

ET 2007-03

Stratigraphie de la partie occidentale du Groupe de Blake River

Claude Dion
Pierre Rhéaume



Minéralisation subhorizontale de pyrite disséminée et en amas dans une rhyolite albitisée.
Indice Buffam, Affleurement 04-CD-1091 (UTM NAD 83, zone 17: 632290E, 5347924N)

Stratigraphie de la partie occidentale du Groupe de Blake River

**Claude Dion
Pierre Rhéaume**

ET 2007-03

Mots-clés: Groupe de Blake River, Sous-province de l'Abitibi, Rouyn-Noranda, stratigraphie, sulfures massifs volcanogènes

DOCUMENT PUBLIÉ PAR GÉOLOGIE QUÉBEC

Direction générale

Robert Marquis

Bureau de l'exploration géologique du Québec

Sylvain Lacroix

Lecteur critique

Jean-Yves Labbé

Édition et mise en page

Denis L. Lefebvre, ing.

Dessin

Claude Dion

André Tremblay

Document accepté pour publication le 09 janvier 2007

Résumé

Cette étude couvre la portion occidentale du Groupe de Blake River, à l'ouest de la ville de Rouyn-Noranda. Son objectif principal est de raffiner la stratigraphie et de caractériser les processus volcaniques et structuraux dans la Formation de Duprat-Montbray. La comparaison des roches de cette unité avec celles des camps miniers de Noranda et de Doyon-Bousquet-LaRonde a pour objectif de mieux comprendre l'évolution volcanique et tectonique de cette portion du Groupe de Blake River. Cette étude vise également à évaluer, dans ce secteur, le potentiel de découverte de minéralisations volcanogènes, magmatiques-hydrothermales ou orogéniques.

Dans le secteur cartographié, le soubassement archéen est constitué principalement de roches intrusives felsiques à intermédiaires du Pluton de Flavrian, accompagnées de volcanites felsiques d'affinité principalement transitionnelle (rhyolites, rhyodacites et dacites) et de volcanites intermédiaires tholéiitiques et transitionnelles. L'empilement stratigraphique forme une séquence homoclinale orientée N-S à NE-SW avec un pendage qui varie de 40 à 70°. Les sommets stratigraphiques des unités sont orientés vers l'est. La foliation pénétrante n'est notée qu'en bordure des failles. Les principales failles ont une direction NW-SE (Faille de Mouilleuse), ENE-WSW (Faille de Quesabe) et N-S.

Le secteur présente un important centre volcanique felsique désigné comme le « Complexe volcanique de Flavrian-Ouest ». Cet édifice volcanique est interstratifié avec des unités andésitiques. Il est coupé à l'est par le Pluton synvolcanique de Flavrian et la Brèche de Saint-Jude. Au sud-ouest, il est injecté par le Pluton posttectonique d'Aldermac. L'édifice volcanique est également coupé par divers dykes et filons-couches de gabbro-diorite et de rhyolite sphérolitique (probablement comagmatiques avec les roches volcaniques intermédiaires et felsiques), ainsi que par des dykes de lamprophyre tarditectoniques et des dykes de diabase-gabbro protérozoïques.

La région contient au moins trois types de minéralisations : 1) les minéralisations en $\text{Cu}\pm\text{Zn}\pm\text{Au}\pm\text{Ag}$ de type sulfures massifs volcanogènes (SMV) qui se présentent sous la forme de disséminations, de filonnets ou de niveaux exhalatifs; 2) les minéralisations magmatiques-hydrothermales qui sont principalement reliées à la Brèche de Saint-Jude, une zone de brèches intrusive et hydrothermale associée à la Trondhjémite de Saint-Jude. Les minéralisations de l'indice Buffam et la « Giant Quartz Vein » peuvent aussi être rattachées à cette catégorie; et 3) les minéralisations d'or orogénique qui se présentent sous la forme de veines et de veinules de quartz + carbonates faiblement minéralisées en pyrite (mine Quesabe), ou encore de zones de pyrite disséminée (mine Pierre-Beauchemin). La minéralisation, logée dans des zones de déformation fragile-ductile N-S, NE-SW ou ENE-WSW, est associée à des hétérogénéités lithologiques ou structurales.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	7
CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL	8
GÉOLOGIE DU SECTEUR À L'ÉTUDE	11
Andésite I tholéiitique	12
Andésites IIa et III transitionnelles.....	14
Complexe volcanique de Flavrian-Ouest (CVFO).....	14
Unité de volcanites non différenciées (unité VND).....	14
Rhyolite A	17
Dacite	17
Rhyodacite	17
Tufs et niveaux exhalatifs.....	17
Intrusions.....	18
Intrusions de rhyolite sphérolitique	18
Dykes et filons-couches de gabbro-diorite.....	18
Pluton de Flavrian	18
Dykes de lamprophyre.....	19
Pluton d'Aldermac	19
Dyke de diabase-gabbro protérozoïque	19
Structure	19
Minéralisations	19
Type sulfures massifs volcanogènes (SMV).....	21
Type magmatique-hydrothermal.....	21
Type orogénique.....	22
CONCLUSION.....	23
REMERCIEMENTS.....	24
RÉFÉRENCES	24
ANNEXE 1 – Lithochimie des roches volcaniques et intrusives	27
ANNEXE 2 – Photographies	28

INTRODUCTION

L'étude de la portion occidentale du Groupe de Blake River, à l'ouest de la ville de Rouyn-Noranda, vise principalement à : 1) raffiner la stratigraphie du secteur; 2) caractériser les processus volcaniques et tectoniques; 3) comparer les roches de cette portion du Groupe de Blake River à celles des camps miniers de Noranda et de Doyon-Bousquet-LaRonde; et 4) évaluer le potentiel de découverte pour les minéralisations volcanogènes, magmatiques-hydrothermales ou orogéniques. La méthodologie utilisée implique la compilation et l'intégration des données géologiques et lithochimiques disponibles, complétées d'une cartographie détaillée du secteur d'intérêt. Cette méthode de travail suit, pour l'essentiel, celle employée dans les projets de synthèse de la partie orientale du Groupe de Blake River (Lafrance *et al.*, 2003; Lafrance et Dion, 2004).

La révision des cartes géologiques du secteur à l'étude (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2005) a révélé certains problèmes touchant la géologie de la demi-ouest du feuillet 32D06 correspondant à la portion occidentale du Groupe de Blake River. Les

levés géologiques effectués dans ce secteur à la fin des années 1980 (Leduc, 1986; Péloquin *et al.*, 1989a, 1989b et 2001) n'ont pas permis d'élaborer de manière définitive le schéma stratigraphique de cette portion du Blake River, ce qui permettrait par exemple d'établir des corrélations avec les unités reconnues plus à l'est dans le camp central de Noranda (Spence et de Rosen-Spence, 1975; Gibson et Watkinson, 1990). La légende de la carte géologique de la portion occidentale du feuillet 32D06 est principalement de nature lithologique et elle est beaucoup moins élaborée que la légende stratigraphique définie plus à l'est dans le camp central. Ce projet vise à combler les lacunes signalées précédemment par le moyen de vérifications sur le terrain et d'une synthèse de l'information géologique, structurale et lithochimique disponible. Il devrait également permettre de mieux circonscrire la position des centres volcaniques et des niveaux stratigraphiques favorables aux gisements de type sulfures massifs volcanogènes (SMV), d'identifier les structures pouvant être associées aux différents types de minéralisations aurifères, et ainsi fournir de nouvelles cibles à l'industrie minière.

Le secteur visité à l'été 2004 couvre une superficie d'environ 31 km² dans le centre sud du feuillet 32D06

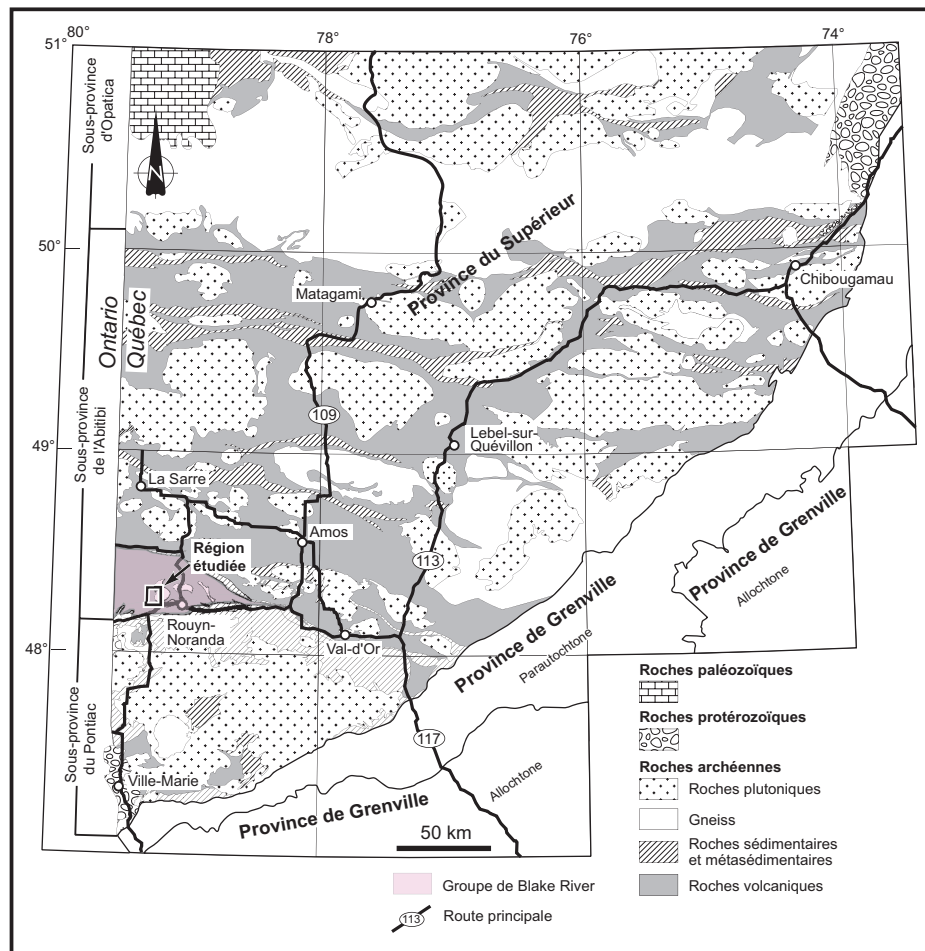


FIGURE 1 - Géologie simplifiée de l'Abitibi avec la localisation des travaux effectués à l'été 2004 dans la partie ouest du Groupe de Blake River.

(figures 1 et 2). Il est situé immédiatement à l'ouest du Pluton de Flavrian, dans les cantons Duprat et Beauchastel (figures 2 et 3). Le territoire examiné correspond en gros aux propriétés Flavrian, Sunburst (Quesabe) et Eldrich de Cambior. La zone couverte par le Pluton de Flavrian n'a pas été étudiée ici. Les travaux de terrain ont été effectués par une équipe formée de deux géologues et de deux assistants basée à Rouyn-Noranda. La tâche a consisté en un levé géologique des secteurs où sont exposées les roches volcaniques du Groupe de Blake River et qui sont désignés dans les travaux antérieurs des compagnies minières (SOQUEM, Cambior et Azimut) comme présentant le meilleur potentiel économique. Une attention particulière a été prêtée aux caractéristiques pétrographiques et structurales des faciès volcaniques et de l'altération hydrothermale. Nous avons prélevé à cette occasion plus de 278 échantillons pour l'analyse des éléments majeurs, en traces et des terres rares. Ces analyses permettent de confirmer la composition et l'affinité magmatiques des roches volcaniques, de caractériser les différentes coulées présentes et de quantifier plus précisément l'intensité de l'altération hydrothermale. L'analyse pétrographique des lames minces provenant de ces échantillons a contribué à préciser la nature des lithologies (en particulier le contenu en phénocristaux et en microphénocristaux) et de l'altération. Nous avons également récupéré un échantillon pour une datation radiométrique U-Pb. Les résultats de la présente étude, combinés à la compilation des travaux de cartographie et des données de sondage et de lithochimie provenant de l'industrie, ont permis de produire la carte illustrée à la figure 3.

La portion occidentale du Groupe de Blake River a été visitée depuis plus d'un siècle par de nombreux géologues et prospecteurs. Les derniers levés géologiques régionaux dans la portion ouest du Groupe de Blake River ont été effectués par Leduc (1986) et Péloquin *et al.* (1989a, 1989b et 2001). Le territoire couvert par la carte de la figure 3 n'a cependant pas été touché par ces travaux et les dernières visites des géologues gouvernementaux remontent au début des années 1950 (Robinson, 1943; L'Espérance, 1951a et 1951b). Les travaux de ces géologues ont été par la suite intégrés aux cartes de compilation publiées par le ministère (Dugas et Hogg, 1959 et 1960; Ministère de l'Énergie et des Ressources, 1984; Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2005). Depuis la fin des années 1970, la propriété Flavrian a fait l'objet de travaux intensifs de cartographie, de géophysique, de géochimie et de forage par SOQUEM, Cambior et Exploration Azimut. Plusieurs études de maîtrise et de doctorat ont également traité du Pluton synvolcanique de Flavrian (Goldie, 1976; Paradis, 1984; Kennedy, 1985; Richard, 1998). La carte géologique de cette intrusion, telle que présentée à la figure 3, provient de ces travaux.

CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Le Groupe de Blake River (2696 à 2701 Ma : Lafrance *et al.*, 2005 et références citées) est localisé dans la partie méridionale de la Sous-province de l'Abitibi (Province archéenne du Supérieur). Il forme une unité lenticulaire d'environ 120 km par 35 km représentant un synclinorium E-W à faible plongée vers l'est. Le Groupe de Blake River est limité au nord par les failles de Destor-Porcupine et de Parfouru et au sud par la Faille de Cadillac. Il est constitué de séquences sous-marines bimodales de laves et de volcanoclastites d'affinité tholéiitique, transitionnelle et calco-alcaline (Gélinas *et al.*, 1984).

La rareté des niveaux repères, la nature lenticulaire des unités, les changements brusques des faciès volcaniques et la présence de nombreuses failles rendent difficiles les corrélations entre les unités et ont longtemps entravé la définition d'une stratigraphie dans le Groupe de Blake River, plus particulièrement dans sa partie occidentale. Plusieurs subdivisions, principalement de nature chiostratigraphique, ont été proposées au cours des années (Gélinas *et al.*, 1977; Goodwin, 1977; Dimroth et Rocheleau, 1979; Gélinas *et al.*, 1984; Péloquin *et al.*, 2001). La nomenclature retenue ici correspond à celle utilisée dans les cartes de compilation du SIGEOM (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2005), laquelle est une version largement modifiée de Gélinas *et al.* (1984). Le Groupe de Blake River est ainsi divisé en 4 unités informelles (formations de Duprat-Montbray, Rouyn-Pelletier, Noranda et Renault-Dufresnoy) et une unité formelle (Formation de Bousquet; Lafrance *et al.*, 2003). Les roches du secteur à l'étude font partie de la formation de Duprat-Montbray, une unité volcanique d'affinité tholéiitique à calco-alcaline (Gélinas *et al.*, 1984). Dans le schéma lithostratigraphique de Spence et de Rosen-Spence (1975), les roches du Groupe de Blake River sont divisées en cinq zones rhyolitiques séparées par quatre unités andésitiques. Cette nomenclature correspond aux Cycles I à V de Gibson (1989) et de Gibson et Watkinson (1990), chaque cycle regroupant l'unité andésitique basale et l'unité bimodale de rhyolite-andésite sommitale. Les unités rhyolitiques bordant la limite ouest du Pluton de Flavrian correspondent à la Zone rhyolitique II (Quesabe) de Spence et de Rosen-Spence (1975) ou à l'unité sommitale du Cycle II de Gibson (1989) et Gibson et Watkinson (1990).

Les volcanites du Groupe de Blake River sont coupées par au moins quatre types d'intrusions de composition et d'âge différents : des intrusions synvolcaniques, des intrusions postvolcaniques, des intrusions syn- à posttectoniques et des dykes tardifs. Les intrusions synvolcaniques comprennent les massifs de diorite quartzifère-tonalite-trondhjémite

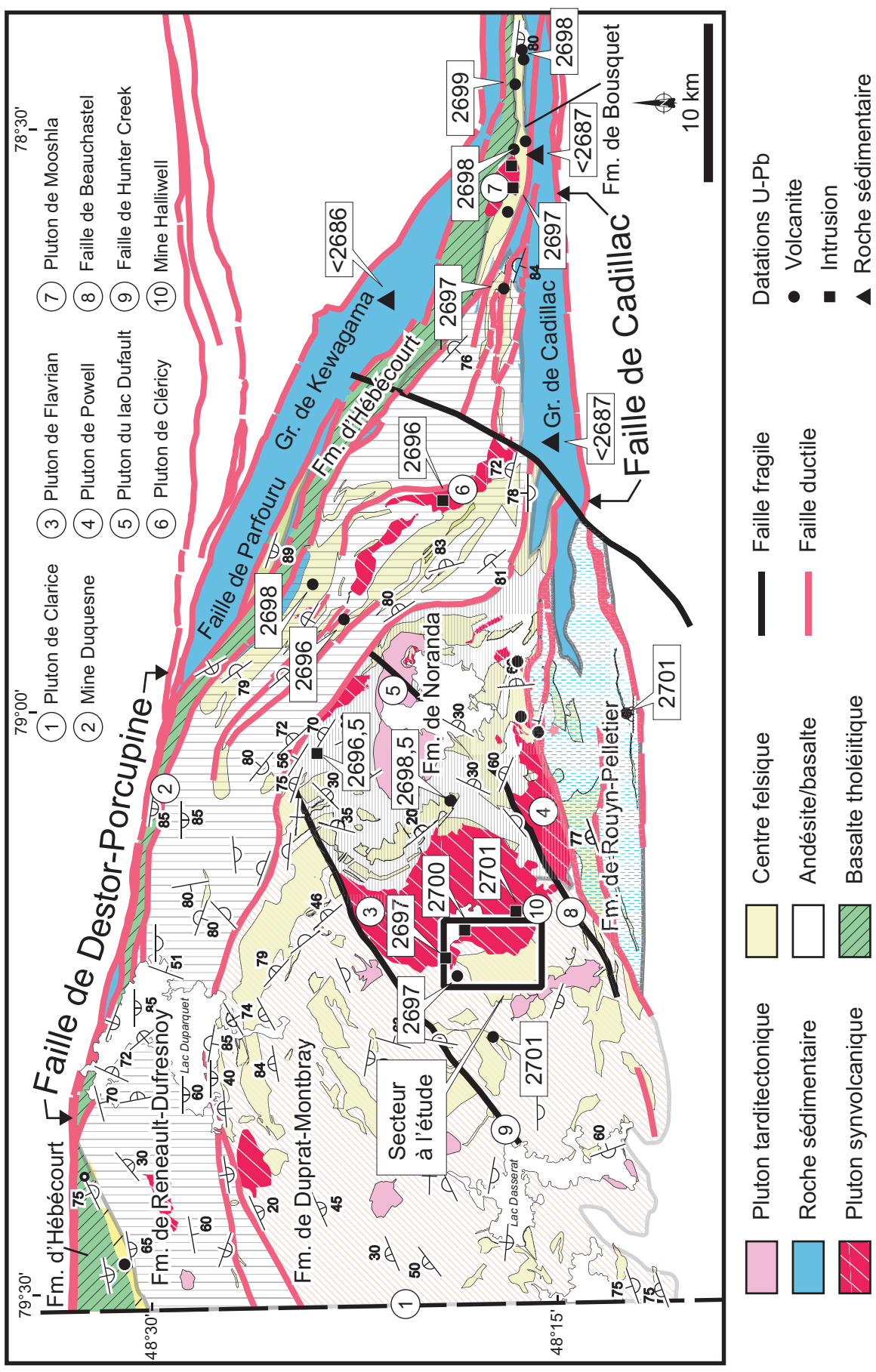


FIGURE 2 - Carte géologique simplifiée du Groupe de Blake River indiquant la position des déterminations géochronologiques et la localisation du secteur à l'étude. Les intrusions de gabbro-diorite ont été omises pour plus de clarté. Figure modifiée de Goutier *et al.* (2007).

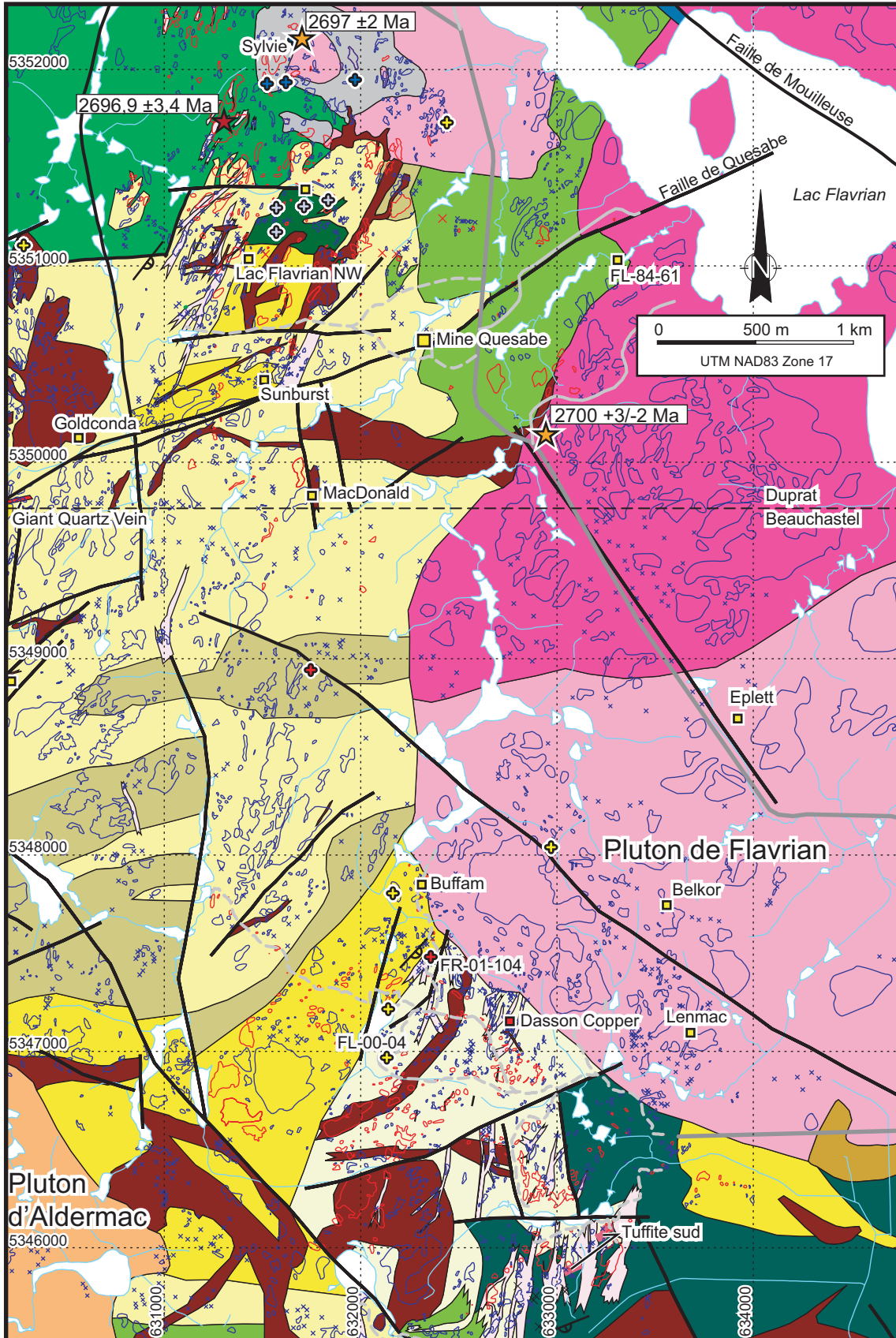
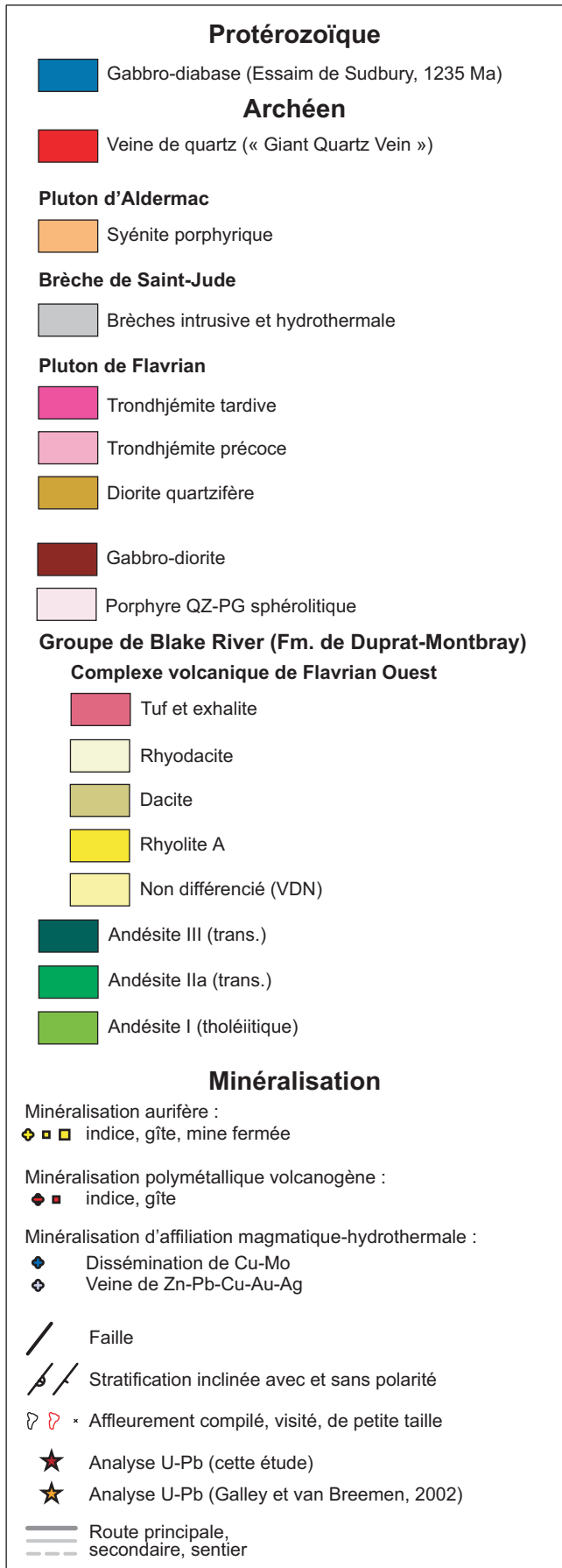


FIGURE 3 - Carte géologique du secteur levé à l'été 2004 dans la partie ouest du Groupe de Blake River.



de Flavrian-Powell (2697-2700 Ma : Mortensen, 1993 et Galley et Van Breemen, 2002), de Cléricy (2696 Ma : Mortensen, 1993) et de Mooshla (2697 Ma : Lafrance *et al.*, 2005) ainsi que les nombreuses intrusions de gabbrodiorite comagmatiques avec les volcanites mafiques et intermédiaires du Blake River. Le Pluton du Lac Dufault (2690 Ma : Mortensen, 1993) est interprété comme postvolcanique. Les intrusions syn- à posttectoniques regroupent les intrusions calco-alcalines de composition tonalitique à granodioritique (Pluton de Clarice, 2689 Ma : Corfu et Noble, 1992; secteur de la mine Duquesne, 2689 Ma : Mueller *et al.*, 1996; Stock de Clifford, 2687 Ma : Piercey *et al.*, 2004) et les intrusions alcalines (Syénite de Cléricy, 2682 Ma : Mortensen, 1993; syénite dans le secteur de la Faille de Porcupine-Destor, 2682 Ma : Mueller *et al.*, 1996) associées ou non à des zones de faille. Les dykes tardifs de gabbro-diabase protérozoïques coupent toutes les unités archéennes.

Les roches archéennes du Groupe de Blake River sont toutes faiblement métamorphisées au faciès prehnite-pumpellyite à schistes verts, sauf en bordure des intrusions tardives (par exemple le Pluton du Lac Dufault et le Pluton d'Aldermac) qui sont entourées d'une auréole de métamorphisme de contact au faciès des amphibolites (Powell, 1994).

Plusieurs phases de déformation ont affecté les unités du Blake River, dont au moins deux phases principales de plissements et d'imbrications E-W et NE-SW (Péloquin *et al.*, 2001). La portion centrale de l'unité est cependant peu touchée par ce phénomène, les strates étant faiblement basculées vers l'est. La foliation pénétrante y est pratiquement absente sauf en bordure des zones de faille. Trois familles de failles sont reconnues : les zones de déformation ductiles E-W (par exemple la Faille de Cadillac et la Faille de Destor-Porcupine), les failles fragiles NE-SW (par exemple la Faille de Hunter Creek et la Faille de Beauchastel) et NW-SE (par exemple la Faille de Mouilleuse). La région à l'étude fait partie du Bloc Arnoux défini par Péloquin *et al.* (2001). Ce bloc structural est délimité par les failles de Mouilleuse au NE, de Hunter Creek au NW et de Beauchastel au sud.

GÉOLOGIE DU SECTEUR À L'ÉTUDE

Les travaux de terrain et de laboratoire ont permis de produire la carte géologique présentée à la figure 3. La carte est encore essentiellement de nature lithologique. Les travaux effectués par les compagnies minières (Falconbridge Copper et SOQUEM) plus à l'ouest dans le secteur du gîte Four Corners ont permis d'établir une lithostratigraphie détaillée qui devra cependant être validée avant d'être appliquée au secteur à l'étude. Ceci devrait être possible au cours des prochaines années avec la poursuite de nos travaux de cartographie vers l'ouest.

Le secteur cartographié est dominé par les roches intrusives felsiques à intermédiaires du Pluton de Flavrian (49 %), accompagnées de volcanites felsiques (rhyolites, rhyodacites et dacites, environ 30 % du territoire) et de volcanites intermédiaires (13 %). Le reste est constitué des intrusions de gabbro-diorite (5 %), de syénite porphyrique (Pluton d'Aldermac et les dykes associés, 2 %) et de rhyolite sphérolitique (1 %). L'empilement stratigraphique forme une séquence homoclinale orientée N-S à NE-SW avec un pendage modéré (40 à 70°) vers l'est. Les sommets stratigraphiques, déterminés principalement à partir de l'asymétrie des coussins et du granoclassement dans les rares niveaux de tufs, sont également vers l'est. Dans la partie centrale de la carte (figure 3), certaines unités de dacite semblent présenter une orientation E-W. Toutefois, l'étendue et l'orientation de ces unités n'ont été définies qu'à partir des analyses lithochimiques d'un nombre limité d'échantillons. Des travaux plus détaillés dans ce secteur problématique devraient permettre de mieux préciser la disposition de ces unités.

Le secteur à l'étude présente un important centre volcanique felsique que nous désignons comme le « Complexe volcanique de Flavrian-Ouest » (CVFO, figure 3). Cet édifice volcanique, d'une épaisseur minimale de 2,7 km et d'environ 8 km d'extension latérale, se poursuit vers l'ouest dans la région du lac Twin, en dehors du secteur cartographié. Il correspond à la Zone rhyolitique II (Quesabe) de Spence et de Rosen-Spence (1975) ou à la portion sommitale du Cycle II de Gibson (1989) et Gibson et Watkinson (1990). Il est interstratifié avec des unités andésitiques et est coupé à l'est par le Pluton de Flavrian et la Brèche de Saint-Jude et au sud-ouest par le Pluton posttectonique d'Aldermac. La séquence est également coupée par divers dykes et filons-couches de gabbro-diorite et de rhyolite sphérolitique (probablement comagmatiques avec les roches volcaniques intermédiaires et felsiques respectivement), par des dykes de lamprophyre tarditectoniques et des dykes de diabase-gabbro protérozoïques. La disposition des unités est complexe en raison de la faible extension de plusieurs coulées, du pendage modéré des couches (effet topographique), de l'existence de nombreuses failles précoces (synvolcaniques) et tardives, ainsi que la présence d'intrusions felsiques et mafiques-intermédiaires.

Nos observations permettent de diviser les roches volcaniques de la formation de Duprat-Montbray du Groupe de Blake River, dans le secteur à l'étude, en huit unités lithologiques informelles. La position stratigraphique de ces unités est approximative pour l'instant. Les divisions proposées sont basées en grande partie sur les analyses lithochimiques effectuées dans le cadre de nos travaux, complétées par celles compilées à partir des travaux statutaires. Les caractéristiques géochimiques de ces unités sont résumées au tableau de l'annexe 1. La base de données comprend environ 1400 analyses, dont 278 sont de nouvelles détermi-

nations. Les échantillons prélevés pour cette étude ont été analysés pour les éléments majeurs, en traces et les terres rares, ce qui a permis de bien caractériser les diverses unités. Nous avons tenté d'échantillonner le territoire couvert de manière relativement uniforme, ce qui implique que la base de données comporte un certain nombre d'échantillons altérés. Les analyses tirées de la littérature sont généralement moins complètes (éléments majeurs avec parfois quelques éléments en traces) que celles réalisées pour cette étude. La précision de la localisation, la qualité de l'échantillon et de l'analyse est également bien moindre, mais elles présentent une meilleure répartition régionale. Lorsqu'on utilise les éléments majeurs considérés comme relativement immobiles, tels l'aluminium et le titane, les analyses compilées sont très utiles pour extrapoler les unités définies lors de l'étape précédente. Elles permettent également de définir la distribution spatiale des différents faciès d'altération hydrothermale.

Les diverses unités lithologiques reconnues dans le secteur à l'étude sont décrites dans les sections qui suivent.

Andésite I tholéitique

Le CVFO repose sur une unité d'andésite tholéitique d'extension régionale nommée « andésite I ». Cette unité est peu représentée dans le territoire à l'étude et est surtout reconnue dans le secteur adjacent plus à l'ouest, dans la région du lac Audisier et au nord du lac Twin (Gauthier, 1995). Cette unité représente probablement l'équivalent de l'Andésite de Four Corners reconnue à l'ouest par SOQUEM (Gauthier, 1995) et Falconbridge Copper (Setterfield et Lefebure, 1983). Dans le secteur couvert par la carte de la figure 3, une unité lenticulaire d'andésite de même composition a été reconnue immédiatement à l'est de la mine Quesabe où elle est coupée par le Pluton de Flavrian.

L'andésite I est de couleur vert moyen à vert foncé, localement amygdalaire (<20 % d'amygdales de quartz + calcite + épidote) et se présente principalement sous la forme de coulées massives et coussinées. On note également quelques minces niveaux de brèches de coulées. Les bordures des coussins sont typiquement minces (<1 cm) et l'on note par endroits la présence de rares phénocristaux ou microphénocristaux de plagioclase. L'unité d'andésite I localisé un peu plus haut dans l'empilement stratigraphique, dans la partie NE de la carte près de l'ancienne mine Quesabe, se caractérise par sa structure massive, son magnétisme élevé et la présence de phénocristaux de plagioclase. Ces andésites contiennent en moyenne 1,61 % de titane et montrent un rapport Zr/Y moyen de 3,38. Les profils de terres rares sont relativement plats (rapport $(La/Yb)_n$ moyen de 1,65; tableau de l'annexe 1 et figure 4c) avec des anomalies en europium faiblement négatives à nulles ($Eu/Eu^* = 0,92$).

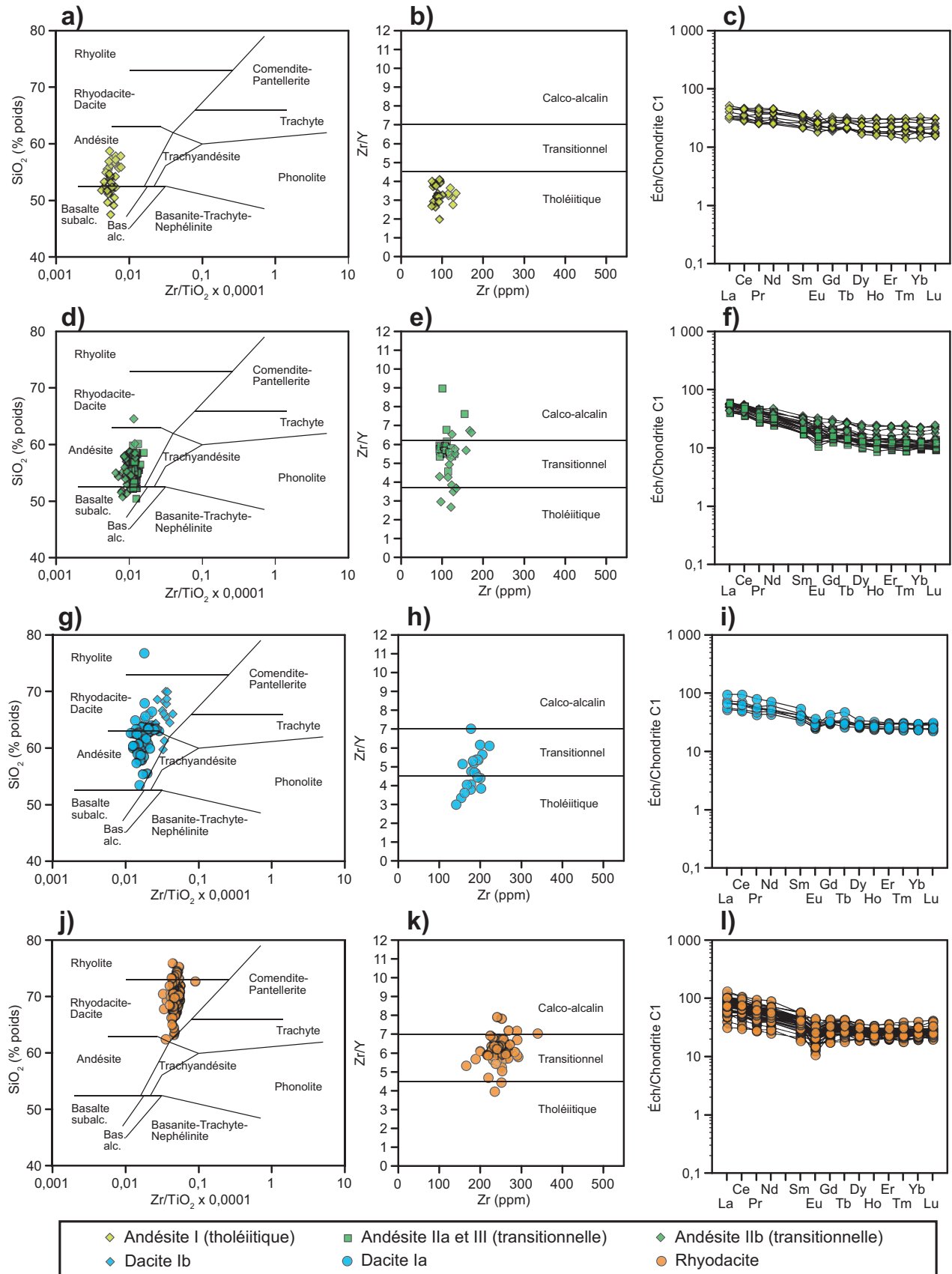


FIGURE 4 - a) d) g) j) diagrammes de Winchester et Floyd (1977); **b) e) h) k)** diagrammes d'affinité magmatique Zr/Y versus Zr (champs définis par Barrett et MacLean, 1999); **c) f) i) l)** diagrammes des éléments des terres-rares (normalisés par rapport à la chondrite C1 de McDonough et Sun, 1995) pour les andésites, les dacites et la rhyodacite du secteur à l'étude.

Andésites IIa et III transitionnelles

La partie nord-ouest de la carte est occupée par une unité d'andésite d'affinité transitionnelle désignée « andésite IIa ». Les travaux de compilation nous indiquent que cette andésite forme une unité lenticulaire d'orientation NE-SW d'au plus 850 m d'épaisseur apparente intercalée entre l'andésite tholéiitique (andésite I), localisée plus à l'ouest dans le secteur du lac Audisier, et le CVFO. Une autre unité d'andésite de même composition, « l'andésite III », affleure au sud du Pluton de Flavrian où elle surmonte le CVFO. Cette unité est interstratifiée avec un niveau lenticulaire de rhyolite transitionnelle (rhyolite A, voir plus loin). L'andésite III représente la partie supérieure de la séquence stratigraphique dans le secteur à l'étude. Gibson (1989) et Gibson et Watkinson (1990) considéraient cette dernière unité comme la base du Cycle III.

Les andésites I et IIa sont parfois difficiles à distinguer l'une de l'autre sur le terrain. Les coulées d'andésite transitionnelle sont massives ou coussinées (photo 1 de l'annexe 2) et sont parfois associées à de minces niveaux bréchiques. Les coussins présentent des bordures minces (<1 cm) parfois difficilement reconnaissables. La proportion d'amygdales de quartz + calcite + épidote est faible. L'andésite IIa est généralement faiblement porphyrique avec moins de 5 % de phénocristaux de plagioclase idiomorphes (<2 mm). L'andésite III se distingue, quant à elle, par un contenu en phénocristaux de plagioclase (<2 mm) qui peut atteindre jusqu'à 15 % dans le secteur de la mine Halliwell, immédiatement à l'est du secteur cartographié.

Dans le secteur au SW de la Brèche de Saint-Jude, on retrouve les andésites IIa interstratifiées avec des coulées lobées de rhyolite sphérolitique d'épaisseur métrique à décimétrique. Ces rhyolites sont de même composition que les dykes et filons-couches de rhyolite sphérolitique injectés dans le CVFO plus au sud. Plus de détails sont fournis dans la section sur les intrusions.

Du point de vue lithochimique, les andésites transitionnelles IIa et III ont des compositions pratiquement identiques. Ces andésites sont caractérisées par une concentration moyenne de titane de 0,96 % et des rapports Zr/Y de 5,74. Les profils des terres rares sont légèrement plus fractionnés que l'andésite tholéiitique (rapport $(La/Yb)_n$ moyen de 3,77; tableau de l'annexe 1 et figure 4f) avec de faibles anomalies négatives d'euprium (Eu/Eu* de 0,93). La dispersion des analyses selon l'axe des ordonnées (SiO_2) dans le diagramme de Winchester et Floyd (1977) suggère que la silice a été mobilisée dans certains échantillons d'andésite (figure 4d).

Une autre variété d'andésite transitionnelle (désignée ici andésite IIb) a été reconnue dans la partie nord de la carte. Ces andésites se présentent sous la forme de minces coulées à structure généralement massive interstratifiées dans la partie supérieure de l'unité d'andésite IIa, près du contact avec le CVFO. Ces roches n'ont pas été représentées sur la

carte de la figure 3. L'andésite IIb a une composition intermédiaire entre celle de l'andésite tholéiitique de type I et l'andésite IIa, avec un contenu en titane moyen de 1,38 % et des rapports Zr/Y de 4,67 et $(La/Yb)_n$ de 2,25 (tableau de l'annexe 1 et figure 4f).

Complexe volcanique de Flavrian-Ouest (CVFO)

Le Complexe volcanique de Flavrian-Ouest est composé principalement de rhyolites associées à des quantités moindres de dacites, de rhyodacites et d'andésites. Les diverses lithologies du complexe ont été regroupées en quatre unités : les volcanites non différenciées (unité VND), les rhyolites A, les dacites et les rhyodacites. Pour le moment, l'identification des diverses lithologies qui composent le CVFO est basée principalement sur leurs caractéristiques lithochimiques. La disposition et l'étendue de ces unités sont donc susceptibles d'être considérablement modifiées avec l'ajout de nouvelles données lithochimiques. Dans cette optique, il semble encore trop tôt pour définir le schéma stratigraphique du complexe volcanique.

Unité de volcanites non différenciées (unité VND)

Les volcanites non différenciées représentent l'unité la plus importante du complexe felsique. Elle surmonte l'unité d'andésite transitionnelle (andésite IIa). L'unité VND est constituée d'une interdigitation de coulées métriques à décimétriques de roches volcaniques felsiques (en majorité des rhyolites, mais aussi des rhyodacites et des dacites) et intermédiaires (andésites) en quantité bien moindre, le tout coupé d'intrusions mafiques à felsiques, ce qui en fait une unité passablement plus hétérogène qu'illustrée sur la carte de la figure 3.

Il est possible de distinguer, grâce à la lithochimie, trois variétés de rhyolite (rhyolite A, B et C) à l'intérieur de l'unité VND. La distinction entre les rhyolites A et B est subtile et est basée principalement sur l'utilisation des diagrammes Zr versus TiO_2 et Al_2O_3 versus TiO_2 (figure 5a et 5b). Sur ces graphiques, les échantillons de rhyolite forment deux nuages de points dont les axes principaux passent par l'origine. La dispersion des points le long de ces lignes est causée par l'altération hydrothermale qui a pour effet de modifier la concentration absolue des éléments relativement immobiles (Zr, Al_2O_3 et TiO_2) par dilution ou concentration, mais sans changer leurs rapports respectifs (Barrett et MacLean, 1994). La rhyolite A se caractérise en général par des rapports Zr/ TiO_2 (moyenne = 1266) et Al_2O_3/TiO_2 (moyenne = 47) plus élevés que la rhyolite B (Zr/ TiO_2 = 734 et Al_2O_3/TiO_2 = 32). Les rapports d'éléments en traces (terres rares et éléments à fort potentiel ionique) des deux types de rhyolite indiquent une affinité transitionnelle (tableau de l'annexe 1). La rhyolite A se présente sous la forme de coulées massives ou à lobes et brèches autoclastiques caractérisées par

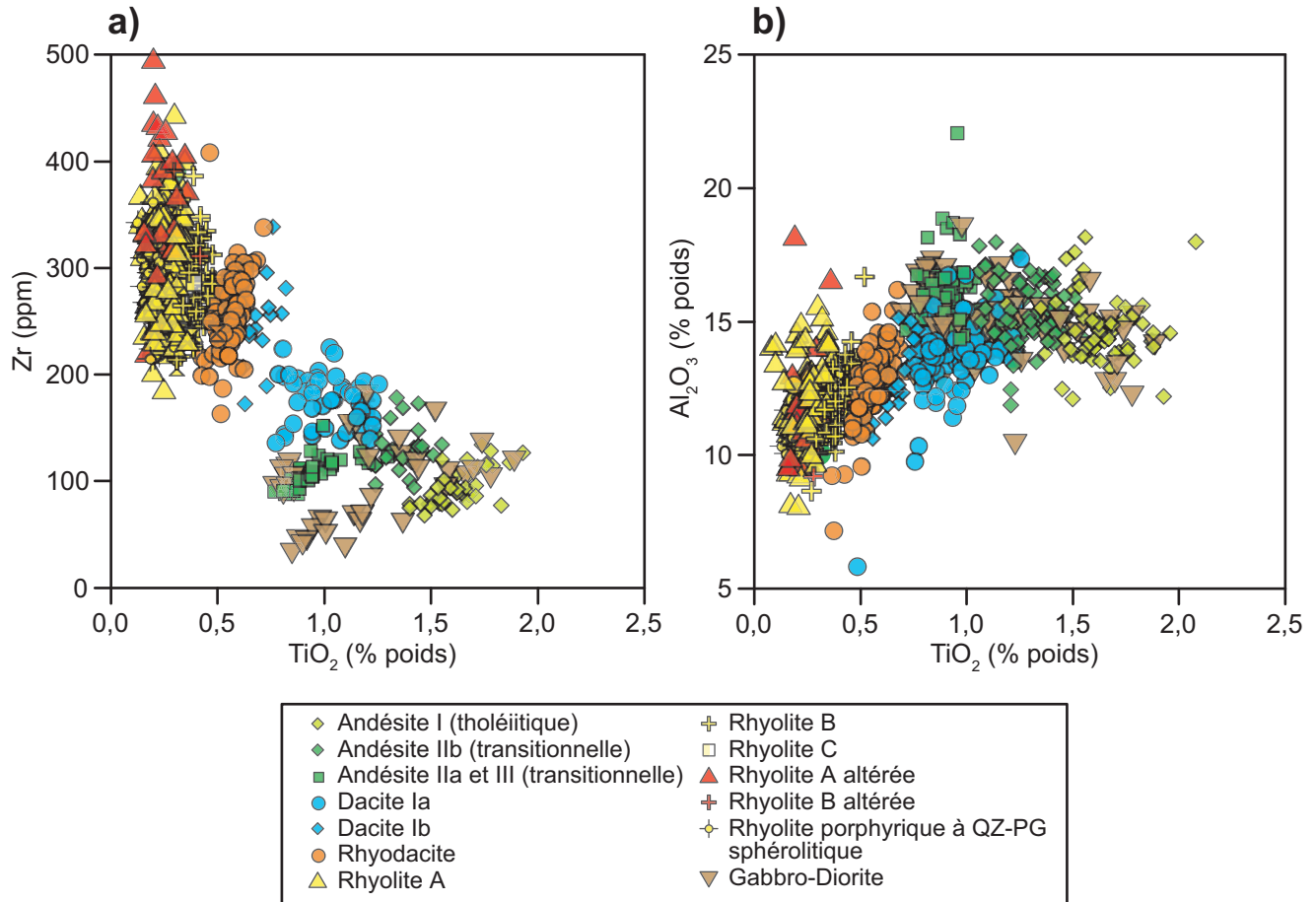


FIGURE 5 - a) Diagramme Zr versus TiO_2 ; b) diagramme Al_2O_3 versus TiO_2 pour les différentes roches volcaniques et intrusives du secteur à l'étude.

des structures d'écoulement laminaire bien développées (photo 3, annexe 2). La roche est généralement aphyrique ou faiblement porphyrique ($\leq 1\%$) avec des phénocristaux submillimétriques de plagioclase. Les coulées de rhyolite B sont généralement massives, plus rarement à lobes et brèches, et contiennent typiquement des phénocristaux de plagioclase (1 à 2 %). Le développement de structures d'écoulement laminaire est beaucoup moins répandu que dans la rhyolite A.

La dernière variété de rhyolite (rhyolite C) est limitée géographiquement à la partie nord du complexe. Cette coulée de faible épaisseur (probablement moins de 50 m) ne figure toutefois pas sur la carte de la figure 3 en raison du nombre trop faible d'échantillons. La rhyolite est en général faiblement porphyrique ($< 5\%$) avec des phénocristaux de moins de 1 mm de plagioclase et, plus rarement, de quartz. La roche se présente sous la forme de lobes et de brèches autoclastiques montrant des écoulements laminaires, ou encore, de tufs à lapillis scoriacés. L'altération en séricite \pm chlorite est parfois importante. La rhyolite C se caractérise par une teneur moyenne en

titane de 0,34 % et un rapport Zr/Y de 2,87 (tableau de l'annexe 1), ce qui semble suggérer une affinité tholéitique (Barrett et MacLean, 1999). Toutefois, le contenu moyen en zirconium (269 ppm Zr, tableau de l'annexe 1) relativement faible et des rapports La/Yb (3,37) et Th/Yb (0,50) plutôt élevés semblent caractéristiques des rhyolites transitionnelles (Barrett et MacLean, 1999). Le faible rapport Zr/Y de ces roches pourrait être expliqué par la compatibilité du zirconium dans le magma. Les profils de terres rares (figure 6c) sont peu fractionnés (rapport $(La/Yb)_n$ moyen de 1,86; tableau de l'annexe 1) et montrent une forte anomalie négative en europium (Eu/Eu^* de 0,43). Cette rhyolite présente une signature géochimique distincte et pourrait constituer une unité repère intéressante dans ce contexte géologique complexe. Les données d'éléments en traces sont toutefois nécessaires pour identifier avec certitude ce type de roche, ce qui restreint le nombre d'analyses utilisables aux quelques échantillons prélevés dans le cadre de cette étude. Il pourrait donc être intéressant d'augmenter la densité de l'échantillonnage dans ce secteur.

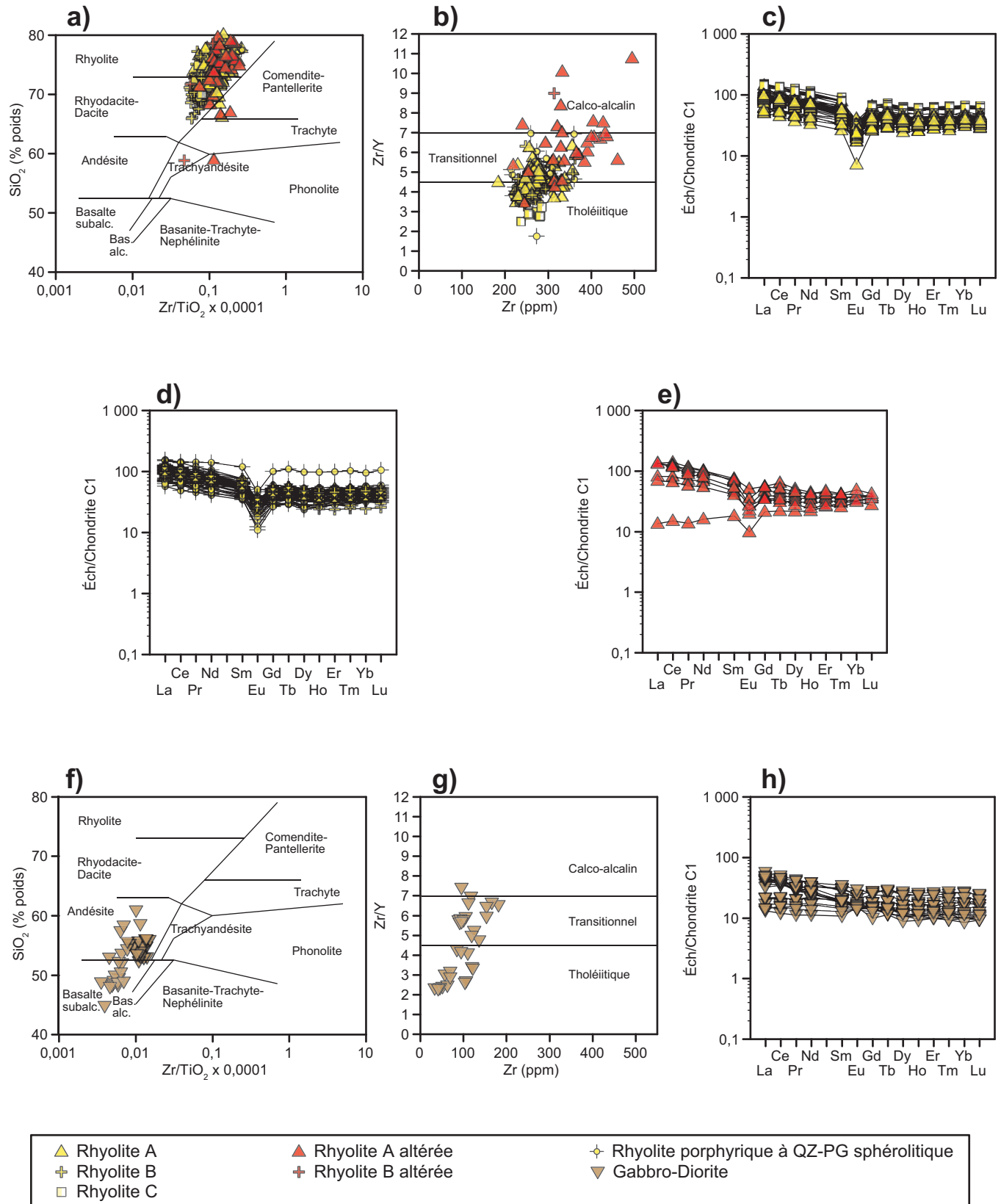


FIGURE 6 - a) et f) diagrammes de Winchester et Floyd (1977), **b) et g)** diagrammes d'affinité magmatique Zr/Y versus Zr (champs définis par Barrett et MacLean, 1999); **c) d) e) h)** diagrammes des éléments des terres-rares (normalisés par rapport à la chondrite C1 de McDonough et Sun, 1995) pour les rhyolites et les diorites-gabbros du secteur à l'étude.

Rhyolite A

Une unité de rhyolite A plus importante a pu être individualisée dans la partie sud du CVFO. Elle constitue la deuxième unité en importance du complexe. Cette unité se présente principalement sous la forme de coulées bréchiques, accessoirement massives et lobées, caractérisées par des structures d'écoulement laminaire bien développées et fortement contorsionnées. La roche est faiblement porphyrique avec des phénocristaux de plagioclase submillimétriques (1 à 2 %). Sa couleur varie de gris clair à rose selon l'intensité de l'hématitisation, laquelle est souvent associée à de la magnétite disséminée ou en placage de fractures. Des rhyolites de même composition ont également été reconnues plus au nord, à l'intérieur de l'unité de volcanites non différenciées, où elles forment une masse plus ou moins bien définie. Un troisième niveau de rhyolite A a été identifié plus à l'est, au sud du Pluton de Flavrian, interstratifié avec l'unité d'andésite III. Cette coulée de rhyolite à lobes et brèches est sphérolitique et contient une faible quantité de phénocristaux de plagioclase submillimétriques (1 à 2 %). La roche se distingue également par la présence d'amas de chlorite pouvant atteindre 2 cm de diamètre.

Dacite

Les dacites sont des roches difficiles à identifier sur le terrain où elles sont souvent confondues avec des andésites silicifiées. De plus, le secteur où ces roches affleurent a été relativement peu touché lors de nos travaux et seule l'utilisation de la base de données lithochimiques a permis de tracer cette unité sur la carte de la figure 3. Les dacites forment des coulées massives ou bréchiques vert moyen à gris moyen, à grains fins, généralement aphyriques et amygdalaires. Elles se retrouvent principalement dans la partie centrale de la carte, interstratifiées dans l'unité VND. La roche est magnétique et contient des agrégats hypidiomorphes de chlorite \pm biotite \pm actinote qui représentent peut-être des pseudomorphes d'amphibole magmatique. Sur le diagramme Zr versus TiO_2 (figure 5a), il est possible de distinguer au moins deux types de dacite d'affinité transitionnelle. Ceux-ci sont étroitement associés et n'ont pas été différenciés sur la carte de la figure 3. La distinction entre les deux types de dacite ou même entre les dacites et certaines andésites est moins évidente sur le diagramme Al_2O_3 versus TiO_2 (figure 4b), le seul utilisable pour classer les nombreux échantillons où seuls les éléments majeurs sont disponibles. Le premier type, la dacite Ia, se rapproche des andésites transitionnelles de type IIa avec des rapports moyens Zr/TiO_2 de 177,8 et Zr/Y de 4,89 (tableau de l'annexe 1). La dacite Ib, quant à elle, n'a pas été échantillonnée dans le cadre de cette étude, la seule information disponible provenant des analyses contenues dans les rapports statutaires. Sa composition plus évoluée est indiquée par un rapport Zr/TiO_2 moyen de 332,43 (tableau de l'annexe 1).

Rhyodacite

La rhyodacite constitue l'unité sommitale du CVFO. Cette unité est relativement facile à reconnaître sur le terrain où elle forme un ensemble assez homogène de coulées de brèches autoclastiques et, plus rarement, lobées ou massives principalement dans la portion NE (c.-à-d. à la base) de l'unité. Les coulées bréchiques présentent une surface raboteuse typique (photo 2, annexe 2) et contiennent parfois des lobes métriques isolés. La roche est porphyrique avec des phénocristaux de plagioclase idiomorphes (<10 %; 0,5 à 1 mm) regroupés souvent en agrégats. Les échantillons de rhyodacite forment un groupe bien individualisé dans les différents diagrammes géochimiques (figure 4j et 4k; figure 5a et 5b) avec des rapports moyens Zr/TiO_2 de 477,15 et Zr/Y de 6,00 (tableau de l'annexe 1) indiquant une affinité transitionnelle. La mobilité de la silice dans certains échantillons est démontrée par la dispersion des analyses parallèlement à l'axe des ordonnées (SiO_2) dans le diagramme de Winchester et Floyd (1977) (figure 4j).

Tufs et niveaux exhalatifs

Deux minces niveaux de tufs felsiques minéralisés ont été reconnus dans le secteur à l'étude. Le premier correspond à l'indice FR-01-104 mis au jour en 2001 par Exploration Azimut dans la partie sud de la propriété Flavrian (Roy, 2002). Il s'agit d'un niveau de tuf lité de moins de 3,5 m d'épaisseur, latéralement discontinu, localisé au contact entre l'unité de rhyolite A et la rhyodacite (photo 6, annexe 2). La rhyolite est bréchifiée et chloritisée sur une dizaine de mètres d'épaisseur et constitue la base de la séquence. Le contact entre cette unité et les tufs sus-jacents est marqué par un lit d'une quinzaine de centimètres de sulfures massifs composés de chalcopyrite, de pyrite et de magnétite. Les tufs lités sont chloritisés et séricitisés et contiennent jusqu'à 10 % de pyrite et de magnétite disséminées et en lamines. Ils montrent des figures de déformation synsédimentaires et sont tronqués par des dykes d'aplite hématisée (probablement relié à la mise en place du Pluton de Flavrian) et de porphyre à phénocristaux de quartz. Le contact supérieur avec la rhyodacite est irrégulier et suggère que ces volcanites se sont mises en place de manière effusive alors que les tufs n'étaient pas encore consolidés.

La « tuffite sud » a été identifiée pour la première fois par SOQUEM en 1979 (Beullac, 1980) et décrite plus en détail par Roy (2002). Il s'agit d'un niveau d'environ 15 cm de tuf silicifié faiblement minéralisé en cuivre et en zinc localisé au contact supérieur de l'unité de rhyodacite avec les andésites transitionnelles (andésite III). Le secteur est caractérisé par une forte densité de dykes porphyriques à microstructure sphérolitique, ainsi que par une importante altération en chlorite et en séricite. Le tuf est coupé et déplacé par de nombreuses failles synvolcaniques injectées par les dykes sphérolitiques.

Intrusions

Intrusions de rhyolite sphérolitique

En plus des différents types de roches volcaniques énumérés précédemment, le CVFO comprend plusieurs unités de rhyolite sphérolitique porphyrique à phénocristaux de quartz ou de quartz et feldspath. La majorité de ces unités se présentent sous la forme de dykes ou de filons-couches métriques à décimétriques regroupés en essaims orientés N-S à ENE. Plusieurs de ces dykes semblent être associés à des failles synvolcaniques et à des zones d'altération hydrothermale. Les dykes eux-mêmes sont altérés de manière très variable, ce qui suggère plusieurs épisodes de mise en place. Les relations de recoupement mutuel avec les dykes de gabbro-diorite confirment cette hypothèse (Roy, 2002). La partie nord du secteur cartographié, au SW de la Brèche de Saint-Jude, contient cependant une série de coulées lobées et bréchiques de rhyolite sphérolitique à écoulement laminaire (figures 6d et 6e) interstratifiées avec des coulées d'andésite IIa, ce qui semble suggérer une origine extrusive ou la présence de dômes endogènes. Ces coulées sont de composition identique à celle des dykes et filons-couches et constituent probablement l'équivalent extrusif de ces intrusions. Si cette hypothèse est exacte, on peut supposer que les andésites IIa et les coulées de rhyolite sphérolitique de la partie NW de la carte se retrouvent à un niveau structural plus superficiel que les unités volcaniques du CVFO. Ceci suggère que la série de failles N-S et E-W qui séparent ces deux unités représente peut-être des structures synvolcaniques associées à une caldeira ou un graben (voir plus bas le paragraphe sur les datations).

Les rhyolites intrusives et extrusives contiennent des phénocristaux de quartz (5 à 10 %; <2 mm) idiomorphes, à section carrée, qui servent souvent de sites de nucléation pour les sphérolites. Ceux-ci peuvent atteindre jusqu'à 1 cm de diamètre (photo 5, annexe 2). Les structures d'écoulement laminaire sont en général bien développées (photo 4, annexe 2). Ces roches ont une composition chimique identique aux rhyolites A (figures 5 et 6), mais distinctes des dacites et rhyolites sphérolitiques de type Fish-roe décrites par Péloquin *et al.* (1996) qui présentent typiquement des teneurs plus élevées en Ti, Yb, Y et Zr.

Une datation effectuée dans le cadre de cette étude à partir d'un échantillon de rhyolite sphérolitique provenant d'une des coulées à lobes et brèches mentionnées plus haut indique un âge de 2696,9 ± 3,4 Ma (David *et al.*, 2006). Cet âge est comparable à ceux obtenus jusqu'à maintenant pour les volcanites du Groupe de Blake River (2696 à 2701 Ma; Lafrance *et al.*, 2005). Cet âge est légèrement plus jeune, mais très proche compte tenu des marges d'erreurs, de celui de la dacite porphyrique du lac Turcotte de la Formation de Noranda (2698,5 ± 2,0 Ma; David *et al.*, 2006), plus à l'est. Ceci semble confirmer l'hypothèse que les diverses unités du Blake River sont formées d'une juxtaposition de centres volcaniques plus ou moins contemporains (Péloquin *et al.*,

1996; Lafrance *et al.*, 2005) plutôt que d'un empilement stratigraphique unique rajeunissant vers l'est. Une rhyolite provenant du secteur du gîte Four Corners, localisé à un peu plus de 5 km au SW, a été datée par Mortensen (1993) et présente un âge de 2700,9 +1,4/-1,1 Ma, très semblable à celui de la trondhjémite précoce du Pluton de Flavrian (2700,8 +2,6/-1,0 Ma; Mortensen, 1993) et légèrement plus ancien, mais dans la marge d'erreur, que la phase tardive du même pluton (2700 +3/-2 Ma; Galley et Van Breemen, 2002). On constate également la similitude entre les âges de la rhyolite sphérolitique et d'un dyke d'aplite coupant la Brèche de Saint-Jude à l'indice Sylvie (2697,0 ± 2,0 Ma; Galley et Van Breemen, 2002).

Ces résultats impliquent la juxtaposition de volcanites plus ou moins contemporaines au Pluton de Flavrian (rhyolite de Four Corners, 2701 Ma) à des volcaniques plus jeunes que celui-ci (2697 Ma; rhyolite sphérolitique décrite ici). En excluant la possibilité d'éventuelles erreurs d'interprétation géologique ou de problèmes analytiques, ces données géochronologiques nous conduisent à présumer l'existence de complications stratigraphiques ou structurales (graben, caldeira) dans le secteur localisé immédiatement à l'ouest du Pluton de Flavrian.

Dykes et filons-couches de gabbro-diorite

La région est également traversée de nombreux filons-couches et dykes de gabbro et de diorite, particulièrement dans les portions nord et sud du complexe. La granulométrie de ces intrusions varie de finement à moyennement grenue; les faciès à grains plus fins sont souvent difficiles à distinguer des coulées d'andésite massive. Nous n'avons pas, à ce stade, différencié les différents types de gabbro et de diorite. Un examen rapide des diagrammes de la figure 6 (figures 6f, 6g et 6h) nous suggère toutefois l'existence de plusieurs variétés d'intrusions mafiques à intermédiaires. Une variété de composition plus gabbroïque se retrouve principalement dans la portion méridionale de la carte. Des échantillons de diorite présentent des compositions chimiques analogues aux différents types d'andésites observés dans le secteur, ce qui suggère qu'il s'agit d'équivalents intrusifs.

Pluton de Flavrian

Le Pluton de Flavrian représente l'un des éléments prédominants du secteur à l'étude. Il n'a cependant pas été l'objet d'un levé systématique dans le cadre de cette étude, notre travail portant essentiellement sur la séquence volcanique encaissante. Le lecteur intéressé peut consulter les nombreux travaux universitaires sur le sujet (Goldie, 1976; Paradis, 1984; Kennedy, 1985; Richard, 1998) ou les articles récents de Galley (2003) et Galley et Van Breemen (2002). Le Pluton de Flavrian est décrit comme une masse intrusive polyphasée subconcordante constituée d'une série de filons-couches de tonalite + trondhjémite + roches hybrides faiblement à modérément pentés (20° à 45°) vers l'est. La mise en

place de la phase de diorite quartzifère (phase Méritens) a été suivie par l'injection de tonalite, de la trondhémite précoce (2700,8 ± 2,6/-1 Ma; Mortensen, 1993), de la diorite d'Eldrich et, finalement, par la trondhémite tardive (2700 ± 3/-2 Ma; Galley et Van Breemen, 2002). Les phases du pluton que l'on retrouve dans le secteur à l'étude sont la diorite quartzifère (phase Méritens), la trondhémite précoce et la trondhémite tardive. La Brèche intrusive et hydrothermale de Saint-Jude (Kennedy, 1985; Carrier, 1992; Galley et Van Breemen, 2002) occupe la partie occidentale du Pluton de Flavrian et est elle-même injectée par une petite masse de trondhémite (Trondhémite de Saint-Jude) d'environ 250 m de diamètre. La zone de brèche d'environ 600 m de diamètre présente un cœur minéralisé en Mo-Cu-Au et est associée en périphérie à des veines minéralisées en Zn-Pb-Ag-Au. Kennedy (1985) a suggéré que la mise en place de la brèche est associée à une zone d'intersection de failles synvolcaniques E-W et N-S.

Un dyke d'aplite recoupant la brèche minéralisée à l'indice Sylvie a été daté à 2697 ± 2 Ma par Galley et Van Breemen (2002).

Dykes de lamprophyre

Plusieurs dykes de lamprophyre mafique à grains fins d'épaisseur décimétrique (moins de 30 cm) ont été observés lors de nos travaux. Ces dykes sont composés principalement de biotite et d'amphibole (hornblende partiellement altérée en trémolite), présentes parfois sous la forme de phénocristaux idiomorphes, dans une matrice de feldspath et de carbonate. L'altération et la déformation varient de faibles à nulles. Les dykes de lamprophyre contiennent typiquement des xénolites arrondis des différents types de roches présents dans le secteur. Les lamprophyres sont souvent associés spatialement aux minéralisations aurifères. À l'indice FL-00-04 (photo 8, annexe 2), deux dykes montrent des relations de recoupement mutuel avec une veine de quartz minéralisée, ce qui indique que l'épisode de minéralisation aurifère est contemporain à l'épisode de magmatisme alcalin.

Pluton d'Aldermac

Quelques affleurements du Pluton d'Aldermac ont été reconnus dans la portion sud-ouest du secteur cartographié. Plusieurs dykes de même composition, d'épaisseur décimétrique, ont aussi envahi la séquence volcanique encaissante. Le Pluton d'Aldermac est une intrusion posttectonique multiphasée de composition syénitique. Il se caractérise par la présence de mégacristaux idiomorphes de feldspath potassique de forme tabulaire montrant une forte orientation préférentielle qui définit une foliation magmatique spectaculaire (Gunning, 1927; MacDonald, 1938; Fratton, 1998). L'intrusion est associée à une auréole de métamorphisme de contact qui affecte notamment une zone d'altération volcanogène au sud du secteur cartographié (Pearson, 1986).

Dyke de diabase-gabbro protérozoïque

Un dyke de gabbro-diabase protérozoïque non affleurant est présent dans la portion NE de la carte, sous les eaux du lac Flavrian. Ce dyke coïncide avec un linéament magnétique et topographique NW-SE, la Faille de Mouilleuse. Il a été assigné à l'Essaim de Sudbury (Fahrig *et al.*, 1965) daté à 1238 ± 4 Ma (Dudás *et al.*, 1994).

Structure

Dans la région à l'étude, l'empilement volcanique forme une séquence homoclinale avec une polarité stratigraphique vers l'est et le SE. Cependant, à grande échelle, l'orientation des strates peut être très variable en raison de la présence de nombreuses failles synvolcaniques. Celles-ci se signalent souvent par la présence de zones d'altération ou de dykes felsiques ou mafiques.

La foliation pénétrante est pratiquement absente, sauf en bordure des zones de faille. Plusieurs de ces structures représentent probablement des failles synvolcaniques réactivées lors de l'épisode de déformation régionale. En l'absence d'unité repère, il est souvent difficile d'estimer le mouvement le long de ces failles fragiles à fragiles-ductiles dont l'épaisseur est généralement faible.

Les principales failles ont une direction NW-SE (Faille de Mouilleuse), ENE-WSW (Faille de Quesabe) et N-S. Quelques failles E-W et N-S de faible extension semblent délimiter la CVFO dans sa partie nord et pourraient constituer une structure synvolcanique majeure. La Faille de Mouilleuse, localisée dans la portion NE du secteur, est décrite comme une zone de cisaillement d'une centaine de mètres d'épaisseur sans mouvement apparent. Elle se manifeste par la présence d'un linéament topographique et une anomalie magnétique positive correspondant à un dyke de gabbro-diabase protérozoïque. La Faille de Quesabe est associée au gîte aurifère de la mine Quesabe et à la « Giant Quartz Vein », une zone d'injection de veines de quartz atteignant 30 m d'épaisseur sur plus de 3,5 km de longueur. Cette faille ENE-WSW représente une zone de déformation fragile-ductile anastomosée de 50 à 100 m d'épaisseur fortement pentée vers le NW. Hubert *et al.* (1984) interprètent cette structure comme une faille normale. Une faille N-S associée à un fort linéament topographique traverse la portion ouest de la carte et affecte significativement la distribution des différentes unités volcaniques. Cette dernière faille est très visible sur les cartes d'anomalies gravimétriques résiduelles (Deschamps *et al.*, 1996). De plus, elle semble représenter la limite occidentale d'un domaine généralement plus altéré (voir la carte de l'indice IFRAIS à la figure 7a) que les unités volcaniques situées plus à l'ouest.

Minéralisations

Il est possible de subdiviser les différentes minéralisations du secteur en au moins 3 types : les minéralisations de type

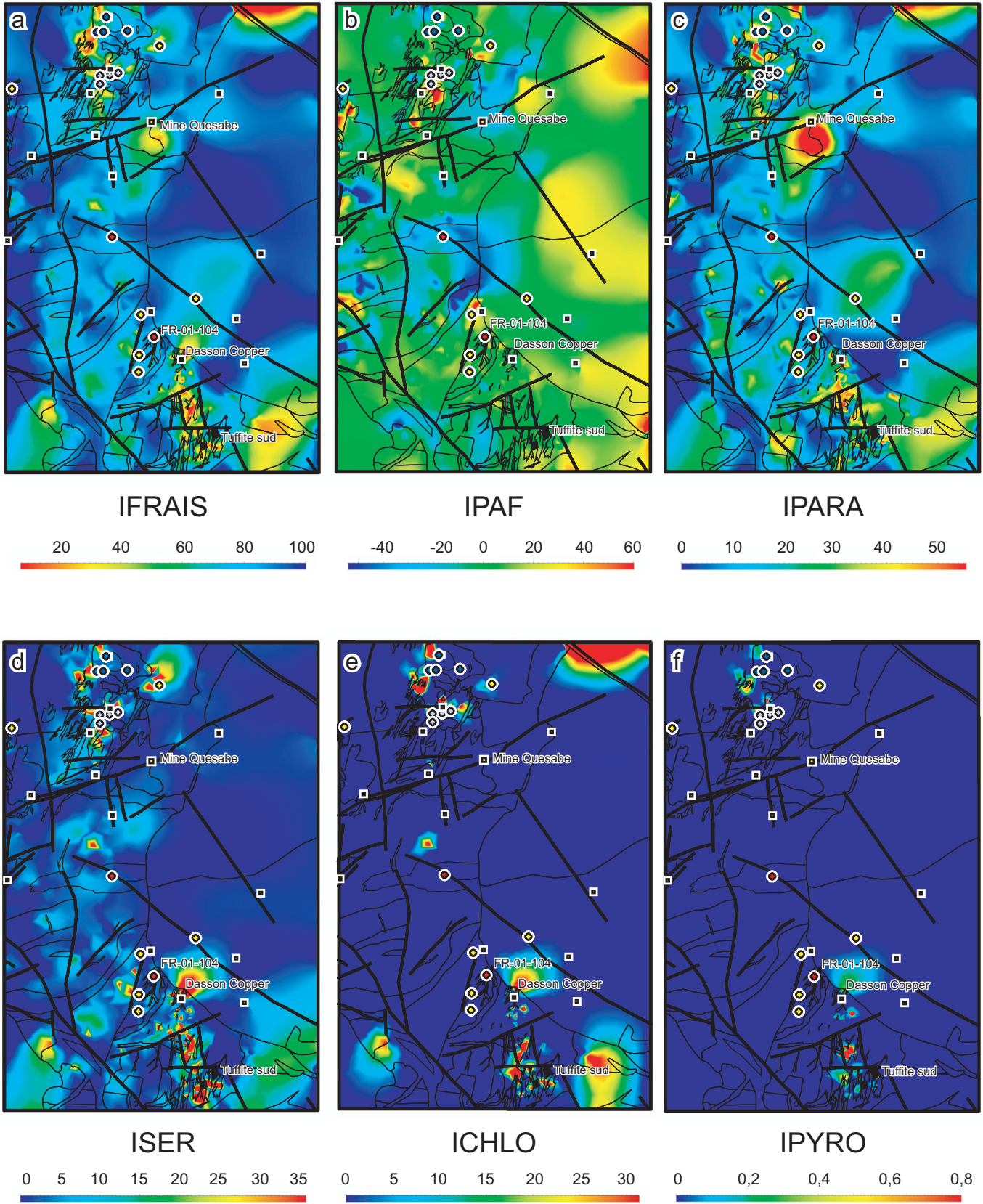


FIGURE 7 - Cartes de contours des indices d'altération des minéraux normatifs (Piché et Jébrak, 2004) du secteur étudié : **a**) IFRAIS (indice des minéraux frais); **b**) IPAF (indice de la perte au feu); **c**) IPARA (indice de la paragonite hydrothermale); **d**) ISER (indice de la séricite hydrothermale); **e**) ICHLO (indice de la chlorite hydrothermale); et **f**) IPYRO (indice de la pyrophyllite).

sulfures massifs volcanogènes (SMV), les minéralisations magmatiques-hydrothermales et les minéralisations d'or orogénique.

Type sulfures massifs volcanogènes (SMV)

Les minéralisations de type SMV comprennent plusieurs indices et venues minéralisés en $\text{Cu}\pm\text{Zn}\pm\text{Au}\pm\text{Ag}$ se présentant sous la forme de disséminations, de filonnets (indice Dasso Copper; photo 7 de l'annexe 2) ou de niveaux exhalatifs (indice FR-01-104; photo 6 de l'annexe 2). Les minéralisations les plus importantes sont liées à des conduits synvolcaniques ou à des contacts stratigraphiques correspondant à des épisodes de pause durant le volcanisme. Ces zones présentent les altérations proximales typiques des gîtes de SMV, notamment le lessivage du sodium associé à la destruction du feldspath et l'altération magnésienne provenant de la formation de la chlorite hydrothermale (Franklin, 1996 et 1997). Ces phénomènes peuvent être mis en évidence en utilisant divers indices d'altération lithochimiques (Franklin, 1997). Les cartes de la figure 7 illustrent la position des zones altérées indiquée par la distribution des indices d'altération des minéraux normatifs NORMAT (Piché et Jébrak, 2004). La disposition des échantillons altérés démontre clairement l'existence d'un couloir d'altération volcanogène WNW-ESE (couloir de Dasso Copper) s'étendant de l'indice Dasso Copper jusqu'à la limite méridionale du secteur à l'étude et recoupant au passage le niveau exhalatif de la Tuffite Sud (Roy, 2001 et 2002). Cette zone est également soulignée sur le terrain par la présence de nombreuses anomalies en cuivre et la présence de volcanites felsiques altérées en chlorite qui témoignent de la circulation d'un important volume de fluides hydrothermaux. La zone d'altération présente également de nombreuses injections de dykes de rhyolite sphérolitique, ce qui suggère l'existence d'une zone de faille synvolcanique et d'un flux de chaleur élevé. Les intersections entre ce couloir d'altération et les niveaux exhalatifs, tels la Tuffite Sud ou l'indice FR-01-104, représentent des cibles de choix pour la découverte de minéralisations de type SMV. Ces cibles d'exploration ont été testées sans trop de succès par Ressources Azimut (Roy, 2002), mais le potentiel de découverte dans le secteur reste encore intéressant.

La mine Halliwell, localisée immédiatement à l'est du secteur d'intérêt et au sud du Pluton de Flavrian, est une minéralisation d'or-cuivre avec des ressources de 35 484 t à une teneur de 11,12 g/t Au et 1,73 % Cu (Boudreault, 1981). La minéralisation contiendrait également des quantités substantielles d'argent et de bismuth (50,06 g/t Au, 34,97 g/t Ag, 0,11 % Cu et 1,09 % Bi pour un échantillon choisi; mine Halliwell dans SIGEOM à la carte). La mine a été exploitée durant une brève période en 1938 où elle a produit environ 2500 t de minerai à une teneur de 14,68 g/t Au (36 kg d'or). Le cuivre n'a pas été récupéré à cette époque en raison des teneurs trop élevées en bismuth. La nature de cette

minéralisation peu connue est quelque peu énigmatique. Le corps minéralisé est décrit comme une masse de forme à peu près conique d'environ 20 m de haut par 20 m de diamètre constituée d'andésite chloritisée, plus ou moins carbonatée et silicifiée, minéralisée en chalcopryrite et en pyrite disséminées (MacKenzie, 1941). On rapporte également la présence de filonnets et de lentilles décimétriques à métriques de chalcopryrite massive. La minéralisation comprend aussi de la pyrrhotine, de la sphalérite et de la molybdénite. Les veines de quartz-calcite minéralisées en chalcopryrite sont présentes, mais en quantité mineure. Un stock d'aplite coupe et tronque le corps minéralisé à une profondeur de 150 m. Plusieurs caractéristiques de la minéralisation semblent suggérer une origine volcanogène. Toutefois, l'association avec une intrusion felsique et la présence de bismuth et de molybdène en quantité appréciable pourraient indiquer l'implication de fluides magmatiques. La zone d'altération indiquée par les anomalies des indices ISER et ICHLO dans la partie SE de la carte (figure 7d et 7e) est probablement reliée à cette minéralisation.

Type magmatique-hydrothermal

La séquence volcanique qui borde le Pluton de Flavrian dans le secteur à l'étude se caractérise par une forte susceptibilité magnétique qui se manifeste sur le terrain par une hématitisation plus ou moins répandue et la présence de magnétite disséminée et d'hématite spéculaire en placage et en remplissage de fractures. L'anomalie magnétique s'étend vers l'ouest sur plus de 17 km jusqu'à la rive nord du lac Dasserat, au SE de la Faille de Hunter Creek. Elle englobe l'aurole magnétique associée aux plutons posttectonique d'Aldermac (syénite) et du Lac Twin (granite alcalin), lesquels se manifestent toutefois par des anomalies magnétiques négatives (Deschamps *et al.*, 1996). Dans les roches volcaniques felsiques, ce phénomène est parfois associé à une altération en albite ou en feldspath potassique plus ou moins prononcée (photo 3, annexe 2). Il témoigne du passage de fluides oxydants, provenant de l'empilement volcanique (eaux interstitielles), mis en circulation lors de la mise en place du Pluton de Flavrian ou issus directement de cette intrusion (fluides magmatiques). Il est également possible que l'altération alcaline et l'oxydation associée soient liées à la mise en place des intrusions alcalines posttectoniques tels les plutons d'Aldermac et du lac Twin (Comba *et al.*, 1981).

Des minéralisations magmatiques-hydrothermales sont aussi reliées à la Brèche de Saint-Jude (Kennedy, 1985; Carrier, 1992; Pelletier et Couture, 1996; Galley et Van Breemen, 2002). Cette zone de brèches intrusives et hydrothermales possède un cœur enrichi en pyrite + chalcopryrite + bornite + molybdénite disséminées entouré d'une zone de bordure minéralisée en pyrite + sphalérite + galène. La partie centrale de la cheminée bréchique, occupée par la Trondhjémite de Saint-Jude, est également caractérisée par une altération potassique marquée par la présence de biotite, alors que la

partie périphérique est enrichie en séricite que l'on associe à une altération phyllique. Les sulfures sont disséminés ou associés à des veinules ou des veines de quartz discontinues comme à l'indice Sylvie. Cet indice consiste en une veine de quartz E-W encaissée dans une brèche hydrothermale à matrice de quartz localisée au contact NW de la Trondhjémite de Saint-Jude. Cette veine présente des valeurs parfois importantes en or et en argent (jusqu'à 146 g/t Au et 64 g/t Ag; Carrier, 1992) et plus faibles en cuivre, en zinc, en plomb et en molybdène. La veine coupe un dyke d'aplite daté à 2697 ± 2 Ma par Galley et Van Breemen (2002). Les volcanites bordant la partie occidentale de la Brèche de Saint-Jude sont injectées d'un essaim de dykes de rhyolite sphérolitique ainsi que par des veines de quartz N-S à NNE-SSW minéralisées en Zn-Pb-Cu-Ag-Au. Ce secteur se caractérise également par une altération en séricite bien visible sur la carte de l'indice d'altération ISER de la figure 7d.

L'indice Buffam, accolé au Pluton de Flavrian dans la partie centrale du secteur à l'étude, pourrait constituer un autre exemple de minéralisation de type magmatique-hydrothermal. Cet indice de Au-Ag-Mo forme une zone tabulaire subhorizontale de 1 à 2 m d'épaisseur encaissée dans une rhyolite bréchique présentant des structures d'écoulement laminaire bien développées et fortement contorsionnées (rhyolite A). À proximité de la zone minéralisée, la rhyolite est fortement albitisée et hématisée et contient de l'hématite spéculaire et de la magnétite disséminées (photo 3, annexe 2). La magnétite est remplacée par la pyrite dans la zone minéralisée. L'or est associé à la pyrite grossière sous la forme de disséminations, de veinules ou d'amas. La zone minéralisée est bordée le long de son éponte inférieure par un dyke de lamprophyre subhorizontal. Cambior a obtenu des valeurs 17,86 g/t Au et 18,1 g/t Ag pour un échantillon choisi (Carrier, 1995) et 7,2 g/t Au sur 8,47 m dans le forage FV-98-237 (Pelchat, 1998). La molybdénite est associée à des veinules de quartz grisâtre + pyrite + hématite + magnétite et à des zones de faille NNE chloriteuses. À l'indice Buffam Ouest, localisé à 200 m à l'ouest, Noranda a obtenu une valeur de 1,37 g/t Au et 0,72 % MoS₂ (4495 ppm Mo) sur 0,76 m dans une telle zone de faille chloriteuse (forage 8; Bell, 1942)

Une portion de la « Giant Quartz Vein » affleure le long de la bordure ouest de la carte. Cette structure fragile représente l'extension SW de la Faille de Quesabe (voir plus loin). Les veines de quartz sont faiblement minéralisées en pyrite et en molybdénite et montrent par endroits de faibles valeurs en or (Gauthier, 1995). La roche encaissante est épidotisée, hématitisée, albitisée, carbonatée et parfois fortement magnétique (magnétite). Ces altérations confèrent à la roche une teinte rosée (particulièrement aux rhyolites). Les éléments en traces, particulièrement le zirconium, sont parfois mobilisés comme le démontre la dispersion des échantillons de rhyolite altérée dans les diagrammes des figures 6a et 6b. L'altération prononcée ainsi que la présence de molybdénite suggèrent également une origine magmatique-hydrothermale. Il est

encore difficile à ce stade d'associer ces minéralisations aux intrusions alcalines posttectoniques (plutons d'Aldermac et du lac Twin), plus proches, ou au Pluton synvolcanique de Flavrian.

Type or orogénique

Les minéralisations d'or orogénique (Groves *et al.*, 1998) sont relativement abondantes dans le secteur à l'étude. La mieux connue, la mine Pierre-Beauchemin, est localisée immédiatement au NE du secteur couvert. Cette mine a été en production de 1955 à 1962 (651 045 t à 4,78 g/t Au, soit 3,1 t d'or) et de 1988 à 1993 (940 617 t à 5,4 g/t Au, soit 4,97 t d'or et 951 kg d'argent). Le gisement a été décrit par Richard (1998), Richard *et al.* (1990 et 1991) et Méthot (1987). Il est associé à la zone de cisaillement d'Eldrich qui coupe le Pluton de Flavrian. Cette structure anastomosée ductile-fragile à mouvement inverse-senestre fait environ 75 m d'épaisseur et 3 km de longueur et est orientée N030°/40°. La minéralisation est encaissée dans une série de filons-couches à faible pendage de trondhjémite, de tonalite, de faciès hybride, ainsi que par des lentilles subhorizontales de diorite tardive appartenant au Flavrian. Ces lentilles présentent une compétence moindre que l'encaissant de composition granitoïde et constituent donc des zones d'anisotropie qui ont influencé le développement de la zone de cisaillement anastomosée et la mise en place de la minéralisation. Les lentilles minéralisées de forme rhomboédrique sont disposées en échelon. Elles se divisent en deux types, les lentilles associées aux intrusions de diorite et les lentilles reliées aux plans de cisaillement dans les unités de granitoïde. Le minerai montre une altération en carbonate, en albite et en hématite et contient jusqu'à 5 % de pyrite disséminée.

Dans le secteur à l'étude, la principale minéralisation de type or orogénique est la mine Quesabe qui a produit de 1949 à 1952 un total de 89 000 t de minerai à une teneur de 10,72 g/t Au et 4,42 g/t Ag (910 kg d'or et 330 kg d'argent; mine Quesabe dans SIGEOM à la carte). Elle a fait l'objet d'une brève description dans Robinson (1943) et Halet (1957). Deux puits donnaient accès au gisement, le puits n° 1 (nommé parfois mine Flavrian), d'une profondeur de 194 m, et le puits n° 2 (mine Quesabe) qui atteint 320 m de profondeur. La majeure partie de la production provient du puits n° 2. Le gisement est associé à la Faille de Quesabe orientée ENE-WSW. La roche encaissante est constituée par une séquence d'andésite coupée de dykes rhyolitiques et de quelques filons-couches de gabbro-diorite. La portion du gisement exposé en surface montrait des zones silicifiées, minéralisées et injectées de veines de quartz disposées de part et d'autre d'une zone de fracture marquée par de la boue de faille. L'andésite domine au nord de cette structure, alors que les dykes rhyolitiques sont plus abondants au sud de celle-ci et constituent la lithologie dominante dans l'environnement de la mine. La minéralisation de pyrite à grains fins accompagnée d'un peu de chalcopyrite

et de galène est associée à des veines de quartz et des zones silicifiées adjacentes aux zones de fracture. La lentille minéralisée principale faisait environ 1,2 m d'épaisseur moyenne sur 244 m de longueur du niveau 91 m jusqu'à une profondeur d'au moins 305 m. Cette lentille aurait une plongée d'environ 70° vers l'ouest (Robinson, 1943).

De nombreux indices aurifères du même type ont été mis au jour dans le secteur (Roy, 2001 et 2002). Il s'agit en général de veines et de veinules de quartz + carbonates faiblement minéralisées en pyrite ou de zones de pyrite disséminée encaissées dans les diverses unités présentes. Les épontes des veines montrent les altérations classiques en carbonates, en séricite et en chlorite associées aux minéralisations orogéniques. De plus, l'altération en hématite est fréquemment observée associée aux minéralisations aurifères encaissées dans le Pluton de Flavrian. Les hétérogénéités lithologiques sont un métallotecte important pour ce type de minéralisation, particulièrement dans le Pluton de Flavrian où les indices aurifères sont souvent localisés le long de contacts ou dans des dykes mafiques coupant les unités de granitoïdes. Les dykes de lamprophyre sont communs dans cet environnement et des relations de recoupement mutuel entre ces dykes et les veines de quartz (indice FL-00-04; photo 8, annexe 2) pourraient indiquer une mise en place contemporaine. L'orientation des structures minéralisées est très variable, avec une dominance des structures N-S, NE-SW et ENE-WSW.

CONCLUSION

Ce rapport présente les résultats de la première phase d'une étude qui vise principalement à réviser la géologie de la portion occidentale du Groupe de Blake River jusqu'à la frontière ontarienne, à raffiner la stratigraphie du secteur et à la rattacher aux unités reconnues plus à l'est dans le camp central de Noranda. Le secteur visité est localisé immédiatement à l'ouest du Pluton de Flavrian, dans les cantons Duprat et Beauchastel.

Le secteur cartographié est constitué principalement de roches intrusives felsiques à intermédiaires du Pluton de Flavrian, accompagnées de volcanites felsiques d'affinité principalement transitionnelle (rhyolites, rhyodacites et dacites) et de volcanites intermédiaires tholéiitiques et transitionnelles de la formation de Duprat-Montbray. L'empilement stratigraphique forme une séquence homoclinale orientée N-S à NE-SW avec un pendage modéré (40 à 70°) et des sommets stratigraphiques vers l'est. La foliation pénétrante est pratiquement absente sauf en bordure des zones de faille. Les principales failles ont une direction NW-SE (Faille de Mouilleuse), ENE-WSW (Faille de Quesabe) et N-S.

Le secteur se caractérise également par la présence d'un important centre volcanique felsique désigné comme le « Complexe volcanique de Flavrian-Ouest » (CVFO). Cet édifice volcanique repose sur et est surmonté par des

unités andésitiques. Une série de failles N-S et E-W de faible extension semble délimiter le CVFO dans sa partie nord. Il est coupé à l'est par le Pluton de Flavrian et la Brèche de Saint-Jude et au sud-ouest par le Pluton posttectonique d'Aldermac. La séquence est également coupée par divers dykes et filons-couches de gabbro-diorite et de rhyolite sphérolitique, qui sont probablement comagmatiques avec les roches volcaniques intermédiaires et felsiques respectivement, par des dykes de lamprophyre tarditectoniques et des dykes de diabase-gabbro protérozoïques.

La région présente au moins trois types de minéralisations : 1) Les minéralisations en $\text{Cu}\pm\text{Zn}\pm\text{Au}\pm\text{Ag}$ de type sulfures massifs volcanogènes (SMV) qui se présentent sous la forme de disséminations, de filonnets ou de niveaux exhalatifs. Un couloir d'altération volcanogène, s'étendant de l'indice Dason Copper jusqu'à la limite méridionale du secteur est bien visible sur les cartes de distribution des indices d'altération des minéraux normatifs. La mine Halliwell, au sud du Pluton de Flavrian et l'est du secteur étudié, est également classée parmi ce type de minéralisations; 2) Les minéralisations magmatiques-hydrothermales qui sont principalement reliées à la Brèche de Saint-Jude, une zone de brèches intrusives et hydrothermales associée à la Trondhjémite de Saint-Jude. On observe un système hydrothermal zoné centré sur l'intrusion avec un cœur caractérisé par une altération potassique et une minéralisation en Cu-Mo bordé d'une zone périphérique montrant une altération phyllique et une minéralisation en Zn-Pb, le tout entouré d'un essaim de veines de quartz minéralisées en Zn-Pb-Cu-Ag-Au et de dykes de rhyolite sphérolitique. Les minéralisations de l'indice Buffam et de la « Giant Quartz Vein » peuvent aussi être rattachées à cette catégorie; et 3) Les minéralisations aurifères orogéniques qui se présentent sous la forme de veines et de veinules de quartz + carbonates faiblement minéralisées en pyrite (mine Quesabe) ou encore de zones de pyrite disséminée (mine Pierre-Beauchemin au NE du secteur étudié). La minéralisation est logée dans des zones de déformation fragile-ductile N-S, NE-SW ou ENE-WSW associée à des hétérogénéités lithologiques (contacts lithologiques, dykes mafiques) ou structurales (déviation de la zone cisailée par rapport à son attitude générale).

Le secteur à l'étude est reconnu pour son potentiel en minéralisations de métaux usuels et précieux. Les cartes des indices d'altération normatifs démontrent bien que la région en bordure ouest du Pluton de Flavrian présente un degré d'altération nettement anomal. Les intersections entre le couloir d'altération de Dason Copper et les niveaux exhalatifs représentent des cibles à privilégier pour la découverte de minéralisations de type SMV. La région localisée au sud de la Brèche de Saint-Jude représente également un secteur fortement anomal favorable à la présence de minéralisations volcanogènes ou magmatiques-hydrothermales (veines de quartz polymétalliques). L'association entre l'altération sodique et un enrichissement en magnétite pourrait permettre d'identifier les minéralisations aurifères magmatiques-hydrothermales semblables à l'indice Buffam. Le potentiel

pour les minéralisations en or orogénique est évidemment important comme en témoigne la présence d'anciens producteurs (mines Quesabe et Pierre-Beauchemin). Les critères d'exploration classiques pour ce type de minéralisations s'appliquent encore ici, notamment l'association avec des zones de déformation fragile-ductile liée à des hétérogénéités lithologiques ou structurales.

REMERCIEMENTS

Nous aimerions remercier les assistants Isabelle Daoust et Nicolas Grenier pour leur excellent travail lors de la campagne de terrain 2004. M. Jean Descarreaux, avec l'accord de Cambior (maintenant Iamgold), de Noranda (maintenant Xstrata Copper) et de SOQUEM, a mis à notre disposition la partie de sa banque de données lithochimiques touchant la région à l'étude. Nous tenons aussi à souligner la collaboration des compagnies Cambior et SOQUEM qui ont gracieusement mis à notre disposition l'information concernant leurs propriétés.

RÉFÉRENCES

- BARRETT, T.J. – MACLEAN, W.H., 1994 – Mass changes in hydrothermal alteration zones associated with VMS deposits of the Noranda area. *Exploration and Mining Geology*; volume 3, pages 131-160.
- BARRETT, T.J. – MACLEAN, W.H., 1999 – Volcanic sequences, Lithochemistry, and Hydrothermal Alteration in Some Bimodal Volcanic-Associated Massive Sulfide Systems. *In: Volcanic-Associated Massive Sulphide Deposits: Processes and Examples in Modern and Ancient Settings* (Barrie, C.T. and Hannington, M.D., editors). *Reviews in Economic Geology*; volume 8, pages 101-131.
- BELL, A.M., 1942 – Report on the property. Noranda Mines. Rapport statutaire déposé au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; GM 06119-B, 2 pages et 2 plans.
- BEULLAC, R., 1980 – Rapport géologique, Projet Flavrian 10-498. SOQUEM. Rapport statutaire déposé au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; GM 35957, 167 pages et 11 plans.
- BOUDREAULT, A.P., 1981 – Projet Halliwell 10-907, Rapport de la campagne d'exploration 1980. SOQUEM. Rapport statutaire déposé au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; GM 36876, 164 pages et 24 plans.
- CARRIER, A., 1992 – Le porphyre à Au-Mo de St-Jude. Université du Québec à Montréal; projet de fin d'études non publié, 60 pages.
- CARRIER, A., 1995 – Rapport géologique sur l'indice Buffam du projet Flavrian (9011). Cambior. Rapport statutaire déposé au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; GM 53154, 19 pages.
- COMBA, C.D.A. – GIBSON, H.L. – LICHTBLAU, A., 1981 – Four Corners Fenite: Noranda, Quebec, Canada. *Economic Geology*; volume 76, pages 1202-1205.
- CORFU, F. – NOBLE, S.R., 1992 – Genesis of the southern Abitibi greenstone belt, Superior Province, Canada; Evidence from zircon Hf isotope analyses using a single filament technique. *Geochimica et Cosmochimica Acta*; volume 56, pages 2081-2097.
- DAVID, J. – DION, C. – GOUTIER, J. – ROY, P. – BANDYAYERA, D. – LEGAULT, M. – 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 et de la Faune, Québec; RP 2006-04, 22 pages.
- DESCHAMPS, F. – CHOUTEAU, M. – DION, D.-J., 1996 – Interprétation géologique des données aéromagnétiques et gravimétriques de la région située à l'ouest de la ville de Rouyn-Noranda. *Dans : Études géophysiques récentes de certains secteurs de la ceinture volcanosédimentaire de l'Abitibi* (Dion, D.-J., éditeur). Ministère des Ressources naturelles, Québec; DV 93-10, pages 78-130.
- DIMROTH, E. – ROCHELEAU, M., 1979 – Volcanologie et sédimentologie dans la région de Rouyn-Noranda, Québec. Réunion annuelle de l'Association géologique du Canada-Association minéralogique du Canada, Québec. Excursion A-1, 206 pages.
- DUDÀS, F.Ö. – DAVIDSON, A. – BETHUNE, K.M., 1994 – Age of the Sudbury diabase dykes and their metamorphism in the Grenville Province, Ontario. *In: Radiogenic Age and Isotopic Studies, Report 8. Geological Survey of Canada; Current Research 1994-F*, pages 97-106.
- DUGAS, J. – HOGG, W.A., 1959 – Quart sud-ouest du canton de Duprat, comté de Rouyn-Noranda. Ministère des Richesses naturelles, Québec; Duprat SO, 1carte.
- DUGAS, J. – HOGG, W.A., 1960 – Quart nord-ouest du canton de Beauchastel, comté de Rouyn-Noranda. Ministère des Richesses naturelles, Québec; Beauchastel NO, 1carte.
- FAHRIG, W.F. – GAUCHER, E.H. – LAROCHELLE, A., 1965 – Paleomagnetism of Diabase Dykes of the Canadian Shield. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 2, pages 278-298.
- FRANKLIN, J.M., 1996 – Gîte de sulfures massifs à métaux communs associés à des roches volcaniques. *Dans : Géologie des types de gîtes minéraux du Canada* (Eckstrand, O.R., Sinclair, W.D. et Thorpe, R.I., éditeurs). Commission géologique du Canada, Ottawa; Géologie du Canada, numéro 8, pages 174-202.
- FRANKLIN, J.M., 1997 – Lithochemical and Mineralogical Methods for Base Metal and Gold Exploration. *In: Proceedings of Exploration 97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration* (Gubins, A.G., editor). GEO F/X, Toronto, pages 191-208.
- FRATTON, C., 1998 – Petrography and Structural Petrology of the Aldermac Syenite Igneous Complex and its Related Dykes. University of Toronto, Ontario; M. Sc. thesis, 218 pages.
- GALLEY, A.G. – VAN BREEMEN, O., 2002 – Timing of syn-volcanic magmatism in relation to base-metal mineralization, Rouyn-Noranda, Abitibi volcanic belt, Quebec. *In: Radiometric Age and Isotopic Studies: Report 15. Geological Survey of Canada; Current Research 2002-F8*.

- GALLEY, A.G., 2003 – Composite synvolcanic intrusions associated with Precambrian VMS-related hydrothermal systems. *Mineralium Deposita*; volume 38, pages 443-473.
- GAUTHIER, N., 1995 – Rapport des travaux de prospection, cartographie et échantillonnage, Projet lac Twin (# 4211-9), été 1994. SOQUEM. Rapport statutaire déposé au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; GM 53766, 211 pages et 9 cartes.
- GÉLINAS, L. – BROOKS, C. – PERREAULT, G. – CARIGNAN, J. – TRUDEL, P. – GRASSO, F., 1977 – Chemo-stratigraphic divisions within the Abitibi Volcanic Belt, Rouyn-Noranda District, Quebec. *In: Volcanic Regimes in Canada* (Baragar, W.R.A., Coleman, L.C., and Hall, J.M., editors). Geological Association of Canada; Special Paper 19, pages 265-295.
- GÉLINAS, L. – TRUDEL, P. – HUBERT, C., 1984 – Chemostratigraphic division of the Blake River Group, Rouyn-Noranda area, Abitibi, Québec. *Journal canadien des sciences de la terre*; volume 21, pages 220-231.
- GIBSON, H.L., 1989 – The Mine Sequence of the Central Noranda Volcanic Complex: Geology, Alteration, Massive Sulphide Deposits and Volcanological Reconstruction. Carleton University, Ottawa, Ontario; Ph. D. thesis, 715 pages.
- GIBSON, H.L. – WATKINSON, D.H., 1990 – Volcanogenic massive sulphide deposits of the Noranda Cauldron and shield volcano, Quebec. *Dans : La Ceinture polymétallique du Nord-Ouest québécois : Synthèse de 60 ans d'exploration minière* (Rive, M., Verpaelst, P., Gagnon, Y., Lulin, J.M., Riverin, G. et Simard, A., éditeurs). Institut canadien des Mines et de la Métallurgie; volume spécial 43, pages 119-132.
- GOLDIE, R.J., 1976 – The Flavrian and Powell plutons, Noranda area, Quebec; A geological investigation of the Flavrian and Powell plutons and their relationships to other rocks and structures of the Noranda area. Queen's University, Kingston, Ontario; Ph.D. thesis, 355 pages.
- GOODWIN, A.M., 1977 – Archean Volcanism in Superior Province, Canadian Shield. *In: Volcanic Regimes in Canada* (Baragar, W.R.A., Coleman, L.C., and Hall, J.M., editors). Geological Association of Canada; Special Paper 19, pages 205-241.
- GOUTIER, J. – AYER, J.A. – THURSTON, P.C., 2007 – Synthèse lithologique et stratigraphique de la Sous-province de l'Abitibi. *Dans : Québec Exploration 2006. Résumés des conférences et des photoprésentations*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; DV 2006-03, page 24.
- GROVES, D.I. – GOLDFARB, R.J. – GEBRE-MARIAM, M. – HAGEMAN, S.G. – ROBERT, F., 1998 – Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of the crustal distribution and relationship to other deposit types. *Ore Geology Reviews*; volume 13, pages 7-27.
- GUNNING, H.C., 1927 – Syenite Porphyry of Beauchastel Township, Quebec. Geological Survey of Canada; Contributions to Canadian Mineralogy and Petrography, Museum Bulletin 46, pages 31-41.
- HALET, R.A., 1957 – Quesabe Mine. *In: Structural Geology of Canadian Ore Deposits, Volume II*. Canadian Institute of Mine; Congress Volume, 6th Commonwealth Mining and Metallurgical Congress, pages 413-415.
- HUBERT, C. – TRUDEL, P. – GÉLINAS, L., 1984 – Archean wrench fault tectonics and structural evolution of the Blake River Group, Abitibi Belt, Quebec. *Journal canadien des sciences de la Terre*; volume 21, pages 1024-1032.
- KENNEDY, L.P., 1985 – The geology and geochemistry of the Archean Flavrian Pluton, Noranda, Quebec. University of Western Ontario, London, Ontario; Ph. D. thesis, 469 pages.
- L'ESPÉRANCE, R.L., 1951a – The geology of Duprat township and some adjacent areas, northwestern Quebec, and the structure of the Noranda District. McGill University, Montréal, Québec; Ph. D. thesis, 336 pages.
- L'ESPÉRANCE, R.L., 1951b – The geology of Duprat township and some adjacent areas, Abitibi county. Ministère des Mines, Québec; DP 087, 167 pages.
- LAFRANCE, B. – DAVIS, D.W. – GOUTIER, J. – MOORHEAD, J. – PILOTE, P. – MERCIER-LANGEVIN, P. – DUBÉ, B. – GALLEY, A.G. – MUELLER, W.U., 2005 – Nouvelles datations isotopiques dans la portion québécoise du Groupe de Blake River et des unités adjacentes. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RP 2005-01, 15 pages.
- LAFRANCE, B. – DION, C., 2004 – Synthèse de la partie est du Groupe de Blake River, phase 1 : secteur à l'est de la faille du ruisseau Davidson. Ministère des Ressources naturelles, Québec; RP 2004-04, 14 pages.
- LAFRANCE, B. – MOORHEAD, J. – DAVIS, D.W., 2003 – Cadre géologique du camp minier de Doyon-Bousquet-LaRonde. Ministère des Ressources naturelles, Québec; ET 2003-07, 43 pages.
- LEDUC, M., 1986 – Géologie de la région du lac Dasserat, Abitibi (Groupe de Blake River). Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 86-14, 189 pages et 3 cartes.
- MacDONALD, M.V., 1938 – The Aldermac syenite porphyry stock, Quebec. McGill University, Montréal, Québec; M.Sc. thesis, 31 pages.
- MacKENZIE, G.-S., 1941 – Région de la mine Halliwell, Canton de Beauchastel. Ministère des Mines et des Pêcheries maritimes, Québec; RG 7, 29 pages et 1 carte.
- McDONOUGH, W.F. – SUN, S.S., 1995 – The composition of the earth. *Chemical Geology*; volume 120, pages 223-253.
- MÉTHOT, Y., 1987 – Pétrographie et géochimie du minerai et de l'altération reliée au gîte aurifère Eldrich, Abitibi, Québec. École Polytechnique, Montréal, Québec; mémoire de maîtrise, 231 pages.
- MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES, 1984 – Carte de compilation géoscientifique - 032D06. Ministère de l'Énergie et des Ressources; Carte CG 032D06.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE, 2005 – Géologie 1/50 000, 32D06 - Rivière Kanasuta. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune; Carte SI-32D06-C3G-05F.
- MORTENSEN, J.K., 1993 – U-Pb geochronology of the eastern Abitibi Subprovince. Part 2: Noranda-Kirkland Lake area. *Revue canadienne des sciences de la Terre*; volume 30, pages 29-41.
- MUELLER, W.U. – DAIGNEAULT, R. – MORTENSEN, J.K. – CHOWN, E.H., 1996 – Archean terrane docking: upper crust collision tectonics, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Tectonophysics*; volume 265, pages 127-150.

- PARADIS, S., 1984 – Le Pluton de Flavrian : évolution pétrologique, géochimique et relation avec les roches volcaniques du Groupe de Blake River, Abitibi, Québec. Université de Montréal, Québec; mémoire de maîtrise, 210 pages.
- PEARSON, V., 1986 – Pétrographie, géochimie et interprétation d'un assemblage à cordiérite-anthophyllite dans les roches mafiques archéennes de Macanda, Canton Beauchastel, Noranda, Québec. Université du Québec à Chicoutimi; mémoire de maîtrise, 168 pages.
- PEARSON, V., 2005 – Le Groupe de Blake River : un complexe de caldeiras imbriquées. *Dans* : Québec Exploration 2005. Résumés des conférences et des photoprésentations. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; DV 2005-03, page 45.
- PELCHAT, C., 1998 – Rapport sur la campagne de forage, propriété Flavrian (156). Cambior. Rapport statutaire déposé au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; GM 55929, 129 pages et 10 plans.
- PELLETIER, C. – COUTURE, J.-F., 1996 – Géologie de la brèche de St-Jude. *Dans* : Métallogénie et évolution tectonique de la région de Rouyn-Noranda (Couture, J.-F. et Goutier J., éditeurs). Livret-guide d'excursion. Ministère des Ressources naturelles; MB 96-06, pages 37-39.
- PÉLOQUIN, A.S. – VERPAELST, P. – GAULIN, P., 1989a – Le Blake River dans les cantons de Duprat, de Montbray, de Beauchastel et de Dasserat - Rapport intérimaire. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 89-64, 90 pages et 1 carte.
- PÉLOQUIN, A.S. – VERPAELST, P. – LUDDEN, J.N., 1996 – Spherulitic Rhyolites of the Archean Blake River Group, Canada: Implications for Stratigraphic Correlation and Volcanogenic Massive Sulfide Exploration. *Economic Geology*; volume 91, pages 343-354.
- PÉLOQUIN, A.S. – VERPAELST, P. – LUDDEN, J.N. – DEJOU, B. – GAULIN, P., 2001 – Stratigraphie de la partie ouest du Groupe de Blake River (Sous-province de l'Abitibi). Ministère des Ressources naturelles, Québec; ET 98-03, 34 pages.
- PÉLOQUIN, A.S. – VERPAELST, P. – PARADIS, S. – GAULIN, P. – COUSINEAU, P., 1989b – Le Groupe de Blake River dans les cantons de Duprat et de Dufresnoy. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 89-02, 180 pages et 1 carte.
- PICHÉ, M. – JÉBRAK, M., 2004 – Normative minerals and alteration indices developed for mineral exploration. *Journal of Geochemical Exploration*; volume 82, pages 59-77.
- PIERCEY, S.J. – HAMILTON, M.A. – PÉLOQUIN, A.S. – CHALOUX, E., 2004 – 44. Discover Abitibi. Intrusion Sub-project. Updates on Studies of the Clifford Stock and Blake River Group, Clifford Township. *In*: Summary of Field Work and Other Activities 2004. Ontario Geological Survey, Open File Report 6145, pages 44.1-44.14.
- POWELL, W.G., 1994 – A petrological and geochronological study of the metamorphic history of the Rouyn-Noranda area, Quebec. Queen's University, Kingston, Ontario; Ph. D. thesis, 102 pages.
- RICHARD, M.G., 1998 – Evolution of the Flavrian Pluton and its association with the VHMS deposits and granitoid-hosted gold deposits of the Noranda cauldron, Rouyn-Noranda, Québec, Canada. Université de Montréal, Québec; thèse de doctorat, 396 pages.
- RICHARD, M. – HUBERT, C. – BROWN, A.C., 1991 – Archean granitoid-hosted gold deposits of the Abitibi greenstone belt, Québec: An example from the Pierre Beauchemin mine. *In*: Brazil Gold'91 - The Economics, Geology, Geochemistry and Genesis of Gold Deposits (E.A. Ladeira, editor). A.A. Belkema, Belo Horizonte; pages 551-556.
- RICHARD, M. – HUBERT, C. – BROWN, A.C. – SIROIS, R., 1990 – The Pierre Beauchemin gold mine: a structurally controlled deposit within a sub-horizontal layered composite granitoid. *Dans* : La Ceinture polymétallique du Nord-Ouest québécois : Synthèse de 60 ans d'exploration minière (Rive, M., Verpaelst, P., Gagnon, Y., Lulin, J.M., Riverin, G. et Simard, A., éditeurs). Institut canadien des Mines et de la Métallurgie; volume spécial no 43, pages 211-219.
- ROBINSON, W.G., 1943 – Région du lac Flavrian, cantons de Beauchastel et Duprat, Comtés de Témiscamingue et d'Abitibi. Ministère des Mines, Québec; RG 13, 23 pages et 1 carte.
- ROY, F., 2001 – Rapport des travaux 2000-2001 Projet Flavrian. Exploration Azimut et Cambior, Rapport statutaire déposé au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; GM 59017, 178 pages et 19 plans.
- ROY, F., 2002 – Rapport des travaux 2001-2002 Projet Flavrian. Exploration Azimut et Cambior. Rapport statutaire déposé au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; GM 59958, 192 pages et 7 plans.
- SETTERFIELD, T. – LEFEBURE, D., 1983 – Geological report on the Vezina Option, Four Corners Property. Corporation Falconbridge Copper. Rapport statutaire déposé au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; GM 40988, 154 pages.
- SPENCE, C.D. – DE ROSEN-SPENCE, A.F., 1975 – The Place of Sulfide Mineralization in the Volcanic Sequence at Noranda, Quebec. *Economic Geology*; volume 70, pages 90-101.
- WINCHESTER, J.A. – FLOYD, P.A., 1977 – Geochemical Discrimination of Different Magma Series and their Differentiation Products Using Immobile Element. *Chemical Geology*; volume 20, pages 325-343.

ANNEXE 1 – Lithochimie des roches volcaniques et intrusives

Lithologie	TiO ₂ (% poids)	Zr (ppm)	Al ₂ O ₃ /TiO ₂	Zr/TiO ₂	Zr/Y	(La/Yb) _n (1)	La/Yb	Th/Yb	Eu/Eu*(2)
Andésite I	1,61 (1,40-1,89)	96,43 (75-134)	9,29 (7,50-11,79)	59,58 (50,29-77,42)	3,38 (2,63-4,09)	1,65 (1,41-1,87)	2,99 (2,54-3,39)	0,29 (0,17-0,43)	0,92 (0,82-1,09)
Andésite IIa	0,96 (0,76-1,29)	106,70 (92-128)	16,96 (11,69-20,53)	112,09 (96,12-122,50)	5,74 (5,39-6,19)	3,77 (3,14-4,36)	6,82 (5,68-7,88)	1,09 (0,62-1,81)	0,93 (0,69-1,41)
Andésite IIb	1,38 (1,18-1,55)	123,00 (94-168)	10,87 (9,26-12,04)	89,38 (66,20-122,63)	4,67 (2,94-6,72)	2,25 (1,82-2,66)	4,06 (3,30-4,81)	0,47 (0,34-0,62)	0,90 (0,76-1,01)
Dacite Ia	1,00 (0,77-1,22)	176,30 (137-226)	14,35 (11,85-18,79)	177,80 (129,91-241,57)	4,89 (3,81-6,19)	2,29 (1,84-2,69)	4,14 (3,33-4,86)	0,49 (0,31-0,65)	0,76 (0,56-0,99)
Dacite Ib	0,70 (0,62-0,82)	240,50 (172-338)	18,40 (16,76-21,32)	332,43 (245,68-444,74)	-	-	-	-	-
Rhyodacite	0,55 (0,17-0,68)	261,20 (164-409)	23,33 (19,20-29,36)	477,15 (322,16-889,13)	6,00 (3,62-7,93)	2,47 (1,13-4,18)	4,47 (2,04-7,57)	0,74 (0,26-1,07)	0,70 (0,42-1,08)
Rhyolite A	0,25 (0,08-0,48)	303,14 (185-443)	47,04 (25,02-47,04)	1266,09 (458,75-2621,43)	4,76 (3,46-7,57)	1,88 (0,35-3,51)	3,40 (0,63-6,35)	0,52 (0,30-0,84)	0,58 (0,28-0,88)
Rhyolite B	0,39 (0,27-0,39)	282,55 (214-386)	32,02 (25,02-43,30)	734,12 (476,15-989,74)	4,47 (3,31-6,30)	2,12 (1,31-3,30)	3,83 (2,38-5,96)	0,51 (0,27-0,73)	0,57 (0,46-0,79)
Rhyolite C	0,34 (0,32-0,34)	269,00 (286-237)	35,31 (31,03-37,91)	784,19 (677,43-827,58)	2,87 (2,53-3,26)	1,86 (1,74-1,94)	3,37 (3,14-3,52)	0,50 (0,38-0,47)	0,43 (0,36-0,47)
Dykes sphérolitiques	0,23 (0,13-0,38)	280,00 (215-361)	52,54 (32,63-79,46)	1328,85 (735,29-2630,77)	4,63 (1,75-6,97)	1,97 (0,47-2,86)	3,57 (0,85-5,17)	0,55 (0,29-0,98)	0,57 (0,31-0,91)

(1) Éléments des terres rares normalisés par rapport à la chondrite C1 (McDonough et Sun, 1995)

(2) $Eu/Eu^* = (Eu)_n / ((Gd)_n \times (Sm)_n)^{1/2}$ où l'indice n indique une normalisation par rapport à la chondrite C1.

ANNEXE 2 – Photographies



PHOTO 1 - Coulee coussinée d'andésite Ila à l'ouest de la Brèche de Saint-Jude. Affleurement 04-PR-2136 (UTM NAD 83, zone 17: 631280E, 5352023N).



PHOTO 2 - Brèche autoclastique de rhyodacite. Affleurement 04-CD-1113 (UTM NAD 83, zone 17: 632820E, 5346475N).

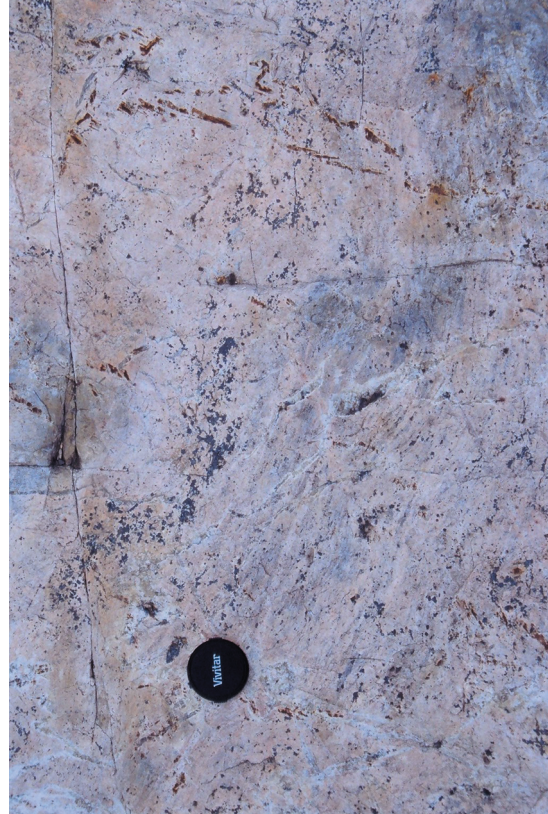


PHOTO 3 - Rhyolite A à structure d'écoulement laminaire hématisée, albitisée avec magnétite et pyrite disséminées. Indice Buffam, Affleurement 04-CD-1091 (UTM NAD 83, zone 17: 632290E, 5347924N).



PHOTO 4 - Coulee lobée de rhyolite sphérolitique montrant de spectaculaires structures d'écoulement laminaire. Cet affleurement est localisé au SW de la Brèche de Saint-Jude, à proximité du site échantillonné pour une détermination géochronologique (2696,9 ±3,4 Ma). Affleurement 04-PR-2091 (UTM NAD 83, zone 17: 631286E, 5351466N).

ANNEXE 2 – Photographies (suite et fin)



PHOTO 6 - Tuf lité injecté d'un dyke d'aplite (bas de la photo). Le contact supérieur du l'unité de tuf avec les rhyodacites (près de la masse) est irrégulier. Indice FR-01-104, Affleurement 04-CD-1081 (UTM NAD 83, zone 17: 632348E, 5347445N).



PHOTO 8 - Relations de recouvrement mutuel entre une veine de quartz aurifère et des dykes de lamprophyre. Indice FL-00-04, Affleurement 04-CD-1097 (UTM NAD 83, zone 17: 632119E, 5346962N).



PHOTO 5 - Vue rapprochée de la rhyolite de la photo précédente montrant la microstructure sphérolitique. Affleurement 04-PR-2091 (UTM NAD 83, zone 17: 631286E, 5351466N).



PHOTO 7 - Cheminée d'altération en chlorite minéralisée en pyrite et chalcopyrrite coupant la rhyodacite. Indice Dasson Copper, Affleurement 04-CD-1054 (UTM NAD 83, zone 17: 632536E, 5347181N).

Résumé

Cette étude couvre la portion occidentale du Groupe de Blake River, à l'ouest de la ville de Rouyn-Noranda. Son objectif principal est de raffiner la stratigraphie et de caractériser les processus volcaniques et structuraux dans la Formation de Duprat-Montbray. La comparaison des roches de cette unité avec celles des camps miniers de Noranda et de Doyon-Bousquet-LaRonde a pour objectif de mieux comprendre l'évolution volcanique et tectonique de cette portion du Groupe de Blake River. Cette étude vise également à évaluer, dans ce secteur, le potentiel de découverte de minéralisations volcanogènes, magmatiques-hydrothermales ou orogéniques.

Dans le secteur cartographié, le soubassement archéen est constitué principalement de roches intrusives felsiques à intermédiaires du Pluton de Flavrian, accompagnées de volcanites felsiques d'affinité principalement transitionnelle (rhyolites, rhyodacites et dacites) et de volcanites intermédiaires tholéïtiques et transitionnelles. L'empilement stratigraphique forme une séquence homoclinale orientée N-S à NE-SW avec un pendage qui varie de 40 à 70°. Les sommets stratigraphiques des unités sont orientés vers l'est. La foliation pénétrante n'est notée qu'en bordure des failles. Les principales failles ont une direction NW-SE (Faille de Mouilleuse), ENE-WSW (Faille de Quesabe) et N-S.

Le secteur présente un important centre volcanique felsique désigné comme le « Complexe volcanique de Flavrian-Ouest ». Cet

édifice volcanique est interstratifié avec des unités andésitiques. Il est coupé à l'est par le Pluton synvolcanique de Flavrian et la Brèche de Saint-Jude. Au sud-ouest, il est injecté par le Pluton posttectonique d'Aldermac. L'édifice volcanique est également coupé par divers dykes et filons-couches de gabbro-diorite et de rhyolite sphérolitique (probablement comagmatiques avec les roches volcaniques intermédiaires et felsiques), ainsi que par des dykes de lamprophyre tarditectoniques et des dykes de diabase-gabbro protérozoïques.

La région contient au moins trois types de minéralisations : 1) les minéralisations en $\text{Cu} \pm \text{Zn} \pm \text{Au} \pm \text{Ag}$ de type sulfures massifs volcanogènes (SMV) qui se présentent sous la forme de disséminations, de filonnets ou de niveaux exhalatifs; 2) les minéralisations magmatiques-hydrothermales qui sont principalement reliées à la Brèche de Saint-Jude, une zone de brèches intrusive et hydrothermale associée à la Trondhjémite de Saint-Jude. Les minéralisations de l'indice Buffam et la « Giant Quartz Vein » peuvent aussi être rattachées à cette catégorie; et 3) les minéralisations d'or orogénique qui se présentent sous la forme de veines et de veinules de quartz + carbonates faiblement minéralisées en pyrite (mine Quesabe), ou encore de zones de pyrite disséminée (mine Pierre-Beauchemin). La minéralisation, logée dans des zones de déformation fragile-ductile N-S, NE-SW ou ENE-WSW, est associée à des hétérogénéités lithologiques ou structurales.

