge sont localement très déformés et affectés par le métamorphisme (Figs. 15E et 15F) si bien qu'ils pourraient être décrits, selon les localités, comme des amphibolites ou des schistes à hornblende. Ils contiennent, sur quelques affleurements, des phénocristaux de plagioclase de tailles variant entre 2 et 5 mm. La couleur de la roche altérée est gris pâle tacheté blanc et localement gris foncé à verdâtre. L'un des affleurements au centre du secteur Marbridge exhibe des coussins bien préservés, ceux-ci montrent des bordures chloritisées et rouillées, une zone d'épidotisation massive occupe communément le cœur des coussins (Figs. 15A et 15B). Il a été possible de déterminer à cet endroit une polarité vers le sud grâce à la forme des coussins. Des coussins en forme de molaire (Figs. 15C et 15D) sont aussi localement observés, ce qui pourrait suggérer la proximité d'une charnière de pli (voir chapitre 3). Une forte altération en épidote est observée sur pratiquement l'ensemble des basaltes de la propriété. Cette forte épidotisation pourrait être associée à une altération hydrothermale de type spilitisation communément reconnue dans les environnements des gisements de sulfures massifs volcanogènes ou « SMV » (Galley et al., 2007).



Figure 15: Photos de roches mafiques prises sur le secteur Marbridge. A) et B) Coussins plus ou moins déformés avec bordure chloritisée, rouillée et le cœur occupé par des amas ou « boules » d'épidote; C) et D) Coussins en forme de molaire indiquant une charnière de pli, E) Coussins très étirés, la déformation est présente, F) Les coussins sont complètement affectés par la déformation et le métamorphisme, ils revêtent un aspect rubané. On note que les couleurs sont les mêmes au niveau du rubanement qu'au niveau des coussins, c'est-à-dire brun, gris vert et vert pâle.

En lame mince, on observe dans les roches mafiques entre 12 et 70% de plagioclase. Ces derniers sont complètement recristallisés et montrent des formes polygonales. La proportion moyenne de hornblende est de 34% et les minéraux se présentent en cristaux automorphes, comme le montre la figure 16A, témoignant ainsi du grade métamorphique au faciès des amphibolites. Certains échantillons sont plus riches en chlorite (10%), ce qui pourrait suggérer que la chlorite est encore stable ou à la présence d'un métamorphisme rétrograde (voir chapitre 3). La figure 16B montre cette coexistence entre la chlorite et la hornblende. De plus, de la biotite (3%) est observée en amas dans certaines lames. À certains endroits, des plagioclases sont damouritisés (Fig. 16C), leur donnant un aspect trouble, grisâtre au microscope. Des amas de plagioclases recristallisés (Fig. 16D) sont interprétés comme représentant d'anciens phénocristaux.

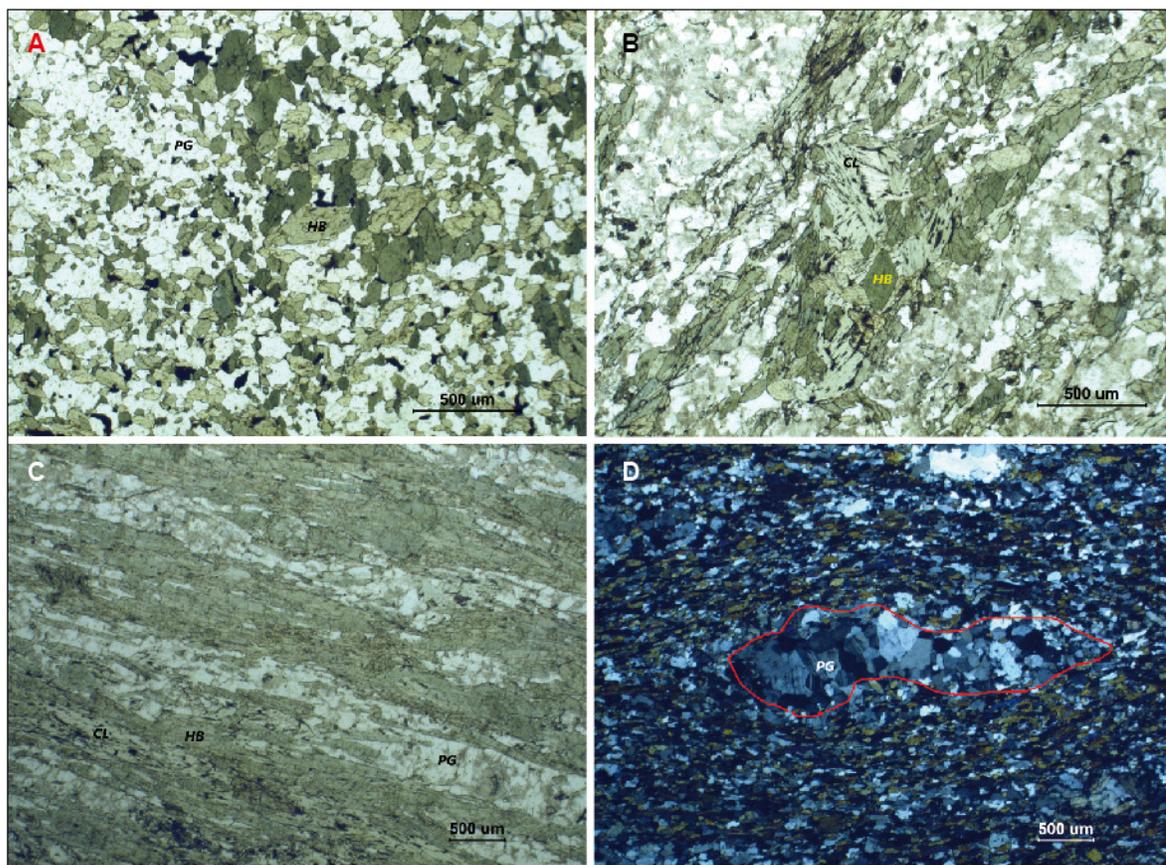


Figure 16: Microphotographies de roches mafiques montrant la minéralogie dans cette unité. A) Photo montrant l'abondance de hornblende (HB) automorphe et les plagioclases (PG) (LN). B) Vue montrant la présence de chlorite (CL) et de hornblende (HB) avec encore des plagioclases (LN). C) Vue parallèle à la linéation montrant des hornblendes (HB) allongées, les plagioclases (PG) sont damouritisés et il y a de la chlorite (CL) (LN). D) Photo montrant la recristallisation des plagioclases (PG) (LPA).

La lithogéochimie des roches mafiques montre la présence de 4 familles distinctes dans le secteur à l'étude. Il s'agit : 1) de basaltes magnésiens tholéiitiques, 2) d'andésites tholéiitiques, 3) d'andésites transitionnelles et 4) d'andésites calco-alkalines. Les basaltes magnésiens tholéiitiques ainsi que les andésites tholéiitiques se trouvent principalement dans le bloc SO. Pour ce qui est des andésites transitionnelles et calco-alkalines, elles se situent essentiellement dans le bloc central, selon une tendance NO-SE (Fig. 17).

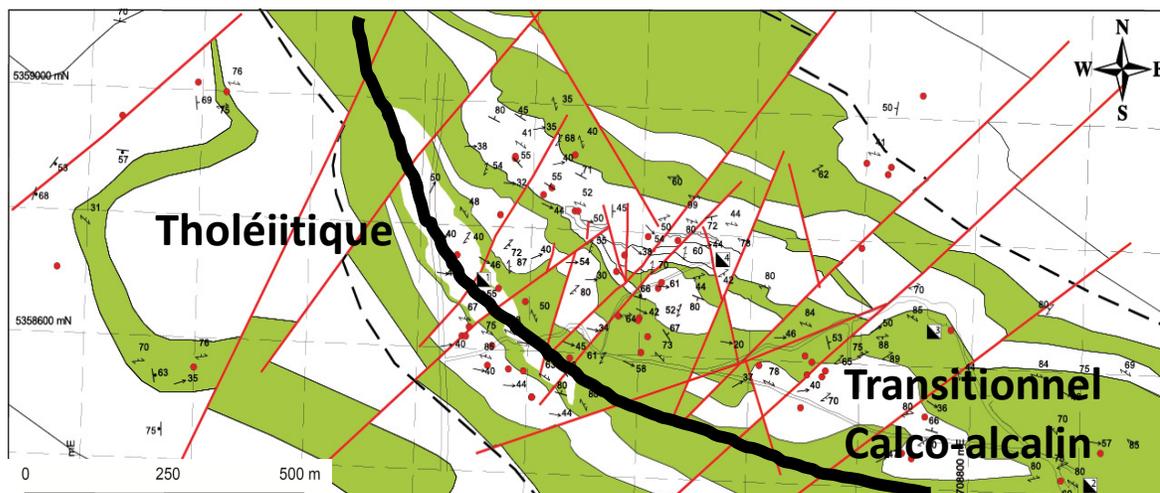


Figure 17: Carte géologique du secteur Marbridge montrant, en vert, les unités mafiques. Les séries tholéiitiques, transitionnelles et calco-alcalines y sont indiquées.

Les diagrammes du TiO_2 en fonction du Zr ainsi que de Y en fonction du Zr (Figs. 18A et 18B) montrent la différence entre les 4 familles d'unités volcaniques. Le diagramme TiO_2 vs Al_2O_3 (Fig. 18C) expose bien l'immobilité de ces éléments. De plus, comme démontré à la figure 17, ces 4 familles s'intègrent au sein des trois suites magmatiques, soit une tholéiitique, une transitionnelle et une troisième calco-alcaline (Fig. 18D et 18E). Finalement, le diagramme des éléments des terres rares (ÉTR) normalisés aux chondrites montre des profils irréguliers, suggérant une certaine mobilité des terres rares légères possiblement associée à l'altération (Fig. 18F).

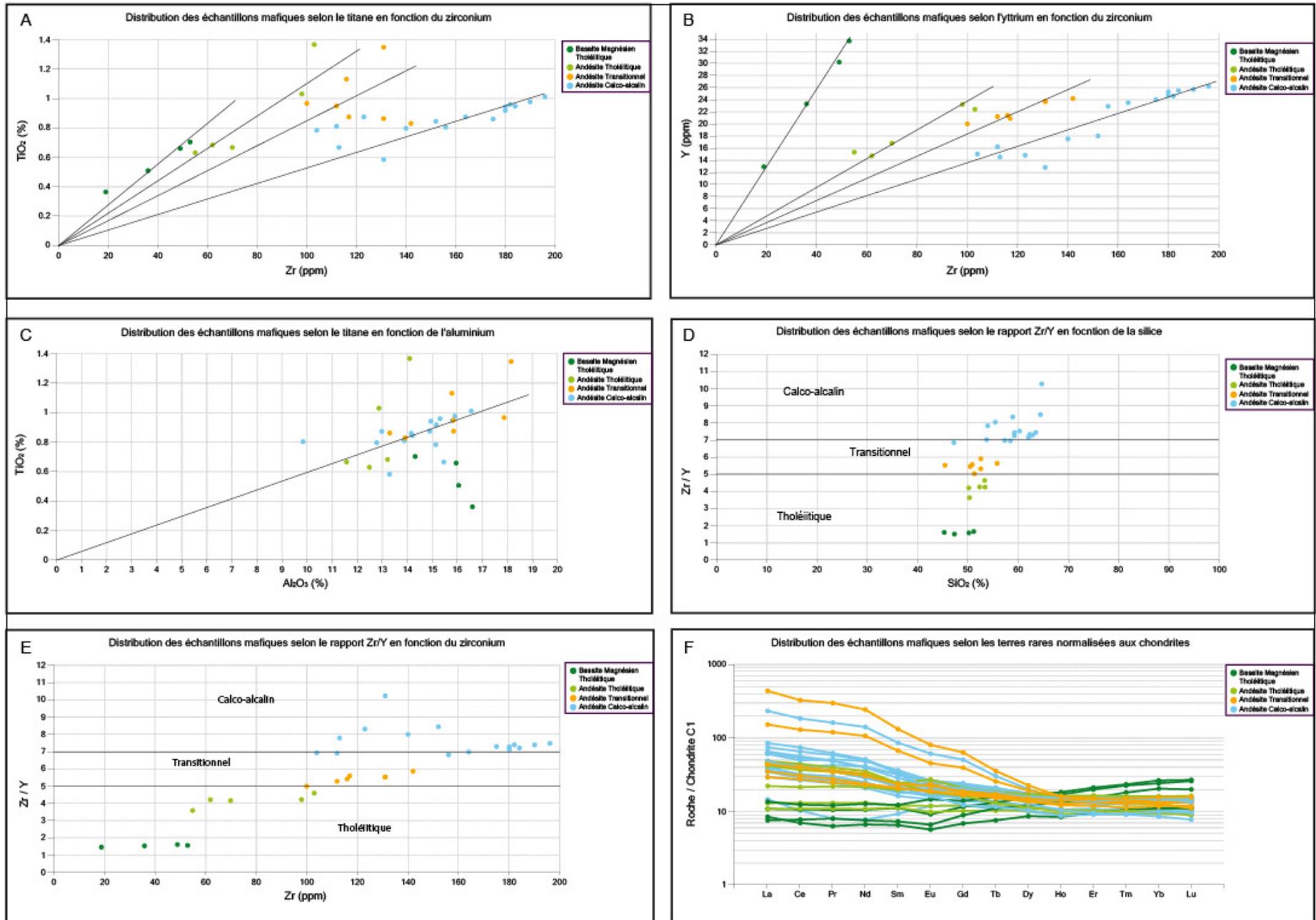


Figure 18: Diagrammes montrant la lithogéochimie des unités mafiques sur le secteur Marbridge. En A) diagramme du TiO₂ en fonction du Zr, B) Y en fonction du Zr C) TiO₂ en fonction de Al₂O₃, D) Zr/Y en fonction de SiO₂, E) Zr/Y en fonction du Zr et F) diagramme des ÉTR normalisés aux chondrites C1 (Palm et O'neil, 2004).

2.2.3 UNITÉ FELSIQUE

Les roches volcaniques felsiques occupent à peu près 10% du secteur (Fig. 11). Elles forment une bande principale qui peut se suivre sur près d'un kilomètre avec une épaisseur moyenne de 100 m. Cette bande se retrouve principalement à l'est de la route du Nickel, c'est-à-dire au centre sud de la carte (Fig. 11). L'unité felsique est fortement déformée et rubanée. Ce rubanement pourrait correspondre à un litage dans un tuf rhyolitique ou une texture d'écoulement laminaire dans une coulée felsique (« flow banding ») (Fig. 19A et 19B). La couleur en surface altérée est blanc beige et gris pâle en cassure fraîche (Fig. 19C). La granulométrie de l'unité felsique est relativement fine, c'est-à-dire moins de 1 mm. De plus, des grenats sont observés localement, ainsi que de l'épidote. On y retrouve des traces jusqu'à 2% de minéraux opaques tels que la pyrite et la galène.

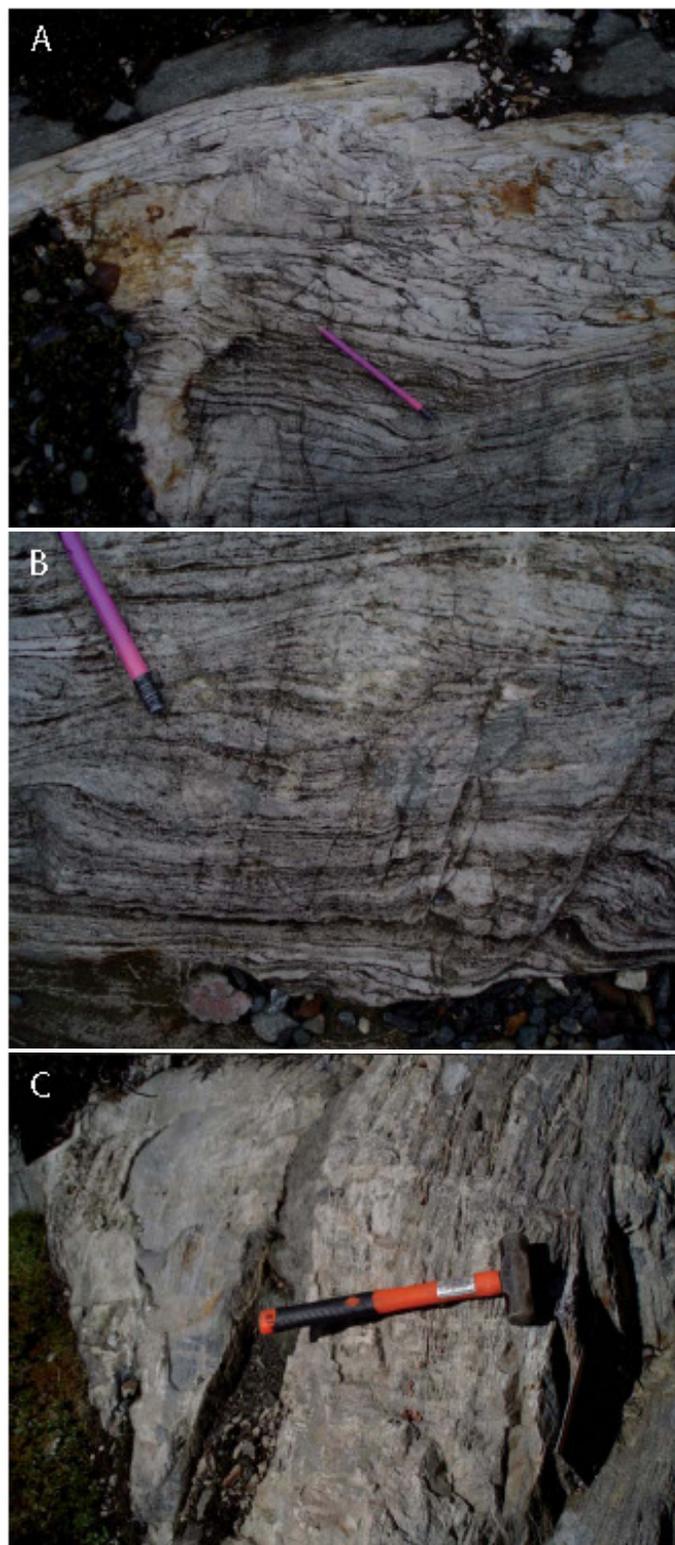


Figure 19: Photos de roches felsiques prises sur le secteur Marbridge. A) et B) Rubanement dans les roches felsiques déformées, C) Affleurement rhyolitique montrant le rubanement.

En lame mince, cette unité est essentiellement composée de quartz dont la proportion varie entre 40 et 60%. Ce dernier est recristallisé. Deux micas, soit la muscovite et la biotite, y sont bien visibles (Fig. 20A et 20B). La proportion de biotite peut varier de 5 à 30% dans certaines lames et pour la muscovite, c'est entre 10 et 30%. Il y a aussi, comme le montrent les figures 20C et 20D, un certain rubanement matérialisé par des concentrations de muscovite. La muscovite et la biotite sont automorphes et cette dernière peut être localement chloritisée. La présence de plagioclase, en lame mince, est relativement mineure, variant de 1 à 15%. Le plagioclase est recristallisé et damouritisé par endroits. L'épidote est aussi présente avec une proportion de 4 à 18%. L'unité felsique présente aussi de 1 à 2% de minéraux opaques, essentiellement de la pyrite. Pour ce qui est des phases mineures, on note la présence de muscovite, de grenat, de microcline et de hornblende.

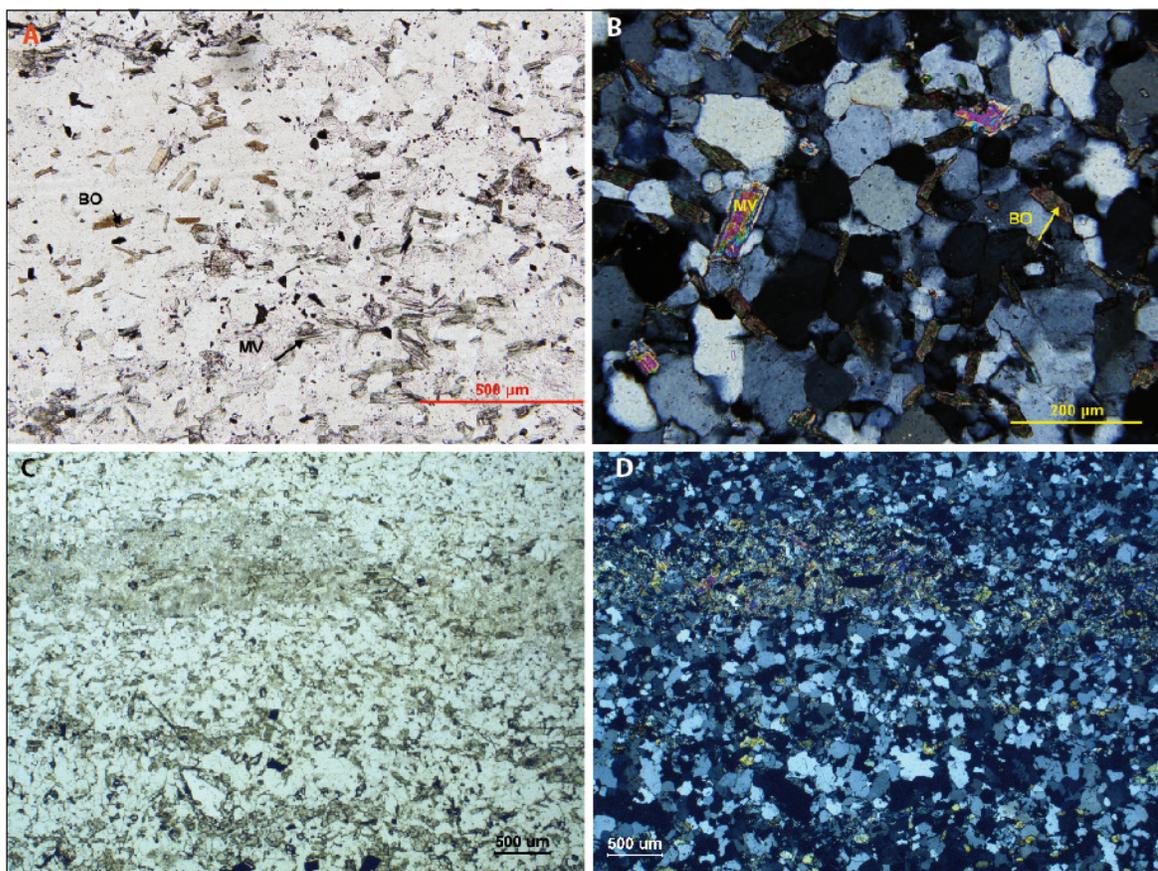


Figure 20: Microphotographies de roches felsiques montrant la minéralogie dans cette unité. A) Photo montrant la présence de biotite (BO) et de muscovite (MV) (LN). B) Vue montrant encore une fois la présence de deux micas (BO et MV) (LPA). C) Vue montrant le rubanement matérialisé par la muscovite (LN). D) Microphotographie identique à la précédente, en lumière polarisée analysée.

La lithogéochimie des volcanites felsiques montre des compositions surtout dacitiques à rhyolitiques. Les diagrammes des figures 21A et 21B montrent la présence de 2 familles. La figure 21C montre l'immobilité du titane et de l'aluminium dans chacune des familles. Les figures 21D et 21E indiquent que ces 2 familles font parties d'une suite calco-alcaline. Finalement, le diagramme des éléments des terres rares normalisés aux chondrites (Fig. 21F) ne permet pas de discriminer les différentes familles de volcanites felsiques, puisque les spectres sont tous très semblables. Les rhyolites semblent se distinguer par une anomalie négative plus forte en Eu.

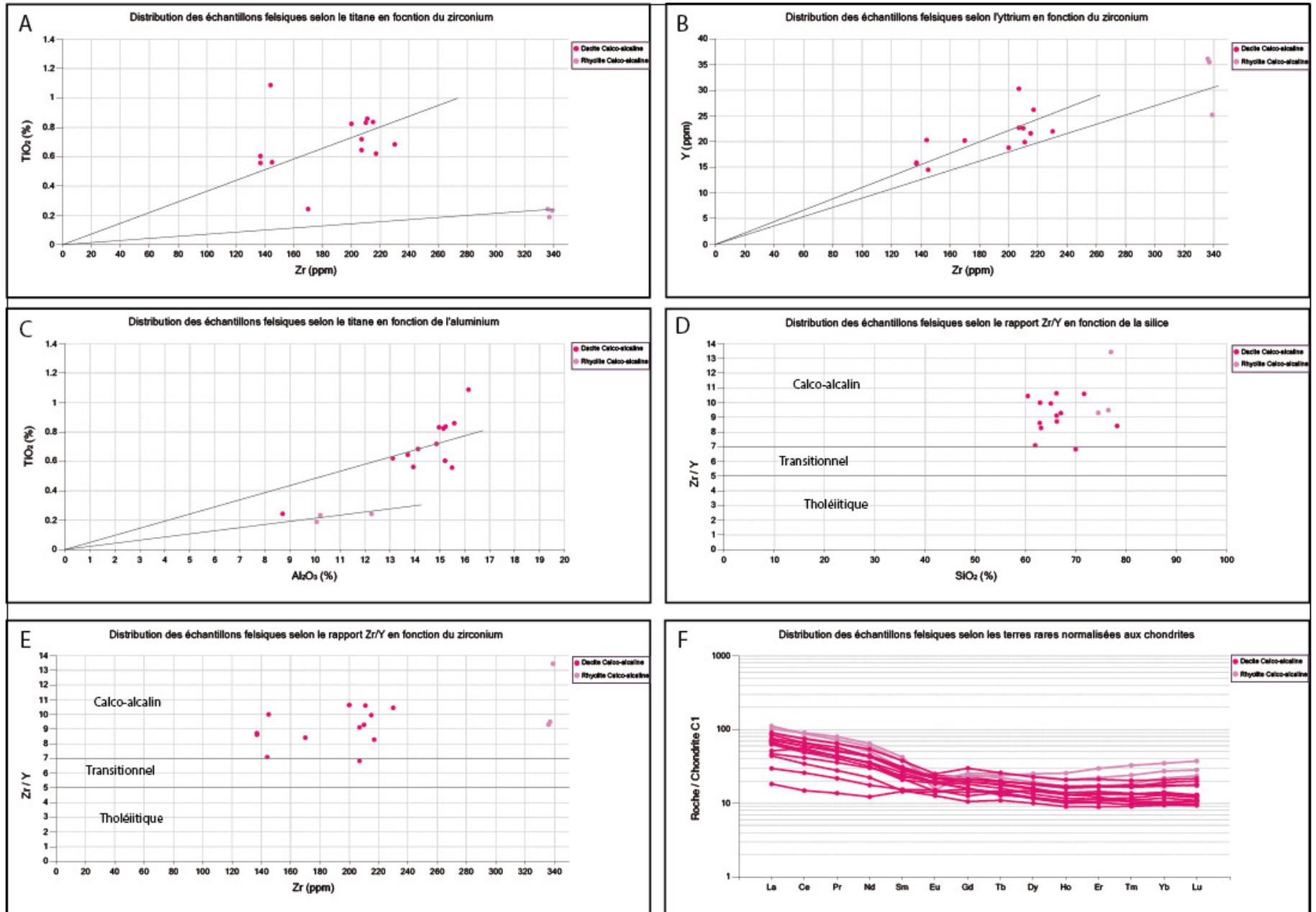


Figure 21: Diagrammes montrant la lithogéochimie de l'unité felsique sur le secteur Marbridge. En A) diagramme du TiO_2 en fonction du Zr, B) Y en fonction du Zr C) TiO_2 en fonction de Al_2O_3 , D) Zr/Y en fonction de SiO_2 , E) Zr/Y en fonction du Zr et F) diagramme des ÉTR normalisés aux chondrites C1 de Palm et O'neil (2004). Il est à noter que les limites tracées ici sont tirés de MacLean et Barrett, 1993.

2.2.4 UNITÉ VOLCANOSÉDIMENTAIRE

Une unité volcanosédimentaire est reconnue au centre de la carte de la figure 11. Cette unité présente un défi au niveau de sa caractérisation si bien que sur le terrain elle a été décrite de manière générale comme un schiste à biotite et hornblende.

L'unité de schiste à biotite et hornblende (Figs. 22A et 22B) représente environ 10% du secteur de la mine Marbridge. Elle correspond à une bande NO-SE qui s'étend sur une longueur d'un kilomètre et peut atteindre 200 m d'épaisseur. Cette unité est à grains fins, à texture granoblastique et se compose d'un mélange de quartz, de feldspath, de biotite et de hornblende. Le rubanement compositionnel rappelle celui du litage dans des roches sédimentaires. Localement, certains affleurements exposent des faciès bien préservés de turbidites (Figs. 22E et 22F). Ces roches se présentent avec une alternance de beige gris et gris bleuté. On y observe également la présence de porphyroblastes de grenats de teinte rosée ainsi que des traces de pyrite. Cette unité était historiquement associée à des roches sédimentaires et des tufs dans les cartographies précédentes (Clark, 1965; Buchan et Blowes, 1968; Giovenazzo, 2000).

Une sous-unité fragmentaire peut être définie. Cette sous-unité fragmentaire fait quelques mètres d'épaisseur, mais peut être suivie sur une centaine de mètres, voir davantage. Les fragments, de nature felsique, constituent de 30 à 50% de la roche dans une matrice de biotite et de hornblende (Fig. 22C et D). Les fragments, ayant une taille plus ou

moins variable, allant de 4 cm de long à plus de 10 cm par endroit, sont de composition dacitique à rhyolitique. Cette sous-unité peut être décrite comme un tuf à lapilli/blocs.

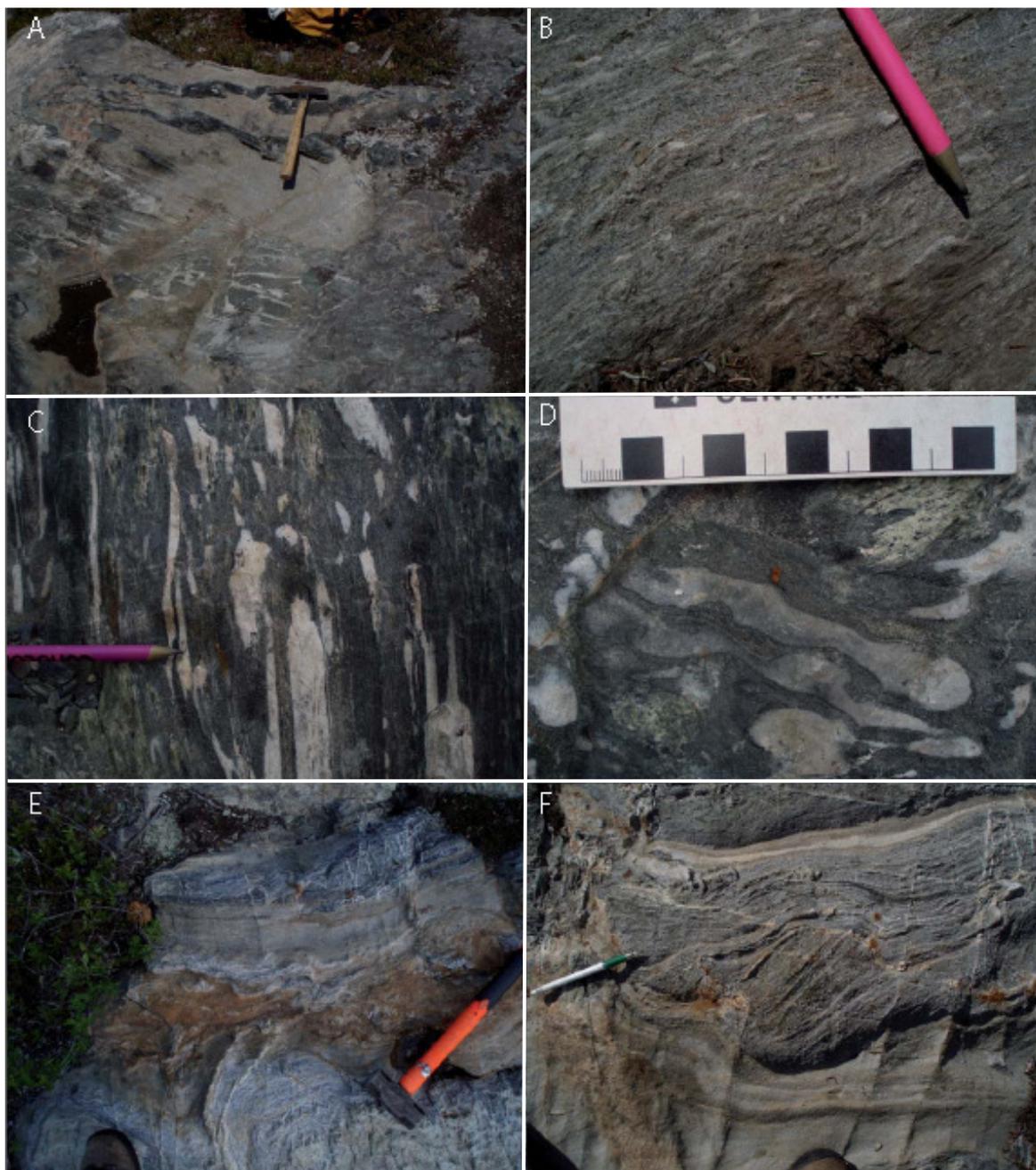


Figure 22: Photos de l'unité volcanosédimentaire prises sur le secteur Marbridge. A) et B) Une vue générale du « schiste à biotite et hornblende », C) et D) Sous-unité fragmentaire, tuf à lapilli/blocs, volcanoclastite, E) et F) Turbidite.

En lame mince, la schistosité est bien définie et est principalement marquée par la biotite (Fig. 23A). Comme mentionné plus haut, cette unité contient une sous-unité fragmentaire et il est possible de remarquer la différence entre les deux en lames minces. Le schiste à biotite et hornblende contient en moyenne 45% de quartz, tandis que la sous-unité fragmentaire en contient 29%. Le quartz est complètement recristallisé dans les deux cas. La proportion de biotite est relativement semblable dans le schiste à biotite et hornblende ainsi que dans la sous-unité fragmentaire, soit en moyenne 20%. Elle est automorphe et parfois disposée de façon aléatoire, mais le plus souvent elle est alignée selon le plan de schistosité. Le pourcentage de plagioclase n'est pas très différent non plus entre le schiste à biotite et hornblende et la sous-unité fragmentaire, il est en moyenne de 14% pour les deux. La sous-unité fragmentaire contient jusqu'à 60% de hornblende, principalement à l'intérieur de la matrice et essentiellement automorphe, tandis que le schiste à biotite et hornblende présente un maximum de 20% de hornblende automorphe. La figure 23C illustre bien la composition quartzo-feldspathique des fragments, ainsi que la matrice riche en biotite et hornblende de la sous-unité fragmentaire. L'unité contient également entre 2 et 7% d'épidote, cependant, dans une des lames on en a observé jusqu'à 30%. L'épidote se présente sous la forme automorphe et en veines. La proportion de grenat atteint 4% dans le schiste à biotite en général mais peut atteindre 20% dans la sous-unité fragmentaire. Les grenats (Fig. 23B) sont communément allongés selon la fabrique principale et des ombres de pression sont observées à leur extrémité. Ces relations suggèrent une formation contemporaine à l'apogée de la déformation (Zwart, 1962). De plus, entre 1 et 5% de minéraux opaques ont été observés, soient essentiellement de la magnétite et de la pyrite.

Finalement, la chlorite et la muscovite sont présents en abondance mineure dans l'unité volcanosédimentaire.

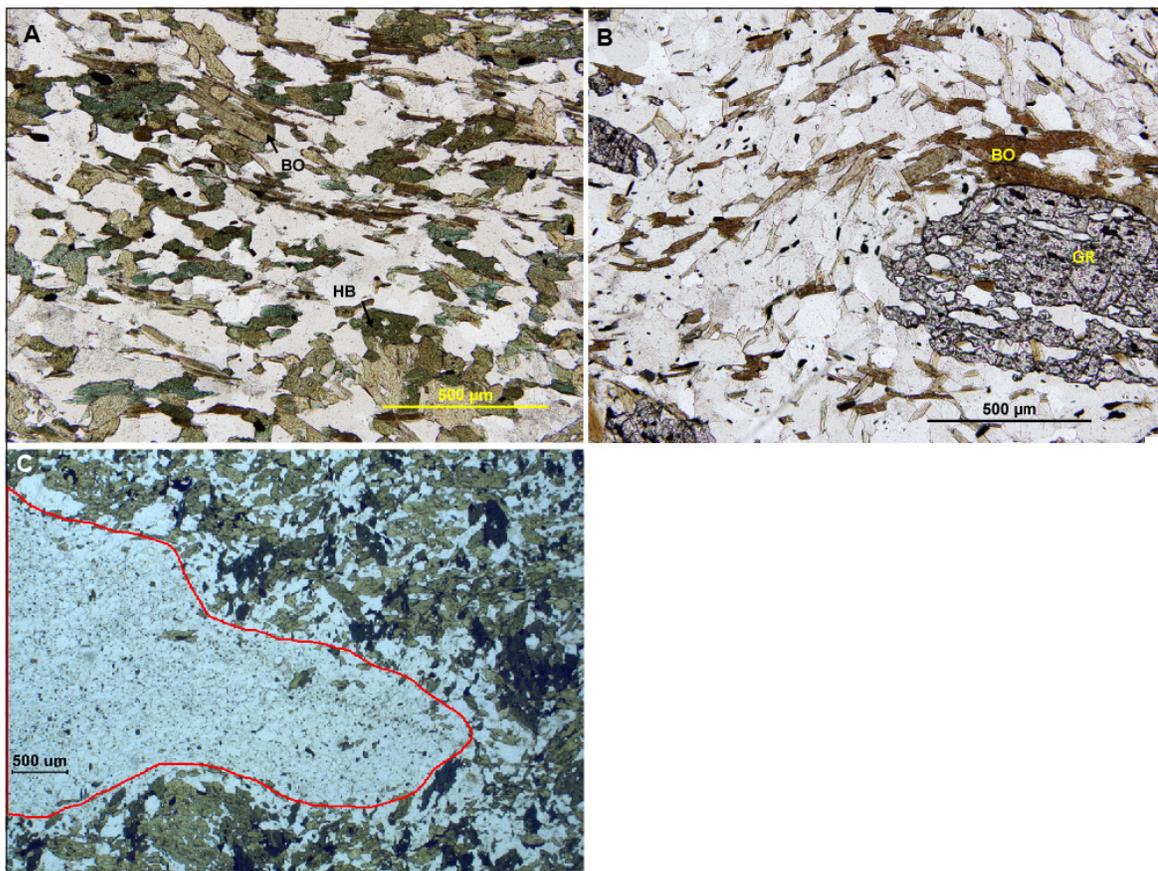


Figure 23: Microphotographies des schistes à biotite et hornblende. A) Photo montrant la présence de biotite (BO) et de hornblende (HB) (LN). B) Vue montrant la présence de biotite (BO) et de grenat (GR) (LN). C) Vue montrant un fragment dacitique/rhyolitique contenu dans la sous-unité fragmentaire (LN).

La lithogéochimie des schistes à biotite et hornblende montre que ces roches ont un héritage provenant de différentes unités présentes sur le secteur de la mine Marbridge, puisqu'elles définissent une suite transitionnelle et même calco-alcaline (Fig. 24). Les roches volcanosédimentaires sont hétérogènes en raison de la présence de lits ou de fragments de composition différentes, ce qui rend l'interprétation des analyses complexes. C'est pourquoi les diagrammes de la figure 24 sont utilisés à titre indicatif. De plus, d'un

point de vue géochimique, il est pratiquement impossible de distinguer la sous-unité fragmentaire, identifiée dans les diagrammes de la figure 24 par les points bleu foncé. Cependant, le graphique de la figure 24C suggère que la sous-unité fragmentaire est probablement plus altérée que le schiste à biotite et hornblende, puisque les points de la sous-unité sont alignés sur la droite d'altération passant par l'origine. Les éléments des terres rares normalisés aux chondrites (Fig. 24F) décrivent un profil semblable pour tous les échantillons.

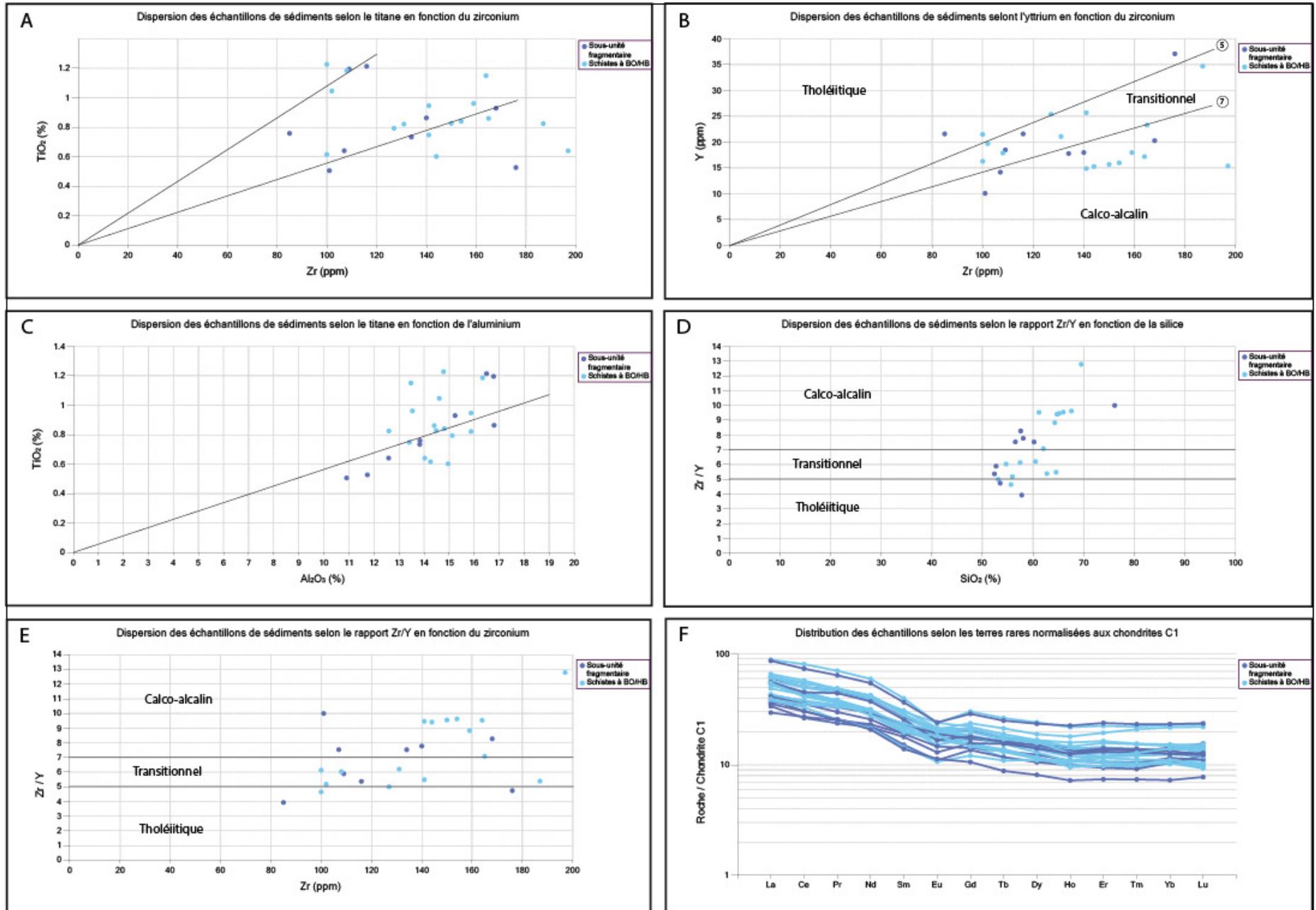


Figure 24: Diagrammes montrant la lithogéochimie des schistes à biotite et hornblende sur le secteur Marbridge. En A) diagramme du TiO_2 en fonction du Zr, B) Y en fonction du Zr C) TiO_2 en fonction de Al_2O_3 , D) Zr/Y en fonction de SiO_2 , E) Zr/Y en fonction du Zr et F) diagramme des ETR normalisés aux chondrites.

2.2.5 INTRUSIONS

Les intrusions représentent moins de 5% du secteur de la mine Marbridge. L'unité intrusive principale est un gabbro qui peut s'étendre sur 350 m avec une épaisseur d'environ 40 m. Ce gabbro est massif, de granulométrie grossière et devient localement plus folié (Fig. 25). Outre cette intrusion qui a la forme d'un filon-couche, on reconnaît une panoplie de dykes de compositions variables et dont les épaisseurs varient du centimètre au mètre. Les dykes présentent des compositions qui varient de mafiques, intermédiaires à felsiques.



Figure 25: Photo montrant une intrusion gabbroïque schisteuse.

Au niveau des dykes intermédiaires à felsiques, on retrouve principalement des diorites et des tonalites. Sur le terrain, des relations de recoupement sont observées par endroits entre ces différents dykes. Selon ces observations, il est possible d'interpréter une séquence de mise en place. Ainsi, on a observé des dykes mafiques qui recourent des dykes de diorite et de tonalite (Fig. 26A, B, D et E).

Au niveau de la déformation de ces intrusions, elles sont toutes affectées par la fabrique S_p et localement plissées (Fig. 26A) et boudinées (Fig. 26C).

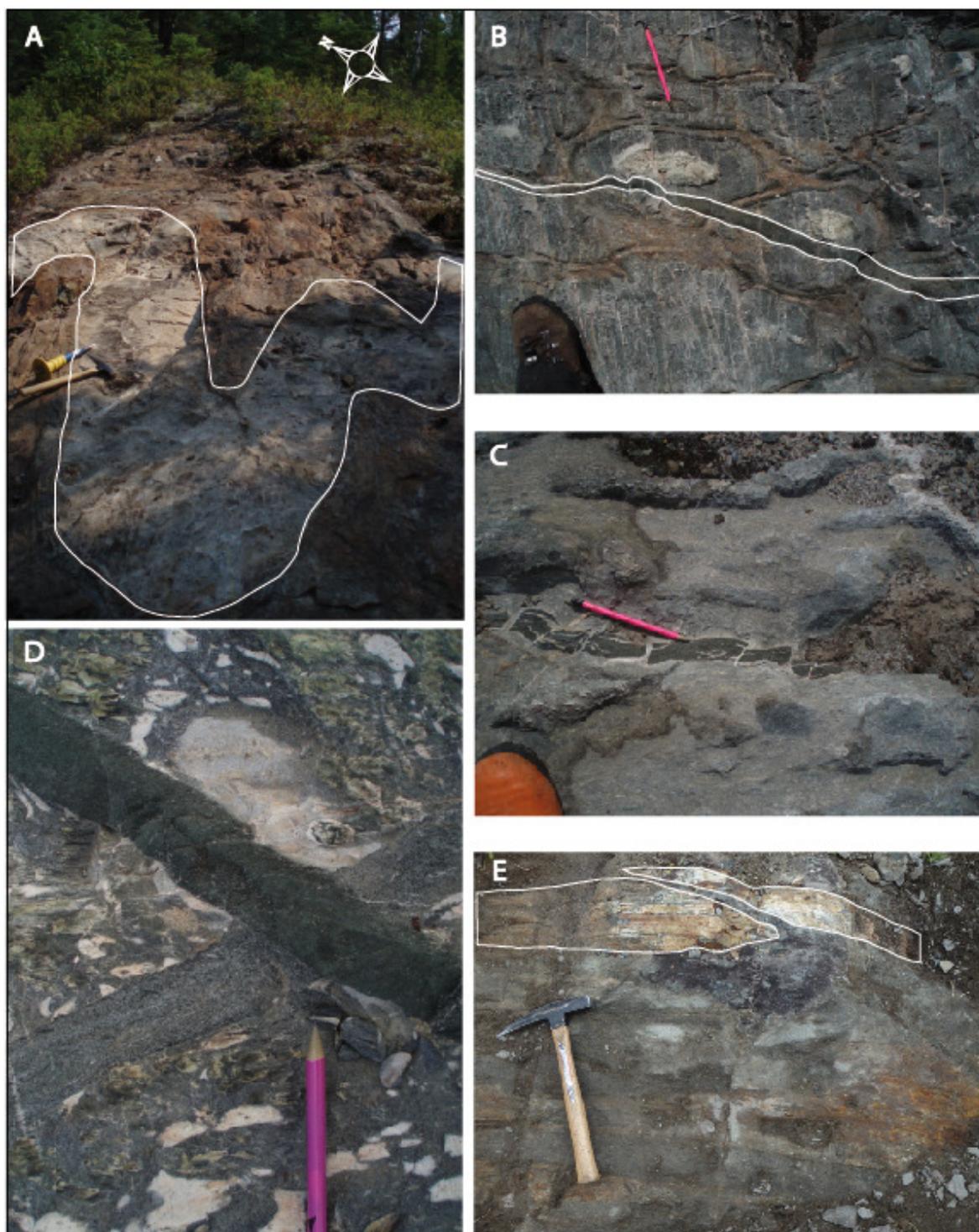


Figure 26: Photos des différents dykes observés sur le secteur de la mine Marbridge. A) Dyke de tonalite précoce plissé; B) Dyke mafique qui recoupe des laves coussinées; C) Dyke mafique boudiné; D) Dyke de diorite précoce recoupé par un dyke mafique; et E) Dyke felsique (bordures surlignées en blanc) recoupé par un dyke mafique.

En lame mince, les échantillons de dykes mafiques se composent essentiellement de hornblende, en moyenne 59%, et de plagioclase, 28% en moyenne. La hornblende est localement poeciloblastique, tandis que le plagioclase est recristallisé et localement séricitisé (Fig. 27A et B). Dans quelques cas seulement, de la biotite et des minéraux opaques sont observés en quantité mineure (1%). Aussi, certains échantillons montrent de l'épidote, de la chlorite (2% et 15% respectivement), ainsi qu'une autre amphibole. Les critères optiques de cette amphibole, fibreuse et très allongée, sont interprétés comme étant ceux de l'actinote avec une quantité allant jusqu'à 80%. Pour ce qui est des échantillons de dykes intermédiaires, on observe principalement des plagioclases, en moyenne 73%, et des hornblendes, 18% (Figs. 27C et 27D). Dans ces échantillons, la hornblende est plutôt automorphe, et le plagioclase est recristallisé. Les phases mineures observées sont la chlorite (2%), l'épidote (1%), la biotite (1%, avec une lame présentant jusqu'à 15%) et des minéraux opaques (1%). Finalement, un échantillon montre un mélange de hornblende et d'actinote. Pour terminer, les dykes felsiques sont essentiellement composées de quartz, jusqu'à 65%, et d'environ 15% de plagioclase (Fig. 27E). Ces derniers sont complètement recristallisés. On y voit aussi de la biotite (10%), de la muscovite (7%) et de la chlorite (3%), tous trois automorphes et localement disposées de façon aléatoire et non alignées.

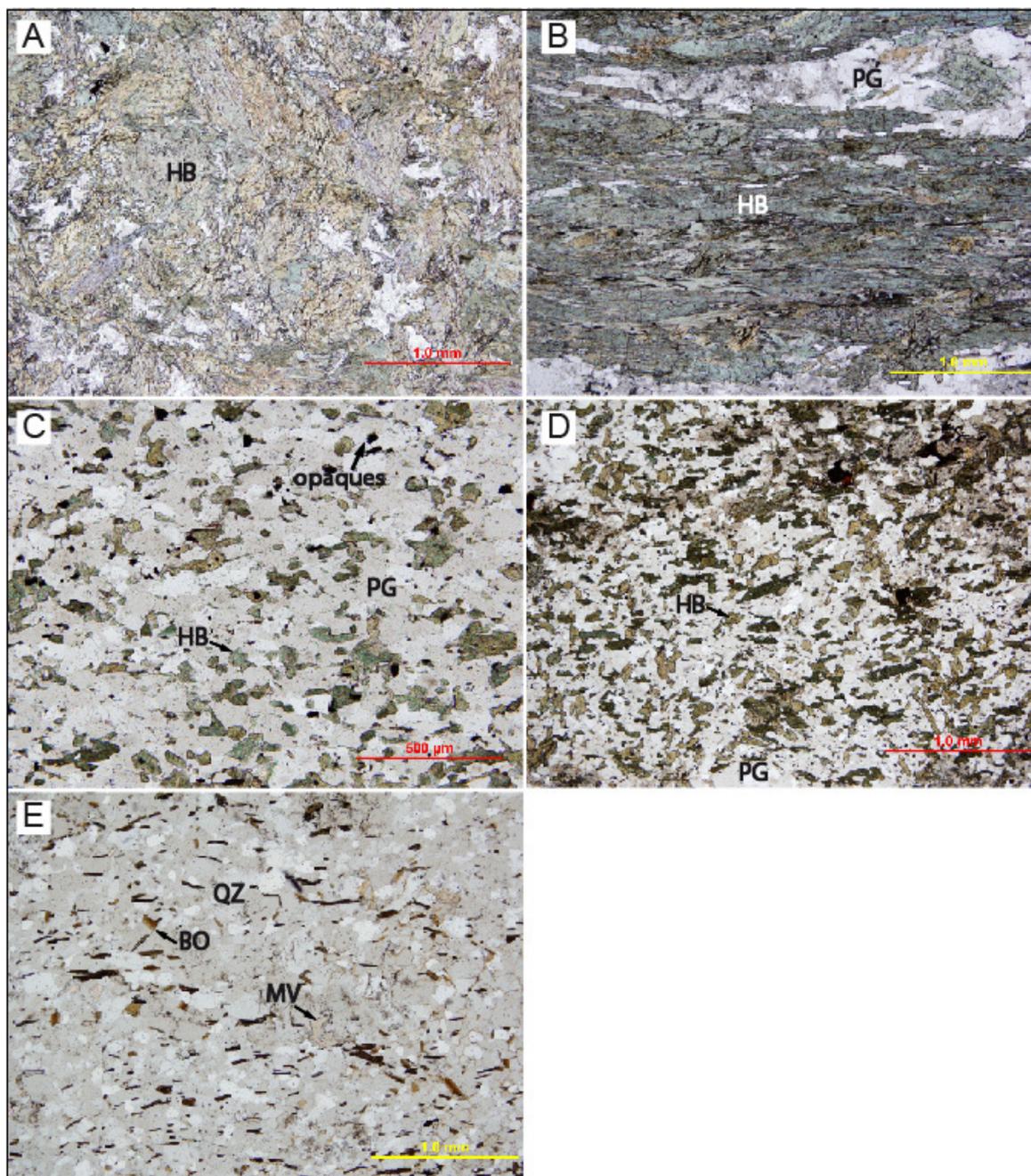


Figure 27: Microphotographies des différents types d'intrusions. A) et B) Photos montrant la composition des dykes mafiques; C) et D) Photos montrant la composition des dykes intermédiaires; et E) Photo montrant la composition des dykes felsiques.

La lithogéochimie des dykes montre trois familles (Fig. 28A et B). Il est à noter qu'un seul dyke felsique a été observé et échantillonné dans le secteur. La figure 28C montre

l'immobilité des oxydes de titane et d'aluminium. Les dykes mafiques et le filon-couche de gabbro sont tholéitiques, tandis que les dykes intermédiaires sont essentiellement calco-alcalins, tout comme le dyke felsique (Figs. 28D et 28E). Les spectres des éléments des terres rares (Fig. 28F) permettent aussi de distinguer les différentes familles de dykes.

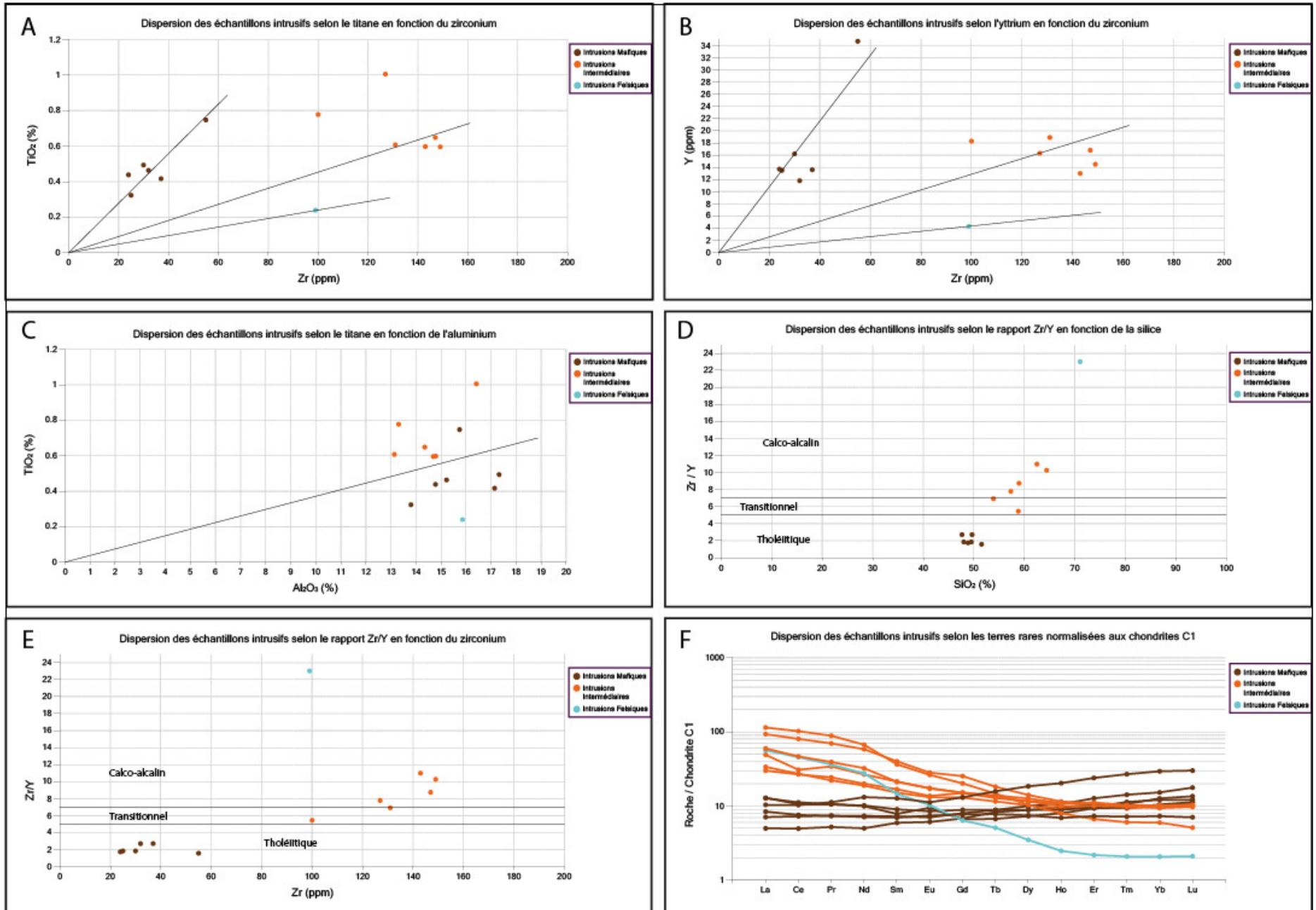


Figure 28: Diagrammes montrant la lithogéochimie des intrusions. En A) diagramme du TiO₂ en fonction du Zr, B) Y en fonction du Zr C) TiO₂ en fonction de Al₂O₃, D) Zr/Y en fonction de SiO₂, E) Zr/Y en fonction du Zr et F) diagramme des ETR normalisés aux chondrites C1.

2.2.6 SOMMAIRE DES DESCRIPTIONS

L'étude lithogéochimique des diverses unités du secteur de la mine Marbridge a permis de reconnaître deux suites distinctes : (1) une suite calco-alcaline, composée d'unités andésitiques, dacitiques, rhyolitiques et de diverses roches volcanosédimentaires associées; et (2) une suite tholéiitique, laquelle comprend essentiellement des coulées komatiitiques, des intrusions ultramafiques, des intrusions mafiques et des basaltes. La présence de ces deux suites magmatiques, quasi synchrones, est un élément notoire et mériterait d'être investiguée plus avant. De plus, la présence d'unités volcaniques felsiques intensément altérées en séricite et en chlorite ainsi que la forte altération en épidote des basaltes environnants suggèrent la présence potentielle d'un système hydrothermal volcanogène dans ce secteur.

2.3 ORGANISATION DES UNITÉS LITHOLOGIQUES

Les différentes lithologies observées dans le secteur étudié ont été décrites individuellement dans la section précédente. Cependant, elles peuvent être regroupées au sein d'assemblages, comme le présente la figure 29. Il est à noter que l'ordre stratigraphique de ces assemblages demeure problématique et la question sera traitée au chapitre 5.

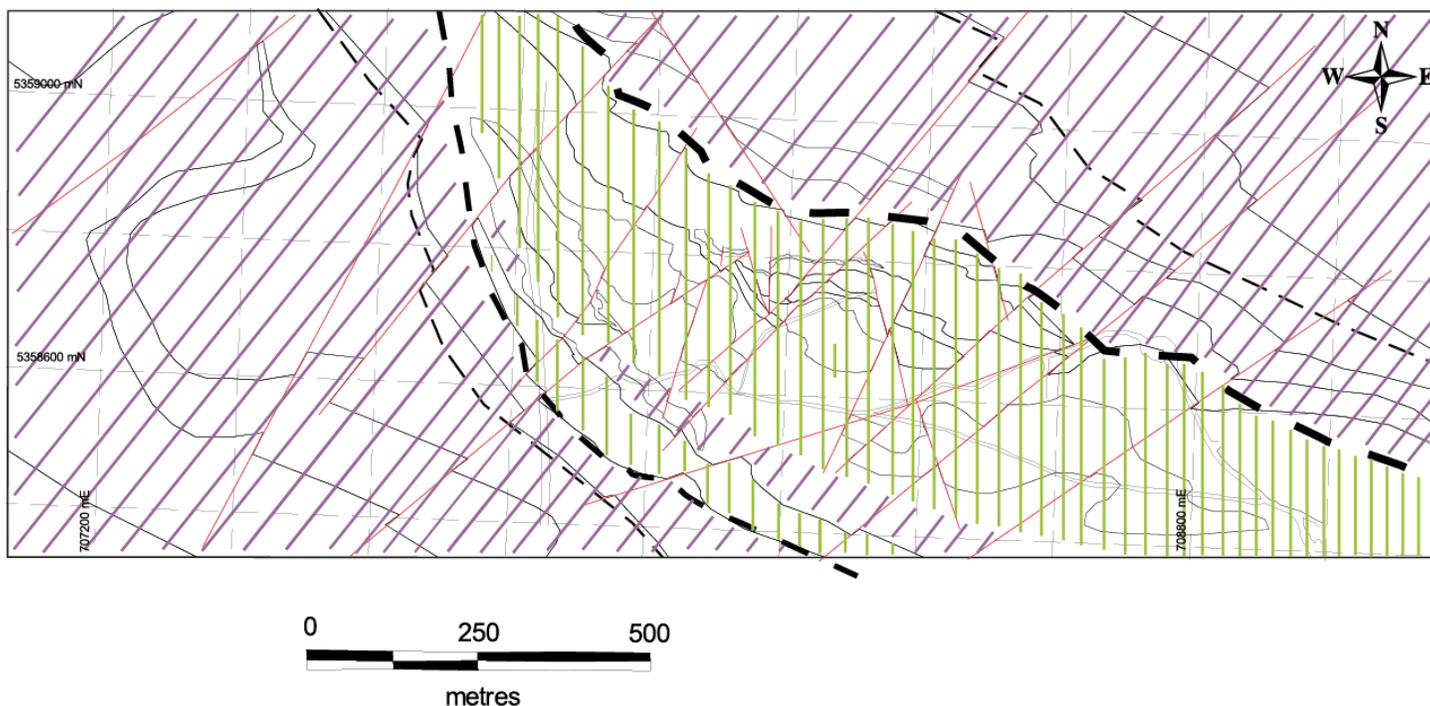


Figure 29: Carte schématisée du secteur Marbridge présentant les assemblages lithologiques d'après leur affinité géochimique. L'assemblage Ultramafique-Mafique, définissant une suite tholéiitique, est représenté en violet alors que l'assemblage Mafique-Ultramafique, définissant une suite transitionnel à calco-alcaline, est représenté en vert.

2.3.1 ASSEMBLAGE ULTRAMAFIQUE-MAFIQUE DES BLOCS SO ET NE

Cet assemblage est localisé au SO et au NE du secteur étudié (Fig. 29). Il est constitué à 80% de roches ultramafiques, principalement des komatiites, et 20% de roches mafiques, essentiellement des basaltes. L'assemblage Ultramafique-Mafique se compose entièrement de roches de composition tholéiitique.

L'unité felsique définit une suite calco-alcaline et correspond à peu de chose près, à la limite entre l'assemblage Ultramafique-Mafique du bloc SO et l'assemblage dominé par les faciès mafiques du bloc central.

2.3.2 ASSEMBLAGE MAFIQUE-ULTRAMAFIQUE-FELSIQUE DU BLOC CENTRAL

Cet assemblage se situe au centre du secteur étudié (Fig. 29). Excluant l'unité felsique près du contact sud, l'assemblage est composé à 70% de roches mafiques, principalement des basaltes, et à 30% de roches ultramafiques, essentiellement des komatiites. L'assemblage Mafique-Ultramafique-Felsique se différencie de l'assemblage Ultramafique-

Mafique par par son affinité géochimique définissant une suite transitionnelle à calco-alcaline. Cependant, les roches ultramafiques de cet assemblage montrent tout de même une affinité avec une suite tholéiitique.

L'unité volcanosédimentaire, ainsi que l'unité volcanique felsique, sont retrouvées au sein de l'assemblage Mafique-Ultramafique du bloc central et font partie de la suite transitionnelle à calco-alcaline (Fig. 24).

CHAPITRE 3

GÉOLOGIE STRUCTURALE ET MÉTAMORPHISME

3.1 INTRODUCTION

Le secteur de la mine Marbridge se situe à l'intérieur d'un couloir de déformation dont les limites correspondent, à peu de choses près, au bloc central défini au chapitre précédent. Ce couloir est caractérisé par des tectonites-LS avec une empreinte dominée par de très fortes linéations d'étirement, à plongée modérée vers le SE. De plus, ce secteur montre les évidences de plusieurs phases de déformation. La section qui suit présentera en détails les différentes fabriques et éléments structuraux retrouvés sur le secteur à l'étude.

3.2 DESCRIPTION DES FABRIQUES

3.2.1 SCHISTOSITÉ PRINCIPALE ($S_p = S_1$)

La schistosité principale du secteur Marbridge, identifiée sous l'appellation S_p , correspond à la première fabrique planaire visible sur le terrain et peut donc être désigné comme S_1 . Elle se présente comme étant une foliation et, à certains endroits, comme une schistosité ceci en fonction des différentes lithologies. La foliation correspond à un alignement préférentiel des minéraux surtout dans les roches mafiques tandis que la schistosité produit un débit en feuillets de la roche surtout au sein des unités sédimentaires (Brodie et al., 2007; Schmid et al., 2007). La fabrique S_1 est omniprésente et bien

développée (Fig. 30A). Tous les minéraux sont alignés selon cette fabrique, laquelle représente également le plan d'aplatissement apparent de tous les objets (fragments, coussins, etc.; Figs. 30A et B). De manière générale, la fabrique S_p/S_1 est parallèle aux différents contacts lithologiques. Elle est également présente selon une intensité variable, mais généralement très forte, dans les unités mafiques, felsiques et sédimentaires, mais avec une intensité plus faible dans les unités ultramafiques.

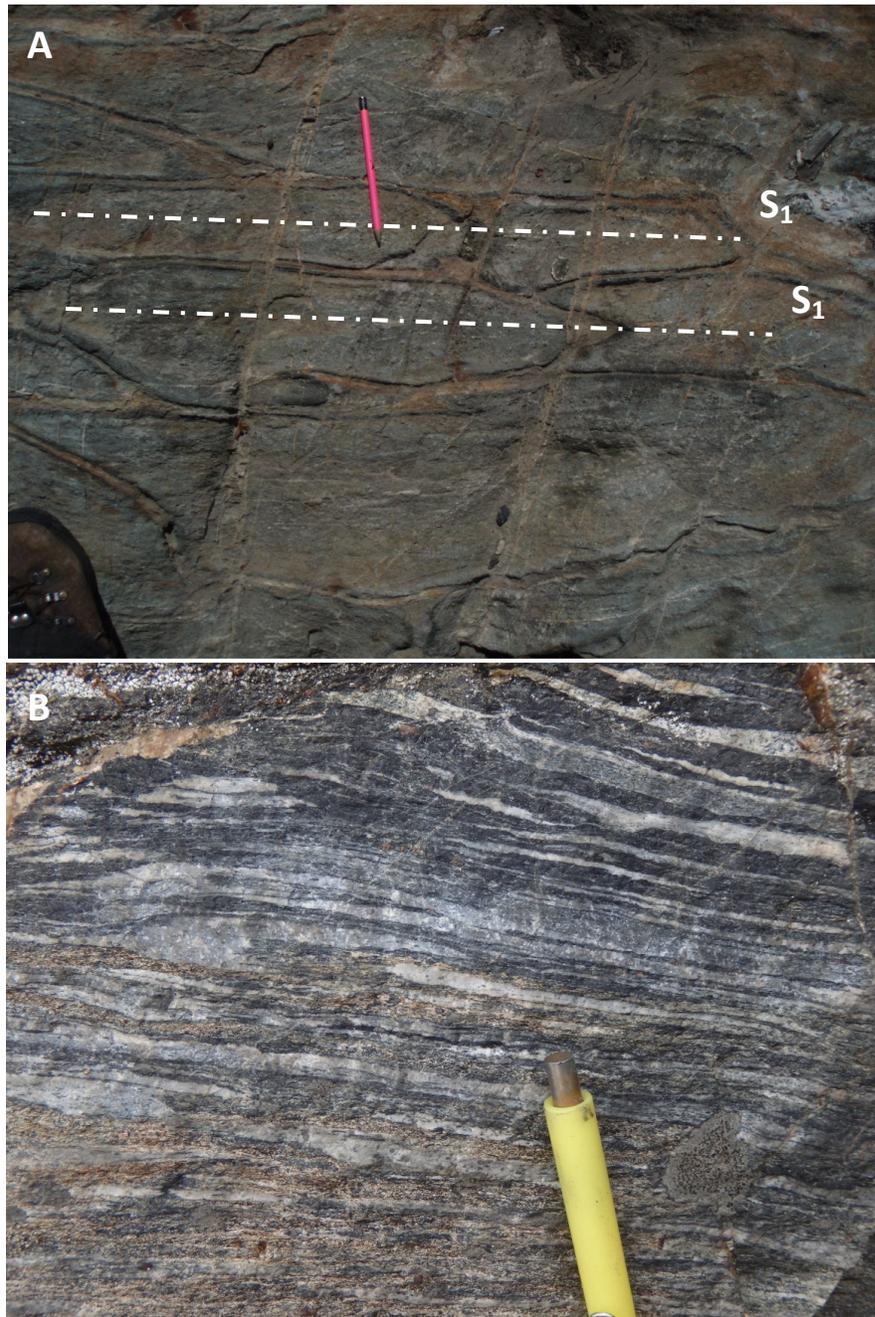


Figure 30: Apparence de la schistosité Sp-S₁ sur le terrain. A) Schistosité S₁ bien développée, les coussins sont allongés subparallèlement à cette fabrique; B) Vue détaillée de la sous-unité fragmentaire où les fragments felsiques sont étirés le long de la fabrique Sp.

Au total, 280 mesures de S_p/S_1 ont été prises dans le secteur à l'étude. La carte de trajectoire de la schistosité S_p (Fig. 31) permet d'apprécier le comportement de la fabrique dans le secteur. Son orientation est localement variable, tantôt E-O, tantôt NO-SE.

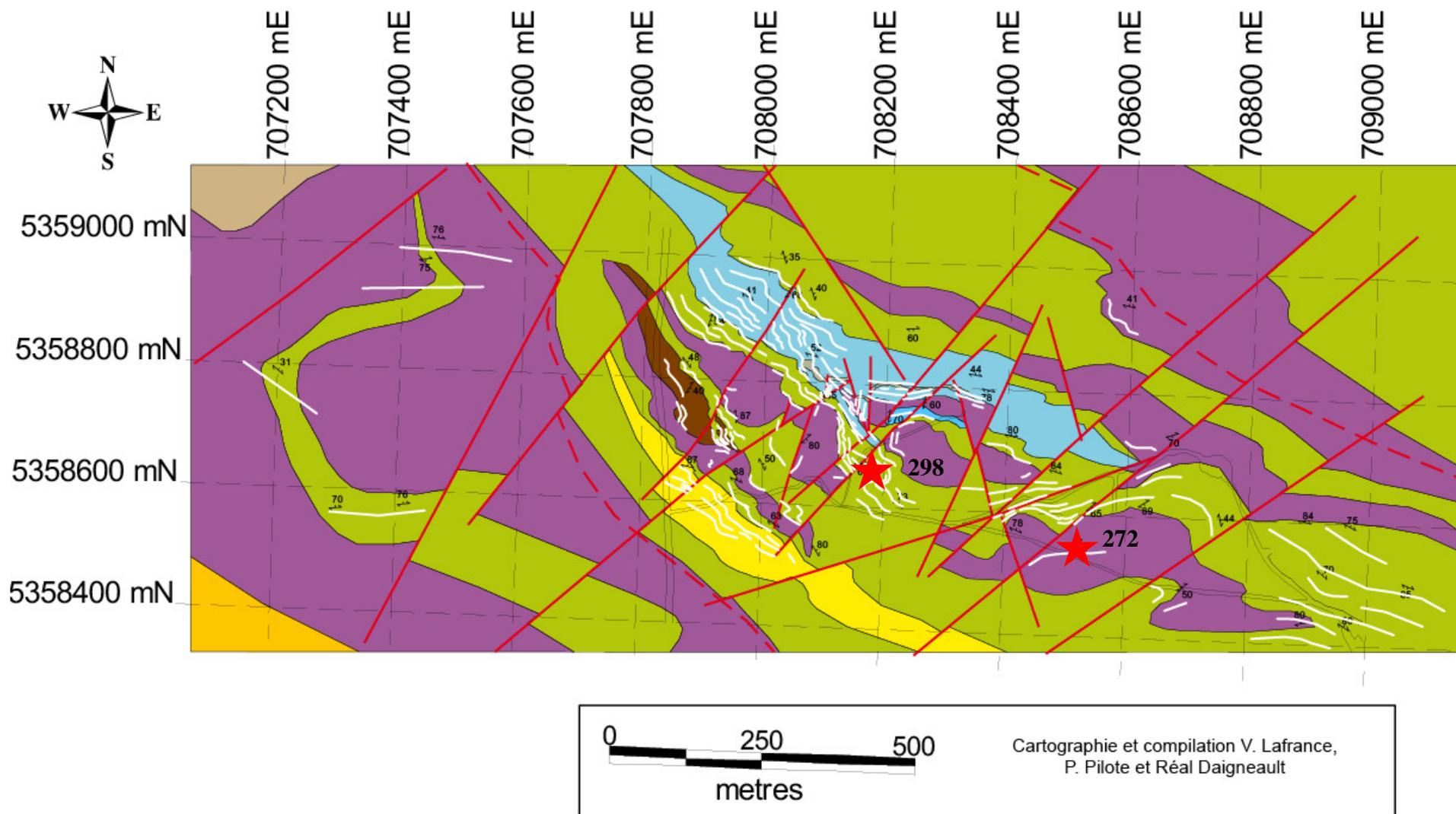


Figure 31: Carte des trajectoires de la schistosité principale (lignes blanches). Les étoiles rouges représentent des cartographies détaillées effectués sur les affleurements no. 272 et 298.

Sur un stéréogramme, la fabrique S_p-S_1 présente une distribution sur un grand cercle dont l'attitude est 184/44 (Fig. 32). Cette dispersion est due à des plis P_2 qui seront discutés plus loin. Toutefois, le mode, soit la plus grande densité de points, correspond à l'attitude la plus commune de la fabrique principale, c'est-à-dire 307/63.

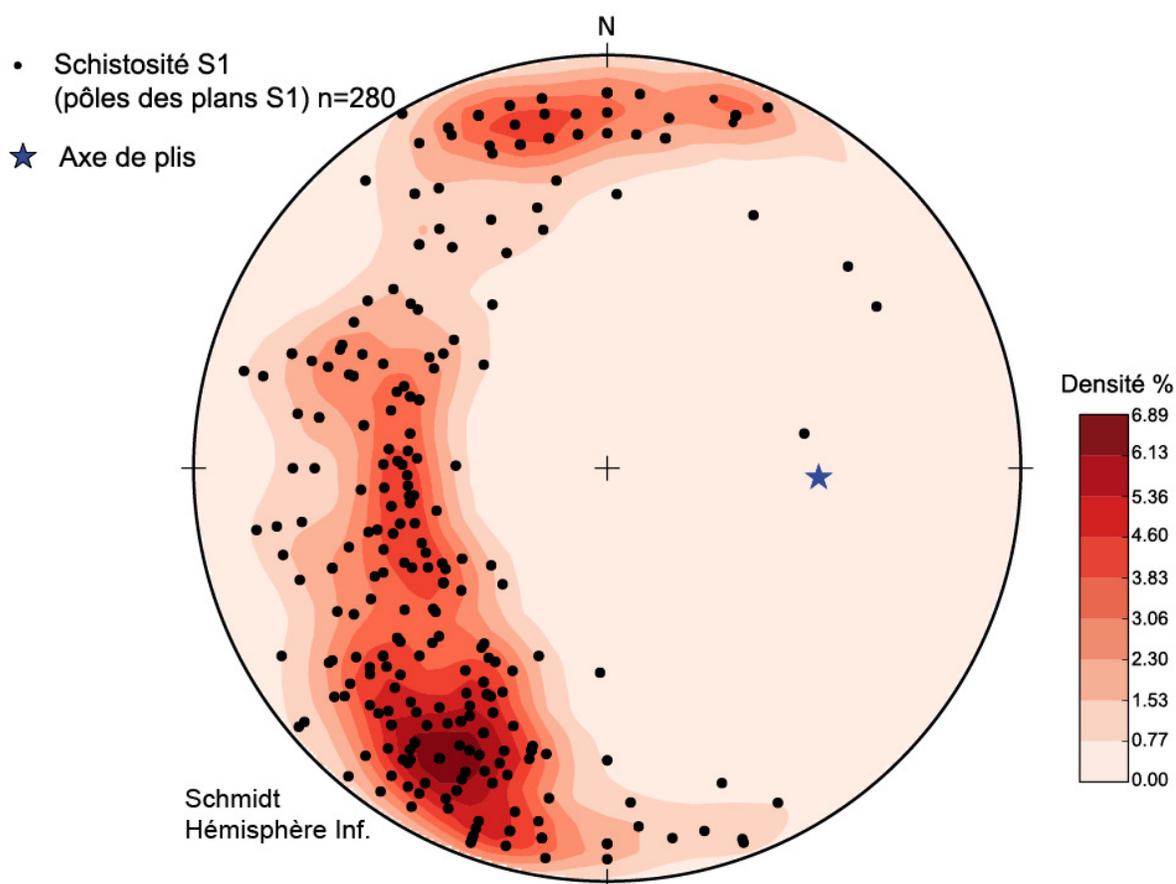


Figure 32: Distribution des mesures de la schistosité principale. La fabrique S_p est plissée et l'axe de pli (β) est 094/46. (280 mesures)

En lame mince (Fig. 33), la schistosité principale (S_1) est formée essentiellement par les minéraux métamorphiques progrades, soient les amphiboles et la biotite. Le plan de schistosité correspond au plan XY de l'ellipsoïde de déformation. La figure 33 met en comparaison la section XZ parallèle à la linéation d'étirement et donc plus anisotrope que

la section YZ. Les amphiboles montrent une faible orientation dans le plan YZ, soit celui perpendiculaire à la linéation.

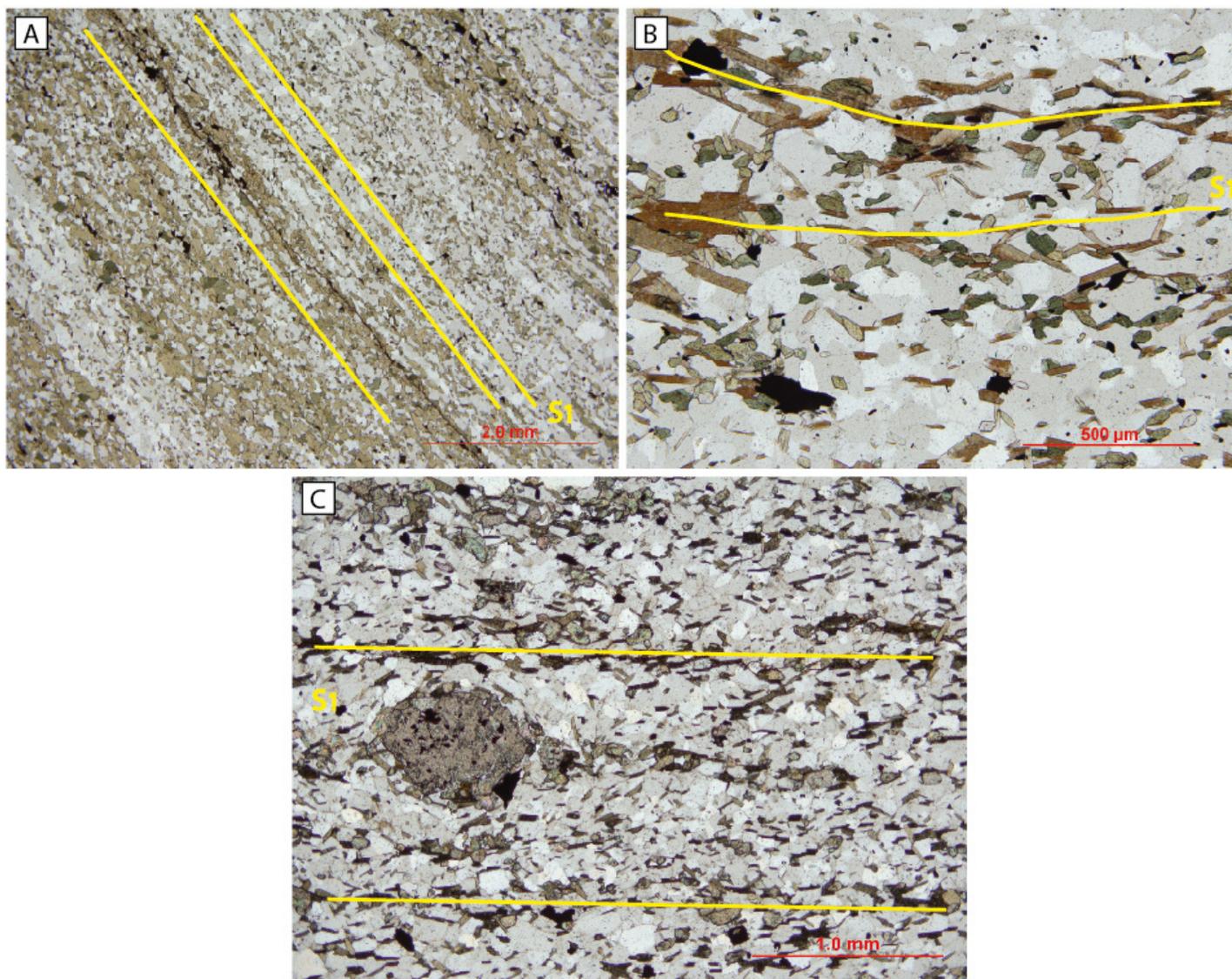


Figure 33: Microphotographie de la schistosité principale (S_1). A) Les amphiboles allongées, perpendiculaires à la linéation, matérialisent la schistosité, B) et C) La biotite et les amphiboles définissent la fabrique S_1 .

3.2.2 LINÉATION D'ÉTIREMENT L_ϵ

Comme mentionné précédemment, la linéation d'étirement (L_ϵ), est omniprésente dans le secteur de la mine Marbridge et très intense (Fig. 34). Localement, la linéation est

tellement développée (tectonites L) qu'il devient difficile d'identifier le plan de schistosité qui la contient.



Figure 34: Photo montrant l'intensité de la linéation d'étirement sur le secteur de la mine Marbridge.

La linéation d'étirement s'observe dans le plan S_p-S_1 . Elle est systématiquement orientée vers l'est avec une inclinaison faible à modérée. Bien que la fabrique S_p soit d'attitude variable à cause du plissement P_2 , la linéation demeure d'attitude constante et est généralement directionnelle, avec une composante oblique dans le plan S_p . La représentation sur stéréonet des 137 mesures de L_ϵ est très constante et produit une densité de points avec une valeur moyenne de 094/46 (Fig. 35).

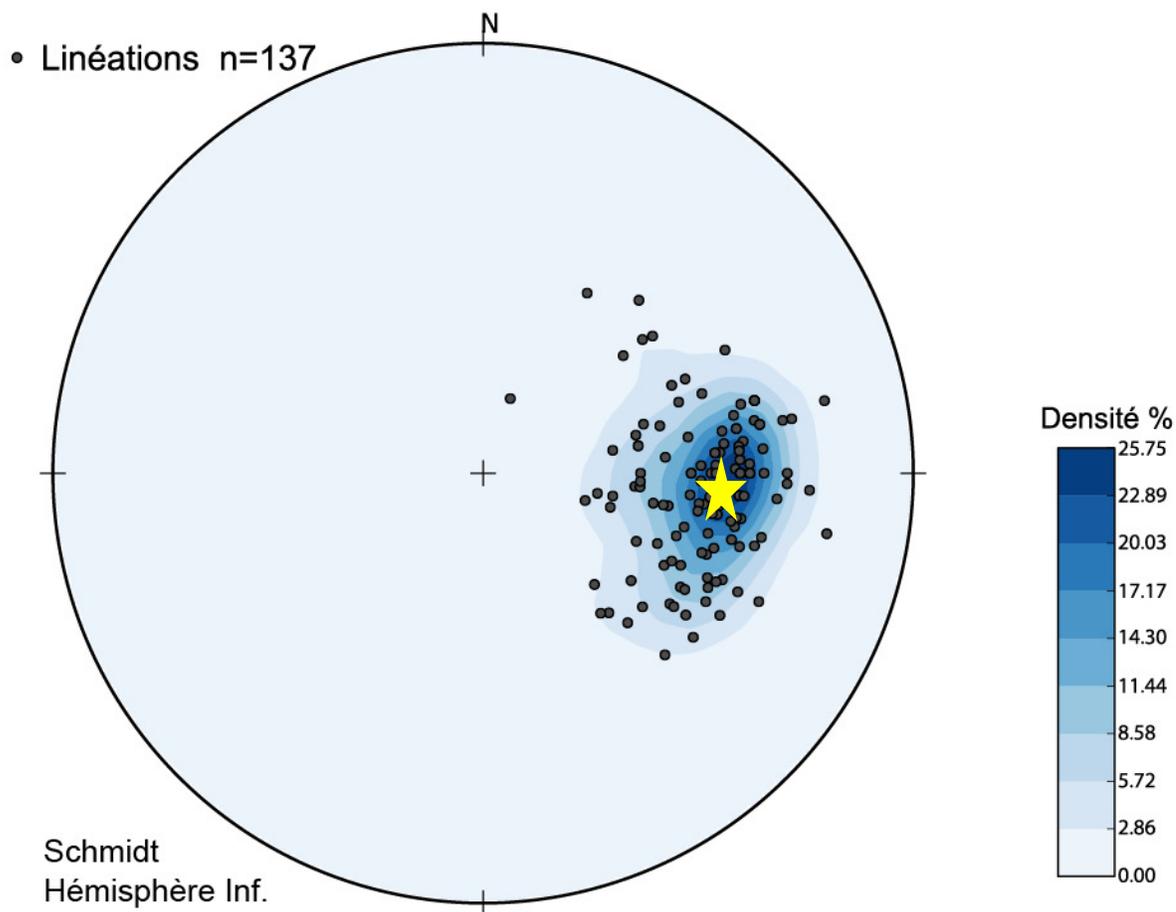


Figure 35: Distribution des mesures de Linéation d'étirement. La L_{ξ} est également colinéaire à l'axe de pli P_1 . (137 mesures). L'étoile indique la valeur moyenne.

En lame mince (Fig. 36), on remarque aussi que ce sont les minéraux métamorphiques, essentiellement les hornblendes, qui matérialisent la linéation d'étirement. Sur la lame parallèle à la linéation, c'est-à-dire le plan XZ (Figs. 36A et 36C), on voit très bien les minéraux qui forment des cigares. Contrairement aux figures 36B et 36D où l'on voit la face 001 des amphiboles avec leur clivage à 120° , c'est-à-dire le plan d'observation YZ, on remarque sur les figures 36A et 36C que les hornblendes sont étirées selon la linéation d'étirement.

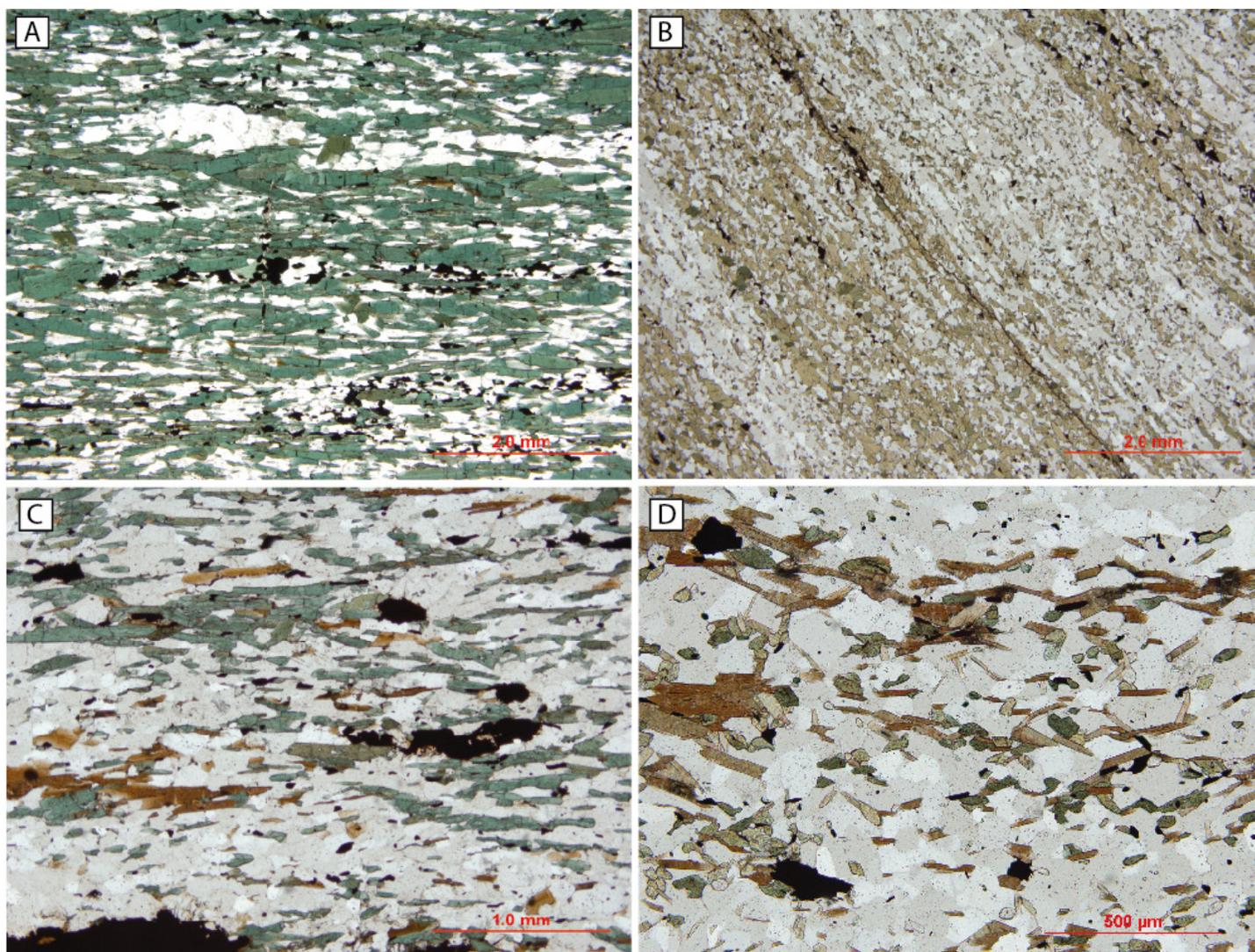


Figure 36: Microphotographies de la linéation d'étirement. A) plan d'observation XZ, B) même échantillon qu'en A, plan d'observation YZ, C) plan d'observation XZ, D) même échantillon qu'en C, plan d'observation YZ. Les microphotographies A et C montrent des amphiboles en forme de cigare due à l'intensité de la linéation d'étirement.

3.2.3 CLIVAGE DE CRÉNULATION S_2

La fabrique S_2 consiste principalement en un clivage de crénulation, globalement de plan axial aux plis P_2 (Fig. 37A et 37B). Cette fabrique est non pénétrative et n'est observée que localement. Son orientation générale est E-O, soit en moyenne à 083/84.

La représentation sur stéréonet (Fig. 38) des 20 mesures prises dans le secteur montre une distribution variable en direction et en pendage. Ces variations sont probablement reliées aux incertitudes de mesures (surtout pour les pendages) ou des effets d'éventail de l'attitude de S_2 selon les flancs de plis P_2 .

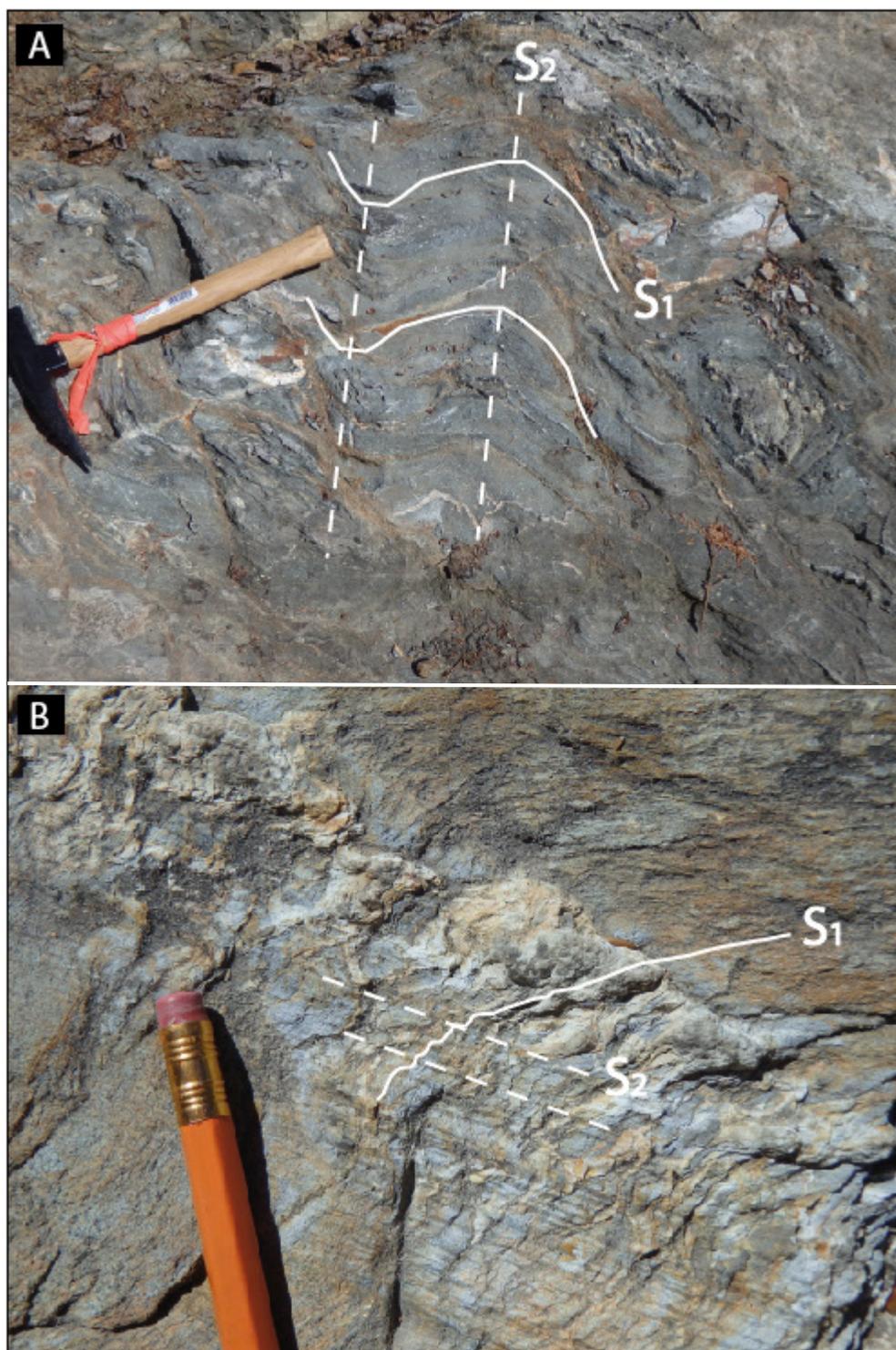


Figure 37: A) et B) Clivage de crénulation S_2 observé en affleurement. Les lignes blanches indiquent la position des différentes fabriques observées.

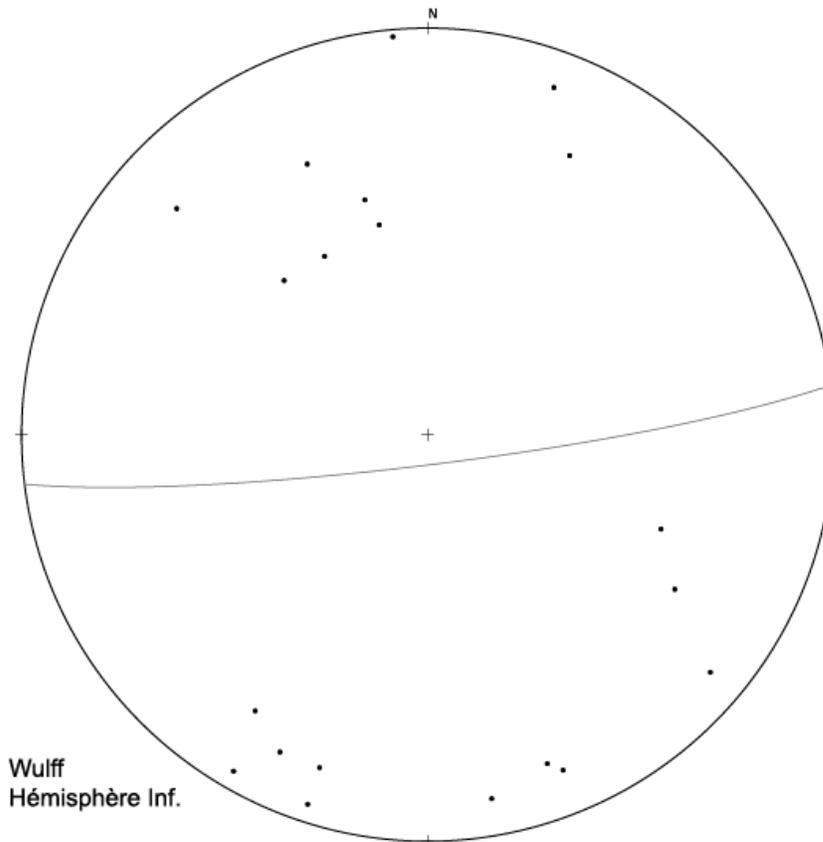


Figure 38: Distribution des mesures du clivage de crénulation S_2 . Le plan moyen de ce clivage est orienté 083/84. (20 mesures)

En lame mince (Fig. 39A et B), on observe localement le clivage de crénulation, cependant la fabrique est faiblement matérialisée, mais correspond aux plans axiaux des microplissements de la fabrique S_p .

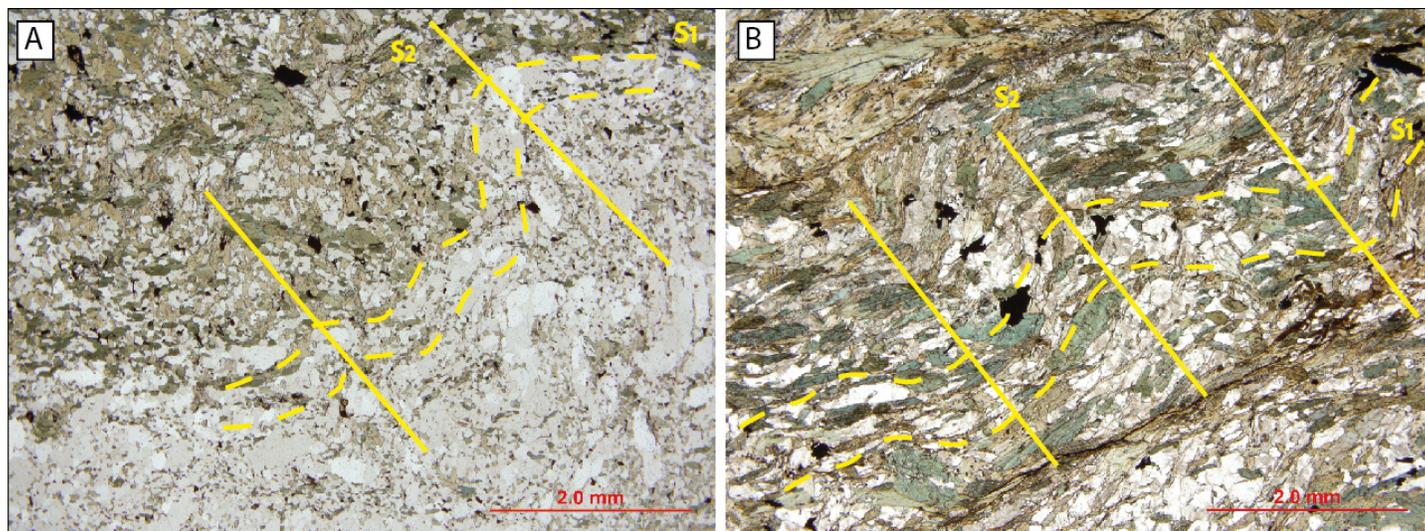


Figure 39: Microphotographies du clivage de crénulation, S_2 . A) et B) La fabrique principale S_1 plissée par S_2 . Ce dernier n'est que peu ou pas matérialisé dans cette unité.

3.3 PLISSEMENT

3.3.1 PLIS P_1

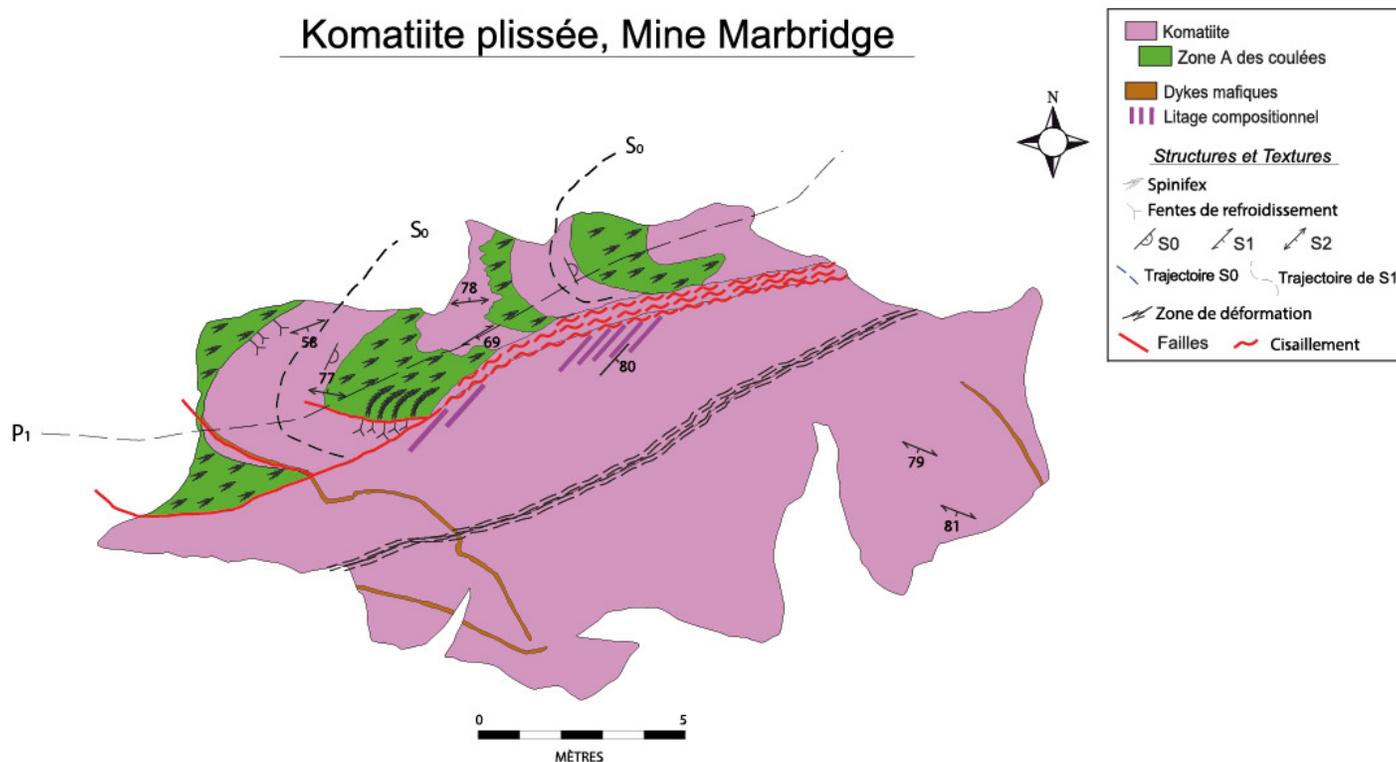
Bien que le secteur soit dominé par la présence de plis P_2 , les plis P_1 sont également suspectés, mais plus difficiles à mettre en évidence étant donné le parallélisme général entre la stratification et la fabrique S_p au sein du couloir de déformation. Plusieurs traces axiales de plis P_1 ont été interprétées par Babineau (1985) et Desrochers (1998) dans le secteur de la mine Marbridge. Plusieurs inversions de polarité sont également rapportées sur la carte de Giovenazzo (2000, Fig. 10). La présence de ces plis n'a pu être confirmée par les travaux présentés ici, mais l'hypothèse de leur existence demeure valide.

Au sud du couloir de déformation, soit dans le bloc SO, les strates sont à fort angle avec la fabrique S_p , ce qui suggère la présence de grands plis P_1 . Au sein de ce couloir, soit dans le bloc central, le degré de déformation élevé représente un défi pour l'identification de plis P_1 puisque les critères de polarité sont rarement concluants.

3.3.1.1 Affleurement 272 : Komatiite plissée

La figure 40 présente une cartographie détaillée d'un affleurement montrant un pli au sein d'une unité de komatiite. L'affleurement comprend deux domaines. Le domaine nord consiste en une alternance de niveaux à texture spinifex et de niveaux massifs décrivant une zone de charnière de pli. Le domaine sud est composé d'une unité komatiitique massive. Le contact entre les deux domaines correspond à une surface de décollement ou à une faille. La présence de la schistosité principale parallèle au plan axial des plis permet d'interpréter qu'il s'agit d'un pli P_1 .

Le sommet interprété dans la charnière des plis est vers le NE, basé sur la forme et la taille des spinifex, ainsi que les divisions entre les zones A et B des coulées komatiitiques (voir figure 4). Ce sommet correspond donc au regard structural projeté sur S_1 qui est aussi vers le NE et permet de dire que la polarité de cette komatiite est globalement vers le nord lorsque les couches sont dépliées. Le chapitre 5 permettra de faire une discussion plus avancée sur la présence de ces plis P_1 .



3.3.2 PLIS P_2

La variation de l'orientation de la schistosité principale S_1 observée dans le secteur d'étude résulte du plissement P_2 . Sur un canevas de Schmidt, la distribution des pôles des mesures de S_p définit un grand cercle (Fig. 32) orienté à 184/44. Ce grand cercle correspond au profil des plis. Cette dispersion est de forme quasi cylindrique et permet de déduire que globalement les plis ont des axes orientés à 094/46, soit une attitude colinéaire à la linéation d'étirement.

3.3.2.1 Affleurement 298 : Lave coussinée plissée

Un affleurement de lave en coussins cartographié en détail (Fig. 41) montre les relations entre S_1 et S_2 . Des coussins en forme de molaire sont localement observés et semblent liés à une relation angulaire entre S_1 et S_0 pouvant être associée à un pli P_1 . La schistosité S_1 est elle-même plissée sur l'affleurement. Le clivage S_2 est de plan axial à des plis décimétriques P_2 , avec des traces axiales ondulantes et variant de NO-SE à E-O. Les

coussins exhibent clairement des sommets vers le sud sur cet affleurement. Toutefois, le regard structural projeté dans la trace axiale P_2 est vers le SE. Sur la carte de trajectoires de la schistosité S_1 (Fig. 31), cet affleurement correspond à une position de charnière d'un grand pli P_2 . L'intégration des trajectoires de la schistosité principale dans le secteur permet d'interpréter que ce pli P_2 est asymétrique en Z. Le regard structural SE pourrait donc correspondre à un sommet stratigraphique vers le nord une fois la séquence dépliée.

Lave coussinée plissée

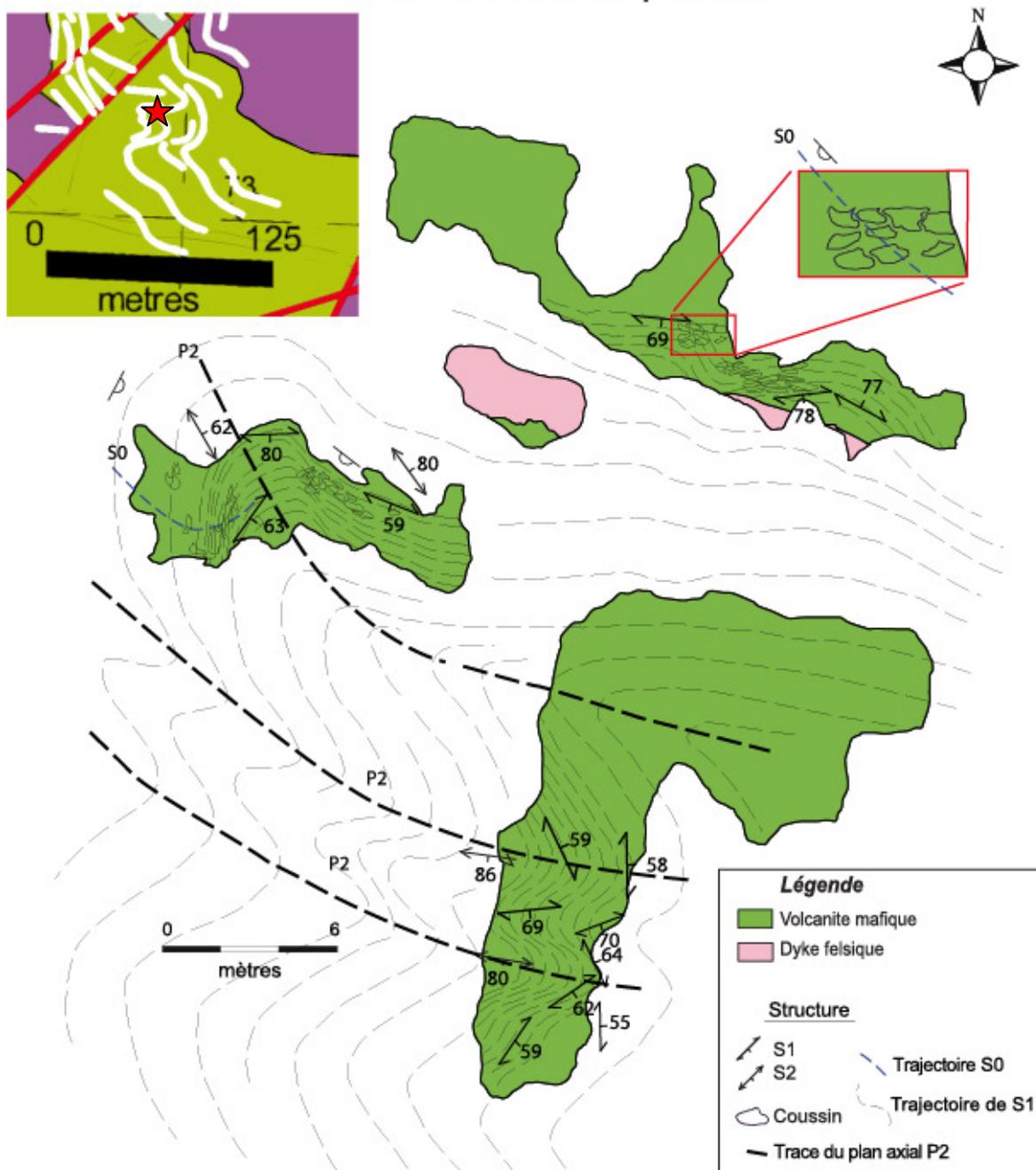


Figure 41: Cartographie de l’affleurement 298 montrant des basaltes coussinés plissés. L’encadré indique sa position sur la carte régionale.

3.4 SYNTHÈSE DE LA DÉFORMATION

Une première phase de plissement (P_1) affecte le secteur de la mine Marbridge. Les plis P_1 , n'ont été observés localement que sur l'affleurement 272, soit la komatiite plissée (Fig. 40), qui a été cartographié en détail. La carte de la komatiite plissée montre que la surface stratigraphique S_0 est affectée par la fabrique S_1 de plan axial. La zone de cisaillement, au contact d'une unité massive et des coulées plissées, pourrait en fait représenter une surface de décollement, c'est-à-dire une zone d'accommodation formée lors du raccourcissement. De plus, comme mentionné plus haut, la fabrique principale (S_p) est plissée par S_2 , ce qui démontre la présence d'une deuxième phase de plissement P_2 . Cette phase P_2 peut être interprétée comme un raccourcissement N-S ayant généré des plis de plan axial E-O, comme le montre la carte de détail de l'affleurement 298, un basalte coussiné (Fig. 41). Il s'agit généralement de plis asymétriques en « Z » dans la portion ouest de la propriété. Toutefois, des plis en « S » semblent caractériser la portion est de la propriété.

Pour ce qui est de la déformation, l'ensemble de la propriété fait partie d'un couloir de déformation plus intense, d'orientation NO-SE. Les portions NE et SO du secteur d'étude montrent un degré globalement moins élevé de déformation, semblant correspondre aux limites du couloir de déformation. Aussi, c'est lorsque le basalte est coussiné qu'il semble être le plus intensément affecté par la déformation (Fig. 42).

Par ailleurs, on note la présence de plusieurs failles fragiles dans le secteur de la mine Marbridge. Les failles sont localement visibles en affleurement, mais elles sont également

déduites par les perturbations de la schistosité S_1 qui est entraînée et plissée le long des plans de failles.



Figure 42: Photos montrant l'effet du métamorphisme et de la déformation sur un basalte coussiné.

3.5 MÉTAMORPHISME

Le grade métamorphique de la Sous-province de l'Abitibi est essentiellement au faciès des schistes verts. Cependant, localement le métamorphisme atteint le faciès des amphibolites comme sur le secteur de la mine Marbridge. La présence de grenat et de hornblende dans les roches volcaniques mafiques; de grenat, de biotite et de muscovite dans les roches felsiques et la présence de biotite et de hornblende dans les roches volcanoclastiques sont compatibles avec un métamorphisme au grade des amphibolites. De plus, la recristallisation des grains de plagioclase et de quartz, montrant des textures polygonales, est également compatible avec ce faciès. La présence de chlorite pourrait être associée à un métamorphisme rétrograde.

Les minéraux métamorphiques sont orientés le long de la fabrique S_p et surtout de la linéation d'étirement associée. Sur les lames minces orientées parallèlement à la schistosité

principale, le plan XY, l'orientation préférentielle des hornblendes, des biotites et des grenats est forte et bien exprimée. Toutefois, dans les lames minces YZ, perpendiculaires aux linéations d'étirement, les minéraux métamorphiques ne sont pas aussi bien orientés par rapport à la fabrique S_p , suggérant que la recristallisation métamorphique se soit produite suite à l'apogée de la déformation ductile D_1 .

De manière générale, le métamorphisme de grade amphibolite est interprété synchronique à l'épisode de déformation D_1 . La déformation D_2 , quant à elle, pourrait être responsable d'un métamorphisme rétrograde auquel la chlorite serait associée.

L'orientation des minéraux métamorphiques dans les fabriques liées à D_1 permet de dire que le métamorphisme au faciès des amphibolites ne peut être expliqué par un métamorphisme de contact dû aux intrusions de Preissac et La Corne comme le suggéraient Powell et al. (1995) et Desrochers (1998). Le métamorphisme est plutôt interprété ici comme un métamorphisme d'enfouissement associé à l'épisode de déformation D_1 ce qui est plutôt en accord avec le modèle de Feng et Kerrich (1990).

CHAPITRE 4

LENTILLE MINÉRALISÉE NO. 1

4.1 DESCRIPTION

La mine Marbridge tient son exploitation aux 4 lentilles minéralisées. Cependant, une seule lentille est encore observable en surface. Il s'agit de la lentille minéralisée no. 1. La cartographie détaillée du secteur de cette lentille a été effectuée à l'été 2013 et est présentée à la figure 43. Cette lentille est orientée à 300° et montre un pendage variant entre 45° et 55° vers le nord-est (Giovenazzo, 2000). En surface, cette lentille s'étend sur près de 30 m de longueur et est d'une épaisseur variant entre 1 à 3 m. Elle se situe au centre de la zone d'étude (Fig. 11). La lentille se compose de sulfures semi-massifs à massifs et contient de la pyrite, de la pyrrhotite, de la pentlandite et un peu de chalcopyrite. Selon Buchan et Blowes (1968), la lentille contient aussi de la millérite et de la violarite. La cartographie détaillée du secteur de la lentille est présentée à la figure 43. La lentille minéralisée semble plissée ou boudinée à son extrémité nord-ouest, elle apparaît donc affectée par la déformation.

Toutefois, la lentille recoupe localement les plans de schistosité S_1 qui sont d'orientation N350° à cet endroit, alors que la lentille suit l'orientation N300°. De plus, la

schistosité tend à se paralléliser avec le contact nord de la lentille qui se comporte alors comme une surface de décollement.

Le pli de l'extrémité NO de la lentille n'est pas très bien expliqué. Il pourrait s'agir :

- 1) D'une lentille qui se ferme, mais dont l'exposition en surface donne l'impression d'une charnière de pli;
- 2) D'un pli P_1 , mais son plan axial est différent de l'orientation locale de S_1 . Il en est de même avec le scénario d'un pli P_2 . Il aurait été concevable que la lentille soit logée dans le plan axial d'un pli P_2 puisque la fabrique S_1 dans ce secteur décrit plusieurs ondulations associées à ce plissement P_2 . Toutefois, l'orientation de la lentille est différente des mesures de S_2 dans le secteur, qui sont plutôt orientées à N260°.

Sur le terrain, la lentille minéralisée no.1 n'est pas associée directement à une coulée komatiitique, mais se situe plutôt au sein de roches mafiques, ce qui représente une anomalie notable par rapport au modèle de gisement de type Kambalda (Gresham et Loftus-Hills, 1981; Lesher et al., 1984; Huppert et Sparks, 1985). On retrouve, à proximité, une unité de basalte contenant des sulfures disséminés.

La figure 44 (Giovenazzo, 2000) montre que, outre la lentille de la zone no.1 qui n'est plus en contact avec l'unité ultramafique, les lentilles nos 2 à 4, considérant un regard des sections vers l'ouest, se situent du côté nord de l'unité ultramafique et sont en contact avec celle-ci.

Zone minéralisée 1, Mine Marbridge

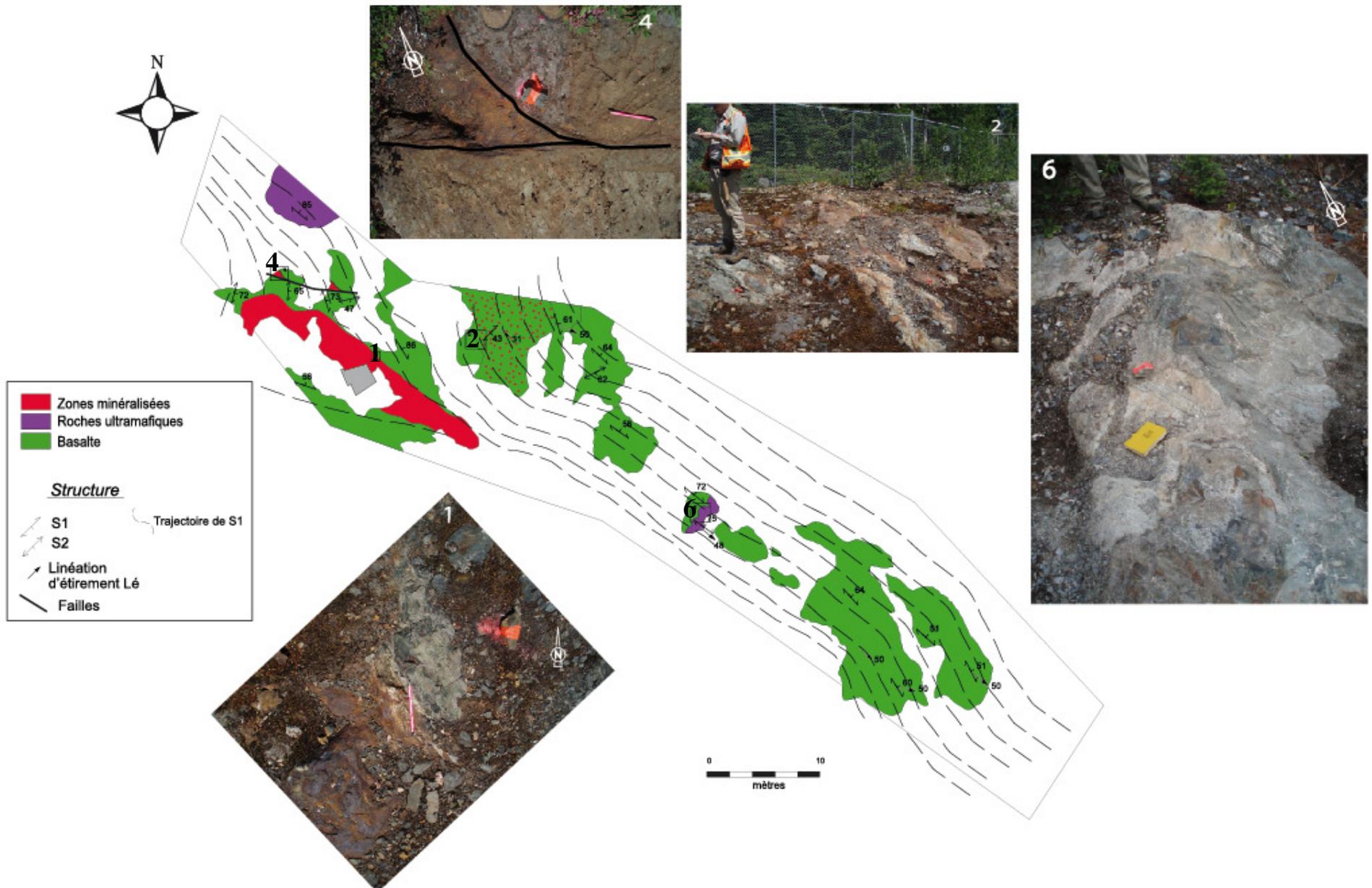


Figure 43: Carte géologique et photos de la lentille no.1 de la mine Marbridge. Le polygone gris représente l'emplacement, maintenant bétonné, du puits no. 1. Les points rouges signifient la présence de sulfures disséminés.

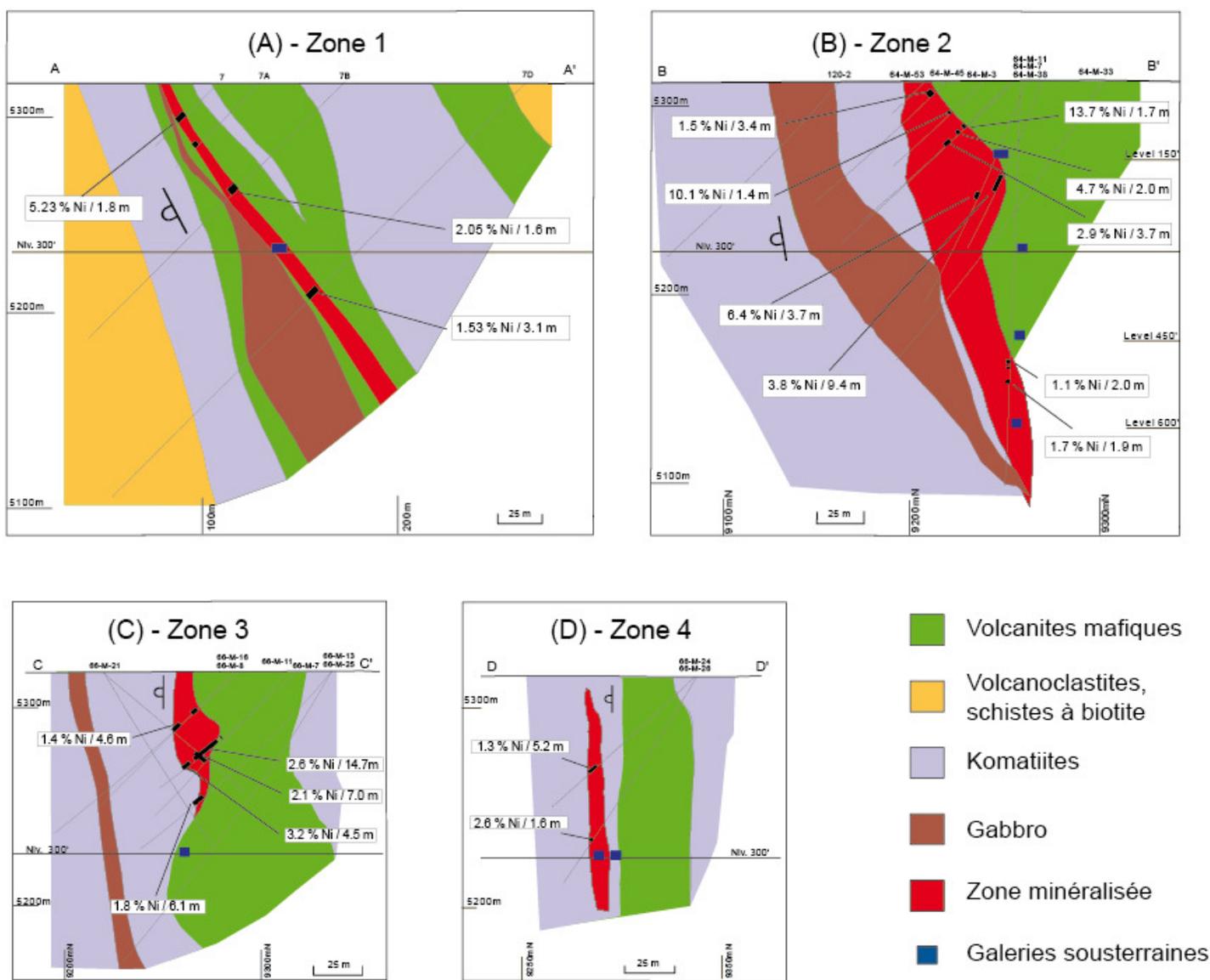


Figure 44: Sections des zones minéralisées à la mine Marbride, le regard est vers l'ouest. (A) Zone 1, (B) Zone 2, (C) Zone 3 et (D) Zone 4. (Modifiée de Giovenazzo, 2000).

En lame mince (Fig. 45A), la composante silicatée associée à la minéralisation est dominée par la serpentine et/ou la chlorite. Il n'est pas toujours aisé de distinguer ces deux phases l'une de l'autre lorsqu'elles sont intimement associées comme dans les échantillons étudiés. Cependant, la présence de serpentine pourrait indiquer la présence de fragments komatiitiques provenant de la roche initialement en contact avec la minéralisation, cela pourrait indiquer une remobilisation mécanique de la lentille minéralisée en sulfures. La présence abondante de chlorite viendrait simplement appuyer le fait que la lentille est maintenant contenue à l'intérieur d'une unité mafique et a donc subi une remobilisation. En

lumière réfléchi, il est possible de voir les différents sulfures présents dans cette lentille, soient la pyrrhotite, la pentlandite, la pyrite et la chalcopryrite. La relation de recouplement entre la lentille minéralisée et la fabrique S_1 , la nature de la roche immédiatement en contact et la présence de possibles fragments de komatiite suggèrent que la lentille de sulfures a été remobilisée pendant la déformation.

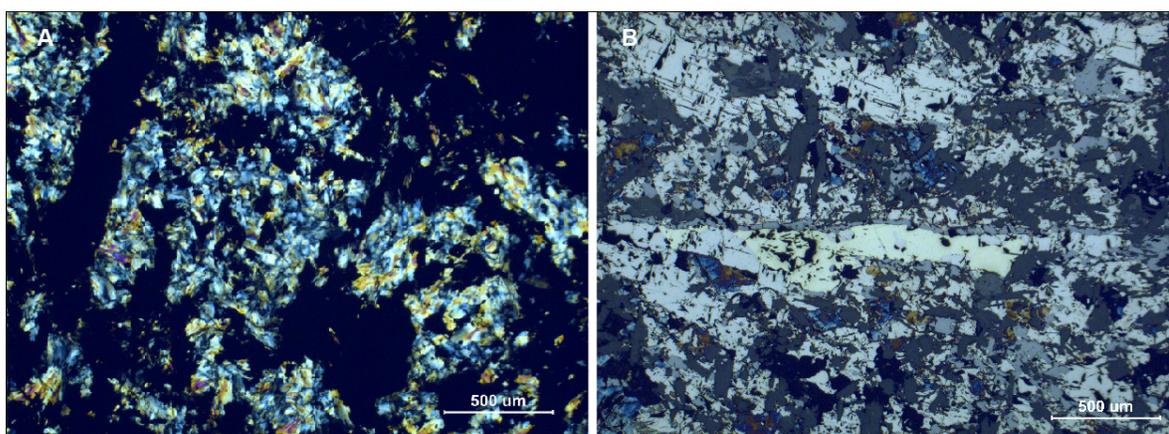


Figure 45: Microphotographies de la lentille minéralisée no.1. A) Serpentine/Chlorite et minéraux opaques (LP), B) Chalcopryrite, pyrrhotite, pentlandite (LR).

CHAPITRE 5

SYNTHÈSE ET DISCUSSION

5.1 SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS

Ce chapitre permet de rassembler les éléments présentés dans les sections précédentes et de proposer un modèle de mise en place du gisement de sulfures de Ni-Cu de la mine Marbridge. Évidemment, ce modèle s'insèrera dans le contexte géologique et structural observé sur le terrain.

5.1.1 CONTEXTE LOCAL

La minéralisation semi-massive à massive en sulfure de nickel-cuivre du gisement Marbridge s'observe dans un complexe volcanique essentiellement bimodal ultramafique-mafique, définissant une suite essentiellement tholéiitique, avec une composante felsique et volcanosédimentaire, plutôt calco-alcaline. Ce complexe prend place à la base du Groupe de Malartic. Un âge a été établi pour la Formation de La Motte-Vassan à 2714 ± 2 Ma (Parent, 1998; Pilote et al., 1998). Le secteur est caractérisé par une très forte linéation d'étirement, orientée en moyenne à 094/46, ainsi qu'une schistosité pénétrative (S_1) d'orientation globale NO-SE, mais affectée par un clivage de crénulation de plan axial (S_2) orienté E-O. Au niveau métamorphique, des assemblages à biotite – muscovite – grenat et

hornblende – plagioclase – épidote attestent que le métamorphisme a atteint le faciès des amphibolites.

Sur le secteur de la mine Marbridge, malgré la dominance des unités komatiitiques et basaltiques, on peut noter une hétérogénéité remarquable au niveau de la variété des lithologies et de leurs textures. Certaines laves sont massives, ou à spinifex, ou coussinées, et on observe également des corps intrusifs mafiques, des volcanoclastites et des roches volcaniques rhyodacitiques. Tout cela témoigne de la complexité du volcanisme dans ce secteur.

5.1.2 DÉFORMATION

Le secteur étudié a été affecté par deux épisodes de déformation, soient D_1 et D_2 . Dans les deux cas, ces événements ont générés un raccourcissement, ce qui a produit, dans un premier temps, une schistosité pénétrative à pendage relativement abrupte (S_1) et de plan axial (P_1). Le litage primaire des komatiites et des roches volcanosédimentaires est plissé par cette fabrique planaire principale S_1 . Une très forte linéation d'étirement a été générée dans le plan de la fabrique principale S_1 . Dans un deuxième temps, un clivage de crénulation à pendage abrupt (S_2) et de plan axial à des plis P_2 s'est développé. Les linéations d'étirement sont colinéaires avec les axes de plis P_2 . Cette situation peut être expliquée de deux façons : (1) par la rotation des axes de pli le long de la L_ϵ selon le principe des plis en fourreau (Cobbold et Quinquis, 1980) ou (2) par le contrôle exercé par l'anisotropie linéaire lors du plissement P_2 (Ridley, 1986).

La présence de tectonites-L sur l'ensemble du secteur de la mine Marbridge, caractérisée par l'intensité de la linéation d'étirement, indique un milieu en constriction (Flinn, 1965; Sullivan, 2013) ou, à tout le moins, un important confinement de la zone étudiée. Une linéation d'étirement à forte plongée, c'est-à-dire un confinement vertical, serait plus facile à expliquer par un processus de diapirisme, par exemple. D'un autre côté, on pourrait s'attendre à observer une linéation d'étirement verticale dans le secteur Marbridge, puisqu'il est confiné entre trois vastes masses plutoniques qui forceraient un écoulement vertical des roches plus ductiles du secteur étudié (Bouhallier et al., 1995; Sullivan, 2013). Cependant, les linéations d'étirement sont plutôt à faible plongée. Avec un pendage plutôt abrupt de la fabrique planaire principale (S_1), les linéations d'étirement sont donc à composantes oblique et directionnelle.

5.2 DISCUSSION SUR LE PLISSEMENT

La détermination des plis P_2 est relativement bien définie et comprise dans le secteur d'étude. Toutefois, les plis P_1 demeurent problématiques, comme discutés à la section 3.3.1.

Avec le niveau de connaissance acquis sur le secteur de la mine Marbridge, quatre scénarios sur la présence et la nature des plis P_1 sont proposés et comparés afin d'analyser leurs implications possibles sur la géométrie actuelle du gisement de Marbridge :

- 1) Une séquence homoclinale à polarité stratigraphique vers le NE;
- 2) Une séquence homoclinale à polarité stratigraphique vers le SO;

- 3) Une séquence constituée de plusieurs plis P_1 isoclinaux;
- 4) Une séquence avec un grand pli P_1 synclinal.

Rappelons d'abord les quelques évidences de polarité stratigraphique observées. Dans le secteur étudié, seulement deux affleurements permettent d'interpréter une polarité de manière relativement convaincante. Il s'agit de l'affleurement de komatiite plissée (site 272, Fig. 40) et l'affleurement de lave coussinée plissée (site 298, Fig. 41). L'affleurement de komatiite plissée suggère un regard structural vers le NE et ce, même s'il s'agit d'un pli-faille. Une fois déplissé, la polarité resterait aussi vers le NE. Pour ce qui est de l'affleurement de lave coussinée plissée, la polarité observée pointe vers le sud. Comme démontré précédemment, et suivant l'interprétation des plis asymétriques en « Z », le regard structural projeté sur P_2 est vers le SE. Une fois déplissée, la polarité serait vers le NE puisque l'orientation globale de la stratigraphie est NO-SE.

5.2.1 SÉQUENCE HOMOCLINALE VERS LE NE

Considérant les deux évidences de sommet NE, la séquence pourrait être homoclinale vers le NE. La base de la séquence serait l'assemblage Ultramafique-Mafique du bloc SO, suivi de l'assemblage Mafique-Ultramafique du bloc central, incluant les unités felsique volcanosédimentaire puis l'assemblage Ultramafique-Mafique du bloc NE, au sommet. Les implications sur la genèse du gisement de Marbridge sont que la source du soufre qui aurait permis la formation du gisement pourrait provenir de l'unité de volcanites felsiques au SO de la propriété. Cette unité et son altération sont compatibles avec un système volcanogène. De plus, l'unité volcanosédimentaire (schistes à biotite et hornblende) représenterait une

pause dans le volcanisme et s'insère également de façon cohérente dans l'évolution d'un système de type SMV. Ce scénario serait donc compatible avec l'hypothèse qu'un système volcanogène de type SMV puisse avoir été la source de soufre pour la formation du gisement Marbridge. L'âge obtenu pour l'unité volcanique felsique soit 2714 ± 2 Ma (Parent, 1998; Pilote et al., 1998), est le même que l'âge de l'assemblage volcanique Kidd-Munro qui est l'hôte du gisement de SMV de Kidd Creek, en Ontario (Bleeker et Parrish, 1996; Barrie et al., 1999). La présence de volcanites felsiques de cet âge, sur le secteur de la mine Marbridge, augmente donc le potentiel de retrouver un dépôt de type SMV dans la poursuite des unités vers l'est de la propriété Marbridge, mais surtout vers l'ouest, où le volume de roches de ce type s'accroît. Par contre, les rhyolites encaissant le gisement Kidd Creek sont d'affinité tholéitique (Barrie et al., 1999) contrairement aux rhyolites de Marbridge qui sont calco-alcalines.

5.2.2 SÉQUENCE HOMOCLINALE VERS LE SO

Les données de la cartographie régionale (Pilote et al., 1998; Pilote, 2000; Pilote et al., 2000; Pilote et al., 2013a) supportent plutôt une séquence à polarité vers le sud. Cette polarité serait compatible avec les critères géologiques où la minéralisation devrait s'observer à la base des komatiites. La figure 44 (Giovenazzo, 2000) présentée précédemment montre que, outre la lentille de la zone no.1 qui n'est plus en contact avec l'unité ultramafique, les lentilles nos 2 à 4, considérant un regard des sections vers l'ouest, se situent du côté nord de l'unité ultramafique et sont en contact avec celle-ci. Suivant donc la logique métallogénique, la polarité pourrait être interprétée vers le sud.

Une des implications d'un sommet stratigraphique vers le SO serait que la base de la séquence, la source du soufre par le fait même, serait l'unité volcanosédimentaire felsiques. De plus, cette interprétation serait compatible avec le scénario que les lentilles minéralisées devraient se retrouver à la base de l'unité ultramafique.

5.2.3 SÉQUENCE PLISSÉE

La cartographie de la propriété réalisée par Babineau, en 1985 (Fig. 46), propose plusieurs sommets stratigraphiques variables dans les unités mafiques et ultramafiques. Plusieurs inversions de polarité sont également rapportées sur la carte de Giovenazzo (2000, Fig. 10). Ces oppositions de polarité ont été intégrées dans un ensemble présentant une série de plis synclinaux et anticlinaux isoclinaux. Même si l'étude actuelle n'a pas été en mesure de confirmer les déterminations de tous les sommets stratigraphiques rapportées dans les études antérieures, il demeure que cette hypothèse est encore plausible.

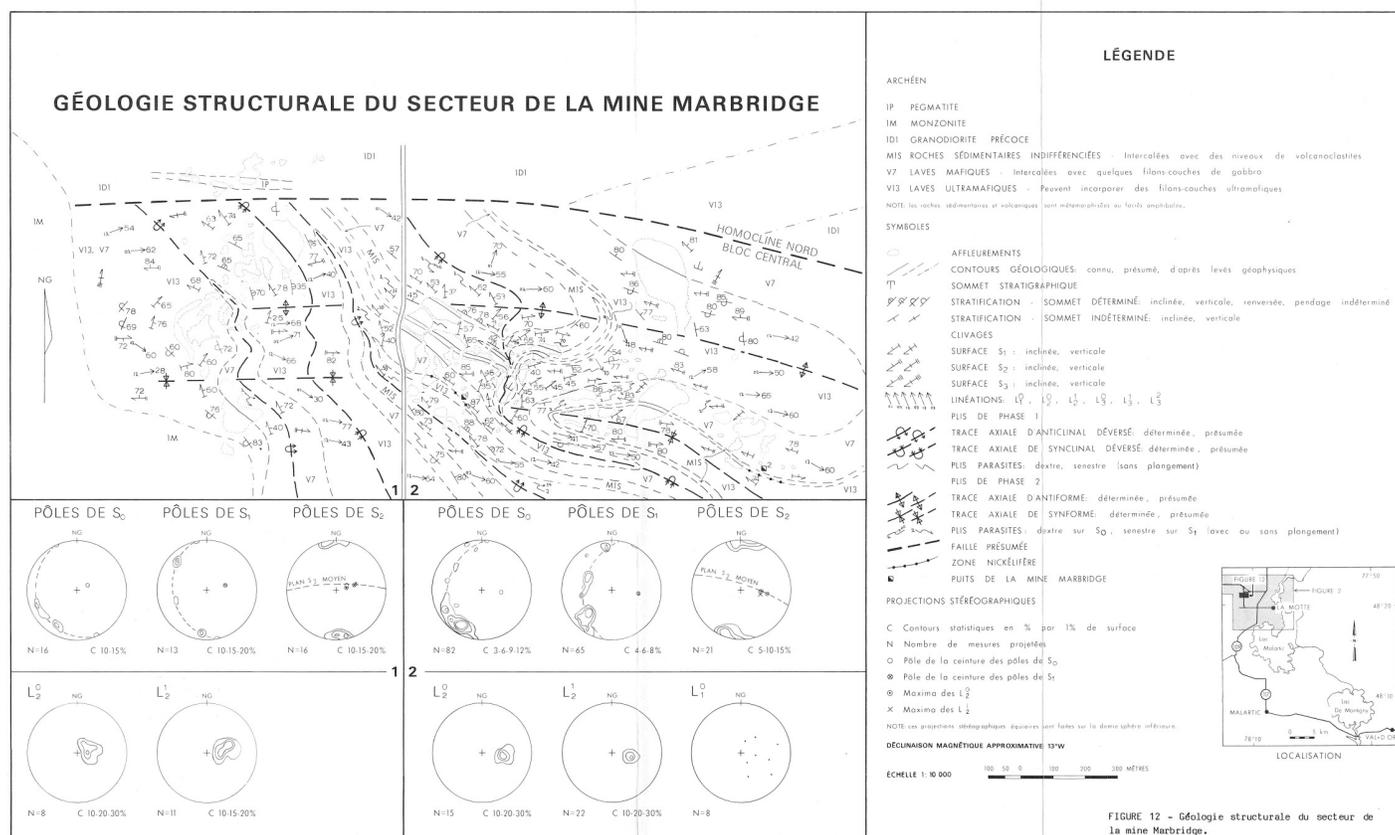


Figure 46: Cartographie structurale du secteur de la mine Marbridge réalisée par Babineau dans ses travaux en 1985.

Les implications pour le gisement de Marbridge sont que les niveaux minéralisés peuvent se répéter par plissement au sein de l'assemblage du bloc central, laissant place à de nouvelles perspectives d'exploration. Toutefois, l'assemblage Mafique-Ultramafique du bloc central ne montre pas de répétition de certains niveaux marqueurs spécifiques, tels l'unité felsique et l'unité volcanosédimentaire.

5.2.4 GRAND PLI P₁

Il reste à examiner l'hypothèse d'un grand pli P₁ qui passerait dans le bloc central. Cette hypothèse permet d'intégrer les polarités vers le NE observées dans l'affleurement de komatiite plissé et celui de basalte plissé et tient compte de l'apparente symétrie entre les blocs SO et NE constitués de l'assemblage Ultramafique-Mafique. De plus, ce scénario est compatible avec les polarités rapportées par Giovenazzo (2000) systématiquement vers le Sud-ouest dans le bloc NE.

Une trace axiale possible d'un grand pli synclinal P_1 pourrait passer par l'unité sédimentaire (Fig. 47), ce qui permettrait d'expliquer sa fermeture et donc sa disparition à son extrémité SE. Ce scénario tient compte, en partie, de l'apparente symétrie dans la disposition des unités ultramafiques de part et d'autres de l'unité volcanosédimentaire. Toutefois, l'absence de l'unité felsique qui ne réapparaît pas du côté nord, peut-être due au manque d'affleurements, ne permet pas de confirmer en totalité cette symétrie. Les implications pour le gisement de Marbride sont, dans ce cas, les mêmes que pour le scénario 1, soit que la source du soufre proviendrait de l'unité felsique au SO.

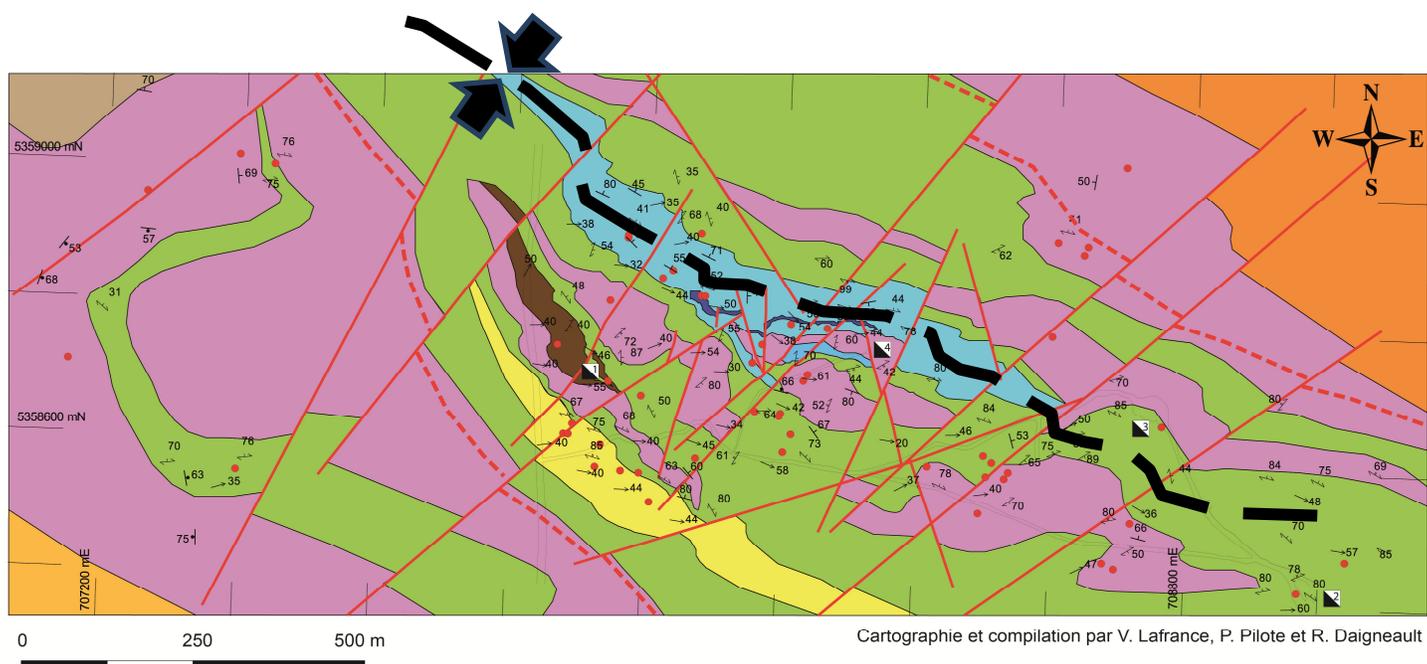


Figure 47: Carte géologique du secteur Marbride montrant la trace d'un possible plan axial d'un grand pli P_1 .

Comme la séquence Mafique-Ultramafique semble être porteuse de la minéralisation, il serait intéressant de savoir ce qui se cache au NE de l'unité sédimentaire, dans la séquence Mafique-Ultramafique interprétée à l'aide de quelques observations terrains.

5.3 MINÉRALISATION

La minéralisation du secteur de la mine Marbridge consiste essentiellement en quatre lentilles de sulfures allant de semi-massif à massif. La lentille no. 1, la seule observée en surface, devait originalement être en contact avec une unité ultramafique. Ceci en conformité avec un modèle de type Kambalda. Cependant, elle s'observe maintenant au contact de basaltes massifs et coussinés. La figure 48 est une interprétation schématique du modèle de remobilisation que le gisement a pu subir. Cette lentille fait jusqu'à 30 m de long et est d'une épaisseur variant de 1 à 3 m. Elle se compose essentiellement de pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite ± pentlandite et aussi de chlorite et serpentine.

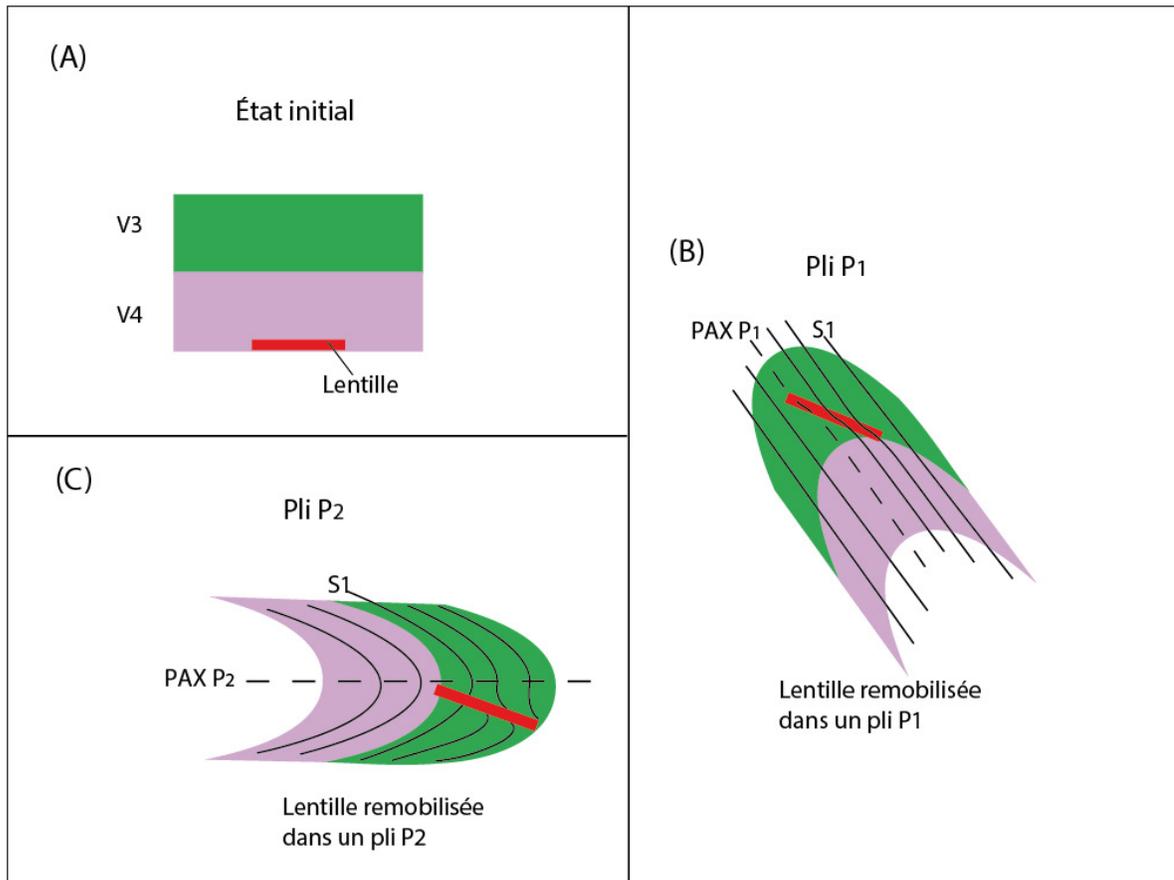


Figure 48: Schéma du modèle de la remobilisation de la lentille de sulfure massif no. 1. (A) État initial avant raccourcissement, (B) Scénario possible d'une remobilisation dans un pli P1, (C) Autre scénario possible de remobilisation dans un pli P2.

La morphologie de la lentille no. 1 démontre qu'elle a subi un certain niveau de déformation. L'extrémité nord-ouest de cette lentille semble plissée et la fabrique principale tend à se paralléliser au contact nord-est de la lentille. Ces observations démontrent l'impact de l'événement de déformation D_1 .

5.4 MODÈLE DE FORMATION DU GISEMENT

Avec toutes les informations récoltées, il est possible de proposer deux modèles de formation du gisement du secteur de la mine Marbridge, en fonction de la polarité stratigraphique interprétée comme discuté aux sections 5.3.1 et 5.3.2.

La figure 49 présente le modèle schématique, avec une polarité vers le NE et où la source du soufre, qui a permis la formation du gisement, est l'unité de volcanites felsiques. En A, il s'agit de l'état initial avant toute forme de déformation. Ensuite, en B, la fabrique principale, S_1 , est développée ce qui implique la première phase de déformation D_1 . La figure 49 C est une représentation après la première phase de plissement, P_1 , puis une rotation. Finalement, en D, il s'agit de l'état actuel d'observation sur le terrain, où l'on a la fabrique principale plissée par P_2 avec une trace axiale de pli plus ou moins E-O. Il est à noter que la lentille minéralisée s'observe dans les basaltes. La remobilisation de cette lentille se fait avant le plissement P_2 .

Comme présenté à la section 2.3, l'assemblage qui se situe au SO de l'unité felsique jaune, dans le bloc SO, est Ultramafique-Mafique, et celui qui se trouve juste au NE, dans le bloc central, est Mafique-Ultramafique.

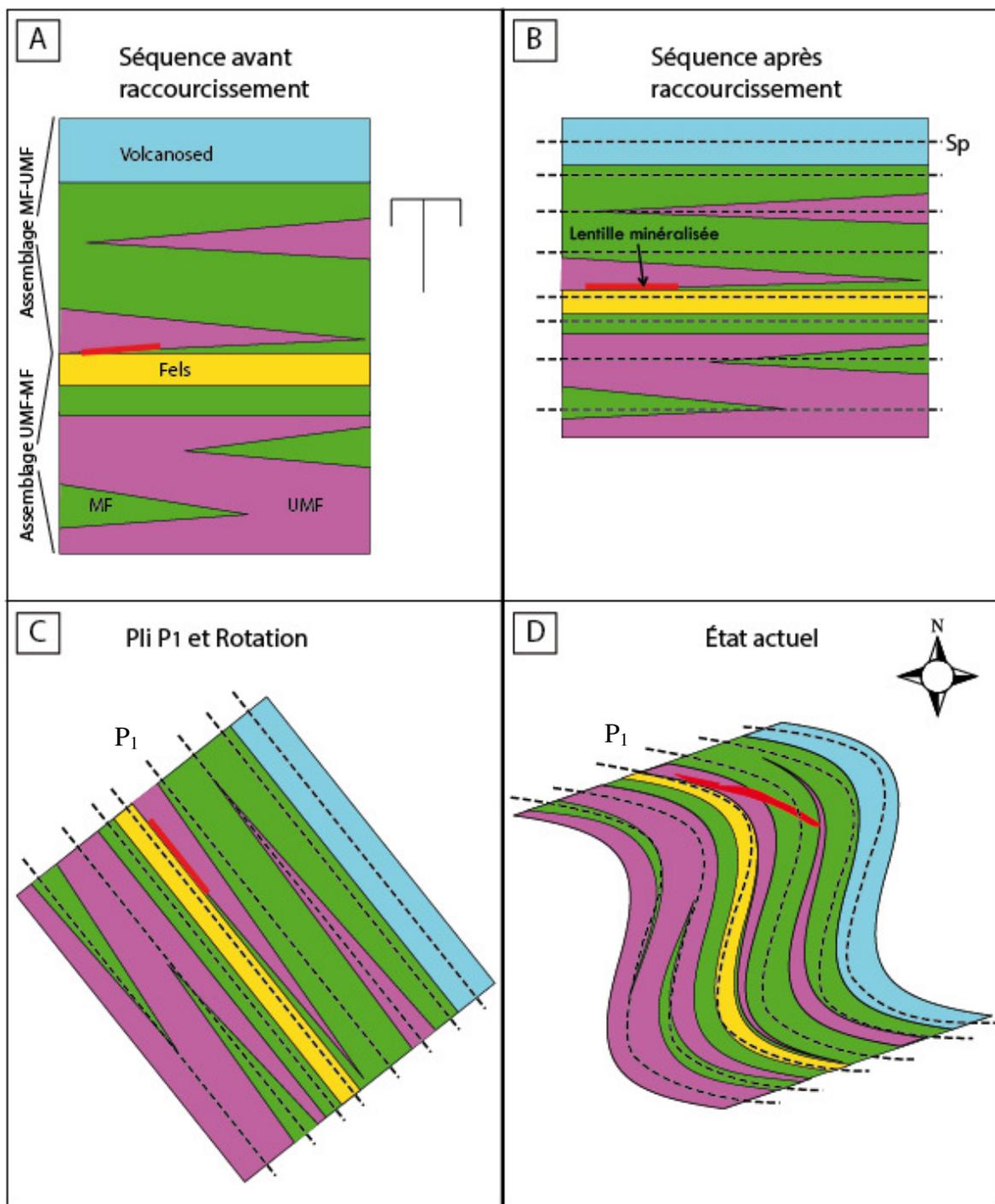


Figure 49: Modèle proposé pour la formation du gisement du secteur de la mine Marbridge en tenant compte d'une polarité vers le NE. UMF : ultramafique, MF : mafique, Volcanosed : volcanosédimentaire.

La figure 50, quant à elle, présente le modèle pour une polarité vers le SO. Bien que relativement semblable, ce modèle se distingue par le positionnement de la lentille minéralisée par rapport à la komatiite, celle-ci se trouve au NE, c'est-à-dire à la base. Ce modèle est compatible avec les sommets stratigraphiques régionaux. Finalement, la source de soufre serait, dans ce cas-ci, l'unité volcanosédimentaire.

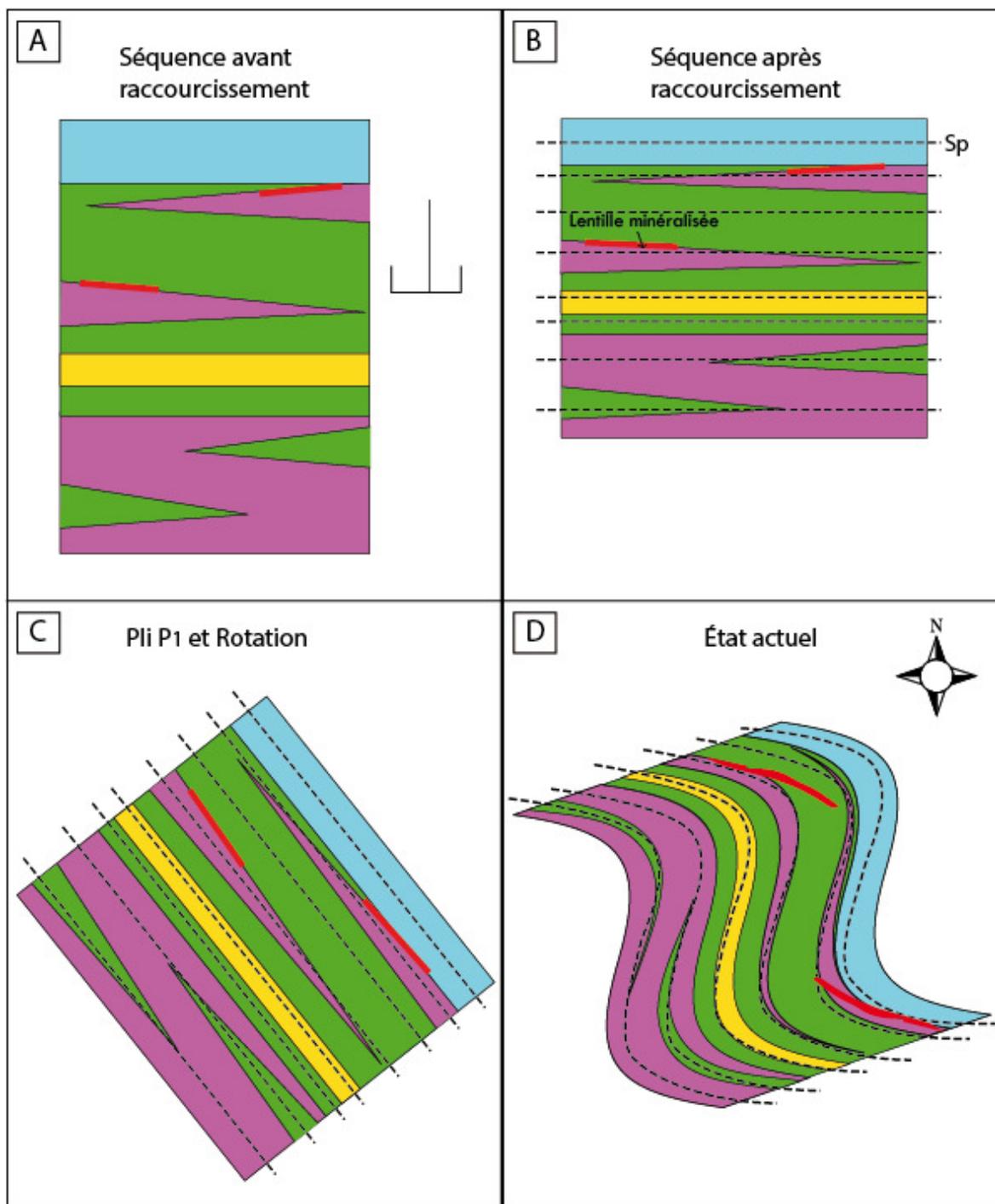


Figure 50: Modèle proposé pour la formation du gisement du secteur de la mine Marbridge en tenant compte d'une polarité vers le SO.

CHAPITRE 6

CONCLUSIONS

Cette étude a permis de proposer un modèle de mise en place de la minéralisation nickélifère en tenant compte de l'environnement géologique établi et de l'histoire structurale du secteur. Le modèle proposé permet d'expliquer la présence de la lentille no 2 au sein d'unités mafiques.

L'environnement géologique du secteur de la mine Marbridge est décrit selon trois blocs correspondant à des assemblages lithologiques distincts. Les blocs SW et NE se caractérisent par un assemblage de roches Ultramafiques-Mafiques définissant une suite tholéïtite. Le bloc central comprend un assemblage Mafique-Ultramafique d'affinités transitionnelle à calco-alcaline et correspond à un important couloir de déformation. Ce bloc inclut les volcanites felsiques calco-alcalines situées au sud et l'unité volcanosédimentaire transitionnelle à calco-alcaline localisée au nord. Ces assemblages sont parsemés et recoupés d'intrusions gabbroïques à tonalitiques sous forme de dykes.

Les blocs SW et NE présentent un degré de déformation moindre tandis que le bloc central correspond à une zone de déformation majeure. Ce couloir de déformation montre les évidences deux épisodes de déformation (D_1 et D_2). La schistosité principale ($S_p = S_1$) d'orientation générale NO-SE, est plissée par la fabrique S_2 qui correspond à un clivage de

crénulation de plan axial aux plis P2 orienté E-O. La zone d'étude est aussi caractérisée par une linéation d'étirement intensément développée plongeant à 45° vers l'est.

Seuls deux affleurements permettent d'observer clairement une polarité stratigraphique. Dans un premier cas, il s'agit d'une komatiite où la présence de spinifex suggère un sommet vers le NE. L'autre affleurement est un basalte coussiné où la forme et l'agencement des coussins permettent d'interpréter un sommet vers le sud sur le flanc court d'un pli asymétrique en « Z », ce qui revient à une polarité globale vers le NE.

Outre les plis P2 qui sont peu conséquents sur la géométrie globale des unités, la présence ou non de plis P1 demeure une question ouverte. Quatre scénarios sont comparés. Ces scénarios sont : (1) une séquence homoclinale à polarité vers le NE basé sur les indicateurs de sommet relevés à Marbridge; (2) une séquence homoclinale à polarité vers le SE tel que suggéré par la stratigraphie régionale; (3) une séquence à plusieurs plis P1 isoclinaux et (4) un grand pli synclinal au milieu du bloc central. Les scénarios 1, 3 et 4 sont compatibles avec les quelques polarités observées dans cette étude. Deux des scénarios sont peuvent avoir des incidences sur la source du soufre pour la formation des lentilles minéralisées et donc du vecteur d'exploration. Dans l'hypothèse d'une séquence à polarité sud-ouest, l'unité volcanoclastique sédimentaire située au nord des lentilles minéralisées pourrait représenter la source du soufre. Mais dans l'hypothèse d'une séquence à polarité NE, l'unité de volcanites felsiques riches en pyrrhotite/pyrite pourrait alors agir comme source du soufre. Cette dernière interprétation est compatible avec les polarités observées et permettrait de soutenir l'hypothèse d'un enrichissement en sulfures associé à un système

volcanogène de type SMV qui aurait par la suite été recouvert par une séquence volcanique komatiitique.

La présence de lentilles minéralisées au sein d'unités basaltiques et les relations angulaires prononcées entre ces lentilles et la fabrique Sp militent en faveur d'une remobilisation mécanique de celles-ci à tout le moins à une échelle décimétrique.

RÉFÉRENCES

- Alsac, C. et Latulippe, M., 1979. Quelques aspects pétrographiques et géochimiques du volcanisme archéen du Malartic en Abitibi (Province de Québec, Canada). *Canadian Journal of Earth Sciences*, 16(5): 1041-1059.
- Arndt, N. et Leshner, C., 2004. Komatiite. *Encyclopedia of Geology*.: 260-268.
- Arndt, N., Leshner, M.C. et Barnes, S.J., 2008. Komatiite. Cambridge University Press, 488 pp.
- Ayer, J., Amelin, Y., Corfu, F., Kamo, S., Ketchum, J., Kwok, K. et Trowell, N., 2002. Evolution of the southern Abitibi greenstone belt based on U–Pb geochronology: autochthonous volcanic construction followed by plutonism, regional deformation and sedimentation. *Precambrian Research*, 115(1): 63-95.
- Babineau, J., 1985. Géologie de la région de La Motte. Abitibi: Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, ET 84-03: 17 pages.
- Barley, M. et Groves, D., 1992. Supercontinent cycles and the distribution of metal deposits through time. *Geology*, 20(4): 291-294.
- Barnes, S.J., 2007. Cotectic precipitation of olivine and sulfide liquid from komatiite magma and the origin of komatiite-hosted disseminated nickel sulfide mineralization at Mount Keith and Yakabindie, Western Australia. *Economic Geology*, 102(2): 299-304.
- Barnes, S.J. et Fiorentini, M.L., 2012. Komatiite magmas and sulfide nickel deposits: A comparison of variably endowed Archean terranes. *Economic Geology*, 107(5): 755-780.
- Barnes, S.J., Heggie, G.J. et Fiorentini, M.L., 2013. Spatial Variation in Platinum Group Element Concentrations in Ore-Bearing Komatiite at the Long-Victor Deposit, Kambalda Dome, Western Australia: Enlarging the Footprint of Nickel Sulfide Orebodies. *Economic Geology*, 108(5): 913-933.
- Barnes, S.J., Leshner, C. et Keays, R., 1995. Geochemistry of mineralised and barren komatiites from the Perseverance nickel deposit, Western Australia. *Lithos*, 34(1): 209-234.
- Barrie, C., Hannington, M. et Bleeker, W., 1999. The giant Kidd Creek volcanic-associated massive sulfide deposit, Abitibi Subprovince, Canada. *Reviews in Economic Geology*, 8: 247-269.
- Bethune, K. et Erickson, E.J., 2010. Structural and kinematic analysis of the Shagawa Lake shear zone, Superior Province, northern Minnesota: implications for the role of vertical versus horizontal tectonics in the Archean. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 47(12): 1463-1479.
- Bleeker, W. et Parrish, R.R., 1996. Stratigraphy and U-Pb zircon geochronology of Kidd Creek: implications for the formation of giant volcanogenic massive sulphide

- deposits and the tectonic history of the Abitibi greenstone belt. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 33(8): 1213-1231.
- Bouhallier, H., Chardon, D. et Choukroune, P., 1995. Strain patterns in Archaean dome-and-basin structures: The Dharwar craton (Karnataka, South India). *Earth and Planetary Science Letters*, 135(1): 57-75.
- Bowen, N., 1922. The reaction principle in petrogenesis. *The Journal of Geology*, 30(3): 177-198.
- Brett, P.R., Jones, R.E., Latulippe, M. et Leuner, R., 1976. Canton de La Motte. Ministère des Ressources naturelles du Québec, RG 160: 158 pages.
- Brodie, K., Fettes, D., Harte, B. et Schmid, R., 2007. Structural terms including fault rock terms. Online at www.bgs.ac.uk/scmr. Last visited in January, 8: 2013.
- Buchan, R. et Blowes, J., 1968. Geology and mineralogy of a millerite nickel ore deposit. *Canadian Institute of Mining and Metallurgy Bulletin*, 61: 529-534.
- Champagne, C., 2004. Volcanologie physique et géochimie des komatiites de Spinifex Ridge, Formation de La Motte-Vassan, Abitibi., Mémoire de M. Sc. non publiée, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec., 155 pp.
- Champagne, C., Pilote, P. et Mueller, W., 2002. Volcanologie physique et géochimie des komatiites archéennes: Groupe de Malartic, Abitibi, Québec., Ministère des Ressources naturelles du Québec, MB 2002-04, 77 pp.
- Chown, E., Daigneault, R., Mueller, W. et Mortensen, J., 1992. Tectonic evolution of the northern volcanic zone, Abitibi belt, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 29(10): 2211-2225.
- Cobbold, P. et Quinquis, H., 1980. Development of sheath folds in shear regimes. *Journal of structural geology*, 2(1): 119-126.
- Collins, J., Hagemann, S., McCuaig, T. et Frost, K., 2012. Structural Controls on Sulfide Mobilization at the High-Grade Flying Fox Ni-Cu-PGE Sulfide Deposit, Forrestania Greenstone Belt, Western Australia. *Economic Geology*, 107(7): 1433-1455.
- Corfu, F., Krogh, T., Kwok, Y. et Jensen, L., 1989. U-Pb zircon geochronology in the southwestern Abitibi greenstone belt, Superior Province. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 26(9): 1747-1763.
- Daigneault, R., Mueller, W. et Chown, E., 2002. Oblique Archean subduction: accretion and exhumation of an oceanic arc during dextral transpression, Southern Volcanic Zone, Abitibi Subprovince, Canada. *Precambrian Research*, 115(1): 261-290.
- Daigneault, R., Mueller, W. et Chown, E., 2004. Abitibi greenstone belt plate tectonics: the diachronous history of arc development, accretion and collision. *Developments in Precambrian Geology*, 12: 88-103.
- David, J., Dion, C., Goutier, J., Roy, P., Bandyayera, D., Legault, M. et Rhéaume, P., 2006. Datations U-Pb effectuées dans la Sous-province de l'Abitibi à la suite des travaux de 2004-2005., Ministère des Ressources naturelles du Québec; RP 2006-04, 22 pp.
- Desrochers, J.-P., 1998. Stratigraphie et géologie structurale du bloc composite de Malartic et des unités sédimentaires adjacentes, Abitibi, Québec, Thèse de Ph.D. non publiée, Université de Montréal, Montréal, Québec., 270 pp.

- Desrochers, J.-P., Hubert, C., Ludden, J.N. et Pilote, P., 1993. Accretion of Archean oceanic plateau fragments in the Abitibi, greenstone belt, Canada. *Geology*, 21(5): 451-454.
- Dimroth, E., Imreh, L., Goulet, N. et Rocheleau, M., 1983. Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part II: Tectonic evolution and geomechanical model. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20(9): 1355-1373.
- Dimroth, E., Imreh, L., Rocheleau, M. et Goulet, N., 1982. Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part I: Stratigraphy and paleogeographic model. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 19(9): 1729-1758.
- Dowling, S. et Hill, R., 1998. Komatiite-hosted nickel sulphide deposits, Australia. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, 17: 121-128.
- Ducharme, Y., Stevenson, R.K. et Machado, N., 1997. Sm-Nd geochemistry and U-Pb geochronology of the Preissac and La Motte leucogranites, Abitibi Subprovince. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 34(8): 1059-1071.
- Duuring, P., 2009. Massive Ni-Cu-(PGE) Sulfide Remobilization: Processes, Products, and Implications for Exploration, CET Quarterly news, pp. 23.
- Duuring, P., Bleeker, W. et Beresford, S., 2007. Structural modification of the komatiite-associated Harmony nickel sulfide deposit, Leinster, Western Australia. *Economic Geology*, 102(2): 277-297.
- Etheridge, M., Wall, V. et Vernon, R., 1983. The role of the fluid phase during regional metamorphism and deformation. *Journal of Metamorphic Geology*, 1(3): 205-226.
- Faure, F., Arndt, N. et Libourel, G., 2006. Formation of spinifex texture in komatiites: an experimental study. *Journal of Petrology*, 47(8): 1591-1610.
- Feng, R. et Kerrich, R., 1990. Geobarometry, differential block movements, and crustal structure of the southwestern Abitibi greenstone belt, Canada. *Geology*, 18(9): 870-873.
- Feng, R. et Kerrich, R., 1991. Single zircon age constraints on the tectonic juxtaposition of the Archean Abitibi greenstone belt and Pontiac subprovince, Quebec, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55(11): 3437-3441.
- Filippidis, A., 1982. Experimental study of the serpentinization of Mg-Fe-Ni olivine in the presence of sulfur. *Canadian Mineralogist*, 20: 567-514.
- Fillion, G., 1975. Géologie de surface de la propriété de la mine Marbridge, canton de La Motte, Falconbridge Nickel Mines Ltd. Ministère de l'énergie et des Ressources naturelles, Québec; filière des travaux statutaires, GM 31924, pp. 18.
- Fillion, G., 1979. Le contexte géologique des gisements volcanogènes de Marbridge, La Motte, Abitibi., Mémoire de M. Sc. non publiée, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Québec, 313 pp.
- Flinn, D., 1965. On the symmetry principle and the deformation ellipsoid. *Geological Magazine*, 102(01): 36-45.
- Galley, A.G., Hannington, M. et Jonasson, I., 2007. Volcanogenic massive sulphide deposits. 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 Deposits Division, Special Publication, 5: 141-161.

- Gélinas, L., Trudel, P. et Hubert, C., 1984. Chemostratigraphic division of the Blake River Group, Rouyn-Noranda area, Abitibi, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 21(2): 220-231.
- Gilligan, L. et Marshall, B., 1987. Textural evidence for remobilization in metamorphic environments. *Ore Geology Reviews*, 2(1): 205-229.
- Giovenazzo, D., 2000. Minéralisations nickelifères dans le secteur La Motte-Vassan - la mine Marbridge, *In : Géologie de la région de Val-d'Or, Sous-province de l'Abitibi: volcanologie physique et évolution métallogénique*, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MB 2000-09, pp. 73-80.
- Goodwin, A. et Ridler, R., 1970. The Abitibi orogenic belt, *In : Symposium on basins and geosynclines of the Canadian Shield; Éditeur : A.J. Baer. Geological Survey of Canada, Paper*, pp. 70-40.
- Goutier, J., Monecke, T., Ross, P. et Dion, C., 2007. Volcanoclastites du Groupe de Blake River et implications pour les SMV, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (Québec), GM 63072, pp. 22.
- Graterol, M. et Naldrett, A., 1971. Mineralogy of the Marbridge No. 3 & No. 4 nickel-iron sulfide deposits; with some comments on low temperature equilibration in the Fe-Ni-S system. *Economic Geology*, 66(6): 886-900.
- Gresham, J. et Loftus-Hills, G., 1981. The geology of the Kambalda nickel field, Western Australia. *Economic Geology*, 76(6): 1373-1416.
- Hoatson, D.M., Jaireth, S. et Jaques, A.L., 2006. Nickel sulfide deposits in Australia: Characteristics, resources, and potential. *Ore Geology Reviews*, 29(3): 177-241.
- Houlé, M. et Leshar, C., 2011. Komatiite-associated Ni-Cu-(PGE) deposits, Abitibi greenstone belt, Superior Province, Canada. *Reviews in Economic Geology*, 17: 89-121.
- Hronsky, J. et Schodde, R., 2007. Nickel exploration history of the Yilgarn Craton: from the Nickel Boom to today. *In : Nickel Deposits of the Yilgarn Craton: Geology, Geochemistry and Geophysics Applied to Exploration; Éditeur : S. J. Barnes. Society of Economic Geologists; Special publication*, 13: pages 1-12.
- Huppert, H.E. et Sparks, R.S.J., 1985. Komatiites I: Eruption and flow. *Journal of Petrology*, 26(3): 694-725.
- Imreh, L., 1984. Sillon de La Motte-Vassan et son avant-pays méridional: synthèse volcanologique, lithostratigraphique et gîtologique, MM 82-04. Ministère de l'énergie et des Ressources du Québec, 72 pp.
- Keele, R. et Nickel, E., 1974. The geology of a primary millerite-bearing sulfide assemblage and supergene alteration at the Otter Shoot, Kambalda, Western Australia. *Economic Geology*, 69(7): 1102-1117.
- Leshar, C., Arndt, N. et Groves, D., 1984. Genesis of komatiite-associated nickel sulphide deposits at Kambalda, Western Australia: A distal volcanic model. *Sulphide deposits in mafic and ultramafic rocks*: 70-80.
- Machado, N., David, J., Carignan, J., Zhang, Q. et Gariépy, C., 1992. Géochronologie U-Pb du territoire québécois: Fosses de l'Ungava et du Labrador, province de Grenville et Sous-provinces de Pontiac et de l'Abitibi. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; filière des travaux statutaires, GM-59899.

- Machado, N., Philippe, S., David, J. et Gariépy, C., 1991. Géochronologie U-Pb du territoire québécois: Fosses du Labrador et de l'Ungava et sous-province de Pontiac, MB 91-07. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 50 pp.
- MacLean, W. et Barrett, T., 1993. Lithogeochemical techniques using immobile elements. *Journal of Geochemical Exploration*, 48(2): 109-133.
- Marston, R., Groves, D., Hudson, D. et Ross, J., 1981. Nickel sulfide deposits in Western Australia; a review. *Economic Geology*, 76(6): 1330-1363.
- McDonough, W.F. et Sun, S.-S., 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120(3): 223-253.
- Mercier-Langevin, P., Houlié, M.G., Dubé, B., Monecke, T., Hannington, M.D., Gibson, H.L. et Goutier, J., 2012. A Special Issue on Archean Magmatism, Volcanism, and Ore Deposits: Part 1. Komatiite-Associated Ni-Cu-(PGE) Sulfide and Greenstone-Hosted Au Deposits Preface (). *Economic Geology*, 107(5): 745-753.
- Mortensen, J., 1993. U-Pb geochronology of the eastern Abitibi subprovince. Part 1: Chibougamau-Matagami-Joutel region. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 30(1): 11-28.
- Mueller, W., Daigneault, R., Mortensen, J. et Chown, E., 1996. Archean terrane docking: upper crust collision tectonics, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Tectonophysics*, 265(1): 127-150.
- Mungall, J.E. et Brenan, J.M., 2003. Experimental evidence for the chalcophile behavior of the halogens. *The Canadian Mineralogist*, 41(1): 207-220.
- Parent, M., 1998. Géochronologie U-Pb de la région de Val-d'Or, Sous-province de l'Abitibi. Laboratoire Géotop, UQAM, résultats 1997-1998. Rapport final soumis au Ministère des Ressources naturelles du Québec; rapport interne.
- Pilote, P., 2000. Géologie de la région de Val-d'Or, Sous-Province de l'Abitibi: volcanologie physique et évolution métallogénique. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MB 2000-09, 110 pages pp.
- Pilote, P., Lacoste, P., Moorhead, J., Daigneault, R., McNicoll, V. et David, J., 2013a. Géologie de la région de Malartic. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec, DV 2014-03, page 15.
- Pilote, P., Lacoste, P., Moorhead, J., Daigneault, R., McNicoll, V. et David, J., 2013b. Géologie de la région de La Motte., DV 2014-03. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec,.
- Pilote, P., Moorhead, J. et Mueller, W., 2000. Développement d'un arc volcanique, la région de Val-d'Or, ceinture de l'Abitibi – Volcanologie, physique et évolution métallogénique. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MB 2000-09, pages 1-20 pp.
- Pilote, P., Mueller, W., Scott, C., Lavoie, S., Champagne, C. et Moorhead, J., 1998. Volcanologie de la Formation Val-d'Or et du Groupe de Malartic, Sous-Province de l'Abitibi: contraintes géochimiques et géochronologiques. Ministère des Ressources naturelles du Québec, DV 98-05: page 48.
- Porter, D.J. et McKay, K.G., 1981. The nickel sulfide mineralization and metamorphic setting of the Forrestania area, Western Australia. *Economic Geology*, 76(6): 1524-1549.

- Powell, W., Carmichael, D. et Hodgson, C., 1995. Conditions and timing of metamorphism in the southern Abitibi greenstone belt, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 32(6): 787-805.
- Pyke, D., Naldrett, A. et Eckstrand, O., 1973. Archean ultramafic flows in Munro township, Ontario. *Geological Society of America Bulletin*, 84(3): 955-978.
- Ridley, J., 1986. Parallel stretching lineations and fold axes oblique to a shear displacement direction - a model and observations. *Journal of Structural Geology*, 8(6): 647-653.
- Roy, D. et Daigneault, R., 2013. Déformation plastique dans les roches, Université du Québec à Chicoutimi, Analyse structurale 6SCT906 - notes de cours, pp. 46.
- Rutter, E.H., 1993. Experimental rock deformation: techniques, results and applications to tectonics. *Geology Today*, 9(2): 61-65.
- Schmid, R., Fettes, D., Harte, B., Davis, E., Desmons, J., Meyer-Marsilius, H. et Siivola, J., 2007. A systematic nomenclature for metamorphic rocks: 1. How to name a metamorphic rock. Recommendations by the IUGS Subcommittee on the systematics of metamorphic rocks. SCMR website ([Hwww. bgs. ac. uk/SCMRH](http://www.bgs.ac.uk/SCMRH)).
- Shima, H. et Naldrett, A., 1975. Solubility of sulfur in an ultramafic melt and the relevance of the system Fe-SO. *Economic Geology*, 70(5): 960-967.
- Skinner, B.J. et Johnson, C.A., 1987. Evidence for movement of ore materials during high-grade metamorphism. *Ore Geology Reviews*, 2(1): 191-204.
- Sproule, R., Leshner, C., Ayer, J., Thurston, P. et Herzberg, C., 2002. Spatial and temporal variations in the geochemistry of komatiites and komatiitic basalts in the Abitibi greenstone belt. *Precambrian research*, 115(1): 153-186.
- Steiger, R. et Wasserburg, G., 1969. Comparative U - Th - Pb systematics in 2.7×10^9 yr plutons of different geologic histories. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 33(10): 1213-1232.
- Sullivan, W.A., 2013. L tectonites. *Journal of Structural Geology*, 50: 161-175.
- Thurston, P., 2002. Autochthonous development of Superior Province greenstone belts? *Precambrian Research*, 115(1): 11-36.
- Tomkins, A.G., Pattison, D.R. et Frost, B.R., 2007. On the initiation of metamorphic sulfide anatexis. *Journal of Petrology*, 48(3): 511-535.
- Winter, J.D., 2001. An introduction to igneous and metamorphic petrology, 697 pages. Prentice Hall, New Jersey, U.S.A.
- Zwanzig, H., Macek, J. et McGregor, C., 2007. Lithostratigraphy and geochemistry of the high-grade metasedimentary rocks in the Thompson Nickel Belt and adjacent Kisseynew Domain, Manitoba: implications for nickel exploration. *Economic Geology*, 102(7): 1197-1216.
- Zwart, H., 1962. On the determination of polymetamorphic mineral associations, and its application to the Bosost area (Central Pyrenees). *Geologische Rundschau*, 52(1): 38-65.

ANNEXES

ANNEXE 1

LOCALISATION DES STATIONS

Annexe 1: Localisation des stations, Nad 83 zone U17

Station	Estant	Nordant
PP-29	708734	5358567
PP-46	708911	5358483
VL-206	707445	5359000
VL-207	707359	5358995
VL-208	707301	5358915
VL-209	707401	5358560
VL-210	707326	5358529
VL-211	707309	5358554
VL-212	707310	5358536
VL-213	707318	5358466
VL-231	707929	5358616
VL-232	708009	5358859
VL-244	707956	5358787
VL-245	709014	5358484
VL-265	707938	5358705
VL-266	708157	5358738
VL-267	707985	5358686
VL-268	707841	5358831
VL-269	707907	5358847
VL-272	708472	5358530
VL-273	708678	5358461
VL-274	708653	5358471
VL-281	708510	5358581
VL-287	708486	5358588
VL-288	708482	5358616
VL-289	708528	5358599
VL-290	708470	5358652
VL-291	708438	5358665
VL-296	708149	5358669
VL-297	708218	5358717
VL-298	708184	5358665
VL-300	708589	5358966
VL-317	708072	5358833
VL-318	707957	5358917

Station	Estant	Nordant
VL-319	707921	5358582
VL-319-A4	707912	5358599
VL-320	707880	5358627
VL-321	707887	5358641
VL-322	708063	5358925
VL-323	707960	5 358 578
VL-331	708067	5358598
VL-332	707986	5358575
VL-333	708024	5358870
VL-334	708401	5358600
VL-335	708401	5358545
VL-336	707394	5358956
VL-337	707249	5358879
VL-338	707136	5358867
VL-339	707188	5358767
VL-340	707101	5358818
VL-347	708187	5358610
VL-348	708200	5358637
VL350	708197	5358796
VL-352	708158	5358767
VL-400	708121	5358814
VL-401	708432	5358609
VL-422	707941	5358898
VL-428	708410	5358556
VL-429	708247	5358761
VL-464	709009	5358576
VL-465	708958	5358569
VL-466	708881	5358587
VL-467	708657	5358650
VL-468	708645	5358593
VL-469	708606	5358605
VL-505	708064	5358747
VL-506	708053	5358853
RS-515	707257	5359097
VL-535	708256	5358729

Annexe 1 : Localisation des stations, Nad 83 zone U17

Station	Estant	Nordant
VL-536	708292	5358739
VL-537	708300	5358750
VL-538	708329	5358798
VL-554	708432	5358609
VL-592	708944	5358430
MC-3046	708478	5358534
MC-3047	708188	5358667
MC-3048	707933	5358824
MC-3049	707956	5358914
MC-3053	708515	5358586
MC-3054	708503	5358588
MC-3055	708495	5358608
MC-3056	708192	5358612
MC-3057	708202	5358639
MC-3058	708192	5358655
MC-3059	708225	5358726
MC-3060	708250	5358792
MC-3061	708155	5358768
MC-3076	708028	5358735
MC-3077	708041	5358763
MC-3078	708046	5358774
MC-3079	708057	5358812
MC-3080	708067	5358833
MC-3081	708103	5358786
MC-3082	709012	5358481
MC-3083	708953	5358413
MC-3084	708942	5358434
MC-3085	708598	5358527
MC-3086	708578	5358540
MC-3087	708529	5358597
MC-3088	708518	5358594
MC-3089	708627	5358716
MC-3090	708618	5358709
MC-3091	708689	5358676
MC-3092	708739	5358669
MC-3093	708699	5358529
MC-3094	708676	5358459
MC-3095	708660	5358468
MC-3096	708609	5358486
MC-3097	707875	5358628
MC-3098	707886	5358643
MC-3099	707919	5358733

Station	Estant	Nordant
MC-3100	707861	5358756
MC-3101	709041	5358471
MC-3102	709092	5358476
MC-3103	708574	5358795
MC-3104	708623	5358925
MC-3105	708618	5358912
MC-3106	708663	5358958
MC-3107	708677	5359039
MC-3116	707154	5358713
MC-3117	707193	5358829
MC-3118	707296	5358914
MC-3119	707262	5358957
MC-3120	707342	5359013
13001	708145	5358663
13002	708200	5358671
13003	708202	5358652
13004	707953	5358575
13005	707919	5358669
13006	707918	5358700
13007	707871	5358626
13008	707929	5358753
13009	707942	5358816
13010	707873	5358897
13011	707889	5358893
13012	707920	5358930
13012	707920	5358930
13013	707977	5358910
13014	708028	5358890
13015	708135	5358686
13016	708178	5358724
13017	708132	5358741
13018	708148	5358735
13019	708126	5358730
13019	708126	5358730
13020	708144	5358769
13020	708144	5358769
13021	708117	5358813
13022	708102	5358791
13023	708087	5358765
13024	708058	5358842
13024	708058	5358842
13025	708052	5358937
13026	708006	5358975

Annexe 1 : Localisation des stations, Nad 83 zone U17

Station	Estant	Nordant
13027	708022	5358734
13028	708011	5358547
13029	708244	5358788
13030	708326	5358795
13031	708405	5358600
13032	708958	5358572
R310805_1	707970	5358560
R310805_2	707978	5358595
R310805_3	707983	5358638
R310805_3	707983	5358638
R310805_4	708010	5358706
R310805_5	708031	5358737
R310805_6	708045	5358775
R310805_6	708045	5358775
R310805_7	708044	5358777
R310805_8	708026	5358819
R310805_9	708078	5358923
R310805_9	708078	5358923
R310805_10	708125	5358819
R310805_11	708123	5358815
R310805_12	708139	5358811
R310805_13	708131	5358802
R310805_14	708163	5358769
R310805_14	708163	5358769
R310805_15	708164	5358761
R310805_16	708217	5358769
R310805_17	708249	5358790
R310805_18	708244	5358765
R030905_1	708461	5358635
R030905_1	708461	5358635
R030905_2	708407	5358597
R030905_3	708408	5358641
R030905_4	708439	5358664
R030905_5	708360	5358642
R030905_6	708395	5358710
R030905_7	708330	5358794
R030905_8	708353	5358776
R030905_9	708155	5358693
R030905_10	708135	5358693
R030905_11	708220	5358728
R030905_11	708220	5358728
R280807_1	707879	5358630

Station	Estant	Nordant
R280807_2	707978	5358600
R280807_3	708950	5358411
R280807_4	708951	5358471
R280807_5	709020	5358474
R280807_6	708881	5358430
R280807_7	708656	5358471
R280807_8	708058	5358929
R280807_9	708085	5358893
R280807_10	708064	5358870
R280807_11	708059	5358822
R280807_12	708059	5358810
R280807_13	708021	5358873
R280807_14	708011	5358855
R280807_15	707980	5358779
R280807_16	707978	5358735
R280807_17	707964	5358714
R280807_18	707969	5358679
R280807_19	707930	5358612
R300807_1	708081	5358554
R300807_2	708054	5358587
R300807_3	708069	5358598
R300807_4	708056	5358585
R300807_5	708026	5358547
R300807_6	708024	5358527
R300807_7	708188	5358612
R300807_8	708174	5358667
R300807_9	708186	5358677
R300807_10	708195	5358805
R300807_11	708186	5358791
R300807_12	708142	5358796
R300807_13	708136	5358774
R300807_14	708155	5358773
R300807_15	708150	5358666
R300807_16	708138	5358686
R300807_17	708143	5358696
R300807_18	708232	5358711
R300807_19	708256	5358737
R300807_20	708305	5358757
R300807_21	708329	5358797
R300807_22	708237	5358807
R300807_23	708135	5358785
R300807_24	708104	5358794
R300807_25	708102	5358790

Annexe 1: Localisation des stations, Nad 83 zone U17

Station	Estant	Nordant
R300807_26	708090	5358778
R300807_27	708081	5358787
R300807_28	708475	5358533
R300807_24	708104	5358794
R300807_2b	708043	5358591
R280807_8	708058	5358929
R280807_17	707964	5358714
R290709_1	707877	5358633
R290709_2	707886	5358651
R290709_2	707866	5358643
R290709_3	707917	5358671
R290709_4	707917	5358671
R290709_5	707925	5358684
R290709_6	707942	5358697
R290709_7	707923	5358710
R290709_8	707917	5358738
R290709_9	707938	5358716
R290709_10	707952	5358715
R290709_11	707953	5358708
R290709_12	707935	5358722
R290709_13	707933	5358756
R290709_14	707941	5358802
R290709_15	707899	5358845
R290709_16	707890	5358888
R290709_17	707904	5358883
R290709_18	707912	5358872
R290709_19	707928	5358877
R290709_20	707944	5358896
R290709_21	707953	5358913
R290709_22	707913	5358921
R290709_23	707919	5358906
R290709_24	707968	5358905
R290709_25	707979	5358904
R290709_26	708011	5358896
R290709_27	708026	5358870
R300709_28	708468	5358526
R300709_29	708506	5358592
R300709_30	708501	5358604
R300709_31	708488	5358614
R300709_32	708483	5358617
R300709_33	708517	5358594
R300709_34	708526	5358594

Station	Estant	Nordant
R300709_35	708524	5358601
R300709_36	708629	5358710
R300709_37	708642	5358666
R300709_38	708634	5358657
R300709_39	708452	5358576
R300709_40	708466	5358630
R300709_41	708468	5358653
R300709_42	708444	5358623
R300709_43	708418	5358609
R300709_44	708401	5358598
R300709_45	708410	5358637
R300709_45	708427	5358643
R300709_46	708436	5358664
R300709_47	708436	5358664
R300709_48	708235	5358629
R300709_49	708189	5358654
R300709_50	708184	5358670
R300709_51	708177	5358668
R300709_52	708197	5358670
R300709_53	708193	5358695
R300709_54	708216	5358732
R300709_54	708227	5358737
R300709_55	708226	5358731
R300709_56	708226	5358731
R300709_57	708244	5358797
R300709_58	708259	5358758
R300709_59	708162	5358688
R030909_01	708131	5358729
R030909_02	708142	5358742
R030909_03	708158	5358738
R030909_04	708160	5358720
R030909_05	708161	5358710
R030909_06	708171	5358690
R030909_07	708221	5358714
R030909_08	708194	5358694
R030909_09	708214	5358730
R030909_09	708198	5358737
R030909_10	708183	5358767
R030909_11	708183	5358767
R030909_12	708186	5358785
R030909_13	708174	5358785
R030909_14	708159	5358773
R030909_15	708162	5358748

Annexe 1: Localisation des stations, Nad 83 zone U17

Station	Estant	Nordant
R030909_16	708144	5358787
R030909_17	708123	5358813
R050909_02	707858	5358740
R050909_03	707868	5358756
R050909_04	707856	5358798
R050909_05	707911	5358819
R050909_06	707897	5358835
R050909_07	707900	5358888
R050909_07	707931	5358768
R050909_08	707944	5358797
R050909_09	707944	5358797
R050909_10	707972	5358883
R050909_11	707994	5358956
R050909_12	708002	5358976
R050909_12	708000	5358983
R050909_13	708057	5358934
R050909_14	708057	5358934
R050909_15	708070	5358922
R050909_16	708057	5358911
R050909_17	708063	5358885
R050909_18	708054	5358661
R050909_19	708081	5358744
R050909_20	708106	5358792
R050909_21	708096	5358788
R050909_22	708079	5358788
R050909_23	708116	5358771
R050909_24	708120	5358821
R050909_24	708106	5358797
R050909_24	708146	5358794
R050909_25	708146	5358794
R050909_26	708146	5358794
R050909_29	708061	5358589

Station	Estant	Nordant
R020910-01	708059	5358519
R020910-02	708065	5358589
R020910-03	708099	5358633
R020910-04	708131	5358658
R020910-05	708110	5358702
R020910-06	708132	5358732
R020910-07	708154	5358741
R020910-08	708140	5358767
R020910-09	708055	5358660
R020910-10	708103	5358790
R020910-11	708085	5358760
R020910-12	708130	5358654
R020910-13	708035	5358615
R020910-14	707925	5358705
R020910-15	707943	5358691
R020910-16	707945	5358695
R020910-17	707932	5358709
R020910-18	707937	5358724
R020910-19	707933	5358763
R020910-20	708010	5358896
R020910-21	708023	5358872
R020910-22	707883	5358822
R020910-23	707911	5358874
R020910-24	707934	5358887
R020910-25	707947	5358906

ANNEXE 2

CARACTÉRISTIQUES PÉTROGRAPHIQUES

Annexe 2: Caractéristiques pétrographiques des roches ultramafiques.

Lithologie	Échantillon	Phases minérales majeures					
		Serpentine	Talc	Magnétite	Carbonates	Hornblende	Chlorite
Ultramafique	3046-A ₂	35	50	15	-	-	-
	3048-A	30	2	8	60	-	-
	3105-A	40	43	2	-	15	-
	3107-A	45	40	15	-	-	-
	3116-A	60	28	12	-	-	-
	3119-A	62	28	9	-	-	1
	207-A	50	42	8	-	-	-
	273-A	55	25	9	-	10	1
	297-D	70	-	12	1	-	17
	299-A	65	23	10	2	-	-

Annexe 2: Caractéristiques pétrographiques des roches mafiques.

Lithologie	Échantillon	Phases minérales majeures							
		PG	HB	AM	CL	EP	MT	BO	QZ
Mafiques	3047-A ₁	70	20	-	6	4	-	-	-
	3082-A	65	35	-	-	-	-	-	-
	3088-A	75	23	-	-	2	-	-	-
	3092-A ₁	65	34	-	-	-	-	-	1
	3095-A	60	40	-	-	-	-	-	-
	209-A	70	3	27	-	-	-	-	-
	231-A ₁	60	32	-	2	-	3	3	-
	265-B	55	40	5	-	-	-	-	-
	296-A ₁	12	85	-	-	3	-	-	-
	318-B	50	30	-	10	10	-	-	-

Annexe 2: Caractéristiques pétrographiques des roches felsiques.

Lithologie	Échantillon	Phases minérales majeures									
		QZ	BO	MV	PG	SR	EP	GR	Opaques	MC	HB
Felsiques	3097-A	40	14	14	15	10	5	1	1		
	317-D	55	20	15	7				1	2	
	319-A	60	20	15	3			1	1		
	319-A ₁	50	15	15		7	12		1		
	319-A ₄	50	20	10			18	1	1		
	320-A	50	5	30			13		2		
	DDH-12-MB-01	55	30		1		4				10

Annexe 2: Caractéristiques pétrographiques des roches sédimentaires.

Lithologie	Échantillon	Phases minérales majeures									
		QZ	BO	PG	HB	EP	GR	CL	MV	AM	Opaques
Sédiments	<u>Unité Schiste à Biotite</u>										
	3059-C	55	15	2	20	3	-	5	-	-	-
	3061-A	48	20	25	-	2	4	-	-	-	1
	3080-B	22	30	13	-	30	-	-	5	-	-
	3083-1	40	25	18	10	7	-	-	-	-	-
	266-B	54	20	10	15	-	-	-	-	-	1
	318-A	50	20	15	-	-	-	-	-	14	1
	<u>Sous-unité fragmentaire</u>										
	3060-A	33	25	10	30	-	-	2	-	-	-
	3080-A	35	13	20	30	2	-	-	-	-	-
	3098-B	35	20	12	15	2	10	1	-	-	5
	232-A ₂	13	-	-	60	5	20	-	-	-	2

Annexe 2: Caractéristiques pétrographiques des intrusions.

Lithologie	Échantillon	Phases minérales majeures									
		HB	AM	PG	CL	EP	Opaques	QZ	BO	MV	
Intrusions	<u>Mafiques</u>										
	3053-A ₂	72	-	25	-	2	1	-	-	-	
	3057-A	55	-	30	15	-	-	-	-	-	
	3099-A	-	80	19	-	-	-	-	1	-	
	331-B	50	10	38	-	-	1	-	1	-	
	<u>Intermédiaires</u>										
	3049-B	12	-	85	2	-	1	-	-	-	
	3055-A	15	-	80	2	1	1	-	1	-	
	291-B	24	15	60	-	-	1	-	-	-	
	298-C	20	-	65	-	-	-	-	15	-	
	<u>Felsiques</u>										
319-A ₃	-	-	15	3	-	-	65	10	7		

ANNEXE 3

ANALYSES LITHOGÉOCHIMIQUES

Annexe 3: Analyses lithogéochimiques

NUM	3046 B2	3046 A2	3047 A1	3048 A	3049 B	3053 A2	3055 A	3056 A	3057 A	3059 A	3059 C	3060 A	3061 A	3080 A	3080 B
UTM E	708478	708478	708188	707934	707957	708515	708495	708192	708202	708225	708225	708250	708155	708067	708067
UTM N	5358534	5358534	5358667	5358824	5358914	5358586	5358608	5358612	5358639	5358726	5358726	5358792	5358768	5358833	5358833
LITHO	UMF	UMF	MF	UMF	Int	MF	Int	S	MF	UMF	S	S	S	S	S
Au	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0
Pt	5.5	11.3	0.7	1.5	1	11.4	0.25	0	8.1	0.25	0.25	0	0	0	0
Pd	5.5	11.4	0.25	1.2	1.1	13.7	0.25	0	5.2	0.25	0.25	0	0	0	0
SiO2	40.94	40.75	59.04	34.44	57.34	48.87	64.43	61.18	47.67	39.8	65.16	57.56	64.54	52.7	54.67
Al2O3	4.52	9.57	14.91	1.38	16.41	14.78	14.69	13.48	17.14	1.09	13.42	15.24	15.88	16.78	16.34
Fe2O3_T	8.87	13.78	7.35	5.63	7.5	10.89	6.65	8.55	9.04	7.98	7.36	9.71	7.11	9.93	8.59
MgO	32.21	22.28	4.74	38.87	3.85	9.84	2.79	4.45	9.67	38.91	2.75	4.7	1.95	3.81	2.64
MnO	0.127	0.187	0.177	0.1	0.159	0.21	0.089	0.133	0.17	0.087	0.194	0.169	0.477	0.194	0.206
CaO	3.49	6.95	4.55	1.33	4.52	7.8	4.1	3.58	9.05	0.73	5.64	5.51	3.35	8.36	9.25
Na2O	0.06	0.35	3.38	0.04	6.16	1.18	4	3.37	2.51	0.02	2.95	3.41	3.02	3.95	0.95
K2O	0.005	0.03	1.78	0.02	0.54	1.91	1.44	0.22	0.73	0.005	0.9	1.69	2.11	0.45	2.43
TiO2	0.22	0.512	0.873	0.064	1.005	0.438	0.595	1.151	0.416	0.048	0.748	0.93	0.947	1.196	1.186
P2O5	0.03	0.03	0.15	0.03	0.22	0.04	0.14	0.26	0.04	0.02	0.18	0.15	0.17	0.16	0.15
Cr2O3	0.28	0.47	0.02	0.16	0.04	0.07	0.02	0.02	0.06	0.18	0.02	0.005	0	0.01	0.02
LOI	9.15	5.58	1.8	18.35	1.67	2.15	1.84	2.75	2.08	11.83	1.01	1.1	1.39	0.37	1.55
Total	99.62	100	98.75	100.2	99.36	98.11	100.8	99.13	98.52	100.5	100.3	100.2	100.9	97.9	97.96
Sr	7	11	202	11	148	66	177	80	134	2	174	209	218	318	166
Ba	1.5	1.5	514	1.5	184	349	400	37	174	1.5	179	423	422	127	428
Nb	0.1	0.1	5.2	0.1	6.4	0.5	4.4	6.5	1.3	0.1	5.5	5	5	2.9	2.8
V	106	219	152	29	179	215	105	128	175	24	112	164	176	247	239
Co	85	65	23	82	12	43	13	4	40	110	20	23	22	28	23
Ga	5	10	15	2	16	10	16	13	11	2	17	19	20	21	21
Ge	1.6	1.6	1.1	1	1	1.6	1.2	1.1	2.1	1.4	1.7	1.3	0.9	1.6	1.6
Ag	0.25	0.25	0.9	0.25	0.6	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0.25
In	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0	0.05	0.05
Sn	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5
Cs	0.7	0.05	1.4	0.5	0.3	1.5	1.2	0.1	1.5	0.3	0.9	5.2	6.1	0.4	2.9
Pb	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	3	1.5	1.5	3	3	4	9	9	7
Be	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1
Hf	0.3	0.8	3.1	0.1	3.2	0.6	3.6	4	0.9	0.05	3.3	4	3.4	2.7	2.8
Ta	0.005	0.01	0.37	0.005	0.47	0.05	0.38	0.36	0.09	0.005	0.36	0.26	0.43	0.13	0.11
W	0.25	10	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25
Tl	0.025	0.025	0.22	0.025	0.09	0.27	0.025	0.025	0.09	0.025	0.025	0.025	0.29	0.025	0.025
Bi	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0	0.05	0.05
Th	0.025	0.09	1	0.025	1.34	0.025	1.64	1.22	0.23	0.025	1.44	1.31	1.31	0.72	0.77
U	0.01	0.03	0.26	0.03	0.37	0.03	0.47	0.5	0.06	0.02	0.41	0.36	0.35	0.2	0.23
Rb	0.5	0.5	55	0.5	13	86	54	4	23	0.5	22	50	101	7	72

Y	4.5	8.9	14.8	1.2	16.3	13.7	14.5	17.2	13.6	1.4	14.9	20.3	25.7	18.5	17.9
Zr	9	26	123	2	127	24	149	164	37	2	141	168	141	109	108
La	0.39	0.61	7.15	0.38	12	1.22	8.23	10.4	3.15	0.79	13	14.9	14	7.25	10.5
Ce	0.78	1.91	16.7	0.65	19.6	3.15	17.3	24.3	6.72	1.64	29.3	32.3	31.9	17.3	23.8
Pr	0.13	0.33	2.31	0.08	3.28	0.5	2.13	3.35	1.01	0.21	3.66	4.52	4.27	2.44	3.31
Nd	0.76	1.82	9.73	0.38	12.6	2.36	8.92	14.1	4.8	0.85	15	18.6	18.5	11	14.4
Sm	0.42	0.82	2.47	0.11	3.28	0.91	2.32	3.37	1.38	0.21	3.35	4.1	4.01	2.93	3.51
Eu	0.186	0.282	0.832	0.051	0.993	0.352	0.759	0.876	0.49	0.057	1.18	1.2	1.19	1.09	1.21
Gd	0.61	1.29	2.79	0.15	3.09	1.38	2.64	3.54	1.8	0.25	3.26	4.21	4.35	3.64	3.75
Tb	0.13	0.27	0.49	0.03	0.52	0.31	0.43	0.6	0.33	0.04	0.5	0.65	0.67	0.62	0.61
Dy	0.85	1.67	3.03	0.21	3.19	2.23	2.59	3.5	2.24	0.27	2.98	4.04	4.24	3.75	3.65
Ho	0.17	0.36	0.6	0.04	0.62	0.54	0.52	0.67	0.5	0.05	0.57	0.8	0.9	0.75	0.72
Er	0.52	1.1	1.77	0.13	1.7	1.71	1.57	1.97	1.6	0.16	1.62	2.38	2.72	2.15	2.11
Tm	0.081	0.163	0.253	0.026	0.237	0.272	0.242	0.31	0.289	0.027	0.247	0.338	0.397	0.327	0.316
Yb	0.53	1.13	1.67	0.2	1.61	2.08	1.67	2.08	1.99	0.18	1.68	2.36	2.52	2.21	2.05
Lu	0.082	0.168	0.284	0.031	0.257	0.343	0.28	0.334	0.307	0.031	0.261	0.395	0.386	0.37	0.347
Cd	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.6	0.25	0.25
Cu	2	22	27	4	21	45	37	78	0.5	69	27	64	51	12	18
Ni	1770	487	72	2380	146	207	46	41	135	2380	84	43	47	85	73
Mo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5
Zn	29	70	120	17	122	66	57	73	70	22	277	106	250	205	137
S_ppm_	700	1200	800	800	800	800	6100	400	400	2400	800	600	2000	500	1000
As	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.1	0.25	0.25	1.5	2.4	0.25	0	0.25	0.25
Br	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0.25
Cr	1730	2950	112	936	266	490	98	125	396	1150	108	46	39	74	71
Fe	5.62	8.57	5.03	3.59	4.81	7.56	4.92	5.3	5.99	5.14	4.81	5.93	4.55	5.95	5.23
Ir	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	0	2.5	2.5
Na	0.09	0.29	2.66	0.08	4.23	0.92	3.16	2.18	1.92	0.06	2.03	2.16	1.91	2.55	0.64
Sc	18	35.3	23.8	7	19.4	51.8	16.1	15.3	43.2	5.5	15.1	19.6	18.9	27.3	27.4
Sb	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.2	0.05	0	0.05	0.05
Se	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	3	1.5

Annexe 3: Analyses lithogéochimiques (suite)

NUM	3081 A1	3082 A	3083	3084 A	3088 A	3092 A1	3093 A	3095 A	3097 A	3098 B	3099 A	3100 A	3103 A	3105 A	3107 A
UTM E	708103	709011	708953	708943	708518	708739	708699	708660	707875	707886	707919	707861	708575	708618	708677
UTM N	5358786	5358481	5358413	5358434	5358594	5358669	5358529	5358468	5358628	5358643	5358733	5358756	5358795	5358912	5359039
LITHO	S	MF	S	MF	MF	MF	UMF	MF	Fels	S	MF	MF	UMF	UMF	UMF
Au	0	0.5	0	0.5	1	0.5	0.5	2	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5
Pt	0	1.4	0	0.25	0.25	0.7	5.2	7.1	0	0	0	22.5	2.2	8.2	8.2
Pd	0	1.2	0	0.25	0.25	0.7	5.6	3.9	0	0	0	25.7	2	7.9	8.5
SiO2	55.91	57.46	64.73	64.56	64.8	58.58	40.44	53.52	60.44	56.51	48.03	49.51	38.69	45.11	43.94
Al2O3	14.61	15.15	14.96	14.22	13.31	13.89	3.8	13.23	14.13	12.59	13.8	17.32	1.13	6.48	6.05
Fe2O3_T	11.7	6.22	5.83	6.55	4.86	8.12	8.97	10.12	2.99	15.98	10.76	11.69	6.6	9.9	10.6
MgO	3.86	5.61	2.53	2.54	3.24	5.07	32.17	7.63	0.99	3.9	12.11	7.34	38.62	23.7	26.19
MnO	0.277	0.116	0.09	0.104	0.075	0.131	0.118	0.18	0.154	0.645	0.243	0.213	0.054	0.172	0.163
CaO	7.27	8.15	3.77	4.32	3.47	8.27	3.44	9.23	3.48	4.75	11.16	8.09	0.75	6.32	6.92
Na2O	2.95	3.44	3.75	3.53	6.06	2.48	0.04	3.26	3.38	1.09	1.87	1.84	0.02	0.21	0.05
K2O	1.4	0.14	2.09	0.68	0.35	0.25	0.005	0.18	1.58	1.08	0.29	1.07	0.005	0.005	0.005
TiO2	1.047	0.782	0.602	0.843	0.582	0.809	0.187	0.682	0.684	0.641	0.323	0.493	0.046	0.345	0.305
P2O5	0.15	0.14	0.14	0.23	0.13	0.14	0.02	0.09	0.13	0.1	0.05	0.05	0.005	0.03	0.005
Cr2O3	0	0.04	0.01	0.02	0.01	0.03	0.27	0.06	0.005	0.02	0.15	0.02	0.2	0.28	0.33
LOI	1.16	0.67	0.82	1.27	1.22	0.63	9.86	0.75	2.58	2.07	1.74	1.82	12.97	5.74	5.96
Total	100.3	97.88	99.3	98.83	98.09	98.38	99.05	98.87	90.54	99.35	100.4	99.45	98.9	98.02	100.2
Sr	167	82	193	119	100	117	21	148	135	111	117	129	5	25	27
Ba	455	26	659	125	88	59	1.5	65	254	379	62	89	1.5	6	1.5
Nb	3.8	4.5	4.6	7	4.5	5.1	0.1	1.7	7.6	3.6	1.1	0.5	0.1	0.1	0.1
V	239	165	102	118	98	166	86	235	55	131	166	214	27	142	138
Co	30	28	18	13	3	28	88	38	11	21	51	44	91	60	88

Ga	20	17	20	16	12	16	4	14	19	14	11	11	2	8	7
Ge	1.3	2.1	1.3	1.6	1.1	2.2	1.1	1.9	1	1.1	1.4	1.9	1	1.6	1.6
Ag	0	0.5	0	0.9	0.6	0.25	0.25	0.25	2.4	0.7	0	0.25	0.25	0.25	0.25
In	0	0.05	0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0	0.05	0.05	0.05	0.05
Sn	0	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5
Cs	2.7	0.05	1.9	0.6	0.3	0.4	1.3	0.1	1.4	1.4	0.5	2	0.05	0.3	0.3
Pb	5	6	3	1.5	4	1.5	1.5	1.5	871	11	0	1.5	1.5	1.5	1.5
Be	1	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5
Hf	2.7	2.5	4	3.7	3.1	2.8	0.3	1.7	5.9	2.7	0.8	0.9	0.05	0.5	0.4
Ta	0.59	0.36	0.48	0.5	0.39	0.35	0.005	0.12	0.54	0.32	0.11	0.02	0.005	0.005	0.005
W	0.9	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25
Tl	0.29	0.025	0.28	0.06	0.025	0.025	0.025	0.025	0.35	0.29	0.13	0.025	0.12	0.025	0.025
Bi	0	0.05	0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0	0.05	1.3	0.6	0.5
Th	0.77	1.34	1.84	1.25	1.29	1.31	0.025	0.36	2.34	1.16	0.51	0.16	0.025	0.025	0.025
U	0.22	0.39	0.46	0.34	0.45	0.36	0.01	0.12	0.63	0.29	0.16	0.05	0.02	0.02	0.02
Rb	43	1	46	17	12	8	0.5	3	75	36	8	51	0.5	0.5	0.5
Y	19.7	15	15.3	18	12.8	16.2	3.7	14.7	22	14.2	13.5	16.2	0.9	6.7	7.4
Zr	102	104	144	152	131	112	7	62	230	107	25	30	4	17	14
La	10.6	8.36	13.3	8.86	3.53	9.64	0.33	3.14	18.6	9.51	3.11	1.73	0.42	1.33	0.41
Ce	23.7	18.1	27.3	19.5	6.48	20.2	0.66	8.22	41.6	19.5	7.11	4.62	0.73	2.7	1.23
Pr	3.31	2.51	3.59	2.66	0.76	2.87	0.11	1.24	5.04	2.49	1.02	0.71	0.08	0.34	0.24
Nd	14.3	10.5	14.3	11.3	3.62	11.7	0.57	6.15	20.8	10.5	4.69	3.47	0.29	1.51	1.39
Sm	3.4	2.73	3.13	2.91	1.41	2.83	0.28	1.83	4.58	2.33	1.2	1.11	0.1	0.84	0.63
Eu	1.12	1	0.99	0.914	0.679	0.974	0.151	0.681	1.38	0.637	0.547	0.408	0.042	0.129	0.226
Gd	3.55	2.98	3.03	3.29	2.44	3.2	0.47	2.42	4.62	2.77	1.34	1.62	0.11	1.05	1
Tb	0.58	0.48	0.44	0.6	0.4	0.51	0.11	0.44	0.75	0.44	0.25	0.33	0.02	0.21	0.21
Dy	3.8	2.96	2.71	3.71	2.48	2.99	0.77	2.77	4.58	2.68	1.85	2.53	0.15	1.3	1.37
Ho	0.78	0.59	0.6	0.74	0.5	0.58	0.14	0.59	0.92	0.56	0.45	0.6	0.03	0.28	0.28
Er	2.39	1.74	1.79	2.09	1.51	1.78	0.43	1.69	2.75	1.56	1.54	2.1	0.1	0.79	0.85
Tm	0.355	0.266	0.272	0.317	0.235	0.252	0.066	0.251	0.432	0.235	0.244	0.362	0.017	0.115	0.128
Yb	2.25	1.83	1.81	2.11	1.55	1.71	0.48	1.78	3.16	1.72	1.72	2.51	0.12	0.84	0.84
Lu	0.367	0.29	0.275	0.346	0.25	0.266	0.077	0.282	0.507	0.308	0.285	0.448	0.015	0.138	0.128
Cd	0	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	346	1.3	0	0.25	0.25	0.25	0.25
Cu	10	25	21	13	25	9	10	39	42	26	3	82	3	166	39
Ni	51	158	51	49	21	132	1750	95	21	84	240	101	2550	629	1500
Mo	0	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2	2	0	0.5	0.5	0.5	0.5
Zn	134	80	71	88	58	81	60	65	10000	491	82	70	10	46	48
S_ppm_	700	500	300	400	2400	400	1900	600	28700	3800	700	1700	2600	1800	1000
As	3	0.25	6.5	0.25	0.25	2.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25
Br	0	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0	0.25	7.9	0.25	0.25
Cr	44	302	78	86	79	202	1800	367	20	110	445	79	1300	1730	2160
Fe	7.22	4.16	4.34	4.17	3.4	5.36	5.84	6.6	1.98	9.2	6.65	6.87	4.67	5.98	6.6
Ir	0	2.5	0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	0	2.5	2.5	2.5	2.5
Na	1.79	2.39	2.82	2.51	4.55	1.88	0.06	2.35	2.38	0.71	1.38	1.3	0.05	0.16	0.06
Sc	23.6	22.3	13.4	15.1	15.1	21.6	13.7	34.6	10.5	15.2	33.6	49	6.3	19.4	19.4
Sb	0	0.05	0	0.05	0.4	0.05	0.05	0.05	0.4	0.05	0	0.05	0.05	0.05	0.05
Se	0	1.5	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	1.5	1.5	1.5	4

Annexe 3: Analyses lithogéochimiques (suite)

NUM	3116 A	3119 A	206 A1	207 A	209 A	231 A1	232 A2	265 A	265 A1	265 A2	265 A3	265 B	265 C1	265 C2	265 C3
UTM E	707154	707262	707445	707393	707401	707929	708009	707938	707938	707938	707938	707938	707938	707938	707938
UTM N	5358713	5358957	5359000	5359014	5358560	5358616	5358859	5358705	5358705	5358705	5358705	5358705	5358705	5358705	5358705
LITHO	UMF	UMF	MF	UMF	MF	MF	S	MF	UMF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Au	0.5	0.5	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
Pt	9.9	8.9	0	10.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pd	15.7	8.5	0	10.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SiO2	44.24	44.8	51.28	44.82	50.44	53.45	60.2	47.33	41.63	45.42	59.37	50.32	60.4	62.42	59.39
Al2O3	6.68	6.56	15.96	8.02	12.51	14.11	13.83	9.87	5.46	14.33	15.81	16.06	16.56	15.17	15.91

Fe2O3_T_	10.83	9.5	13.5	12.19	10.36	11.18	10.1	10.29	10.55	13.67	8.61	12.11	5.1	7.31	6.69
MgO	23.23	23.47	6.52	21.67	11.73	5.14	2.29	12.47	27.79	6.83	3.97	7.5	3.84	3.23	3.01
MnO	0.172	0.17	0.236	0.176	0.167	0.168	0.438	0.229	0.163	0.383	0.076	0.23	0.11	0.105	0.107
CaO	7.18	7.05	8.63	7.57	9.12	7.69	4.85	14.73	5.81	16.88	5.5	7.45	5.12	5.79	6.44
Na2O	0.19	0.21	1.44	0.75	2.82	3.44	0.85	0.62	0.19	0.53	3.95	2.93	4.03	3.94	5.9
K2O	0.005	0.01	0.43	0.03	0.07	0.38	2.3	0.2	0.01	0.09	0.94	0.46	1.07	0.44	0.26
TiO2	0.356	0.295	0.658	0.358	0.629	1.365	0.734	0.802	0.284	0.702	0.946	0.507	1.01	0.916	0.975
P2O5	0.04	0.005	0.07	0.02	0.07	0.15	0.12	0.65	0.02	0.06	0.24	0.05	0.24	0.24	0.24
Cr2O3	0.36	0.28	0.01	0.41	0.14	0.03	0	0.32	0.32	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
LOI	5.54	5.62	1.56	4.92	1.23	1.36	2.2	2.77	8.84	1.79	1.31	1	3.41	1.18	1.35
Total	98.46	97.69	100.3	100.5	99.13	98.44	97.9	99.96	100.8	100.7	100.7	98.63	100.9	100.7	100.3
Sr	23	12	87	14	85	192	104	699	57	341	233	89	167	196	562
Ba	6	1.5	44	3	30	105	455	58	0	19	253	58	294	175	159
Nb	0.1	0.1	1.8	0	2	4.9	5	4.5	0.6	2	8.7	1.2	9.5	8.6	8.9
V	157	113	270	205	218	200	135	170	127	277	131	231	131	128	111
Co	69	61	50	95	51	35	58	37	92	31	31	50	22	20	17
Ga	8	7	14	10	16	21	20	18	7	16	22	13	25	22	21
Ge	1.3	2	1.9	1.5	1.7	1.6	1.8	1.4	1.2	2.3	1.2	1.8	1	1.3	1.4
Ag	0.25	0.25	0	0	0	0.6	1.2	0	0	0	1.1	0	1.2	0.9	1.1
In	0.05	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn	0.5	0.5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Cs	0.2	0.1	2.1	0.1	1	0.4	2.3	0.2	0.1	0.2	1.2	1	1.7	0.6	0.4
Pb	1.5	1.5	0	0	4	12	4	5	0	0	0	0	4	4	7
Be	0.5	0.5	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	1	1	1
Hf	0.4	0.4	1.2	0.5	1.4	2.6	3.2	4.1	0.4	1.4	4.3	0.9	4.3	3.8	4.3
Ta	0.005	0.005	0.04	0	0.04	0.24	0.34	0.36	0	0.04	0.52	0.01	0.54	0.47	0.52
W	0.25	0.25	0	0	0	0	0	0.6	1.5	0	0	0	1.3	0	0
Tl	0.025	0.025	0.06	0	0	0.14	0.55	0.16	0	0	0.09	0.09	0.15	0.09	0
Bi	0.2	0.5	0	0.2	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.1
Th	0.025	0.025	0.24	0	0.31	0.53	1.37	9.2	0.05	0.27	1.6	0.17	1.68	1.55	1.67
U	0.01	0.02	0.07	0.06	0.09	0.13	0.35	2.2	0.04	0.08	0.45	0.05	0.45	0.4	0.93
Rb	0.5	0.5	17	0	0	11	96	5	0	1	36	22	42	14	6
Y	6.9	5.6	30.2	8.8	15.3	22.4	17.8	22.9	6	33.7	25.5	23.3	26.2	24.7	25.7
Zr	13	13	49	13	55	103	134	156	13	53	184	36	196	180	190
La	0.86	0.31	2.61	0.4	2.6	5.37	10.1	56.5	0.43	3.28	20.6	1.83	10.7	11.2	9.27
Ce	2.04	1.08	6.68	1.16	6.87	13.5	22.6	116	1.16	7.77	46.8	4.87	25.4	25.9	25.9
Pr	0.33	0.21	1	0.21	1.04	2.09	2.89	15.4	0.2	1.15	5.91	0.76	3.34	3.35	4.06
Nd	1.57	1.08	4.93	1.4	5.05	10.1	12.2	65.9	1.16	5.93	24	3.54	13.3	13.8	19.3
Sm	0.61	0.46	1.69	0.69	1.71	2.99	2.93	13.1	0.56	1.86	5.16	1.11	3.42	3.75	4.81
Eu	0.295	0.246	0.522	0.261	0.563	1.19	0.85	3.51	0.205	0.841	1.44	0.377	1.14	1.1	1.47
Gd	0.89	0.82	2.33	1.08	2.05	3.77	2.89	10.2	0.68	2.8	4.76	1.79	3.67	4.02	4.6
Tb	0.21	0.16	0.49	0.21	0.38	0.64	0.5	1.12	0.15	0.58	0.76	0.41	0.68	0.67	0.76
Dy	1.41	1.03	3.83	1.4	2.57	3.93	3.13	5.05	1.03	4.24	4.31	3.03	4.27	3.99	4.45
Ho	0.27	0.21	0.95	0.3	0.52	0.8	0.62	0.81	0.21	1.02	0.87	0.74	0.86	0.79	0.87
Er	0.82	0.67	3.26	0.93	1.54	2.2	1.73	2.09	0.63	3.46	2.45	2.5	2.48	2.36	2.55
Tm	0.118	0.096	0.57	0.146	0.232	0.314	0.267	0.271	0.101	0.59	0.379	0.457	0.395	0.353	0.37
Yb	0.74	0.61	3.94	0.97	1.51	2.03	1.9	1.62	0.66	4.3	2.46	3.33	2.58	2.18	2.53
Lu	0.133	0.1	0.651	0.143	0.233	0.348	0.284	0.236	0.098	0.673	0.366	0.5	0.371	0.335	0.376
Cd	0.25	0.25	0.5	0.6	0	0.7	0.6	0	0	0.7	0	0	0	0	0
Cu	21	42	99	91	42	40	65	5	36	4	41	71	96	7	32
Ni	804	725	124	871	291	124	203	286	1420	125	69	172	52	51	47
Mo	0.5	0.5	0	13	0	0	4	0	0	0	0	0	1	3	9
Zn	64	59	82	60	65	127	395	106	47	60	46	76	69	54	60
S_ppm_	400	1400	1700	1400	400	1200	8800	2000	800	0	1200	800	11200	500	6900
As	0.25	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Br	0.25	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	2450	2090	100	2950	869	152	32	911	2070	98	102	124	95	104	86
Fe	7.27	6.23	8.52	8.35	6.63	7.65	6.96	6.4	7.33	8.27	5.33	7.74	3.05	4.52	4.47
Ir	2.5	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0.16	0.19	1	0.56	1.91	2.67	0.65	0.43	0.16	0.36	2.69	1.98	2.78	2.75	4.36
Sc	24.5	19.4	49.2	24.7	28	23.6	17.3	21	17.7	47.7	14.2	45.1	14.4	14.2	15.3

Sb	0.05	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 3: Analyses lithogéochimiques (suite)

NUM	265 D	265 E1	265 E3	266 B	267 A1	267 A2	267 B	273 A	287 A2	288 C	291 C	296 A1	297 B	297 D	298 C
UTM E	707938	707938	707938	708143	707985	707985	707985	708678	708486	708482	708438	708149	708218	708218	708184
UTM N	5358705	5358705	5358705	5358739	5358686	5358686	5358686	5358461	5358588	5358616	5358665	5358669	5358717	5358717	5358665
LITHO	S	UMF	MF	S	MF	MF	MF	UMF	Fels	MF	Int	MF	S	UMF	Int
Au	0	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pt	0	0	190	0	0	0	0	8.3	0	0	0	0	0	5.7	0
Pd	0	0	348	0	0	0	0	8.2	0	0	0	0	0	9.6	0
SiO2	62.04	22.25	0	65.97	62.17	63.6	47.43	45.97	62.89	50.31	58.81	55.57	67.58	38.22	62.5
Al2O3	14.41	0.61	0	14.49	14.95	15.32	16.61	5.79	13.94	11.6	13.31	12.8	14.81	1.81	14.79
Fe2O3_T	7.42	41.68	0	5.08	8.08	6.82	10.79	9.77	5.63	11.19	8.56	7.57	4.11	10.53	4.24
MgO	2.21	21.14	0	2.82	3.38	3.72	10.14	24.93	1.84	11.84	5.55	10	2.01	36.09	5.06
MnO	0.095	0.025	0	0.142	0.111	0.047	0.179	0.136	0.063	0.23	0.2	0.114	0.098	0.094	0.062
CaO	8.3	0.05	0	3.92	4.73	4.93	9.89	7.38	7.54	9.67	5.9	7.09	4.84	0.15	6.66
Na2O	1.73	0.01	0	4.64	3.99	4.07	1.96	0.05	3.16	1.99	3.42	2.98	5.12	0.01	4.56
K2O	0.98	0	0	0.52	0.77	0.49	1.15	0	0.61	0.62	0.79	1.25	0.61	0.02	0.43
TiO2	0.861	0.033	0	0.827	0.941	0.958	0.362	0.289	0.562	0.665	0.777	0.795	0.841	0.07	0.597
P2O5	0.24	0	0	0.19	0.24	0.25	0.04	0	0.08	0.16	0.15	0.35	0.17	0	0.38
Cr2O3	0.02	0.09	0	0.02	0.02	0.01	0.08	0.33	0.01	0.18	0.06	0.11	0.02	0.19	0.02
LOI	1.77	11.84	0	1.11	1.55	0.78	2.14	6.06	3.32	2.13	2.11	2.29	0.63	11.47	1.09
Total	100.1	97.66	0	99.7	100.9	101	100.7	100.4	99.63	100.4	99.58	100.8	100.8	98.47	100.4
Sr	275	0	0	177	227	246	127	7	77	263	119	506	227	0	1011
Ba	125	0	0	98	248	92	143	10	132	165	168	566	154	5	286
Nb	8.4	0.4	0	7.1	8.6	8.7	0	0	5.2	2	5.2	5.9	6.9	0	11.7
V	128	51	0	108	125	122	200	137	96	234	142	141	114	28	79
Co	19	561	0	18	21	26	51	40	18	45	23	36	17	131	17
Ga	27	2	0	18	20	22	15	8	20	16	15	20	19	2	23
Ge	3.3	1	0	1.9	1.7	1.4	2.1	2	2.3	1.9	1.3	1.4	1.6	1.2	1.3
Ag	1.4	0	0	1.4	1.3	1.2	0	0	1.5	0	0	0.9	1.2	0	1.2
In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cs	1.1	0	0	0.6	0.9	1	1.8	0	1.2	1.4	4.8	1.7	1	0.5	0.5
Pb	5	3	0	4	0	0	0	0	0	0	3	3	5	0	8
Be	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0	0	2
Hf	4	0	0	3.5	4.3	4.6	0.7	0.3	3.7	1.8	2.5	3.4	3.6	0.1	3.7
Ta	0.58	0	0	0.45	0.6	0.58	0	0	0.45	0.04	0.39	0.31	0.47	0.95	0.54
W	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0.7	0	0	0	0
Tl	0.18	0	0	0.12	0.11	0.09	0.15	0	0.21	0.22	1.11	0.11	0.08	0.13	0.06
Bi	0.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Th	1.56	0	0	1.62	1.58	1.61	0	0	1.61	1.16	1.08	2.22	1.63	0.2	6.45
U	0.48	0.06	0	0.4	0.42	0.42	0.07	0.03	0.42	0.32	0.45	0.75	0.45	0.02	1.3
Rb	47	0	0	17	31	20	64	0	22	23	24	34	17	0	11
Y	23.3	0.8	0	15.7	25.3	24.6	12.9	5.7	14.5	16.8	18.3	17.5	16	1.8	13
Zr	165	3	0	150	180	182	19	11	145	70	100	140	154	4	143
La	16.2	0.33	0	12	11.8	18.1	2.04	0.22	10.8	11.7	7.32	14.7	12.9	0.77	28
Ce	36.8	0.76	0	27.3	26	41.2	4.39	0.68	21.9	28	17	31.3	27.8	1.62	65.1
Pr	4.66	0.1	0	3.5	3.48	5.57	0.6	0.14	2.68	3.76	2.34	4.88	3.73	0.21	8.53
Nd	19.9	0.44	0	14	14.8	23.3	3.11	0.89	10.6	16.6	9.44	22.6	14.8	0.89	31.7
Sm	4.64	0.16	0	3.04	3.76	5.04	0.99	0.44	2.28	3.7	2.58	5.54	3.29	0.2	5.6
Eu	1.39	0.016	0	0.962	1.25	1.35	0.324	0.124	0.734	1.03	0.789	1.51	1.08	0.053	1.52
Gd	4.5	0.12	0	3.07	4.37	4.82	1.38	0.71	2.15	3.29	3.05	4.85	3.11	0.29	4.1
Tb	0.71	0.02	0	0.52	0.71	0.78	0.28	0.14	0.41	0.48	0.49	0.64	0.5	0.05	0.55
Dy	4.25	0.15	0	2.98	4.26	4.38	2.16	0.94	2.54	2.87	2.95	3.21	2.93	0.29	2.62
Ho	0.82	0.03	0	0.54	0.84	0.83	0.47	0.2	0.51	0.56	0.61	0.58	0.55	0.06	0.45
Er	2.29	0.11	0	1.63	2.49	2.55	1.57	0.61	1.48	1.63	1.84	1.57	1.62	0.19	1.1

Tm	0.348	0.021	0	0.265	0.379	0.367	0.266	0.091	0.232	0.258	0.263	0.229	0.258	0.029	0.154
Yb	2.26	0.14	0	1.71	2.46	2.37	1.8	0.59	1.55	1.63	1.68	1.39	1.71	0.19	0.98
Lu	0.352	0.02	0	0.236	0.378	0.388	0.274	0.091	0.237	0.221	0.262	0.194	0.244	0.031	0.129
Cd	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0
Cu	78	367	0	10	11	6	51	33	86	15	50	23	23	24	30
Ni	47	10000	0	56	53	54	232	423	37	189	118	222	50	2470	125
Mo	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
Zn	37	12	0	104	37	35	65	39	37	112	138	75	115	20	62
S_ppm_	2800	100000	0	300	900	200	1200	1000	23800	1500	21200	600	500	2300	300
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	0	0	0	0
Br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	88	553	0	107	102	96	506	2310	79	1170	164	791	93	1270	102
Fe	4.76	26.2	0	3.63	5.41	4.44	7.08	6.51	3.91	7.28	5.29	5	2.67	7.63	2.8
Ir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	1.21	0.04	0	3.34	2.69	2.83	1.37	0.04	2.23	1.39	2.42	2.16	3.55	0.03	3.24
Sc	13.7	3.5	0	13.5	14	13.9	38.7	17.5	12.2	29.5	17.6	16.8	12.9	7.3	6.5
Sb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 3: Analyses lithogéochimiques (suite)

NUM	299 A	317 A2	317 D	318 A	318 B	319 A	319 A1	319 A2	319 A3	319 A4	319 C	320 A	320 A	320 B	321 A
UTM E	708580	708072	708072	707957	707957	707921	707921	707921	707921	707912	707921	707880	707880	707880	707887
UTM N	5358929	5358833	5358833	5358917	5358917	5358582	5358582	5358582	5358582	5358599	5358582	5358627	5358627	5358627	5358641
LITHO	UMF	S	Fels	S	MF	Fels	Fels	Fels	Fels	Fels	MF	Fels	Fels	Int	Fels
Au	0	0	0	5	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
Pt	11.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pd	8.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SiO2	36.26	52.38	76.98	60.48	50.59	74.45	76.46	0	71.06	69.95	45.42	63.07	66.14	53.89	78.2
Al2O3	9.39	16.5	10.22	15.88	15.79	12.27	10.07	0	15.86	14.87	18.18	13.12	13.72	13.14	8.71
Fe2O3_T	15.01	10.83	3.69	6.92	12.49	2.82	3.27	0	1.77	2.29	13.72	3.19	3.24	8.84	2.84
MgO	26.64	4.24	0.71	5.02	4.29	0.81	0.88	0	0.67	0.45	4	1.08	1.05	8.38	0.61
MnO	0.099	0.205	0.067	0.162	0.347	0.099	0.128	0	0.033	0.24	0.527	0.162	0.193	0.22	0.041
CaO	3.64	8.6	2.18	4.54	11.25	2.78	2.43	0	3.78	7.01	10.68	3.74	4.09	7.52	2.31
Na2O	0.07	3.82	1.7	3.51	1.38	2.19	0.85	0	4.62	2.31	1.23	2.79	2.44	2.04	2.39
K2O	0	0.48	1.73	1.03	0.81	2.22	2.72	0	0.97	0.63	1.04	1.61	1.57	1.71	0.61
TiO2	0.511	1.215	0.233	0.822	1.13	0.242	0.188	0	0.239	0.719	1.347	0.621	0.645	0.607	0.243
P2O5	0.04	0.16	0.03	0.17	0.13	0.02	0.02	0	0.1	0.16	0.19	0.14	0.14	0.43	0.05
Cr2O3	0.47	0.01	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0.3	0
LOI	8.55	0.72	1.33	0.77	2.15	0.81	1.29	0	1.06	0.88	4.01	2.98	2.48	2.54	3.32
Total	100.2	99.15	98.88	99.32	100.4	98.71	98.31	0	100.2	99.51	100.3	92.51	95.71	99.32	99.32
Sr	28	311	74	130	237	181	73	0	409	167	296	143	113	419	208
Ba	3	112	391	328	209	219	266	0	419	283	371	265	190	769	143
Nb	0.4	4.9	13.9	5.7	4.7	12.4	18.1	0	2.7	5.9	5	7.8	6.6	4.5	6.2
V	271	236	6	157	233	11	0	0	25	54	286	49	53	162	30
Co	84	33	3	20	21	6	3	0	5	4	31	10	10	38	40
Ga	11	23	17	21	20	19	19	0	23	21	26	21	19	18	15
Ge	1.4	2	7	5	1.4	1.2	1.8	0	1.4	1	1.8	1.7	1.4	1.7	3.9
Ag	0	0.7	2.6	1.1	0.8	0.4	2.3	0	1.1	0	0.7	3.4	4.7	0	1.7
In	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
Sn	0	0	3	0	0	2	2	0	0	2	0	0	1	2	7
Cs	0.4	0.5	1.3	5	0.9	1.2	1.8	0	1.1	2	2.6	1.3	1.7	1.4	0.8
Pb	0	8	7	5	8	12	13	0	10	38	12	940	1360	10	66
Be	0	0	2	0	0	1	0	0	2	1	1	1	1	3	0
Hf	0.7	2.8	8.9	3.3	2.8	9.5	8.5	0	2.5	5.4	3.1	5.2	5.3	3.2	4.3
Ta	0	0.29	1.26	0.36	0.24	1.23	1.27	0	0.14	0.62	0.24	0.56	0.54	0.35	0.47
W	0	0	0	0.6	0	0.9	0	0	0	1	0	0.6	0.8	0	0
Tl	0	0.08	0.29	0.18	0.08	0.34	0.49	0	0.33	0.19	0.24	0.34	0.47	0.44	1
Bi	0.6	0	0	0	0.2	0.2	0.1	0	0	0.2	0.2	0	0.1	0.2	0.3

Th	0.05	0.81	4.91	1.03	0.98	4.8	4.05	0	1.38	2.28	0.92	2.13	2.18	5.4	3.18
U	0.02	0.2	0.95	0.36	0.27	1.13	0.74	0	0.53	0.62	0.24	0.59	0.59	1.08	0.83
Rb	0	9	47	41	19	42	64	0	31	19	39	74	72	71	25
Y	7.1	21.6	25.2	21.1	21.4	36.1	35.5	0	4.3	30.3	23.7	26.2	22.7	18.9	20.2
Zr	24	116	339	131	116	336	337	0	99	207	131	217	207	131	170
La	0.51	8.93	25	15.3	10.6	21.3	27.3	0	13.8	22.2	10.8	17.5	17.7	22.8	7.26
Ce	1.21	22.2	57.7	32.1	25.6	48.9	55.9	0	29	47.6	25.3	38.4	37.7	51.2	16.5
Pr	0.22	3.19	7.7	4.54	3.44	6.25	7.02	0	3.49	6.23	3.33	4.84	4.92	6.72	2.1
Nd	1.37	13.9	30.5	19.1	15.3	23.9	27.9	0	13	25.6	14.5	21	20.2	27.6	8.34
Sm	0.6	3.62	6.5	4.77	3.65	4.61	5.8	0	2.24	5.82	3.62	4.8	4.29	6.15	2.37
Eu	0.098	1.11	0.885	1.25	1.27	1.04	1.21	0	0.593	1.45	1.3	1.29	1.26	1.63	0.876
Gd	0.97	3.5	4.97	4.28	3.58	4.65	5.17	0	1.3	6.07	3.84	4.28	4.27	5.15	2.56
Tb	0.19	0.61	0.83	0.67	0.61	0.89	0.95	0	0.19	0.97	0.65	0.75	0.73	0.68	0.53
Dy	1.26	3.84	4.95	4.09	3.83	6.38	5.94	0	0.88	5.76	3.81	4.54	4.69	3.56	3.69
Ho	0.27	0.75	0.94	0.72	0.79	1.45	1.19	0	0.14	1.18	0.8	0.91	0.97	0.65	0.74
Er	0.8	2.33	2.83	1.98	2.36	4.92	3.69	0	0.36	3.51	2.44	2.79	2.87	1.8	2.03
Tm	0.123	0.357	0.469	0.309	0.355	0.835	0.615	0	0.053	0.52	0.382	0.45	0.423	0.254	0.263
Yb	0.8	2.2	3.62	2.05	2.23	5.75	4.49	0	0.34	3.43	2.57	2.94	2.81	1.54	1.63
Lu	0.118	0.314	0.597	0.302	0.336	0.947	0.719	0	0.053	0.55	0.4	0.441	0.456	0.246	0.249
Cd	0	0.7	0	0	0.6	0	0	0	0	8	1.2	222	261	0	23.8
Cu	34	38	23	6	34	11	4	0	5	2	33	46	54	23	643
Ni	942	77	8	48	90	20	10	0	18	11	57	16	19	158	183
Mo	0	0	4	0	0	3	3	0	1	0	0	3	2	0	7
Zn	54	188	80	89	161	93	87	0	106	1470	394	10000	10000	198	10000
S_ppm_	900	700	2800	200	4000	1000	800	0	300	700	3500	22000	24100	1400	18200
As	0	0	0	0	0	3.1	0	0	0	0	0	0	1.4	0	0
Br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	2970	88	34	71	68	26	32	0	36	38	59	40	28	908	54
Fe	10.5	6.79	2.49	4.77	7.58	1.95	2.32	0	1.25	1.58	8.37	2.23	2.25	5.56	2.2
Ir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0.07	2.68	1.25	2.54	0.95	1.6	0.63	0	3.23	1.75	0.85	1.97	1.71	1.48	1.73
Sc	32.8	27	5.2	18.4	22	9.1	4.7	0	2.1	13.4	27.9	8.7	8.7	24.5	8.2
Sb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0
Se	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 3: Analyses lithogéochimiques (suite)

NUM	321 A	321 C	322 A	323 A	331 A4	331 A5	331 B	332 A	333 A	334 A1	334 A2	350 A1	352 A2	400 A	422 A
UTM E	707887	707887	708063	707960	708067	708067	708067	707986	708024	708401	708401	708197	708158	708119	707941
UTM N	5358641	5358641	5358925	5358578	5358598	5358598	5358598	5358575	5358870	5358600	5358600	5358796	5358767	5358815	5358898
LITHO	Fels	Int	S	MF	Int	Int	MF	MF	S	MF	MF	S	S	S	S
Au	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0
Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SiO2	61.9	58.97	64.3	51.4	0	62.85	51.55	54.06	57.77	53.86	0	0	50.6	53.12	58.06
Al2O3	16.15	14.35	13.54	17.87	0	14.16	15.74	15.47	13.84	13	0	0	15.12	15.13	16.8
Fe2O3_T	5.12	12.91	7.97	9.78	0	8.38	13.91	12.97	13.44	11.78	0	0	9.66	14.99	7.77
MgO	2.98	2.34	1.41	2.31	0	2.71	6.14	2.76	3.66	3.01	0	0	3.22	3.72	5.44
MnO	0.155	0.528	0.184	0.49	0	0.098	0.234	0.508	0.566	0.101	0	0	0.175	1.096	0.127
CaO	4.26	4.13	8.67	13.56	0	4.75	8.7	7.98	5.34	7.55	0	0	11.14	8.49	3.67
Na2O	4.65	2.95	1.81	0.33	0	3.58	2.18	2.49	1.43	4.01	0	0	2.66	1.37	3.21
K2O	1.35	1.47	0.63	0.5	0	1	0.21	1.09	1.54	1.04	0	0	2.04	0.45	2.2
TiO2	1.088	0.648	0.962	0.965	0	0.86	0.747	0.665	0.759	0.872	0	0	0.838	0.794	0.864
P2O5	0.17	0.12	0.23	0.15	0	0.21	0.07	0.15	0.09	0.2	0	0	0.07	0.09	0.1
Cr2O3	0.02	0.01	0	0.03	0	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0	0	0.03	0.05	0.01
LOI	1.41	1.64	1.14	2.68	0	1.54	0.82	1.42	1.93	4.24	0	0	5.07	0.74	1.31
Total	99.23	100.1	100.8	100	0	100.1	100.3	99.57	100.4	99.67	0	0	100.6	99.98	99.55
Sr	271	183	147	188	0	113	156	206	114	573	0	0	380	101	142
Ba	404	459	182	72	0	161	19	201	440	487	0	0	241	115	540

Nb	5.5	5.1	6.2	4.6	0	8.6	2.3	4.5	3.1	7.6	0	0	1.8	5.3	5.3
V	158	107	166	215	0	115	283	159	188	126	0	0	324	150	166
Co	23	18	17	28	0	23	50	17	32	19	0	0	34	35	21
Ga	21	19	20	26	0	20	15	21	17	20	0	0	20	18	22
Ge	1.1	0.9	1.7	2.8	0	1.3	2.2	6	1.6	1.1	0	0	1.6	0.9	1.1
Ag	0	1	1.1	0.9	0	1.4	0	0.8	0.6	1.3	0	0	0.5	0	0
In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Cs	1.6	2.4	1	0.4	0	1.4	0.2	1	2.4	0.7	0	0	4.8	1.9	9.9
Pb	11	8	6	12	0	3	0	34	8	4	0	0	8	7	4
Be	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Hf	3.8	3.4	3.8	2.5	0	4.1	1.4	3.1	2.2	4	0	0	1.3	3.6	3.8
Ta	0.49	0.39	0.4	0.23	0	0.52	0.05	0.3	0.2	0.45	0	0	0	0.45	0.47
W	0	0	0	2.2	0	0.5	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0.6
Tl	0.3	0.34	0	0.1	0	0.16	0	0.44	0.5	0.33	0	0	0.47	0.1	0.22
Bi	0	0	0	10.5	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0.5	0.1	0
Th	1.37	1.57	1.8	0.67	0	1.71	0.35	0.73	0.81	1.13	0	0	0.23	1.24	1.48
U	0.39	0.45	0.46	0.17	0	0.51	0.09	0.26	0.23	0.38	0	0	0.22	0.34	0.37
Rb	51	54	18	14	0	27	3	28	58	32	0	0	99	11	78
Y	20.3	16.8	18	20	0	24	34.7	14.5	21.6	23.5	0	0	21	25.4	18
Zr	144	147	159	100	0	175	55	113	85	164	0	0	48	127	140
La	11.5	14.6	15.6	11.2	0	15.2	2.53	11.6	8.3	15.9	0	0	3.29	15	13.7
Ce	26.4	29.7	35	25.1	0	34.4	6.55	24.9	16.9	35.4	0	0	7.65	34.5	28.8
Pr	3.44	3.77	4.69	3.45	0	4.68	1.08	3.33	2.29	4.67	0	0	1.17	4.73	4.28
Nd	14.3	15.3	20.1	15.2	0	18.8	6.22	13.8	10.4	18.8	0	0	6.6	19.8	17.7
Sm	3.69	3.25	4.36	3.6	0	4.39	1.95	3.27	2.75	4.86	0	0	1.99	4.41	3.94
Eu	1.12	1.01	1.16	1.36	0	1.29	0.649	0.929	0.752	1.17	0	0	0.648	1.21	0.969
Gd	4	3.04	3.68	3.92	0	4.18	2.66	2.46	3.19	4.1	0	0	2.6	4.84	3.68
Tb	0.66	0.48	0.58	0.6	0	0.69	0.59	0.43	0.58	0.66	0	0	0.5	0.8	0.6
Dy	3.94	2.92	3.29	3.43	0	3.94	4.67	2.61	3.58	3.99	0	0	3.31	4.8	3.6
Ho	0.79	0.56	0.61	0.68	0	0.8	1.15	0.49	0.71	0.8	0	0	0.74	1.02	0.71
Er	2.4	1.66	1.74	1.95	0	2.31	3.96	1.48	2.29	2.26	0	0	2.35	3.23	2.19
Tm	0.349	0.25	0.263	0.285	0	0.377	0.686	0.235	0.344	0.316	0	0	0.379	0.535	0.329
Yb	2.1	1.65	1.73	1.92	0	2.49	4.84	1.62	2.07	2.23	0	0	2.62	3.59	2.08
Lu	0.303	0.257	0.25	0.302	0	0.343	0.761	0.24	0.312	0.335	0	0	0.4	0.559	0.324
Cd	0	0	0	7.4	0	0	0.7	0.9	0.6	0.6	0	0	0	0.6	0
Cu	34	33	19	234	0	38	54	95	27	64	0	0	195	74	9
Ni	74	48	37	135	0	75	114	76	117	40	0	0	145	97	56
Mo	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Zn	128	107	62	2060	0	66	81	290	231	128	0	0	72	491	98
S_ppm_	700	2600	800	1700	0	14000	1400	3300	3200	44600	0	0	10100	3000	300
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.1
Br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	101	75	48	220	0	95	76	190	176	71	0	0	191	140	67
Fe	3.65	8.36	5.06	6.31	0	6	9.31	8.83	8.92	7.89	0	0	5.87	9.03	5.12
Ir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	3.39	2.16	1.24	0.23	0	2.75	1.57	1.77	0.99	2.94	0	0	1.76	0.87	2.37
Sc	18.1	12.6	16.1	26.8	0	14.1	57.4	22.2	23.7	13.3	0	0	38.8	19.7	20.1
Sb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0
Se	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 3: Analyses lithogéochimiques (suite)

NUM	422 B	429 B	465 A1	466 A	467 A	506 A1	536 A	537 A	538 A1	554 A	730 A	731 A	733 A1	734 A	735 A
UTM E	707941	708247	708958	708881	708657	708053	708292	708300	708328	708432	708505	708510	707841	707850	707916
UTM N	5358898	5358761	5358569	5358587	5358650	5358853	5358739	5358750	5358798	5358609	5357370	5357315	5357559	5357512	5357641
LITHO	S	S	MF	S	MF	S	S	MF	S	MF	UMF	UMF	Fels	Fels	Fels
Au	0	21	11	0	0	0	0	0	19	0	0	4	0	0	0
Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	6.3	0	0	0

Pd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4.8	0	0	0
SiO2	69.5	76.13	52.46	55.65	52.69	62.74	57.45	52.7	53.51	55.93	42.97	41.42	67.01	66.13	71.64
Al2O3	14.03	10.91	12.89	14.78	15.85	12.6	14.26	13.93	11.74	15.86	6.15	4.93	14.97	15.15	15.58
Fe2O3_T	4.98	3.53	15.97	11	10.4	12.62	11.05	9.78	17.5	8.97	10.04	9.76	5.56	5.27	1.2
MgO	0.76	0.91	4.46	4.41	6.32	2.45	5.32	6.54	3.71	7.19	26.23	30.24	1.33	1.44	0.25
MnO	0.077	0.046	0.296	0.274	0.168	0.45	0.151	0.199	1.05	0.111	0.139	0.15	0.08	0.074	0.016
CaO	2.87	3.04	8.31	6.91	7.88	5.72	5.38	8.56	8.29	7.44	6.28	4.49	4.54	3.37	2.73
Na2O	3.06	2.69	2.16	3.81	3.23	1.29	2.84	3.56	1.25	3.37	0.16	0.07	3.43	3.01	6.37
K2O	2.43	1.14	0.3	0.23	0.57	1.51	1.48	1.56	0.43	0.11	0.02	0.01	1.52	1.75	0.87
TiO2	0.64	0.506	1.029	1.228	0.947	0.825	0.616	0.828	0.527	0.873	0.317	0.251	0.832	0.824	0.859
P2O5	0.14	0.11	0.13	0.15	0.15	0.16	0.13	0.59	0.14	0.17	0.03	0.02	0.17	0.17	0.19
Cr2O3	0	0	0.01	0.01	0.08	0	0.07	0.08	0	0.1	0.31	0.29	0	0	0
LOI	1.7	0.61	1.87	0.83	1.6	0.55	1.11	1.55	0.53	0.66	6.58	9.23	0.92	1.75	0.35
Total	100.2	99.63	99.88	99.28	99.8	100.9	99.78	99.81	98.67	100.7	98.9	100.6	100.4	98.93	100.1
Sr	160	150	150	256	147	97	142	738	85	241	32	24	282	189	241
Ba	474	212	47	45	134	271	272	657	73	20	11	12	261	487	452
Nb	5.8	3	4.1	4.1	5.8	8.4	3.5	5.1	5.8	6	0	0.3	8.7	7.8	8.6
V	63	98	200	206	183	45	117	191	99	170	146	101	102	97	87
Co	6	10	31	33	38	14	29	32	23	40	87	90	11	12	2
Ga	21	15	20	20	20	18	16	18	17	19	8	7	21	22	20
Ge	1.1	0.9	1.3	1.4	1.4	1.1	1.6	1.6	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.8	1.2
Ag	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	1.5	1.5	1.5
In	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn	2	0	0	1	1	2	2	2	1	0	0	0	2	2	1
Cs	1.4	1	0.5	0.7	1	2	3.6	1	1.3	0.6	1	8.2	2.8	5.8	0.4
Pb	7	9	0	0	0	5	0	7	29	0	0	0	3	4	5
Be	1	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	2	1
Hf	5.2	2.6	2.8	2.7	2.9	5.1	2.9	3.9	4.4	3.1	0.5	0.4	5.2	4.6	5
Ta	0.59	0.34	0.33	0.33	0.42	0.72	0.36	0.4	0.53	0.46	0	0	0.62	0.67	0.7
W	0.7	0.7	3.8	0.7	0.8	0.8	0	0.5	0.7	0	0	1.1	0.6	0	0.6
Tl	0.27	0.29	0.07	0	0.09	0.31	0.28	0.26	0	0.29	0	0.1	0.13	0.39	0.07
Bi	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.5	3.9	0	0	0
Th	2.05	1.1	0.63	0.69	1.13	2.44	1.15	5.57	2.12	1.33	0.06	0	2.41	2.61	2.31
U	0.47	0.29	0.25	0.24	0.37	0.64	0.38	1.5	0.57	0.44	0.03	0.02	0.65	0.49	0.86
Rb	62	32	4	6	27	48	44	46	10	4	0	1	32	97	16
Y	15.4	10.1	23.2	21.5	21.2	34.7	16.3	24.2	37.1	20.9	7.7	6	22.6	18.8	19.9
Zr	197	101	98	100	112	187	100	142	176	117	15	12	210	200	211
La	9.29	8.7	10.2	9.59	7.06	21.8	13.4	106	21.3	8.44	0.42	0.4	20.7	16.7	12.6
Ce	21.1	19.4	23.1	22.3	17.3	51.7	26.3	206	47.1	19.4	1.18	1.17	42.3	31.7	35.8
Pr	2.46	2.46	3.3	3.22	2.34	6.81	3.49	28.5	6.2	2.64	0.22	0.2	5.54	4.29	4.12
Nd	10.2	9.88	14.8	14.4	10.8	28.3	13.2	114	25.9	11.1	1.28	1.36	20.6	16.7	17.1
Sm	2.22	2.14	3.67	3.6	3.13	6.13	3.04	20.1	5.65	3.2	0.52	0.54	4.56	3.52	3.99
Eu	0.62	0.656	1.56	1.19	1.1	1.38	1.06	4.62	1.4	1.06	0.185	0.186	1.25	1.14	1.13
Gd	2.47	2.16	4.19	4.03	3.34	6.17	2.99	12.8	5.89	3.42	1.01	0.74	3.92	3.16	3.67
Tb	0.41	0.33	0.69	0.64	0.59	0.99	0.49	1.32	0.94	0.56	0.2	0.15	0.69	0.53	0.6
Dy	2.8	2.06	4.3	4	3.53	6.14	2.88	5.67	5.97	3.41	1.34	1.08	4.07	3.02	3.36
Ho	0.62	0.41	0.91	0.83	0.71	1.24	0.6	0.89	1.28	0.7	0.28	0.23	0.74	0.61	0.66
Er	1.99	1.23	2.7	2.61	2.2	3.73	1.91	2.49	3.96	2.19	0.86	0.66	2.26	1.92	1.89
Tm	0.328	0.189	0.407	0.392	0.337	0.565	0.286	0.349	0.595	0.322	0.114	0.099	0.344	0.303	0.282
Yb	2.31	1.2	2.62	2.44	2.13	3.77	1.82	2.01	3.85	2.17	0.72	0.6	2.32	2.14	1.94
Lu	0.384	0.197	0.407	0.381	0.339	0.587	0.26	0.292	0.601	0.342	0.12	0.085	0.327	0.33	0.278
Cd	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0
Cu	25	21	70	32	68	3	6	60	72	49	38	25	16	15	10
Ni	11	15	86	79	149	19	135	56	32	193	945	1510	7	9	4
Mo	2	2	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Zn	90	117	93	67	78	110	50	97	302	44	47	50	79	65	23
S_ppm_	4500	1600	19100	3300	1400	800	400	2500	3000	500	700	1100	300	200	100
As	2.8	0	0	0	0	1.2	0	4.1	0	0	0	0	0	0	0
Br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	29	56	68	71	263	20	215	252	45	288	1930	1920	16	22	18
Fe	3.77	2.5	9.89	7.06	6.93	8.1	7.33	6.86	11.8	5.72	7.13	7.11	3.84	3.3	0.92

Ir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	2.24	1.66	1.33	2.67	2.19	0.97	1.94	2.38	0.87	2.58	0.13	0.06	2.47	2.01	4.48
Sc	10.6	10.5	19.8	22.3	23.4	11.4	18	26.3	13.3	22	21.9	18.6	10.3	9.5	5.3
Sb	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0.2	0	0	0
Se	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 3: Analyses lithogéochimiques (suite)

NUM	738 A	738 C	739 A1	DDH-12- MB-04 (2)	DDH-12- MB-01	DDH-12- MB-04 (1)
UTM E	708078	708078	708078	709010	709010	709010
UTM N	5357622	5357622	5357583	5358180	5358180	5358180
LITHO	UMF	MF	Fels	Fels	Fels	MF
Au	0	0	0	0	0	0
Pt	1.2	0	0	0	0	0
Pd	0.9	0	0	0	0	0
SiO2	37.88	49.66	65.04	66.2	62.81	51
Al2O3	3.15	15.22	15.23	15.49	15.21	13.32
Fe2O3_T_	9.79	9.22	5.52	5.57	5.79	9.64
MgO	36.81	9.31	1.35	2.29	2.5	8.95
MnO	0.113	0.165	0.08	0.083	0.084	0.158
CaO	0.71	12.94	3.11	4.28	4.31	8.29
Na2O	0	2.17	4.71	5.42	3.92	3.35
K2O	0	0.22	1.62	0.32	1.85	1.36
TiO2	0.115	0.463	0.837	0.557	0.604	0.861
P2O5	0.03	0.05	0.17	0.12	0.16	0.39
Cr2O3	0.18	0.07	0	0.01	0.01	0.14
LOI	11.93	1.54	0.66	0.36	0.84	2.55
Total	100.5	101	98.33	100.7	98.08	99.87
Sr	4	101	125	133	246	889
Ba	0	32	374	123	443	594
Nb	0.2	1	8.8	4.9	4.5	4.3
V	41	200	102	92	101	175
Co	62	43	13	16	17	43
Ga	5	16	22	21	18	20
Ge	1.4	1.8	1.7	1.4	1.1	1.4
Ag	0	0	1.5	0	0	0
In	0	0	0	0	0	0
Sn	0	0	2	2	1	2
Cs	1.9	3	11.4	0.5	2.6	2.1
Pb	0	0	0	4	4	6
Be	0	0	2	1	0	2
Hf	0.2	0.8	5.3	3.7	3.6	3.5
Ta	0	0	0.71	0.59	0.48	0.27
W	0	0	0	0.6	0.6	0
Tl	0.08	0	0.34	0.05	0.17	0.15
Bi	1.9	0.9	0.3	0	0	0
Th	0.06	0.18	2.36	2.56	2.15	2.58
U	0.04	0.05	0.62	0.68	0.61	0.72
Rb	0	5	55	6	48	44
Y	3.4	11.8	21.6	15.7	15.9	23.7
Zr	7	32	215	137	137	131
La	1.17	2.05	4.47	15.4	16.2	36.9
Ce	2.74	4.81	9.48	31.2	34	81.8
Pr	0.36	0.71	1.32	3.9	4.22	11.4
Nd	1.49	3.36	5.79	15	16.5	49.9
Sm	0.37	1.07	2.23	3.2	3.31	10.2
Eu	0.062	0.429	0.822	1.08	0.845	2.6
Gd	0.46	1.56	2.88	3.29	3.16	7.93
Tb	0.08	0.29	0.55	0.48	0.51	0.95

Dy	0.52	1.89	3.78	3.06	2.92	4.84
Ho	0.11	0.39	0.75	0.6	0.57	0.9
Er	0.33	1.21	2.2	1.77	1.69	2.42
Tm	0.046	0.183	0.334	0.274	0.244	0.342
Yb	0.34	1.2	2.31	1.73	1.62	2.05
Lu	0.074	0.178	0.315	0.274	0.273	0.277
Cd	0	0	0	0	0	0
Cu	3	16	6	41	16	35
Ni	1770	94	8	53	45	279
Mo	0	0	0	1	0	0
Zn	35	54	100	84	71	98
S_ppm_	1600	600	200	1500	400	1000
As	0	0	0	1.9	0	0
Br	0	0	0	0	0	0
Cr	1080	470	0	67	70	417
Fe	6.82	6.27	3.71	3.67	3.82	6.61
Ir	0	0	0	0	0	0
Na	0.03	1.55	3.44	4.16	2.41	2.27
Sc	12.3	34	9.8	11.4	11.2	21.6
Sb	0	0	0.3	0	0	0
Se	0	0	0	0	0	0

ANNEXE 4

LISTE DES ÉCHANTILLONS

Annexe 4: Liste des échantillons

Échantillon	Orientation	Remarques
13-PP-29		Basalte
13-PP-46-A1		Basalte
13-VL-206-A1		Basalte à biotite/actinote
13-VL-206-A2		Basalte à biotite/actinote
13-VL-207-A		Komatiite avec spinifex
13-VL-209-A		Basalte schisteux coussiné
13-VL-212-A		Komatiite avec spinifex
13-VL-231-A1	183/84	Basalte schisteux
13-VL-231A2	084/80	Basalte schisteux
13-VL-231-A3	175/90	Basalte schisteux
13-VL-232-A1	335/10	Roche mafique rubanée à grenat
13-VL-232-A2		Roche mafique rubanée à grenat
13-VL-232-A3	050/55	Roche mafique rubanée à grenat
13-VL-244-A		Dunite à pyrite
13-VL-265A		Basalte
13-VL-265-A1	225/55	Basalte schisteux massif
13-VL-265-A2	260/75	Basalte schisteux massif
13-VL-265-A3	354/57	Basalte schisteux massif
13-VL-265-B	176/52	Gabbro schisteux
13-VL-265-C1		Basalte coussiné très altéré
13-VL-265-C2	036/39	Basalte coussiné très altéré
13-VL-265-C3	301/80	Basalte coussiné très altéré
13VL-265-D	064/64	Roche à biotite (sédiment?)
13-VL-265-E1	230/15	Minéralisation lentille #1
13-VL-265-E2	150/15	Minéralisation lentille #2
13-VL-265-E3		Minéralisation lentille #3
13-VL-266-B		Roche à amphibole (sédiment?)
13-VL-267-A1	310/68	Andésite coussinée
13-VL-267-A2	345/38	Andésite coussinée

Annexe 4: Liste des échantillons.

Échantillon	Orientation	Remarques
13-VL-267-A3	050/53	Andésite coussinée
13-VL-267B		Basalte
13-VL-268-A		Gabbro schisteux
13-VL-269-A		Dunite (cumulat)
13-VL-272-B1		Péridotite
13-VL-272-B2		Péridotite
13-VL-273-A	020/59	Komatiite
13-VL-274-A	020/45	Basalte coussiné
13-VL-281-A	011/76	Gabbro schisteux
13-VL-287-A1		Roche rubanée
13-VL-287-A2	198/74	Roche rubanée
13-VL-288-C	196/76	Basalte
13-VL-289A		Dunite
13-VL-289B	076/64	Basalte
13-VL-291A		Komatiite
13-VL-291B		Gabbro ?
13-VL-296-A1		Basalte
13-VL-296-A2		Basalte
13-VL-297-A		Roche ultramafique
13-VL-297-B	002/26	Roche felsique
13-VL-297C		Roche ultramafique
13-VL-297-D		Komatiite
13-VL-298-A1		Basalte andésitique coussiné
13-VL-298-A2	189/72	Basalte andésitique coussiné
13-VL-298-C		Diorite
13-VL-299-A	094/74	Komatiite
13-VL-300-A		Komatiite
13-VL-317-A1		Tuf dacitique à lapillis
13-VL-317-A2		Tuf dacitique à lapillis
13-VL-317-A3		Tuf dacitique à lapillis
13-VL-317-D	160/35	Rhyolite
13-VL-318-A	327/45	Tuf dacitique à lapillis
13-VL-318-B	016/81	Basalte
13-VL-319-A1	195/70	Rhyolite
13-VL-319-A2	175/46	Rhyolite
13-VL-319-A3		Rhyolite
13-VL-319A4		Rhyolite
13-VL-319-C	130/74	Basalte

Annexe 4: Liste des échantillons.

Échantillons	Orientation	Remarques
13-VL-320-A	040/59	Rhyolite
13-VL-320B	284/72	Dyke de gabbro
13-VL-321A	055/34	Rhyolite rubanée
13-VL-321-C	359/31	Roche mafique
13-VL-322-A	180/78	Roche sédimentaire
13-VL-323-A	117/40	Rhyolite
13-VL-331-A1	175/55	Basalte / Andésite coussiné
13-VL-331-A2		Basalte / Andésite coussiné
13-VL-331-A3	309/60	Basalte / Andésite coussiné
13-VL-331-A4		Basalte / Andésite coussiné
13-VL-331-A5		Basalte / Andésite coussiné
13-VL-331-A6		Basalte / Andésite coussiné
13-VL-331-B		Roche mafique
13-VL-331-D		Diorite
13-VL-332-A	320/68	Basalte
13-VL-332-B	005/62	Dyke felsique/intermédiaire
13-VL-333-A1	178/65	Dacite
13-VL-333-A2	209/62	Dacite
13-VL-334-A1		Basalte
13-VL-334-A2		Basalte
13-VL-334-B		Tonalite
13-VL-347-A	338/75	Andésite
13-VL-348-A	330/81	Gabbro
13-VL-350-A1	100/55	Dacite
13-VL-350-A2		
13-VL-352-A1		Volcanoclastite / Sédiments
13-VL-352-A2		
13-VL-352-A3		
14-VL-400-A		
14-VL-422-A		
14-VL-422-B		Dacite
14-VL-422-C		Dyke de gabbro
14-VL-429-A		Dacite
14-VL-429-B		Rhyolite
14-VL-464-A		Gabbro
14-VL-465-A1		Volcanoclastite / Sédiments
14-VL-465-A2		Volcanoclastite / Sédiments
14-VL-466-A		Volcanoclastite / Sédiments

Annexe 4: Liste des échantillons

Échantillons	Orientation	Remarques
14-VL-467-A		Basalte
14-VL-468-A		Péridotite
14-VL-469-A		Komatiite
14-VL-505-A2		Roche ultramafique
14-VL-506-A1		Volcanoclastite / Sédiments
14-VL-506-A2		Volcanoclastite / Sédiments
14-VL-535-B		
14-VL-536-A		Basalte
14-VL-537-A		Basalte
14-VL-537-B		Dyke felsique
14-VL-538-A1		Dacite
14-VL-538-A2		
14-VL-554-A		
14-VL-592-A2		
12-M-3046-A4		Komatiite
12-MC-3061A		
12-MC-3081A1		Volcanoclastite / Sédiments
12-MC-3081A3		Volcanoclastite / Sédiments
12-MC-3083		
12-MC-3099A	341/34	Gabbro
12-MC-3104A		Komatiite
DDH-12-MB-04(1)		
DDH-12-MB-04(2)		
DDH-12-MB-01		