

Lithogéochimie en milieu sédimentaire dans le sud de la Gaspésie

Serge Chevé

RP 2003-01

Mots-clés : Lithogéochimie, altération climatique (météorisation; weathering), Gaspésie, anticlinorium d'Aroostook-Percé, Formation de Garin

RÉSUMÉ

Des résultats préliminaires de travaux de lithogéochimie réalisés sur des roches sédimentaires, dans le cadre d'un projet de «métallogénie et lithogéochimie» initié au cours de l'été 2002 dans le sud de la Gaspésie, sont maintenant disponibles. Ces travaux visaient à reconnaître et à préciser des environnements propices aux minéralisations sédimentaires ou contrôlées dans leur genèse par des environnements sédimentaires. Dans le traitement des données, le rapport aborde, en premier lieu, la définition des bruits de fond lithogéochimiques et des seuils anomaux associés aux unités sédimentaires potentiellement porteuses de minéralisations et, en second lieu, la localisation de cibles d'exploration.

Au cours de l'été 2002, les travaux ont porté sur la Formation de Garin. Quatre régions ont été visitées et échantillonnées, soit celles de Reboul-Arsenault, du Mont St-Joseph, de Listuguj et de Mid-Patapédia. La région de Reboul-Arsenault est celle où la Formation de Garin a été définie et où ses relations stratigraphiques avec les formations d'Arsenault, sous-jacente, et de Pabos, sus-jacente, sont les mieux établies.

Le spectre lithologique de la Formation de Garin s'étend des *mudrocks* aux conglomérats. Les *mudrocks* (*claystones*, *mudstones* et *siltstones* de teintes gris moyen, gris foncé et gris verdâtre) en constituent la majeure partie. Ils sont communément porteurs de lamines millimétriques, silto-gréseuses et calcareuses, de teinte gris clair et à patine d'altération brune. La présence de shale noir se limite, dans la plupart des cas, à de minces lits ou à des lamines à la fin de cycles granoclassés de *siltstone-mudstone*. Des wackes lithiques, grossiers à très grossiers, et d'épais bancs métriques de conglomérats polygéniques s'interstratifient dans les *mudrocks* laminés.

Afin de mieux comprendre les processus sédimentaires et métallogéniques contrôlant la lithogéochimie de la Formation de Garin, l'échantillonnage a été conçu pour évaluer les variations géochimiques et les mettre en relation avec :

- 1) L'altération climatique, par la comparaison de résultats de l'analyse d'échantillons « frais » et d'échantillons « altérés »;
- 2) La variabilité verticale, par la prise d'échantillons à différents niveaux stratigraphiques sur un même affleurement;
- 3) La variabilité latérale, par l'échantillonnage de quatre régions distribuées le long de la Formation de Garin dans le sud de la Gaspésie.

Les résultats présentés dans ce rapport préliminaire traitent des problématiques associées aux points 1 et 3 précédents.

Des processus de décarbonatation et de désulfuration ont été identifiés comme les principaux mécanismes de modification géochimique liés à l'altération climatique des *mudrocks* et des grès de la Formation de Garin. Ces processus impliquent particulièrement peu d'éléments : Ca, Sr, C, S et, avec un effet moindre, Mn. L'impact est minime pour la plupart des éléments utilisés dans l'identification des matériaux sources des roches sédimentaires terrigènes fines. Il s'avère plus marqué et plus aléatoire (enrichissement ou appauvrissement) pour les éléments des métaux de base et pour quelques autres éléments d'intérêt dans la genèse de concentrations métalliques telles Ba, Cs, U, Th et As. La portée de ces constats doit cependant être évaluée par rapport aux variations lithogéochimiques locales (point 2 ci-dessus).

Des statistiques de base associées aux différentes lithologies types échantillonnées au cours de l'été 2002 sont présentées dans le rapport par région d'échantillonnage. Seuls les résultats d'analyse liés à des échantillons de qualité ont été pris en compte. Quelques résultats d'analyses associées à des échantillonnages ponctuel de lithologies peu représentées sur le terrain sont inclus.

Cr, Ni et Co, trois éléments dont les teneurs dépendent de la composition de la source des sédiments terrigènes (environnements mafiques et ultramafiques), montrent, pour les différents groupes de *mudstone*, une variation importante dans leur abondance selon la région étudiée. Les concentrations les plus élevées en Cr et Ni se trouvent dans la région de Reboul-Arsenault et les plus faibles dans celle de Mid-Patapédia. Cette variation « latérale », d'est en ouest, suggère un amenuisement dans le même sens de l'apport de matériaux mafiques ou ultramafiques. Des variations à l'intérieur d'une région existent également. Dans la région de Reboul-Arsenault, les *mudstones* gris moyen verdâtre du Garin et de l'Arsenault sous-jacent présentent un contenu en Cr, Ni et Co plus faible que les autres faciès de *mudrocks*.

Aucune teneur « élevée » en métaux de base ou en métaux précieux n'a été décelée. Trois échantillons contenant plus de 1000 ppm Ba attirent cependant l'attention sur la possibilité qu'ils soient en relation avec des environnements hydrothermaux (minéralisations primaires ou halos d'altération secondaire).

En milieu de roches sédimentaires non ou peu métamorphisées, la minéralogie des argiles et la pétrographie de la matière organique constituent deux variables sensibles aux modifications par les paramètres physico-chimiques engendrant des halos métamorphiques à basse température. L'utilisation de ces variables contribuerait alors à délimiter des aires anormales de plus grande ampleur que l'approche lithogéochimique. Par le fait même, cette démarche augmenterait la probabilité d'identifier des zones métallifères potentielles que la lithogéochimie permettrait ensuite de préciser. Enfin, notons que le ciblage en priorité d'anomalies géochimiques de l'environnement secondaire constituerait une démarche plus rationnelle.

INTRODUCTION

Objectifs du projet

Le projet est défini dans sa région, son approche et ses objectifs par le plan triennal 2002-2005 des Appalaches tel qu'élaboré par le ministère des Ressources naturelles et les intervenants en exploration à l'automne 2001 (Chevé *et al.*, 2002). À l'intérieur du volet « métallo-génie et lithogéochimie » du plan d'action, le projet vise plus spécifiquement à reconnaître et à préciser les environnements propices à des minéralisations d'affinité sédimentaire (gîtes de type redbeds, sedex, Mississippi Valley, etc.) ou contrôlées dans leur genèse par des environnements sédimentaires (gîtes de type Carlin ou affiliés, gîtes de remplacement, etc.). Pour ce faire, le projet a pour objectif, *en premier lieu*, de définir les bruits de fond lithogéochimiques et les seuils anomaliques des unités sédimentaires potentiellement porteuses de tels gîtes et, *en second lieu*, de cerner des aires d'altération par la lithogéochimie (éléments indicateurs) et par les approches moins traditionnelles que sont la minéralogie des argiles et la réflectance de la matière organique.

Travaux de l'été 2002

Au cours de l'été 2002 nos travaux se sont concentrés dans le Sud de la Gaspésie sur la Formation de Garin. Les régions qui ont retenu notre attention furent celles de Reboul-Arsenault, du Mont St-Joseph, de Listuguj et de Mid-Patapédia. (figure 1). Quoiqu'en marge de la région d'intervention mise en priorité pour la première année du plan triennal des Appalaches, la région de Reboul-Arsenault s'avérait d'une importance majeure en début de programme puisqu'il s'agit de la région où la Formation de Garin a été définie et où ses relations stratigraphiques avec les formations d'Arsenault, sous-jacente, et de Pabos, sus-jacente, sont les mieux établies (Skidmore, 1965, Malo, 1988a et 1988b). C'est dans cette région, et plus particulièrement au voisinage immédiat de la section de référence de la Formation de Garin (figure 2), que se concentrent les travaux de pétrographie et de géochimie du programme de recherche à la maîtrise de monsieur Patrice Roy à l'Université du Québec à Chicoutimi (Roy, 2003).

CADRE GÉOLOGIQUE

Les principales divisions lithostratigraphiques de la Gaspésie

La Gaspésie constitue l'extrémité est du segment québécois des Appalaches. Cinq zones tectonostratigraphiques majeures y sont reconnues (figure 1). Ce sont :

1- La *zone de Humber* (Williams, 1978 et 1979) constituée d'assemblages de roches sédimentaires et volcaniques mis en place à la fin du Protérozoïque et au Paléozoïque inférieur en bordure du Laurentia (Province de Grenville).

2- La *zone de Dunnage* définie comme une unité tectonostratigraphique dont la plupart des roches formées dans le domaine océanique de l'océan Iapétus ont été par la suite obductées sur la marge nord-américaine (nord-Laurentia) de ce même océan lors de l'orogénèse taconienne à l'Ordovicien moyen et tardif (St-Julien et Hubert, 1975; Williams, 1978 et 1979; Brisebois et Brun, 1994). Cette zone est mal exposée en Gaspésie où ses principales aires d'affleurement se situent en copeaux dans les failles majeures de Shickshock-sud, du Bras-Nord-Ouest, du Grand-Pabos et sur la frange occidentale de la « boutonnière de Maquereau-Mictaw ».

3- Le *Synclinorium de Connecticut Valley - Gaspé* constitué de roches sédimentaires et, localement de volcanites, d'âge Ordovicien tardif à Dévonien moyen qui, stratigraphiquement, de la base au sommet, définissent le Groupe de Chaleurs, les Calcaires supérieurs de Gaspé, le Groupe de Fortin et les Grès de Gaspé. À la faveur des fenêtres structurales que sont les anticlinaux de la rivière Saint-Jean, de Gastonguay et de Josué, des roches ordoviciennes du Groupe de Matapédia sous-jacent y sont également exposées (figure 2).

4- L'*Anticlinorium d'Aroostook-Percé* composé essentiellement de roches sédimentaires d'âge Ordovicien moyen à Silurien précoce correspondant aux groupes d'Honorat et de Matapédia.

5- Le *Synclinorium de la Baie des Chaleurs* expose des roches sédimentaires et, localement des roches volcaniques, d'âge Silurien du Groupe de Chaleurs.

Le dernier assemblage lithologique d'importance en Gaspésie consiste en des roches carbonifères de la Formation de Bonaventure qui recouvrent en discordance les strates plus anciennes le long de la côte sud de la Gaspésie.

Les éléments stratigraphiques et structuraux de l'Anticlinorium d'Aroostook-Percé

Contexte lithostratigraphique et structural général

Avec une direction générale ENE-WSW entre Percé, à l'est, et Matapédia, à l'ouest, l'Anticlinorium d'Aroostook-Percé constitue la structure majeure du sud de la Gaspésie (figure 2). Au sud-ouest de la frontière avec le Nouveau-Brunswick, il se poursuit jusque dans le comté d'Aroostook, dans l'État du Maine. Au nord, la faille de Restigouche-Grand-Pabos le sépare du Synclinorium de Connecticut Valley - Gaspé dans la partie la plus occidentale de la péninsule gaspésienne. Des failles subsidiaires de cette structure majeure du sud de la Gaspésie combinées à des déformations plicatives marquent le relais entre l'Anticlinorium et le Synclinorium dans la partie orientale de la Gaspésie. Au

sud-est il est flanqué par les roches sédimentaires et, localement volcaniques, du Synclinorium de la Baie des Chaleurs.

Trois grands assemblages lithostratigraphiques représentant une sédimentation continue de l'Ordovicien tardif au Silurien précoce caractérisent l'Anticlinorium d'Aroostook-Percé (figure 2) dans sa section sud-gaspésienne. La séquence terrigène de la *Formation de Garin* en constitue le cœur. Elle est suivie par une unité de roches terrigènes calcaires représentant la *Formation de Pabos*. Celle-ci est à son tour surmontée par des calcilutites, des calcarénites, des calcaires argileux et silteux, des conglomérats calcaires et une unité de mudstone définissant la *Formation de White Head*. Les formations de Pabos et de White Head constituent le *Groupe de Matapédia*.

Dans sa partie orientale, au nord-est de Port-Daniel (figure 2) la Formation de Garin repose en concordance sur la *Formation d'Arsenault*. Toutefois un hiatus sédimentologique (Darriwillien - Caradocien moyen) sépare ces deux formations qui dans les premiers travaux de cartographie de la région était regroupées pour constituer le *Groupe d'Honorat* (Skidmore, 1965). Dans son aire d'exposition orientale, la Formation d'Arsenault, telle que définie par Malo (1988) repose elle-même en discordance angulaire sur le *Mélange de McCrae* d'âge Ordovicien précoce.

Lithostratigraphie

La Formation d'Arsenault

La Formation d'Arsenault est restreinte spatialement à un coin faillé d'environ 20 km de longueur est-ouest et de 3 à 4 km de largeur, dans la partie est de l'Anticlinorium d'Aroostook-Percé (figure 2). Elle est composée principalement (~ 50 %) de lits épais (10-30 cm), massifs et localement à base granoclassée de wacke lithique gris verdâtre et, en moindre quantité (~ 20 %), de lits moyens (5-10 cm) de grès fin et de siltstone gris verdâtre. Un claystone gris à vert olive, localement rouge, et un mudstone gris verdâtre comblent les interlits gréseux ou définissent des séquences métriques de petits lits de quelques centimètres d'épaisseur. De rares lits de tufs et de grès calcaires très fin complètent l'assemblage lithologique dont l'épaisseur minimale est estimée à 600 m.

La Formation de Garin

La Formation de Garin est une unité de roches terrigènes dont le spectre s'étend des mudrocks aux conglomérats. Sa principale aire d'exposition occupe un territoire d'environ 100 km de long et une dizaine de kilomètres de large au cœur de l'anticlinorium d'Aroostook-Percé (figure 2). Des aires plus restreintes sont présentes le long de la rivière Restigouche, le long de la rivière Kempt-Est (réserve de Listuguj), au mont St-Joseph, au nord de Carleton, et dans le canton de Pellegrin, au nord de Chandler. Son épaisseur est évaluée à 1200 m.

Le stratotype de la Formation de Garin a été établi dans un ruisseau de direction générale nord-sud, tributaire de la rivière Garin (figure 2). Quatre unités ont été définies à cet endroit, toutefois, la portée de la stratigraphie détaillée de ce secteur reste limitée. En effet la disparité et la médiocre qualité des affleurements rendent difficiles les corrélations stratigraphiques dans la mesure où il n'existe pas parmi ces unités de repère stratigraphique à portée régionale. Ce stratotype a eu cependant l'avantage de permettre d'établir les relations stratigraphiques avec les formations d'Arsenault et de Pabos.

La majeure partie de la Formation de Garin est constituée de claystone, mudstone et siltstone de teinte gris moyen, gris foncé ou gris verdâtre (annexe 1, photo A). Ces lithologies sont communément porteuses de lamines millimétriques (1 à 5 mm d'épaisseur) composées d'un matériel silto-gréseux et calcaireux gris clair à patine d'altération brune (annexe 1, photo B). Plusieurs niveaux métriques de ces lithologies sont les hôtes de plis synsédimentaires (annexe 1, photo C), de laminations convolutées et, plus sporadiquement, de brèches intraformationnelles. La présence de shale noir est restreinte et se limite le plus souvent à de minces lits ou à des lamines à la fin de cycles granoclassés de siltstone-mudstone.

Des wackes lithiques grossiers à très grossiers et d'épais bancs métriques de conglomérats polygéniques s'interstratifient dans les mudrocks laminés. De telles lithologies sont décrites dans la partie inférieure du stratotype de la Formation de Garin. À cet endroit, la plupart des fragments, bien arrondis et de taille centimétrique à décimétrique, sont d'origine sédimentaire (annexe 1, photo D); des roches ignées (leucogabbro surtout) et des cherts verts complètent la diversité lithologique des fragments. Des bancs massifs de 1 à 3 m d'épaisseur de conglomérats polygéniques caractérisent également la Formation de Garin au nord de Carleton (mont St-Joseph et canton d'Angers; annexe 1, photos E et F). À la différence de ceux du stratotype, les fragments y sont à dominance volcanique et ignée (Gosselin, 1988). À la lumière de la composition de ces conglomérats, il ressort que des variations lithologiques significatives caractérisent, d'est en ouest (localisations actuelles), les aires d'alimentation du bassin de dépôt.

Des lits décimétriques (10 à 50 cm d'épaisseur) d'arénite quartzitique (annexe 1, photo G) et de conglomérat calcaireux gris clair à granules et petits cailloux de quartz blanc (annexe 1, photo H) caractérisent plusieurs affleurements de la région de Reboul-Arsenault. De telles roches présentes dans la partie médiane du stratotype de la Formation de Garin ne semblent pas avoir leur équivalent en dehors de cette région.

Des lits d'épaisseur centimétrique à décimétrique (généralement inférieur à 30 cm) de siltstone et de wackes lithique, feldspathique ou quartzitique s'interstratifient dans l'ensemble de la séquence. Des laminations parallèles, obliques ou entrecroisées, des granoclassements et des empreintes de flûte caractérisent la plupart de ces lits. Ce litage est particulièrement bien développé au mont St-Joseph et dans la région de Mid-Patapédia.

Quelques lits centimétriques (< 5 cm) de calcaire dolomitique et argileux, gris très foncé et à patine brun orangé s'intercalent dans l'unité supérieure du stratotype de la Formation de Garin. Des lits semblables sont observés, isolément, en dehors de ce site. Toutefois, leur présence à quelques mètres de séquences à conglomérats révèle clairement que la position de l'une ou de l'autre de ces lithologies n'est pas bien contrôlée stratigraphiquement dans la Formation de Garin.

La Formation de Pabos

La Formation de Pabos définit une séquence de roches terrigènes calcaireuses au sein de laquelle trois unités ont été identifiées. L'unité inférieure est composée d'un mudstone laminé calcaireux dans lequel s'interstratifient des lits très fins de siltstone et, plus sporadiquement, de calcilutite. L'unité intermédiaire est constituée principalement de mudstone et de siltstone gris à gris verdâtre au travers desquels se localisent quelques strates de grès et de conglomérat. Cette unité localement calcaireuse montre de grandes similitudes avec les mudrocks de la Formation de Garin (en l'absence de l'unité inférieure du Pabos, cette similitude peut conduire à des interprétations erronées de la séquence stratigraphique). L'unité supérieure est caractérisée par des calcaires argileux et quelques lits de calcilutites.

La Formation de Pabos repose en concordance sur la Formation de Guérin avec une épaisseur variable évaluée entre 700 m et 2950 m. Au sein de l'Anticlinorium d'Aroostook-Perce elle enveloppe la Formation de Garin dans ses aires de distribution (figure 2).

Environnement de dépôt

Des structures typiques de turbidites caractérisent les formations d'Arsenault, de Garin et de Pabos. Les séquences calcaireuses de la Formation de White montrent des structures comparables. De telles structures alliées à l'absence d'une faune coquiller autochtone et à la présence de graptolites dans les formations d'Arsenault et de Garin conduisent Bourque *et al.* (2000) à proposer un environnement de dépôt en eau profonde pour l'ensemble des lithologies de ces formations. Le comblement d'un bassin syn- à post-taconique est postulé.

Prave *et al.* (2000) interprètent les unités de litharénite quartzitique de la partie supérieure du Cloridorme (Zone de Humber, nord de la Gaspésie) et les unités du Garin comme les produits de remplissage respectivement proximaux et distaux d'un bassin sédimentaire alimenté du sud-ouest par la marge du craton du Laurentia. L'évolution de ce bassin étalée sur environ 10 Ma serait synchrone à la convergence et à l'accrétion de l'arc Popelogan (Complexe de Brunswick, van Staal, 1994) sur la marge du Laurentia au cours du Caradocien (458-449 Ma). La partie supérieure du Cloridorme et la partie inférieure du Garin constitueraient les premiers produits post-collision de recouvrement du fond du bassin; la zone de subduction et l'arc volcanique ne seraient plus actifs.

LITHOGÉOCHIMIE : RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Généralités

Les processus qui contrôlent la composition géochimique d'une roche sédimentaire sont multiples et l'importance relative des uns par rapport aux autres, variable (Johnson, 1993). La composition chimique de la région source constitue le paramètre le plus en amont du processus de formation d'une roche sédimentaire terrigène. Son rôle dominant dans le bilan géochimique final peut cependant être grandement modifié, voire masqué, par les processus sédimentaires subséquents, soit les conditions de météorisation de la source, le transport (classement hydraulique), l'environnement de déposition, la diagenèse et le recyclage. Les enrichissements métalliques au site de dépôt pendant la sédimentation et/ou la diagenèse ou postérieurement à la lithification (hydrothermaux au sens large) constituent la modification dont la portée présente le plus d'intérêt dans le cadre du présent projet. Ainsi, l'objectif ultime du projet étant de cerner des aires d'altération associées à la présence d'une concentration métallique, la connaissance de la géochimie de l'unité lithologique porteuse visée dans ses sites « normaux » constitue l'information de base sur laquelle l'exploration minière peut s'appuyer pour définir des aires anormales d'intérêt. Outre la définition du bruit de fond de la formation, à la lumière des paramètres qui contrôlent le chimisme d'une roche sédimentaire, cette connaissance doit aussi intégrer l'évaluation et la portée d'éventuelles variations pétrographiques et géochimiques verticales (stratigraphiques) et latérales (analyse de bassin).

À la problématique énoncée précédemment, s'ajoute, en début de ligne d'un projet de lithogéochimie de roches sédimentaires terrigènes fines, celle de la qualité du matériau envoyé à l'analyse. En effet, les pélites de la Formation de Garin présentent sur la plupart des affleurements une bonne fissilité et un clivage de fracture serré qui débitent communément la roche en plaquettes d'épaisseur millimétrique et de quelques centimètres de diamètre. La nature des matériaux ainsi exposés à l'altération climatique offre ainsi de grandes surfaces à la météorisation de surface. Outre l'altération qui se matérialise à l'intérieur de la roche par des variations de teinte plus ou moins perceptibles à partir des fractures, cette météorisation s'accompagne de films pelliculaires iridescents et/ou d'enduits fortement encroûtés d'oxy-hydroxydes de fer sur la plupart des surfaces qui lui sont accessibles. Le bien fondé et l'intensité du décortilage des pélites se pose donc devant le temps nécessaire à la préparation d'un échantillon de très bonne qualité pour analyse.

Afin de répondre le plus adéquatement possible aux différentes problématiques exposées précédemment, l'échantillonnage de la Formation de Garin réalisé au cours de l'été

2002 a été orienté vers l'évaluation des variations géochimiques à mettre en relation avec :

1- L'altération climatique par l'analyse d'échantillons « frais » et des produits altérés de leur décortiquage;

2- La variabilité verticale (stratigraphique) par la prise d'échantillons à différents niveaux stratigraphiques d'un même affleurement (strates contiguës ou distantes de quelques décimètres ou mètres);

3- La variabilité latérale par la sélection de quatre régions d'échantillonnage distribuées tout au long de l'aire d'exposition de la Formation de Garin dans le sud de la Gaspésie (figures 1 et 2). Notons cependant que dans cette aire d'exposition, les régions au nord de Chandler et tout le secteur à l'ouest de la rivière Bonaventure (nord de New Richmond et de Nouvelle; figure 2) n'ont pas fait l'objet d'analyses.

Les résultats préliminaires traités dans les paragraphes qui suivent traitent succinctement des problématiques associées aux points 1 et 3 précédents.

Méthodes analytiques

Un total de 276 échantillons de roche provenant des formations d'Arsenault, de Garin et de Pabos ont été prélevés au cours de l'été 2002 dans chacun des quatre secteurs identifiés à la figure 1. De ce nombre, 276 échantillons ont été analysés pour les éléments majeurs et pour les éléments en traces et 28 échantillons pour les éléments en traces seulement. Les dosages géochimiques ont été effectués au laboratoire de Vancouver de Acme Analytical Laboratories Ltd. Les éléments majeurs ont été analysés par ICP-ES. Les valeurs de S et de C représentent des dosages totaux réalisés au Leco et la perte au feu (PAF) a été déterminée par gravimétrie après une calcination à 1150°C. Les éléments en traces incluant les éléments du groupe des Terres Rares ont été analysés par ICP-MS. Les méthodes de mise en solution et les limites de détection pour chacun des éléments dosés peuvent être consultées dans la brochure du laboratoire ACME au site internet « www.acmelab.com ».

Devant l'importance que revêt le dosage du Cr dans notre étude, les échantillons ont été réduits dans un pulvérisateur à anneau et palet en acier au carbone. Toutefois, dans la phase de préparation complète (broyeur à mâchoires et pulvérisateur) le degré de contamination se situe entre 2 et 25 ppm Cr, dépendamment de la dureté du matériel et de la quantité de quartz présente dans ce même matériel (Laboratoire ACME, communication personnelle, août 2002). D'autre part, à notre demande, la limite de détection pour cet élément a été abaissée de moitié, environ 4 ppm, en privilégiant une détermination par ICP-MS à partir d'une fusion au borate et au bromure de Li ($\text{LiBO}_2 + \text{LiBr}$).

Les résultats de ces analyses sont disponibles au MRN via la base de données du Système d'information géominère du Québec (SIGÉOM). Le tableau 1 rapporte la composition moyenne, minimale et maximale ainsi que l'écart type de différentes lithologies types reconnues au cours de notre échantillonnage. Ces données seront brièvement discutées dans un paragraphe ultérieur.

Effets de l'altération climatique

Pour l'étude des effets de l'altération climatique sur les résultats analytiques, 15 échantillons ont été sélectionnés. Pour chacun d'eux une paire d'analyse a été réalisée. L'un de ces échantillons correspond au matériel « frais » décortiqué de toute évidence visuelle d'altération et d'enduits de quelque nature sur les surfaces des fragments envoyés à l'analyse. L'autre est constitué du matériel brut non décortiqué auquel nous avons ajouté les produits de la décortication de l'échantillon « frais » afin d'amplifier volontairement les effets géochimiques de l'altération.

L'évaluation de l'effet de l'altération climatique a été menée en normalisant, élément par élément, les dosages de l'échantillon altéré aux dosages de l'échantillon « frais ». Parmi les 15 paires d'échantillons retenues et illustrées graphiquement à la figure 3, 11 proviennent de mudstones et 4 de grès. Les mudstones des numéros 1 à 10 proviennent d'affleurements assignés à la Formation de Garin. Les régions de leur provenance sont celles de Mid-Patapédia (n° 1), de Listuguj (n° 2), du mont St-Joseph (nos 3 à 5) et de Reboul-Arsenault (nos 6 à 10). L'échantillon n° 11 est un mudstone calcareux de Listuguj dont l'assignation à la Formation de Garin est incertaine (possibilité qu'il s'agisse d'un mudstone de la Formation de Pabos). Parmi les grès, l'échantillon n° 12 représente un wacke arkosique du mont St-Joseph et les trois autres (nos 13 à 15) sont des grès de la formation d'Arsenault de la région de Reboul-Arsenault. Notons en particulier que l'altération de l'échantillon n° 15 est une altération profonde associée à une zone de fracturation intense de quelques décimètres de large.

Les données préliminaires de l'étude sur la préparation des échantillons et sur les effets de l'altération climatique superficielle nous ont conduit aux conclusions suivantes :

1- Le processus d'altération climatique dominant consiste en une décarbonatation des mudstones et des grès (figures 3a et 3b). Cette décarbonatation se manifeste par une perte en CaO, C total et à un degré moindre en MnO du matériel altéré. Dans les mudstones elle se traduit également par une perte en Sr (figure 3c).

2- Une désulfuration de la roche accompagne à des degrés variables l'altération climatique.

3- Sans dosage de H_2O^+ , les effets possibles d'une hydrolyse sont masqués par la décarbonatation dans le bilan de la perte au feu (PAF). Les modulations de Na_2O et de K_2O , deux oxydes sensibles à l'hydrolyse, étant limitées (figure 3a et 3b), l'hydrolyse, n'apparaît pas comme un phénomène majeur dans le bilan chimique global de l'altération climatique.

4- L'impact global de l'altération climatique sur les éléments majeurs (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O et TiO_2) se traduit par un enrichissement très faible mais uniforme. Une situation comparable mais accompagnée d'une légère perte se traduit pour les Terres rares et pour Rb, Y, Zr, Nb, Sc, V, Cr, Ni et Ga (figures 3c, 3d, 3e et 3f). Ce groupe d'éléments peu sensibles à l'altération climatique constitue également le groupe d'éléments le plus utile pour discuter

de la provenance et des processus sédimentaires qui déterminent la géochimie des roches sédimentaires fines (Cullers *et al.*, 1997).

5- Les effets de l'altération climatique sont plus sensibles pour les éléments métalliques (Co, Cu, Zn, Pb; non représentés sur la figure 3) et pour Cs, Ba, Th, U et, Hf. Un bon contrôle de la préparation des échantillons pour écarter le matériel d'altération est donc nécessaire pour s'assurer de dosages représentatifs.

6- Le nombre restreint de grès étudiés pour leur altération climatique limite la portée des conclusions pour cette lithologie. Les échantillons présentent des comportements plus singuliers. Toutefois, dans leur ensemble, les éléments chimiques suivent sensiblement les mêmes comportements que dans les mudstones. Les singularités les plus notables résident dans le fractionnement entre les Terres rares légères et les Terres rares lourdes de deux échantillons de grès.

7- Même si les modifications associées à l'altération climatique sont plus difficiles à généraliser pour les grès, cette problématique est de moindre conséquence que pour les mudstones. Le matériel initial, plus cohérent, facilite en effet la séparation mécanique entre la composante « fraîche » et les produits d'altération.

Statistiques de base sur les différentes lithologies échantillonnées au cours de l'été 2002

La composition moyenne, l'écart type et les compositions minimale et maximale de différentes lithologies types reconnues au cours de notre échantillonnage de l'été 2002 sont rapportées au tableau 1 et présentées par régions d'échantillonnage. Nous y avons joints quelques analyses ponctuelles de lithologies peu représentées sur le terrain. La typologie utilisée est une typologie mégascopique basée uniquement sur les observations de terrain. Afin de minimiser les perturbations liées aux effets de l'altération climatique décrits précédemment, seuls les échantillons de première qualité ont été pris en compte. Ainsi, les statistiques du tableau 1 ne s'appuient-elles que sur environ 50 % de l'ensemble de nos données. Cette restriction permet de postuler que les compositions moyennes constituent une juste approximation des bruits de fond des lithologies considérées et ce, particulièrement pour la région de Reboul-Arsenault.

Le traitement en détail de la géochimie des roches sédimentaires analysées n'entre pas dans les objectifs du présent rapport. Quelques points attirent cependant notre attention à l'examen rapide de l'ensemble des données et de celles du tableau 1.

Une inspection directe des données n'indique pas de valeurs élevées en métaux de base ni en métaux précieux permettant de penser que des horizons à potentiel métallifère aient été échantillonnés. La présence de trois échantillons titrant plus de 1000 ppm Ba retient cependant l'attention devant la possibilité qu'ils soient en relation avec des environnements hydrothermaux.

Aucun échantillon, même parmi les claystones foncé, ne correspond à un shale noir. Le carbone total Ct se situe en général en dessous de 0.5 % et la valeur maximale enregistrée dans un mudstone gris moyen faiblement laminé de la région de Reboul-Arsenault est de 1,34 %. Considérant que dans les échantillons des traces de carbonate sont probablement présentes, les dosages de Ct constituent en eux même une valeur maximale de carbone organique. Leventhal *et al.*, 1998, mentionnent que les shales noirs contiennent usuellement plus 5 % de matière organique. Toutefois ces auteurs rappellent que les sédiments porteurs de l'or disséminé des gîtes de type Carlin du Nevada ne contiennent que 1 % de matière organique.

Cr, et Ni appartiennent à un groupe d'éléments sensibles à la composition de la source des sédiments terrigènes, plus particulièrement à celle d'environnements mafiques et ultramafiques (McLennan *et al.*, 2003). Hormis les environnements diagénétiques riches en matière organique pour lesquels des enrichissements en Cr sont documentés (McLennan *et al.*, 2003; Leventhal, 1998), ces trois éléments s'avèrent résistants aux processus sédimentaires, permettant ainsi de préserver la signature géochimique de leur source. Sur la base des données du tableau 1, une variation significative de l'abondance de ces trois éléments apparaît selon la région étudiée dans les différents groupes de mudstone. Les concentrations en Cr et Ni les plus élevées se trouvent dans la région de Reboul-Arsenault et les plus faibles dans celle de Mid-Patapédia. Cette variation d'est en ouest suggère un amenuisement dans le même sens de la contribution de matériaux mafiques ou ultramafiques à l'apport sédimentaire. Cette variation « latérale » dans le bassin n'est pas sans rappeler les variations de composition des fragments des conglomérats de la Formation de Garin. L'abondance du Ni dans les mudrocks, plus spécifiquement ceux de la région de Reboul-Arsenault, est légèrement supérieure à celle des flyschs des formations de Cloridorme et de Tourelle de la zone de Humber (Hiscott, 1984). L'abondance de Cr y est cependant réduite de moitié. Sur des bases lithogéochimiques la corrélation proposée par Prave *et al.* (2000) entre la partie supérieure du Cloridorme et la base du Garin est soutenable. Toutefois, si la seule source raisonnable de chromite réside dans les unités ultramafiques à la base d'ophiolites obductées (Hiscott, 1984), il s'avère difficile de concilier cette hypothèse avec le modèle géotectonique de Prave *et al.* (2000) qui propose une alimentation du bassin en provenance de la marge de Laurentia. Existait-il une source raisonnable de chromite sur le craton de Laurentia et sa marge au Caradocien ?

L'analyse des statistiques du tableau 1 dans la région de Reboul-Arsenault en relation avec Cr, Ni et Co conduit à un autre constat. Les mudstones gris moyen verdâtre du Garin présentent un contenu en ces éléments plus faible que les autres faciès de mudrocks. Une variation dans les sources d'approvisionnement de ces sédiments ou une contribution plus restreinte à l'afflux sédimentaire constituent des explications possibles. Si tel est le cas, il semble qu'elles aient

également prévalu pour la sédimentation des mudstones gris verdâtre de l'Arsenault sous-jacent qui présente sensiblement les mêmes caractéristiques.

CONCLUSION

L'entreprise d'une étude lithogéochimique sur des matériaux sédimentaires fins et feuilletés pour lesquels le décorticage des produits de météorisation s'avère délicat et difficile (petits fragments, films d'oxy-hydroxydes et encroûtement sur les surfaces), ne peut être conduite sans une évaluation des effets de l'altération climatique sur le cortège des éléments chimiques dosés. L'étude du groupe de 15 échantillons de pélites et de grès sélectionnés pour étudier cet aspect a permis de reconnaître dans des processus de décarbonatation et de désulfuration les principales sources de modification géochimique. Ces processus impliquent significativement peu d'éléments : CaO, Sr, C, S et, avec un effet moindre, MnO. Pour la plupart des éléments utilisés dans l'identification des matériaux sources des roches sédimentaires terrigènes fines, leur impact est minime, et probablement du même ordre de grandeur que les variabilités dues aux prises d'échantillon pour analyse et à la reproductibilité instrumentale. Cet impact s'avère plus marqué et plus aléatoire (enrichissement ou appauvrissement) pour les éléments des métaux de base et pour quelques autres éléments d'intérêt dans la genèse de concentrations métalliques tels As, Ba, Cs, U et Th pour lesquels nous disposons de données nettement au-dessus des limites de détection analytique. Pour l'étude de l'impact de l'altération climatique, nous avons sciemment biaisé la composition du matériel brut recueilli sur le terrain en lui ajoutant les produits du décorticage de la fraction retenue comme « fraîche ». Ainsi, se trouvaient rehaussés les effets que nous aurions dûs observer en ne prenant que peu de soins à la préparation des échantillons pour analyse. Il apparaît donc qu'une faible contamination du matériel analysé par des produits de l'altération climatique ne peut affecter significativement les interprétations relatives à la provenance et aux processus sédimentaires des roches sédimentaires de notre projet. Une faible contamination pourrait avoir plus d'impacts sur le bilan géochimique des métaux de base et d'éléments utiles à la définition de concentrations métalliques. Toutefois ces impacts restent à être évalués par rapport aux variations lithogéochimiques locales (latérales ou stratigraphiques c'est-à-dire au niveau de la strate ou de l'affleurement).

Le traitement sommaire des données analytiques des échantillons « frais » présenté au tableau 1 a révélé la possibilité de reconnaître des signatures lithogéochimiques au sein des différentes formations de l'anticlinorium d'Aroostook-Percé. Hormis les données provenant de la région de Reboul-Arsenault, le nombre d'analyses de certains groupes demeure peu important pour valider toutes

les variations observées ou toutes variations ou absences de variations qui pourraient être détectées lors d'un examen en profondeur des données. Un échantillonnage complémentaire de ces groupes constituerait un atout. L'utilisation de la lithogéochimie des roches sédimentaires à des fins stratigraphiques et pour l'analyse de bassin n'est pas utopique. Celle-ci ne pourra cependant atteindre sa pleine mesure sans être accompagnée de connaissances pétrographiques et minéralogiques adéquates. Telle est l'orientation des travaux de recherche que P. Roy (2003) se propose de conduire dans l'environnement du stratotype de la Formation de Garin dans la région de Reboul-Arsenault (figure 2).

L'absence de valeurs « élevées » en métaux de base ou en métaux précieux indique qu'aucun environnement à potentiel métallifère (horizon stratiforme ou zone contrôlée par une structure tectonique) a été échantillonné. L'épaisseur de la Formation de Garin est évaluée à environ 1200 m. Si nous écartons la coupe dans le ruisseau où le stratotype de cette formation a été défini, en l'absence d'un bon contrôle de la stratigraphie interne, l'épaisseur réelle de la colonne stratigraphique observée sur les affleurements ne représente probablement que quelques dizaines de pourcent de la colonne totale.

L'épaisseur des niveaux minéralisés des gîtes stratiformes en milieu sédimentaire ou des gîtes sédimentaires-exhalatifs (Sedex) est généralement restreinte. Elle est de l'ordre de 20-60 cm en moyenne dans le cas du Kupferschiefer (Rentzsch, 1974). Dans les shales noirs, quelques centimètres à quelques décimètres caractérisent les minéralisations de Mo-Ni-EGP du sud de la Chine (Coveney *et al.*, 1992) ou les minéralisations stratiformes de Ni-Zn-EGP du gîte de Nick au Yukon (Hulbert *et al.*, 1992).

Des halos lithogéochimiques ont été identifiés autour des gîtes sédimentaires-exhalatifs de Lady Loretta et HYC en Australie (Large et McGoldrick, 1998; Large *et al.*, 2000). La portée de ces halos dépasse largement la taille des minéralisations. À Lady Loretta, elle est évaluée à plusieurs centaines de mètres au travers de la stratification et à 1,5 km latéralement, le long du pendage. Au dépôt HYC, le halo se développe tant au-dessus (~ 250 m) qu'au-dessous (50 - 100 m) du gisement. La présence de tels halos à la périphérie de gîtes de type Sedex rend compte de la variation des paramètres physico-chimiques qui ont accompagné leur formation (température, pression, eH, pH, chimisme des fluides). Parmi ces paramètres, la température est celui qui, à des basses températures, influence significativement la minéralogie des argiles et la pétrographie de la matière organique. La mise en application de ces méthodes de caractérisation des roches sédimentaire contribue à délimiter des aires anormales de plus grande ampleur et ainsi à augmenter la probabilité d'identifier des anomalies métalliques que la lithogéochimie permettra de préciser. Dans cette démarche, le ciblage en priorité d'anomalies géochimiques d'environnements secondaires constituerait une approche plus rationnelle. C'est celle que nous souhaitons suivre dans la réalisation du projet d'évaluation du potentiel métallifère en milieu sédimentaire dans le sud de la Gaspésie.

RÉFÉRENCES

- BOURQUE, P.-A., MALO, M., KIRKWOOD, D., 2000 – Paleogeography and tectono-sedimentary history at the margin of Laurentia during Silurian to earliest Devonian time: The Gaspé Belt, Québec. Geological Society of America, Bulletin, volume 112, pages 4-20.
- BRISEBOIS, D., BRUN, J., 1994 – La plate-forme du Saint-Laurent et les Appalaches. *In* : Géologie du Québec. Les Publications du Québec, Québec, pages 95-120.
- BRISEBOIS, D., LACHAMBRE, G., PICHÉ, G., 1991 – Carte géologique; Péninsule de la Gaspésie, 22A, 22B, 22G, 22H et 21O. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec. Carte 2146, DV-91-21.
- CHEVÉ, S., BEAUMIER, M., BELLEMARE, Y., BRISEBOIS, D., DION, D.-J., GOBEIL, A., LACHANCE, S., PILOTE, P., VERPAELST, P., 2002 – L'élaboration du plan triennal d'exploration des Appalaches : sa mise en œuvre en Gaspésie. *In* : 23^e Séminaire d'information sur la recherche géologique, Programme et résumés, page 13.
- COVENEY, R. M., MUROWCHICK, J. B. JR, GRAUCH, R. I., NANSHEG, C., GLASCOCK, M. D., 1992 – Field Relations, Origins, and Resource Implications for Platiniferous Molybdenum-Nickel Ores in Black Shales of South China. Exploration Mining Geology, volume 1, pages 21-28.
- CULLERS, R. L., BOCK, B., GUIDOTTI, C., 1997 – Elemental distributions and neodymium isotopic compositions of Silurian metasediments, western Maine, USA: Redistribution of the rare earth elements. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, volume 61, pages 1847-1861.
- GOSSELIN, C., 1988 – Géologie de la région de Maria (Gaspésie). Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec. ET 87-01, 28 pages.
- HISCOTT, R. N., 1984 – Ophiolitic source rocks for Taconic-age flysch: Trace-element evidence. Geological Society of America, Bulletin, volume 95, pages 1261-1267.
- HULBERT, L. J., GRÉGOIRE, D. C., PAKTUNC, D., CARNE, R. C., 1992 – Sedimentary Nickel, Zinc, and Platinum-group-element Mineralization in Devonian Black Shales at the Nick Property, Yukon, Canada: A new Deposit Type. Exploration Mining Geology, volume 1, pages 39-62.
- LARGE, R. R., BULL, S. W., MCGOLDRICH, P. J., 2000 – Lithochemical halos and geochemical vectors to stratiform sediment hosted Zn-Pb-Ag deposits, 2. HYC Deposit, McArthur River, Northern Territory. Journal of Geochemical Exploration, volume 68, pages 105-126.
- LARGE, R. R., MCGOLDRICH, P. J., 1998 – Lithochemical halos and geochemical vectors to stratiform sediment hosted Zn-Pb-Ag deposits, 1. Lady Loretta Deposit, Queensland. Journal of Geochemical Exploration, volume 63, pages 37-56.
- LEVENTHAL, J. S., 1998 – Metal-Rich Black Shales : Formation, Economic Geology and Environmental Considerations. *In*: Shales and Mudstones, Vol II. Petrography, Petrophysics, Geochemistry, and Economic Geology (J. Schieber, W. Zimmerle, P. S. Sethi, eds). E. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, pages 255-282.
- MALO, M., 1988A – Stratigraphie et structure de l'Anticlinorium d'Aroostook-Percé de l'est de la Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec. ET 87-06, 42 pages.
- MALO, M., 1988B – Stratigraphy of the Aroostook-Percé Anticlinorium in the Gaspé Peninsula, Québec. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 25, pages 893-908.
- MCLENNAN, S. M., BOCK, B., HEMMING, S. R., HUROWITZ, J. A., LEV, S. M., MCDANIEL, D. K., 2003 – The roles of provenance and sedimentary processes in the geochemistry of sedimentary rocks. *In*: Geochemistry of Sediments and Sedimentary Rocks: Evolutionary Consideration to Mineral Deposit-Forming Environments (D. R. Lentz, ed.). Geological Association of Canada; Geotext 4, pages 7-38.
- PRAVE, A. R., KESSLER II, L. G., MALO, M., BLOECHL, W. V., RIVA, J., 2000 – Ordovician arc collision and foredeep evolution in the Gaspé Peninsula, Québec: the Taconic Orogeny in Canada and its bearing on the Grampian Orogeny in Scotland. Journal of the Geological Society, London, volume 157, pages 393-400.
- RENTZSCH, J., 1974 – The Kupferschiefer in comparison with the deposits of the Zambian Copperbelt. *In*: Gisements stratiformes et provinces cuprifères (P. Bartholomé, ed.), Liège. Société Géologique de Belgique, pages 395-418.
- ROY, P., 2003 – Géochimie et pétrographie des roches sédimentaires de la Formation de Garin, Gaspésie, Québec. Devis de recherche de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi. (*Inédit*).
- SKIDMORE, W. B., 1965 – Honorat-Reboul area. Ministère des Richesses naturelles, Québec. GR 107.
- ST-JULIEN, P., HUBERT, C., 1975 – Évolution of the Taconian orogen in the Quebec Appalachians. American Journal of Science, volume 275-A, pages 337-362.
- VAN STAAL, C.R., 1994 – Brunswick subduction complex in the Canadian Appalachians: Record of the Late Ordovician to Late Silurian collision between Laurentia and the Gander margin of Avalon. Tectonics, volume 13, pages 946-962.
- WILLIAMS, H., 1978 – Tectonic lithofacies map of the Appalachian orogen. Memorial University, St-John's, Newfoundland, Map 1.
- WILLIAMS, H., 1979 – Appalachian Orogen in Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 16, pages 792-807.

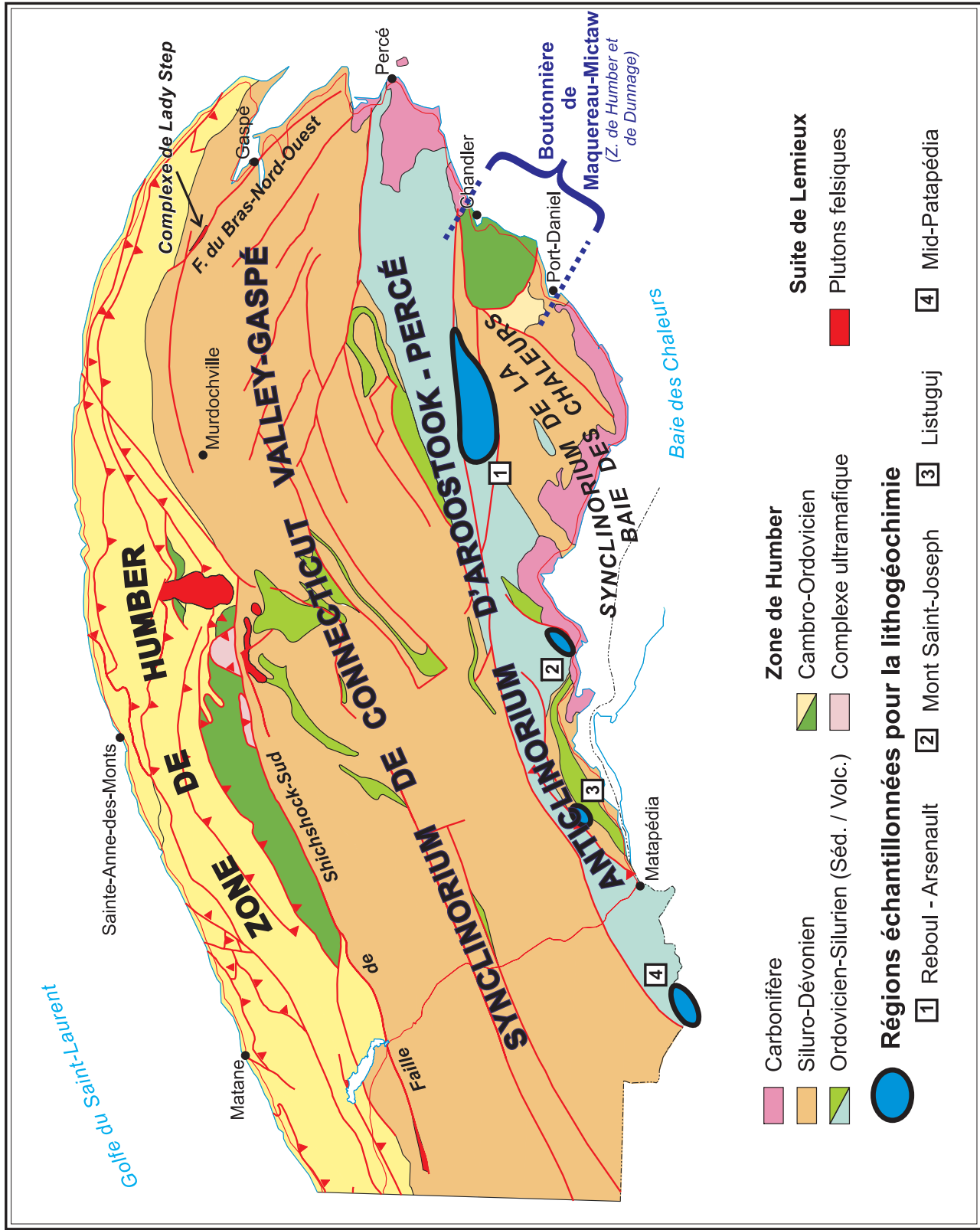


Figure 1 - Régions échantillonnées pour lithogéochimie sur fond géologique simplifié de la Gaspésie.

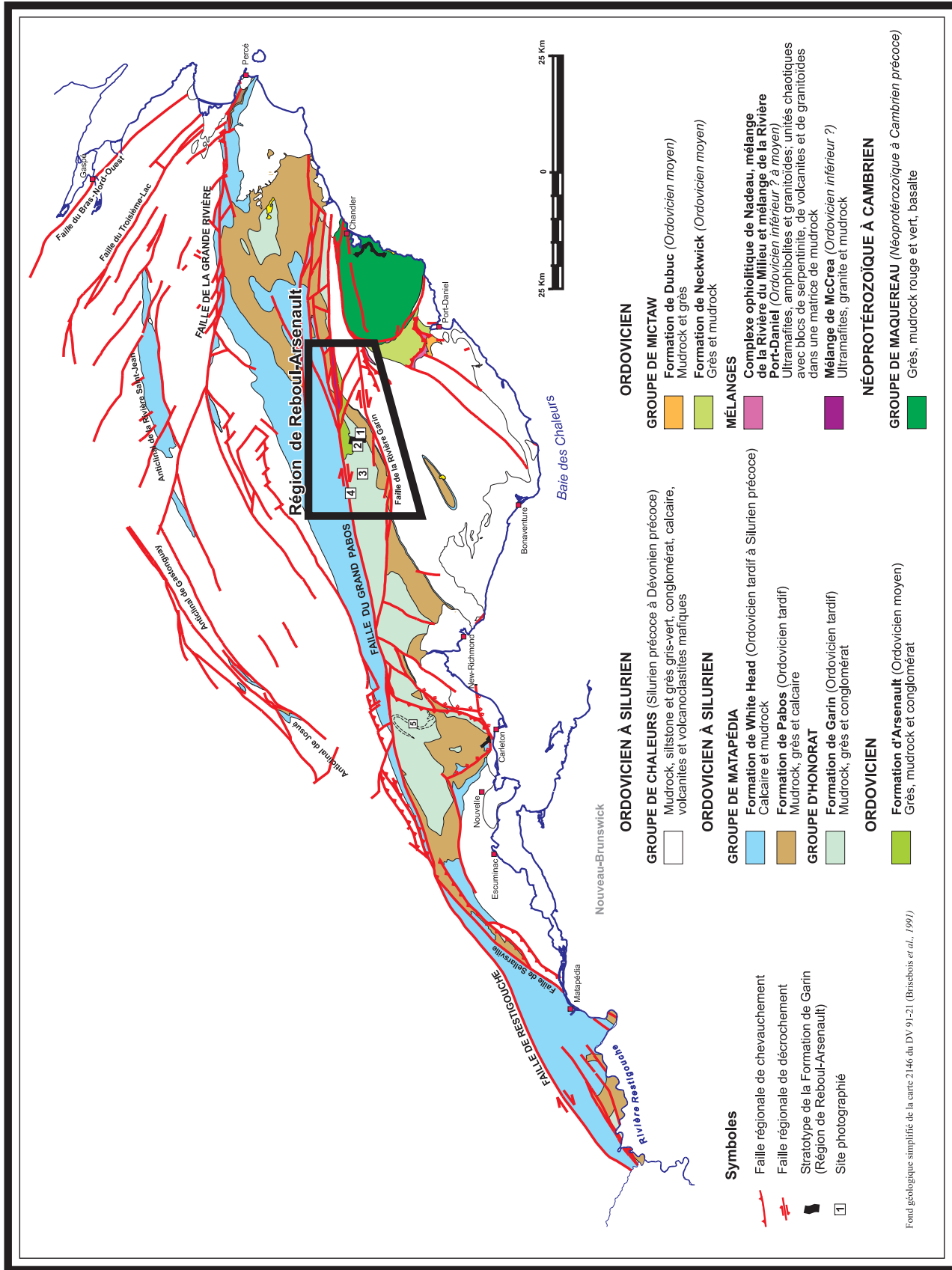


Figure 2 - Géologie de l'Anticlinorium d'Aroostook-Percé. Fond géologique simplifié de la carte 2146 du DV 91-21 de Brisebois et al. (1991).

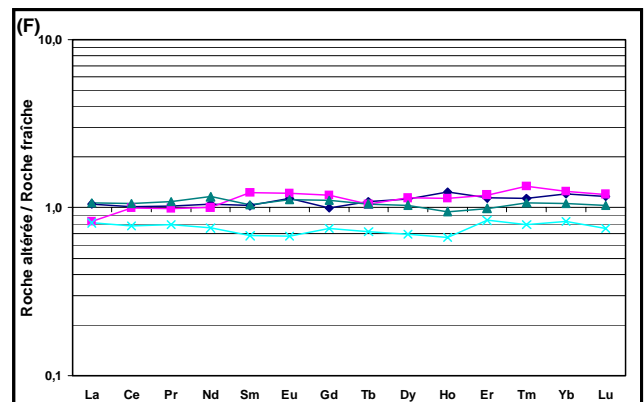
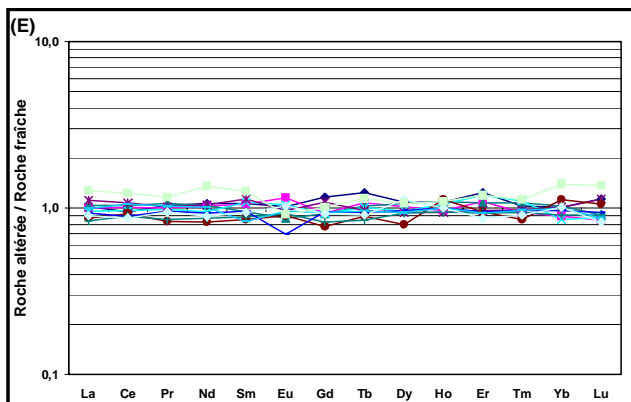
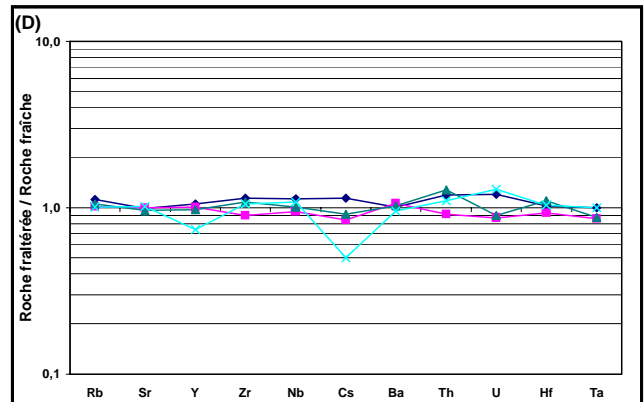
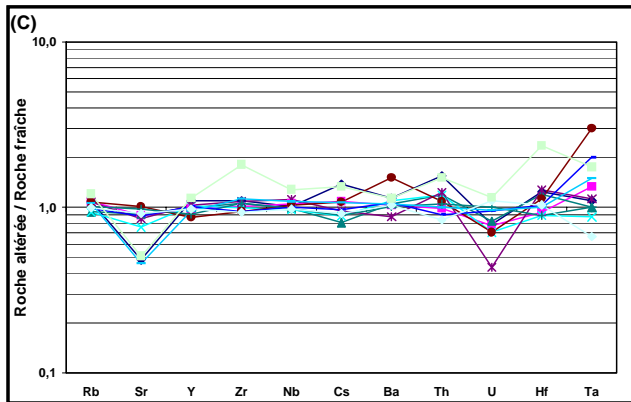
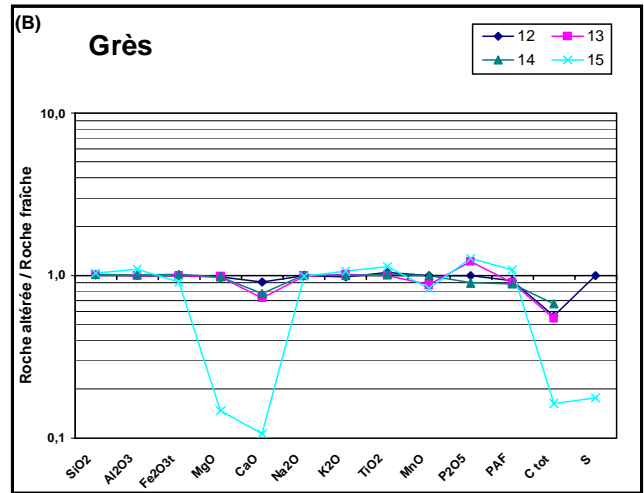
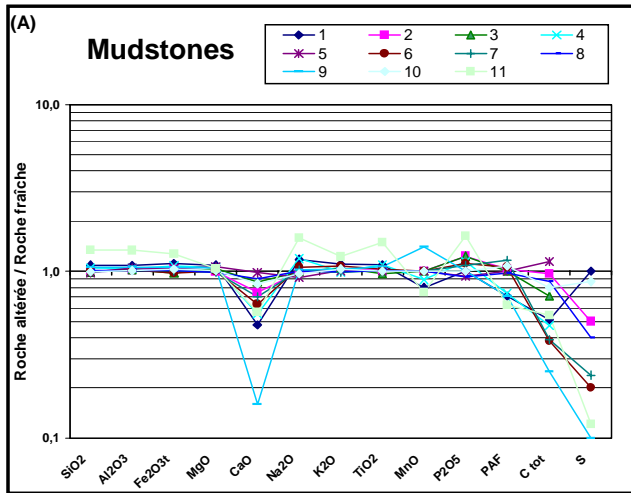


Figure 3 - Diagrammes multi-éléments normalisés « Roche altérée / Roche fraîche »; (voir texte pour explication des numéros).

Tableau 1 - Composition moyenne, écart type, compositions minimale et maximale de différentes lithologies types reconnues au cours de l'échantillonnage de l'été 2002.

Élément Unité de dosage	SiO2 (%)	Al2O3 (%)	Fe2O3t (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na2O (%)	K2O (%)	TiO2 (%)	MnO (%)	P2O5 (%)	PAF (%)	C tot (%)	S (%)	As (ppm)	Au (ppb)	Ba (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	Cs (ppm)	Cu (ppm)	Ga (ppm)	Hf (ppm)	Nb (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	
Régions de Mid-Patapédia et de Listugué																										
Formation de Garin																										
Mudstone gris moyen (n=6)																										
Moyenne	60,04	17,78	7,40	3,60	0,44	1,15	3,77	0,89	0,06	0,19	4,8	0,18	0,05	16	0,9	4,46	17,1	93	12,0	34,2	26,7	4,8	14,6	62,2	13,2	
Écart type	1,95	0,75	0,65	1,03	0,21	0,12	0,36	0,03	0,02	0,11	4,3	0,05	0,04	12	0,2	4,7	3,6	38	2,6	7,6	0,9	0,8	0,4	29,2	9,8	
Minimum	57,16	16,74	6,63	2,71	0,19	1,03	3,32	0,85	0,03	0,12	4,4	0,09	0,03	6	0,6	3,94	14,5	68	8,9	22,6	25,3	3,9	14,0	44,3	2,1	
Maximum	63,00	18,63	8,16	5,21	0,69	1,30	4,10	0,91	0,08	0,40	5,3	0,22	0,12	34	1,2	5,06	24,3	170	16,7	43,5	27,9	5,9	15,2	121,1	29,0	
Mudstone gris foncé (n=3)																										
Moyenne	55,20	16,16	6,17	4,50	4,20	0,75	3,65	0,79	0,05	0,15	8,7	1,31	0,10	9	1,6	4,12	16,5	104	9,5	27,5	24,1	3,7	14,2	90,3	9,4	
Écart type	8,21	0,66	1,11	1,05	3,71	0,33	0,10	0,08	0,03	0,02	3,7	0,98	0,14	5	0,1	4,9	4,5	34	2,3	7,4	1,8	0,9	0,3	28,2	4,9	
Minimum	49,47	15,59	4,95	3,32	0,38	0,56	3,57	0,72	0,02	0,14	4,4	0,19	0,01	4	1,5	3,56	11,4	69	6,9	22,5	22,0	2,9	14,0	57,9	5,6	
Maximum	64,60	18,88	7,12	5,34	7,78	1,13	3,76	0,87	0,08	0,17	11,1	1,97	0,26	13	1,7	4,49	19,4	138	11,1	36,0	25,2	4,6	14,6	109,8	15,0	
Mudstone calcaireux (n=4)																										
Moyenne	36,74	9,84	4,81	3,33	21,66	0,94	1,79	0,49	0,13	0,11	20,3	5,11	0,23	8	0,8	2,18	14,9	103	4,1	17,3	13,7	2,4	7,9	72,1	6,9	
Écart type	8,83	2,56	1,10	0,88	8,29	0,16	0,62	0,14	0,07	0,05	5,7	1,77	0,08	10	0,2	1,05	4,0	35	2,9	10,4	2,2	0,9	1,8	24,0	4,2	
Minimum	27,26	7,33	3,59	2,51	10,53	0,74	1,31	0,34	0,06	0,06	12,4	2,65	0,13	3	0,6	1,19	10,2	63	2,5	9,9	11,0	1,7	6,1	50,0	2,3	
Maximum	48,61	13,40	6,26	4,52	30,49	1,12	2,66	0,67	0,21	0,17	26,0	6,85	0,33	23	1,0	3,65	19,7	147	8,5	32,7	16,5	3,5	10,1	104,1	12,2	
Formation de Pabos																										
Mudstone calcaireux (n=6)																										
Moyenne	42,08	12,43	5,73	3,86	15,05	0,80	2,67	0,62	0,06	0,12	16,8	3,81	0,10	4	0,7	2,91	15,9	113	5,0	20,4	17,0	3,1	11,6	75,5	10,5	
Écart type	5,67	1,93	1,03	0,64	5,28	0,21	0,38	0,09	0,01	0,04	4,2	1,37	0,07	1	0,3	5,0	3,8	27	1,2	4,4	3,2	0,3	1,4	20,6	2,1	
Minimum	36,21	10,67	4,81	2,88	6,93	0,47	2,24	0,53	0,05	0,09	10,4	1,74	0,01	2	0,5	2,49	11,4	88	3,6	14,9	14,2	2,8	10,2	53,4	7,7	
Maximum	50,59	15,28	7,47	4,51	20,23	1,02	3,15	0,77	0,08	0,19	20,6	5,02	0,19	4	1,3	3,64	21,7	161	6,9	27,9	21,5	3,6	13,5	109,6	13,9	
Région du mont St-Joseph																										
Formation de Garin																										
Mudstone gris moyen (n=7)																										
Moyenne	56,97	18,04	8,26	4,47	0,66	1,53	3,52	0,90	0,12	0,15	5,2	0,18	0,01	7	0,7	3,67	30,2	150	7,2	49,0	24,1	3,9	12,9	114,4	13,5	
Écart type	1,21	0,24	0,42	0,43	0,54	0,25	0,20	0,04	0,04	0,09	0,3	0,03	0,01	2	*	7,0	3,6	16	0,9	3,1	1,4	0,3	0,8	10,9	4,9	
Minimum	54,68	17,58	7,62	3,70	0,28	1,31	3,31	0,85	0,05	0,09	4,8	0,15	0,01	3	0,7	3,17	24,4	130	6,2	45,6	21,6	3,6	11,6	100,4	6,1	
Maximum	58,42	18,31	8,83	4,89	1,66	2,02	3,90	0,95	0,16	0,32	5,5	0,23	0,02	11	0,7	5,18	35,9	181	8,4	53,4	26,0	4,4	13,7	126,5	19,7	
Mudstone gris foncé (n=9)																										
Moyenne	57,49	17,27	8,17	4,57	0,86	1,50	3,41	0,86	0,07	0,14	5,5	0,28	0,06	8	0,9	4,54	27,0	151	6,4	45,5	23,7	3,7	12,6	110,8	13,5	
Écart type	1,16	0,87	0,26	0,64	0,75	0,15	0,22	0,03	0,02	0,05	0,5	0,17	0,07	2	0,5	2,20	3,6	10	1,4	3,1	1,3	0,4	0,8	14,2	3,7	
Minimum	56,03	16,04	7,76	3,54	0,24	1,14	3,16	0,82	0,05	0,10	4,8	0,16	0,01	5	0,5	3,14	21,7	137	4,2	40,3	21,7	3,1	11,4	90,4	8,5	
Maximum	59,08	18,43	8,51	5,64	2,04	1,64	3,77	0,92	0,09	0,24	6,4	0,67	0,19	12	1,7	9,80	31,7	171	8,4	49,3	26,1	4,3	14,1	134,3	20,8	
Mudstone calcaireux (n=1)																										
02-SC-2204-A1A	35,05	10,67	5,01	3,62	21,77	0,54	2,37	0,50	0,10	0,09	20,3	4,88	0,16	5	*	2,27	18,9	92	3,4	18,2	15,2	2,6	9,8	64,4	11,9	
Calcaire argileux (n=1)																										
02-SC-2201-D	19,26	4,79	2,37	1,48	39,01	0,54	0,95	0,21	1,11	0,15	29,8	8,45	0,06	2	*	1,12	6,2	31	1,4	6,8	9,1	0,9	5,6	22,1	3,4	
Grès (n=2)																										
Moyenne	61,40	14,12	7,95	4,13	1,97	2,81	1,98	0,99	0,10	0,17	3,8	0,15	0,04	7	1,4	4,28	24,5	197	2,6	34,6	17,5	4,2	9,1	75,1	10,8	
Région de Rebois-Arsenaux																										
Formation d'Arsenaux																										
Grès (n=10)																										
Moyenne	69,95	12,19	5,09	2,83	1,03	2,29	2,30	0,62	0,06	0,11	3,2	0,24	0,05	3	1,6	7,29	15,8	213	2,8	19,3	16,5	6,0	10,7	75,7	11,7	
Écart type	4,38	2,30	0,75	0,59	0,47	0,67	0,88	0,10	0,01	0,02	0,8	0,14	0,06	1	0,8	1,86	3,0	71	1,2	8,2	5,6	1,1	2,3	29,6	3,1	
Minimum	58,93	9,83	3,90	1,93	0,49	1,02	1,63	0,48	0,05	0,08	2,3	0,08	0,01	2	0,7	5,18	10,2	121	1,6	13,6	12,2	4,0	8,7	44,3	4,4	
Maximum	75,15	18,27	6,34	3,97	1,76	3,08	4,63	0,85	0,08	0,14	5,1	0,49	0,17	5	2,7	11,86	18,9	346	5,7	41,8	32,0	8,1	16,6	129,1	15,7	
Mudstone gris moyen verdâtre (n=8)																										
Moyenne	61,00	15,59	7,43	4,05	1,03	1,51	3,22	0,75	0,08	0,13	5,0	0,21	0,05	6	1,7	5,86	20,2	155	4,7	37,0	21,3	4,4	12,8	120,8	15,0	
Écart type	4,27	0,99	0,51	0,97	1,27	0,57	0,56	0,12	0,03	0,03	1,7	0,35	0,05	7	0,7	2,18	2,7	62	1,3	10,1	2,5	1,2	2,1	48,9	4,7	
Minimum	52,69	13,62	6,76	3,11	0,21	0,99	2,28	0,64	0,04	0,10	3,4	0,02	0,01	2	0,6	3,44	15,5	92	2,5	17,6	16,3	3,1	10,5	73,9	7,7	
Maximum	64,90	16,64	8,09	5,25	4,05	2,68	3,96	0,98	0,15	0,18	8,6	1,03	0,08	22	2,7	9,30	23,7	241	6,3	51,3	24,0	6,9	17,6	194,8	20,9	

Tableau 1 - Composition moyenne, écart type, compositions minimale et maximale de différentes lithologies types reconnues au cours de l'échantillonnage de l'été 2002.

Élément	Rb	Sc	Sr	Ta	Th	U	V	Y	Zn	Zr	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Unité de dosage	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
Régions de Mid-Patépédia et de Listuguj																								
Formation de Garin																								
<i>Mudstone gris moyen (n=6)</i>																								
Moyenne	165,0	18	65,4	1,1	12,7	3,1	153	30,1	77	155,3	45,1	84,7	9,95	37,9	7,5	1,42	6,02	0,95	5,35	1,12	3,05	0,48	3,19	0,49
Écart type	16,0	2	15,0	0,1	1,6	0,9	7	8,8	13	14,9	3,8	7,6	1,21	7,4	3,1	0,55	3,12	0,39	1,98	0,29	0,66	0,05	0,42	0,06
Minimum	146,8	16	46,0	0,9	10,8	2,2	144	22,1	55	143,4	38,2	74,2	8,56	31,2	5,5	1,02	3,89	0,65	4,02	0,85	2,46	0,43	2,85	0,40
Maximum	181,2	20	83,4	1,2	15,4	4,4	161	46,5	90	177,0	48,6	96,2	12,14	51,8	13,7	2,51	12,24	1,73	9,22	1,66	4,24	0,56	3,94	0,56
<i>Mudstone gris foncé (n=3)</i>																								
Moyenne	155,0	17	282,1	1,1	10,2	2,6	135	22,3	59	127,2	41,2	73,3	8,24	31,4	5,1	1,03	4,33	0,65	3,93	0,82	2,16	0,38	2,38	0,36
Écart type	7,6	1	215,7	0,1	2,3	0,4	5	4,4	6	32,1	4,2	3,3	0,58	4,3	0,8	0,41	1,16	0,11	0,49	0,11	0,18	0,05	0,09	0,04
Minimum	146,6	16	54,1	1,0	7,9	2,4	131	17,4	54	103,9	36,5	70,1	7,84	27,9	4,2	0,55	3,00	0,53	3,06	0,69	2,00	0,32	2,31	0,32
Maximum	161,5	18	483,0	1,1	12,5	3,1	141	25,9	66	163,8	44,7	76,6	8,90	36,2	5,8	1,30	5,13	0,75	4,24	0,90	2,35	0,42	2,48	0,39
<i>Mudstone calcareux (n=4)</i>																								
Moyenne	68,6	11	994,7	0,5	5,9	1,6	77	19,3	45	80,7	24,4	47,5	5,51	21,7	4,1	1,07	3,75	0,62	3,52	0,69	1,88	0,27	1,78	0,27
Écart type	18,9	3	507,3	0,1	1,9	0,5	18	3,3	23	22,4	3,6	6,4	0,66	2,3	0,4	0,22	0,68	0,16	0,42	0,09	0,25	0,02	0,29	0,04
Minimum	50,5	9	549,7	0,4	3,6	1,0	56	16,0	31	55,4	20,3	40,8	4,73	18,6	3,5	0,77	2,94	0,43	2,96	0,62	1,67	0,24	1,39	0,22
Maximum	94,6	15	1132,7	0,9	10,4	2,1	119	22,1	80	128,2	34,3	66,6	7,86	28,9	5,5	1,02	4,16	0,68	3,95	0,77	2,32	0,38	2,37	0,32
Formation de Pabos																								
<i>Mudstones calcareux (n=6)</i>																								
Moyenne	105,0	13	768,3	0,7	8,6	1,5	94	18,5	62	102,0	29,3	55,4	6,60	24,5	4,6	0,83	3,58	0,59	3,39	0,68	1,91	0,31	1,95	0,27
Écart type	17,0	3	309,5	0,1	1,6	0,3	17	2,5	13	16,0	3,9	8,7	0,95	3,6	0,7	0,11	0,47	0,08	0,48	0,09	0,27	0,05	0,38	0,05
Minimum	86,9	11	364,0	0,6	6,6	1,3	81	14,8	47	86,6	24,0	43,4	5,34	19,8	3,5	0,68	3,00	0,46	2,54	0,54	1,52	0,25	1,41	0,19
Maximum	126,7	18	1132,7	0,9	10,4	2,1	119	22,1	80	128,2	34,3	66,6	7,86	28,9	5,5	1,02	4,16	0,68	3,95	0,77	2,32	0,38	2,37	0,32
Région du mont St-Joseph																								
Formation de Garin																								
<i>Mudstone gris moyen (n=7)</i>																								
Moyenne	132,2	21	122,7	0,8	10,4	2,9	164	25,7	98	137,9	37,3	72,7	8,27	31,4	5,4	1,12	4,63	0,79	4,68	0,92	2,60	0,41	2,90	0,39
Écart type	6,7	1	93,5	0,1	0,7	0,6	9	5,5	8	9,6	3,3	6,7	1,07	5,0	1,4	0,21	1,23	0,17	0,94	0,16	0,28	0,04	0,29	0,07
Minimum	124,6	20	68,4	0,7	9,4	2,1	155	21,7	89	124,4	34,5	67,3	7,42	25,9	4,2	0,89	3,47	0,59	3,81	0,81	2,41	0,37	2,51	0,32
Maximum	142,8	21	330,1	0,9	11,3	3,9	178	37,6	105	151,3	44,3	86,0	10,48	40,2	7,3	1,46	6,80	1,07	6,40	1,27	3,23	0,47	3,35	0,52
<i>Mudstone gris foncé (n=9)</i>																								
Moyenne	128,3	21	112,3	0,8	10,4	2,8	159	23,9	95	131,9	35,1	68,1	7,62	29,9	5,3	1,07	4,47	0,71	4,21	0,81	2,37	0,39	2,74	0,36
Écart type	6,8	1	38,5	0,1	1,4	0,3	7	1,9	11	6,8	2,4	5,2	0,53	2,3	0,9	0,22	0,63	0,08	0,53	0,06	0,18	0,02	0,22	0,04
Minimum	119,5	20	70,5	0,7	9,2	2,3	147	22,4	77	122,4	31,9	62,9	6,86	26,6	4,5	0,75	3,83	0,59	3,46	0,75	2,04	0,34	2,45	0,31
Maximum	138,5	21	199,4	1,0	13,1	3,3	169	28,3	108	142,6	40,5	78,3	8,70	34,0	7,1	1,39	5,71	0,84	5,32	0,88	2,60	0,41	3,12	0,45
<i>Mudstone calcareux (n=1)</i>																								
02-SC-2204-A1A	87,9	10	979,5	0,8	6,5	2,8	88	17,5	50	87,0	25,5	52,5	5,91	23,1	3,9	0,87	3,50	0,55	2,83	0,66	1,71	0,25	1,98	0,25
Calcaire argileux (n=1)																								
02-SC-2201-D	36,9	4	1455,7	0,3	2,6	1,0	34	23,2	23	37,3	25,3	49,5	5,72	24,2	5,0	1,89	4,56	0,68	4,05	0,69	1,69	0,24	1,53	0,17
Grès (n=2)																								
Moyenne	60,0	21	387,9	0,7	6,5	2,1	186	27,9	97	152,7	25,8	51,6	6,28	23,2	4,3	1,29	4,93	0,81	4,51	0,90	2,73	0,43	2,94	0,38
Région de Reboul-Arsenault																								
Formation d'Arsenault																								
<i>Grès (n=10)</i>																								
Moyenne	76,0	13	103,6	0,7	8,9	2,1	99	22,9	65	209,4	34,3	58,7	7,13	27,2	5,4	1,16	4,28	0,65	3,77	0,81	2,23	0,33	2,08	0,33
Écart type	43,2	3	30,6	0,2	1,8	0,4	24	3,2	9	37,8	9,7	6,9	1,68	7,2	1,1	0,24	0,85	0,11	0,58	0,11	0,33	0,07	0,36	0,04
Minimum	49,9	9	37,9	0,6	6,8	1,7	79	17,4	50	136,7	25,3	49,1	5,77	22,3	4,5	0,97	3,53	0,54	2,92	0,68	1,91	0,28	1,62	0,28
Maximum	195,8	19	147,7	1,2	13,1	2,7	162	27,5	77	263,1	58,8	72,0	11,66	46,8	8,2	1,82	6,43	0,88	4,65	0,99	3,08	0,52	2,89	0,44
<i>Mudstone gris moyen verdâtre (n=8)</i>																								
Moyenne	123,3	17	85,8	0,9	9,0	2,2	123	21,9	88	141,4	28,1	52,4	6,07	24,1	4,7	1,03	3,99	0,61	3,72	0,78	2,28	0,32	2,19	0,35
Écart type	29,4	2	47,5	0,1	1,3	0,6	9	2,4	7	48,1	9,7	15,0	2,09	7,1	1,4	0,28	0,78	0,12	0,33	0,10	0,19	0,04	0,24	0,04
Minimum	66,2	15	37,1	0,7	6,9	1,5	112	18,5	78	108,3	10,4	31,5	2,57	12,4	2,6	0,59	2,63	0,45	3,23	0,62	1,94	0,27	1,78	0,30
Maximum	150,5	20	160,9	1,1	10,7	3,0	138	24,9	99	241,2	37,8	72,9	8,37	31,7	6,1	1,47	4,78	0,80	4,08	0,90	2,52	0,38	2,47	0,40

Tableau 1 - Composition moyenne, écart type, compositions minimale et maximale de différentes lithologies types reconnues au cours de l'échantillonnage de l'été 2002.

Élément Unité de dosage	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	PAF (%)	C tot (%)	S (%)	As (ppm)	Au (ppb)	Ba (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	Cs (ppm)	Cu (ppm)	Ga (ppm)	Hf (ppm)	Nb (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)		
Région de Rebourg-Arsenault (suite)																											
Formation de Garin																											
Grès gris moyen à gris moyen clair (n=11)																											
Moyenne	66,70	13,00	5,06	3,42	1,96	3,20	1,83	0,63	0,08	0,13	3,8	0,31	0,06	4	1,2	546	17,5	179	2,2	17,0	15,1	5,2	8,8	107,8	12,3		
Écart type	4,55	1,25	1,30	1,53	0,94	0,93	0,67	0,15	0,03	0,07	1,0	0,19	0,06	1	0,5	303	9,7	116	1,2	8,2	2,2	2,2	2,9	89,9	3,8		
Minimum	60,13	11,10	2,66	1,59	0,69	1,96	0,84	0,36	0,05	0,07	2,0	0,08	0,01	3	0,5	162	5,3	8	1,1	4,0	12,5	2,3	3,2	3,2	6,2		
Maximum	72,47	14,81	6,70	6,02	3,54	5,70	2,95	0,92	0,14	0,33	5,1	0,52	0,20	7	1,9	1312	34,7	360	5,7	31,2	18,5	8,6	12,1	249,9	21,2		
Grès carbonaté gris moyen (n=1)																											
02-SC-2606-A	55,59	11,32	4,53	3,59	10,30	2,44	1,40	0,44	0,09	0,10	9,8	2,02	0,18	4	*	259	16,9	199	1,5	12,2	11,4	3,4	5,4	144,4	7,0		
Grès quartzifère massif gris clair (n=2)																											
Moyenne	81,39	5,04	2,17	1,34	3,91	0,92	0,75	0,25	0,06	0,06	4,1	0,83	0,11	2	1,1	100	6,9	151	0,7	8,1	4,9	1,6	2,3	36,1	5,0		
Grès quartzifère carbonaté, massif, gris clair (n=1)																											
02-SC-2600-B2	68,78	5,35	2,27	1,39	10,53	1,02	0,84	0,32	0,13	0,08	9,2	2,37	0,15	4	0,7	110	9,1	108	0,9	10,7	6,5	3,2	3,6	33,8	6,3		
Grès carbonaté, très grossier, conglomératique (n=1)																											
02-SC-2618-B	38,20	7,31	3,19	2,09	24,82	0,39	1,77	0,32	0,16	0,11	20,7	6,13	0,35	10	*	198	15,8	67	2,2	20,6	10,9	2,1	5,6	72,6	10,3		
Mudstone/Siltstone faiblement laminé, gris moyen (n=23)																											
Moyenne	57,56	15,98	7,57	5,59	1,97	1,88	2,70	0,78	0,08	0,14	5,6	0,39	0,15	5	1,1	452	27,1	220	3,8	36,1	20,6	4,2	10,2	163,9	14,6		
Écart type	1,38	0,96	0,45	0,47	1,43	0,36	0,32	0,04	0,02	0,02	0,9	0,31	0,15	2	0,5	105	5,3	39	0,7	5,9	1,5	0,5	0,7	32,9	2,5		
Minimum	55,59	13,50	6,34	4,57	0,60	1,22	2,11	0,69	0,04	0,11	4,7	0,14	0,01	2	0,5	316	13,2	153	2,9	21,1	17,7	3,2	8,4	108,6	10,9		
Maximum	61,41	17,29	8,24	6,44	6,03	2,67	3,26	0,86	0,13	0,19	8,4	1,34	0,68	10	2,3	751	38,9	330	5,3	47,2	22,9	5,2	11,4	232,5	21,7		
Mudstone/Siltstone gris moyen (n=36)																											
Moyenne	57,38	16,41	7,75	5,57	1,62	1,92	2,82	0,76	0,09	0,14	5,4	0,27	0,16	6	1,1	431	28,3	220	4,2	38,8	21,3	4,0	10,3	174,5	15,7		
Écart type	1,84	0,96	0,38	0,62	0,92	0,27	0,31	0,04	0,02	0,03	0,7	0,19	0,09	2	0,5	66	4,5	44	0,9	5,1	1,8	0,7	1,0	34,5	6,2		
Minimum	53,98	14,60	6,94	3,73	0,14	1,42	2,03	0,64	0,06	0,09	3,9	0,04	0,01	1	0,5	350	19,3	92	2,6	28,5	16,8	2,2	7,9	89,6	7,8		
Maximum	62,91	18,66	8,72	6,55	3,76	2,59	3,46	0,86	0,13	0,24	7,3	0,82	0,42	11	2,5	644	40,4	302	6,0	48,9	24,7	5,8	12,0	229,7	48,1		
Mudstone/Siltstone gris moyen verdâtre (n=8)																											
Moyenne	60,36	16,08	7,35	4,69	0,74	1,57	3,14	0,76	0,07	0,13	4,9	0,20	0,13	4	1,1	543	22,0	169	4,2	35,3	21,7	4,3	10,8	132,0	12,8		
Écart type	4,43	1,60	0,61	1,01	0,74	0,63	0,41	0,10	0,02	0,03	0,8	0,18	0,13	2	0,6	188	5,4	69	1,2	5,5	1,9	1,0	1,1	45,0	2,3		
Minimum	55,76	13,23	6,26	3,07	0,15	0,76	2,50	0,59	0,05	0,09	3,6	0,05	0,01	1	0,5	361	16,7	79	2,7	28,8	18,1	2,8	9,2	80,3	8,8		
Maximum	68,48	18,55	8,29	5,87	1,81	2,69	3,83	0,86	0,11	0,17	5,9	0,49	0,28	6	1,9	923	33,6	257	5,7	43,4	23,8	5,4	12,2	189,6	15,5		
Mudstone/Siltstone gris foncé (n=13)																											
Moyenne	56,88	16,08	7,83	5,85	1,82	1,84	2,75	0,78	0,08	0,14	5,7	0,34	0,18	5	0,7	413	30,2	235	4,1	39,7	21,1	4,0	10,3	189,4	14,4		
Écart type	0,74	1,00	0,45	0,62	0,95	0,43	0,34	0,03	0,02	0,03	0,8	0,29	0,16	1	0,1	40	4,8	43	1,1	6,0	1,1	0,6	1,0	43,4	1,5		
Minimum	55,60	14,40	6,92	4,84	0,48	1,23	2,42	0,74	0,05	0,09	4,7	0,10	0,05	3	0,6	326	20,5	162	2,9	31,0	19,2	2,7	8,1	114,8	12,0		
Maximum	57,86	18,18	8,36	7,15	3,86	2,48	3,41	0,83	0,14	0,18	7,5	1,00	0,52	9	0,8	474	38,4	327	6,4	50,7	22,3	4,9	11,4	272,8	18,0		
Mudstone/Siltstone non différencié (n=80)																											
Moyenne	57,65	16,20	7,67	5,53	1,66	1,86	2,81	0,77	0,08	0,14	5,5	0,31	0,16	5	1,0	445	27,7	218	4,1	37,8	21,1	4,1	10,3	169,6	14,9		
Écart type	2,17	1,04	0,45	0,69	1,12	0,38	0,34	0,05	0,02	0,03	0,8	0,25	0,13	2	0,5	98	5,3	48	0,9	5,6	1,6	0,7	0,9	39,0	4,5		
Minimum	53,98	13,23	6,26	3,07	0,14	0,76	2,03	0,59	0,04	0,01	3,6	0,04	0,01	1	0,5	316	13,2	79	2,6	21,1	16,8	2,2	7,9	80,3	7,8		
Maximum	68,48	18,66	8,72	7,15	6,03	2,69	3,83	0,86	0,14	0,24	8,4	1,34	0,68	11	2,5	923	40,4	330	6,4	50,7	24,7	5,8	12,2	272,8	48,1		
Calcaire angifieux (n=1)																											
02-SC-2603-A5B	33,91	10,86	4,63	3,13	23,12	1,38	1,94	0,67	0,28	0,33	19,4	4,66	0,28	8	*	270	26,2	230	2,5	29,5	13,5	4,1	7,9	103,7	11,8		
Formation de Pabos																											
Mudstone gris moyen verdâtre (n=3)																											
Moyenne	56,65	17,08	8,18	5,35	0,96	1,51	2,93	0,76	0,06	0,12	6,3	0,28	0,02	4	1,0	400	25,1	217	4,6	38,2	22,9	3,8	11,1	183,2	14,2		
Écart type	1,87	0,15	0,32	0,26	1,21	0,14	0,17	0,03	0,01	0,01	1,0	0,28	*	1	0,3	41	3,0	28	0,3	4,0	0,9	0,5	0,6	28,1	1,4		
Minimum	54,61	16,99	7,98	5,08	0,17	1,35	2,79	0,73	0,05	0,11	5,5	0,10	0,02	4	0,8	356	22,0	196	4,3	34,2	22,0	3,3	10,6	160,1	12,6		
Maximum	58,28	17,26	8,55	5,60	2,35	1,61	3,12	0,79	0,06	0,13	7,4	0,60	0,02	5	1,2	436	28,0	249	4,8	42,2	23,8	4,2	11,7	214,5	15,4		

Tableau 1 - Composition moyenne, écart type, compositions minimale et maximale de différentes lithologies types reconnues au cours de l'échantillonnage de l'été 2002.

Élément Unité de dosage	Rb (ppm)	Sc (ppm)	Sr (ppm)	Ta (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	V (ppm)	Y (ppm)	Zn (ppm)	Zr (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Gd (ppm)	Tb (ppm)	Dy (ppm)	Ho (ppm)	Er (ppm)	Tm (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)
Région de Reboul-Arsenault (suite)																								
Formation de Garin																								
Grès gris moyen à gris moyen clair (n=11)																								
Moyenne	55,9	13	234,2	0,6	6,9	1,8	76	21,5	66	189,4	28,9	53,9	6,32	23,8	4,9	1,22	4,10	0,67	3,58	0,77	2,08	0,31	2,07	0,33
Écart type	20,9	3	91,2	0,1	2,5	0,6	28	6,7	19	83,5	10,1	14,9	1,63	5,5	0,7	0,21	0,88	0,16	1,06	0,28	0,70	0,10	0,68	0,11
Minimum	24,8	7	126,5	0,3	1,9	0,5	22	16,6	49	92,6	11,3	28,5	3,77	15,2	4,0	0,94	3,18	0,49	2,78	0,61	1,56	0,24	1,55	0,27
Maximum	91,3	15	447,2	0,8	12,2	2,9	105	40,7	110	316,0	48,3	82,9	9,75	35,9	6,2	1,64	6,25	1,09	6,56	1,59	4,07	0,59	4,01	0,66
Grès carbonaté gris moyen (n=1)																								
02-SC-2606-A	48,0	10	419,9	0,4	4,2	1,0	67	13,5	45	114,7	22,5	39,0	4,44	16,0	2,6	0,81	2,70	0,39	2,19	0,44	1,32	0,21	1,20	0,19
Grès quartzifère massif gris clair (n=2)																								
Moyenne	24,0	3	251,6	0,2	2,1	0,5	34	8,0	24	57,9	11,6	22,3	2,54	10,1	2,0	0,54	1,66	0,27	1,26	0,25	0,79	0,10	0,66	0,09
Grès quartzifère carbonaté, massif, gris clair (n=1)																								
02-SC-2600-B2	28,0	5	352,6	0,3	2,7	0,7	44	12,3	25	101,8	13,8	27,6	3,19	14,0	2,9	0,61	2,70	0,39	2,11	0,45	1,20	0,18	1,11	0,18
Grès carbonaté, très grossier, conglomératique (n=1)																								
02-SC-2618-B	69,9	6	763,5	0,4	7,6	2,1	74	16,0	47	67,2	17,7	40,7	4,31	16,7	3,4	0,86	3,34	0,41	3,02	0,59	1,59	0,26	1,44	0,23
Mudstone/Siltstone faiblement laminé, gris moyen (n=23)																								
Moyenne	98,9	18	159,9	0,6	8,3	2,1	129	22,6	88	142,5	31,5	56,1	6,97	28,1	5,3	1,18	4,63	0,70	4,06	0,81	2,21	0,35	2,23	0,33
Écart type	12,3	2	58,5	0,2	1,0	0,4	11	3,4	12	14,8	6,4	6,1	1,10	5,3	0,8	0,17	0,85	0,12	0,70	0,11	0,21	0,05	0,25	0,04
Minimum	77,4	14	82,4	0,1	6,9	1,5	102	19,2	56	115,6	23,2	45,8	5,57	20,6	4,1	0,91	3,78	0,53	3,16	0,66	1,82	0,27	1,80	0,27
Maximum	123,3	22	283,6	0,8	10,5	2,7	147	32,0	114	183,1	52,0	68,7	10,76	46,3	8,2	1,65	7,65	0,96	5,95	1,14	2,76	0,53	3,09	0,43
Mudstone/Siltstone gris moyen (n=36)																								
Moyenne	102,0	18	161,7	0,6	8,9	2,2	128	21,6	90	136,6	32,3	58,5	7,06	28,0	5,0	1,15	4,40	0,66	3,79	0,77	2,16	0,34	2,17	0,34
Écart type	13,6	1	59,5	0,2	1,0	0,3	12	3,2	10	15,7	8,4	8,6	1,50	6,1	0,9	0,24	0,92	0,12	0,66	0,09	0,25	0,03	0,23	0,04
Minimum	70,0	15	67,5	0,2	6,9	1,3	105	15,7	76	110,2	20,9	33,4	4,49	17,5	3,5	0,67	2,80	0,44	2,84	0,63	1,87	0,28	1,80	0,28
Maximum	132,0	20	285,6	0,9	11,5	2,7	153	35,5	119	177,7	72,5	77,7	14,15	55,9	8,6	2,10	8,30	1,17	6,46	1,14	3,16	0,39	3,12	0,46
Mudstone/Siltstone gris moyen verdâtre (n=8)																								
Moyenne	114,2	17	106,8	0,7	9,0	2,4	130	25,4	95	136,3	36,0	62,1	7,88	31,0	5,5	1,21	5,88	0,75	4,43	0,85	2,45	0,38	2,30	0,35
Écart type	15,4	2	82,7	0,2	1,0	0,5	18	11,4	21	24,5	9,3	9,6	2,11	9,2	1,5	0,45	2,74	0,30	1,80	0,31	0,73	0,10	0,55	0,10
Minimum	88,9	13	32,0	0,3	7,3	1,8	105	15,0	79	89,3	22,0	47,0	4,55	16,9	3,2	0,66	2,69	0,43	2,53	0,53	1,73	0,26	1,59	0,25
Maximum	137,9	20	243,5	1,1	10,0	3,4	154	52,3	140	156,7	53,1	79,6	11,85	48,9	8,4	2,08	10,63	1,44	8,52	1,58	4,17	0,60	3,54	0,57
Mudstone/Siltstone gris foncé (n=13)																								
Moyenne	100,2	18	158,9	0,6	9,0	2,0	131	23,2	87	140,7	32,9	57,4	7,20	28,7	5,4	1,22	4,58	0,69	3,86	0,79	2,22	0,33	2,26	0,35
Écart type	11,7	1	53,1	0,2	1,0	0,2	8	3,3	7	10,6	7,7	5,1	1,47	6,0	0,8	0,24	0,97	0,12	0,61	0,10	0,27	0,03	0,30	0,03
Minimum	82,3	16	58,6	0,3	7,0	1,7	119	17,0	74	125,3	26,2	51,8	6,06	23,5	4,1	0,75	3,13	0,44	2,89	0,61	1,76	0,28	1,79	0,30
Maximum	123,3	19	220,1	0,8	11,3	2,4	143	31,0	96	159,7	54,7	64,8	11,17	46,1	7,2	1,67	7,14	0,95	5,33	1,00	2,73	0,39	3,01	0,40
Mudstone/Siltstone non différencié (n=80)																								
Moyenne	102,0	18	155,3	0,6	8,8	2,2	129	22,5	90	138,9	32,6	58,0	7,14	28,5	5,2	1,18	4,64	0,69	3,95	0,79	2,21	0,34	2,22	0,34
Écart type	13,6	2	61,8	0,2	1,0	0,4	12	4,7	12	15,8	7,8	7,6	1,46	6,1	0,9	0,25	1,25	0,15	0,84	0,13	0,32	0,05	0,29	0,05
Minimum	70,0	13	32,0	0,1	6,9	1,3	102	15,0	56	89,3	20,9	33,4	4,49	16,9	3,2	0,66	2,69	0,43	2,53	0,53	1,73	0,26	1,59	0,25
Maximum	137,9	22	285,6	1,1	11,5	3,4	154	52,3	140	183,1	72,5	79,6	14,15	55,9	8,6	2,10	10,63	1,44	8,52	1,58	4,17	0,60	3,54	0,57
Calcaire argileux (n=1)																								
02-SC-2603-A5B	70,4	15	559,1	0,5	7,0	1,5	101	33,2	99	130,9	39,0	79,0	9,11	37,2	7,1	1,63	6,54	1,05	5,62	1,03	2,92	0,41	2,63	0,37
Formation de Pabos																								
Mudstone gris moyen verdâtre (n=3)																								
Moyenne	117,9	20	86,5	0,8	9,4	2,0	143	26,1	85	122,8	35,5	57,3	7,48	28,9	5,7	1,20	4,48	0,73	4,14	0,89	2,45	0,36	2,36	0,35
Écart type	9,1	1	19,8	0,1	0,5	0,2	7	6,5	10	10,9	3,4	2,9	0,95	3,6	0,7	0,21	1,02	0,18	1,00	0,19	0,48	0,07	0,43	0,06
Minimum	111,7	19	74,2	0,8	9,0	1,8	136	21,0	74	110,6	32,0	54,2	6,51	26,6	5,1	1,08	3,60	0,61	3,43	0,76	2,11	0,31	2,07	0,30
Maximum	128,4	21	109,3	0,9	9,9	2,1	149	33,4	93	131,6	38,8	59,9	8,41	33,0	6,4	1,44	5,59	0,94	5,28	1,11	3,00	0,44	2,85	0,42

ANNEXE 1 - LITHOLOGIES DE LA FORMATION DE GARIN



Photo B - Petits lits silto-gréseux et calcaireux gris clair et d'épaisseur millimétrique à la base de strates centimétriques de siltstone-mudstone (figure 2, site photographique n° 3). Les petites failles synsédimentaires présentes témoignent de l'instabilité du milieu de dépôt.



Photo D - Vue rapprochée d'un niveau de conglomérat à galets et blocs arrondis d'origine sédimentaire terrigène variée. Niveau de la partie basale du stratotype de la Formation de Garin (figure 2, site photographique n°2).



Photo A - Litage centimétrique de siltstone-mudstone dans la partie médiane du stratotype de la Formation de Garin (figure 2, site photographique n° 1). Granoclassement positif vers le haut de la photo.



Photo C - Séquence de siltstone-mudstone affectée par un pli synsédimentaire (« slump ») présentant une structure « en champignon » (figure 2, site photographique n° 4).



Photo E - Fragments décimétriques de coussins de basalte amygdalaire dans le conglomérat polygénique à galets et blocs (figure 2, site photographique n°5). Noter en particulier la disposition radiale et l'éirement des amygdales du fragment à droite de la photo.

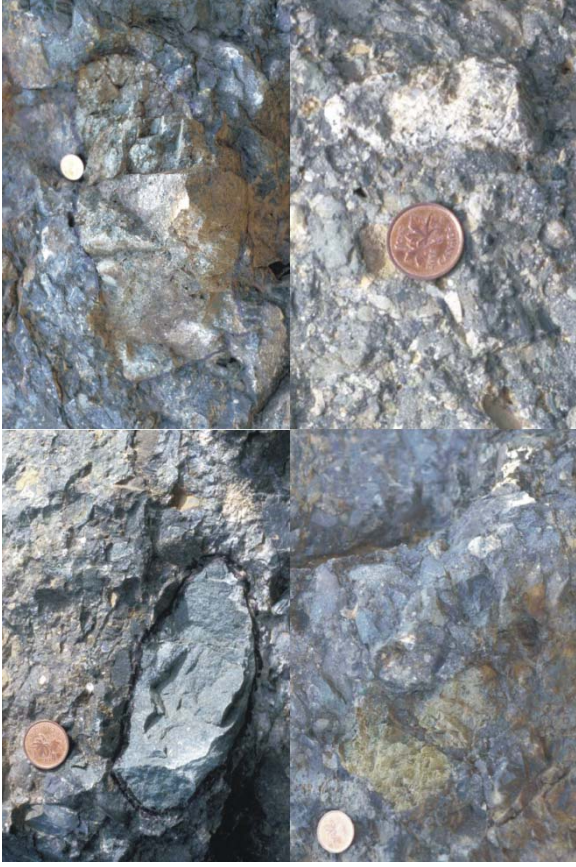


Photo F - Diversité des fragments ignés du conglomérat polygénique (même site photographique que la photo E) : fragment de gabbro massif (en haut, à gauche), volcanite intermédiaire porphyrique (en haut, à droite), volcanite mafique épidotisée (en bas, à gauche), matériel igné felsique blanc quartzo-porphyrrique (en bas, à droite).



Photo G - Lit décimétrique d'arénite quartzitique blanche grossière à très grossière. Deux cycles granoclassés (granoclassement normal vers le haut de la photo) caractérisent ce lit (figure 2, site photographique n°3).



Photo H - Lit décimétrique de conglomérat calcaireux à granules et petits cailloux de quartz blanc (lit entre les traits pointillés noirs) interstratifié dans une séquence de claystone-mudstone-siltstone (figure 2, site photographique n° 3). De teinte gris clair en cassure fraîche, de tels lits présentent communément un couleur brun moyen à brun foncé en altération et deviennent friables en surface.