

Étude volcanologique et métallogénique d'un segment de la Formation d'Hébécourt, Sous-province de l'Abitibi : résultats préliminaires

Russell Rogers¹, Pierre-Simon Ross¹, Jean Goutier², Benoit Lafrance^{3*}, Patrick Mercier-Langevin⁴

RP 2010-06

Mots clés: Abitibi, Blake River, Hébécourt, Archéen, sulfures massifs volcanogènes, volcanologie, métallogénie

Résumé

La Formation d'Hébécourt est située dans la partie nord de la région couverte par le Groupe de Blake River et demeure peu explorée pour les dépôts de sulfures massifs volcanogènes (SMV). Cette formation se compose en grande partie de basaltes tholéïtiques sous-marins avec régionalement peu de rhyolites. Elle se trouve à la base stratigraphique du Groupe de Blake River, ce qui correspond à la position et à l'âge du gisement de classe mondiale Horne (~2702 Ma).

Un projet de recherche a été entrepris sur la partie supérieure de la Formation d'Hébécourt, près de la frontière du Québec et de l'Ontario. Ce secteur a été choisi puisqu'il contient la plus forte accumulation de volcanites felsiques de cette formation, des teneurs significatives en Zn-Cu, ainsi que des niveaux laminés contenant des sulfures. L'étude vise à mieux comprendre la stratigraphie et la volcanologie des unités volcaniques du secteur, et à utiliser les niveaux laminés contenant des sulfures comme outil d'exploration. La première saison de terrain a permis de visiter la plupart des affleurements et de décrire en détail les carottes de six forages au diamant. Ce rapport préliminaire se concentre sur les observations de terrain. Les autres aspects de nos travaux, dont l'étude chimico-stratigraphique, seront présentés ultérieurement dans un second rapport.

Dans le secteur d'étude, la Formation d'Hébécourt comprend cinq unités volcaniques tholéïtiques sous-marines, nommées informellement Aht1 à Aht6 (Aht3 est absente) de la base vers le sommet, et au moins deux niveaux laminés contenant des sulfures. L'ensemble Aht1-Aht2 est interprété comme une plaine de lave constituée principalement de coulées basaltiques massives à coussinées. L'unité Aht4 se divise en deux unités rhyolitiques (Aht4a, Aht4b) qui se distinguent principalement sur la base des phénocristaux de quartz. Ces rhyolites se présentent sous forme de dômes ou de coulées dont le cœur est massif alors que le sommet et les flancs sont bréchiés. Un premier niveau laminé contenant des sulfures se situe au sommet de l'unité Aht4b. L'unité Aht5 est une andésite basaltique formée de laves coussinées et massives, accompagnées de hyaloclastites et de brèches de coussins. L'unité Aht6 se compose de rhyolite massive à volcanoclastique. Le second niveau laminé contenant des sulfures se situe au sommet de la Formation d'Hébécourt, qui est finalement recouverte par des laves principalement mafiques d'affinité transitionnelle à calco-alcaline de la Formation de Renault-Dufresnoy.

1. Institut national de la recherche scientifique, centre Eau Terre Environnement

2. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

3. Ressources Cogitore

4. Commission Géologique du Canada

* Maintenant à CONSOREM.

INTRODUCTION

Le Groupe de Blake River (Archéen) est riche en métaux usuels et en métaux précieux; c'est notamment un excellent métallotecte pour les gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV). La plus grande concentration de SMV du Groupe de Blake River se situe dans la région immédiatement au nord de Rouyn-Noranda, appelée le *camp central*. Ces dépôts sont encaissés soit dans la « séquence des mines » de la Formation de Noranda, soit dans la Formation de Horne (Gibson et Watkinson, 1990; Péloquin *et al.*, 1990; McNicoll *et al.*, en préparation). Les nouvelles datations U-Pb indiquent que ces deux formations adjacentes n'ont pas le même âge : ~2698 Ma pour la « séquence des mines » de la Formation de Noranda (partie supérieure du Groupe de Blake River), alors que les volcanites felsiques de Horne ont été datées à ~2702 Ma (partie inférieure du Groupe de Blake River) (Goutier *et al.*, 2007a; McNicoll *et al.*, en préparation). Ainsi, les roches du Blake River inférieur sont maintenant considérées comme intéressantes pour l'exploration des SMV, contrairement à la perception historique. En effet, le gisement Horne incluant la zone #5 représente 55 % du volume des SMV du Groupe de Blake River en tenant compte des ressources du district Doyon-Bousquet-LaRonde (Mercier-Langevin *et al.*, 2009).

La Formation d'Hébécourt appartient elle aussi à la partie inférieure du Groupe de Blake River et se trouve dans la partie extrême nord de la région couverte par ce groupe. Cette formation possède approximativement le même âge que les roches encaissantes du gisement Horne (McNicoll *et al.*, en préparation) et son potentiel pour les SMV doit donc être examiné. Le secteur décrit ici est caractérisé par une importante accumulation de roches felsiques, des valeurs significatives en Zn-Cu, et au moins deux niveaux laminés contenant des sulfures positionnés à des contacts felsiques-mafiques, suggérant un système hydrothermal actif (Franklin *et al.*, 2005).

Les gisements de SMV, notamment ceux du *camp central*, sont associés à des faciès volcaniques proximaux felsiques. Il semble que les fluides hydrothermaux peuvent emprunter les mêmes conduits que les magmas, ce qui explique l'association avec les faciès volcaniques proximaux et justifie le besoin de les identifier (Gibson *et al.*, 1999; Galley *et al.*, 2007). La minéralisation volcanogène peut également être associée à des failles synvolcaniques et des niveaux exhalatifs (Galley, 2003; Franklin *et al.*, 2005, Gibson et Galley, 2007), qui sont aussi des éléments essentiels à documenter. Dans le secteur d'étude, plusieurs niveaux laminés contenant des sulfures (possiblement partiellement exhalatifs) sont connus et des possibilités existent de trouver des centres effusifs et des failles synvolcaniques.

Dans ce rapport, nous présentons les observations de terrain et l'interprétation préliminaire des faciès volcaniques. Lorsque possible, des observations sur les carottes de forage seront présentées ainsi que des éléments de lithogéochimie.

CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La Sous-province de l'Abitibi couvre environ 700 km x 300 km en Ontario et au Québec (figure 1). Le Groupe de Blake River (2704-2695 Ma en incluant les barres d'erreurs sur les datations U-Pb récentes) est le plus jeune assemblage volcanique sub-alkalin de la sous-province (Thurston *et al.*, 2008). Il est composé de laves sous-marines mafiques à intermédiaires, de nombreux centres volcaniques felsiques et de proportions moindres de volcanoclastites mafiques à intermédiaires. Ces volcanites sont recoupées par des plutons intermédiaires à felsiques (synvolcaniques à syntectoniques), de même que des dykes et filons-couches gabbroïques à dioritiques. Par endroits, elles sont juxtaposées à des roches sédimentaires archéennes ou protérozoïques.

Plusieurs des principaux gisements de SMV présents dans le Groupe de Blake River se trouvent à l'intérieur du *camp central*, à proximité de Rouyn-Noranda et sont associés aux formations de Horne et de Noranda. Le gisement de SMV de Horne est encaissé dans un bloc structural bordé par des failles. Les lentilles minéralisées se sont mises en place dans des roches volcanoclastiques felsiques et des rhyolites cohérentes (Kerr et Gibson, 1993; Monecke *et al.*, 2008). Plus au nord, les gisements associés à la Formation de Noranda se rencontrent principalement dans des coulées de lave (Gibson et Galley, 2007). Le second secteur minéralisé d'importance dans le Groupe de Blake River est le camp polymétallique de Doyon-Bousquet-LaRonde. Situé beaucoup plus à l'est, ce secteur comprend des gisements majeurs de SMV riches en or (Mercier-Langevin *et al.*, 2007a). Ces SMV se situent dans la Formation de Bousquet (Lafrance *et al.*, 2003), composée de volcanites mafiques à felsiques, d'affinité tholéiitique à calco-alkaline (Mercier-Langevin *et al.*, 2007b). Cette formation, attribuée à la partie supérieure du Groupe de Blake River, repose sur la Formation d'Hébécourt.

Dans le secteur d'étude (figure 1), qui chevauche la frontière interprovinciale Québec-Ontario), la Formation d'Hébécourt est surmontée en concordance par la Formation de Renault-Dufresnoy du Groupe de Blake River (Goutier *et al.*, 2007a) dans une structure homoclinale orientée ENE, à pendage abrupt et à polarité vers le sud. Le métamorphisme de la région d'étude est inférieur au faciès des schistes verts (Powell *et al.*, 1995; nos travaux).

La Formation d'Hébécourt est un équivalent du « *Lower Blake River Assemblage* » en Ontario (Berger et Amelin, 1998; Ayer *et al.*, 2002, 2005). Cette corrélation repose sur la continuité des unités lithologiques et des patrons aéromagnétiques. La plus grande épaisseur de volcanites felsiques de la Formation d'Hébécourt se situe dans le secteur d'étude. Ces roches font partie, en presque totalité, d'une propriété de Ressources Cogitore. Cette compagnie y a effectué récemment douze forages au diamant visant surtout le sommet de cette bande felsique (figure 1). Des valeurs intéressantes ont notamment été obtenues dans le trou HEB-02,

lequel a donné 1,2 % Zn sur 7,2 mètres, comprenant 3,58 % Zn sur 1 mètre (site internet de Ressources Cogitore). Un forage plus ancien (753-1), situé au NE, avait donné des teneurs de 1,05 % Zn sur 43 m, comprenant une intersection à 6,0 % Cu et 7,3 % Zn sur 0,6 m (Cloutier, 1975).

MÉTHODES

Cinq semaines de terrain ont été complétées durant l'été 2008 dans le cadre du projet de maîtrise du premier auteur à l'INRS-ETE. Ceci a permis d'examiner la grande majorité des affleurements et la moitié des forages récents. L'objectif principal était de documenter la distribution des unités stratigraphiques, les variations de faciès volcaniques, l'altération hydrothermale et la minéralisation. Plus de 150 échantillons ont été prélevés pour des fins de pétrographie et d'analyse géochimique afin de développer une chimico-stratigraphie basée principalement sur les éléments en traces et immobiles et de pouvoir quantifier l'altération. De plus, plus de 900 analyses géochimiques historiques ont été compilées. Dix-neuf échantillons provenant de niveaux laminés contenant des sulfures seront utilisés pour des analyses LA-ICP-MS sur des pyrites. Ces données seront présentées ultérieurement.

STRATIGRAPHIE ET VARIATIONS DES FACIÈS

Formation d'Hébécourt

Dans la région d'étude, la Formation d'Hébécourt est composée, de la base vers le sommet, de cinq unités volcaniques informelles Aht1 à Aht6 (l'unité Aht3 n'étant pas présente dans la région) et d'au moins deux niveaux laminés contenant des sulfures. Les divisions stratigraphiques ont été modifiées légèrement de celles utilisées par Ressources Cogitore (carte géologique non publiée). L'unité de rhyolite principale Aht4 se divise en deux sous-unités, Aht4a et Aht4b, qui se distinguent principalement par la présence ou l'absence de phénocristaux de quartz.

Unités Aht1 (basalte) et Aht2 (andésite basaltique)

Les volcanites mafiques dominent la Formation d'Hébécourt. Au Québec, cet ensemble est caractérisé par des niveaux d'andésite basaltique variolitique (Aht2) et de basalte glomérophyrique (Aht3), interstratifiés avec des coulées basaltiques (Aht1). Ces faciès sont observés du canton de Marriott en Ontario jusqu'au camp minier de Doyon-Bousquet-LaRonde (Jensen, 1978; Goutier, 1997;

Lafrance *et al.*, 2003; Legault *et al.*, 2005). L'interprétation classique des unités Aht1 et Aht2 est qu'elles représentent une plaine de lave (Dimroth *et al.*, 1982). La présence de niveaux marqueurs (ex. laves variolitiques) sur des dizaines de kilomètres supporte cette interprétation.

Dans la région d'étude, l'unité Aht1 est la plus ancienne et la plus abondante de la Formation d'Hébécourt (figure 1). Elle se compose de basaltes aphyriques, massifs à coussinés, sans répartition particulière dans la distribution des faciès. Les basaltes coussinés se composent de coussins de 60 à 80 cm de largeur, en moyenne, avec une texture finement grenue. Ils sont de couleur gris moyen à foncé en surface fraîche. Le contenu en amygdales de quartz (≤ 2 mm) varie de nul à localement 3 %. Le matériel entre les coussins comprend des particules anguleuses allant jusqu'à 1 cm de large, interprétées comme de la hyaloclastite (figure 2a). La lave massive est non vésiculaire, aphanitique ou finement grenue et de couleur gris moyen en surface fraîche. Des taches de chlorite de 2 à 3 mm de diamètre sont visibles à plusieurs endroits. Localement, une faible épidotisation est observée. Enfin, des amas de pyrite faisant jusqu'à 3 mm peuvent représenter jusqu'à 3 % de la roche.

Plusieurs bandes d'andésite basaltique variolitique (unité Aht2), de 20 à 300 m d'épaisseur, sont interstratifiées avec les basaltes de l'unité Aht1 (figure 1). Ces roches sont typiquement coussinées et plus rarement massives. Les coussins sont de grand diamètre (> 70 cm), avec des bordures centimétriques de hyaloclastite. Les varioles se présentent sous la forme de sphères, vert pâle, de 0,1 à 5 cm de diamètre, avec un diamètre moyen de 4 à 10 mm. Elles sont bien développées dans la bordure des coussins et deviennent coalescentes vers le cœur. Les varioles sont précoces et proviennent dans plusieurs cas de dévitrification (Goutier, observations non publiées; exemple aff. 91-JG-1014, figure 1). Mentionnons finalement que ces structures sont très rares dans les laves massives.

Les quatre analyses chimiques réalisées sur les laves de l'unité Aht1 se situent majoritairement dans le champ des basaltes sur le diagramme SiO_2 versus Zr/TiO_2 de Winchester et Floyd (1977; non illustré). Le basalte a un ratio Zr/Y moyen de 2,75, ce qui en fait une unité tholéitique selon les critères de Barrett et MacLean (1999).

Unité Aht4a (rhyolite porphyrique)

L'unité Aht4a repose en concordance sur la succession Aht1-Aht2 (figure 1). L'unité a été observée sur 21 affleurements situés de part et d'autre d'une intrusion mafique stratiforme qui coupe l'unité dans sa partie centrale. Les rhyolites massives rencontrées au nord de l'intrusion mafique sont finement à moyennement grenues, à texture microsphérolitique, de couleur gris moyen en surface fraîche, avec 1 à 5 % de cristaux de quartz de 1 à 2 mm et de 1 à 2 % de cristaux de plagioclase de 1 mm ou moins. Des laminations d'écoulement laminaire (*flow banding*) sont fréquemment

observées, avec peu de vésicules. Des altérations en séricite (figure 2b) ou à séricite, carbonate et chlorite sont observées localement. Toujours au nord de l'intrusion mafique, un seul affleurement se compose de brèche. Cette roche contient des fragments noirâtres de 4-5 cm, porphyriques à quartz (≤ 2 mm), dont certains présentent des structures d'écoulement laminaire. Les fragments se rayent facilement, suggérant une altération chloritique. La matrice contient aussi des cristaux de quartz et semble silicifiée.

Au sud de l'intrusion mafique, plusieurs des affleurements se composent de brèches, aux limites ouest et est du secteur visité, alors que les autres affleurements, au centre du secteur, sont formés de rhyolites massives. Ces rhyolites massives présentent une texture très finement grenue. Elles sont de couleur gris moyen et contiennent 1 à 2 % de phénocristaux de quartz atteignant 1 mm de diamètre, ainsi que des proportions variables de cristaux de feldspath. Lorsque ces derniers sont présents, ils sont moins abondants et plus petits que les quartz.

Les brèches rencontrées au sud de l'intrusion mafique contiennent des fragments non jointifs et des laminations d'écoulement laminaire sont localement visibles dans les fragments. Les autres caractéristiques changent selon les secteurs. Les brèches du côté ouest contiennent des fragments anguleux, surtout aphyriques, bien que les roches massives de l'unité Aht4a soient porphyriques à quartz. La taille des plus gros fragments est de 35 cm en moyenne dans les brèches du secteur ouest. Leur orientation semble aléatoire. Les brèches du côté est, en revanche, contiennent des fragments subarrondis à subanguleux, souvent vésiculaires, avec un aspect plus siliceux que la matrice. La majorité des fragments comprend des cristaux de quartz de 1 à 2 mm et des feldspaths submillimétriques et moins abondants.

Six nouveaux échantillons ont été prélevés dans cette unité sur le terrain, dont quatre au sud de l'intrusion mafique. Les analyses confirment la nature rhyolitique de l'unité, avec une affinité tholéiitique (ratio Zr/Y moyen de 2,2).

L'affleurement 94-DV-03 (utm 614104 m E, 5373452 m N) dans l'unité Aht4a a fait l'objet d'études géochronologiques par Vaillancourt (1996), sans toutefois obtenir d'âge de cristallisation. McNicoll *et al.* (en préparation), ont déterminé un âge de 2703 Ma pour cette unité. Ceci en fait l'unité volcanique la plus ancienne datée dans le Groupe de Blake River.

Unité Aht4b (rhyolite aphyrique)

L'unité Aht4b surmonte l'unité Aht4a (figure 1). Des onze affleurements visités, les sept situés dans la partie supérieure de l'unité se composent de brèches (figures 2c et 2d), alors que les autres, plus près de la base, sont des rhyolites massives. Ces dernières sont très dures, aphyriques, non vésiculaires, aphanitiques à très finement grenues et de couleur gris moyen à foncé. Des laminations d'écoulement laminaire sont présentes par endroits et sont probablement

associées aux bordures de lobes (Yamagishi et Dimroth, 1985; figure 2e).

Les brèches monogéniques (en termes compositionnels) (figure 2c) présentent des fragments non jointifs. On y remarque plusieurs variétés de fragments rhyolitiques, selon la présence ou non de laminations et de vésicules (figure 2d). Les fragments ont en moyenne 30 cm de largeur, et une forme subanguleuse à subarrondie. Leur orientation est généralement aléatoire, sauf à deux endroits où des fragments allongés montrent un alignement ENE. La matrice très fine est généralement siliceuse, parfois riche en carbonate ou en pyrite. Dans les brèches du secteur ouest, les fragments sont vésiculaires et sans laminations, alors que dans celles du secteur est, les vésicules sont absentes et les laminations sont variablement développées.

Deux nouvelles analyses chimiques, provenant d'échantillons de rhyolites massives prélevés loin des bordures de lobes, montrent un ratio Zr/Y moyen de 3,6 qui indique une affinité tholéiitique.

Premier niveau laminé contenant des sulfures

Les niveaux laminés contenant des sulfures ont été observés uniquement en forage. Leur nombre et leur position stratigraphique ne sont pas définitivement établis. Dans le forage HEB-04, un premier niveau important se situe au-dessus de l'unité Aht4b et il a été intersecté sur 46 cm de longueur. Il compte en fait trois intervalles finement laminés séparés par des tufs non laminés. Les laminations font de 1 à 10 mm d'épaisseur et comprennent du tuf, de la pyrite très fine et de l'argilite (figure 3a).

Unité Aht5 (andésite basaltique)

L'unité Aht5, constituée d'andésites basaltiques variablement variolitiques, peut atteindre une épaisseur maximum de 210 m (figure 1). Elle a été observée sur onze affleurements, dont sept sont constitués d'andésites basaltiques coussinées. Les autres affleurements se composent de hyaloclastites, de brèches de coussins (figure 3b) ou de laves massives.

Les andésites basaltiques coussinées sont aphyriques et finement grenues (figure 2f), de couleur gris moyen à gris foncé en surface fraîche et rarement vésiculaires. Les coussins ont une largeur de 80 à 120 cm et plusieurs d'entre eux sont variolitiques. Les varioles sont pâles et concentrées dans les marges de coussins. Leur taille peut atteindre 1 cm mais diminue vers le centre des coussins. De la hyaloclastite est observée entre les coussins (figure 3c). Elle est constituée de fragments anguleux chloritisés, de moins de 1 cm de large et cimentés par du quartz. Mentionnons que ces laves variolitiques sont similaires à celles de l'unité Aht2.

Les domaines plus importants de hyaloclastite se composent de fragments complètement chloritisés dont la dimension peut atteindre 1 à 2 cm. Ils ont un aspect *in situ*

et sont cimentés par du quartz, ressemblant ainsi au matériel rencontré entre les coussins dans les laves, mais avec de plus gros clastes. Dans les brèches de coussins s'ajoutent de plus gros fragments avec des formes rondes ou fluidales, allant jusqu'à 25 cm de large. Ces gros fragments ont parfois des bordures figées et contiennent localement des varioles. La matrice des brèches de coussins peut être séricitisée, sans ciment de quartz.

Trois analyses lithogéochimiques provenant d'échantillons de terrain se situent dans la partie inférieure du champ « andésite/andésite basaltique » sur le diagramme de la silice en fonction du rapport Zr/TiO_2 de Winchester et Floyd (1977). Ils montrent également un ratio Zr/Y moyen de 2,7 (affinité tholéiitique).

Unité Aht6 (rhyolite)

L'unité Aht6 possède une épaisseur de moins de 100 m. Elle a surtout été observée en forage, et n'est représentée que par deux affleurements à proximité du lac Hébécourt (figure 1). Il s'agit de rhyolites aphyriques massives, finement grenues à aphanitiques, de couleur gris moyen en surface fraîche et comptant moins de 1 % d'amygdales de quartz. On y observe de rares veines de quartz et localement, de la pyrite très fine, disséminée. Un des affleurements montre une chloritisation modérée irrégulière.

L'unité Aht6 a notamment été observée dans les forages HEB-01, HEB-02 et HEB-04. En plus du faciès de rhyolite massive, un tuf à lapillis de même composition a également été observé. Ce dernier est de couleur gris ou vert et de teinte moyenne à foncée. Les fragments ont une dimension de 8 à 12 mm et sont arrondis. Localement, jusqu'à 10 % de fragments quartzeux anguleux sont présents. Par endroits, la roche volcanoclastique est remplacée jusqu'à 90 % par des sphéroïdes siliceux millimétriques à centimétriques (Gifkins *et al.*, 2005), sans structure interne et parfois fusionnés. Localement, une silicification très intense affecte le tuf à lapillis, mais la texture fragmentaire demeure toutefois visible (figure 3d).

Dans les forages, la rhyolite massive est de couleur variant de gris foncé à gris pâle et on y distingue des sphéroïdes siliceux pouvant compter pour 70 à 90 % de la roche (figure 3e). Ces sphéroïdes, souvent coalescents, montrent localement des structures internes bien préservées. Le matériel entre les sphéroïdes est chloritisé et a une teinte plus foncée verdâtre. Cette texture de sphéroïdes est relativement précoce puisqu'elle montre les aspects d'aplatissement associés à la déformation.

Les deux analyses géochimiques réalisées sur des échantillons de rhyolite massive confirment la nature rhyolitique de ces roches et soulignent leur affinité magmatique tholéiitique avec un ratio Zr/Y moyen de 2,9. Un échantillon de rhyolite a également été prélevé dans le forage HEB-01 (de 58 à 96,5 m) pour une datation U-Pb. Un âge de 2702 Ma a été obtenu (McNicoll *et al.*, en préparation).

Second niveau laminé contenant des sulfures

Un deuxième niveau laminé contenant des sulfures se situe vraisemblablement au sommet de la Formation d'Hébécourt. Des valeurs atteignant 7030 ppm Zn ont été obtenues par Ressources Cogitore sur des sections de carottes de 30 cm de longueur. Ce niveau est noté par exemple dans le forage HEB-02 (figure 3f). D'une longueur de 72 cm, il comprend plusieurs intervalles stratifiés de 1 mm à plusieurs centimètres d'épaisseur et séparés par des tufs non laminés. Ces intervalles laminés sont dominés par de l'argilite et du tuf avec des proportions moindres de pyrite.

Formation de Renault-Dufresnoy

La Formation de Renault-Dufresnoy est représentée par deux unités lithologiques dans le secteur d'étude (figure 1) : 1) une unité principale de basalte et d'andésite basaltique d'affinité transitionnelle à calco-alcaline, qui recouvre la Formation d'Hébécourt; 2) des niveaux de volcanoclastites mafiques à intermédiaires intercalés dans les laves, devenant plus importants vers le sud.

Six affleurements de basalte et d'andésite basaltique ont été visités près de la base de la formation de Renault-Dufresnoy. Ces laves sont massives ou coussinées. Les laves coussinées sont aphyriques, à grain fin et de couleur gris moyen en surface fraîche. Les coussins ont généralement moins d'un mètre de longueur et sont souvent amygdalaires. Les vésicules sont remplies de quartz, parfois rose, et de chlorite. Localement, on remarque une altération en quartz et chlorite. Lorsque massives, ces laves varient de très finement grenues à grain moyen et semblent plus altérées en chlorite et en quartz que le faciès coussiné. On observe aussi un affleurement avec une altération en carbonate.

Les niveaux de volcanoclastites sont intercalés entre les coulées de lave mafique. Ils sont composés de tuf à lapillis ou à cendres, en lits minces à moyens montrant du granoclassement et des laminations parallèles. Des faciès plus grossiers sont présents plus au sud et sont décrits par Goutier *et al.* (2007b) et Ross *et al.* (2008).

En forage, les laves mafiques ont été observées dans les forages HEB-02 (faciès massif) et HEB-04 (faciès coussiné). La roche est aphanitique à finement grenue et de couleur gris moyen à gris pâle. Pour le faciès massif, une fausse texture fragmentaire est localement observée à cause d'une altération irrégulière en chlorite. Dans ce faciès, on remarque aussi des amygdales de quartz, calcite et épidote de forme très irrégulière (<2 mm). Dans le faciès coussiné, on observe 2 à 3 % de vésicules remplies de quartz et parfois de chlorite et une altération en épidote est présente. On note une concentration d'amygdales, parfois variolitiques, près des marges des coussins. De la hyaloclastite constituée de fragments atteignant 1 cm de diamètre est présente entre les coussins.

SOMMAIRE ET CONCLUSION

Un projet de recherche a été entrepris sur la partie supérieure de la Formation d'Hébécourt, près de la frontière du Québec et de l'Ontario. La première saison de terrain en 2008 a permis de visiter la plupart des affleurements et de décrire en détail les carottes de six forages au diamant dans le secteur d'étude. À partir de ces travaux et de la compilation des données antérieures, la Formation d'Hébécourt a été divisée en six unités volcaniques tholéïtiques (Aht1 à Aht6), dont cinq sont présentes dans le secteur d'étude. La rhyolite principale (unité Aht4), qui contient une zone minéralisée en Zn-Cu sous forme de fillonnets de sulfures dans sa partie est, est divisée en deux sous-unités (unités Aht4a et Aht4b) selon la présence ou l'absence de phénocristaux de quartz. La Formation d'Hébécourt est recouverte en concordance par des laves mafiques d'affinité principalement transitionnelle à calco-alkaline de la Formation de Renault-Dufresnoy.

Les nouveaux forages de Ressources Cogitore ont permis de mieux définir le sommet de la Formation d'Hébécourt en y incluant une unité felsique (Aht6) précédemment mal connue, et au moins deux niveaux laminés riches en sulfures contenant des valeurs en zinc. Ceux-ci mettent en valeur le potentiel pour les minéralisations de sulfures massifs volcanogènes (SMV) dans la partie supérieure de cette formation.

Les travaux futurs permettront de mieux prendre en compte la géochimie, notamment les analyses provenant des forages, et de développer un modèle chimico-stratigraphique. L'intégration de ce modèle avec des interprétations plus détaillées des faciès volcaniques servira à mieux positionner les niveaux laminés riches en sulfures dans la séquence, de même que les centres effusifs et possiblement les failles synvolcaniques. Suite à ce travail, les analyses LA-ICP-MS sur les pyrites provenant des niveaux laminés riches en sulfures pourront servir à définir des vecteurs d'exploration.

REMERCIEMENTS

Cette étude est rendue possible par la collaboration de la Commission Géologique du Canada (Initiative Géoscientifique Ciblée, phase 3, projet Abitibi), du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, et de Ressources Cogitore. En particulier, nous remercions Benoît Dubé et Sylvain Lacroix pour le support financier et logistique de la CGC et du MRNF. L'Institut national de la recherche scientifique, centre Eau Terre Environnement, a accordé une bourse d'exemption de frais de scolarité majorés pour les étudiants étrangers au premier auteur. Nous tenons à remercier Philippe Robidoux pour son travail d'assistant durant la campagne de terrain 2008.

RÉFÉRENCES

- AYER, J. – AMELIN, Y. – CORFU, F. – KAMO, S. – KETCHUM, J. – KWOK, K. – TROWELL, N., 2002 – Evolution of the southern Abitibi greenstone belt based on U-Pb chronology: autochthonous volcanic construction followed by plutonism, regional deformation and sedimentation. *Precambrian Research*; volume 115, pages 63-95.
- AYER, J.A. – THURSTON, P.C. – BATEMAN, R. – DUBÉ, B. – GIBSON, H.L. – HAMILTON, M.A. – HATHWAY, B. – HÖCKER, S.M. – HOULÉ, M.G. – HUDAK, G. – ISPOLATOV, V.O. – LAFRANCE, B. – LESHER, C.M. – MACDONALD, P.J. – PÉLOQUIN, A.S. – PIERCEY, S.J. – REED, L.E. – THOMPSON, P.H., 2005 – Overview results from the Greenstone Architecture Project; Discover Abitibi Initiative. Ontario Geological Survey; Open File Report 6154, 146 pages.
- BARRETT, T.J. – MACLEAN, W.H., 1999 – Volcanic sequences, litho-geochemistry, and hydrothermal alteration in some bimodal volcanic-associated massive sulfide systems; in *Volcanic-associated massive sulfide deposits: processes and examples in modern and ancient settings*. In: BARRIE, C.T. – HANNINGTON, M.D., *Reviews in Economic Geology*; volume 8, pages 101-131.
- BERGER, B. – AMELIN, Y., 1998 – Project Unit 97-024. Geological Investigations Along Highway 101; Guibord, Michaud and Garrison Townships. Ontario Geological Survey; Miscellaneous Paper 169, pages 25-32.
- CLOUTIER, J.-P., 1975 – 6 DDH logs and report. Rapport statuaire, déposé au Ministère des Ressources naturelles et de la Faune; GM 30901, 75 pages et 3 plans.
- DIMROTH, E. – IMREH, L. – ROCHELEAU, M. – GOULET, N., 1982 – Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part I: Stratigraphy and paleogeographical model. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 19, pages 1729-1758.
- FRANKLIN, J.M. – GIBSON, H. – JONASSON, I.R. – GALLEY, A.G., 2005 – Volcanogenic Massive Sulfide Deposits. *Economic Geology*; 100th Anniversary Volume, pages 523-560.
- GALLEY, A.G., 2003 – Composite synvolcanic intrusions associated with Precambrian VMS-related hydrothermal systems. *Mineralium Deposita*; volume 38, pages 443-473.
- GALLEY, A.G. – HANNINGTON, M. – JONASSON, I., 2007 – Volcanogenic massive sulphide deposits. In: GOODFELLOW, W. D., *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods*. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division; Special Publication No. 5, pages 141-161.
- GIBSON, H.L. – GALLEY, A.G., 2007 – Volcanogenic massive sulphide deposits of the Archean, Noranda District, Quebec. In: GOODFELLOW, W.D., *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods*. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division; Special Publication No. 5, pages 533-552.
- GIBSON, H.L. – MORTON, R.L. – HUDAK, G.J., 1999 – Submarine volcanic processes, deposits, and environments favorable for the location of volcanic-associated massive sulfide deposits. In: BARRIE, C.T. – HANNINGTON, M. D., *Volcanic-*

- associated massive sulfide deposits: processes and examples in modern and ancient settings. *Reviews in Economic Geology*; volume 8, pages 13-51.
- 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. L'Institut canadien des mines et de la métallurgie; volume spécial 43, pages 119-132.
- GIFKINS, C. – HERRMANN, W. – LARGE, R., 2005 – Altered volcanic rocks; a guide to description and interpretation. Centre for Ore Deposit Research, University of Tasmania, Australie; 275 pages.
- GOUTIER, J., 1997 – Géologie de la région de Destor (SNRC 32D/07). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 96-13, pages 1-37.
- GOUTIER, J. – DION, C. – LEGAULT, M. – ROSS, P.-S. – McNICOLL, V. – DE KEMP, E. – PERCIVAL, J. – MONECKE, T., – BELLEFLEUR, G. – MERCIER-LANGEVIN, P. – LAUZIERE, K. – THURSTON, P. – AYER, J., 2007a. Les unités du Groupe de Blake River : corrélations, géométrie et potentiel minéral. Québec Exploration 2007; Résumés des conférences et des photoprésentations, page 13.
- GOUTIER, J. – MONECKE, T. – ROSS, P.-S. – DION, C., 2007b - Volcanoclastites du Groupe de Blake River et implications pour les SMV. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et Commission géologique du Canada; Excursion conjointe Plan Cuivre (MRNF)– Initiative Géoscientifique Ciblée-3 Abitibi (CGC), GM 63072, 22 pages.
- JENSEN, L. S., 1978 - Geology of Stoughton and Marriott Townships, District of Cochrane. Ontario Geological Survey; Report 173, 72 pages.
- KERR, D.J. – GIBSON, H.L., 1993 – A Comparison of the Horne volcanogenic massive sulfide deposit and intracauldron deposits of the Mine Sequence, Noranda, Quebec. *Economic Geology*; volume 88, pages 1419-1442.
- 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, pages 1-45.
- LEGAULT, M. – GOUTIER, J. – BEAUDOIN, G. – AUCOIN, M., 2005 – Synthèse métallogénique de la Faille de Porcupine-Destor, Sous-province de l'Abitibi. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; ET 2005-01, pages 1-35.
- MCNICOLL, V. – GOUTIER, J. – DUBÉ, B. – MERCIER-LANGEVIN, P. – ROSS, P.-S. – DION, C. – MONECKE, T. – PERCIVAL, J. – LEGAULT, M. – GIBSON, H., en préparation. 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. – HANNINGTON, M.D. – DAVIS, D.W. – LAFRANCE, B. – GOSSELIN, P., 2007a – 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. – GOSSELIN, P., 2007b – The LaRonde Penna Au-rich volcanogenic massive sulfide deposit, Abitibi greenstone belt, Quebec: Part II. *Litho geochemistry and Paleotectonic Setting. Economic Geology*; volume 102, pages 611-631.
- MERCIER-LANGEVIN, P. – MONECKE, T. – DUBÉ, B. – GIBSON, H. – HANNINGTON, M. – McNICOLL, V. – GOUTIER, J., 2009 – Les sulfures massifs volcanogènes géants du Groupe de Blake River : l'état des connaissances et implications pour l'exploration. Partie I – LaRonde Penna. *Dans* : Excursion géologiques, congrès Abitibi cuivre 2009. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; GM 64196, pages 29-50.
- MONECKE, T. – GIBSON, H. – DUBÉ, B. – LAURIN, J. – HANNINGTON, M.D. – MARTIN, L., 2008 – Geology and volcanic setting of the Horne deposit, Rouyn-Noranda, Quebec: initial results of a new research project. *Commission géologique du Canada; recherches en cours*, volume 2008-9, pages 1-16.
- PÉLOQUIN, A.S. – POTVIN, R. – PARADIS, S. – LAFLÈCHE, M.R. – VERPAELST, P. – GIBSON, H.L., 1990 – The Blake River Group, Rouyn-Noranda Area, Quebec: A Stratigraphic Synthesis. *Dans*: 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 107-118.
- POWELL, W.G. – CARMICHAEL, 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
- ROSS, P.-S. – GOUTIER, J. – McNICOLL, V.J. – DUBÉ, B., 2008 – Volcanology and geochemistry of the Monsabrais area, Blake River Group, Abitibi Greenstone Belt, Quebec: implications for volcanogenic massive sulphide exploration. *Commission Géologique du Canada; recherches en cours*, volume 2008-1, pages 1-18.
- 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.
- 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.
- YAMAGISHI, H. – DIMROTH, E., 1985 – A comparison of Miocene and Archean rhyolite hyaloclastites: evidence for a hot and fluid rhyolite lava. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*; volume 23, pages 337-355.

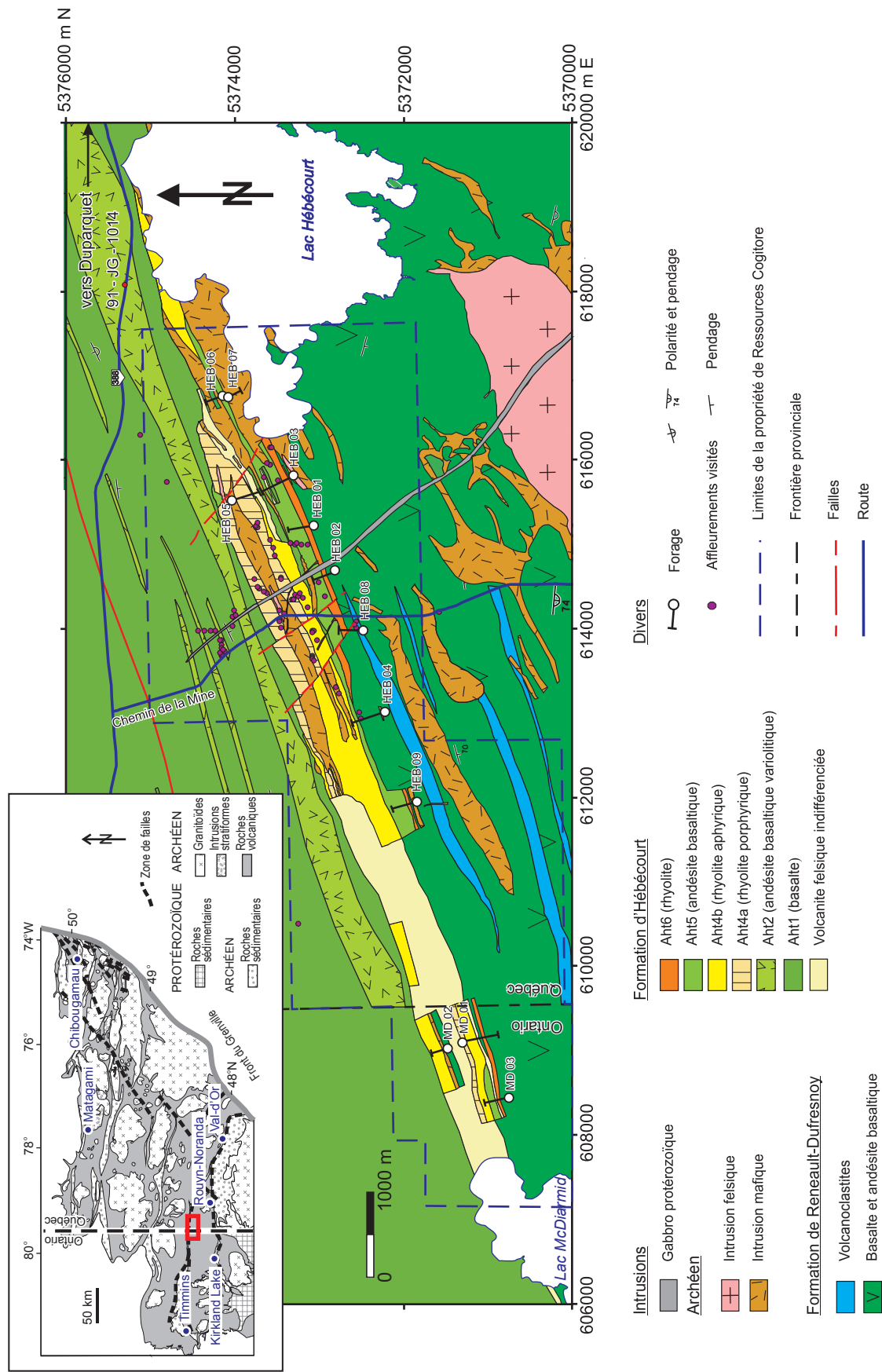


FIGURE 1 - Carte géologique du secteur d'étude dans le Groupe de Blake River (modifiée du SIGÉOM et des travaux de Ressources Cogitore). Les affleurements et les forages étudiés dans le cadre de cette étude sont représentés sur cette figure.

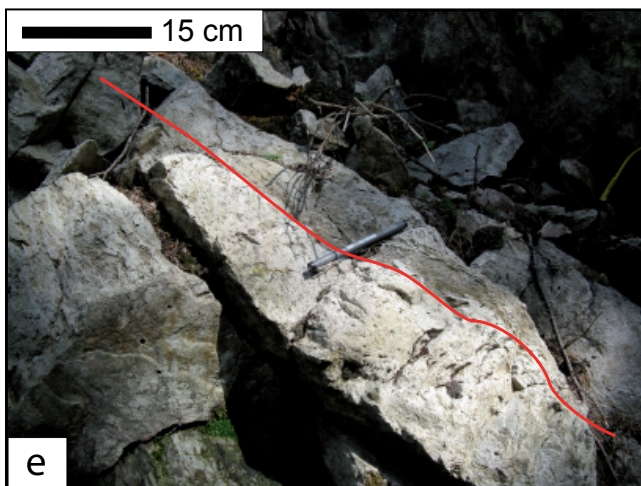
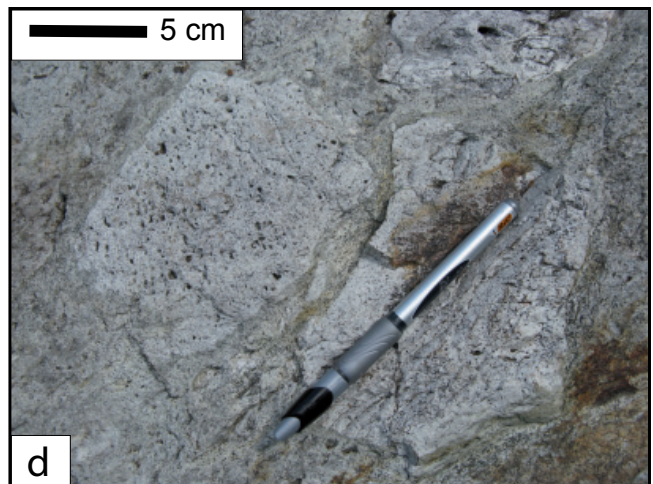
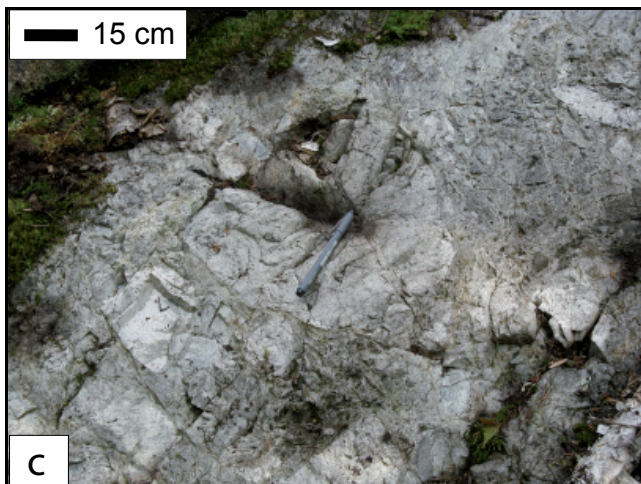
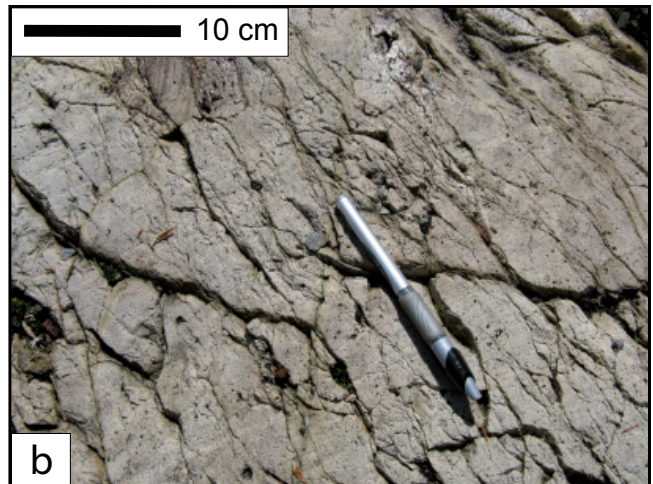
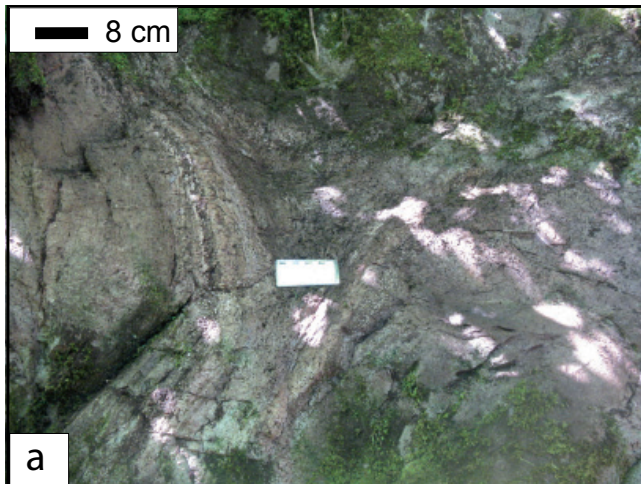


FIGURE 2 - Photos d'affleurement de certaines unités de la Formation d'Hébécourt : **a**) basalte coussiné de l'unité Aht1 montrant une jonction triple avec de la hyaloclastite interstitielle; **b**) faciès massif de la rhyolite de l'unité Aht4a, avec phénocristaux de quartz et de plagioclase de 1-2 mm, et recoupé par de minces veinules de séricite; **c**) faciès bréchiqye de la rhyolite aphyrique de l'unité Aht4b; **d**) même faciès, illustrant un fragment plus vésiculaire (à gauche); **e**) faciès massif de la rhyolite aphyrique (unité Aht4b) montrant le contact entre deux lobes (ligne rouge); **f**) coussin rencontré dans l'unité d'andésite basaltique Aht5 montrant une augmentation de la concentration d'amygdales et de varioles vers sa bordure.

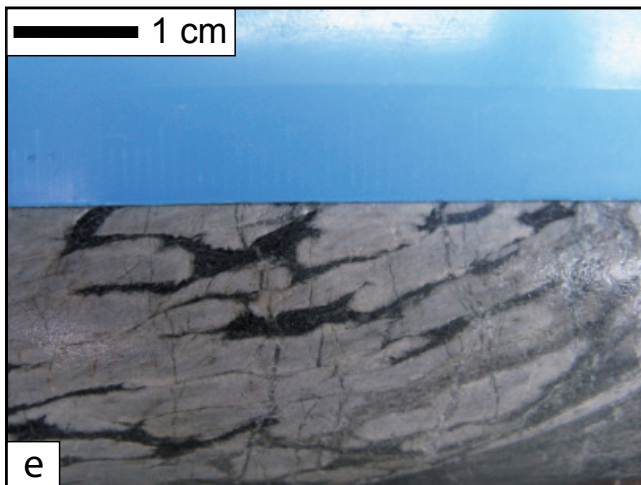
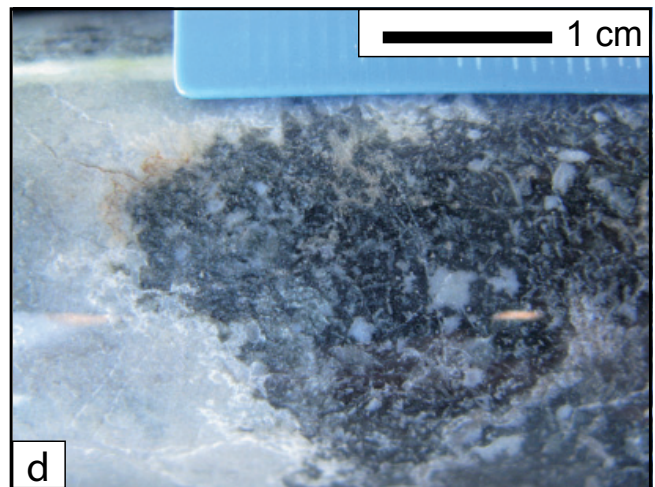
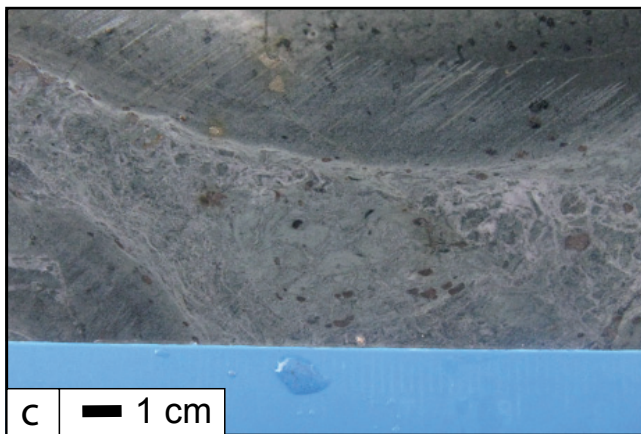
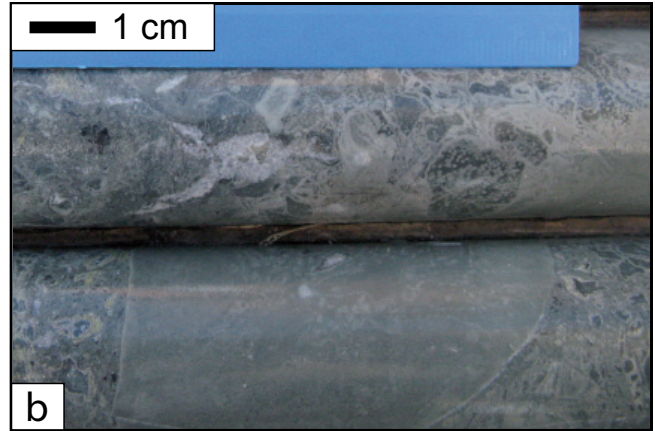
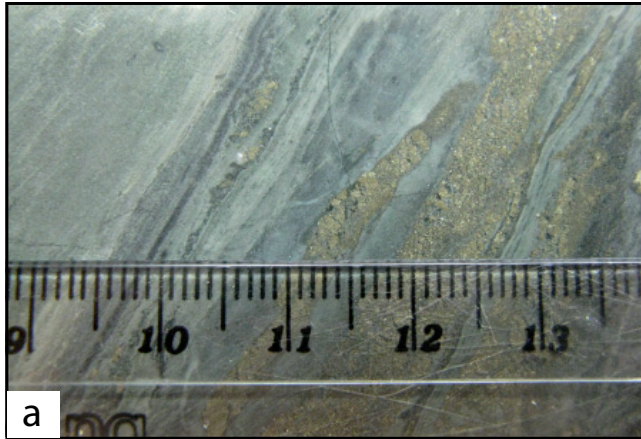


FIGURE 3 - Photos de carottes de forage, illustrant certaines unités volcaniques et certains niveaux laminés riches en sulfures de la Formation d'Hébécourt : **a**) premier niveau laminé riche en sulfures contenant un sédiment tuffacé laminé, interlité avec des couches riches en pyrite (HEB-04, 374,4 m); **b**) brèche de coussins dans l'andésite basaltique de l'unité Aht5 montrant des fragments de forme irrégulière, faisant jusqu'à 10 cm de large, entourés de hyaloclastite présentant par endroits une texture de mosaïque (HEB-02, 263,1 m); **c**) jonction triple entre des coussins dans l'andésite basaltique de l'unité Aht5 (HEB 04, 71,4 m). La hyaloclastite remplissant l'espace interstitiel est imprégnée de sulfures; **d**) tuf à lapillis de l'unité Aht6 (rhyolite), montrant un domaine moins altéré à droite, entouré de roche silicifiée à gauche (HEB-02, 193,7 m); **e**) rhyolite massive de l'unité Aht6 montrant des sphéroïdes aplatis par la déformation (HEB-02, 168,8 m); et **f**) second niveau laminé riche en sulfures contenant de l'argilite et de la pyrite (HEB-02, 140,2 m). Une partie de la pyrite est associée à une veinule de quartz.