

Géochimie des roches volcaniques archéennes du Groupe de Blake River, Sous-province de l'Abitibi, Québec : rapport préliminaire

Sarane Sterckx¹, Pierre-Simon Ross¹, Jean Goutier²

1. Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau-Terre-Environnement, 490 rue de la Couronne, Québec, Québec, G1K 9A9, Canada

2. Ministère des Ressources naturelles, 70 avenue Québec, Rouyn-Noranda, Québec, J9X 6R1, Canada

Énergie et Ressources naturelles
Direction de l'information géologique

MB 2013-09

15 mars 2013

GM 67661

Résumé

La Sous-province de l'Abitibi, une ceinture de roches volcano-sédimentaires archéennes, est l'un des meilleurs endroits au monde pour l'exploration des gisements de cuivre, or, zinc et argent de type sulfures massifs volcanogènes (SMV). Le Groupe de Blake River dans le secteur de Rouyn-Noranda comprend deux camps miniers de SMV importants : le camp de Noranda et le camp de Doyon-Bousquet-LaRonde, qui représentent un peu moins de la moitié du tonnage total de SMV de l'Abitibi.

Les gisements des SMV étant contrôlés en partie par la stratigraphie, il est souhaitable d'améliorer nos connaissances sur la stratigraphie des roches volcaniques sous-marines du Groupe de Blake River. Peu d'horizons marqueurs sont connus à l'échelle régionale. Cependant, ces dernières années, des milliers d'analyses géochimiques, incluant les éléments en traces, sont devenues disponibles. De plus, de nombreuses datations U-Pb ont été obtenues, ce qui permet de fournir un cadre temporel aux événements volcaniques et à la minéralisation.

Pourtant, les données lithogéochimiques n'ont pas été exploitées à leur plein potentiel pour comprendre la stratigraphie du Groupe de Blake River. C'est là l'objectif du projet commencé à l'automne 2012 à l'INRS-ETE avec le soutien du MRN. Le projet se base sur la compilation de données existantes dans le SIGÉOM, mais également sur de nouvelles analyses d'échantillons qui ont été récoltés sur le terrain pour combler les lacunes dans la couverture lithogéochimique. Des réanalyses d'anciens échantillons sont également en cours.

Un exercice préliminaire de classification des roches volcaniques a été entrepris. Spécifiquement, nous avons vérifié avec les roches les plus fraîches du Groupe de Blake River si deux diagrammes couramment utilisés étaient équivalents (Zr/TiO_2 vs Nb/Y d'une part et SiO_2 vs Zr/TiO_2 d'autre part). Le diagramme des ratios Zr/TiO_2 vs Nb/Y n'est pas pleinement satisfaisant pour assigner un nom aux volcanites les plus fraîches du Groupe de Blake River.

Mots clés

Groupe de Blake River, géochimie, stratigraphie, classification, roches volcaniques, sulfures massifs volcanogènes

1. Localisation et contexte géologique

La Sous-province de l'Abitibi constitue l'un des meilleurs endroits au monde pour l'exploration des gisements polymétalliques de type « sulfures massifs volcanogènes » (SMV). Le Groupe de Blake River, dans le secteur de Rouyn-Noranda (Mercier-Langevin *et al.*, 2011), comprend deux importants camps miniers de SMV, le camp de Noranda (Gibson et Galley, 2007) et celui de Doyon-Bousquet-LaRonde (Mercier-Langevin *et al.*, 2007a) (figure 1). Le Groupe de Blake River (2704 à 2695 Ma : Mercier-Langevin *et al.*, 2011; Ross *et al.*, 2011b; McNicoll *et al.*, accepté) définit le plus jeune épisode de roches volcaniques subalcalines dans la Sous-province de l'Abitibi (Thurston *et al.*, 2008). Il est limité au nord par la Faille de Porcupine-Destor et au sud par la Faille de Cadillac. Les séquences volcaniques sous-marines constituant le Groupe de Blake River sont caractérisées par une distribution bimodale de leur composition comme le montre la figure 2. Les modes dominants sont les andésites basaltiques et les rhyodacites-rhyolites. Les laves et les volcanites fragmentaires associées sont plus communes que les roches pyroclastiques (Ross *et al.*, 2011a, 2011b). Toutes ces roches volcaniques sont intrudées par plusieurs générations de plutons, de dykes et de filons-couches de compositions variables (Piercey *et al.*, 2008; voir les cartes dans le SIGÉOM).

Les roches du Groupe de Blake River ont été affectées par trois épisodes de métamorphisme. Le premier épisode est associé à l'activité hydrothermale synvolcanique, atteint le faciès des schistes verts et affecte les volcanites le long des structures synvolcaniques (Hannington *et al.*, 2003). Le second épisode est un métamorphisme de contact au faciès des amphibolites lors de la mise en place, vers 2690 Ma, du Pluton du Lac Dufault (Wilson, 1941; de Rosen-Spence, 1969; Mortensen, 1993). Le troisième épisode correspond au métamorphisme régional (2677 à 2643 Ma) variant du faciès inférieur des schistes verts au faciès inférieur des amphibolites (Jolly, 1978,

1980; Dimroth *et al.*, 1983; Gélinas *et al.*, 1984a, 1984b; Powell *et al.*, 1993, 1995; Dubé *et al.*, 2007).

2. Exposé du problème et objectifs

Puisque la mise en place des gisements de SMV est contrôlée en partie par la stratigraphie, il est souhaitable d'améliorer nos connaissances stratigraphiques sur les volcanites sous-marines du Groupe de Blake River. Certains secteurs ont été travaillés en détail, comme la « séquence des mines » dans la Formation de Noranda (Gibson et Watkinson, 1990) ou la Formation de Bousquet dans le camp de Doyon-Bousquet-LaRonde (Lafrance *et al.*, 2003; Mercier-Langevin *et al.*, 2007b, 2007c, 2009). Pour la Formation de Bousquet, la géochimie a joué un grand rôle dans la construction du schéma stratigraphique du camp Doyon-Bousquet-LaRonde. Par contre, pour la « séquence des mines », la composition en éléments traces des différentes unités volcaniques demeure peu connue dans la littérature.

Lafrance et Dion (2004), de même que Dion et Rhéaume (2007), ont cartographié et compilé respectivement une partie de la Formation de Renault-Dufresnoy et une partie de la Formation de Duprat-Montbray; ils ont proposé différentes unités chimico-stratigraphiques dans des secteurs restreints. Rogers *et al.* (2010a, 2010b, accepté) ont travaillé sur un petit segment de la Formation d'Hébecourt. Ross *et al.* (2011a, 2011b) ont étudié la géochimie des roches volcanoclastiques mafiques à intermédiaires dans plusieurs secteurs du Blake River.

Toutefois, à part pour des secteurs précis, la stratigraphie demeure incomplètement connue, notamment en raison du peu de niveaux marqueurs qui sont connus à l'échelle régionale, mais aussi par la nature même des empilements volcaniques. Mercier-Langevin *et al.* (2011) ont proposé de séparer les roches volcaniques du Groupe de Blake River en neuf grandes formations (figure 1) sur la base de la distribution géographique, des observations de terrain (types de roches, textures), de l'âge, et de certaines considérations géochimiques. Ces dernières années, des milliers d'analyses géochimiques, incluant les éléments en traces immobiles, sont devenues disponibles à la

suite des campagnes de cartographie gouvernementales, des études thématiques universitaires et gouvernementales et des travaux d'exploration des compagnies. De plus, de nombreuses datations U-Pb ont été obtenues, ce qui permet de fournir un cadre temporel aux événements volcaniques et à la minéralisation (McNicoll *et al.*, accepté). Les données géochimiques n'ont pourtant pas été exploitées de manière optimale afin de mieux comprendre la stratigraphie du Groupe de Blake River. C'est là l'objectif principal du projet de maîtrise entrepris à l'automne 2012 à l'INRS-ETE avec le soutien du MRN.

3. Méthodologie

La première étape du projet a été de compiler l'information existante pour construire une base de données des analyses géochimiques jugées les plus fiables et complètes, et ce, en distinguant bien les laves des intrusions. Plus de 44 000 analyses de roches sont disponibles dans le SIGÉOM pour le Groupe de Blake River (après élimination des ~6 000 doublons). De ce nombre, 16 780 proviennent d'affleurements. Les analyses provenant de forages ont été écartées pour éviter les problèmes de projection vers la surface. Parmi les analyses provenant d'affleurements, 13 007 sont des analyses de roches volcaniques clairement identifiées comme telles dans le SIGÉOM (figure 3 : cercles oranges). Parmi ces dernières, 2103 sont des analyses incluant les éléments en traces Zr, Y et Nb (figure 3 : cercles turquoises).

La mise en carte de la localisation des analyses existantes de roches volcaniques (complètes ou non) a permis de localiser des lacunes importantes dans la couverture géochimique des laves à l'échelle régionale. Deux stratégies ont été retenues pour combler partiellement ces lacunes : 1) la récolte de 70 nouveaux échantillons sur le terrain (figure 3 : étoiles jaunes); 2) la réanalyse de près de quatre cents échantillons de la collection du MRN, soit seulement pour l'analyse des éléments en traces (la vaste majorité), soit pour une réanalyse complète (28 échantillons). Toutefois ces réanalyses n'ont pas encore été intégrées au SIGÉOM et n'ont pu être utilisées pour le présent rapport.

Sur le terrain, nous avons privilégié l'échantillonnage des laves coussinées (centre des coussins) dans les unités de composition mafique à intermédiaire. Exceptionnellement, la partie massive d'une coulée mafique à intermédiaire a été utilisée lorsque les coussins étaient absents (le danger est alors d'échantillonner accidentellement une intrusion à grains fins). Pour les volcanites felsiques, les parties massives ont été privilégiées par rapport aux zones fragmentaires, typiquement plus altérées. Les croûtes de météorisation ont été nettoyées à la scie à roche. Le poids de roche soumis au laboratoire était typiquement entre 0,5 et 1,0 kg par échantillon.

Pour les réanalyses, il faut noter que la localisation des échantillons anciens dans le SIGÉOM est sujette à révision. Les anciennes méthodes de localisation des affleurements, avec photos aériennes, boussole et compte-pas, ainsi que le calcul des coordonnées à partir d'une carte topographique, ne donnaient évidemment pas la précision actuelle du GPS. Il a donc été nécessaire de replacer de nombreux affleurements et ainsi que les analyses géochimiques associées. Pour ce faire, les formes d'affleurements ont été numérisées à partir du géoréférencement des photos aériennes. Puis le positionnement existant des analyses géochimiques du SIGÉOM a été comparé avec la nouvelle position des affleurements; au besoin la position des échantillons a été ajustée dans le SIGÉOM. Les écarts entre les anciennes et les nouvelles positions des analyses géochimiques varient de quelques mètres à quelques kilomètres.

Les méthodes analytiques utilisées par le laboratoire Actlabs (Ancaster, Ontario) pour nos nouvelles analyses et réanalyses sont les suivantes : éléments majeurs par fusion et ICP-AES (code 4B); éléments en traces par fusion et ICP-MS (code 4B2-research), par dissolution multi-acides et ICP-MS (code 4B1), et par INAA (code 4B-INAA).

Résultats préliminaires : exercice de classification des roches

Nous souhaitons potentiellement utiliser le diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y de Winchester et Floyd (1977) pour classer les roches volcaniques du Groupe de Blake River. L'avantage de ce diagramme par rapport au diagramme SiO_2 vs Zr/TiO_2 est qu'il utilise seulement des ratios d'éléments immobiles, donc il est approprié pour classer des

roches fraîches et altérées. La silice, par contre, est mobile durant l'altération hydrothermale, de sorte que le diagramme SiO_2 vs Zr/TiO_2 peut donner de fausses classifications sur des roches altérées.

Pour tester si le diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y donne généralement la même classification que le diagramme SiO_2 vs Zr/TiO_2 , nous avons utilisé les 2103 analyses de volcanites du Groupe de Blake River pour lesquelles tous les éléments requis étaient disponibles (SiO_2 , TiO_2 , Zr, Y, Nb). Nous avons gardé les analyses avec une perte au feu de 4 % ou moins, un indice d'Ishikawa entre 20 et 60, et un CCPI (*Chlorite-Carbonate-Pyrite Index*) entre 10 et 90 (Large *et al.*, 2001). Il s'agit donc des 1276 échantillons les plus frais.

Ensuite, nous avons placé ces échantillons dans le diagramme SiO_2 vs Zr/TiO_2 pour leur donner un nom (basalte, andésite basaltique, etc.), en utilisant les valeurs brutes de SiO_2 (figures 4 à 9, diagrammes du haut). Le champ comprenant les andésites basaltiques et les andésites a été arbitrairement divisé en deux en son centre pour séparer les deux classes. La même stratégie permet de séparer les dacites des rhyodacites. Les 33 échantillons ne tombant pas dans les champs subcalcalins ont été mis de côté. Enfin, les échantillons ainsi classés ont été placés – une classe à la fois – dans le diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y pour vérifier s'ils tombaient au bon endroit (figures 4 à 9, diagrammes du bas).

Les 210 basaltes tombent en majorité dans le champ « basalte » et le champ « basalte + andésite » (figure 4). Les 381 andésites basaltiques chevauchent les champs « basalte », « basalte + andésite » et « andésite » (figure 5). Les 145 andésites tombent surtout dans les champs « basalte + andésite » et « andésite » (figure 6). Les 71 dacites sont spécialement problématiques, plusieurs tombant dans le champ « andésite » (figure 7). Les 164 rhyodacites sont plutôt bien classifiées, mais certaines tombent dans le champ des rhyolites ou des andésites (figure 8). Enfin, les 280 rhyolites chevauchent les champs « dacite-rhyodacite » et « rhyolite » (figure 9). Il y a donc une augmentation générale du ratio Zr/TiO_2 quand on augmente la teneur en SiO_2 mais le ratio Zr/TiO_2 ne peut pas classifier parfaitement les échantillons individuels.

Si le diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y de Winchester et Floyd (1977) ne peut être utilisé tel quel pour classer efficacement les roches fraîches et altérées du Groupe de Blake River, il faudra envisager une des solutions suivantes pour les travaux futurs : 1) améliorer le diagramme existant; 2) créer un nouveau diagramme de classification des roches volcaniques à partir de d'autres ratios d'éléments immobiles; ou 3) utiliser seulement les roches les plus fraîches et les classer selon le diagramme SiO_2 vs Zr/TiO_2 . Cette dernière solution implique de laisser en plan plusieurs unités volcaniques typiquement altérées, par exemple près des gisements de SMV, ce qui n'est guère souhaitable. Il faut donc privilégier une des deux premières solutions. Une piste à explorer est de classer les roches par affinité magmatique avec le ratio Zr/Y *avant* de les classer selon leur différenciation avec le ratio Zr/TiO_2 : il se peut que l'affinité magmatique influence le ratio Zr/TiO_2 typique d'une certaine concentration en SiO_2 .

Conclusion et travaux futurs

La première année financière du projet a permis de compiler une base de données géochimiques robuste pour le Groupe de Blake River et d'ajouter 70 nouvelles analyses dans les zones à plus faible densité d'échantillons. Une vérification importante de la banque de données des analyses du SIGÉOM a été entreprise, touchant aux localisations des échantillons et à la présence de doublons (~6000 résultats) à la suite des compilations antérieures.

Les travaux futurs viseront à identifier la signature et l'homogénéité géochimique des unités stratigraphiques et à vérifier la cohérence spatiale d'éventuels regroupements géochimiques.

Références

- DE ROSEN-SPENCE, A., 1969 – Genèse des roches à cordiérite–anthophyllite des gisements cupro-zincifères de la région de Rouyn–Noranda, Québec, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 6, pages 1339-1345.
- DIMROTH, E. – IMREH, L. – GOULET, N. – ROCHELEAU, M., 1983 – Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi belt, Quebec. Part III: Plutonic and

- metamorphic evolution and geotectonic model. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 19, pages 1729-1758.
- DION, C. – RHÉAUME, P., 2007 – Stratigraphie de la partie occidentale du Groupe de Blake River. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; ET 2007-03, 29 p.
- DUBÉ, B. – MERCIER-LANGEVIN, P. – HANNINGTON, M. – LAFRANCE, B. – GOSSELIN, G. – GOSSELIN, P., 2007 – The LaRonde Penna world-Class Au-rich volcanogenic massive sulfide deposit, Abitibi, Québec: mineralogy and geochemistry of alteration and implications for genesis and exploration. *Economic Geology*; volume 102, pages 633-666.
- GÉLINAS, L. – TRUDEL, P. – ET HUBERT, C., 1984a – Chimico-stratigraphie et tectonique du Groupe de Blake River. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 83-01, 41 pages.
- GÉLINAS, L. – TRUDEL, P. – HUBERT, C., 1984b – Chemostratigraphic division of the Blake River Group, Rouyn–Noranda area, Abitibi, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 21, pages 220-231.
- GIBSON, H.L. – WATKINSON D.H., 1990 – Volcanogenic massive sulphide deposits of the Noranda Cauldron and shield volcano, Quebec. *In* : RIVE, M. – VERPAELST, P. – GAGNON, Y. – LULIN, J.-M. – RIVERIN, G. – SIMARD, A., La ceinture polymétallique du nord-ouest québécois : synthèse de 60 ans d'exploration minière. Institut canadien des Mines et de la Métallurgie; volume spécial 43, pages 119-132.
- GIBSON, H. – GALLEY, A., 2007 – Volcanogenic massive sulphide deposits of the Archean Noranda district, Quebec. *In*: GOODFELLOW, W.D., Mineral deposits of Canada: a synthesis of major deposits types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division; volume spécial 5, pages 533-552.
- HANNINGTON, M.D. – SANTAGUIDA, F. – KJARSGAARD, I.M. – CATHLES, L. M., 2003 – Regional-scale hydrothermal alteration in the Central Blake River Group, western Abitibi subprovince, Canada: implications for VMS prospectivity. *Mineralium Deposita*; volume 38, pages 393-422.

- JOLLY, W.T., 1978 – Metamorphic history of the Archean Abitibi belt. *In: Metamorphism in the Canadian Shield*. Commission géologique du Canada; Paper 78-10, pages 63-77.
- JOLLY, W.T., 1980 – Development and degradation of Archean lavas, Abitibi area, Canada, in light of major element geochemistry. *Journal of Petrology*; volume 21, partie 2, pages 323-363.
- 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 (32D/07 SE). Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, 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, de la Faune et des Parcs, Québec; ET 2002-07, 45 pages.
- LARGE, R.R. – GEMMELL, J.B. – PAULICK, H. – HUSTON, D.L., 2001 – The alteration box plot: a simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and litho-geochemistry associated with volcanic-hosted massive sulfide deposits. *Economic Geology*; volume 96, pages 957-971.
- MCNICOLL, V. – GOUTIER, J. – DUBÉ, B. – MERCIER-LANGEVIN, P. – ROSS, P.-S. – DION, C. – MONECKE, T. – PERCIVAL, J. – LEGAULT, M. – GIBSON, H., accepté – New U-Pb geochronology from the Blake River Group, Abitibi Greenstone Belt, Québec: implications for geological interpretations and base metal exploration. *Economic Geology*
- MERCIER-LANGEVIN, P. – DUBÉ, B. – LAFRANCE, B. – HANNINGTON, M. – GALLEY, A. – MOORHEAD, J. – GOSELIN, P., 2007a – Metallogeny of the Doyon-Bousquet-LaRonde mining camp, Abitibi Greenstone Belt, Quebec. *In: GOODFELLOW, W.D., Mineral deposits of Canada: a synthesis of major deposits types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods*. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division; volume spécial 5, pages 673-701.
- MERCIER-LANGEVIN, P. – DUBÉ, B. – HANNINGTON, M.D. – DAVIS, D.W. – LAFRANCE, B. – GOSELIN, G., 2007b – The LaRonde Penna Au-rich

- volcanogenic massive sulfide deposit, Abitibi Greenstone Belt, Quebec: part I. geology and geochronology. *Economic Geology*; volume 102, pages 585-609.
- MERCIER-LANGEVIN, P. – DUBÉ, B. – HANNINGTON, M.D. – RICHER-LAFLÈCHE, M. – GOSSSELIN, G., 2007c – The LaRonde Penna Au-rich volcanogenic massive sulfide deposit, Abitibi Greenstone Belt, Quebec: part II. lithochemistry and paleotectonic setting. *Economic Geology*; volume 102, pages 611-631.
- MERCIER-LANGEVIN, P. – WRIGHT-HOLFELD, A. – DUBÉ, B. – BERNIER, C. – HOULE, N. – SAVOIE, A. – SIMARD, P., 2009 – Stratigraphic setting of the Westwood-Warrenmac ore zones, Westwood Project, Doyon-Bousquet-LaRonde mining camp, Abitibi, Quebec. Commission géologique du Canada, Recherches en Cours 2009-3, 23 pages.
- MERCIER-LANGEVIN, P. – GOUTIER, J. – ROSS, P.-S. – MCNICOLL, V. – MONECKE, T. – DION, C. – DUBÉ, B. – THURSTON, P. – BÉCU, V. – GIBSON, H. – HANNINGTON, M. – GALLEY, A., 2011 – The Blake River Group of the Abitibi Greenstone Belt and its unique VMS and gold-rich VMS endowment. Commission géologique du Canada, Dossier Public 6869, pages 1-61.
- MORTENSEN, J. K., 1993. U-Pb geochronology of the eastern Abitibi Subprovince. Part 2: Noranda-Kirkland Lake area. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 30, pages 29-41.
- PIERCEY, S.J. – CHALOUX, E.C. – PELOQUIN, A.S. – HAMILTON, M.A. – CREASER, R.A., 2008 – Synvolcanic and younger plutonic rocks from the Blake River Group: implications for regional metallogenesis. *Economic Geology*; volume 103, pages 1243-1268.
- POWELL, W.G. – CARMICHAEL, C.J. – HODGSON, C.J., 1993 – Thermobarometry in a subgreenschist to greenschist transition in metabasites of the Abitibi greenstone belt, Superior Province, Canada. *Journal of Metamorphic Geology*; volume 11, pages 165-178.

- POWELL, W.G. – CARMICHEAL, D.M. – HODGSON, C.J., 1995 – Conditions and timing of metamorphism in the southern Abitibi greenstone belt, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 32, pages 787-805.
- ROGERS, R. – ROSS, P.-S. – GOUTIER, J. – LAFRANCE, B. – MERCIER-LANGEVIN, P., 2010a – Étude volcanologique et métallogénique d'un segment de la Formation d'Hébécourt, Sous-province de l'Abitibi : résultats préliminaires. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RP 2010-06, 11 pages.
- ROGERS, R. – ROSS, P.-S. – GOUTIER, J. – MERCIER-LANGEVIN, P., 2010b – Étude volcanologique et géochimique des roches volcaniques mafiques à intermédiaires du Groupe de Blake River entre les lacs McDiarmid et Hébécourt, Sous-province de l'Abitibi. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RP 2010-08, 11 pages.
- ROGERS, R. – ROSS, P.-S. – GOUTIER, J. – MERCIER-LANGEVIN, P., accepté – Using physical volcanology, chemo-stratigraphy and pyrite geochemistry as tools for VMS exploration outside of mining camps in the Blake River Group, Abitibi Subprovince. *Economic Geology*.
- ROSS, P.-S. – GOUTIER, J. – MERCIER-LANGEVIN, P. – DUBÉ, B., 2011a – Basaltic to andesitic volcanoclastic rocks in the Blake River Group, Abitibi Greenstone Belt: 1. Mode of emplacement in three areas. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 48, pages 728-756.
- ROSS, P.-S. – MCNICOLL, V. – GOUTIER, J. – MERCIER-LANGEVIN, P. – DUBÉ, B., 2011b – Basaltic to andesitic volcanoclastic rocks in the Blake River Group, Abitibi Greenstone Belt: 2. Origin, geochemistry, and geochronology. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 48, pages 757-777.
- THURSTON, P.C. – AYER, J.A. – GOUTIER, J. – HAMILTON, M.A., 2008 – Depositional gaps in Abitibi Greenstone Belt stratigraphy: a key to exploration for syngenetic mineralization. *Economic Geology*; volume 103, pages 1097-1134.
- WILSON, M. E., 1941. Noranda district, Quebec. Department of Mines and Resources, Canada; Geological Survey, Memoir 229, 162 pages.

WINCHESTER, J.A. – FLOYD, P.A., 1977 – Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*; volume 20, pages 325-343.

Figures

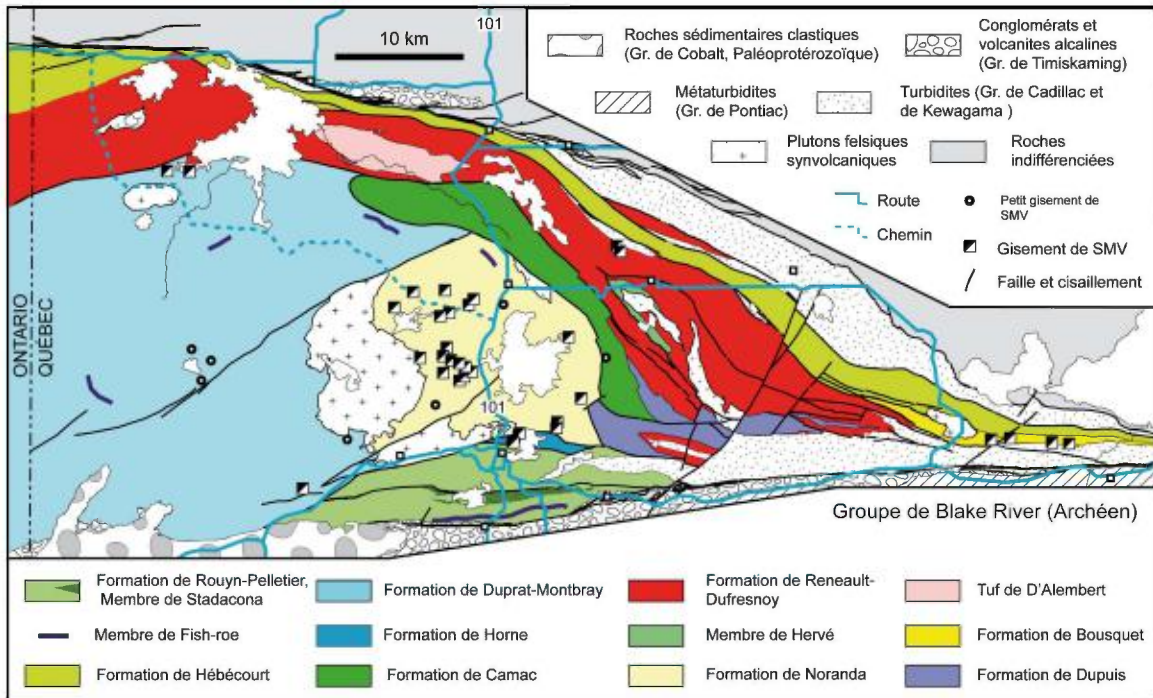


Figure 1 : Carte géologique simplifiée du Groupe de Blake River avec les neuf différentes formations proposées par Goutier (en préparation) et la localisation des gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV).

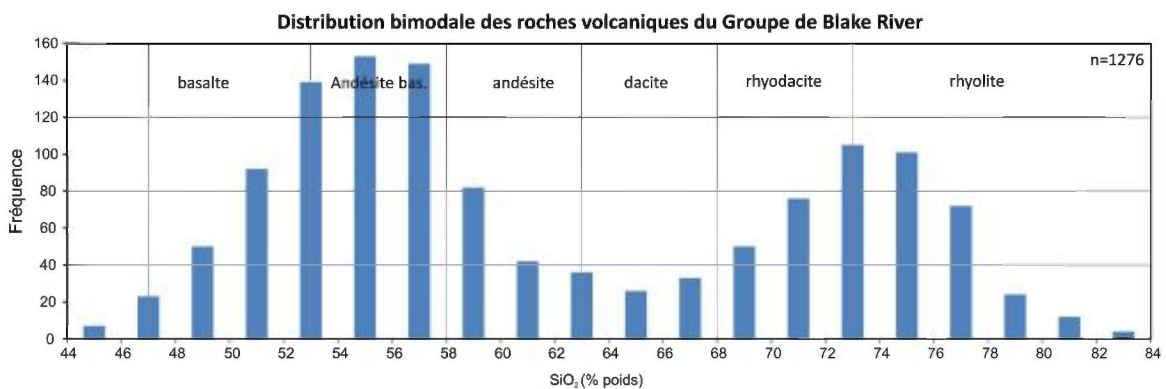


Figure 2 : Histogramme représentant la distribution bimodale des 1276 roches volcaniques les moins altérées du Groupe de Blake River, avec le SiO₂ comme indice de différenciation. Les limites entre les champs sont tirées de la version modifiée du diagramme de Winchester et Floyd (1977), tel que montré à la figure 4 (diagramme du haut).

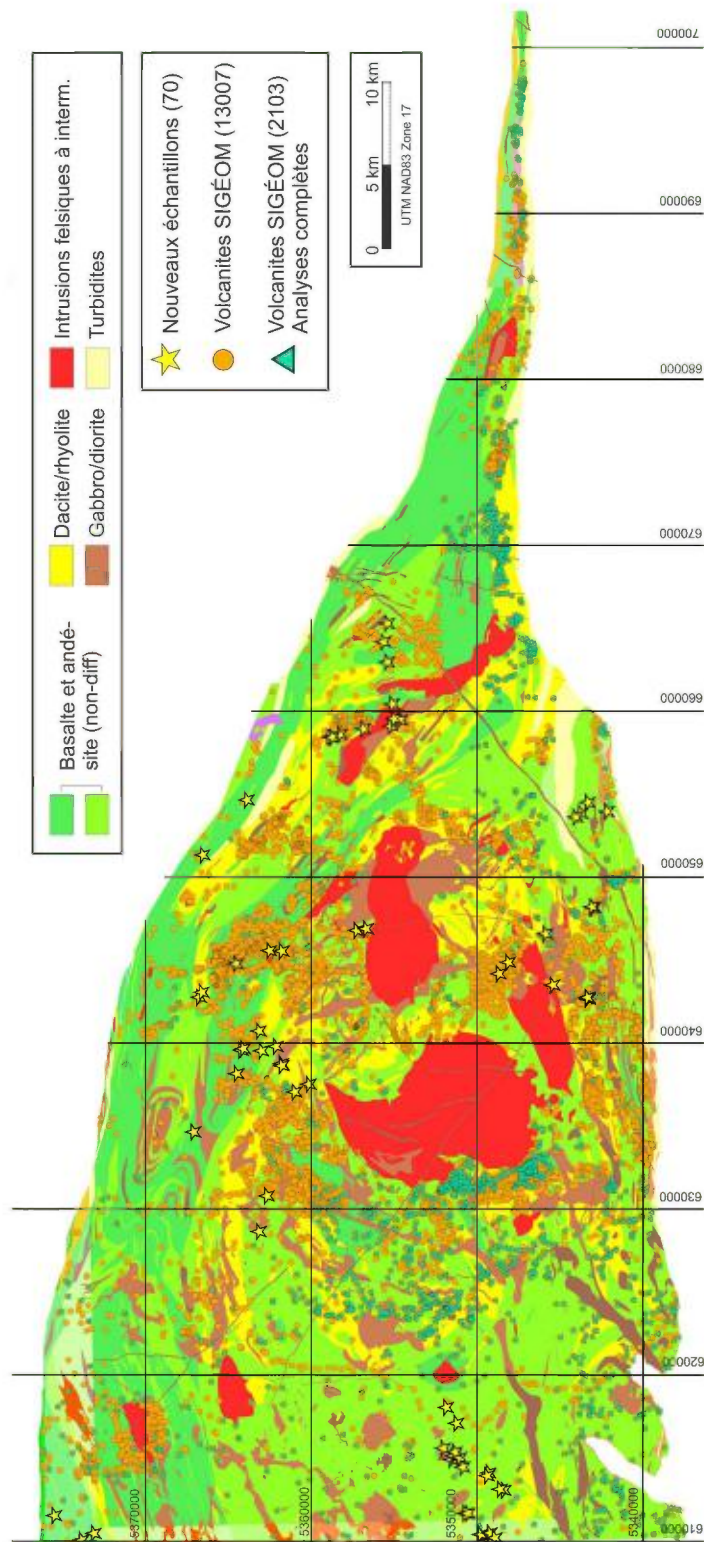


Figure 3 : Carte lithologique du Groupe de Blake River montrant la position des analyses existantes de roches volcaniques, de même que les nouveaux échantillons recueillis durant ce projet. Les points oranges et les triangles turquoises sont des analyses de roches volcaniques provenant d’affleurements rocheux.

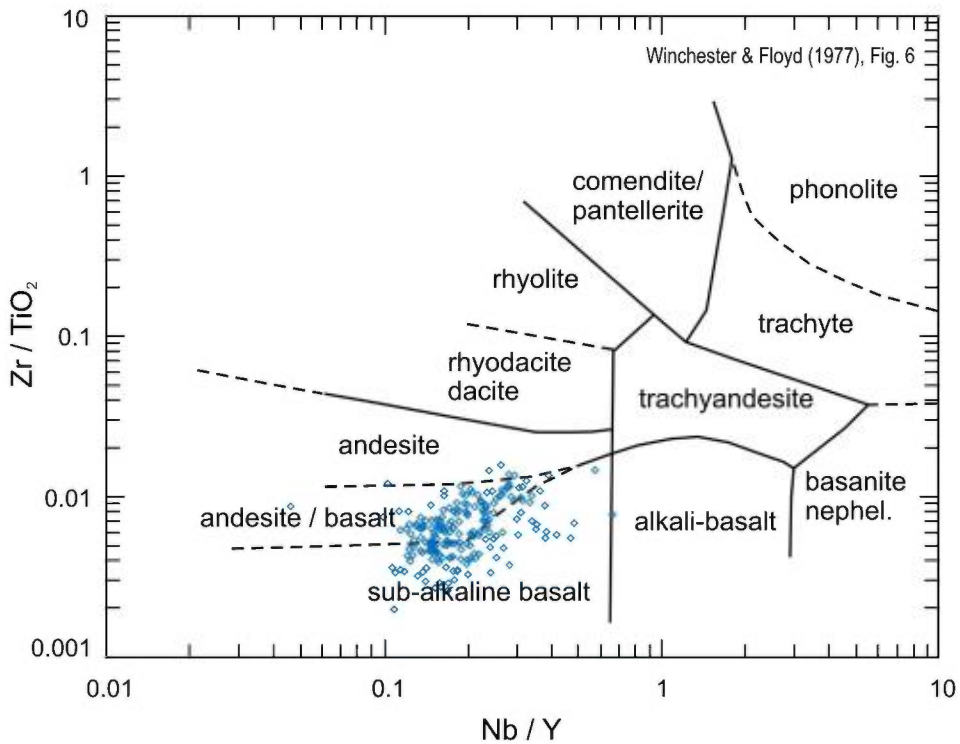
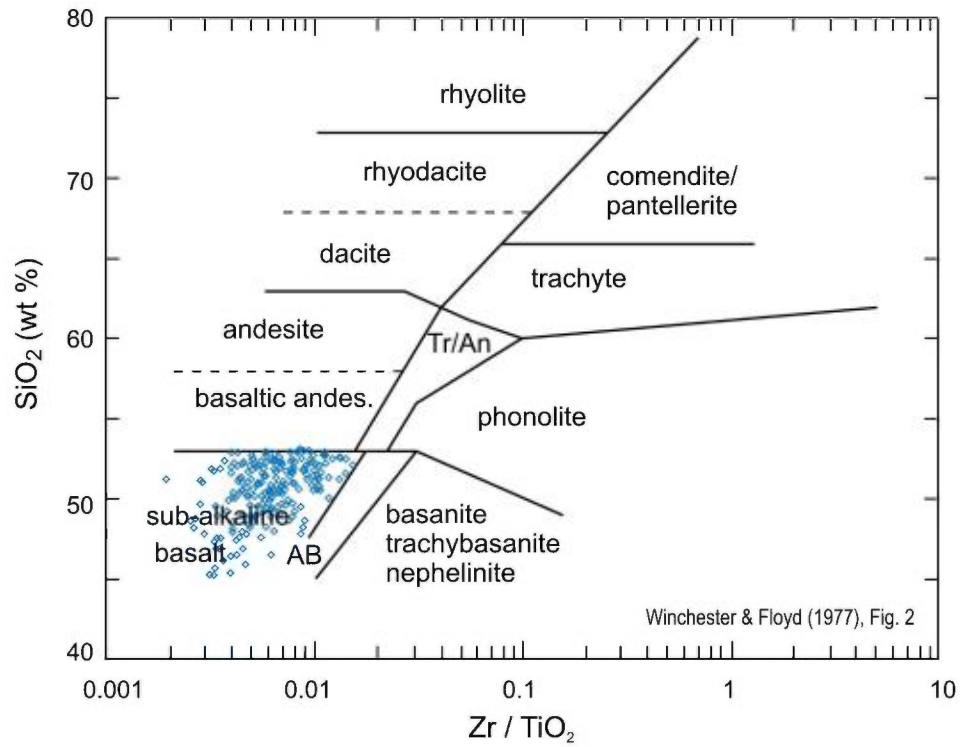


Figure 4 : Exercice sur les diagrammes de Winchester et Floyd (1977) avec les échantillons du Groupe de Blake River. Représentation sur le diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y (en bas) des analyses tombant dans le champ des basaltes subalcalins sur le diagramme SiO_2 vs Zr/TiO_2 (en haut).

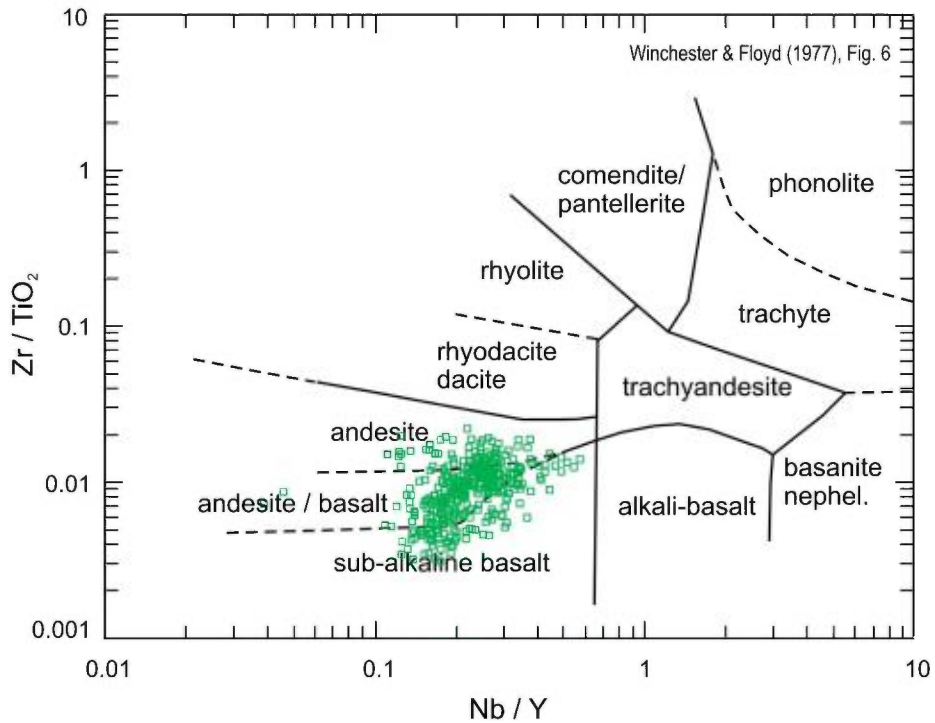
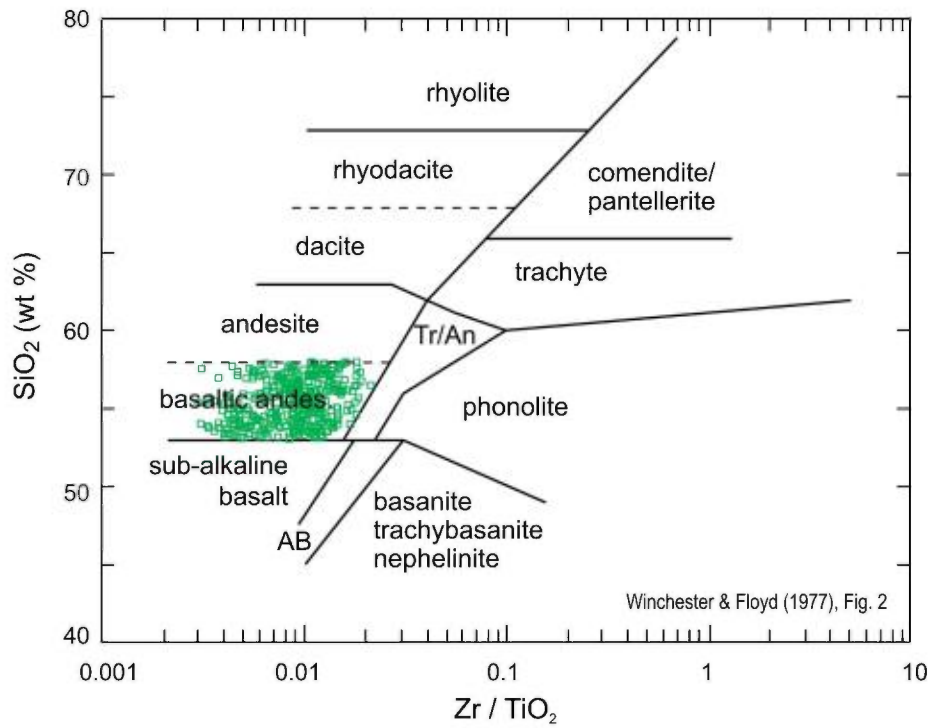


Figure 5 : Exercice sur les diagrammes de Winchester et Floyd (1977) avec les échantillons du Groupe de Blake River. Représentation sur le diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y (en bas) des analyses tombant dans le champ des andésites basaltiques sur le diagramme SiO_2 vs Zr/TiO_2 (en haut).

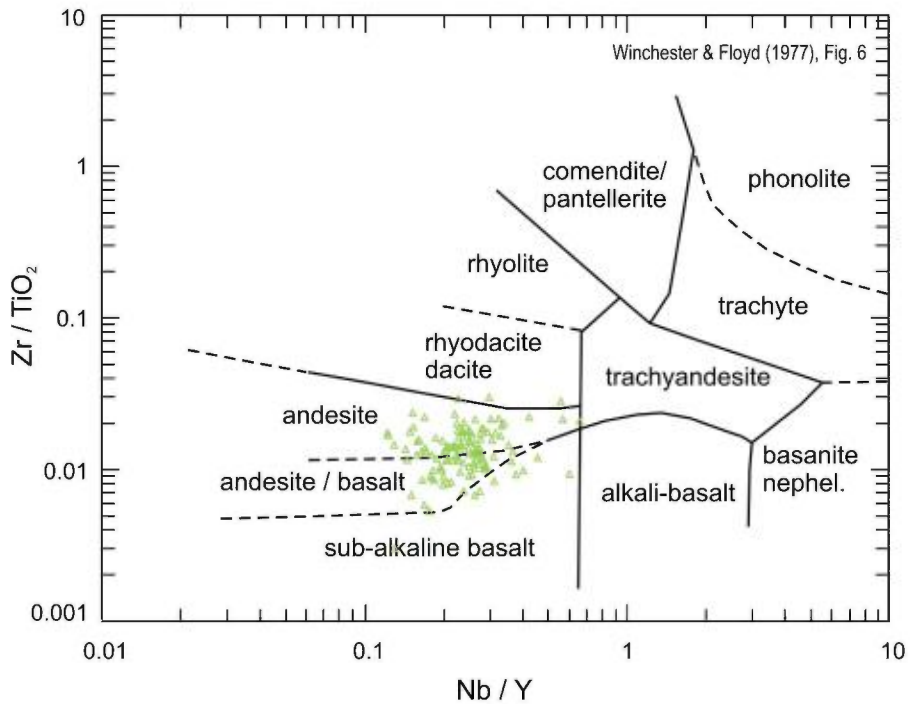
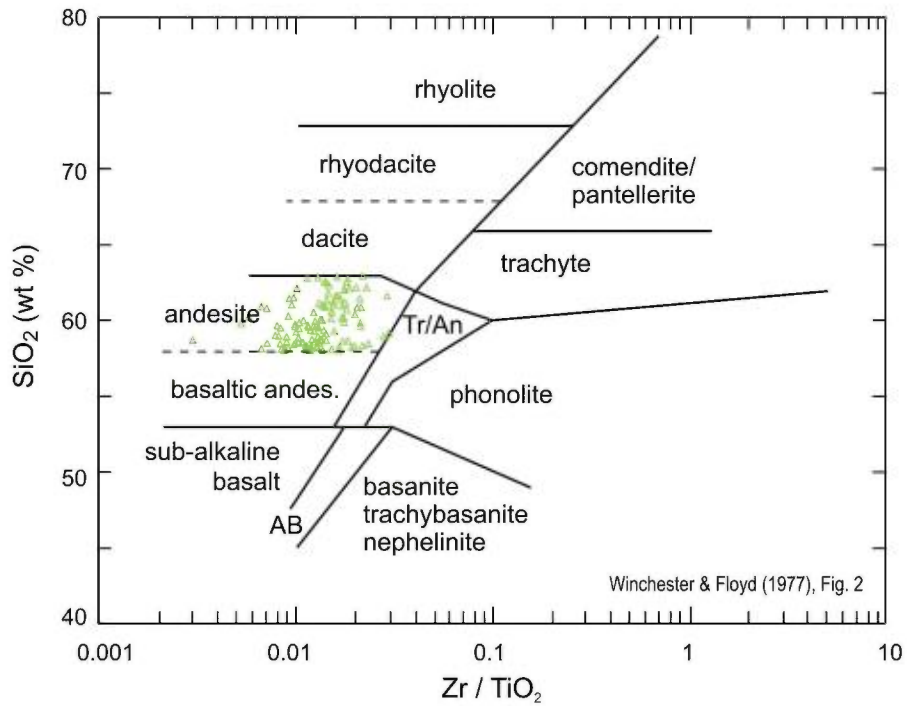


Figure 6 : Exercice sur les diagrammes de Winchester et Floyd (1977) avec les échantillons du Groupe de Blake River. Représentation sur le diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y (en bas) des analyses tombant dans le champ des andésites sur le diagramme SiO_2 vs Zr/TiO_2 (en haut).

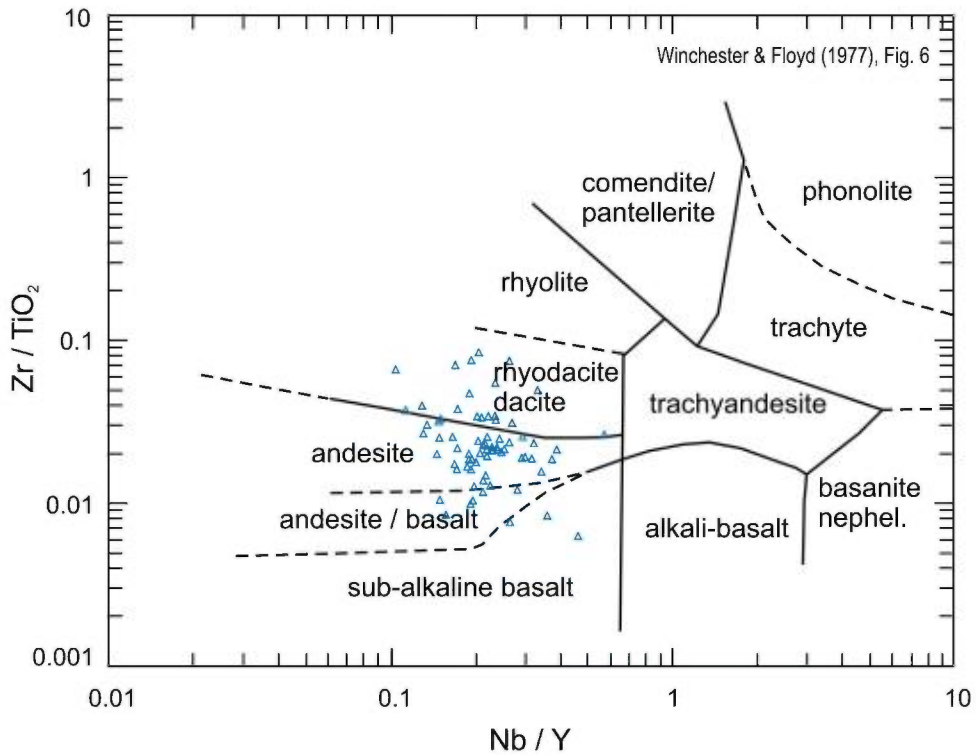
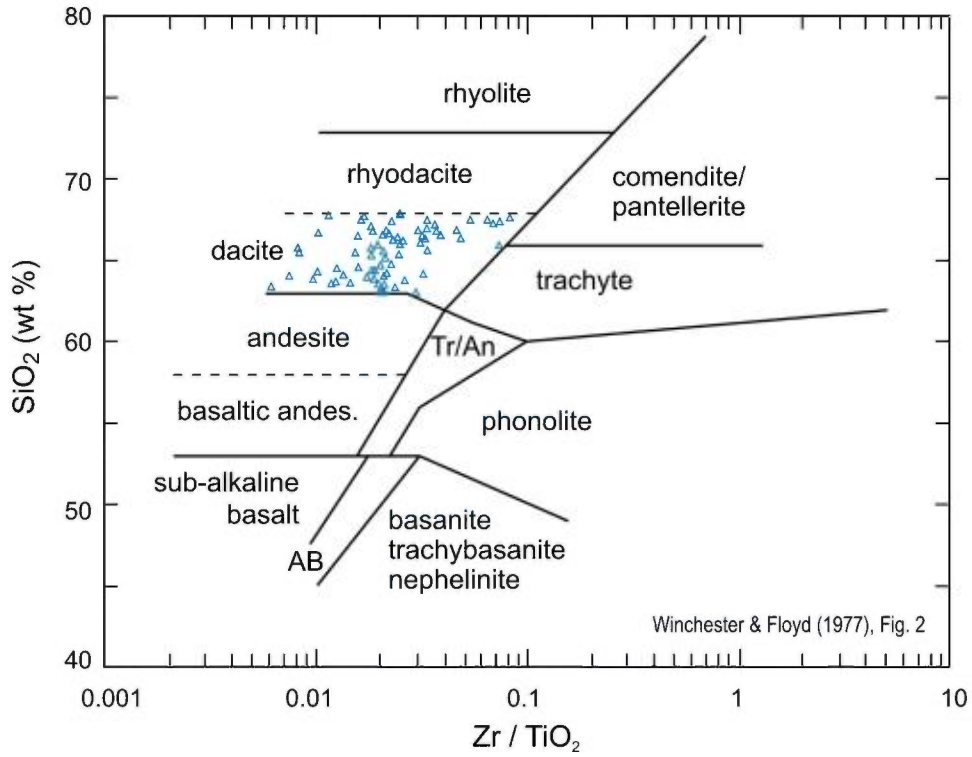


Figure 7 : Exercice sur les diagrammes de Winchester et Floyd (1977) avec les échantillons du Groupe de Blake River. Représentation sur le diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y (en bas) des analyses tombant dans le champ des dacites sur le diagramme SiO_2 vs Zr/TiO_2 (en haut).

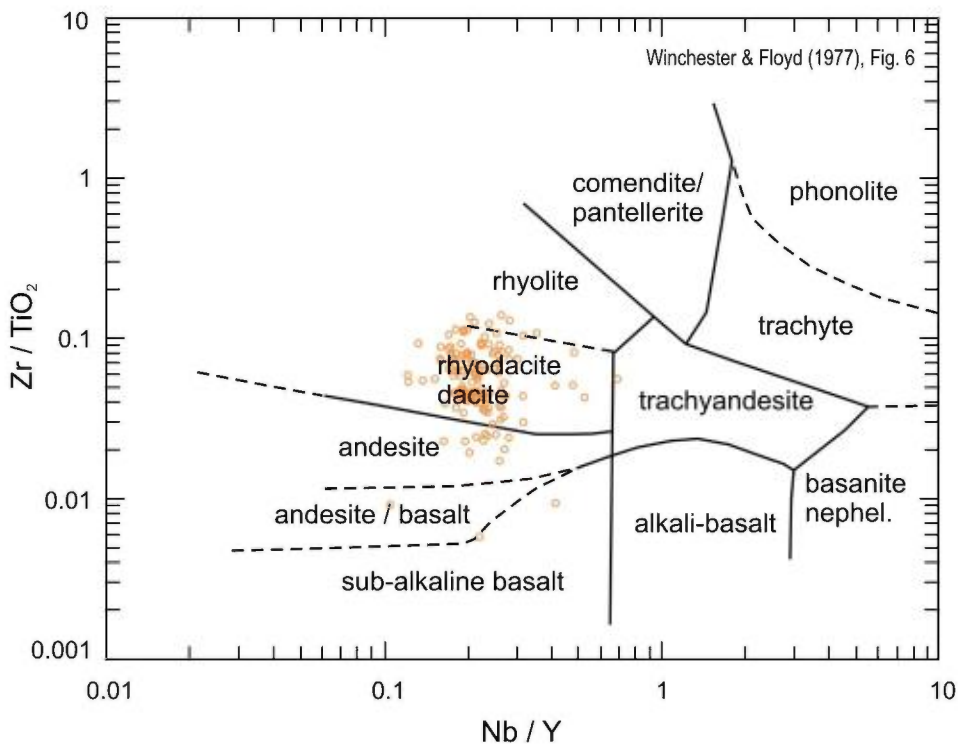
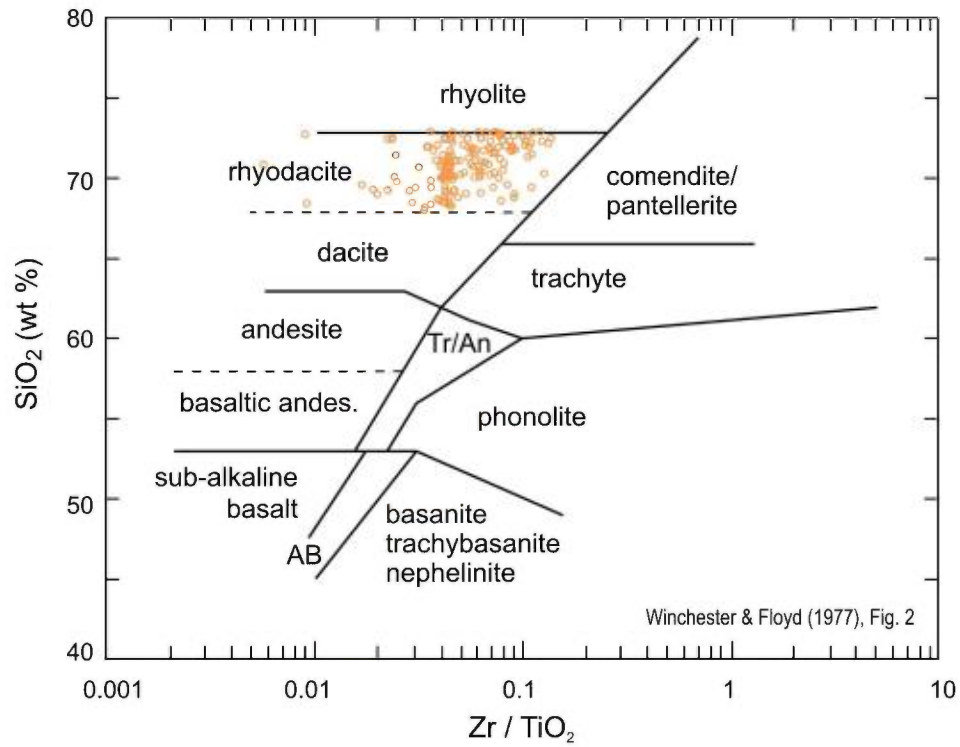


Figure 8 : Exercice sur les diagrammes de Winchester et Floyd (1977) avec les échantillons du Groupe de Blake River. Représentation sur le diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y (en bas) des analyses tombant dans le champ des rhyodacites sur le diagramme SiO_2 vs Zr/TiO_2 (en haut).

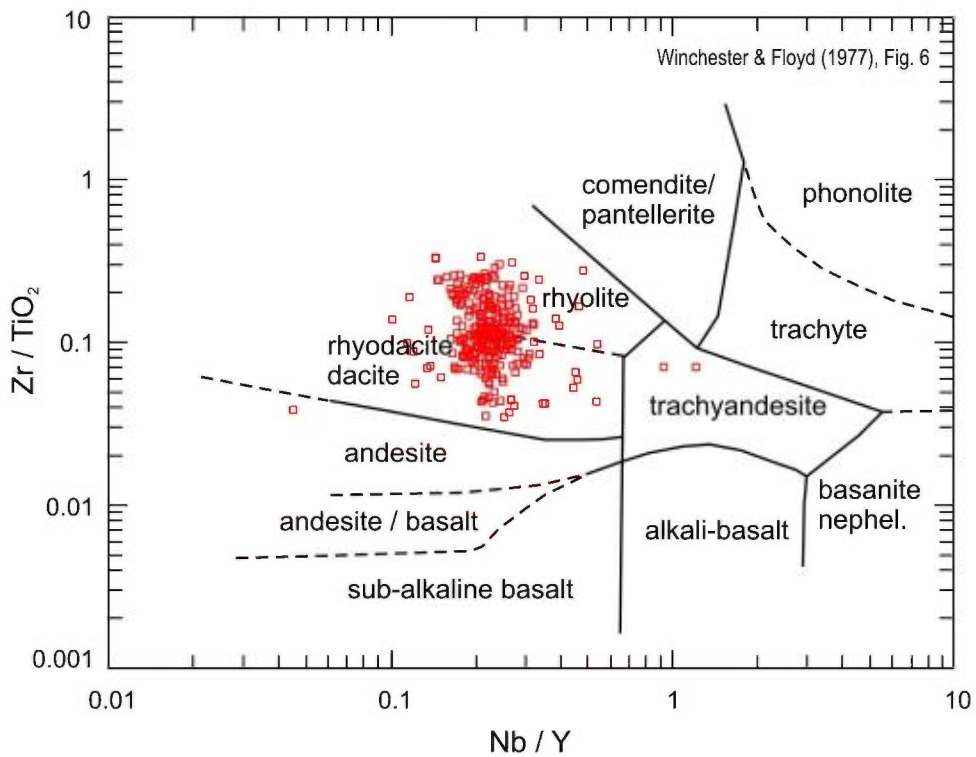
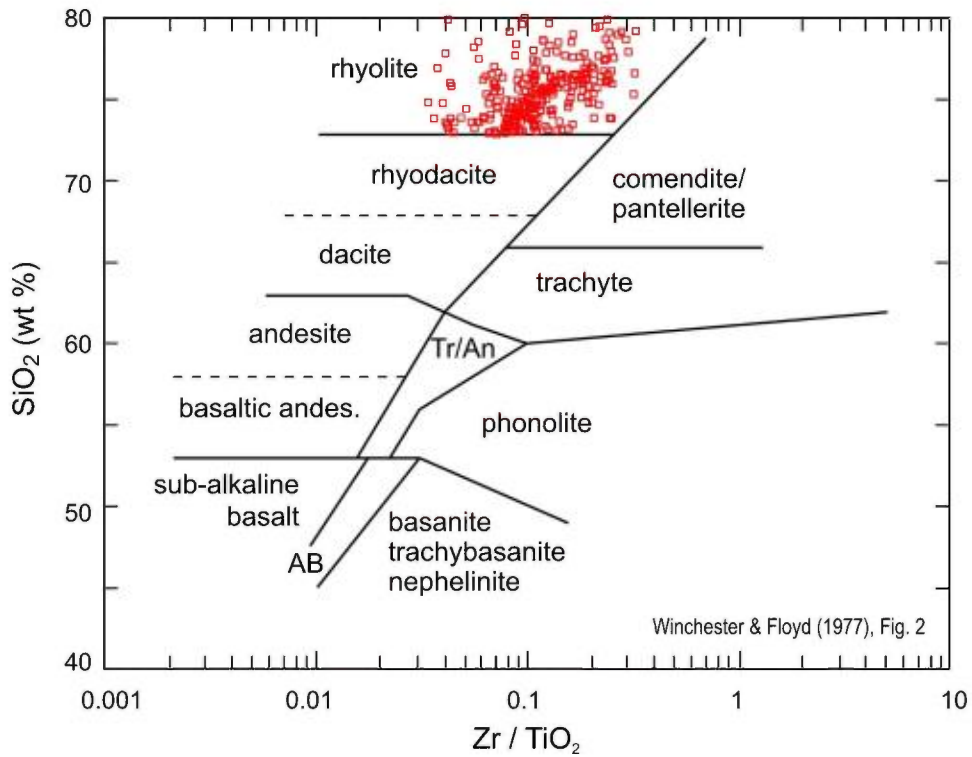


Figure 9 : Exercice sur les diagrammes de Winchester et Floyd (1977) avec les échantillons du Groupe de Blake River. Représentation sur le diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y (en bas) des analyses tombant dans le champ des rhyolites sur le diagramme SiO_2 vs Zr/TiO_2 (en haut).