

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR

ISABELLE DUVAL

CARACTÉRISATIONS GÉOCHIMIQUE ET PÉTROGRAPHIQUE :

LES MATÉRIAUX LITHIQUES DU SITE ARCHÉOLOGIQUE CARTIER-

ROBERVAL, CAP-ROUGE, QUÉBEC.

JANVIER 2009

Isabelle Duval © 2009



Mise en garde/Advice

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

RÉSUMÉ

En 1541-1543, Jacques Cartier et Le Sieur de Roberval ont exploré le Nord-Est Américain. Leurs expéditions avaient comme but premier d'établir une colonie française, mais aussi de découvrir des sources de métaux précieux. Les textes historiques relatant ces événements sont fragmentaires notamment concernant les différents lieux d'approvisionnement en matériaux. La redécouverte en 2005 du site historique Cartier-Roberval et le lancement du programme de fouilles archéologiques par la Commission de la Capitale Nationale du Québec, ouvrent la voie à l'obtention de renseignements inédits qui témoignent de la période de contact.

Le site Cartier-Roberval est situé à Cap-Rouge dans la région de Québec à la limite du domaine géologique allochtone des Appalaches. Les matériaux lithiques retrouvés lors de la première campagne de fouilles archéologiques en 2007 font l'objet, dans cette présente étude, de caractérisations géochimiques et pétrographiques afin de cerner leur provenance. Le repérage des sources de matériaux lithiques utilisées au 16^e siècle permet ainsi d'augmenter notre compréhension du mode de vie passée.

Au total, 124 échantillons archéologiques et géologiques, de grès, de schistes, de pyrites, de cristaux de quartz et de cherts, ont été analysés. La provenance des échantillons archéologiques a été déterminée en les comparant à des échantillons de sources géologiques similaires prélevées sur le terrain dans la région de Québec. Le contexte géologique et le mode de formation de chacune des trente-six sources étudiées ont été examinés. La comparaison s'est d'abord effectuée, à partir des données géochimiques, à l'aide de diagrammes et de statistiques multivariées. Ces données géochimiques sont obtenues au moyen de l'analyse par activation neutronique instrumentale. Ensuite, la comparaison s'est fait à l'aide de regroupements en fiches descriptives selon les résultats d'identification macroscopique et pétrographique.

Les analyses de cette étude ont permis d'associer les pierres de construction en grès des structures du 16^e siècle, à un affleurement de grès de la Formation de Sainte-Foy, situé au nord-est du site. D'autres matériaux utilisés dans la construction, des shales, proviennent du socle rocheux du site même. Par ailleurs, c'est sur la pointe ouest de l'anse de la rivière du Cap Rouge que d'importante quantité de nodules de pyrites de fer a été remarquée. Les cristaux de quartz, selon les résultats, proviennent des alentours du site, dans les failles présentes à travers les shales de la falaise ouest du cap Rouge. Quant aux artefacts en pierres taillées, les résultats supposent que deux sources de cherts auraient été utilisées au 16^e siècle sur le site Cartier-Roberval : celle de la Côte de la Montagne et une autre indéterminée dans l'Olistostrome de la rivière Etchemin.

Des sources et des lieux précis d'extraction de matières premières lithiques utilisées au 16^e siècle ont été ciblés. Les résultats obtenus laissent entrevoir que les occupants du site Cartier-Roberval ont exploité des matériaux lithiques à proximité de leur lieu d'établissement. Même si les objets retrouvés sur le site archéologique reflètent un mode de vie européen, ces immigrants du 16^e siècle ont su se familiariser avec leur environnement local immédiat. Ils ont exploité un affleurement de grès, non loin de leur site, qui a fourni la majorité de leurs pierres de construction. L'Anse du Cap Rouge, riche en quartz et en pyrites, alimentait l'exploitation minière et procurait localement ce qu'ils croyaient être des pierres précieuses. Les artefacts en chert contrastent quelque peu avec les autres matières premières utilisées sur le site : les lieux de leur provenance sont beaucoup plus éloignés. Cette différence dans la stratégie d'acquisition est le témoin de relations avec les Amérindiens.

AVANT-PROPOS

Cette étude a été déposée initialement, le 25 avril 2008, comme étude spécialisée en géo-archéologie, au projet archéologique Cartier-Roberval de la Commission de la Capitale Nationale du Québec. Cette étude scientifique constitue également un mémoire pour l'obtention du grade de Maître en Sciences de la Terre à l'Université du Québec à Chicoutimi.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier la Commission de la Capitale Nationale du Québec qui a assuré le financement de cette recherche. J'aimerais aussi remercier toute l'équipe du projet Cartier-Roberval, spécialement le responsable du projet M. Nicolas Giroux. Je remercie également les archéologues, M. Gilles Samson, M. Richard Fiset et M. Yves Chrétien, pour leur disponibilité et leurs conseils.

Un immense merci à mes directeurs M. Jean-François Moreau, archéométricien et directeur du laboratoire d'archéologie de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), et M. Pierre Cousineau, sédimentologue et directeur du département des Sciences de la Terre à l'UQAC, pour leur compréhension et leurs commentaires constructifs. Je souhaite remercier les autres correcteurs, M. Jacques Carignan, géochimiste et professeur au département de géologie de l'UQAC, et M. Adrian L. Burke, archéologue et professeur au département d'Anthropologie de l'Université de Montréal qui m'ont fait l'honneur d'accepter de consacrer une partie de leur temps à l'examen de ce travail.

Je remercie également M. Paul Bédard, M. Dany Savard du laboratoire de géochimie de l'UQAC pour leurs judicieux conseils et leur aide lors de l'analyse.

Un gros merci à M. Jacques Chabot, archéologue à l'Université Laval, pour la tracéologie et pour l'accès aux laboratoires d'archéologie de l'Université Laval.

Un merci spécial à M. Yves Chrétien pour avoir partagé ses informations sur les sources de cherts, de pyrites et de grès de la région de Québec ainsi que pour ses échantillons de cherts verts et de pyrites. Également, merci à M. Mario Corneau pour ses informations et ses échantillons de cristaux de quartz du Cap-Diamant.

Je tiens aussi à souligner le soutien et l'aide précieuse de Mme Martine Guay et de M. Guillaume Hébert.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	ii
AVANT-PROPOS	iii
REMERCIEMENTS.....	iv
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES FIGURES.....	viii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I: CONTEXTE HISTORIQUE ET GÉOLOGIQUE.....	5
1.1 <i>Le contexte historique du site Cartier-Roberval (CeEu-4)</i>	<i>5</i>
1.1.1 Les textes historiques.....	5
1.1.2 Données archéologiques.....	10
1.2 <i>Le contexte géologique de la région de Québec et des alentours du site Cartier-Roberval (CeEu-4)</i>	<i>11</i>
1.2.1 Domaine autochtone (Plate-forme du Saint-Laurent)	16
1.2.2 Domaine parautochtone (Jonction entre la plate-forme du Saint-Laurent et le domaine des Appalaches)	18
1.2.3 Domaine allochtone (Appalaches).....	19
A. Nappe de la Chaudière	20
B. Nappe du promontoire de Québec	22
C. Olistostrome de la rivière Etchemin.....	22
1.3 <i>Données géo-archéologiques des matériaux lithiques à l'étude.....</i>	<i>24</i>
1.3.1 Les grès	24
1.3.2 Les schistes.....	26
1.3.3 La pyrite	28
1.3.4 Le quartz	30
1.3.5 Le chert	31
1.4 Résumé du contexte	34
CHAPITRE II : MÉTHODOLOGIE	35

2.1 Échantillonnage.....	36
2.1.1 Grès	38
2.1.2 Schiste	40
2.1.3 Pyrite	41
2.1.4 Quartz	41
2.1.5 Chert	42
2.2. Techniques d'analyse.....	43
2.2.1 Géochimie	43
2.2.2 Pétrographie.....	44
2.3 Méthodes de comparaison	45
2.3.1 Géochimie	45
2.3.2 Pétrographie.....	48
CHAPITRE III : RÉSULTATS	50
3.1 Les grès	50
Géochimie	51
Pétrographie.....	59
3.2 Les schistes (mudrocks).....	63
Géochimie	64
Pétrographie.....	66
3.3 La pyrite	68
Géochimie	71
Pétrographie.....	73
3.4 Le quartz	74
Géochimie	75
Pétrographie.....	77
3.5 Le chert	79
Géochimie	79
Pétrographie.....	86
CHAPITRE IV : DISCUSSION ET INTERPRÉTATION.....	88
4.1 Remise en contexte des résultats.....	88
Grès	88
Schiste (mudrock)	95

Pyrite.....	97
Quartz	100
Chert	101
4.2 Stratégie d'acquisition des matériaux lithiques	105
CONCLUSION	109
Pistes de recherche	112
RÉFÉRENCES	115
Appendice A : Représentation visuelle des pièces archéologiques et des sources	
géologiques échantillonnées.	125
Appendice B : La localisation des échantillons archéologiques présentée sur la carte des	
opérations archéologiques du site Cartier-Roberval et sur la carte	
topographique du parc Cartier-Roberval.	136
Appendice C. La localisation des échantillons géologiques présentée sur la carte	
géologique de la région de Québec avec légende et sur la carte	
topographique du parc Cartier-Roberval.	139
Appendice D : Photos de chaque affleurement géologique échantillonné.	142
Appendice E : Tableau de référence synthèse des numéros d'analyse de chaque	
échantillon.....	160
Appendice F : Données d'analyse géochimique obtenue en analyse par activation	
neutronique (INAA) pour chaque échantillon.	166
Appendice G : Les résultats de l'analyse pétrographique regroupés en fiche descriptive.	
.....	191
Appendice H : Étude tracéologique préliminaire.....	212
Appendice électronique 1 : Référent visuel mégascopique de tous les échantillons initiaux.	
.....	225
Appendice électronique 2 : Résultats géochimiques bruts des concentrations analysées de	
tous les échantillons.	225
Appendice électronique 3 : Référent visuel microscopique pour l'analyse pétrographique.	
.....	225
Appendice électronique 4 : La normalité des éléments géochimiques pour chaque	
catégorie de matières premières.....	225

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site à l'étude	2
Figure 2 : Représentation iconographique des Forts de Cartier-Roberval (tirée de Braudel, 1984).	8
Figure 3 : Carte géologique des environs de Québec (tirée et adaptée de Castonguay et al., 2002) échelle 1 : 125 000.....	13
Figure 3a : Légende de la carte géologique de la ville de Québec (tirée de Castonguay et al., 2002)	14
Figure 4 : Domaines structuraux aux alentours de Québec (tirée de Bourque, 1997, et adaptée de Brisebois et Brun, 1994).....	15
Figure 5 : Schéma stratigraphique de la Formation de Les Fonds à la Pointe Aubin (tirée de Comeau et al. 2004)	19
Figure 6 : Classification des roches sédimentaires (tirée de Sharma et al., 1993, et adaptée de Pettijohn, 1957).....	24
Figure 7: Classification des grès adaptée de Folk (1980).....	25
Figure 8 : Classification des sédiments fins (tirée de Sharma et al., 1993, et adaptée d'Ingram, 1953; Folk 1965; Flawn, 1953; et Vallière 1985)	27
Figure 9 : Classification géochimique des grès, rapport Fe_2O_3 vs Al_2O_3 des échantillons de grès (n=69) de CeEu-4.	52
Figure 10 : Classification géochimique des grès, rapport K_2O vs Al_2O_3 des échantillons de grès (n=69) de CeEu-4	52
Figure 11 : Classification géochimique des grès, rapport MgO vs Al_2O_3 des échantillons de grès géologiques et archéologiques (n=69)	54
Figure 12 : ACP avec Fe_2O_3 , Co, Sc, Zn, TiO_2 et V des échantillons archéologiques et géologiques de grès analysés.	56
Figure 13 : ACP des éléments traces les plus diagnostiques des échantillons des sources géologiques autour du site de Cartier-Roberval et des échantillons archéologiques de grès du 16 ^e et du 19 ^e siècles excluant les échantillons géologiques des carrières historiques de Sillery.	57
Figure 14 : ACP des carrières de grès de Sillery et des échantillons archéologiques de grès du 19 ^e siècle du site Cartier-Roberval	59

Figure 15 : Microphotographies du grès utilisé au 16 ^e siècle. A- Échantillon archéologique d'une pierre de construction en grès de l'opération 37B (G16Aa3) du site Carier-Roberval. B- Échantillon géologique de l'affleurement de grès de Sillery présent au nord-est du site Cartier-Roberval.	61
Figure 16 : Classification des shales selon Bjørlykke (1974).....	65
Figure 17 : ACP avec 25 éléments chimiques des échantillons (n=16) de schistes (mudrocks) du site Cartier-Roberval (CeEu-4).	66
Figure 18 : Falaise sud-est du promontoire du Cap Rouge montrant les mudrocks multicolores de la Formation de Sainte-Foy.....	67
Figure 19 : Photo vers l'ouest de l'Anse du Cap Rouge à mi-marée montante.	69
Figure 20 : Source de pyrites sur la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge (PSd) correspondant probablement à la mine du 16 ^e siècle avec, en arrière plan, le site CeEu-4 sur la falaise du Cap Rouge.....	70
Figure 21 : ACP des échantillons géologiques de pyrites à proximité du site CeEu-4 ainsi que des pièces archéologiques possiblement dérivés des tests métallurgiques du 16 ^e siècle.....	72
Figure 22 : ACP des nodules de pyrites	72
Figure 23 : Photographies et microphotographies de deux sources de nodules de pyrites près du site Cartier-Roberval. A et B- Nodule de pyrite de la Plage Saint-Laurent, station 1, (PSa1). C et D- Nodule de pyrite de la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge(PSd1) montrant des formes cristallines du système cubique, emboîtées.	74
Figure 24 : ACP des échantillons de quartz du site de Cartier-Roberval	76
Figure 25 : Microphotographies (100x) des échantillons géologiques des shales ressemblant aux pierres sur lesquelles les cristaux de quartz se forment, à gauche, et des échantillons archéologiques de cristaux de quartz à droite.	78
Figure 26 : ACP des 14 éléments traces des échantillons géologiques et archéologiques de cherts de CeEu-4.....	81
Figure 27 : ACP avec 8 éléments traces et Fe ₂ O ₃ des échantillons géologiques et archéologiques de cherts de CeEu-4.....	81
Figure 28 : ACP des 5 éléments traces des échantillons géologiques et archéologiques de cherts de CeEu-4.....	82

Figure 29: Rapport Fe_2O_3 vs MnO des échantillons géologiques et archéologiques de cherts de CeEu-4.....	82
Figure 30 : Patron des terres rares représentant les sources de cherts de la Plage Saint-Laurent, de la Pointe Aubin et du chert vert de Québec avec les échantillons archéologiques du site Cartier-Roberval.....	85
Figure 31 : Patron des terres rares représentant les sources de la Côte de la Montagne, de la Côte Dinan et de Cocksackie avec les échantillons archéologiques du site Cartier-Roberval	85
Figure 32 : Microphotographies (100X) des échantillons de cherts de la région de Québec. A- Fantômes de radiolaires dans une matrice argileuse-siliceuse. B- Radiolaires et fragments de carbonates dans une matrice argileuse-siliceuse. C- Radiolaires, veines de quartz et de carbonates dans une matrice argileuse-siliceuse. D- Radiolaires, veinules de quartz dans une matrice argileuse-calcaireuse.	87
Figure 33 : Détails d'un gros lit de grès, au sud, sous le pont Saint-Louis (G19Sb).....	90
Figure 34 : Banc de grès au Nord-est du site entre le pont Saint-Louis (G19Sb) et l'affleurement en face de la roulotte (G19Sc).....	90
Figure 35 : Côté est de l'affleurement de grès en face de la roulotte (G19Sc) où a été prélevé l'échantillon no2 et qui ressemble à une carrière.....	91
Figure 36: Structure de pierres 331 trouvée lors des fouilles archéologiques de 2007.	91
Figure 37 : Photo macroscopique du grès de Cap-Rouge utilisé au 16 ^e siècle.....	95
Figure 38 : Structure de pierres 300 de l'opération 37B et C du site Cartier-Roberval (CeEu-4) trouvée lors des fouilles archéologiques de 2007.	96
Figure 39 : Photo de soufre, ressemblant visuellement à du soufre natif, trouvé dans les niveaux du 16 ^e siècle du site Cartier-Roberval (non analysé).	98
Figure 40 : Chert de la Pointe Aubin	103
Figure 41 : Variété éclatante du chert vert de Québec de provenance inconnue (Photo adaptée d'Yves Chrétien)	103
Figure 42 : Localisation des sources de matières premières retrouvées sur le site Cartier-Roberval.	108
Planche 1 : Échantillons archéologiques de grès des structures du 16 ^e siècle du site Cartier-Roberval (CeEu-4).....	126

Planche 2 : Échantillons archéologiques de grès des structures du 19 ^e siècle du site Cartier-Roberval (CeEu-4).....	127
Planche 3 : Échantillons géologiques de grès situés à proximité du site Cartier-Roberval (CeEu-4).....	128
Planche 4 : Échantillons géologiques de grès des carrières historiques de Sillery	129
Planche 5 : Échantillons archéologiques et géologiques des schistes (mudrocks)	130
Planche 6 : Échantillons géologiques des nodules de pyrites.....	131
Planche 7 : Échantillons archéologiques de soufre et de scories du site CeEu-4 ainsi que les échantillons géologiques de gangues de pyrites.	132
Planche 8 : Échantillons géologiques et archéologiques de cristaux de quartz analysés.	133
Planche 9 : Échantillons géologiques de cherts de la région de Québec.....	134
Planche 10 : Échantillons archéologiques de cherts du site Cartier-Roberval	135
Photo 1 : Roche mère du site Cartier-Roberval, opération 42A, (G16Sa).....	143
Photo 2 : Lits de grès, au nord du site sur le chemin de fer, 2 ^e ruisseau (G16Sb)	143
Photo 3 : Bancs de grès à l'ouest du site en arrière des maisons de la côte de Cap-Rouge (G16Sc).....	144
Photo 4 : Lit de grès à l'ouest du promontoire de Cap-Rouge au sud près du 1 ^{er} ruisseau (G16Sd).....	144
Photo 5 : Petits lits de siltstone dans l'estran (G16Se)	145
Photo 6 : Pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge, affleurement de grès (G16Sf).....	145
Photo 7 : Lits de grès très fins et de siltstone au pied de la falaise de Cap-Rouge (G16Sg)	146
Photo 8 : Petits lits de grès très fins à l'extrême est du site (G16Sh).....	146
Photo 9 : Structure de pierres dans le parc (G19Ae) et affleurement de grès de Lauzon (G19Sa).....	147
Photo 10 : Affleurements des gros lits de grès sous le Pont Saint-Louis, Cap-Rouge (G19Sb).....	147
Photo 11 : Affleurements des bancs de grès en face de la roulotte à l'est du site. (G19Sc)	148
Photo 12 : Bancs d'emprunt (G19Sd).....	148

Photo 13 : Affleurement de grès sur la pointe à l'ouest de la gare de train de Sainte-Foy entre les ponts et le site (G19Se).....	149
Photo 14 : Carrière de Sillery du 19 ^e siècle, du côté est du pilier nord du Pont Pierre-Laporte (G19Sf).....	149
Photo 15 : Carrière de Sillery du 19 ^e siècle, près du pont des Cageux (G19Sg).....	150
Photo 17 : Affleurement exploité historiquement, à St-Romuald, rue de l'école (G19Si).	151
Photo 18 : Carrière de Sillery du 19 ^e siècle, dans le Boisé Tequenonday à l'est du Belvédère (G19Sj).....	151
Photo 19 : Falaise du promontoire de Cap-Rouge, côté ouest, schistes gris (SSa).....	152
Photo 20 : En dessous du pont Saint-Louis, shales rouges et verts des mudrocks de la Formation de Sainte-Foy (SSb).....	152
Photo 21 : Estran, côté est de l'Anse du Cap Rouge (SSc).....	153
Photo 22 : Plage Saint-Laurent, station 1 (SSd).....	153
Photo 23 : Plage Saint-Laurent, station 1 (PSa).....	154
Photo 24 : Pointe Aubin, près de Saint-Nicolas (PSb).....	154
Photo 25 : Plage Saint-Laurent, station 3, Pointe Jean-Gros, (PSc).....	155
Photo 26 : Pointe Ouest de l'Anse du Cap Rouge (PSd).....	155
Photo 27 : Côté ouest du site, au nord sur le chemin de fer, à côté du 2 ^e ruisseau (QSa).....	156
Photo 28 : Pointe Ouest de l'Anse du Cap Rouge (Q Sb).....	156
Photo 29 : Cap Diamant (QSc).....	157
Photo 30 : Plage Saint-Laurent (CSa).....	157
Photo 31 : Pointe Aubin, St-Nicolas (CSb).....	158
Photo 32: Chert de la Côte Dinan (CSe).....	158
Photo 33 : Chert de la Côte de la Montagne (CSf).....	159
Figure A : En encadré, localisation des zones vérifiées lors de l'analyse préliminaire en tracéologie sur les artefacts de chert du site CeEu-4 ainsi que la localisation (flèches rouges) des photos de la figure C. (Photo adapté de Chrétien 2008) .	219
Figure B: Photo (adapté de Chrétien 2008) des éclats en cherts retrouvé sur le site CeEu-4 a la fin de la campagne de fouille 2007.....	220
Figure C1 : Microphotographies des artefacts du site CeEu-4 prises lors de l'analyse préliminaire en tracéologie.....	221

Figure C2 : Suite des microphotographies des artefacts du site CeEu-4 prises lors de l'analyse préliminaire en tracéologie.....	222
Figure C3 : Suite des microphotographies des artefacts du site CeEu-4 prises lors de l'analyse préliminaire en tracéologie.	223
Figure C4 : Suite des microphotographies des artefacts du site CeEu-4 prises lors de l'analyse préliminaire en tracéologie.	224

INTRODUCTION

À l'automne 2005, le site de la première tentative de colonisation française en Amérique du Nord a été mis au jour (Chrétien, 2006). Ce site (CeEu-4) correspond au « fort-d'en-haut occupé par Jacques Cartier en 1541-1542 et par Jean-François de la Roque de Roberval en 1542-1543 » (Fiset et al., 2008). Il a été découvert sur le promontoire est de l'anse du Cap Rouge, en banlieue de la ville de Québec (**Figure 1**). L'importance de cette découverte a incité le gouvernement du Québec, la Commission de la Capitale Nationale du Québec (CCNQ) et le Ministère de la Culture, des Communications et de la Condition Féminine (MCCCF) à lancer un vaste programme multidisciplinaire de fouilles archéologiques et d'études spécialisées (Samson et al., 2007) afin d'explorer ce site unique en Amérique du Nord et de mieux comprendre la tentative de colonisation française dans la vallée du Saint-Laurent au 16^e siècle.

Les études spécialisées tentent de répondre à des problématiques spécifiques en se référant à d'autres domaines de recherche. Entre autres, les archéologues, depuis quelques années, utilisent fréquemment les études de provenance. Ces études tentent de connaître la source ou l'emplacement d'extraction d'une matière retrouvée en contexte archéologique. Elles permettent ensuite de formuler des hypothèses relativement à l'exploitation des matériaux et, indirectement, elles servent à comprendre les déplacements et les échanges dynamiques entre les populations. Le principe de base des études de provenance est d'établir une correspondance entre la composition physique et/ou chimique d'artéfacts et la circonstance de leur production à une certaine époque et/ou dans un certain lieu. Les études de provenance lithique font appel, plus

spécifiquement, à des connaissances géologiques. Pour ces études, les formations géologiques ont été formées à un temps et à un endroit donné et les conditions de leur formation se reflètent dans leur composition (chimique, pétrographique, etc.) permettant ainsi de les différencier. Les études de provenance lithique demandent une bonne compréhension du contexte géologique et plus précisément du mode de formation des pierres à l'étude.

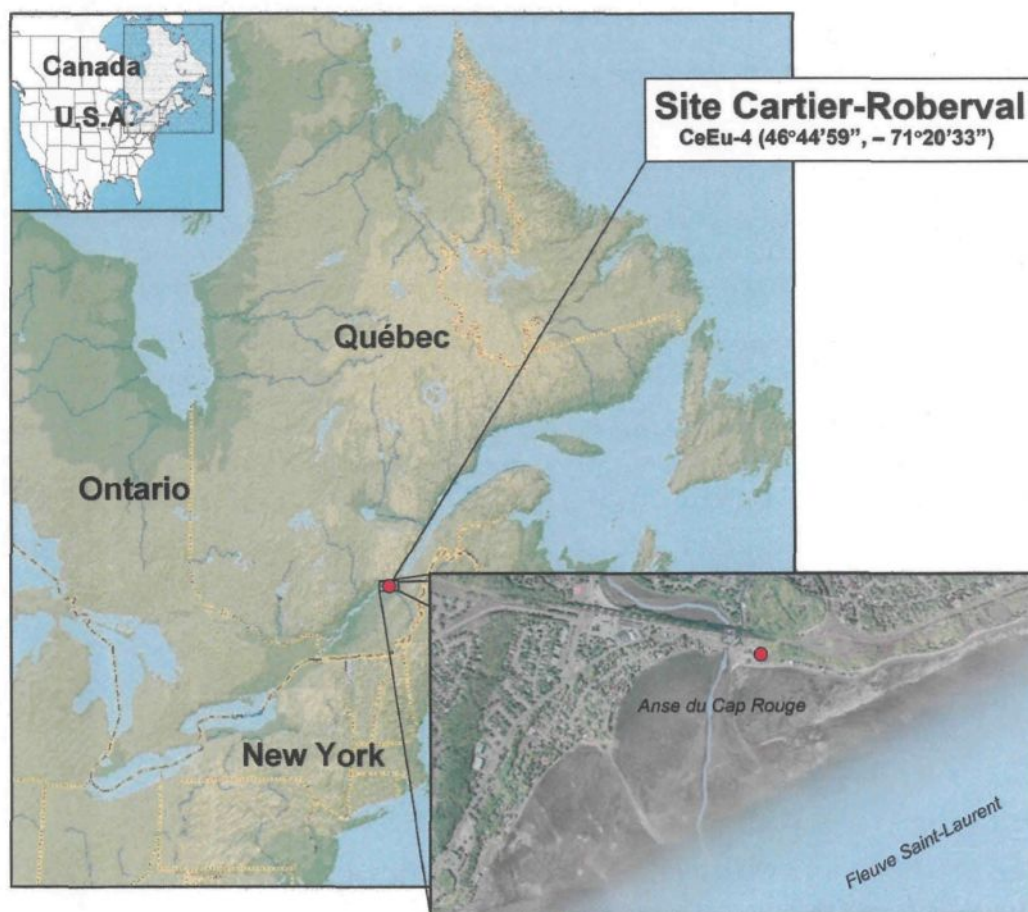


Figure 1 : Localisation du site à l'étude

Cette présente étude, spécialisée en géologie, tente de répondre à la question : d'où proviennent le grès, le schiste, le quartz, la pyrite et le chert trouvés sur le site archéologique de

Cartier-Roberval (CeEu-4). Elle a donc comme but de connaître la provenance des matières premières lithiques retrouvées en contexte archéologique en les associant à une source géologique probable. Elle s'insère dans une démarche classique en archéologie qui tente de placer le site archéologique dans son contexte (Burke, 2003). Cette étude a été demandée et conçue pour le projet archéologique de Cartier-Roberval. Ses objectifs, préalablement décidés par les archéologues responsables du projet, sont les suivants :

1. Échantillonner les pierres de construction (grès et schiste) des diverses structures du 16^e et 19^e siècles présentes sur le site Cartier-Roberval afin de déterminer la provenance la plus probable des matériaux ;
2. Localiser les lieux de provenance de la pyrite de fer et du quartz qui sont à l'origine des découvertes archéologiques et des observations de Cartier en 1541 concernant l'or et les diamants ;
3. Identifier certains artefacts lithiques en chert du site Cartier-Roberval afin de déterminer leur provenance géographique ;
4. Caractériser chimiquement et pétrographiquement les sources géologiques probables de grès, de schistes, de pyrites de fer, de quartz et de cherts afin d'établir une comparaison avec certains échantillons trouvés sur le site Cartier-Roberval.

Pour rencontrer les objectifs, la méthode de cette étude se résume comme suit : documenter les contextes culturel et géologique à l'étude ainsi que les matériaux analysés (**Chapitre 2**) ; échantillonner les éléments archéologiques et les sources géologiques et expliquer la méthodologie utilisée (**Chapitre 3**) ; caractériser géochimiquement et pétrographiquement les éléments archéologiques et les échantillons géologiques prélevés pour ensuite effectuer des comparaisons au niveau géochimique et pétrographique entre les ensembles de données archéologiques et géologiques (**Chapitre 4**) ; et finalement, discuter et mettre les résultats en contexte (**Chapitre 5**).

Cette méthode comporte les étapes nécessaires à une étude de provenance géo-archéologique (Burke, 2007).

CHAPITRE I

CONTEXTE HISTORIQUE ET GÉOLOGIQUE

1.1 *Le contexte historique du site Cartier-Roberval (CeEu-4)*

1.1.1 Les textes historiques

De nombreux récits et analyses ont été publiés au sujet des voyages de Cartier. Trudel (2000) en dresse une liste exhaustive. Cette partie de l'étude va tenter de faire ressortir, mais surtout de mieux comprendre, par les informations et les analyses historiques, l'importance de l'exploitation des minerais et des ressources naturelles lors des expéditions de Cartier et de Roberval. Les relations des voyages de Cartier posent des problèmes de sources et amènent conséquemment des interprétations multiples. En effet, la relation du premier voyage a d'abord été publiée en italien puis en anglais et enfin en français. La relation du second voyage a été publiée en français dès 1545 par un auteur inconnu et le manuscrit original qui servit à cette édition n'a pas été retrouvé. Trois manuscrits de la relation du deuxième voyage sont conservés (Trudel, 2000). C'est dans celui qu'a publié Lescarbot que Biggar (1924) croit retrouver l'original. Toutefois, Le Blant (1961-62) soutient qu'aucun des trois n'est l'original, mais qu'ils sont plutôt des copies d'un archétype disparu. Enfin, pour la relation du troisième voyage, nous ne possédons qu'une version anglaise incomplète faite par Hakluyt d'après un document aujourd'hui disparu, trouvé à Paris vers 1583. Ce dernier récit a servi à cette étude soit, les voyages de Cartier en 1541-1542 et de Roberval en 1542-1543. Il est disponible sous plusieurs versions, mais ce sont celles de Biggar (1930) et de

Cook (1993) en anglais et celles de Bideaux (1986) et de Julien et al. (1984) en français qui ont été consultées pour cette étude.

En analysant les voyages de Jacques Cartier au Canada, Gérin (1946 : 23) conclut que :

Le mobile déterminant de cette expédition transatlantique patronnée par le roi de France, comme d'ailleurs, des expéditions entreprises précédemment par les rois de Portugal et d'Espagne, n'était pas tant la colonisation agricole ou l'apostolat chrétien, que la recherche des métaux précieux et la mainmise sur les trésors accumulés du continent nouveau.

Lors du premier voyage de Cartier, en 1534, le trésorier de la marine royale lui versa 6.000 livres «*pour descouvrir certaines ysles et pays ou l'on dict qu'il se doibt trouver grant quantité d'or et autres riches choses...*» (Biggar, 1924 : 42). Lors de son deuxième voyage (1535-1536), à Hochelaga :

Il s'informa avec soin de la région où le grand fleuve prend sa source et de ses gîtes de métaux précieux. Dans l'ignorance où il était de la langue des naturels, il ne put tirer d'eux que des renseignements assez vagues, suffisants toutefois pour lui persuader qu'on découvrirait de l'or et de l'argent quelque part vers les sources du Saguenay ou de l'Outaouais, deux grands tributaires du Saint-Laurent issus des profondeurs de la région septentrionale. (Gérin, 1946 : 34).

Cette analyse des textes historiques de Gérin (1946) laisse entrevoir que la recherche des métaux précieux avait une large part dans les préoccupations des bailleurs de fonds de l'entreprise. Gérin (1946 : 34) souligne que Cartier retourna à Stadaconé et s'efforça d'y obtenir de plus amples indications sur ce pays de Saguenay qu'il considérait, dans un chapitre entier de sa Narration, comme des peuples qui ont grande quantité d'or et de cuivre rouge.

Quelques années plus tard, François 1^{er}, après le rétablissement de la paix en 1538, décida de fonder une colonie dans la vallée du Saint-Laurent.

Le choix du chef se porta sur Jean-François de la Roque, seigneur de Roberval. Ce personnage supplantait ainsi Cartier dans le gouvernement de la colonie naissante. L'apport subit en Europe, par les découvreurs de l'Amérique, de quantités énormes d'or et d'argent cause la crise économique de la Renaissance. [...] Roberval n'entendait rien à la navigation maritime. Tout au plus, dans son pays ancestral du Languedoc, avait-il pu se familiariser avec l'exploitation des gîtes minéraux, autre indice du véritable mobile directeur de cette tentative de *découverte* en pays inhabité. (Gérin, 1946 : 35-41)

Cartier partit le premier avec cinq navires le 23 mai 1541, de Saint-Malo. Provencher (2006 : 2) souligne que

Lorsqu'il évoquait un semblable voyage trois ans plus tôt, il souhaitait que 396 personnes l'accompagnent, [...] dont quatre maîtres de forge pour la transformation du minerai. Le 23 août, après avoir renoué contact avec les Amérindiens de Stadaconé (Québec), Cartier choisit de se rendre jusqu'à la rivière du Cap-Rouge pour y fonder un établissement qu'il nomme Charlesbourg- Royal. Là, il entreprend la construction de deux forts, un à proximité de la rivière et l'autre sur le promontoire afin de couvrir le fort d'en bas et les bateaux en rade. [Voir représentation **figure 2**] Comme la construction des forts avance bien, Cartier en profite pour remonter le fleuve en barque jusqu'à Hochelaga (Montréal). De retour, Cartier constate que les relations avec les Stadaconiens se sont franchement détériorées et fait mettre les forts en état de défense. Ici s'arrête la relation de ce voyage de Cartier, la suite ayant été perdue.

Selon les textes historiques, Cartier semble convaincu d'avoir trouvé des diamants et de l'or lors de son troisième voyage. Voici les passages où il en fait part :

Et sur cette haute falaise, nous découvrîmes une belle fontaine très proche du dit fort. Tout à coté, on trouva une bonne quantité de pierres que nous pensâmes être des diamants. Sur l'autre versant et au pied de ladite hauteur du côté du fleuve, on trouve sur toute la longueur un important gisement contenant le meilleur fer du monde. Celui-ci s'étend presque jusqu'à notre fort et le sable sur lequel nous marchons est du minerais parfaitement pur et prêt à mettre au fourneau. Et au bord de l'eau, nous trouvâmes certaines feuilles d'or fines de l'épaisseur d'un ongle. Et à l'ouest du dit fleuve il y a, comme je l'ai déjà dit, de nombreux beaux arbres ; jusqu'à la rivière s'étend une belle prairie (...). À une centaine de pas au-delà de ladite prairie. On trouve une colline couverte d'une sorte d'ardoise noire et épaisse où l'on voit des veines minérales qui luissent comme de l'or et de l'argent. Dans toute cette pierre on voit de grosses paillettes du dit métal. Et dans certains endroits nous trouvâmes des pierres comme des diamants. Les plus beaux, les mieux polis et les mieux taillés qu'on puisse voir, et lorsque le soleil brille, ils resplendissent comme des étincelles de feu. (Bideaux, 1986 : lignes 176 à 199, troisième relation)

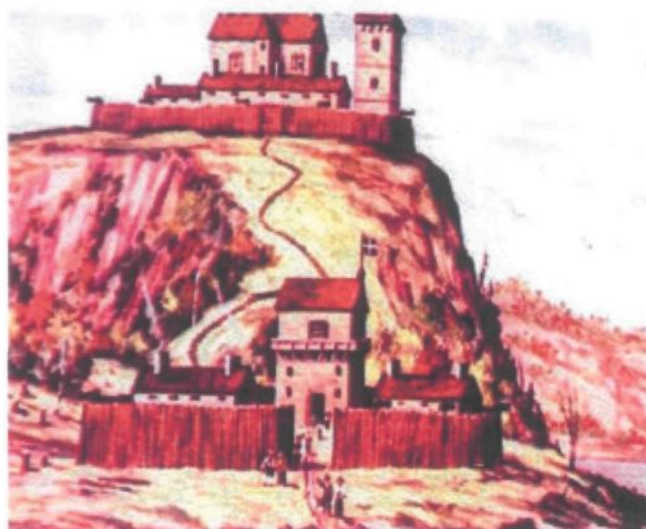


Figure 2 : Représentation iconographique des Forts de Cartier-Roberval (tirée de Braudel, 1984).

Cartier se prépara à repartir pour la France en juin 1542. À son retour, il rencontra Roberval dans le port de Terre-Neuve.

Durant notre long séjour a cet endroit (Havre de St-Jean à Terre-Neuve) Jacques Cartier et sa suite, venant du Canada où il avait été envoyé l'année auparavant avec cinq navires, arriva au même havre. Après avoir rendu ses devoirs à notre général, il lui dit qu'il avait apporté certains diamants et une quantité de mine d'or qu'il avait trouvés au pays. Le dimanche suivant on fit l'essai de cette mine et elle fût trouvée bonne. » (Julien et al., 1984 : 253-254)

Roberval ordonna par la suite à Cartier de retourner à Stadaconé, mais celui-ci disparut dans la nuit (Trudel : 1973). Selon Trudel (2000), la flotte de Cartier était celle des illusions. Lorsqu'il arriva en France, le minerai d'or se révèle n'être que de la pyrite de fer, et les diamants, du quartz, d'où le proverbe « faux comme les diamants de Canada » et le surnom de la pyrite, « l'or des fous ».

Pour terminer ce récit chronologique, voici comment Gérin (1946 : 35-44) résume l'année de Roberval en Nouvelle-France.

Laissé à lui-même, Roberval remonta le fleuve Saint-Laurent jusqu'à la hauteur de Québec, et planta sa colonie sur les hauteurs mêmes de Charlesbourg-Royal, où Cartier avait établi la sienne. Seulement il en changea le nom en celui de France-Roy, et y bâtit un fort, ainsi que divers bâtiments nécessaires pour le logement des colons. La préoccupation dominante de Roberval paraît avoir été la découverte de ce pays de Saguenay, où devaient abonder l'or et l'argent. Or, cette préoccupation du fisc de rentrer dans ses fonds et de faire de bonnes finances, devient de plus en plus impérieuse. Pendant que l'on s'attardait ainsi à la poursuite de chimères, les vivres vinrent à manquer : les Français affamés finirent par aller quémander des moyens de subsistance auprès des tribus sauvages de leur voisinage.

Roberval avait bien envoyé de ses navires en France quérir des victuailles et autres fournitures, mais rien ne venait. Enfin, la colonie de France-Roy, réduite à la dernière extrémité, vit arriver de France les navires de Cartier, porteurs de ravitaillements. Mais ces secours indispensables s'accompagnaient de l'ordre du roi à Roberval, de revenir en France sur-le-champ, avec tous ses gens. La colonie tout entière repassa en France. Ce fut la dernière tentative de colonisation de François 1^{er}.

1.1.2 Données archéologiques

La première saison de fouille sur le site Cartier-Roberval s'est déroulée en 2007 et a été particulièrement riche en résultats. Les résultats préliminaires identifient des vestiges structurels du 16^e siècle faits de bois mais aussi de pierres. Ces fondations et murets comportent quelques assises de pierres et sont liés avec de l'argile et/ou du terreau local selon différents modes de construction. (Fiset et al., 2008). Ces vestiges de pierres, en « maçonnerie sèche », sont constitués de moellons de grosseurs variables majoritairement en grès verts et quelques fois en schistes rouges ou verts. Les vestiges de pierres associées à l'occupation du 19^e siècle sont constituées de gros moellons de grès verts hétérogènes liés avec du mortier.

Le site a aussi livré une grande quantité (nb = 2395) d'artéfacts dans la couche démolition/incendie reliée à l'occupation du 16^e siècle permettant de mieux comprendre le mode de vie des habitants du fort (Fiset et al., 2008). Des fragments de creuset en argile réfractaire ayant probablement servis aux tests métallurgiques, des scories, du soufre, du plomb ne sont que quelques exemples témoignant de l'importance de la recherche de métaux précieux à cette époque. Des morceaux de schistes contenant des cristaux de quartz peuvent faire penser à des résidus de l'exploration pour trouver des pierres précieuses comme des diamants (Fiset et al., 2008). Des fragments de quartz, autant cristallins que laiteux, ont aussi été retrouvés, mais leur association à la culture européenne ou à celle amérindienne reste encore à déterminer (Fiset et al.,

2008). Quelques artefacts en cherts verts ont aussi été trouvés dans la couche d'occupation du 16^e siècle et dans un contexte stratigraphique incertain qui semble être à l'extérieur de l'aire d'occupation du 16^e siècle. Les artefacts en cherts retrouvés à quelques mètres de l'aire d'occupation du 16^e siècle semblent représentatifs, visuellement, de la variabilité de cherts verts présente à l'intérieur du fort. Les artefacts en cherts sont culturellement associés aux Amérindiens. Sur le site de Cartier-Roberval, la présence d'objets en cherts peut être associée aux Iroquoiens du Saint-Laurent de la période du Sylvicole supérieur tardif, de Stadaconé (Québec) ou de Hochelaga (Montréal). Il est possible aussi de se demander si ces objets n'ont pas servi pour une raison quelconque aux premiers Européens à la période de contact.

Les résultats sommaires, descriptifs et interprétatifs, des recherches archéologiques au site Cartier-Roberval (CeEu-4) ainsi que les détails des contextes pourront être consultés dans le rapport annuel d'intervention de 2007 (à paraître) ainsi que sur le site Internet à l'adresse suivante :

<http://www.cartier-roberval.gouv.qc.ca/>

1.2 Le contexte géologique de la région de Québec et des alentours du site Cartier-Roberval (CeEu-4)

Depuis le début du 19^e siècle, les géologues se sont intéressés à comprendre les environs de la ville de Québec. Dès 1863, Logan produisait la première carte géologique et y rapportait la découverte d'une faille de chevauchement qui sépare les roches plissées et déformées des Appalaches de celles des Basses-Terres du Saint-Laurent. Au début des années 1970, est proposé le premier modèle de l'orogénèse des Appalaches sur la base de la tectonique des plaques (St-Julien et Hubert, 1975). Les études géologiques les plus récentes du secteur à l'étude sont celles de St-Julien (1995), de Castonguay et al. (2002), de Lavoie et al. (2003), de Comeau

(2006) et de Salad Hersi et al. (2007). Les données suivantes se réfèrent à la carte géologique de la région à l'étude (**Figures 3 et 3a**) tirée et adaptée de Castonguay et al. (2002).

La région de la ville de Québec se situe aux confins de trois grandes divisions physiographiques de l'est de l'Amérique du Nord. Ces régions sont : les hautes terres des Laurentides au nord ; les basses terres du Saint- Laurent au centre ; et les hautes terres des Appalaches au sud. Pour bien comprendre leur histoire géologique et leur mode de formation, les unités physiographiques sont divisées en trois domaines structuraux : l'autochtone, le parautochtone et l'allochtone. (**Figure 4**).

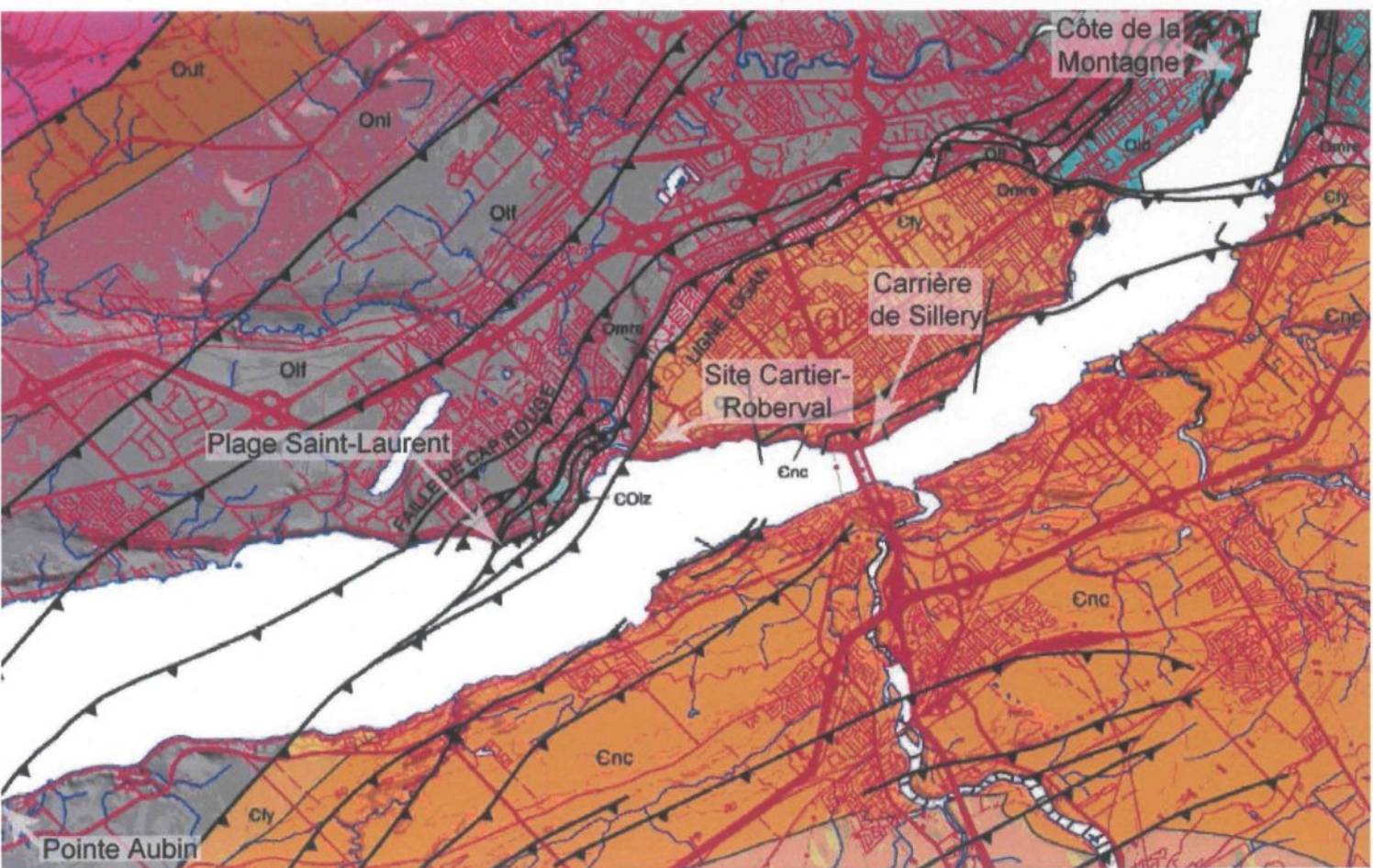
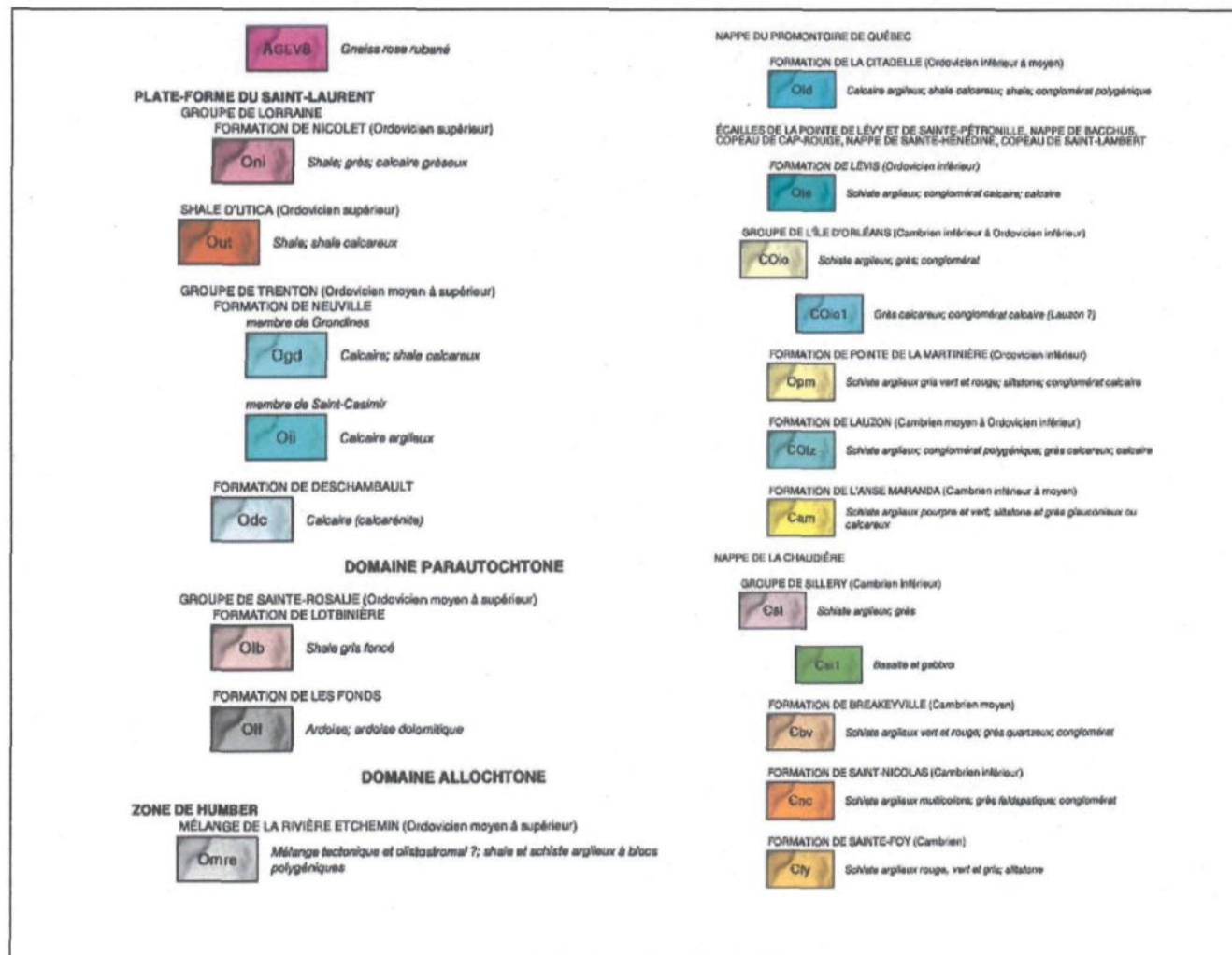
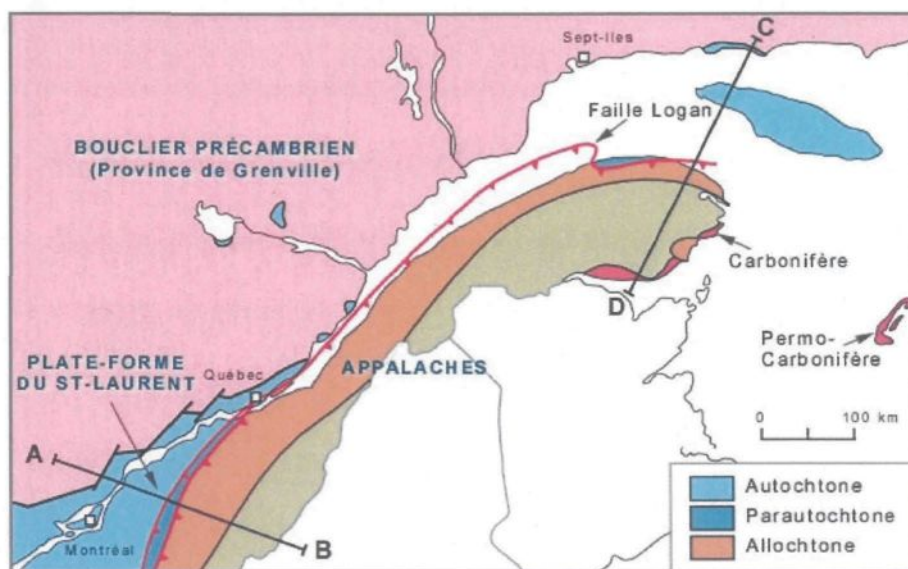


Figure 3 : Carte géologique des environs de Québec (tirée et adaptée de Castonguay et al., 2002) échelle 1 : 125 000

Figure 3a : Légende de la carte géologique de la ville de Québec (tirée de Castongay et al., 2002)





COUPE À LA HAUTEUR DES CANTONS DE L'EST

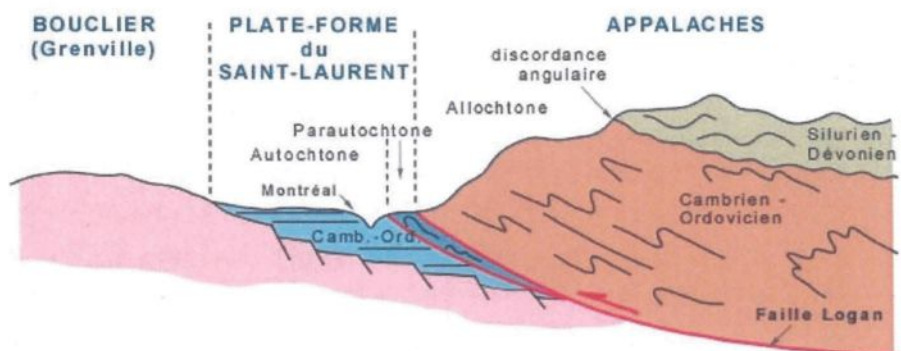


Figure 4 : Domaines structuraux aux alentours de Québec (tirée de Bourque, 1997, et adaptée de Brisebois et Brun, 1994)

Les Laurentides sont constituées de roches métamorphiques précambriennes du Bouclier canadien, lesquelles font partie de la province géologique de Grenville. Les basses terres du Saint-Laurent sont constituées des roches autochtones et parautochtones, d'âge Paléozoïque inférieur, de la plate-forme du Saint-Laurent, lesquelles reposent en discordance sur celles du Grenville. Une série de failles normales marquent la limite entre les hautes terres et les basses terres. Elles permettent un abaissement rapide de la topographie. Les Appalaches sont constituées de roches sédimentaires, aussi du Paléozoïque inférieur, qui sont donc, en partie, des équivalents latéraux

des premières, mais déposées originalement dans un milieu marin plus profond au-delà de la plate-forme continentale de l'époque. Une faille majeure de chevauchement, la Ligne Logan, limite le domaine allochtone du parautochtone (St-Julien, 1995 : 1).

Socle Grenvillien (Bouclier canadien)

Les roches grenvilliennes qui affleurent dans la région de Québec sont des roches métamorphiques d'âge protérozoïque provenant de la transformation de roches ignées felsiques. Ces roches sont en majorité des gneiss quartzo-feldspatiques roses rubanés. Ces gneiss sont de grains moyens à grossiers, avec une alternance de lits sombres riches en minéraux ferromagnésiens (micas et amphiboles) et de lits clairs (blancs, gris et rosés) riches en quartz et feldspath (Foucault et Raoult 2000 : 157). Ils contiennent de 5 à 15% de biotites, d'amphiboles et localement de grenats et sont accompagnés de bandes de calcaire cristallin et de quartzite. Dans les roches du Grenville, il y a aussi une série de roches vertes représentées par des mangérîtes quartzifères, un massif d'anorthosite, des granulites à pyroxène, des amphibolites et des paragneiss (St-Julien, 1995 : 3).

1.2.1 Domaine autochtone (Plate-forme du Saint-Laurent)

La séquence sédimentaire de la plate-forme du Saint-Laurent de la région de Québec expose principalement des roches ordoviciennes carbonatées et clastiques, non déformées. Toutes les roches de la plate-forme du Saint-Laurent sont riches en fossiles (Brisebois et Brun 1994 : 100).

Groupe de Trenton

La base du Groupe de Trenton est constituée de quelques mètres de grès (rudite) de texture et de composition minéralogique très variées et d'orthoquartzites calcareux à grès lithiques argileux (St-Julien : 1995 : 6). Dessus, sur environ 150 m, ce groupe est constitué majoritairement de calcaires (*limestone*) cristallins bioclastiques, de grainstones à la base et de mudstones, noirs à gris bleuâtre foncé, bien stratifiés, en surface avec de minces lits de shales séparant les calcaires en banc de 3 à 30 cm d'épaisseur (Globensky et al., 1993). Globensky (1987 : 13-19), subdivise ce groupe en trois formations dans la région de Québec : la Formation de Neuville, celle de Deschambault et celle de Pont-Rouge. Il donne également les fossiles caractéristiques de chacune des formations. St-Julien (1995 :7) place au sein de ce groupe les formations retrouvées autour de Saint-Marc-des-Carières et du Cap-à-l'Aigle.

Groupes d'Utica et de Lorraine

Logan (1963), Belt et al. (1979) et St-Julien (1995) restreignent les Shales de l'Utica à des mudstones calcareux et bitumineux, brun foncé, d'environ 30 m d'épaisseur, du milieu de l'Ordovicien tardif, en contact avec le Groupe de Trenton. Au-dessus des Shales d'Utica se trouve le Groupe de Lorraine représenté par une séquence à turbidite de shales arénacés à calcareux, gris foncé, avec des interlits de calcaires et quelques lits de grès lithiques calcareux (St-Julien, 1995 : 8; Comeau, 2006 : 19). Globensky et al. (1993) y dénombrent la Formation de Nicolet et celle de Pontgravé dans lesquelles aucun des fossiles types du Lorraine de New-York n'a été retrouvé au Québec.

1.2.2 Domaine parautochtone (Jonction entre la plate-forme du Saint-Laurent et le domaine des Appalaches)

Le domaine parautochtone est aussi nommé zone de failles imbriquées et est limité au sud-est par la faille de Logan et au nord-ouest par la faille d'Asthon. Ce domaine consiste en une série de chevauchements, vers le sud-est, qui répètent par imbrication, l'empilement stratigraphique de la plate-forme du Saint-Laurent (St-Julien, 1995 : 9). Dans la région de Québec, Globensky (1987) assigne les roches de ce domaine au Groupe de Sainte-Rosalie (Formation les Fonds) qu'il corrèle avec les Shales de l'Utica alors que St-Julien et Hubert (1975) et St-Julien (1995) assignent les lithologies de ce domaine au Groupe de Lorraine. Le sommet de l'empilement comprend parfois des olistostromes. La description des lithologies de la zone parautochtone est présentée à la **figure 5** et provient d'une étude récente de Comeau (2006).

Formation de Les Fonds

L'assemblage principal de la zone parautochtone est essentiellement composé de turbidites qui correspondent à la lithologie C, de la figure 4. Cet assemblage consiste à des mudstones gris et des grès très fins interlités avec des grès grossiers. La base des turbidites correspond à la lithologie B, de la figure 4. Elle consiste en de gros lits de grès grossiers calcaires interlités avec des shales. La fraction terrigène des grès est composée de 71% de quartz, de 9% de feldspath, et de 19 % de fragments lithiques (Beaulieu et al., 1980).

Olistostrome

Un olistostrome est une accumulation chaotique de terrains empruntés au front d'une nappe de charriage au cours de sa mise en place dans un bassin sédimentaire par suite de leur glissement par gravité sur le fond de ce bassin (Foucault et Raoult, 2000, 244). La lithologie A de la figure 4 consiste en une épaisse zone d'unité chaotique, nommé par St-Julien (1995) « shale-à-blocs », par Walter et al. (1982) « *wildflysh* » et par Globensky et al. (1993) formation Aubin. Elle

comprenant des blocs de grosseurs variables, de shales et de mudstones bitumineux et verdâtres, de cherts verts à radiolaires, de calcaires, de siltstones et de grès, dans une matrice argileuse (shale) et calcaireuse. Cet horizon est interlité, dans la séquence à turbidite par des corridors structuraux où sont boudinés des lits de la séquence turbiditique (Comeau, 2006 : 38). Cette lithologie se retrouve le long de la faille de Cap-Rouge.

1.2.3 Domaine allochtone (Appalaches)

Les nappes allochtones des Appalaches de la zone externe de Humber, se sont mises en place lors de l'orogénie taconienne de l'Ordovicien (Brissebois et Brun, 1994). Dans la région de Québec, St-Julien (1995) dénombre dix nappes appalachiennes. Les nappes présentes sur le territoire à l'étude sont : la Nappe de la Chaudière et la Nappe du promontoire de Québec, l'Olistostrome de la rivière Etchemin et le Copeau de Cap-Rouge. Sur les cartes utilisées pour localiser les échantillons géologiques (Appendice C), les formations des nappes appalachiennes sont détaillées selon St-Julien (1995).

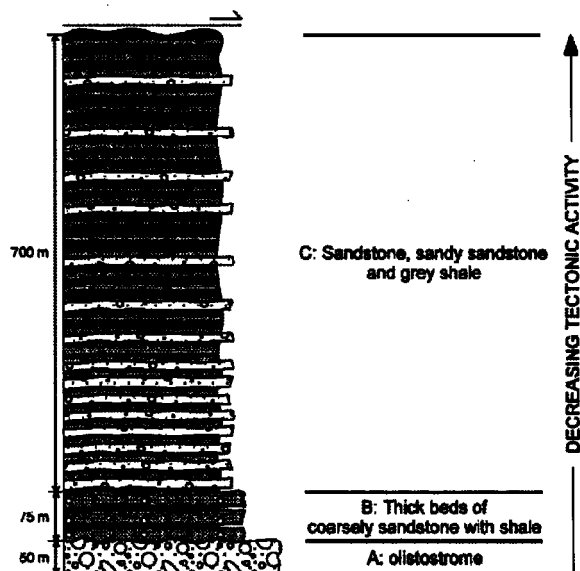


Figure 5 : Schéma stratigraphique de la Formation de Les Fonds à la Pointe Aubin (tirée de Comeau et al. 2004)

A. Nappe de la Chaudière

La Nappe de la Chaudière couvre environ 30% de la région de Québec et est limitée par une faille de charriage importante, la faille du Foulon. Elle est constituée exclusivement par le Groupe de Sillery du Cambrien, lequel comprend la Formation de Sainte-Foy à la base, la Formation de Saint-Nicolas au centre et la Formation de Breakeyville au sommet. C'est la Formation de Sainte-Foy qui est présente sur le site de Cartier-Roberval.

La Formation de Sainte-Foy est constituée de mudrocks multicolores. Selon St-Julien (1995 : 12), ces mudrocks se présentent en larges bandes de différents lithofaciès : des shales et des mudstones verts et gris ; une alternance de shales verts, gris et rouges et des shales gris et verts contenant quelques lits de siltstones verts. Il y a aussi quelques rares bancs de grès. Les shales et les mudstones verts contiennent beaucoup de silts et sont en lits fins tandis que les shales et les mudstones rouges sont en lits de 30 cm à 5 m d'épaisseur. « Souvent il y a passage des mudstones verts à de minces interlits de siltstones et, localement, il est difficile de les distinguer » (St-Julien, 1995 : 12). Généralement, ces mudrocks sont sans stratification interne apparente, à l'exception d'une fissilité parallèle à la stratification. Le grès retrouvé dans cette formation est feldspathique rosé et vert en cassure fraîche. Il est interstratifié avec les shales et les mudstones en lit de 10 cm à plus de 10 m d'épaisseur. Plusieurs de ces lits de grès montrent un granoclassement, c'est-à-dire un classement des grains, par tailles progressivement décroissantes de la base vers le sommet. Leur base devient parfois un conglomérat et la surface du lit est à grains fins.

La Formation de Saint-Nicolas est constituée de six lithofaciès contenant diverses proportions de grès et de mudrocks. Ce sont des shales et des mudstones multicolores (verts, gris et rouges) interstratifiés avec des grès quartzeux et feldspathiques et quelques bancs de

conglomérats calcaires et quartzeux. Les mudrocks et les grès feldspathiques de cette formation sont identiques à ceux de la Formation de Sainte-Foy.

La Formation de Breakeyville est constituée de 5 lithofaciès comprenant divers lithofaciès de shales et de mudstones verts, gris foncé et rouges interlités avec des siltstones, des grès quartzeux et feldspathiques et des orthoquartzites. Selon St-Julien (1995 : 14), les mudrocks de cette formation sont semblables à celles de la Formation de Sainte-Foy, mais les grès se distinguent par leur couleur grise et l'absence de feldspath rosé.

La Nappe de la Chaudière est un klippe, c'est-à-dire une écaille de chevauchement isolée et limitée par une même faille le long de tout son pourtour, la faille de Foulon. La structure interne de cette nappe est affectée par plusieurs failles de chevauchement. Aux abords du site, ces failles sont généralement redressées, à pendage sud-est, et les plis sont isoclinaux (dont les flancs sont parallèles) serrés et même renversés vers le nord-ouest (St-Julien, 1995 : 16-17). Ces plis font en sorte que les joints de tension sont communs dans les grès. Par ailleurs, certains plis contiennent de l'anhraxolite.

L'Anhraxolite est un charbon graphitique, dur, noir et lustré qui a été parfois confondu avec l'anhracite. Les deux sont différents de bien des façons : en dureté (anhraxolite 3-5, anhracite 2-2.5) et dans leurs proportion de carbone qu'ils contiennent. La proportion de carbone dans l'anhraxolite varie entre 75 et 90%. L'anhraxolite brûle avec une flamme bleu brillante et produit une grande chaleur. Elle laisse cependant après avoir brûlé beaucoup de résidus de cendre. C'est cette cendre qui présente un problème et qui fait que l'anhraxolite est moins profitable que l'anhracite. L'anhraxolite se retrouve avec le quartz et la pyrite dans les failles des roches schisteuses. (Bell et al., 1990)

Finalement, les roches du Groupe de Sillery sont corrélées selon St-Julien (1995 : 17) au nord avec les Formations de Saint-Roch, de Saint-Damase, de l'Orignal de Kamouraska, de Rivière-du-Loup et de Trois-Pistoles et au sud à celles des Groupes d'Armagh, de Caldwell et de Shefford.

B. Nappe du promontoire de Québec

Castonguay et al. (2002) définissent la Nappe du promontoire de Québec comme datant de l'Ordovicien inférieur à moyen. Cette nappe contient la Formation de la Citadelle. Selon St-Julien (1995 : 44) cette formation affleure dans la Côte de la Montagne et dans la Côte Dinan, et est un olistostrome, c'est-à-dire, un mélange chaotique de shales noirs, de cailloux et de blocs de calcaires argileux, de shales calcaireux et de conglomérats exotiques ou polygéniques de cherts à radiolaires entourés de shales noirs, de calcaires dolomitiques et de conglomérats.

C. Olistostrome de la rivière Etchemin

L'Olistostrome de la rivière Etchemin est recouvert à l'est et au sud par la Nappe de la Chaudière et est délimité par la ligne de Logan et la faille de Foulon. Il suit le front de la Nappe de la Chaudière au nord-est sur le versant nord du promontoire de Québec pour ensuite bifurquer vers l'est sur la rive sud du Saint-Laurent. Une partie de l'Olistostrome de la rivière Etchemin continue jusqu'au versant nord de la Nappe du promontoire de Québec (figure 3). Cet olistostrome est constitué, selon St-Julien (1995 : 46), de « shale-à-blocs » et de shales verts sombres homogènes. La matrice des « shale-à-blocs » est un shale vert pâle et noir. Cette unité contient divers blocs provenant de presque toutes les formations de la région de Québec. Elle contient aussi des blocs exotiques ou polygéniques formés de cherts à radiolaires entourés de shales noirs riches en graptolites de l'Ordovicien moyen. L'Olistostrome de la rivière Etchemin est lithologiquement similaire, selon St-Julien (1995 : 48), au mélange de Cap-Chat, des Formations Hurette et Bourret,

des régions de Portneuf et des Bois-Francs. St-Julien (1995 : 47-48) précise que les blocs de calcédoines et de cherts à radiolaires et les shales noirs et bitumineux présents dans les olistostromes étaient probablement des nappes qui se sont complètement démembrées pour devenir des olistolites.

D. Copeau de Cap-Rouge

Le Copeau de Cap-Rouge est une bande de terrain, de 0.5 km de largeur qui s'étend vers le nord-est sur une distance de 3 km. Il est limité au sud-est, à la centrale de pompage de Sainte-Foy, par l'Olistostrome de la rivière Etchemin et au nord-ouest, 2 km plus loin sur la Plage Saint-Laurent, par la faille de Logan et la séquence à turbidite de la Formation de Les Fonds de la zone parautochtone (St-Julien, 1995 : 27-28). Ce copeau est formé de roches de la Formation de Lauzon (Castonguay et al., 2002). St-Julien (1995 : 27) y reconnaît quatre lithofaciès très déformés qui se répètent et se recoupent avec l'Olistostrome de la rivière Etchemin. Le premier assemblage lithologique est une alternance de shales gris foncé à noirs et vert foncé en lits de 2 cm à plus de 1 m d'épaisseur, interlités avec des siltstones (2 à 10 cm). Le deuxième assemblage contient un grès quartzeux avec un ciment calcitique ou dolomitique (10 cm à 7 m d'épaisseur) brun pâle finement laminé et interlité avec des shales noirs et des siltstones. Le troisième est une alternance de shales verts et rouges comportant des lits de siltstones et de cacisiltites. Le quatrième assemblage lithologique est formé de siltstones silicifiés, quelques fois dolomitiques, alternant avec des mudstones cassants gris foncé et vert foncé.

DOMAINE SÉDIMENTAIRE ÉPICLASTIQUE			
TAILLE	ARRONDI SUB SUBANGULEUX		ANGULEUX
	FRAGMENT	MATÉRIEL CONSOLIDÉ	MATÉRIEL CONSOLIDÉ
256 mm	bloc	conglomérat à blocs	brèche
64 mm	galet	conglomérat à galets	
4 mm	cailloux	conglomérat à cailloux	
2 mm	granule		
1/16 mm	sable	grès	1 mm 0,1 mm 1/2 mm
1/256 mm	silt	siltstone
	argile	shale mudrock	

Figure 6 : Classification des roches sédimentaires (tirée de Sharma et al., 1993, et adaptée de Pettijohn, 1957)

1.3 Données géo-archéologiques des matériaux lithiques à l'étude

1.3.1 Les grès

En géologie, le grès est une roche sédimentaire détritique composée en grande partie de grains ayant de 1/16 mm (62.5 µm) à 2 mm de diamètre cimentés entre eux. Les grès sont de couleurs variées selon les pigments des grains et du liant. La siltite ou le siltstone est une roche analogue au grès, mais de granulométrie plus fine, soit entre 1/256 mm et 1/16 mm (**Figure 6**). Les constituants majeurs des grès sont le quartz, les feldspaths, les fragments lithiques et les micas et les minéraux des argiles (Boulvain et Dumont, 2007).

Les principales classifications en usage des grès sont celle de Dott (1964) et celle de Pettijohn et al. (1987). Toutefois, ces deux classifications tiennent compte du pourcentage de matrice du grès dont la limite est très difficile à juger et varie d'un auteur à l'autre (Boulvain et Dumont, 2007). C'est pourquoi, dans cette étude, la classification utilisée sera celle de Folk (1980) présentée à la **Figure 7**, car elle fait abstraction du pourcentage de matrice.

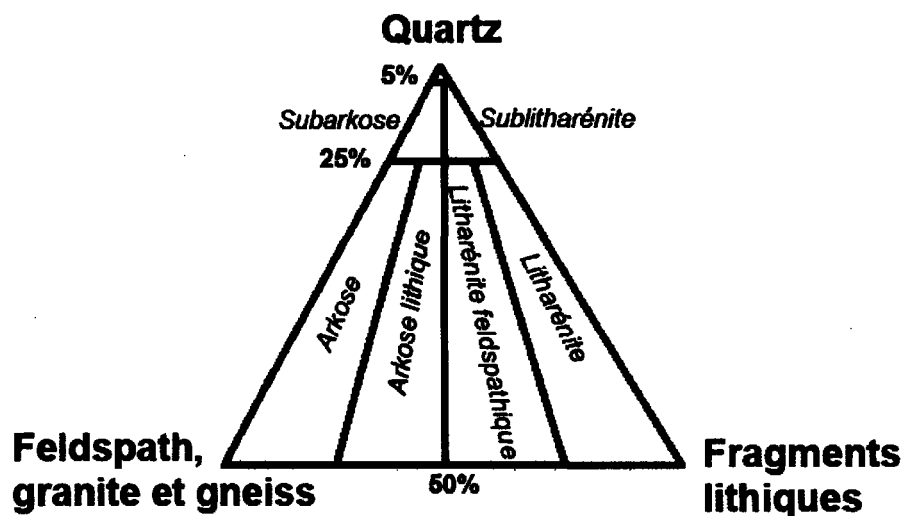


Figure 7: Classification des grès adaptée de Folk (1980)

Sur le site Cartier-Roberval, la majorité des pierres utilisées dans la construction de murs ou de structures en pierre semblent être composées de grès verts de Sillery. Selon Guimont (2006 : 4), les lieux d'exploitation du grès de Sillery et de Cap-Rouge sont, sur la rive nord du Saint-Laurent, entre Sillery et Cap-Rouge, mais aucune carte ne localise les lieux exacts des carrières du grès de Sillery et de Cap-Rouge. Certaines carrières sont connues sur les berges de l'ancienne municipalité de Sillery près de l'Anse-des-Mères (Guimont, 2006 : 4 ; Yves Chrétien, communication personnelle, novembre 2007).

Les carrières se situaient dans les lits massifs de grès, atteignant jusqu'à 10 mètres d'épaisseur, interstratifiés avec des shales et des mudstones rouges et verts. Ces assemblages se trouvent dans la Nappe de la Chaudière du Domaine allochtone des Appalaches, au sein de la Formation de Saint-Nicolas du Groupe de Sillery, de l'Ordovicien Inférieur. (Jacob et Ledoux, 2001 : 4)

Guimont (2006 : 4) mentionne que plusieurs carrières ont été ouvertes à Cap-Rouge à partir de 1740 (à la fin du régime français), mais que ce matériau a davantage été utilisé pendant le régime anglais pour la construction d'ouvrages militaires. Il précise aussi que lorsque cette pierre est exposée à l'air, elle a tendance à s'exfolier en surface surtout lorsqu'elle est posée en délit, c'est-à-dire dans le sens contraire du lit (Guimont : 2006 : 4). St-Julien (1995 : 13) décrit le grès typique du Groupe de Sillery comme étant feldspathique de couleur verte ou vert grisâtre parfois rouge. Son grain est fin à très grossier. Il est composé principalement de quartz (10 à 40%), de feldspaths parfois rosés et accompagné de fragments de roches diverses (shales, granites, volcanites). Ce grès renferme aussi de la glauconie, de la collophane et de la muscovite et, en moindre quantité, de la biotite, de l'apatite, du zircon, du sphène, du grenat et de la tourmaline. La matrice, qui forme en moyenne 15 à 20% de la roche mais qui peut atteindre 40%, est généralement constituée d'illites et de chlorites, soit un ciment argileux verdâtre (St-Julien, 1995 : 13). Ce grès se retrouve surtout dans les Formations de Sainte-Foy et de Saint-Nicolas.

1.3.2 Les schistes

Le terme schiste est employé en archéologie comme terme de terrain pour désigner les roches sédimentaires à grains fins, feuilletés correspondant à des shales. Le mot mudrock en anglais ou pélite est utilisé pour définir l'ensemble des roches détritiques consolidées à grains fins et très fins (silt et argile), plus petits que 1/16 mm (62.5 µm), contenant de 30 à 75% de minéraux argileux (Foucault et Raoult, 2000 : 260 ; Lundegard and Samuels, 1980 ; Boulvain et Dumont,

2007). Ces sédiments représentent entre 50% et 80% de la colonne stratigraphique. Leur étude pétrographique et leur classification est moins avancée que celles des grès et des calcaires, en raison de leur granulométrie très fine. Leur composition est relativement constante : environs 30% de quartz, 10% de feldspath et 50% de minéraux argileux (ou de micas), avec les 10% restants constitués de carbonates ou d'oxydes de fer. La classification des mudrocks généralement en vigueur au Québec et utilisée par le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec est celle de Sharma et collaborateurs (1993) (Figure 8).

GRANULO- MÉTRIE	TERME GÉNÉRAL	ROCHE AVEC FISSILITÉ		ROCHE AVEC DÉBIT ARDOISIER («slate»)		ROCHE SANS DÉBIT PRÉFÉREN- TIEL (massive)	
plus de 2/3 de silt	M	S H A L E	siltshale	A	siltslate	S T O N E	siltstone
silt < 2/3 et argile < 2/3	U		mudshale	D	mudslate		mudstone
	D			O			
plus de 2/3 d'argile	R		E	clayshale	I		clayslate
	O	S					
	C			E			
	K						

Figure 8 : Classification des sédiments fins (tirée de Sharma et al., 1993, et adaptée d'Ingram, 1953; Folk 1965; Flawn, 1953; et Vallière 1985)

Dans cette classification (Figure 8) les sédiments consolidés à grains fins (les mudrocks) sont divisés en trois catégories. Premièrement, le shale qui est une roche sédimentaire litée à grains très fins généralement argileux ou marneux et définit quelques fois comme du schiste argileux ou de l'argile schisteuse. Le shale présente un débitage grossier (fissilité) parallèlement à la stratification. Deuxièmement, le terme ardoise (slate) implique un métamorphisme qui montre un clivage (débit) obliques à la stratification. La plus grande partie des minéraux ont recristallisés, des espèces nouvelles de minéraux sont apparues. Les minéraux ainsi développés sont allongés dans des plans perpendiculaires à la pression tectonique. Parallèlement à ces plans, la roche se débite

en fines plaquettes, d'aspect finement cristallin. Finalement, le qualificatif stone réfère à une roche massive, sans clivage préférentiel.

L'analyse des pierres en schistes a été effectuée dans cette étude afin donner un aperçu de la géologie locale, mais surtout pour caractériser quelques pierres de construction en schistes (shales) argileux rouges et verts retrouvées dans certains murs historiques. Selon St-Julien (1995 : 12), les shales et les mudstones rouges et verts de la Formation de Sainte-Foy contiennent tous deux des chlorites et des illites. Les premiers (rouges) contiennent de l'hématite et du fer ferrique alors que les seconds (verts) contiennent plutôt du fer ferreux, de la glauconie et des micas. Les shales du Groupe de Loraine sont calcaireux tandis que ceux du Groupe d'Utica sont des mudstones calcaireux et bitumineux. Ces derniers ont une apparence massive, brun noirâtre et ils contiennent souvent des structures de glissements intraformationnels (St-Julien 1995 : 7-8).

1.3.3 La pyrite

La pyrite (FeS_2) est un minéral du système cubique avec un éclat métallique, jaune vif et brun par altération, avec une dureté de $6-6\frac{1}{2}$ sur l'échelle de Mohs. Ce bisulfure de fer est facilement reconnaissable par sa densité élevée. Ses cristaux prennent souvent des formes cubiques, octaédriques, dodécaédriques ou une combinaison de ses formes (macles). La pyrite nodulaire est constituée de couches fibroradiales qui irradiant à partir d'un noyau central. Ces nodules se développent lors de la diagenèse, c'est-à-dire lors de la transformation de sédiments en roche. Ils peuvent s'emboîter et recristalliser ultérieurement en une infinité de petits cubes. La pyrite est largement répandue dans les roches sédimentaires riches en matières organiques et dans les contacts métamorphiques et hydrothermaux (Schieber, 2001, 2002; Schieber et Riciputi, 2004, 2005, D'hulst, 2007). Elle se situe dans le Nord-est américain en masse lenticulaire incrustée dans des schistes foliés (Klein et Hurlbut, 1993 : 365-366). Ce sulfure de fer, très

commun, est souvent associé à des gisements de houilles et à des lits argileux noirâtre riche en matière organique (graphite) ou il fréquemment retrouvé en nodules (Penner et al., 1975).

La pyrite est utilisée en exploration minière comme minéraux indicateur de l'or et de l'argent. Elle sert aussi depuis la préhistoire à allumer le feu. Elle est utilisée surtout comme source de soufre qui produit de l'acide sulfurique et du sulfate de fer servant entre autres de désinfectant, de médicament, d'engrais et de préservatif (Klein et Hurlbut, 1993 : 366). Le fer en est le sous-produit le plus communément extrait. Il se présente en un résidu d'oxyde de fer qui contient encore des quantités de soufre. Le fer extrait de la pyrite n'est pas utilisé directement pour la production à cause de l'effet fragilisant ou cassant du soufre sur les alliages ferreux. Afin de produire un fer de qualité, la fonte doit être soufflée à l'oxygène pour éliminer le soufre en solution. C'est un procédé coûteux et polluant.

L'analyse et la recherche de sources de pyrites ont été effectuées dans cette étude afin de localiser les lieux de provenance probables de la pyrite de fer qui sont à l'origine des observations de Cartier en 1541 concernant l'or et le minerai de fer. Même si pour l'instant aucune pyrite n'a été retrouvée sur le site archéologique de Cartier-Roberval, du soufre cristallisé ainsi que des scories associées à l'occupation du 16^e siècle, laissent croire qu'il pouvait y avoir de la pyrite sur le site.

Dans la région de la ville de Québec, le club de minéralogie de Québec signale la présence des nodules de pyrites à l'Île d'Orléans. St-Julien (1995, cartes et légende) mentionne dans son étude une lithologie de shales noirs pyriteux dans la Formation de la Citadelle. L'archéologue Yves Chrétien connaît l'existence de deux sources de nodules de pyrites près du site Cartier-Roberval de part et d'autres du fleuve Saint-Laurent: l'une sud la rive sud, à la Pointe Aubin entre Saint-Nicolas et Saint-Antoine-de-Tilly et l'autre, sur la rive nord, à environ un kilomètre au bout du chemin vers

l'ouest de la Plage Saint-Laurent, près de Saint-Augustin-de-Desmaures, à l'est de l'anse du Moulin Banal nommée la Pointe Jean-Gros.

1.3.4 Le quartz

Le quartz est un minéral tectosilicaté du système cristallin rhomboédrique. Les formes cristallines les plus courantes de la silice (SiO_2) sont hexagonales. Sa dureté est de 7 sur l'échelle de Mohs. Le quartz se présente sous deux formes : en cristaux xénomorphes, informes et souvent laiteux ou en cristaux automorphes et de formes prismatiques, en cristal (Klein et Hurlbut, 1993 : 524-528). Le quartz précipite à partir de fluides sursaturés en silice circulant dans les formations rocheuses. S'il y a dans ces formations rocheuses des cavités ou des failles, le quartz va précipiter sur les parois de la cavité pour former une première couche de cristaux. Les monocristaux de quartz bien développés se retrouvent surtout dans des filons hydrothermaux et dans certaines cavités sédimentaires, particulièrement dans les schistes où ils peuvent croître librement (Sorell et Sandström, 1981 : 206).

Afin de localiser les lieux de provenance probables des cristaux de quartz qui sont à l'origine des observations de Cartier en 1541 concernant les diamants, les artefacts retrouvés sur le site Cartier-Roberval ont été examinés. Lors des fouilles archéologiques, différentes formes de quartz ont été retrouvées. Ce sont majoritairement de beaux cristaux de quartz hyalins, une sous variété de très petits cristaux de quartz avec de la roche encaissante sur laquelle ils se sont formés et du quartz laiteux qui peuvent provenir selon Chrétien (2003) de galets roulés par l'eau ou de quartz filonien.

L'analyse visuelle des découvertes archéologiques a aidé à cerner des zones d'exploitation probables. Les sources de cristaux de quartz ne sont toutefois pas mentionnées sur les cartes géologiques de la région. Il a donc fallu cibler et rechercher des zones de cisaillement dans les

différentes formations sédimentaires. Le domaine parautochtone, la Nappe de la Chaudière et la Nappe du promontoire de Québec du domaine des Appalaches possèdent les caractéristiques nécessaires au développement des sources de cristaux de quartz, particulièrement dans les zones de failles. Une des seules sources de beaux cristaux de quartz connue à Québec, historiquement et géologiquement, est celle du Cap Diamant à la Pointe Blanche.

1.3.5 Le chert

Au sens anglo-saxon, le chert est une roche sédimentaire siliceuse et un accident siliceux (quartz cryptocristallin), d'origine chimique ou biochimique (Foucault et Raoult : 2000 : 69). Le terme chert regroupe au sens large la calcédoine, le jaspe, le silex et la silexite. Le chert est plus terne et plus opaque que la calcédoine. Le silex, quant à lui, est une roche siliceuse constituant généralement des rognons ou amas disséminés ou groupés dans des niveaux parallèles à la stratification dans des couches calcaires ou crayeuse. Il est formé de silice d'origine biochimique précipitant dès le début de la diagenèse (Foucault et Raoult, 2000 : 321). Le terme silexite est un terme non génétique général d'usage limité dans les pays francophones. L'usage populaire du terme chert pour désigner toutes roches siliceuses quelles que soient leur nature ou leur composition exacte est très répandu.

Les sources de cherts du Québec dont ceux de la région de Québec ont été passablement étudiées (Codère, 1993; 1996; Marquis, 1994; Chapdelaine et Kennedy, 1994; 1999; Chapdelaine et al., 1995; Morin, 1997; Burke, 2002; 2003; 2007). La seule étude qui traite de la variabilité des cherts de la région de Québec est celle de Morin (1997). Dans celle-ci, Morin (1997) établit, de manière pétrographique et avec des analyses qualitatives au microscope électronique à balayage (MEB), la variabilité régionale des cherts et des matériaux très siliceux retrouvés dans les olistostromes de l'Ordovicien moyen de la Pointe Aubin et de la rivière d'Etchemin. Elle analyse un total de 53 échantillons géologiques provenant de neuf sources : Pointe Aubin, Anse Windsor, Côte

de la Montagne, Côte Dinan, cimetière Belmont, Plage Saint-Laurent, rivière Chaudière, rivière Etchemin sud et rivière Etchemin nord. Pétrographiquement, elle reconnaît quatre types de matières très siliceuses qui varient entre le gris vert et le gris noir dont les cherts, les argilites siliceuses à radiolaires, les argilites siliceuses et les argilites siliceuses silteuses. Ces matières sont nommées conséquemment selon leur dureté qui est directement proportionnelle à leur quantité de silice et de fer (Morin, 1997 : 40 et 70). Dans ces quatre types de cherts, Morin (1997 : 31-62) constate que les carbonates forment jusqu'à 15% de la roche tandis que les minéraux opaques forment moins de 3%. Les grains dentritiques translucides forment de 0 à 3% pour les trois premiers types, tandis que pour les argilites siliceuses silteuses, ces grains constituent de 10 à 15% de la roche.

Morin (1997) a étudié la variabilité pétrographique de quatre sources analysées dans cette présente étude. Les matériaux, analysés par Morin (1997 : 42-47), de la Pointe Aubin sont décrits comme des cherts et des argilites siliceuses à radiolaires verdâtres à grisâtres. Ceux de la Côte de la Montagne sont décrits comme des cherts à radiolaires quelques fois calcaireux. Ceux de la Côte Dinan, comme des cherts gris, carbonatés, à rares radiolaires. Morin (1997 : 51) indique que l'absence de teinte verdâtre et la présence de marbrures foncées distinguent visuellement les échantillons de la Côte Dinan à ceux des autres cherts. Les échantillons de la Plage Saint-Laurent sont décrits par Morin (1997 : 54) comme des cherts, des argilites siliceuses à radiolaires et des argilites siliceuses silteuses de couleur gris foncé à noire.

Selon les analyses au MEB de Morin (1997 : 69-70), le pourcentage de silice dans les cherts de la région de Québec est de 75% à 100% et celui des argilites est en dessous de 75%. Les principaux éléments dans la matrice des cherts, outre la silice et l'oxygène, sont le fer (Fe), l'aluminium (Al) et le potassium (K). D'autres éléments sont quelques fois présents, tels le magnésium (Mg) et le sodium (Na). Tous ces éléments se retrouvent dans les argiles

minéralogiques qui sont des minéraux représentatifs des conditions de diagenèse et de métamorphisme. Morin (1997 : 127) mentionne aussi que les éléments composant la matrice des cherts ne sont pas responsables de la couleur des échantillons. Ce serait plutôt, une plus grande concentration des minéraux détritiques denses comme le zircon, l'apatite, le rutile et la monazite qui donneraient une couleur foncée aux cherts, les conditions d'oxydo-réduction du milieu de dépôt ainsi que la présence de matières organiques. Morin (1997 : 134-136) décrit aussi trois assemblages métallifères présents à travers les différentes sources de cherts.

Même si, dans son étude, la caractérisation des échantillons se fait surtout de manière pétrographique avec des analyses semi-qualitatives au microscope électronique à balayage (MEB), Morin (1997 : 103-121) explore quelques pistes géochimiques en activation neutronique (INAA). Géochimiquement, Morin (1997 : 103-104) reconnaît les terres rares, les métaux de transition et Mg, Al, Ba, As, Hf, Th et U comme des éléments chimiques importants pour la caractérisation des sources de cherts. Il semble donc possible de distinguer des matériaux siliceux d'apparence très semblable en sélectionnant les éléments chimiques les plus stables et les plus significatifs. Cette présente étude évoque aussi que le ratio Mn / Fe permet de différencier le chert de Québec d'avec les autres cherts appalachiens comme ceux de Saint-Anne-des-Monts et du Témiscouata. Morin (1997 : 107-109) ajoute que le chert de la région de Québec est caractérisé par un léger enrichissement en cerium (Ce). Chapdelaine et al. (1995) ont aussi réalisé une vaste analyse géochimique par INAA des cherts du Québec et leurs résultats montrent que les sources de la région de Québec sont différentes des autres sources. Cependant, aucune étude réalisée ne démontre qu'il est possible de distinguer les différentes sources locales de cherts de la région de Québec.

Les artefacts lithiques retrouvés sur le site Cartier-Roberval sont majoritairement du chert verdâtre. Pour identifier la provenance des artefacts lithiques en chert retrouvés sur le site Cartier-

Roberval, la documentation géologique (Morin : 1997 et St-Julien, 1995) concernant les affleurements de cherts verts dans la région de Québec se situant sur le promontoire de Québec et dans l'Olistostrome de la rivière Etchemin a été consultée. Tous ces lieux sont susceptibles d'avoir servi d'approvisionnement en chert à la préhistoire et à la période de contact. La provenance géographique exacte de ce que les archéologues appellent couramment le chert vert de Québec est encore aujourd'hui méconnue.

1.4 Résumé du contexte

En somme, le grès verdâtre retrouvé dans les structures archéologiques de pierres du 16^e et du 19^e siècles semble être ce que les archéologues appellent du grès vert de Sillery. Ce grès est présent en lits de différentes grosseurs et se retrouve en grande quantité sur un vaste territoire dans les nappes appalachiennes de la Chaudière et de Saint-Nicolas. Le schiste ou le shale est présent dans toutes les formations géologiques autour du site. Son étude aide à définir le contexte géologique présent à différent endroit. La pyrite de fer semble être présente sur les rives du fleuve Saint-Laurent et une des sources de pyrite pourrait être la mine de fer et d'or de Cartier. Les cristaux de quartz sont présents dans les failles du promontoire de Québec, mais peu de sources sont connues. Plusieurs sources de cherts verdâtres sont connues dans la région de Québec dans des mélanges géologiques appelés des olistostromes. Enfin, même si le contexte géologique à petite échelle autour du site Cartier-Roberval n'est pas connu, le but de ces analyses est de tenter de définir, par des analyses géochimiques et pétrographiques, les différents matériaux retrouvés en contexte archéologique et de les associer préliminairement à un affleurement rocheux.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

L'échantillonnage est la partie clé de l'analyse et elle est orientée selon les buts du projet. Elle vise ici à explorer les sources géologiques potentielles des matériaux lithiques retrouvés sur le site archéologique de Cartier-Roberval. Les matériaux seront analysés au moyen de deux techniques : une géochimie et une autre pétrographique. Les résultats seront ensuite comparés en adoptant une approche statistique pour les résultats géochimiques et une approche semi-qualitative pour la pétrographie. La comparaison des échantillons a pour objectif d'associer une source géologique aux échantillons archéologiques et ainsi de déterminer une provenance probable aux matériaux archéologiques. Cette dernière étape permet d'étudier les choix et les comportements liés à l'économie de la matière première (Burke 2007).

Puisque les objectifs de cette étude sont prédéfinis, la méthodologie utilisée pour cette étude de provenance est de type exploratoire. Ce type d'étude couvre une grande variabilité de matières premières et analyse un nombre minimal d'échantillons. La raison de ce choix s'explique par le fait que les recherches sur ce sujet sont relativement récentes et peu documentées. Aussi, la visée générale de l'étude est de préciser le rayon géographique de provenance des sources de matériaux lithiques afin d'obtenir des pistes de recherches sur l'utilisation des matériaux. De ce point de vue méthodologique, les interprétations sont limitées au corpus de données analysées autant archéologiques que géologiques.

Par ailleurs, certains facteurs peuvent influencer les analyses comparatives entre les échantillons archéologiques et géologiques. Ces facteurs concernent le biais d'échantillonnage de la source des échantillons géologiques et, l'altération des échantillons archéologiques (Luedtke, 1992 : 60). Le biais d'échantillonnage de la source peut être fait par l'analyste ou, dans la majorité des cas, il peut être fait par le fabricant même de l'artefact. En effet, l'exploitation d'un affleurement rocheux est déterminée par plusieurs facteurs comme la qualité de la matière première, la couleur, l'accessibilité, etc. L'exploitation historique se limite parfois à une certaine variabilité du matériau. Alors afin d'augmenter les chances de réussite de l'étude de provenance et d'obtenir des résultats représentatifs, il faut caractériser systématiquement toute la variabilité de la source (Hughes, 1994; Luedtke, 1992 : 60; Shackley, 1995). Les différences entre les échantillons archéologiques et géologiques peuvent aussi être dues à l'altération. L'altération se manifeste différemment sur l'artefact et provient principalement du climat, du sol ou de la chaleur. Elle change, à différent degré, les propriétés physiques des pierres, mais aussi leur composition chimique (Luedtke, 1992 : 99-110). Elle interfère dans l'identification visuelle, pétrographique et géochimique des types de matières premières. En principe, l'analyse devrait se faire uniquement sur les portions non-altérées des échantillons. Selon les données historiques et archéologiques, le fort de Cartier-Roberval a brûlé. Les échantillons archéologiques analysés ont donc probablement chauffé. Les effets combinés de l'altération comme le feu, le temps passé dans le sol, le gel et le dégel et les pluies sur des roches sédimentaires sont inconnus. L'altération est un facteur peu documenté qui mériterait des études expérimentales approfondies.

2.1 Échantillonnage

Les échantillons archéologiques ont été prélevés dans différentes opérations archéologiques sur le site Cartier-Roberval à Cap-Rouge. Les échantillons géologiques ont été

prélevés sur des sources probables connues à proximité du site à l'étude et prédéterminées par les archéologues du projet. Les recherches sur le terrain se sont effectuées avec l'aide de M. Yves Chrétien au cours de novembre 2007. Au total, deux échantillons ont été prélevés sur chacune des sources susceptibles d'avoir été utilisées aux 16^e et 19^e siècles. La sélection des échantillons géologiques n'est donc pas représentative de toute la variabilité géologique des sources échantillonnées, mais elle est orientée selon les connaissances et les besoins archéologiques du projet. Les échantillons géologiques prélevés correspondent visuellement, pour la majorité, aux matériaux retrouvés sur le site Cartier-Roberval. Cette recherche, de type exploratoire, restreint donc les sources possibles des matériaux retrouvés en contexte archéologique. Après avoir effectué les analyses comparatives, il sera possible de retourner sur les sources susceptibles d'avoir été utilisées pour caractériser la variabilité géologique de la source et localiser plus précisément les lieux et les méthodes d'exploitation.

Afin d'alléger leur traitement comparatif et de faciliter leur repérage, des codes (exemple : QAa1) ont été attribués à chaque échantillon. L'échantillonnage a été divisé premièrement par matière (G=grès, S=schiste, P=pyrite, Q=quartz et C=chert). Pour les échantillons de grès, qui représente la moitié de l'échantillonnage, il y a eu deux sous-divisions de la matière selon l'interprétation archéologique préliminaire : G16 pour les grès utilisés au 16^e siècle et G19 pour ceux utilisés au 19^e siècle. La deuxième lettre du code correspond soit aux échantillons archéologiques « A », soit aux échantillons des sources géologiques « S ». Une lettre minuscule identifie ensuite la localisation de l'affleurement ou la structure échantillonnée. Pour terminer, un chiffre est donné pour chaque échantillon prélevé par localité (ex. : b2 pour le deuxième échantillon de l'affleurement b).

Au total, 124 échantillons ont été analysés : 69 de grès, 16 de schiste, 13 de pyrite, 8 de quartz et 18 de chert. Les éléments archéologiques échantillonnés sont : les pierres de grès des

murs de fondation du 16^e siècle (n=5), les pierres de grès des murs de fondation du 19^e siècle (n=6), les pierres de schistes des structures archéologiques (n=3), les pyrites de fer archéologiques et/ou les dérivées (n=2), les pièces de quartz archéologiques (n=7) et les pièces de cherts archéologiques (n=3). Les sources géologiques échantillonnées sont : le grès de Cap-Rouge et St-Augustin (n=8), le grès de Cap-Rouge et Sillery (n=10), le schiste du promontoire de Cap-Rouge (n=5), les sources de pyrites de fer (n=4), les sources de quartz (n=3) et les sources de cherts locales (n=6).

La représentation visuelle des échantillons des pièces archéologiques et des sources géologiques est disponible en **Appendice A**. La localisation des échantillons archéologiques est présentée sur les cartes du parc Cartier-Roberval en **Appendice B** qui localisent aussi les secteurs archéologiques. La localisation des échantillons géologiques est présentée sur les cartes en **Appendice C**. Ces deux derniers appendices sont aussi disponibles en version électronique. Des photos de chaque affleurement géologique se retrouvent en **Appendice D**. Un échantillon mégascopique servant de témoin a été gardé pour tous les échantillons analysés ainsi que les résidus de poudres de l'analyse géochimique. Un tableau de référence synthétique de tous les échantillons analysés est disponible en **Appendice E**. Un référent macrophotographique des échantillons initiaux est disponible en **Appendice électronique 1**. Voici donc l'échantillonnage proposé pour rencontrer les objectifs :

2.1.1 Grès

Échantillons archéologiques de grès des structures du 16^e siècle (G16A):

- a-** 5 échantillons des 2 murs de l'opération 37 ;
- b-** 2 échantillons de la structure de pierre de l'opération 66 ;
- c-** 3 échantillons du mur de l'opération 41 ;
- d-** 6 échantillons du mur des opérations 40, 49, 60 et 67;

e- 2 échantillons des pierres déstructurées de l'opération 70.

Échantillons des sources géologiques probables de grès du 16^e siècle (G16S):

- a- 2 échantillons de lits de siltstones affleurants dans l'opération 42 ;
- b- 3 échantillons dans des lits à l'ouest du promontoire, sur le chemin de fer, près du 2^e ruisseau ;
- c- 2 échantillons le long des lits à l'ouest du promontoire, en arrière des maisons de la côte de Cap-Rouge ;
- d- 2 échantillons dans des lits à l'ouest du promontoire, au sud près du 1^{er} ruisseau ;
- e- 2 échantillons des lits de l'estran sur le côté est de l'Anse du Cap Rouge;
- f- 3 échantillons sur des affleurements de la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge et un de la Plage Saint-Laurent ;
- g- 2 échantillons des lits, dans la falaise sud-est du cap Rouge, au pied du site ;
- h- 2 échantillons des lits, dans à l'extrémité est du site, dans la falaise du cap Rouge.

Échantillons archéologiques de grès des structures du 19^e siècle (G19A) :

- a- 2 échantillons sur le mur de la Villa Atkinson ;
- b- 2 échantillons sur le mur de l'écurie ;
- c- 2 échantillons sur le mur du cavot/maison/cottage ;
- d- 3 échantillons sur le mur de la terrasse de l'Est, secteur E ;
- e- 2 échantillons sur les structures de pierre dans le parc ;
- f- 2 échantillons de l'opération 68A.

Échantillons des sources géologiques probables de grès du 19^e siècle (G19S) :

- a- 2 échantillons des lits de grès à l'ouest du promontoire, près des structures de pierre dans le parc ;

- b-** 2 échantillons d'un lit de grès au nord-est du site, en dessous du pont St Louis ;
- c-** 2 échantillons d'un lit de grès au nord-est du site, sur l'affleurement en face de la roulotte ;
- d-** 2 échantillons d'un lit de grès, sur les bancs d'emprunt ;
- e-** 2 échantillons aux carrières de grès de Sillery, un peu à l'ouest de la gare de train de Sainte-Foy ;
- f-** 2 échantillons aux carrières de grès de Sillery, juste à l'ouest du pilier nord du pont de Pierre-Laporte, dans une ancienne carrière ;
- g-** 2 échantillons aux carrières de grès de Sillery, juste à l'ouest du quai des Cageux (l'ancien quai Irving), dans une ancienne carrière ;
- h-** 2 échantillons aux carrières de grès de Sillery, à l'ouest dans le Boisé Tequenonday, (l'ancien Boisé Irving), dans une ancienne carrière ;
- i-** 2 échantillons sur la rive sud du fleuve, a Saint-Romuald, près de la route d'accès au pont de Québec, dans une ancienne carrière ;
- j-** 2 échantillons aux carrières de grès de Sillery, à l'est dans le Boisé Tequenonday, (l'ancien Boisé Irving), dans une ancienne carrière.

2.1.2 Schiste

Échantillons archéologiques de schistes des structures archéologiques (SA):

- a-** 1 échantillon de l'opération 37 ;
- b-** 2 échantillons de l'opération 43 ;
- c-** 2 échantillons de l'opération 42.

Sources géologiques probables de schistes (SS):

- a-** 5 échantillons autour des lits de grès à l'ouest du site;
- b-** 2 échantillons autour des lits de grès au nord-est du site, sous le pont Saint-Louis ;
- c-** 1 échantillon sur l'estran sur le côté est de l'Anse du Cap Rouge;

d- 2 échantillons sur la Plage Saint-Laurent ;

e- 1 échantillon dans le banc d'emprunt.

2.1.3 Pyrite

Échantillons archéologiques de pyrites (PA) :

Aucun artefact de pyrite n'est disponible dans les collections archéologiques 2007 du site CeEu-4. Pour pallier ce manque, des dérivés possibles des tests métallurgiques ont été analysés:

a- 1 échantillon de soufre, opération 45A3 ;

b- 1 échantillon de scorie, opération 45A3.

Sources géologiques probables de pyrites de fer (PS) :

a- 3 échantillons de la Plage Saint-Laurent, station 1;

b- Aucun échantillon de la Plage Saint-Laurent, station 2 ; (cette source a été trouvée mais non échantillonnée)

c- 3 échantillons de la Plage Saint-Laurent, Pointe Jean-Gros, à l'est de l'anse du moulin banal, près de Saint-Augustin-de-Desmaures ;

d- 4 échantillons de la Plage Saint-Laurent à l'extrémité ouest de l'Anse du Cap Rouge;

e- 1 échantillon à la Pointe Aubin près de Saint-Nicolas.

2.1.4 Quartz

Échantillons archéologiques de quartz (QA) :

a- 1 échantillon de l'opération 64A3 ;

b- 1 échantillon de l'opération 51A2 ;

c- 1 échantillon de l'opération 45A3 ;

- d-** 1 échantillon de l'opération 62A4 (LM 402) ;
- e-** 1 échantillon de l'opération 57A9 (LM 403) ;
- f-** 1 échantillon de l'opération 40A4 (LM 404) ;
- g-** 1 échantillon de l'opération 41A9 (LM 401).

Sources géologiques probables de quartz (QS):

- a-** 2 échantillons, un sur le côté ouest du promontoire du Cap Rouge et un à l'est du 2^e ruisseau sur le chemin de fer ;
- b-** 1 échantillon de la Plage Saint-Laurent ;
- c-** 2 échantillons du Cap-Diamant.

2.1.5 Chert

Afin d'augmenter les connaissances sur l'identification visuelle des cherts verts de Québec, 6 échantillons retrouvés sur le site archéologique de Cartier-Roberval ont été analysés. Dû à des contraintes analytiques, les artefacts en cherts analysés ne proviennent pas du contexte clair d'occupation du 16^e siècle. Ils proviennent du contexte stratigraphique incertain mais semble représenter, visuellement la variabilité de cherts verts présents dans les niveaux d'occupations du 16^e siècle. Aussi, 6 sources géologiques de cherts verdâtres géographiquement distinctes de la région de Québec ont été analysées ainsi qu'un échantillon test/témoin provenant de l'état de New-York.

Échantillons archéologiques de cherts (CA):

- a-** 3 échantillons de l'opération 20B ;
- b-** 3 échantillons de l'opération 53A ;
- c-** 2 échantillons du site Saint-Augustin (CeEu-10).

Sources géologiques probables de cherts (CS):

- a- 2 échantillons de la Plage St-Laurent, à la Pointe Deschambault;
- b- 2 échantillons de la Pointe Aubin à la limite entre St-Nicolas et Saint-Antoine-de-Tilly;
- c- aucun
- d- 2 échantillons de cherts verts de Québec, de provenance inconnue, trouvés aux dépotoirs municipaux de la ville de Québec dans le milieu des années 80 ;
- e- 2 échantillons de la Côte Dinan ;
- f- 2 échantillons de la Côte de la Montagne ;
- g- 1 échantillon du chert vert Normanskill, de Cocksackie, New-York.

2.2. Techniques d'analyse

L'origine des pierres sur le site de Cartier-Roberval (CeEu-4) a été déterminée en comparant la géochimie et la pétrographie des échantillons archéologiques avec celles des sources géologiques prédéterminées de pierres similaires. Des analyses pétrographiques et géochimiques ont été effectuées afin de tenter d'obtenir une correspondance diagnostique entre les échantillons archéologiques et géologiques.

2.2.1 Géochimie

L'analyse par activation neutronique instrumentale (INAA : *Instrumental Neutron Activation Analysis*) est une méthode d'analyse chimique bien établie, couramment utilisée en archéométrie (Hancock, 1976). Elle comporte des manipulations simples et est utile pour doser les terres rares, les éléments traces et quelques éléments majeurs dans des teneurs de l'ordre du $\mu\text{g/g}$ (ppm) (Flem et Bédard, 2002). L'activation neutronique permet de mesurer de façon instrumentale, les

concentrations de différents éléments dans une substance. Cette substance est irradiée dans un flux de neutrons pour la rendre radioactive et pour ensuite y détecter les rayons gamma émis par les différents éléments. C'est une technique d'analyse destructive qui nécessite un minimum de 2 grammes de poudre homogène, sans altération, de chaque échantillon. Pour effectuer cette analyse, les échantillons ont été nettoyés, sablé, sciés, broyés, encapsulés et numérotés. Ensuite, ils ont été envoyés, accompagnés d'un standard géochimique (KPT, WMS et JCH), à l'irradiation au réacteur SLOWPOKE de Montréal. Le temps d'irradiation est de 90 minutes pour le grès, le schiste et la pyrite et de 180 minutes pour le quartz et le chert. La lecture des éléments de moyenne et longue demi-vie a été effectuée au laboratoire de géochimie de l'UQAC avec l'aide de M. Paul Bédard. La lecture des éléments de courte demi-vie a été faite au laboratoire de géochimie de l'École Polytechnique de l'Université de Montréal. Les spectres de concentration brute des analyses en INAA ont été retravaillés par le logiciel EPA pour donner une concentration quantitative des éléments chimiques avec une erreur (**Appendice électronique 2**). Ces concentrations sont validées par les standards géochimiques. Au total, 36 éléments chimiques ont été analysés. Ceux de courte demi-vie sont : Al_2O_3 , K_2O , MnO , MgO , TiO_2 , Dy, V. Ceux de moyenne et longue demi-vie sont : Fe_2O_3 , Na_2O , La, Ce, Nd, Sm, Eu, Ho, Tb, Yb, Lu, Ag, As, Ba, Co, Cr, Cs, Hf, Ni, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, Th, U, Zn, Zr, Au. Les résultats calibrés, sans l'erreur, utilisés pour l'analyse sont présentés en **Appendice F**.

2.2.2 Pétrographie

Des lames polies ($n=8$) ont été faites sur de la pyrite et sur un échantillon archéologique de quartz. Des lames minces ordinaires ($n=106$) ont été prélevées sur tous les autres échantillons. Les lames minces ont été effectuées par deux entreprises spécialisées : l'Atelier de Pétrographie du Saguenay ($n=110$) et VanPetro ($n=4$). L'étude de ces lames minces ordinaires et polies a été réalisée dans les laboratoires de l'Université Laval et de l'UQAC à l'aide d'un microscope polarisant à lumière transmise pour les lames minces ordinaires et d'un microscope à lumière réfléchie pour

les lames polies. Des fiches standards de description pétrographique pour les roches sédimentaires utilisées à l'UQAC ont été employées (**Appendice G**). La description des échantillons est celle en vigueur à l'UQAC dans le cours de premier cycle en sédimentologie. Elle comprend une identification des minéraux en lames minces (Roubault, 1982), de leur classe granulométrique dominante, de leur fraction terrigène et de leur matrice. La description pétrographique en lame mince a été complétée par une identification des textures et des structures visibles sur les échantillons. Des microphotographies de chaque échantillon en lame mince ont été prises et sont disponibles en **Appendice électronique 3**.

2.3 Méthodes de comparaison

2.3.1 Géochimie

Les comparaisons géochimiques ont principalement été réalisées par des statistiques multivariées. Les analyses statistiques utilisées, avec la base de données géochimiques, sont principalement des analyses factorielles en composantes principales (ACP) (en anglais, PCA : *principal components analysis*). Ces analyses statistiques sont efficaces comme moyen de comparaison géochimique en archéologie (Duval, 2008), mais elles demandent un prétraitement de la base de données pour les rendre utilisables en statistiques multivariées. Des patrons des terres rares et certains graphiques binaires ont été produits, dans certains cas, pour clarifier et valider les résultats.

La base de données géochimiques obtenue possède des valeurs manquantes représentant les teneurs les plus faibles, sous la limite de détection instrumentale. Ces valeurs sont indiquées, dans la base de données, par le signe « < » devant la valeur de la limite de détection ($< L_D$). Elles constituent une absence de valeur numérique et elles interfèrent lors de l'analyse statistique

multivariable. Pour pallier ce problème, dans l'ACP, Baxter (2003) propose que les valeurs manquantes soient substituées par une valeur équivalente à 55 % de la limite de détermination (L_Q). Selon De Geer (2004), la limite de quantification ou de détermination (L_Q) absolue est de 6 fois la limite critique instrumentale du signal (L_C). Donc les valeurs manquantes, en théorie, devraient être remplacées par $3.3 L_C$. Dans cette analyse, les valeurs manquantes ont été remplacées par des valeurs calculées selon le poids, l'élément chimique et la matière de l'échantillon (Savard et al., 2006) qui correspondent à la limite de détection (L_D). Celles-ci sont représentées dans la base de données, et correspondent à 3.29 fois la limite critique instrumentale du signal (L_C) (Savard, communication personnelle, mars 2008).

Les éléments chimiques utilisés pour l'ACP sont différents pour chaque matériau. La sélection des éléments repose sur la normalité des résultats, préalable à l'ACP, ainsi que sur le critère de justesse et de précision de ceux-ci. Chaque élément chimique est regardé séparément. La vérification de la normalité se fait par le test de Kolmogorov-Smirnov (test de K-S). L'avantage de ce test réside dans le fait qu'il n'exige aucune hypothèse sur les données, c'est-à-dire que c'est un test non-paramétrique à distribution libre. Il s'applique à des variables quantitatives continues. Il ne nécessite pas de regroupement de classes quand l'effectif de l'échantillon est faible et peut s'appliquer quand l'effectif de l'échantillon est très petit ($n < 30$). Pour démontrer la normalité du test de K-S, il faut que $P \geq D$ (**Appendice électronique 4**). Si les variables correspondant aux éléments chimiques ne répondent pas à une distribution normale, elles ne peuvent être utilisées pour des statistiques prédictives comme l'ACP. Il arrive souvent que les éléments traces répondent à une distribution asymétrique anormale particulière soit la distribution log-normale. Une distribution log-normale est une distribution dont le logarithme a une distribution normale. Les données sont alors transformées en logarithme (Log ou ln) pour obtenir une normalité. Pour assurer la justesse de l'analyse, les éléments possédant le moins de valeurs manquantes sont retenus. Pour en assurer la précision, les standards géochimiques sont utilisés comme référent.

Les éléments chimiques sélectionnés pour chaque matière dans l'ACP seront mentionnés dans les résultats selon leur normalité, leur précision et leur justesse. Cependant, selon Cullers et al., (1987), Holme et Harbottle (1994) et Lentz (2003), les éléments de transition (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu et Zn) et les éléments des terres rares (REEs) (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb et Lu) permettent une meilleure caractérisation d'une source géologique. D'autres éléments immobiles sont intéressants pour la caractérisation d'une source géologique, tels que Y, Th, Zr, Hf, Ti, Ta, P et U (Pearce, 1983). Par ailleurs, l'aluminium (Al) est un élément intéressant, car il est peu affecté par l'altération et il traduit la proportion d'argile-mica dans les échantillons. Les éléments alcalins (Na, Mg, K, Rb, Cs et Ca) sont habituellement écartés des études de provenance car ils sont mobiles et facilement affectés par les processus tardifs de météorisation (altération) qui agissent principalement sur les échantillons archéologiques (Morin, 1997, Rollinson, 1993 et Lentz, 2003).

L'ACP a pour but de condenser et de réduire des données quantitatives. Elle représente les ressemblances entre les individus par rapport à l'ensemble des variables par une projection de vecteurs linéaires. Le logiciel WINSTAT a été utilisé pour calculer la matrice des covariances et pour en extraire les valeurs et vecteurs propres. Les vecteurs propres de la matrice définissent les axes factoriels. Les données réduites sont ensuite projetées sur des axes. Une représentation graphique des données, correspondant à la variance exprimée par chaque facteur, est obtenue. Pour réduire l'effet d'hétérogénéité de la matrice de variables, une transformation des données a été préalablement effectuée. Ces données seront analysées selon leur matière première, en centrant et réduisant les variables (**Équation 1**). Centrer une variable consiste à en soustraire sa moyenne et la réduire consiste à la diviser par son écart-type. Lorsqu'une variable est centrée-réduite sa moyenne est nulle et son écart type est égal à un. Cela permet d'obtenir des données indépendantes de l'échelle choisie et davantage comparables. Cette transformation est fortement

suggérée pour tous les éléments chimiques en géochimie et surtout pour l'utilisation de l'ACP afin d'éviter «*the constant sum effect*» (Aitchison, 1986 : 65).

$$\text{Équation 1:} \quad X_T = \frac{(x_i - \mu_x)}{s_x}$$

Les ellipses équiprobables ou de confiance sont souvent utilisées pour situer un individu par rapport à un groupe dans l'analyse anthropologique par ACP (Cleuvenot, 1993). Ces ellipses sont la représentation en plan de la « cloche » de la loi gaussienne ou normale. Leurs aires représentent à 70%, 95% ou 99% la probabilité d'un point d'appartenir à la même population. Comme le mentionnent Saporta et Hatabian (1986) quelques dizaines ($n \geq 20$, idéalement $n \geq 30$) d'individus sont suffisants pour utiliser les ellipses de confiance. Lorsque l'échantillon est petit ($n \leq 5$), il y a une très grande dispersion de l'ellipse d'inertie qui engendre une fausse estimation (Saporta et Hatabian, 1986, Cleuvenot, 1993). Il est possible de contourner ce problème par l'équation de l'estimation de l'ellipse de Rao (1952) qui nécessite de faire intervenir un facteur qui prend en compte l'effectif. Pour cette étude, des regroupements arbitraires en pointillés ont été fait autour de certains échantillons géologiques. Ces regroupements, dans les graphiques statistiques, ne sont pas issus de calculs statistiques. Ils servent à visualiser une zone de probabilité autour des sources qui se rassemblent dans l'analyse multivariable.

2.3.2 Pétrographie

L'analyse pétrographique est une analyse qualitative et semi-quantitative des minéraux constituant la roche. Elle a été réalisée avec les fiches de description pétrographique dans lesquelles les minéraux sont identifiés et exprimés en pourcentage. La technique a ses limites et peut être complétée par d'autres types d'analyse pour préciser la nature ou les teneurs de certains constituants. Par exemple, les cristaux de carbonate ont un diamètre trop petit pour être identifiés

au microscope et aucun test de coloration n'a été fait pour mieux les identifier. De plus, les carbonates sont peu utiles dans les études de provenance, comme celle qui est d'intérêt dans le présent travail. Morin (1997) constate que la quantité de carbonates varie pour les cherts de Québec à l'intérieur même de l'affleurement. La proportion de minéraux opaques peut être évaluée, mais leur identification précise n'a pas été déterminée. Dans la granulométrie de la fraction siliceuse, la distinction entre quartz cryptocristallin ($\leq 0,001$ mm) et microcristallin ($\leq 0,05$ mm) reflète l'augmentation du degré de diagenèse puis de métamorphisme subi par la roche (Knauth, 1994). Pour les phyllosilicates, les particules inférieures à 0,002 mm de diamètre sont considérées comme des argiles et des chlorites, tandis que celles de formes allongées, sont classées dans les micas : blancs (muscovites), verts ou bruns (biotites).

Les informations pétrographiques diagnostiques sont différentes pour chaque matière première. Les lames minces ont été groupées par fiche descriptive lorsqu'elles présentaient les mêmes caractéristiques représentatives d'une variabilité. Pour les grès et les schistes, ce sont la granulométrie et la composition minéralogique des grains détritiques (minimum, maximum et moyenne) qui caractérisent le mieux le matériau. Pour les cherts, les meilleures caractéristiques pétrographiques indépendantes de l'état d'altération de l'échantillon sont, selon Morin (1997), la reconnaissance de fantômes de radiolaires, la présence de grains détritiques et la granulométrie de la fraction siliceuse. Pour caractériser pétrographiquement les cristaux de quartz, il faut analyser la roche sur laquelle les cristaux se sont formés. Finalement, seule l'identification des minéraux opaques en lumière réfléchie permet d'identifier pétrographiquement la pyrite.

CHAPITRE III

RÉSULTATS

Dans ce chapitre, les résultats de comparaison géochimique et pétrographique pour chaque matière analysée sont présentés. Un tableau de référence synthétique, en **Appendice E**, présente les numéros des analyses géochimique et pétrographique (lames minces et fiches descriptives), les codes utilisés dans le texte, la localisation des échantillons ainsi que les numéros des macrophotographies. Ce référent visuel, macrophotographique, est disponible en **Appendice électronique 1**. Les résultats géochimiques bruts des concentrations analysées de tous les échantillons sont disponibles en **Appendice électronique 2**. L'erreur instrumentale y est présentée. Un référent visuel microphotographie est disponible en **Appendice électronique 3**. Les données géochimiques, sans l'erreur et sans les valeurs manquantes, sont présentées, pour chaque matière, en **Appendice F**. La normalité des éléments géochimiques pour chaque catégorie de matière première est fournie en **Appendice électronique 4**. Les résultats de l'analyse pétrographique sont regroupés en fiches descriptives disponibles en **Appendice G**. La partie suivante présente les résultats les plus significatifs et représentatifs de tout le processus analytique.

3.1 Les grès

Les grès forment la majeure partie de l'échantillonnage de cette étude. Ils ont été subdivisés arbitrairement en fonction de leurs interprétations préliminaires archéologiques. Il y a

les échantillons archéologiques des structures du 16^e siècle et du 19^e siècle, ensuite les échantillons des sources géologiques à proximité du site et ceux des carrières historiques de Sillery (Voir Appendice A, planche 1 à 4). La localisation des échantillons est disponible aux Appendices B et C.

Géochimie

Contrairement à plusieurs roches ignées, il est difficile de trouver une relation simple entre la minéralogie des grès et leurs compositions chimiques (Rollinson, 1993; Lentz, 2003). Pour cette raison, la classification géochimique ne repose pas sur la classification minéralogique des grès, basée sur les proportions de quartz, de feldspaths et de fragments lithiques. Les grès sont des roches silicoclastiques et, par conséquent, ils sont riches en silice. Cela signifie que l'abondance de SiO_2 peut traduire en partie l'abondance en quartz. L'abondance d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) peut traduire en partie les fragments de feldspaths, plusieurs fragments de roches et surtout les minéraux de la matrice argileuse. L'oxyde de potassium (K_2O) est un élément relativement moins mobile que le sodium ou le calcium. Il se trouve de préférence dans les feldspaths potassiques et leurs produits de d'altération (illites et muscovites). Son abondance est généralement considérée comme le reflet de l'abondance d'une matrice argileuse felsique. Le fer et le magnésium sont présents dans les minéraux ferromagnésiens et leurs produits de météorisation ou d'altération (chlorites). Dans les grès, le magnésium est relativement mobile, mais le fer en milieu oxydant (comme l'atmosphère actuelle) est relativement immobile. Par contre, les effets du feu sur les grès pourraient modifier des éléments tels que le fer, le manganèse, l'uranium ou le carbonate (Luedtke, 1992, 99-110 ; Pierre Cousineau, communication personnelle, mars 2009).

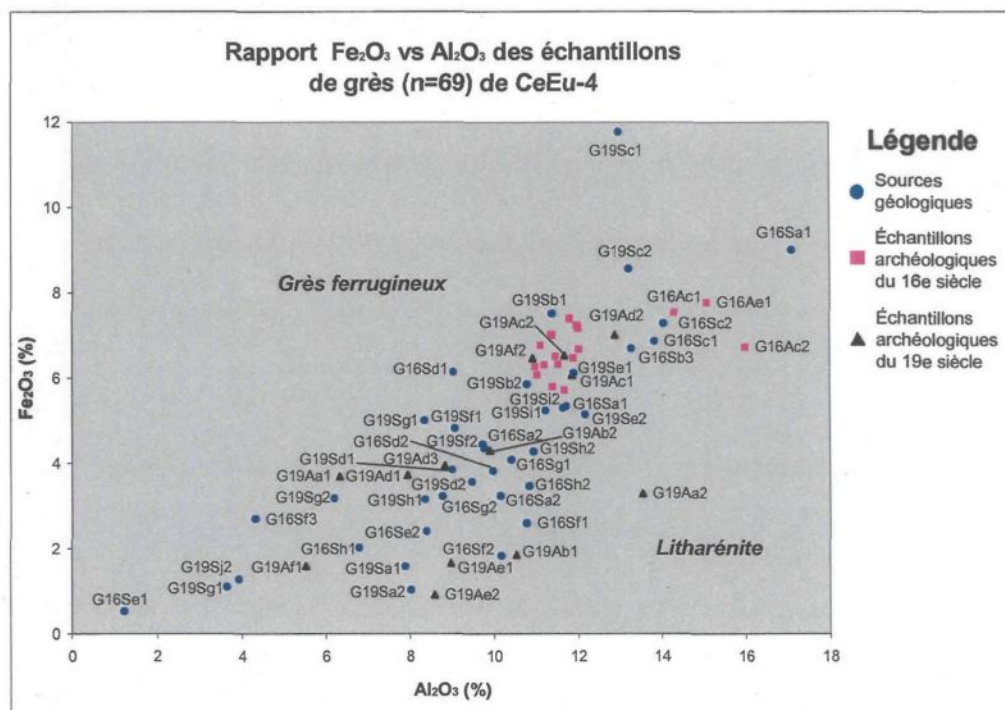


Figure 9 : Classification géochimique des grès, rapport Fe_2O_3 vs Al_2O_3 des échantillons de grès (n=69) de CeEu-4.

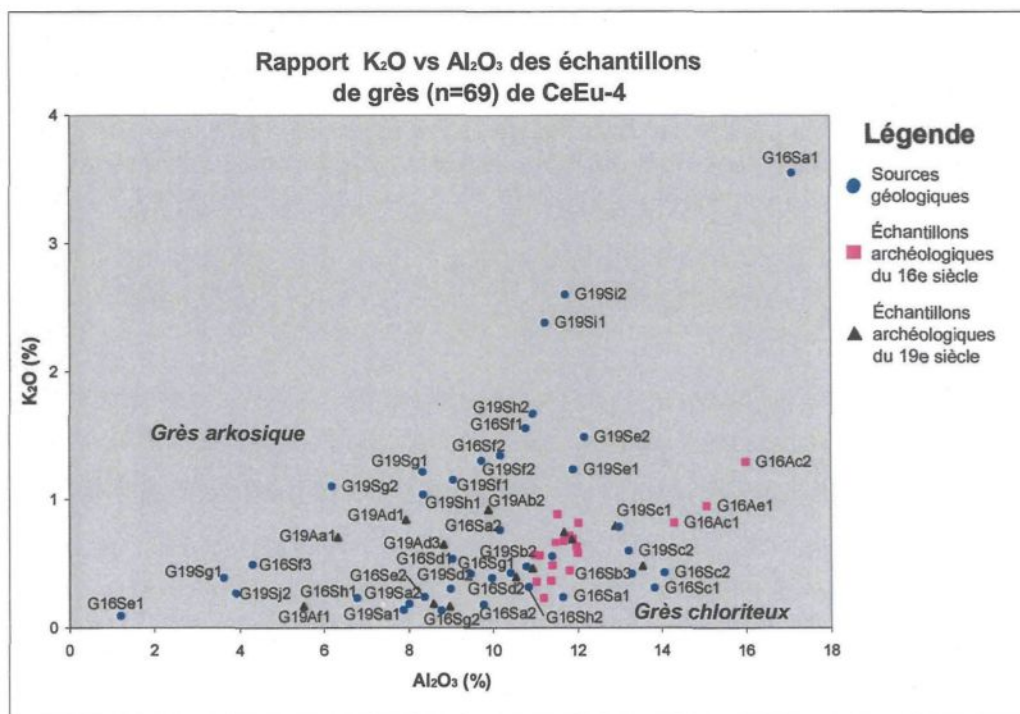


Figure 10 : Classification géochimique des grès, rapport K_2O vs Al_2O_3 des échantillons de grès (n=69) de CeEu-4

Le critère généralement utilisé pour analyser la maturité du sédiment, c'est-à-dire l'abondance de quartz par rapport aux autres constituants, est la proportion du ratio $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ (Potter, 1978). La classification utile, mais en partie désuète pour les grès, est celle de Herron (1988), adaptée de Pettijohn et al. (1987), exprimée par le $\log (\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{K}_2\text{O})$ vs le $\log (\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3)$. Comme les résultats géochimiques d'INAA ne comprennent pas le pourcentage d'oxyde de silice (SiO_2), ni d'oxyde de calcium (CaO), ni de carbone total (CO_2), aucune classification géochimique ne peut être employée pour classer ces grès. Les résultats géochimiques (**Appendice F**) démontrent qu'une partie des grès analysés ont un haut pourcentage d'oxyde de fer (Fe_2O_3). La **figure 9** est un rapport $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3$ et montre aussi qu'une partie des grès analysés sont riches en oxyde de fer (Fe_2O_3). Cette catégorie de grès ferrugineux regroupe tous les échantillons archéologiques du 16^e siècle et quelques pierres provenant des murs du 19^e siècle (de la terrasse de l'est, du cavot/maison et de l'opération 68A). La source de grès riche en oxydes de fer est les bancs de grès au nord-est du site, dans la Nappe de la Chaudière, plus précisément dans la Formation de Sainte-Foy. L'autre catégorie présente dans les grès analysés sont des grès avec des fragments de roches diverses (des litharénites) et un pourcentage d'oxyde de fer (Fe_2O_3) moins élevé. Cette catégorie regroupe quelques échantillons archéologiques du 19^e siècle, mais surtout les sources géologiques échantillonnées dans les carrières historiques de Sillery du 19^e siècle qui correspondent à la Formation de Saint-Nicolas et aussi aux bancs de grès à l'ouest du site, dans le Copeau de Cap-Rouge et/ou dans l'Olistostrome de la rivière Etchemin.

La **figure 10** est un rapport $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{K}_2\text{O}$ et montre qu'une partie des grès analysés (les échantillons archéologiques du 16^e siècle et les bancs de grès au nord-est du site de la Formation de Sainte-Foy) sont des grès plus riches en matrice argileuse mafique à grain fin et qu'ils contiennent de la chlorite et du fer ferrique. Les autres échantillons (les carrières de Sillery du 19^e siècle, les échantillons de la Plage Saint-Laurent et les siltstones affleurant sur le site) sont des

Par ailleurs, comme certains éléments majeurs peuvent devenir mobile à l'altération, une ACP des tous les échantillons archéologiques et géologiques de grès, avec les éléments de transition (Fe, Co, Sc, Zn, Ti et V) qui suivent la distribution normale et qui sont les plus justes et précis a été faite en **figure 12**. Cette figure montre bien la séparation des différentes sources de grès selon leur formation géologique. Encore une fois, tous les échantillons archéologiques du 16^e siècle sont groupés dans les sources de grès affleurant en bancs au nord-est du site (G19Sb et c). Aussi, quelques échantillons archéologiques du 19^e siècle (n=4) sont présents dans cette source. Ils proviennent de l'opération 68, du mur de la terrasse de l'Est, du mur de la Villa Atkinson et du mur du cavot/maison. D'un autre côté, d'autres échantillons archéologiques du 19^e siècle (n=4) proviennent, selon cette figure, des carrières de grès historiques de Sillery (G19S e à j). Ce sont des échantillons de l'opération 68, du mur de la terrasse de l'Est, du mur de la Villa Atkinson et du mur de l'écurie. Un échantillon des structures de pierre dans le parc provient directement d'un lit de grès juste à côté de la structure qui correspond à une intrusion du Copeau de Cap-Rouge dans l'ouest du promontoire par la présence d'un grès de la Formation de Lauzon (Pierre Cousineau, communication personnelle, décembre 2007). L'autre échantillon des structures de pierre dans le parc (G19Ae2) semble se situer parmi les échantillons appartenant à un banc de grès du côté nord-ouest du site, calcaireux, dans la formation de l'Olistostrome de la rivière Etchemin.

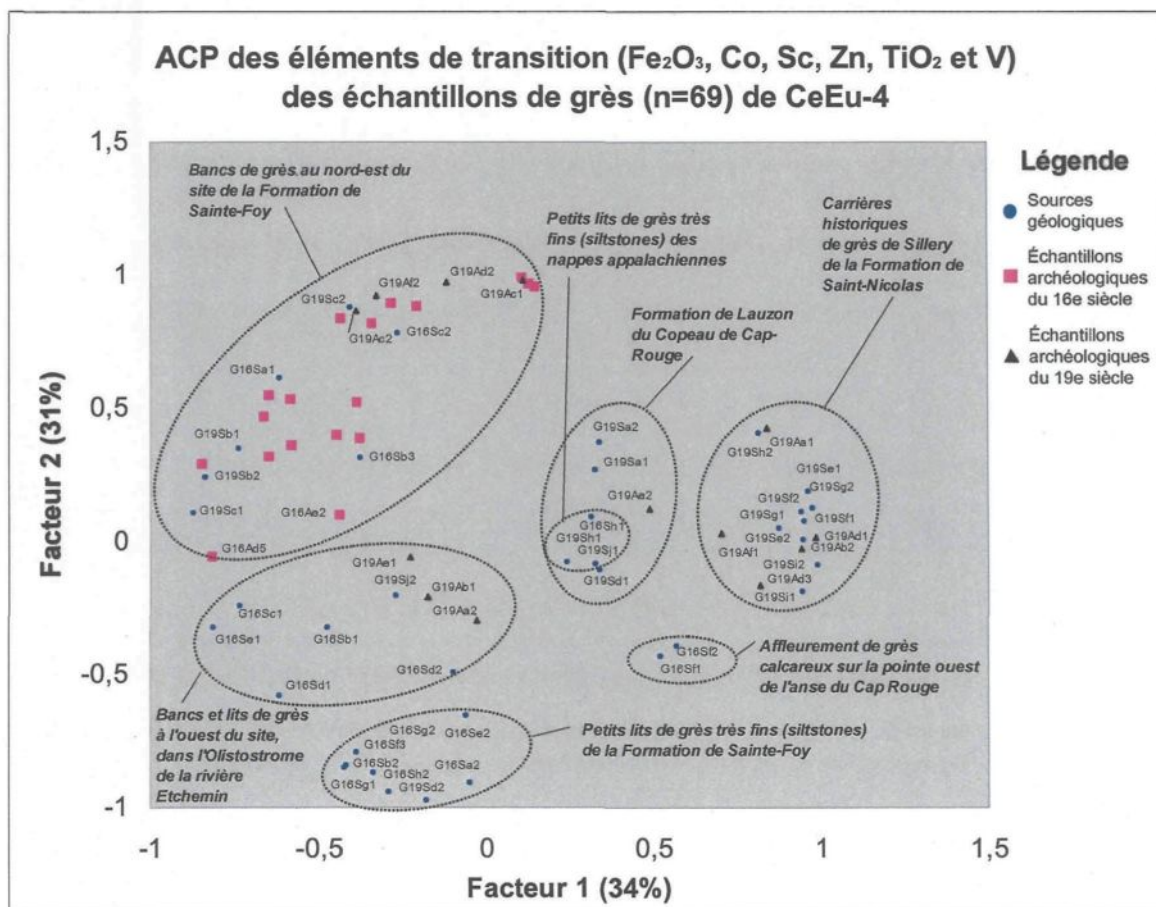


Figure 12 : ACP avec Fe_2O_3 , Co, Sc, Zn, TiO_2 et V des échantillons archéologiques et géologiques de grès analysés.

Afin de valider et de clarifier les résultats, la **figure 13** présente une ACP faite avec les éléments traces les plus diagnostiques et immobiles des échantillons archéologiques et géologiques de grès, excluant les échantillons géologiques des carrières historiques de Sillery. Dans cette ACP, les formations présentes à l'ouest du site et en bas de la falaise du cap Rouge se démarquent géochimiquement des bancs de grès au nord-est de la Formation de Sainte-Foy. Le regroupement des bancs de grès de l'ouest du site est large et imprécis, car il inclut les formations du Copeau de Cap-Rouge, calcaireuses (Olistostrome) et quartzeuses (Lauzon), retrouvées dans toute la partie ouest de la falaise du promontoire du Cap Rouge. Il y a sept échantillons archéologiques du 19e siècle qui se regroupent avec la délimitation géochimique préliminaire des

bancs de grès à l'ouest du site. Ces pierres de construction proviennent des structures de pierre dans le parc, du mur de la terrasse de l'est, du mur de l'écurie, du mur de la Villa Atkinson et du mur de l'opération 68A50. Se regroupent aussi dans la zone des bancs de grès à l'ouest du site, 3 échantillons archéologiques interprétés comme étant de l'occupation du 16^e siècle : G16Ac2, G16Ad5 et G16Ad3. La composition chimique des petits lits de grès très fins (siltstones) verdâtres présents dans les mudrocks du promontoire du cap Rouge et sur le site à l'étude se délimitent bien et aucun artéfact n'est associé à ce regroupement. Le reste des échantillons archéologiques du 16^e siècle se regroupe avec les bancs de grès situés au nord-est du site de la Formation de Sainte-Foy de la nappe appalachienne de la Chaudière et avec les mêmes échantillons archéologiques du 19^e siècle présentés à la figure 12.

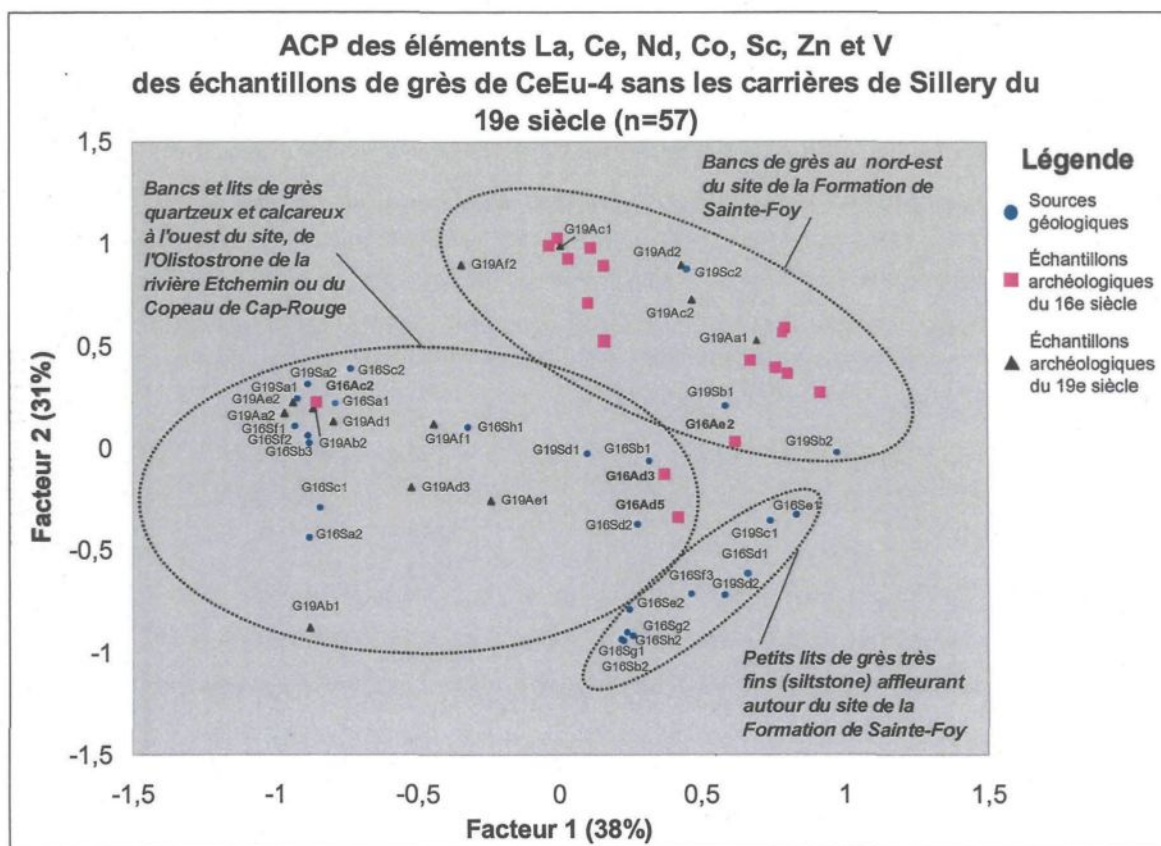


Figure 13 : ACP des éléments traces les plus diagnostiques des échantillons des sources géologiques autour du site de Cartier-Roberval et des échantillons archéologiques de grès du 16^e et du 19^e siècles excluant les échantillons géologiques des carrières historiques de Sillery.

Par ailleurs, une distinction géochimique des carrières historiques de Sillery (Guimond, 2006) a été expérimentée. Une ACP (**figure 14**) a été réalisée pour vérifier s'il y avait une certaine dissociation possible des sources dans la Formation de Saint-Nicolas correspondant aux carrières historiques de Sillery. Cette figure montre une possible différenciation géochimique des sources de grès de Sillery. Toutefois, parce qu'il n'y a que deux échantillons par carrière et que les champs se touchent fréquemment et peuvent se recouper, il est impossible pour le moment de prétendre pouvoir délimiter les domaines géochimiques des sources des carrières de Sillery. À l'étape actuelle de la recherche, la délimitation des sources est purement arbitraire selon les échantillons analysés. Un échantillonnage plus complet permettrait de circonscrire les sources des carrières de Sillery et de cerner plus précisément les lieux d'extraction.

La figure 14 a été réalisée avec les échantillons archéologiques du 19^e siècle afin de vérifier leur appartenance relativement aux différentes carrières de Sillery. Les échantillons archéologiques du mur du cavot/maison, de la terrasse de l'Est et de l'opération 68, se regroupent et proviennent, selon les ACP précédentes (Figures 11 et 12), du banc de grès au nord-est du site de la Formation de Sainte-Foy. Aussi, les échantillons archéologiques de la Villa Atkinson, de l'écurie, des structures de pierre dans le parc et de l'opération 68 se séparent des carrières de grès de Sillery et proviennent, selon les ACP précédentes (Figures 12 et 13), des bancs de grès à l'ouest du site du Copeau de Cap-Rouge ou de l'Olistostrome de la rivière Etchemin. Il y a trois échantillons archéologiques qui semblent correspondre à la géochimie des carrières de grès historiques de Sillery (G19Aa1, G19Ad1 et G19Ab2). De plus, l'échantillon archéologique G19Ad3 s'y apparente beaucoup. Ces échantillons archéologiques proviennent de la Villa Atkinson, de l'écurie et de la terrasse de l'est. Cette figure renseigne sur la provenance plus spécifique, dans les carrières de Sillery, des pierres de construction utilisées et analysées. Les échantillons archéologiques des structures du 19^e siècle sur le site Cartier-Roberval proviendraient

probablement des carrières du Boisé Tequenonday, de la carrière à l'est du quai des Cageux et de la carrière à l'ouest du pilier nord du pont Pierre-Laporte. Par les résultats de cette étude, il est possible d'envisager que ce sont ces carrières susmentionnées qui étaient exploitées au 19^e siècle à Sillery. Conséquemment, une partie des matériaux utilisés dans la construction des ouvrages du 19^e siècle sur le site CeEu-4 proviendraient de ces carrières.

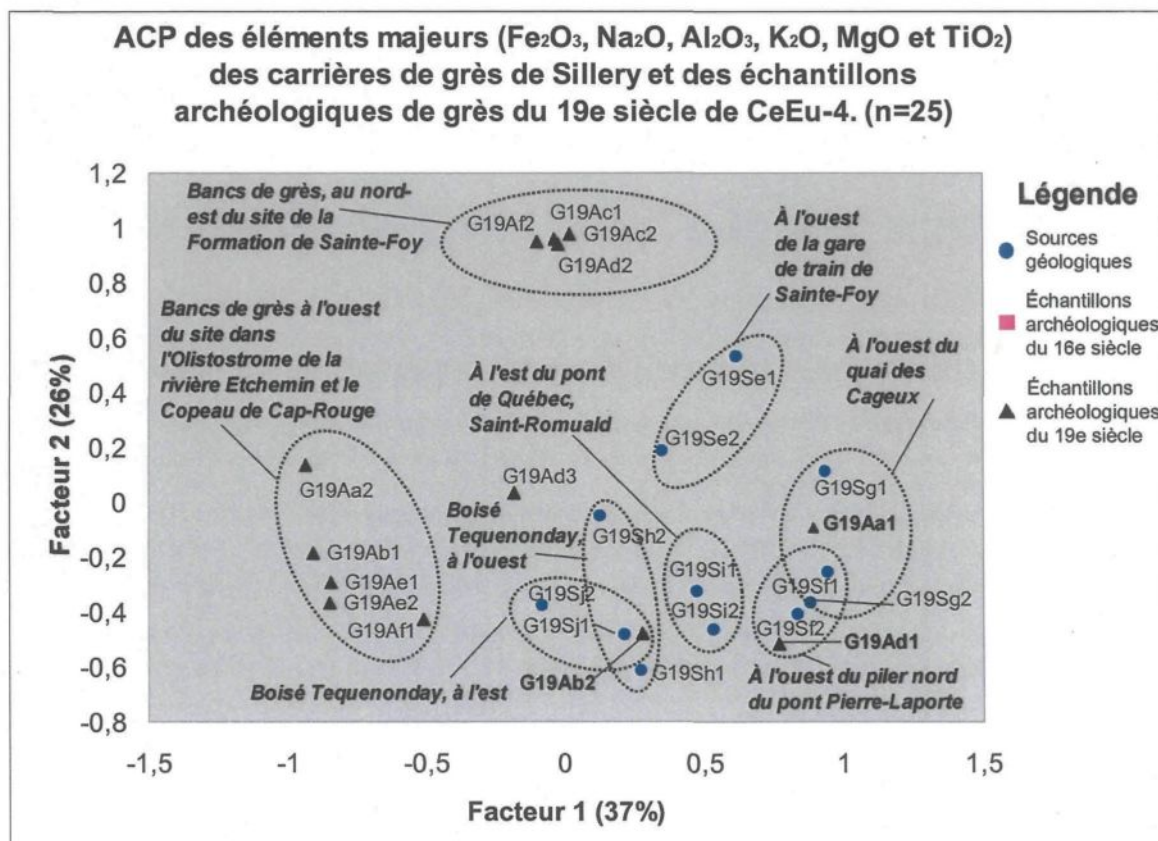


Figure 14 : ACP des carrières de grès de Sillery et des échantillons archéologiques de grès du 19^e siècle du site Cartier-Roberval

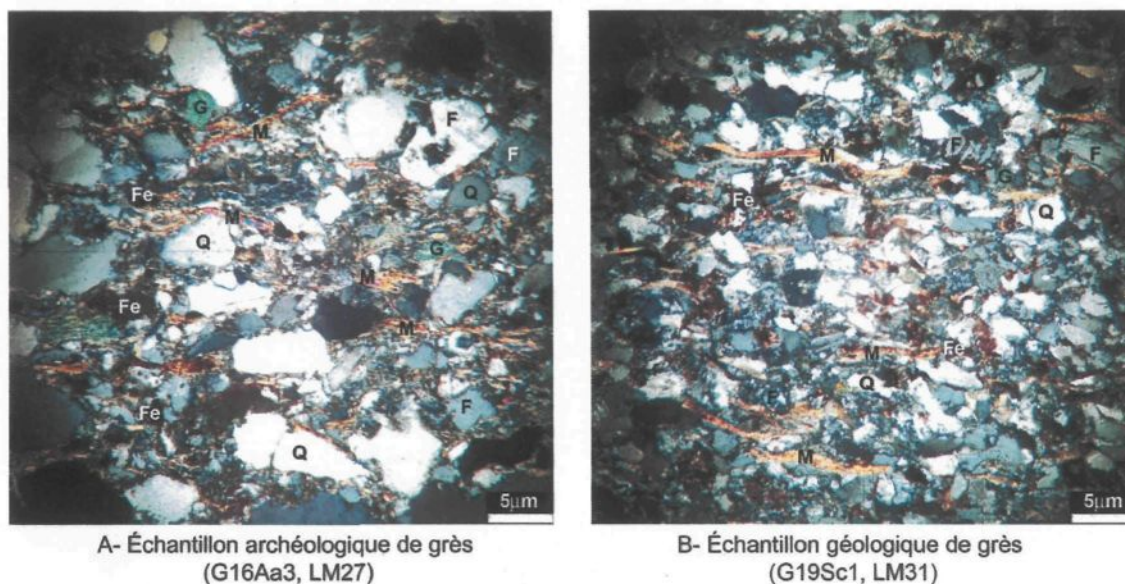
Péetrographie

Une analyse péetrographique a été réalisée sur les 69 échantillons archéologiques et géologiques de grès. Les descriptions péetrographiques des catégories sont détaillées dans les fiches péetrographiques en **Appendice G**. Tous les échantillons de grès ont été groupés en six

catégories. Les catégories des grès de la Formation de Sainte-Foy à l'est du site (FD 1.1), des petits lits de grès très fins de la même formation (FD 1.3) ainsi que des grès quartzeux de la Formation de Lauzon (FD 1.4) sont bien définies et homogènes. Les autres catégories, plus hétérogènes et moins bien délimitées dans l'espace, ne seront que mentionnées. Ce sont les carrières de Sillery du 19^e siècle (FD 1.2), les bancs de grès au nord-ouest du site avec des carbonates (FD 1.5) et les affleurements de grès sur la Plage Saint-Laurent (FD 1.6).

Au total, 21 échantillons analysés entrent dans la catégorie (FD 1.1) des grès au nord-est du site de la Formation de Sainte-Foy du Groupe de Sillery. Tous les échantillons archéologiques du 16^e siècle, à l'exception de deux (F.D. 1.5) entrent dans cette catégorie. Sur les dix-sept échantillons archéologiques du 16^e siècle identifiés dans la catégorie FD 1.1, sept semblent altérés. Ces échantillons sont G16Aa2, G16Aa5, G16Ac1, G16Ac2, G16Ad6, G16Ae1, G16Ae2. Cette altération peut être occasionnée par plusieurs facteurs dont l'incendie du fort Cartier-Roberval. Le résultat d'un feu sur le grès pourrait oxyder certains minéraux. L'élément le plus sensible à un tel changement est le fer : le fer ferreux en milieu oxydant prend la forme du fer ferrique et devient progressivement moins vert et plus jaune à orangé. Aussi, quatre échantillons archéologiques du 19^e siècle provenant de la terrasse de l'Est (G19Ad2), du mur du cavot/maison (G19Ac1, G19Ac2) et de l'opération 68A (G19Af2) sont semblables microscopiquement aux échantillons archéologiques du 16^e siècle. Les sources géologiques se rapprochant le plus de ces échantillons proviennent des bancs de grès au nord-est du site sous le pont Saint-Louis (G19Sb1 et G19Sb2) et du banc de grès affleurant en face de la roulotte (G19Sc1, G19Sc2) dans le stationnement du parc. Le grès retrouvé en banc dans la Formation de Sainte-Foy est verdâtre à gris verdâtre et semble s'altérer en surface d'un brun-beige. Quand il est oxydé, certains de ses lits prennent une teinte rougeâtre. Son grain est moyen à fin et non jointif. Il est composé de grains de quartz, de feldspaths, de micas, d'oxydes de fer et de glauconie. Sa matrice est essentiellement constituée de chlorites. Ce grès présente une faible laminations ou un allongement parallèle des micas et des

oxydes de fer. La **figure 15** présente des photos, en lame mince, du grès utilisé dans les structures du 16^e siècle et semblable au grès affleurant à l'est du parc Cartier-Roberval.



Légende des phases minérales identifiées: Q = quartz, F = feldspaths, M = micas, G = glauconie, Fe = oxydes de fer.

Figure 15 : Microphotographies du grès utilisé au 16^e siècle. A- Échantillon archéologique d'une pierre de construction en grès de l'opération 37B (G16Aa3) du site Carier-Roberval. B- Échantillon géologique de l'affleurement de grès de Sillery présent au nord-est du site Cartier-Roberval.

Les petits lits de grès très fins de la Formation de Sainte-Foy (FD 1,3), qui affleurent partout dans les mudrocks multicolores autour et sur le site, sont similaires relativement à leur composition minéralogique aux bancs de grès présents au nord-est du site Cartier-Roberval. Cependant, un grain beaucoup plus fin, à la limite du siltstone, et une texture jointive les différencient. Aucun échantillon archéologique n'a été identifié dans cette catégorie.

Le grès quartzueux de la Formation de Lauzon (FD 1.4) affleure à la limite ouest du promontoire, au nord du site, près des structures de pierre dans le parc Cartier-Roberval. Il appartient à l'unité géologique du Copeau de Cap-Rouge dans le promontoire. C'est un grès

quartzeux, fin, gris pâle, à texture jointive. Ce grès a été échantillonné sur un gros lit de grès (G19Sa), situé près des structures de pierre dans le parc, mais également au banc d'emprunt le plus à l'ouest (G19Sd1). Les échantillons archéologiques qui correspondent à cette catégorie sont les deux échantillons des structures de pierre dans le parc (G19Ae1 et 2) et un échantillon provenant de la structure de l'opération 68A (G19Af1).

La catégorie pétrographique (FD 1.2) des carrières historiques du 19^e siècle de grès de Sillery est assez hétérogène. Ces carrières (G19Sh1, G19Sh2, G19Se1, G19Se2, G19Si1, G19Si2, G19Sj1, G19Sj2, G19Sg1, G19Sg2, G19Sf1, G19Sf2), situées autour des ponts de Québec (voir carte de localisation des carrières de Sillery en Appendice C), se retrouvent toutes dans la Formation de Saint-Nicolas du Groupe de Sillery. Les pierres exploitées dans ces carrières ont un grain grossier à très grossier, contenant souvent des gros grains de feldspaths de couleur rosée visible à l'œil nu. Ils sont massifs et de couleur verdâtre. La particularité de cette catégorie est que ces pierres ont un ciment carbonaté de pourcentage variable et qu'ils possèdent de gros fragments de feldspaths. Le pourcentage variable de carbonates dans la matrice rend à la fois le regroupement géochimique difficile et la distinction d'avec les grès carbonatés de la formation de l'ouest (FD1.5) ardue et incertaine. Les échantillons archéologiques qui semblent correspondre à cette catégorie proviennent de la Villa Atkinson (G19Aa1), du mur de la terrasse de l'est (probablement G19Ad1 et G19Ad3) et de l'écurie (G19Ab2).

Les bancs de grès à l'ouest du site (FD 1.5) affleurent le long du côté ouest du promontoire de Cap-Rouge. Ils sont composés de grès qui ressemblent à ceux de la Formation de Sainte-Foy lorsqu'ils sont altérés en surface, car ils deviennent brun-beige, mais ils sont plus fins et surtout ils renferment des fragments de carbonates. Ce grès a été échantillonné dans l'estran (G16Se1), en arrière des maisons dans la côte de Cap-Rouge (G16Sc1) et à l'ouest du 2^e ruisseau sur le chemin de fer (G16Sb1, G16Sb2). Les échantillons archéologiques qui correspondent à cette catégorie

sont les pierres de la Villa Atkinson (G19Aa2) et du mur de l'écurie (G19Ab1) associés au 19^e siècle. Aussi les pierres échantillonnées des structures 49A331 (G16Ad3) et 60A331 (G16Ad5) construites au 16^e siècle, selon l'interprétation préliminaire (Richard Fiset et Gilles Samson, communication personnelle, novembre 2007), proviendraient, selon l'analyse pétrographique, des bancs de grès à l'ouest. L'association à une catégorie pétrographique de l'échantillon (G19Ab1) pris dans le mur de l'écurie est incertaine, car cet échantillon s'apparente aussi aux carrières historiques du 19^e siècle. L'échantillonnage de la variabilité de cette catégorie n'est pas assez représentatif pour conclure à une provenance.

Les affleurements de grès de la Plage Saint-Laurent forment une catégorie à part (FD 1.6) dont la variabilité est probablement plus hétérogène que l'échantillonnage de cette étude. Ce sont des grès très fins, de couleur variable souvent verdâtre, qui ressemblent légèrement aux petits lits de grès fins de la Formation de Sainte-Foy, mais ayant comme différence des veines et des veinules de carbonates ainsi qu'un ciment carbonaté. Il n'y a aucun échantillon archéologique qui correspond à cette catégorie et les échantillons géologiques, formant cette catégorie, proviennent de l'estran, du côté est de l'Anse du Cap Rouge (G116Se2), de la Plage Saint-Laurent (G16Sf3), de la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge (G16Sf1 et G16Sf2).

3.2 Les schistes (mudrocks)

Les schistes sont une appellation de terrain pour désigner les roches de granulométrie très fine et argileuse normalement appelées mudrocks. Les échantillons, archéologiques et géologiques, considérés comme du schiste dans cette étude sont présentés en **Appendice A, planche 5**.

Géochimie

Les schistes de cette étude sont en fait des shales qui font partie de la famille des mudrocks. Ils sont normalement identifiés par un très faible ratio $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ et leur classification géochimique est moins bien connue (Rollinson, 1993). Ils sont normalement groupés selon la même classification que les grès celle de Herron (1988). Une des alternatives de classification géochimique pour les shales provient de Bjørlykke (1974) et utilise le ratio $(\text{MgO} + \text{Na}_2\text{O})$ vs $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O})$. Cette classification présentée à la **figure 16** a été appliquée aux 16 échantillons de schistes (mudrocks) récoltés autour du site de Cartier-Roberval. Dans cette figure, certains échantillons géologiques provenant de la Plage Saint-Laurent et de la formation à l'ouest du site de l'Olistostrome de la rivière Etchemin se démarquent. Les échantillons géologiques (SSa 3 et 4) qui ont été pris dans la falaise du cap Rouge, du côté sud-ouest se groupent avec ceux de la Nappe de la Chaudière. Donc, d'après cette classification, la majorité des échantillons géologiques et tous les échantillons archéologiques se regroupent dans la formation des mudrocks multicolores de la Formation de Sainte-Foy de la Nappe appalachienne de la Chaudière. Les échantillons archéologiques du 16^e et du 19^e siècles ont donc probablement été prélevés directement sur le site ou à proximité.

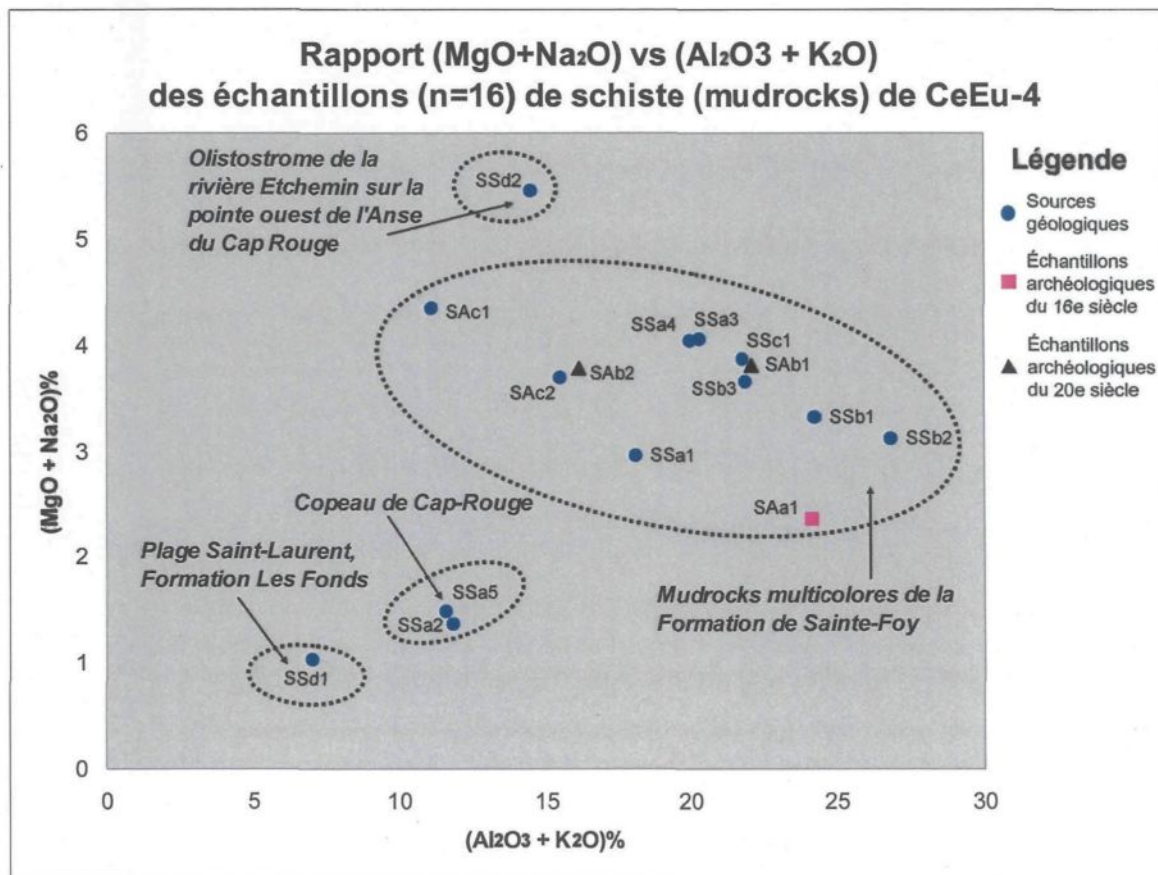


Figure 16 : Classification des shales selon Bjørlykke (1974)

Des statistiques multivariées ont été réalisées avec les échantillons de schistes (mudrocks), mais aucun regroupement significatif n'est ressorti. Selon les éléments utilisés, les associations changent et s'éloignent les unes des autres. Il est donc préférable, dans ce cas, d'utiliser le plus d'éléments possible même si la variance exprimée diminue. La **figure 17** représente une ACP de 25 éléments chimiques précis, distribués normalement. Dans ce graphique, le même regroupement des mudrocks de la Formation de Sainte-Foy y est clairement représenté. Il y a également un certain regroupement pour les échantillons prélevés du côté ouest du site dans le Copeau de Cap-Rouge et l'Olistostrome d'Etchemin. Le shale gris (SSa3), le grès très fin calcaireux de la Plage Saint-Laurent (SSd2) et le mudstone siliceux de la Plage Saint-Laurent (SSd1) se démarquent aussi des regroupements. L'artéfact (SAb2) de l'opération 43 du

vestige de schiste 43A350 se groupe avec les échantillons de siltstones prélevés au fond de l'opération 42 (SAb1 et 2) sur la roche mère du site CeEu-4. L'autre artefact (SAb1) de l'opération 43 du vestige de schiste 43A350 se groupe avec les mudrocks autour du site de la Formation de Sainte-Foy. Dans ce regroupement, il y a une sous-division pour l'échantillon géologique de shale rouge du pont Saint-Louis (SSb2) et l'échantillon archéologique (SAa1) qui est une pierre de construction en shale rouge du vestige de pierres 37C300.

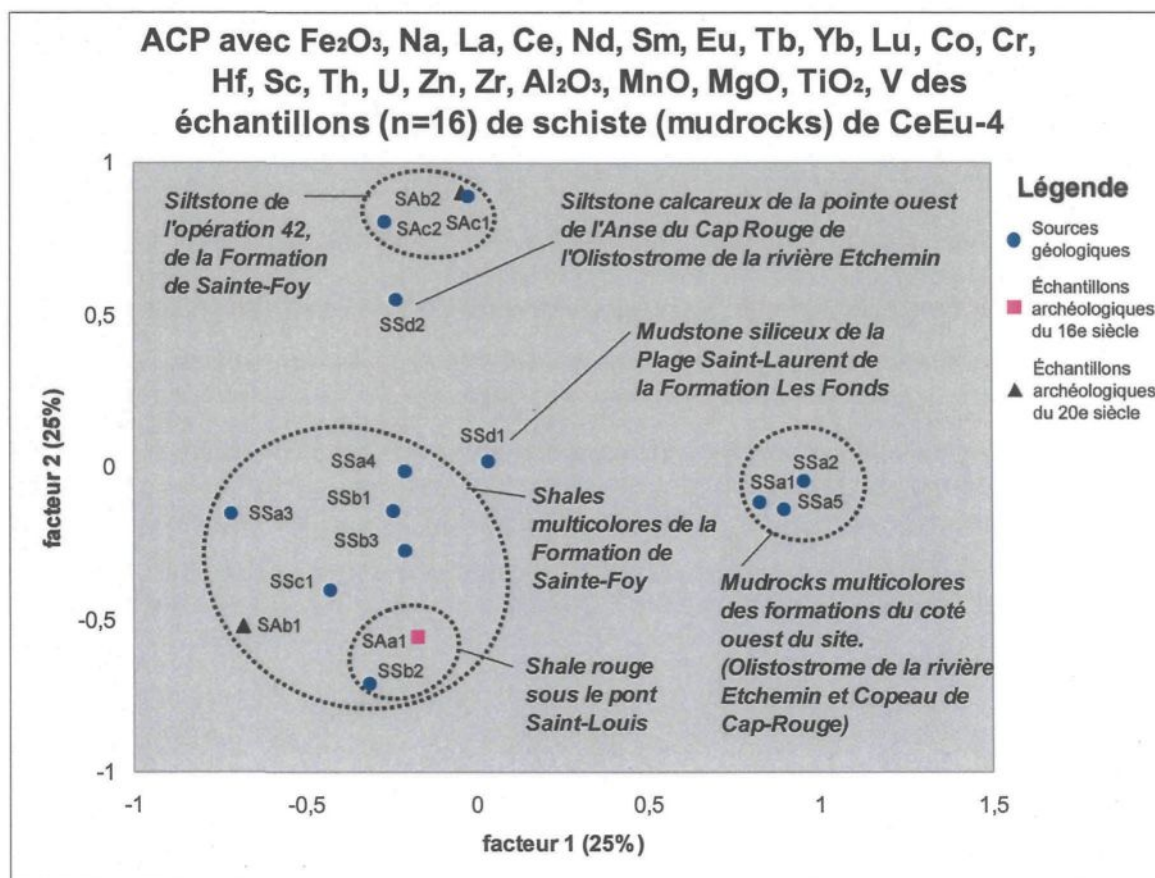


Figure 17 : ACP avec 25 éléments chimiques des échantillons (n=16) de schistes (mudrocks) du site Cartier-Roberval (CeEu-4).

Pétrographie

L'étude pétrographique a été réalisée sur 13 lames minces. Les échantillons SSc1, SSa1 et SSa4 n'ont pas été analysés en pétrographie. La caractérisation des échantillons de mudrocks

est difficile, car la majorité des grains sont trop petits pour être identifiés au microscope. De plus, les études sur le sujet sont rares et peu détaillées. L'étude en lame mince des échantillons de mudrocks des alentours du site Cartier-Roberval montre que tous, à l'exception d'un seul, sont des shales verts, rouges et gris (**Figure 18**) classés dans la catégorie FD 2. Ces shales présentent une fissilité, c'est-à-dire un débit parallèle à la stratification, qui est soulignée par la présence de micas et d'oxydes de fer.

L'échantillon SSd1 est un peu différent car il possède de gros fragments de carbonates et est massif et dure, ce qui signifie que son pourcentage de silice est élevé. C'est un mudstone siliceux vert clair qui provient de la Plage Saint-Laurent probablement de l'Olistostrome de la rivière Etchemin.



Figure 18 : Falaise sud-est du promontoire du Cap Rouge montrant les mudrocks multicolores de la Formation de Sainte-Foy

3.3 La pyrite

Avant d'examiner les résultats des pyrites, quelques précisions d'ordre archéologique sont à apporter. N'ayant pu analyser des échantillons archéologiques de pyrites retrouvés sur le site Cartier-Roberval, les chances d'association avec une source sont très minces. Les efforts ont donc été déployés sur le terrain et dans les recherches historiques afin de récolter le maximum d'indices concernant son exploitation au 16^e siècle.

Sur le terrain, deux sources de pyrites sont connues près du site Cartier-Roberval. Une à la Pointe Aubin près de Saint-Nicolas (PSe) et l'autre sur la Plage Saint-Laurent, près de Saint-Augustin-de-Desmaures, à l'est de l'anse du Moulin Banal que l'on nomme la Pointe Jean-Gros, la station 3 (PSc). Ces sources de pyrites se situent dans des lithologies de mélange géologique (olistostrome) le long de failles principales de Logan et de Cap-Rouge. Ces sources semblent donc être associées à la formation du Copeau de Cap-Rouge dans le domaine des Appalaches. En allant sur le terrain à la Pointe Jean-Gros, deux autres sources de pyrites ont été découvertes à mi-chemin entre le bout de chemin de la Plage Saint-Laurent et la Pointe Jean-Gros. Ces deux sources sont nommées dans cette étude, de l'est vers l'ouest, station 1 (PSa) et station 2. La station 2 est très petite et très proche de la Pointe Jean-Gros, elle n'a donc pas été incluse dans l'échantillonnage. Cependant, la découverte de nouvelles petites sources de pyrite a démontré que des sources de pyrites pouvaient se former à côté de failles secondaires plus petites. L'examen des cartes géologiques du terrain a permis de reconnaître la présence sur la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge des failles secondaires et quelques petites bandes de formations géologiques similaires à celles contenant de la pyrite sur la Plage Saint-Laurent.

Les relations de Cartier (Voir chapitre 1) ont donc été regardées de plus près en tenant compte de ces nouvelles informations. Sur le terrain, la fin du pré correspond au bout de la zone de marnage de l'Anse du Cap Rouge du côté ouest (**Figure 19**). Cent pas plus loin, toujours vers

l'ouest, à la station de pompage de Sainte-Foy, il y a une source de nodules de pyrites de fer, dans un lit sinueux de shales noires, qui s'étend sur la plage dans la zone de marée (**Figure 20**). Cette source (PSd) correspond en tout point à la description de Cartier (Chapitre I). Il est donc justifié de croire, que cet endroit a pu être exploité pour son minerai de fer au 16^e siècle, car il correspond à la description de ladite mine de Cartier. Des concentrations élevées de nodules de pyrites ont été observées près de la station de pompage de Sainte-Foy, mais aussi des nodules de pyrites ont été observées sur 100 mètres de part et d'autre à cet endroit dans la zone de marnage du fleuve Saint-Laurent.

Une représentation des nodules de pyrites prélevées sur les sources de pyrites échantillonnées est présentée en **Appendice A, planche 6**. Puisqu'aucun artefact de pyrite n'a été trouvé lors des fouilles archéologiques, des artefacts, étant selon les archéologues responsables de la fouille des dérivés des tests métallurgiques sur la pyrite au 16^e siècle, ont été analysés en remplacement. Ces artefacts du site de Cartier-Roberval sont du soufre et des scories présentés à l'**Appendice A, planche 7**. Sont aussi présentés sur cette planche, des échantillons de gangue de pyrite qui ont été analysés, soit des shales noirs provenant des sources de pyrites étudiées sur la rive nord du fleuve.

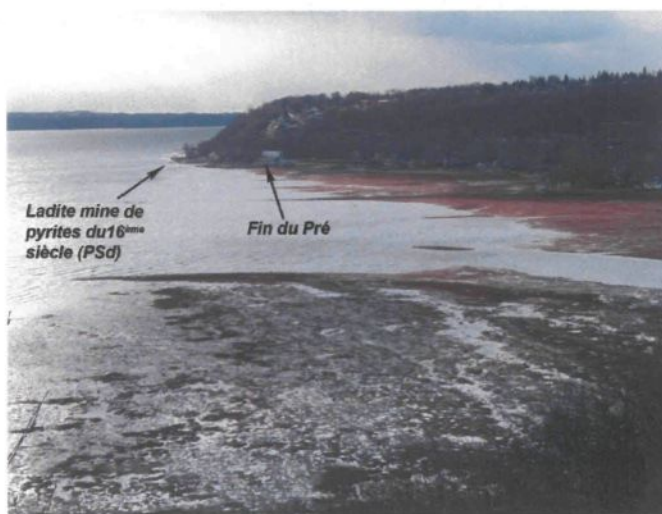


Figure 19 : Photo vers l'ouest de l'Anse du Cap Rouge à mi-marée montante.



Figure 20 : Source de pyrites sur la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge (PSd) correspondant probablement à la mine du 16^e siècle avec, en arrière plan, le site CeEu-4 sur la falaise du Cap Rouge.

Géochimie

Contrairement aux échantillons de grès et de schistes, les éléments des échantillons de pyrites ne suivent pas la loi de la distribution normale, mais bien celle de la loi log-normale. Les données géochimiques utilisées pour cette matière seront donc toutes transformées en logarithmes afin de suivre la loi normale et d'être ainsi utilisées en statistiques multivariées. Cela permettra de voir si les sources de pyrites peuvent se distinguer.

Une ACP de tous les échantillons géologiques de pyrites et des échantillons archéologiques de soufre et de scories est présentée à la **figure 21**. Cette figure a été réalisée avec 14 éléments chimiques, surtout des terres rares et des éléments de transition. Elle montre un regroupement de tous les nodules de pyrites et un regroupement de shales noirs qui sont la gangue de la pyrite. Étonnamment, l'échantillon de scories, probablement dérivé des tests métallurgiques du 16^e siècle, montre un rapprochement avec un nodule de pyrites provenant de la station 1 sur la Plage Saint-Laurent. Également, l'échantillon de soufre analysé se rapproche du regroupement des échantillons de gangue de la pyrite. Il est donc possible que le soufre retrouvé sur le site de Cartier-Roberval provienne de cette gangue car ils renferment les mêmes éléments traces.

Une autre ACP a été réalisée avec les échantillons géologiques de nodules de pyrites (**Figure 22**) sans la gangue de la pyrite et sans les artéfacts. Sur ce graphique, une certaine distinction des sources de pyrites analysées semble se profiler. Les nodules de pyrites de la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge, correspondant à la mine du 16^e siècle, semblent se regrouper et se démarquer des autres sources comme celle de la station 3 sur la Plage Saint-Laurent à la Pointe Jean-Gros et celle de la Pointe Aubin à Saint-Nicolas. L'échantillonnage est cependant trop petit pour conclure à une différenciation géochimique des sources de nodules de pyrites près du site Cartier-Roberval.

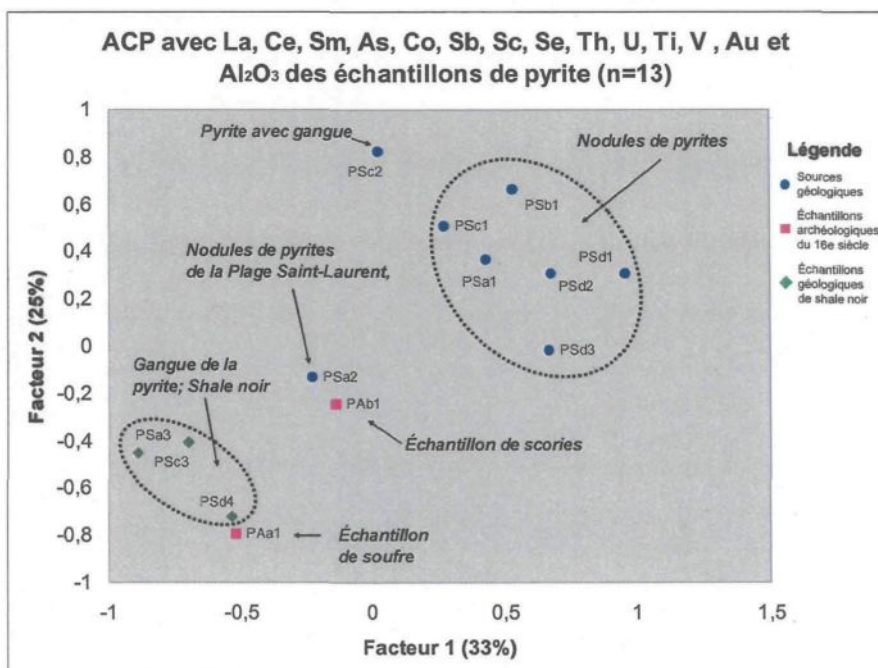


Figure 21 : ACP des échantillons géologiques de pyrites à proximité du site CeEu-4 ainsi que des pièces archéologiques possiblement dérivés des tests métallurgiques du 16^e siècle.

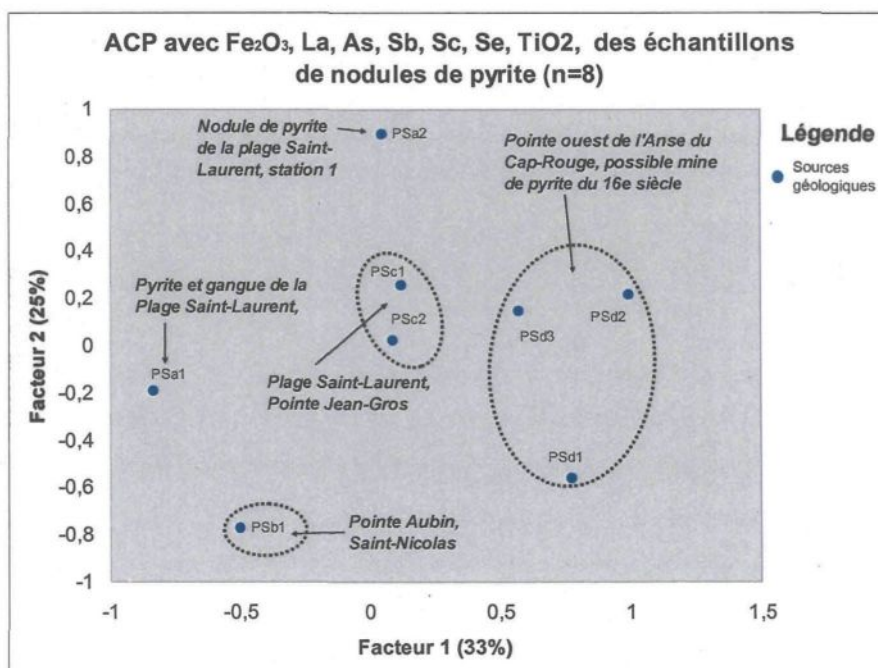


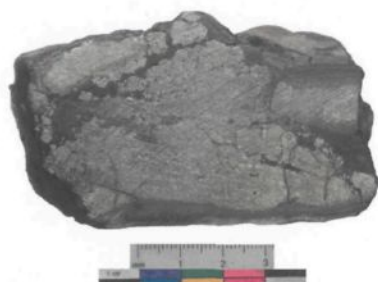
Figure 22 : ACP des nodules de pyrites

Les résultats géochimiques (Appendice D) montrent que les nodules de pyrites contiennent environ 60% d'oxydes de fer et que leur concentration en or (Au) et en argent (Ag) est très faible.

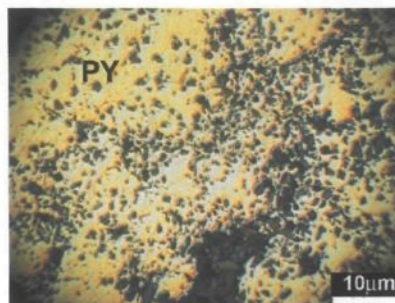
Pétrographie

Au total, sept lames minces polies de quatre sources de nodules de pyrites ont été examinées. Toutes sont similaires et ont été classées dans la catégorie des pyrites nodulaires (FD 3.1). Mégascopiquement, les nodules de pyrites sont des concrétions sphériques, dont le diamètre varie entre 0,5 à 10 cm, enchassées dans une matrice de shales noirs (**Figure 23**). Elles sont faciles à reconnaître par leur densité très élevée et leur couleur or ou leur patine d'altération brun rougeâtre. La surface des nodules peut être lisse et arrondie ou présenter des irrégularités produites par les formes cristallines de cristaux de pyrite, comme des sections de cubes emboîtées. Quelques veinules de carbonates sont aussi présentes en faible proportion dans les nodules. Les microphotographies de la figure 23 montrent un résumé des textures pour l'ensemble des nodules analysées. Le système cubique diagnostique de la pyrite apparaît clairement sur les nodules de la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge (PSd1) de cette figure. Les photos des échantillons ont été prises au microscope réfléchissant avec le système Nomarski qui change légèrement les couleurs de la pyrite, mais qui fait ressortir les reliefs.

Une lame mince a été réalisée dans la roche où se trouve la pyrite (PSa3). Ce matériau est un shale noir classé dans la catégorie FD2. Ce shale provient probablement de l'Olistostrome de la rivière Etchemin ou de la Formation Les Fonds du domaine para-autochtone. Il est à grains très fins avec des grains, un peu plus gros, de quartz et de feldspaths. Il y a aussi des carbonates et probablement des fossiles. Sa matrice est majoritairement argileuse. Il contient plusieurs veines d'oxydes de fer opaques qui sont probablement de la pyrite.



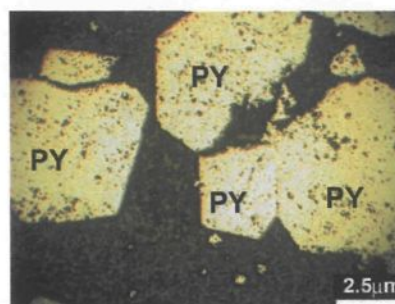
A- Nodule de pyrite de la Plage Saint-Laurent (PSa1)



B- Microphotographie de pyrite (PY) (PSa1, LM80)



C- Pyrite de la pointe ouest de l'Anse du Cap-Rouge (PSd1)



D- Microphotographie de pyrite (PY) (PSd1, LM98)

Figure 23 : Photographies et microphotographies de deux sources de nodules de pyrites près du site Cartier-Roberval. A et B- Nodule de pyrite de la Plage Saint-Laurent, station 1, (PSa1). C et D- Nodule de pyrite de la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge(PSd1) montrant des formes cristallines du système cubique, emboîtées.

3.4 Le quartz

L'échantillonnage des quartz a été fait différemment selon les deux techniques d'analyses pétrographique et géochimique. Les cristaux de quartz archéologiques et géologiques ont été analysés en géochimie, tandis que les artefacts de cristaux de quartz ayant encore la roche hôte où s'est formé le quartz ont été analysés en pétrographie afin d'identifier cette roche. Tous les échantillons archéologiques et géologiques sont présentés en **Appendice A, planche 8**.

Géochimie

Comme les échantillons de pyrites, les éléments des échantillons de quartz ne suivent pas la loi de la distribution normale, mais bien celle de la log-normale. Les données géochimiques utilisées pour cette matière sont donc toutes transformées en logarithmes afin de suivre la loi normale et être utilisées en statistiques multivariées.

Une ACP a été réalisée (**Figure 24**) avec les 7 éléments normaux, transformés en Log, les plus justes et précis. Les deux échantillons du Cap Diamant qui sont de beaux cristaux de quartz hyalins se groupent très bien dans cette ACP. De plus, aucun échantillon archéologique analysé ne les rejoint. L'échantillon archéologique de quartz laiteux xénomorphes ainsi que l'échantillon géologique de calcites se dissocient très bien des autres échantillons. Ce dernier échantillon provient de la Plage Saint-Laurent, sur la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge, juste à côté de la mine de pyrites du 16^e siècle. Abondant aux alentours de la mine, il ressemble beaucoup à du quartz laiteux en veine. Cependant, cet échantillon est une calcite (QSb2) puisqu'il réagit fortement à l'acide chlorhydrique. Selon les relations de Cartier (Voir chapitre 1), il devrait y avoir une source de cristaux de quartz à cet endroit, elle n'a toutefois pas été trouvée.

Les deux autres sources, auxquelles sont associés deux échantillons archéologiques, se situent du côté ouest du site, sur la faille de Foulon, à la jonction entre les domaines appalachiens de la Formation de Sainte-Foy et du Copeau de Cap-Rouge avec l'Olistostrome de la rivière Etchemin. Une première source de cristaux de quartz a été trouvée du côté sud-ouest du site, au milieu de la falaise. Du quartz cristallins, hyalins à troubles, ont été trouvés sur le côté d'un lit de grès fins correspondant probablement à une faille. Cet échantillon géologique (QSa2) ressemble énormément à de nombreux échantillons de quartz trouvés en contexte archéologique (**Appendice A, planche 8**). Cet échantillon peut être décrit comme étant une géode, tapissée de petits et de moyens cristaux de quartz, qui ont crû sur la paroi d'une faille recoupant des siltstones. La partie

analysée en INAA est le plus gros cristal de quartz hyalin altéré en surface. La composition chimique de cet échantillon (QSa2), dans l'ACP de la figure 27, se rapproche de l'échantillon archéologique (QAa1) qui est un monocristal de quartz hyalin brunâtre. Une autre source de cristal de quartz hyalin (QSa1) a été trouvée et échantillonnée dans une faille, à la limite d'un lit de grès au nord du site, sur le chemin de fer près du 2^e ruisseau. Il s'agit d'un cristal prismatique altéré et oxydé, de 1,5 cm de longueur. L'échantillon archéologique QAa1 s'en rapproche dans l'ACP de la figure 27 et est similaire de forme et de dimension sauf qu'il est blanc laiteux au lieu de transparent.

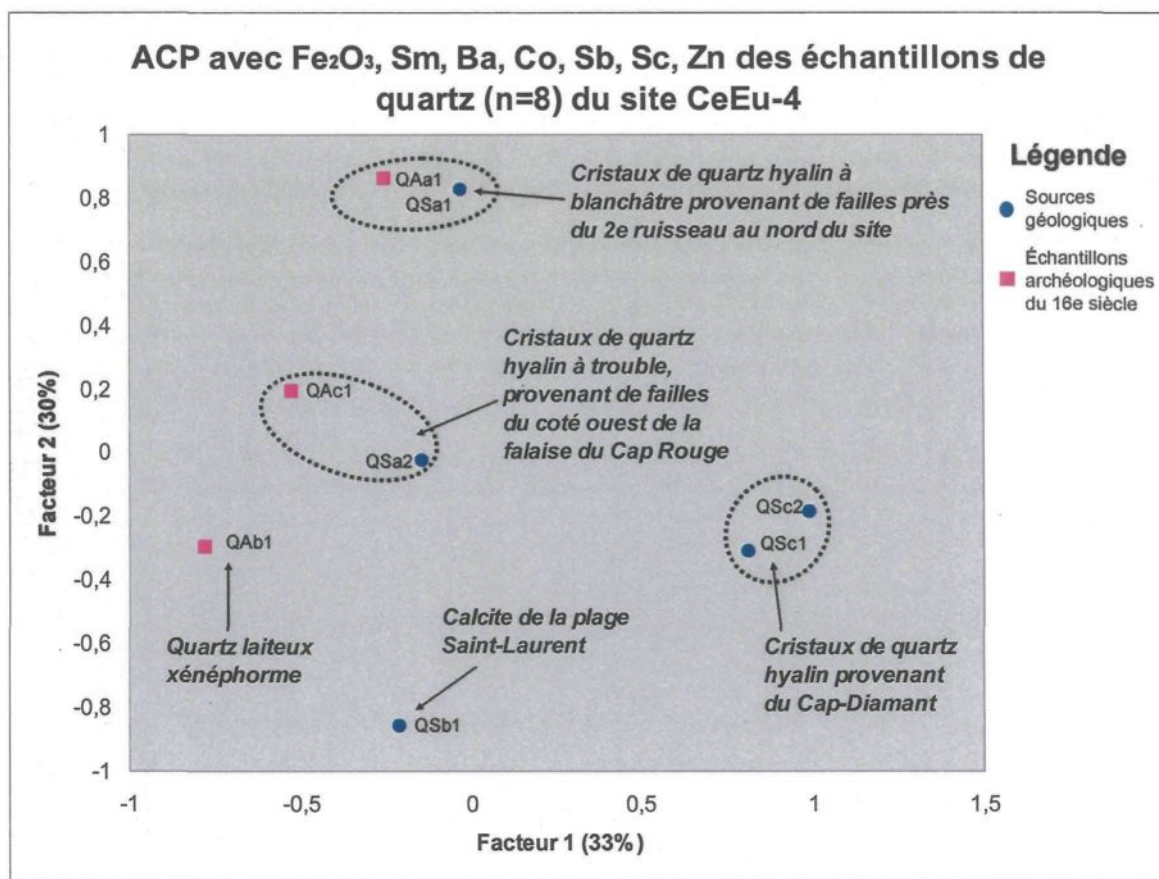


Figure 24 : ACP des échantillons de quartz du site de Cartier-Roberval

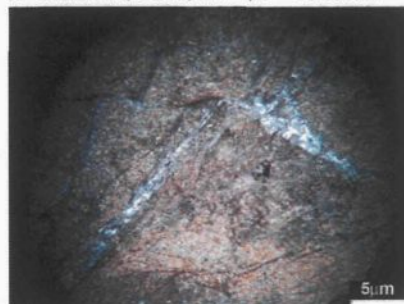
Péetrographie

Deux lames minces ont été réalisées dans la roche encaissante des échantillons géologiques de quartz QSa2 (LM 103) et QSb1 (LM 94). L'échantillon QSa2 a été trouvé sur une faille dans des mudrocks de la falaise sud-ouest du promontoire de Cap-Rouge. L'analyse pétrographique montre que la pierre sur laquelle ces cristaux de quartz ont cristallisé est un grès très fin de la catégorie FD 1.3. L'autre échantillon géologique (QSb1) de la Plage Saint-Laurent est une veine de calcites dans un grès très fin calcareux (SSd2) de la catégorie FD 2.

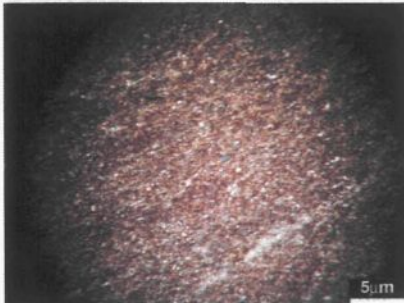
Quatre lames minces, dont une lame polie (LM 404), ont été faites sur des échantillons archéologiques de quartz. Ces échantillons ont été choisis car ils présentent tous, sur une portion de la roche, des cristaux de quartz. L'analyse pétrographique montre des cristaux de quartz, de formes prismatiques, qui croissent sur un shale, fort probablement ferrugineux. Une tentative d'association avec les échantillons géologiques de schistes (mudrocks), prélevés à proximité du site, est représentée à la **figure 25**. Selon cette figure, les shales ressemblant le plus aux pierres ayant les cristaux de quartz sont deux shales verts et un rouge, des mudrocks de la Formation de Sainte-Foy et un shale gris prélevé dans la falaise ouest du promontoire de Cap-Rouge.



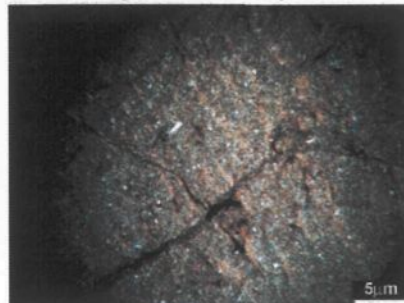
A- Shale vert, SSa2, LM86, 2^{ème} ruisseau



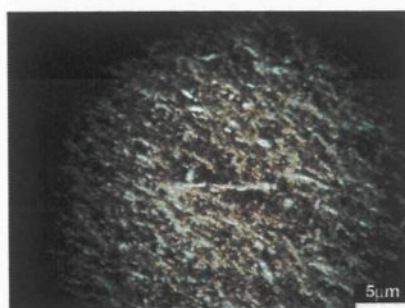
B- Shale vert, SSb1, LM100, pont Saint-Louis



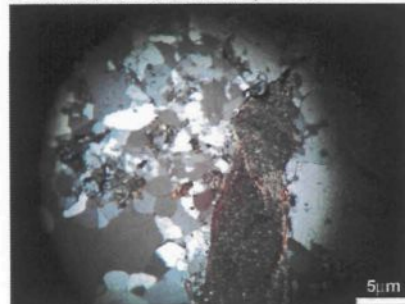
C- Shale rouge, SAC1, LM7, op. 42A



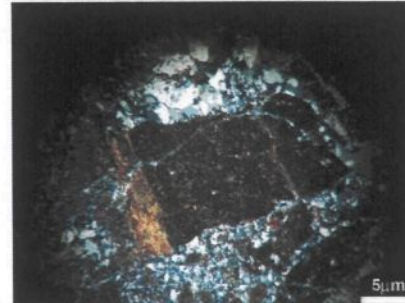
D- Shale gris, SSa3, LM102, falaise ouest



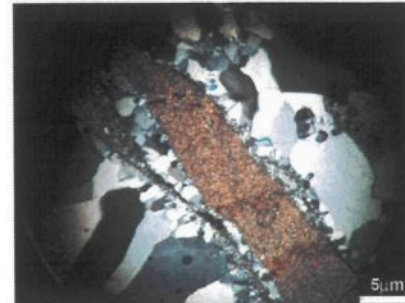
E- Quartz, QA91, LM401, op. 41A9



F- Quartz, QAd1, LM402, op. 62A4



G- Quartz, QAf1, LM403, op. 57A9



H- Quartz, QAc1, LM404, op. 40A4

Figure 25 : Microphotographies (100x) des échantillons géologiques des shales ressemblant aux pierres sur lesquelles les cristaux de quartz se forment, à gauche, et des échantillons archéologiques de cristaux de quartz à droite.

3.5 Le chert

Une analyse fonctionnelle préliminaire a été effectuée sur les 6 échantillons archéologiques choisis pour l'analyse avant la destruction des pièces de cherts pour l'analyse géochimique par INAA. Cette étude tracéologique préliminaire, a été réalisée en collaboration avec M. Jacques Chabot, tracéologue et coordonnateur des laboratoires d'archéologie de l'Université Laval, afin d'augmenter l'information sur la fonction de ces pièces. Les résultats de cette analyse préliminaire sont présentés en **Appendice H**. Les résultats de cette étude montrent que deux artéfacts (20B5a et 53A2b) présentent des traces d'utilisation, ils ont donc servi comme outils. Ces 2 artéfacts n'ont pas été envoyés en INAA. Ils ont été remplacés par d'autres artéfacts provenant des mêmes opérations archéologiques et dont le potentiel pour l'analyse fonctionnelle semble faible. Les échantillons géologiques de cherts sont présentés à l'**Appendice A, planche 9** et les échantillons archéologiques sont présentés à l'**Appendice A, planche 10**.

Géochimie

La **figure 26** représente une ACP des 14 éléments traces distribués normalement et jugés précis. Sur cette figure, il y a une séparation nette des sources de cherts. Les sources de Normanskill, de Coxsackie dans l'état de New-York et de la Côte Dinan se démarquent bien des autres sources de cherts et aucun échantillon archéologique ne s'associe à ces sources. Deux échantillons archéologiques se distinguent aussi des sources de cherts échantillonnées : CAb1 et CAc1 qui proviennent respectivement de l'opération 53A du site Cartier–Roberval (CeEu-4) et du site de Saint-Augustin (CeEu-10). Les deux autres échantillons archéologiques (Cab2 et Cab3) qui proviennent de l'opération 53A du site Cartier–Roberval se rapprochent chimiquement, dans cette ACP, d'un échantillon de chert provenant de la Plage Saint-Laurent. L'artéfact CAa1 de l'opération 20B est très proche chimiquement des deux échantillons provenant de la Côte de la Montagne. Les autres échantillons archéologiques de l'opération 20B et du site de Saint-Augustin semblent,

toujours selon cette ACP, se regrouper près de la source de cherts de la Côte de la Montagne. Finalement, il n'est pas surprenant de constater, grâce à cette ACP en figure 26, que l'échantillon géologique de la Plage Saint-Laurent (Csa2) soit proche des échantillons de la Pointe Aubin (CSb), car selon St-Julien (1995), ces deux affleurements font partie du même mélange géologique (olistostrome) nommé par Castonguay et al. (2002) Olistostrome de la rivière Etchemin. Ils ont donc une base géochimique commune. Par contre, ce qui est étonnant, c'est que la source de cherts verts de Québec (Csd), dont la provenance est inconnue, et la source de la Pointe Aubin sont très proches géochimiquement allant jusqu'à se superposer. La source de cherts verts de Québec doit donc provenir du même mélange géologique (olistostrome) mais de divers niveaux originaux.

Une autre ACP a été réalisée (**Figure 27**) pour tenter de préciser les résultats avec, cette fois-ci, seulement 9 éléments chimiques, le Fe_2O_3 , le Th, les éléments de transitions et les terres rares, les plus justes et précis. Les mêmes échantillons archéologiques (CAb1 et CAc1) se distinguent, comme dans l'ACP précédente, des sources de cherts échantillonnées. Leur provenance reste donc inconnue. Les deux échantillons archéologiques (Cab2 et Cab3) qui étaient associés à la Plage Saint-Laurent dans l'ACP précédente, semblent maintenant se regrouper avec un échantillon de la Pointe Aubin. Les mêmes échantillons archéologiques, provenant de l'opération 20B du site Cartier-Roberval (CeEu-4) et s'approchant de la source de la Côte de la Montagne dans l'ACP précédente, restent groupés autour de cette source. Encore une fois, les deux échantillons de cherts verts de Québec de provenance inconnue se groupent très bien entre eux et avec un échantillon de la Pointe Aubin.

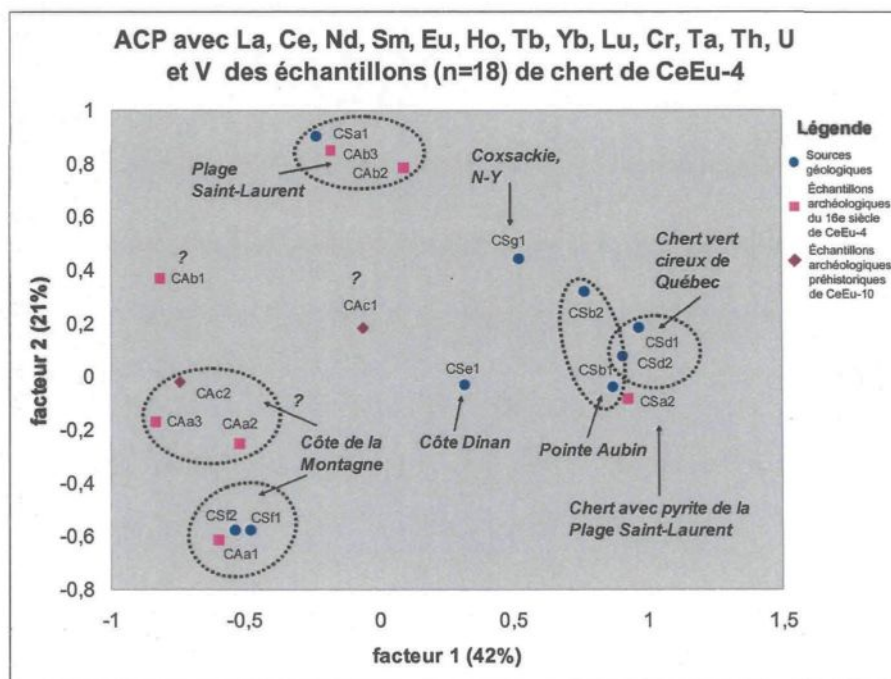


Figure 26 : ACP des 14 éléments traces des échantillons géologiques et archéologiques de cherts de CeEu-4

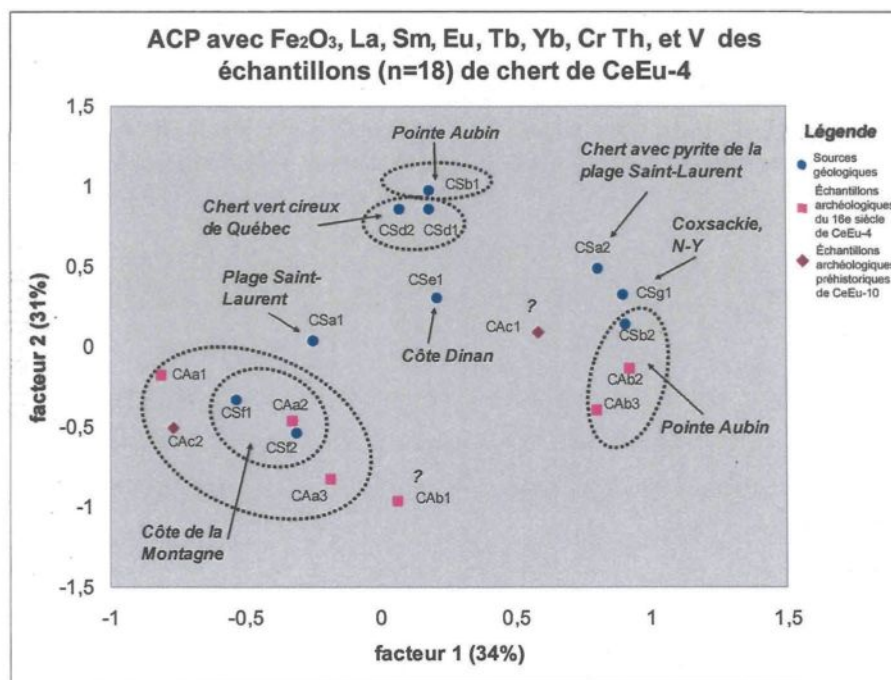


Figure 27 : ACP avec 8 éléments traces et Fe_2O_3 des échantillons géologiques et archéologiques de cherts de CeEu-4

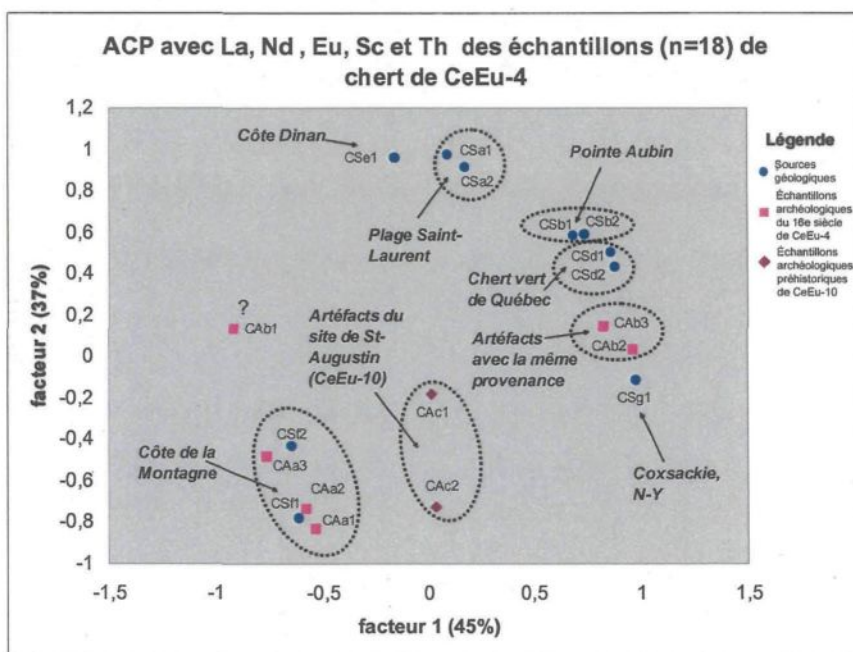


Figure 28 : ACP des 5 éléments traces des échantillons géologiques et archéologiques de cherts de CeEu-4

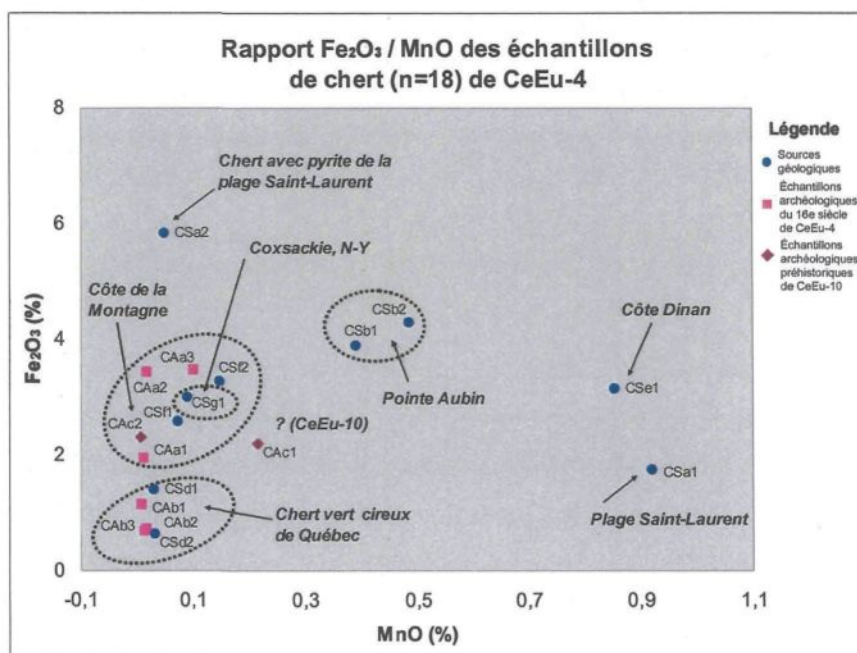


Figure 29: Rapport Fe_2O_3 vs MnO des échantillons géologiques et archéologiques de cherts de CeEu-4

Une dernière ACP a été réalisée, cette fois-ci, avec 5 éléments traces. Les résultats, présentés à la **figure 28**, précisent et clarifient les deux ACP précédentes. Les différentes formations géologiques continuent à se différencier. Les échantillons archéologiques de l'opération 20B (CAa1 à 3) s'associent à la source de la Côte de la Montagne. Les échantillons archéologiques (CAc1 et 2) du site Saint-Augustin (CeEu-10) se séparent des sources échantillonnées. Les deux échantillons archéologiques (Cab2 et Cab3) qui étaient associés à la Plage Saint-Laurent et à la Pointe Aubin dans les ACP précédentes semblent maintenant se regrouper et s'approcher d'un regroupement qui comprend la source de cherts verts de Québec et celle de la Pointe-Aubin. La source de Coxsackie de New-York est présente comme référence de séparation géochimique, car, visuellement et géochimiquement, elle ressemble beaucoup aux cherts de Québec.

Un graphique binaire du rapport Fe_2O_3 vs MnO a été réalisé à la **figure 29**. Il devrait, selon Morin (1997), être caractéristique des sources de cherts de la région de Québec. Encore une fois, les sources géologiques se divisent nettement à l'exception du chert de Coxsackie qui recoupe la variabilité du chert de la Côte de la Montagne. Dans cette figure, les échantillons archéologiques de l'opération 20B du site Cartier-Roberval et un artefact du site de Saint-Augustin (CeEu-10) se rassemblent avec les échantillons de la Côte de la Montagne. Les autres échantillons archéologiques provenant de l'opération 53A du site Cartier-Roberval se regroupent avec les échantillons de cherts verts de Québec. L'artefact Cac1, du site de Saint-Augustin (CeEu-10), se distingue des formations géologiques de cherts échantillonnés.

Deux patrons des terres rares ont été faits et sont représentés aux **figures 30 et 31**. Ceux-ci ont été normalisés avec les *North American Shale Composite* (NASC) de Gromet et al. (1984). Les patrons des terres rares sont très utiles en géochimie car ce sont des éléments relativement immobiles et donc peu affectés par la diagenèse et les altérations. Ils sont donc utilisés pour

connaître les processus sédimentaires et pour identifier la provenance des pierres (Rollinson, 1993). Ils sont divisés en trois catégories : les terres rares lourdes (*heavy rare earths* HREE) pour La, Ce et Nd ; les terres rares médianes (*middle rare earths* MREE) pour Sm, Eu, Tb, Dy et Ho ; les terres rares légères (*light rare earths* LREE) pour Yb et Lu. Les éléments holmium (Ho) et dysprosium (Dy) ont été écartés du patron des REEs parce qu'ils n'étaient pas suffisamment justes et précis. Le patron des terres rares a été séparé en deux pour une meilleure visibilité, mais aussi afin de faire ressortir les deux patrons prédominants des formations géologiques de l'Olistostrome de la rivière Etchemin et de l'olistostrome de la Formation de la Citadelle. Les deux patrons reflètent une anomalie positive en Ce et un certain enrichissement des terres rares légères. Cette composition chimique représente celle des sédiments chimiques marins riches en ferromagnésiens (Rollinson, 1993).

La figure 30 montre le patron des terres rares des cherts de la formation de l'Olistostrome de la rivière Etchemin. Le patron de cette formation est assez régulier avec une légère anomalie positive en Ce, Sm, Eu, et Lu. Les sources de cherts de la Plage Saint-Laurent, de la Pointe Aubin et du chert vert de Québec correspondent à ce patron. Les patrons de la Plage Saint-Laurent et de la Pointe Aubin (CA b et a) sont similaires et ont des concentrations de REEs un peu plus élevées que le chert vert de Québec (CSd). Les artéfacts Cab2 et 3, de l'opération 53A, correspondent à ce patron, mais dans des concentrations plus faibles. Ces deux artéfacts sont donc très purs et ont fort probablement la même origine. Par sa différence en Ce, Tb, Yb, et Lu, l'artéfact CAb1 semble différent des deux autres artéfacts. Il ressemble beaucoup au patron du chert vert de Québec avec cependant une différence négative en terbium (Tb). Étant donné que les concentrations des REEs sont très basses pour cet artéfact (CAb1), près des limites de détections, et qu'il ne correspond pas exactement au patron de REE des autres échantillons de cherts analysés, l'interprétation de sa provenance demeure incertaine. Peut-être y a-t-il eu un incident dans la lecture des éléments chimiques de cet échantillon ?

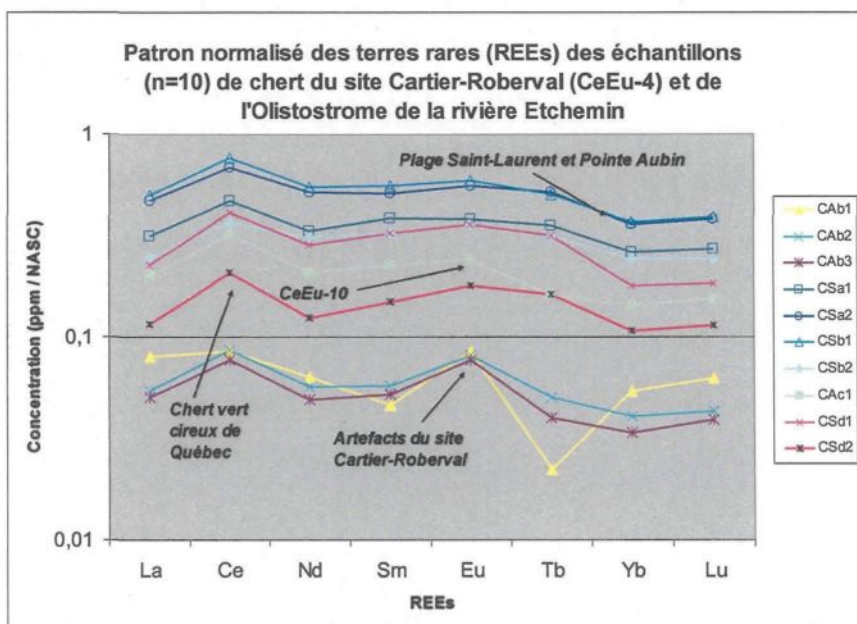


Figure 30 : Patron des terres rares représentant les sources de cherts de la Plage Saint-Laurent, de la Pointe Aubin et du chert vert de Québec avec les échantillons archéologiques du site Cartier-Roberval

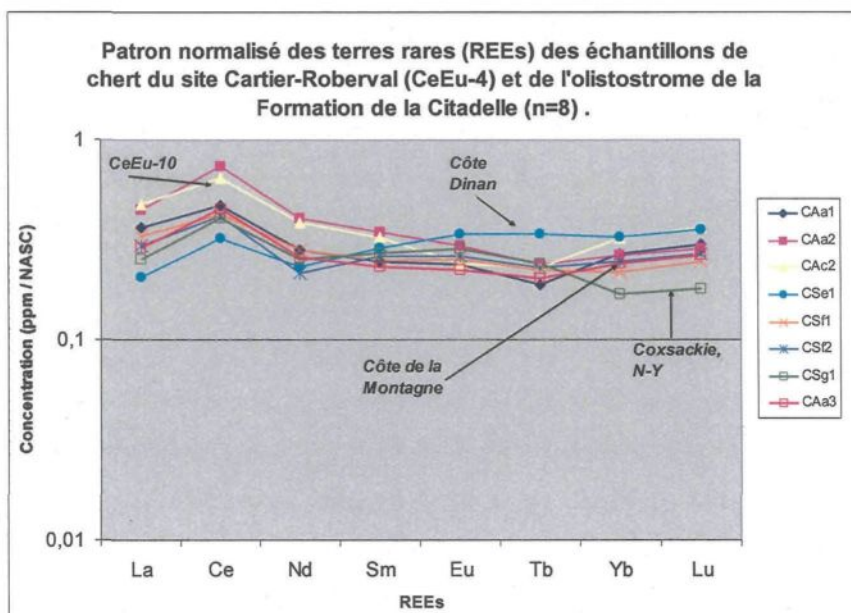


Figure 31 : Patron des terres rares représentant les sources de la Côte de la Montagne, de la Côte Dinan et de Coxsackie avec les échantillons archéologiques du site Cartier-Roberval

La figure 31 représente le patron des échantillons de cherts appartenant à la formation de l'olistostrome de la Citadelle. Le patron de l'affleurement de la Côte de la Montagne montre une anomalie positive en Ce, et une légère anomalie positive en Yb et Lu. Les artéfacts de l'opération 20B du site Cartier-Roberval (CAa 1 et 3) s'insèrent très bien dans ce patron, tandis que CAa2 s'en approche beaucoup avec quelques valeurs plus hautes en HREE. Ces trois artéfacts semblent donc provenir de la source de la Côte de la Montagne. L'artéfact CaC2 du site de Saint-Augustin (CeEu-10) est problématique. Il est légèrement différent du patron de la Côte de la Montagne en ce qui a trait aux éléments Tb, Yb et Lu. Il semble donc ne pas provenir de cette source, ni de la source de l'Olistostrome de la rivière Etchemin. L'échantillon de la Côte Dinan se différencie de la Côte de la Montagne par une anomalie positive en Sm, Eu, Tb, Yb et Lu. Il ressemble plus au patron de l'Olistostrome de la rivière Etchemin, mais il possède des anomalies positives prononcées en Ce, Sm, Eu et des concentrations plus élevées en Tb, Yb et Lu. L'échantillon de Cocksackie dans l'état de New-York se différencie par l'absence d'anomalie positive dans les LREE. Des rapports conventionnels en analyse de terres rares comme Eu^* , La/Lu et HREE/ LREE seront à faire afin de préciser les critères de distinction des sources de cherts verts de la région de Québec.

Pétrographie

L'analyse pétrographique a été réalisée sur 12 lames minces correspondant aux 5 sources géologiques échantillonnées avec deux artéfacts provenant du site de Saint-Augustin (CeEu-10). Les deux lames minces des artéfacts de CeEu-10 portent le même code que les échantillons géochimiques, mais n'ont pas été réalisées sur les mêmes artéfacts.

Les échantillons de cherts analysés pétrographiquement sont tous des cherts à radiolaires verdâtres avec des veinules de carbonates (**Figure 32**). Ils ont été divisés en deux catégories. La première (FD 4.2) comprend les cherts de l'olistostrome de la Formation de la Citadelle de la nappe

du promontoire de Québec. Ces cherts se distinguent par leur pourcentage élevé en cristaux rhomboédriques de carbonates et le diamètre plus petit de leurs radiolaires. ($d_{moy} = 0.07 \text{ mm}$). L'autre catégorie (FD 4.1) comprend les cherts de l'Olistostrome de la rivière Etchemin. Ceux-ci se distinguent par leur matrice argileuse et leurs pourcentages élevés en minéraux opaques ainsi qu'en quartz. Ils présentent aussi des veines de minéraux opaques, probablement de la pyrite, et des radiolaires plus gros ($d_{moy} = 0,15 \text{ mm}$). Les deux artéfacts du site CeEu-10 semblent s'apparenter avec cette catégorie, mais un des échantillons (LM 61) possèdent des radiolaires plus gros allant jusqu'à 0.3 mm de diamètre. De plus, leur pourcentage de minéraux opaques est plus élevé et ils présentent une altération rougeâtre de la matrice.

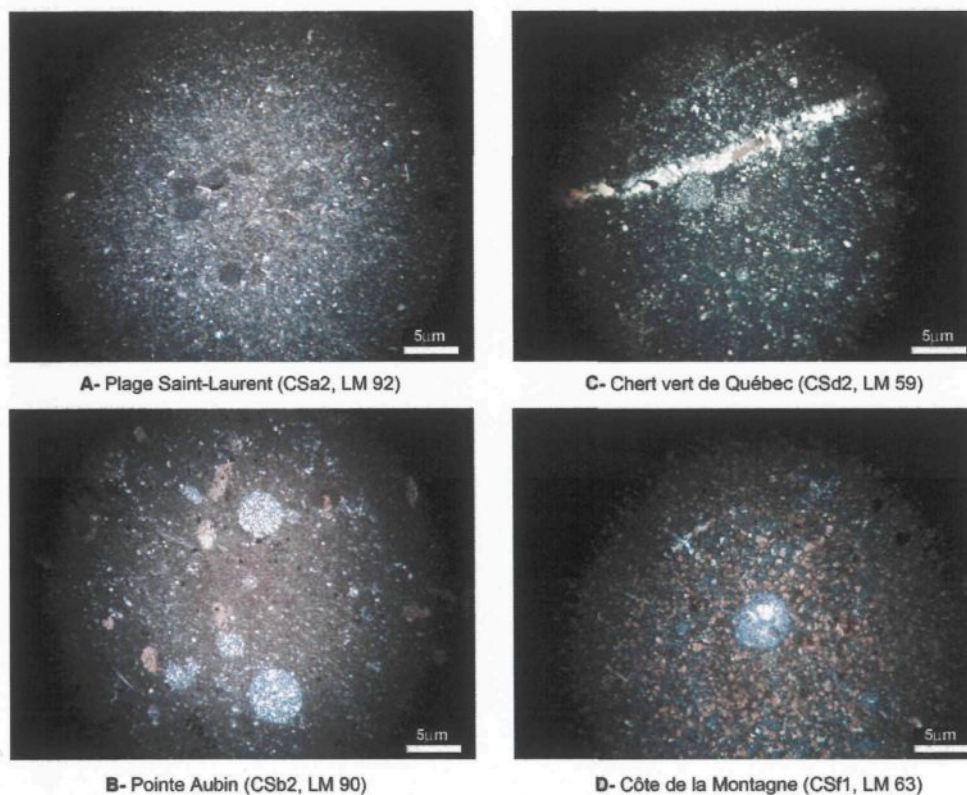


Figure 32 : Microphotographies (100X) des échantillons de cherts de la région de Québec.

A- Fantômes de radiolaires dans une matrice argileuse-siliceuse. B- Radiolaires et fragments de carbonates dans une matrice argileuse-siliceuse. C- Radiolaires, veines de quartz et de carbonates dans une matrice argileuse-siliceuse. D- Radiolaires, veinules de quartz dans une matrice argileuse-calcareuse.

CHAPITRE IV

DISCUSSION ET INTERPRÉTATION

4.1 Remise en contexte des résultats

Un échantillon des matériaux lithiques retrouvés en contexte archéologique du 16^e et du 19^e siècles sur le site de Cartier-Roberval (CeEu-4) ainsi que les sources susceptibles d'avoir été utilisées, ont été caractérisés géochimiquement et pétrographiquement. Le but de ces caractérisations était de cibler les sources possiblement utilisées afin d'orienter les recherches futures. Les données géochimiques et pétrographiques de cette étude fournissent un aperçu des séparations possibles entre les formations géologiques, mais ne prétendent pas délimiter les domaines géochimiques des sources ponctuelles de grès du 16^e siècle, des carrières de Sillery, de la mine de pyrites, des cristaux de quartz ou des sources de cherts. L'identification précise d'une source ponctuelle n'est pas possible sans un minimum d'échantillons représentatifs de la totalité de la variabilité présente à la source et constituant un nombre statistiquement valide (environ 30). D'autres recherches sont donc nécessaires pour préciser et caractériser complètement la variabilité des sources ciblées dans cette étude et valider les résultats.

Grès

Les pierres de construction utilisées au 16^e siècle semblent toutes, à l'exception de trois, provenir de la Formation de Sainte-Foy, dans des bancs de grès au nord-est du site. Les lieux

échantillonnés sur cet affleurement de grès commencent au nord du site, à la limite du sentier du promontoire, et vont vers l'est, jusqu'au pont Saint-Louis. Les échantillons géologiques qui se rapprochent le plus de la majorité, 84% (n=16/19), des échantillons archéologiques du 16^e siècle sont ceux prélevés sur les deux bancs de grès au nord-est, sous le pont Saint-Louis (G19Sb) et celui prélevé du côté est de l'affleurement en face de la roulotte (G19Sc) dans le stationnement du parc Cartier-Roberval. Il est peu probable que l'affleurement sous le pont Saint-Louis ait été utilisé au 16^e siècle, car il résulte d'un creusement de plusieurs mètres, effectué pour construire le chemin de fer *Canadian National* (CN). Il y a environs trois à quatre gros lits de grès visibles sous le pont Saint-Louis et ce sont ceux au sud qui ont été échantillonnés (n=2). Pour l'affleurement de grès en face de la roulotte, l'échantillon no1 a été pris du côté ouest dans un lit central du banc de grès du nord-est du site, tandis que l'échantillon no2 a été pris du côté est dans un lit au sud du banc. Conséquemment, comme les affleurements du pont Saint-Louis (G19Sb) et l'affleurement de grès en face de la roulotte du côté est (G19Sc2) semblent correspondre géochimiquement aux pierres de construction du 16^e siècle, il est possible de déduire préliminairement que ce serait la signature géochimique d'un même gros lit de grès au sud du banc (**Figures 33 et 34**). Ce gros lit de grès, qui serait aujourd'hui disparu du côté ouest de l'affleurement en face de la roulotte, aurait été exploité au 16^e siècle et peut-être même au 19^e siècle. D'ailleurs, la morphologie de ce qui reste de l'affleurement du banc de grès en face de la roulotte, spécialement du côté est, semble mettre en évidence une extraction. Cette forme de creusement fait penser à une carrière (**Figure 35**). Les résultats de la présente étude laissent croire que l'exploitation des pierres de construction en grès au 16^e siècle ait eu lieu, en grande majorité, sur l'affleurement de grès en face de la roulotte(G19Sc), sur des lits au sud-ouest de cet affleurement.



Figure 33 : Détails d'un gros lit de grès, au sud, sous le pont Saint-Louis (G19Sb)



Figure 34 : Banc de grès au Nord-est du site entre le pont Saint-Louis (G19Sb) et l'affleurement en face de la roulotte (G19Sc)



Figure 35 : Côté est de l'affleurement de grès en face de la roulotte (G19Sc) où a été prélevé l'échantillon no2 et qui ressemble à une carrière.



Figure 36: Structure de pierres 331 trouvée lors des fouilles archéologiques de 2007.

L'affleurement de grès, à l'ouest du site, contenant des carbonates, provient fort probablement du Copeau de Cap-Rouge ou de l'Olistostrome de la rivière Etchemin. Cependant, il est difficile de nommer cette lithologie puisque les formations géologiques de cette zone ne sont pas définies à petite échelle dans les études cartographiques géologiques (Castonguay et al., 2002; St-Julien, 1995). Il semble que le Copeau de Cap-Rouge ne renferme pas uniquement des roches d'une seule formation géologique. Les grès quartzitiques et les mudrocks de couleur foncée de la Formation de Lauzon semblent combinés à des roches apparentées aux lithologies d'un mélange géologique comme l'Olistostrome de la rivière Etchemin. Il est uniquement possible dans cette étude d'affirmer qu'un affleurement de grès calcaireux est présent du côté ouest du promontoire de Cap-Rouge, à proximité du site et semble avoir été utilisé, en petite quantité, au 16^e siècle et/ou au 19^e siècle.

Les échantillons archéologiques interprétés comme étant de l'occupation du 16^e siècle, G16Ac2, G16Ad5 et G16Ad3, associées aux structures de pierres 361 et 331 (voir cartes du site archéologique, **Appendice B**), proviendraient, selon les résultats géochimiques, des bancs de grès à l'ouest. Le vestige de pierres 361 est large et semble avoir au moins 2 assises. Il est fait en maçonnerie sèche avec des gros moellons de grès. L'association d'une pierre de construction (G16Ac2) provenant des bancs de grès à l'ouest est incertaine. Cette ambiguïté s'explique par le fait que l'échantillon est altéré, que l'analyse pétrographique n'a pas confirmée l'attribution de provenance aux bancs de grès à l'ouest mais aussi car l'échantillonnage et la caractérisation géochimique de cette zone est incomplète. Ce vestige sera donc interprété comme étant construit avec des pierres en grès de Cap-Rouge provenant du banc de grès au nord-est du site (G16Ac1). D'un autre côté, les résultats pétrographiques confirment l'appartenance au banc de grès à l'ouest du site des échantillons G16Ad5 et G16Ad3 qui proviennent de la structure de pierres 331. Ce vestige de pierres 331 est différent du vestige 361 du point de vue de mode de construction, mais il

est similaire au vestige 302 dans l'opération 37. Ce vestige 331 semble être une fondation étroite de maçonnerie sèche, fait avec de moyens et petits moellons en grès, posés de champs, présentant des espaces qui serviraient à caler des pieux verticaux (**Figure 36**). En observant les données préliminaires de terrain, il est possible d'envisager que ce vestige de pierres soit la fondation d'une palissade qui entourait le fort d'en haut. Le vestige de pierres 331 serait donc pour le moment, le seul vestige archéologique échantillonné associé au 16^e siècle, qui aurait été, en partie, construit avec des pierres provenant des bancs de grès à l'ouest du site. L'utilisation de cet affleurement au 16^e siècle contraste avec l'utilisation des autres pierres de construction qui proviennent toutes du banc de grès au nord-est du site de la Formation de Sainte-Foy. Les interprétations archéologiques quant à l'utilisation de cet affleurement sont multiples : les bancs de grès à l'ouest du site ont pu être exploités au 16^e siècle et il y aurait eu, dans ce cas, deux lieux d'extraction des pierres de construction sur le site ; les pierres sont en fait des témoins de différentes phases de construction au 16^e siècle (Cartier en 1541 et Roberval en 1542) ; ou finalement, les pierres témoignent d'une solution de dépannage pour réparer ou solidifier des pieux. Néanmoins, les indices présentés dans cette étude ne permettent pas, pour le moment, de privilégier l'une ou l'autre de ces hypothèses.

La carrière utilisée pour les ouvrages du 19^e siècle ne peut actuellement pas être circonscrite. Les hypothèses pour la provenance des pierres de construction du 19^e siècle sont nombreuses et plusieurs endroits semblent avoir été exploités. Les lieux les plus probables de provenance des pierres de construction du 19^e siècle sur le site Cartier-Roberval sont : les bancs de grès à proximité du site autant au nord-est qu'à l'ouest ainsi que les carrières historiques de Sillery. Quatre échantillons archéologiques du 19^e siècle se regroupent avec les échantillons archéologiques du 16^e siècle des bancs de grès au nord-est du site et correspondent, fort probablement, à une réutilisation des pierres de construction des vestiges du 16^e siècle lors du nivellement du terrain au 19^e siècle. Les bancs de grès de l'ouest du site, autant le grès de Lauzon

que le grès calcaireux, semblent aussi avoir été utilisés dans la construction des ouvrages du 19^e siècle. Ceci n'est pas surprenant car il y a des aménagements dont un cimetière datant de cette époque au nord du site et à côté du 1^{er} ruisseau où ont été prélevés des échantillons appartenant au banc de grès ouest. Également, des pierres des carrières historiques de Sillery semblent avoir été utilisées pour la construction des ouvrages du 19^e siècle sur le site Cartier-Roberval. Selon les résultats géochimiques préliminaires, ce serait les affleurements du Boisé de Tequenonday (G19Sh et j), du quai des cageux (G19Sg) et à l'ouest du pilier nord du pont Pierre-Laporte (G19Sf) qui auraient été exploitées au 19^e siècle. L'échantillonnage des carrières de Sillery n'est pas représentatif de la variabilité et d'autres recherches seront nécessaires pour associer avec plus de certitude les pierres de construction aux carrières historiques de grès de Sillery. Il est cependant possible d'affirmer que le grès utilisé comme matériaux de construction au 19^e siècle sur le site Cartier-Roberval est de provenance hétérogène.

Les petits lits de grès très fins et de siltstones verdâtres affleurant à travers les mudrocks au promontoire de Cap-Rouge ne semblent pas avoir été utilisés dans les constructions des ouvrages du 19^e siècle. Selon l'analyse granulométrique en pétrographie, les lits de siltstones ne semblent pas avoir été utilisés non plus comme pierres de construction dans les structures du 16^e siècle. Cependant, il est prématuré de conclure que ces minces lits de siltstones n'ont pas été utilisés au 16^e siècle car l'échantillonnage ne représente pas toute la variabilité des lits affleurant et la signature géochimique des échantillons analysés se rapproche d'une partie des bancs de grès, présents à l'est du site et exploités au 16^e siècle.

Finalement, aucune pierre échantillonnée dans les structures archéologiques du 16^e et du 19^e siècles ne correspondent aux grès fins calcaireux présents et échantillonnés sur la Plage Saint-Laurent. Les habitants du promontoire ne semblent donc pas y avoir pris leurs matériaux de construction.

En définitive, afin de diminuer les confusions possibles relativement aux différentes appellations des grès de Sillery et de Cap-rouge (Guimont, 2006), le grès utilisé au 16^e siècle (**figure 37**), plus fin et laminé de la Formation de Sainte-Foy, pourrait porter l'appellation : grès de Cap-Rouge, tandis que les grès des carrières historiques de Sillery de la Formation de Saint-Nicolas, plus grossiers, utilisés surtout aux 18 et 19^e siècles pourraient garder l'appellation : grès de Sillery.



Figure 37 : Photo macroscopique du grès de Cap-Rouge utilisé au 16^e siècle.

Schiste (mudrock)

La distinction géochimique et pétrographique entre mudrocks est impossible pour le moment car le nombre d'échantillons analysés est trop restreints. Pétrographiquement, les échantillons sont tous des shales arkosiques avec un mudstone siliceux vert pâle provenant de la Plage Saint-Laurent probablement de la Formation Les Fonds. Pour approfondir l'étude des mudrocks, des analyses minéralogiques au diffractomètre (rayon-X) seraient nécessaires. Géochimiquement, les échantillons archéologiques analysés se rapprochent tous des mudrocks multicolores de la Formation de Sainte-Foy. L'analyse statistique multivariable a indiqué que les

pierres de construction de l'opération 43 du vestige de schistes (mudrocks) 43A350 semblent être du siltstone et du shale extraits de la roche mère du site CeEu-4 qui fait partie de la Formation de Sainte-Foy de la nappe appalachienne de la Chaudière. L'interprétation géo-archéologique préliminaire de ce vestige est qu'il serait le résultat d'un creusement mécanique au 20^e siècle par le CN, car il est composé de gros fragments hétérogènes qui semblent provenir de la roche mère du site.



Figure 38 : Structure de pierres 300 de l'opération 37B et C du site Cartier-Roberval (CeEu-4) trouvée lors des fouilles archéologiques de 2007.

L'autre artéfact (SAa1), qui est une pierre de construction en shale rouge du vestige de pierres 37C300 (**Figure 38**), se regroupe, selon les statistiques multivariées (figure 20) avec une sous-division des mudrocks multicolores de la Formation de Sainte-Foy provenant du pont Saint-Louis (SSb2). Le vestige de pierres 300 est relié à l'occupation du 16^e siècle et est une fondation

de maçonnerie sèche liée avec de l'argile jaunâtre, avec des moellons de grosseurs hétérogènes, de grès verts et de shales verts et rouges, d'environ 3 assises. Les grès utilisés dans ce vestige proviennent, selon les résultats de cette analyse, des affleurements au nord-est du site, en face de la roulotte et sous le pont Saint-Louis. Il est donc possible de croire que cette pierre de construction, en shale rouge (SAa1), a été prélevée en même temps que le grès vert de Cap-Rouge au 16^e siècle et au même lieu d'extraction.

En somme, selon le contexte archéologique et les résultats d'analyse, les échantillons archéologiques de mudrocks trouvés sur le site Cartier-Roberval semblent tous être des mudrocks de la Formation de Sainte-Foy provenant de creusement dans la roche mère directement ou à proximité du site. En contre partie, les échantillons géologiques des mudrocks ont aussi été utiles pour comparer et identifier les roches hôtes des cristaux de quartz.

Pyrite

Les résultats géochimiques en ACP sur les nodules de pyrites semblent indiquer une possible distinction parmi les sources de pyrites analysées. Cependant, le peu d'échantillons analysés ainsi que le manque d'informations géologiques concernant les sources de pyrites nodulaires rendent la séparation des sources de pyrites incertaine. De plus, les divers sites pouvant servir de sources de pyrites sont très rapprochés physiquement, il n'est donc pas certain qu'ils se distinguent géochimiquement. Les caractérisations géochimique et pétrographique de ces sources sont cependant importantes, car ce sont les premières sources du genre à être caractérisées dans la région de Québec.

Sur le site archéologique de Cartier-Roberval, dans les niveaux d'occupation correspondant au 16^e siècle, il y a du soufre cristallisé et en poudre et des scories (Samson et al., 2007). Les échantillons de soufre cristallisé retrouvés sur le site CeEu-4 (**Figure 39**) ressemblent

visuellement au soufre natif avec des cristaux. Le soufre natif (orthorhombique) est différent par dimorphisme, du soufre fondu qui cristallise en cristaux aciculaires rhomboédriques. Le soufre fondu a aussi une densité plus faible que le soufre natif. Cependant, lorsque le soufre fondu recristallise lentement par dissolution préalable dans un liquide, il présente des formes identiques à celles retrouvées dans la nature (De Lafosse, 1860). Les techniques et les tests métallurgiques connus et utilisés au 16^e siècle sont détaillés à l'aide de plusieurs gravures présentées dans le livre d'Agricola (Hoover et Hoover; 1912). Pour extraire le fer de la pyrite, il faut la faire fondre en la chauffant, le soufre est alors oxydé au début et transformé en gaz (SO_x) (Stefanova et al., 2004). Une partie de ce soufre pourrait être réduite et formée du soufre natif. La forme cristalline jaune est la variété la plus stable du soufre. À l'air libre, la météorisation (désagrégation naturelle) peut transformer aussi la pyrite : le fer devient de la rouille, et le soufre du sulfate soluble. Il est donc fort possible que le soufre trouvé sur le site Cartier-Roberval, qui ressemble au soufre natif, soit le résultat d'une fonte de la pyrite. Il n'y a pas d'occurrences documentées de soufre natif au Québec. Il est possible que ce soufre ait été fabriqué ici ou amené d'Europe.



Figure 39 : Photo de soufre, ressemblant visuellement à du soufre natif, trouvé dans les niveaux du 16^e siècle du site Cartier-Roberval (non analysé).

L'ouvrage d'Agricola de 1556 (Hoover et Hoover; 1912) mentionne aussi des tests faits par « des essayeurs » au 16^e siècle servant à connaître la concentration d'or dans un minerai. Brièvement, ce test consiste à peser préalablement une pastille de plomb, qui sera mis dans un creuset avec le minerai. Ce creuset sera chauffé à haute température dans un fourneau pour

séparer les éléments chimiques. Le creuset est ensuite cassé pour récupérer la pastille de plomb et le concentré de minerai. Les scories sont jetées. La pastille de plomb est ensuite pesée pour calculer la différence de surplus de poids car l'or s'amalgame avec le plomb durant la cuisson. La différence de poids donne, en effectuant un certain calcul, la proportion d'or dans le minerai. À cette époque, les gens savaient que la pyrite était un minerai indicateur pour l'or mais qu'elle en contenait rarement beaucoup (Hoover et Hoover, 1912, 111). Agricola (Hoover et Hoover, 1912) souligne aussi que les bons signes pour repérer des veines d'or et d'argent sont souvent dans les roches noirâtres à grains fins (mudrocks) associées avec des sources de quartz ou de silices foncées. Or, les échantillons archéologiques analysés possédant la concentration en or (Au) la plus élevée (Psc3; 13 ppb) et en argent (PSc2 ; 15 ppm) proviennent de la Pointe Jean-Gros (station 3), sur la Plage Saint-Laurent à côté de la source de cherts et sont respectivement de la gangue de pyrites, soit un shale noir et une pyrite avec de la gangue. C'est donc dans la gangue de pyrite, le shale noir, selon cette analyse, que les concentrations les plus élevées de métaux précieux se retrouvent. Les nodules de pyrites analysées dans cette étude ont de très basses concentrations d'or et d'argent (voir données géochimiques en **Appendice F**). Selon ces données, une hypothèse serait que Cartier ne pensait pas avoir trouvé de l'or dans les nodules de pyrites, mais bien dans la gangue de ce minerai, d'où la confusion dans les textes historiques avec le minerai de fer (Voir chapitre 1). Une autre hypothèse serait qu'il y ait eu fraude dans les résultats des tests minéralogiques comme dans le cas de Frobisher dans l'arctique au 16^e siècle (Beaudoin et Auger, 2004).

Par ailleurs, la pyrite a possiblement été exploitée au 16^e siècle pour son fer même si, elle donne un fer de mauvaise qualité, très cassant dû à la présence en forte proportion de soufre. La source de pyrites trouvée sur la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge (PSd) correspond parfaitement aux descriptions historiques de Cartier (Voir chapitre 1). Cette source a donc été exploitée, d'une certaine manière, au 16^e siècle. Il est fort possible que les autres sources de

pyrites nodulaires présentes sur la Plage Saint-Laurent (Psa et PSc) aient aussi été testées au 16^e siècle pour connaître leur quantité de concentration de métaux précieux en vue d'une possible exploitation.

Quartz

Une source ponctuelle spécifique de quartz est difficile à trouver précisément car des cristaux de quartz peuvent se développer aléatoirement dans plusieurs failles de la région. De plus, les lieux avec de tels cristaux sont souvent de petites dimensions et donc rapidement épuisés si exploités. Les cristaux de quartz sont prisés depuis longtemps par les populations humaines donc, si Jacques Cartier et ses hommes ont prélevé une quantité importante de ce qu'ils croyaient être des diamants, les sources restantes de quartz aux abords du site sont sûrement difficiles à trouver. Selon les récits historiques de Cartier (Voir chapitre 1), quelques sources de cristaux de quartz sont présentes aux alentours du site et semblent avoir été exploitées et recherchées intensivement en 1541-1542 lors de l'occupation du site. Ces sources de quartz proviendraient, selon cette étude, des failles dans les formations géologiques à l'ouest du site dans le promontoire de Cap-Rouge.

Un échantillon géologique (QSb1) qui semblait être une grosse veine de quartz a été trouvé sur la Plage Saint-Laurent près de la mine de pyrites du 16^e siècle. Ce quartz s'est avéré être de la calcite. Même si aucune source de cristaux de quartz n'a été trouvée sur la Plage Saint-Laurent, il est fort possible, conformément aux récits de Cartier (Voir chapitre 1), qu'il y est des sources de cristaux de quartz dans ce secteur. Une reconnaissance rapide sur le terrain à l'été 2008, due à des travaux de construction à la station de pompage de Sainte-Foy, a permis de découvrir de beaux gros cristaux de quartz transparents et brunâtres près de la source de pyrites qui correspond aux descriptions de Cartier sur la Plage Saint-Laurent, du côté ouest de l'Anse du Cap Rouge.

Les deux autres échantillons géologiques sont des cristaux de quartz qui ont été trouvés près du 2^e ruisseau au nord-ouest du site sur le chemin de fer et au sud-ouest dans la falaise du promontoire de Cap-Rouge. Dans les deux cas, les cristaux ont été trouvés dans une veine insérée dans une faille recoupant le contact entre des mudrocks et des grès fins. Ces deux endroits ont certainement eu dans le passé des cristaux de quartz plus nombreux et plus volumineux qui ont probablement été exploités. Avec seulement deux sources de cristaux de quartz représentant les alentours du site, les résultats comparatifs sont peu représentatifs mais informent sur les lieux probables d'exploitation du quartz. Selon les écrits historiques et les résultats géochimiques et pétrographiques, il est fort probable que plusieurs sources de cristaux de quartz sont présentes ou étaient présentes dans les failles, juste à l'ouest du site, dans le promontoire et dans l'Anse du Cap Rougeet sur la Plage Saint-Laurent. Ces sources ont pu être exploitées au 16^e siècle.

Les cristaux de quartz retrouvés en contexte archéologique sont soit des petits fragments de cristaux de quartz hyalins ou soit de très petits cristaux de quartz sur une roche argileuse à grains très fins. Ces échantillons de quartz retrouvés en contexte archéologique sont des pierres que les habitants du fort ont probablement perdues ou jetées. S'ils croyaient qu'elles étaient des diamants, il est normal que les beaux et les plus gros spécimens de cristaux de quartz ne se retrouvent pas en contexte archéologique. Étrangement, aucun échantillon de quartz ne correspond, selon l'analyse géochimique, à la source de cristaux de quartz du Cap-Diamant. Cependant, cette étude n'est pas assez exhaustive pour conclure que cette source n'a pas été exploitée dans la période historique ancienne.

Chert

La variabilité des sources de cherts de Québec n'a pas encore été documentée adéquatement. Il est donc difficile d'associer avec certitude une provenance aux artefacts. Il faudrait aussi vérifier si la variabilité au sein d'un même affleurement est inférieure ou supérieure à

celle de la formation géologique qui la contient. Il en est de même pour l'étalement des valeurs de plusieurs sources appartenant à plusieurs formations distinctes.

Les populations préhistoriques du site Saint-Augustin (CeEu-10) semblent avoir utilisé d'autres sources de cherts que celles échantillonnées dans cette analyse. Selon les résultats pétrographiques et géochimiques, les artéfacts analysés de ce site s'apparentent à une source de cherts présente dans l'Olistostrome de la rivière Etchemin, mais les données sont trop fragmentaires pour le confirmer.

Dans cette analyse, il ne semble pas y avoir d'échantillons archéologiques qui correspondent à la source de la Côte Dinan. De nouveau, il est impossible de le confirmer avec un seul échantillon. Morin (1997) a analysé 9 échantillons et il semble, selon ses résultats, que la variabilité de la source de la Côte Dinan serait faible. Aussi, sur 12 échantillons archéologiques analysés par Morin (1997), aucun ne correspond à la source de la Côte Dinan, mais deux proviendraient de la Côte de la Montagne, trois seraient en provenance de la Pointe Aubin et trois autres échantillons archéologiques s'apparentent à la source de la Plage Saint-Laurent avec comme différence une concentration d'or natif.

Les analyses statistiques en ACP et le patron des terres rares pour la source de cherts de la Côte de la Montagne indiquent qu'elle est distincte des autres. Les trois échantillons archéologiques, de l'opération 20B du site Cartier-Roberval, semblent provenir, selon les résultats géochimiques, de la source de cherts située dans la Côte de la Montagne, dans le vieux Québec, dans l'olistostrome de la Formation de la Citadelle de la Nappe du promontoire de Québec. Cette source est donc utilisée à la fin du Sylvicole supérieur ainsi qu'au 16^e siècle et devrait être appelée chert de la Citadelle pour être différenciée des autres cherts verts régionaux. Visuellement, ce chert est vert à gris clair et s'altère facilement en surface en devenant beige. Pétrographiquement,

il se démarque par une forte proportion de carbonates et des radiolaires de diamètre moyen de 0.07 mm.



Figure 40 : Chert de la Pointe Aubin



Figure 41 : Variété éclatante du chert vert de Québec de provenance inconnue (Photo adaptée d'Yves Chrétien)

Les sources de cherts de la Plage Saint-Laurent, de la Pointe Aubin et du chert vert de Québec présentent le même patron des terres rares dans des concentrations différentes. Pétrographiquement et géochimiquement, il est difficile de les distinguer. Elles semblent correspondre à la même formation, celle de l'Olistostrome de la rivière Etchemin qui se serait demembré. Visuellement, les cherts de la Plage Saint-Laurent et de la Pointe Aubin se ressemblent beaucoup dans une couleur vert grisâtre. Les échantillons de la Pointe Aubin (**Figure 40**) présentent des marbrures beiges et quelques fois des petites veines noires. Ils semblent

cependant plus cireux que les échantillons de la Plage Saint-Laurent. Le chert vert éclatant, très cireux, avec plusieurs petites veines noires, que les archéologues appellent chert vert de Québec, est de provenance inconnue (**Figure 41**). Les échantillons géologiques analysés du chert vert de Québec ont été trouvés par Yves Chrétien au milieu des années 80, dans des terres de remplissage des dépotoirs municipaux de la ville de Québec. Précisément, dans la baie de Beauport au bout du boulevard Henri-Bourassa, à la jonction des autoroutes Henri IV et de la Capitale. Cette source devrait être située à l'intérieur des limites municipales de la ville de Québec des années 80 et aurait été détruite depuis. Morin (1997) avait aussi remarqué que les échantillons archéologiques de cherts verts cireux se rapprochent géochimiquement des échantillons de la Pointe Aubin.

Visuellement, les artefacts CAb 1 à 3 se ressemblent beaucoup et proviennent de la même opération 53A. Géochimiquement, les deux derniers artefacts proviennent de la même source de cherts présente dans l'Olistostrome de la rivière Etchemin. La provenance des ces artefacts s'apparente à la source de la Pointe Aubin mais proviennent probablement d'une source de chert non échantillonnée. La provenance de l'artefact Cab1 est cependant incertaine.

Morin (1997) a démontré que le pourcentage de silice est directement proportionnel à la dureté des cherts. Étant donné que les échantillons de l'olistostrome de la Citadelle présentent beaucoup plus de carbonates, leur dureté est donc moins élevée (entre 5-6 sur l'échelle de Mohs), tandis que ceux de l'Olistostrome de la rivière Etchemin présentent un fort pourcentage de silice, leur dureté est donc élevée (entre 6-7 sur l'échelle de Mohs). Cette caractéristique pourrait être un critère diagnostique facile à appliquer en analyse visuelle afin de distinguer les sources de cherts verdâtres de Québec de la Pointe Aubin de celles de la Citadelle. Cependant, des tests de dureté sur un nombre supplémentaire d'échantillons géologiques sont nécessaires avant d'appliquer cette considération.

4.2 Stratégie d'acquisition des matériaux lithiques

Le contexte géologique présenté dans cette étude montre que de la région de Québec est riche en matières premières lithiques. La provenance des matériaux lithiques sur le site Cartier-Roberval permet d'analyser l'économie des matières premières à travers le temps et les différentes populations. L'exploitation d'un matériau reflète les choix et les comportements d'une population passée. Afin de comprendre ces comportements, les sources de matières premières ont été divisées selon leur éloignement au site d'habitation de Cartier-Roberval. Une ressource située dans un rayon de moins de 2km du site sera appelée une ressource locale de proximité. Une ressource située dans un rayon de moins de 20km sera considérée comme locale et celle dans un rayon de 100km comme régionale. Finalement, lorsque la ressource est située dans un rayon de plus de 100km, elle est considérée comme exogène. Par cette analyse de l'utilisation des ressources, il est possible d'entrevoir les territoires d'exploitation des populations ainsi que leur adaptation au milieu.

Les habitants du site Cartier-Roberval ont exploité au 16^e siècle des ressources exclusivement locales de proximité, c'est-à-dire à moins de 2km de leur lieu d'habitation (voir **Figure 42**). La source du grès vert de Cap-Rouge, utilisé majoritairement pour la construction des fondations du fort d'en haut, a été identifiée dans cette étude comme provenant du nord-est du site, à ± 200 mètres. L'autre source de grès potentiellement utilisée au 16^e et/ou au 19^e siècle est celle à l'ouest dans le promontoire de Cap-Rouge, à ± 250 mètres du site. Le schiste, utilisé parfois comme matériaux de construction, semble avoir été prélevé selon cette étude dans un rayon de moins de 200 mètres du site. Ces nouveaux arrivants exploitaient aussi ce qu'ils pensaient être des minéraux précieux. Des sources de quartz, qu'ils prenaient pour des diamants ont été exploitées tout le long de la faille du Foulon, dans le promontoire ouest de Cap-Rouge à ± 50 à 200

mètres du site. Enfin, la source de pyrite de fer, sur la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge est située à 1.25km. Cette source est fort probablement ladite mine d'or de Cartier, mentionnée dans ses Relations. Elle est la source de matériau lithique exploitée au 16^e siècle par les habitants de Cartier-Roberval la plus éloignée du site. Cette caractéristique peut être expliquée par le fait que cette source est visible directement du site. En résumé, les habitants du site Cartier-Roberval au 16^e siècle exploitaient des ressources tout près d'eux, dans un rayon maximum 1.2km. Ils étaient donc adaptés à des ressources locales de proximité et leur territoire d'exploitation était assez petit.

Les sources de grès utilisées au 19^e siècle par les habitants de la Villa Atkinson sur le site Cartier-Roberval, sont plus diversifiées et éloignées qu'au 16^e siècle (voir Figure 46). Il y a le grès de Lauzon, à ± 80 mètres du site ; le grès vert de Cap-Rouge, à ± 200 mètres ; le grès de l'ouest, à ± 250 mètres et le grès des carrières de Sillery, à ± 4 km du site. Les sources des grès utilisées au 19^e siècle démontrent donc une stratégie d'acquisition différentes qu'au 16^e siècle avec des ressources de proximité et mais aussi locales.

Concernant les sources de chert étudiées de la région de Québec, la source de la Plage Saint-Laurent est à ± 3.25 km du site, la source de la Côte de la Montagne se situe à environ 13km et la source de la Pointe Aubin est à ± 14 km de distance en ligne droite du site (voir Figure 46). Les pièces archéologiques en chert retrouvées sur le site Cartier-Roberval proviennent, selon cette étude, de la Côte de la Montagne et probablement de la Pointe Aubin ou d'une autre source présente dans l'Olistostrome de la rivière Etchemin. Ces sources de chert sont donc à ± 13 km du site à l'étude et représentent, selon l'analyse, des ressources locales éloignées.

L'étude du potentiel tracéologique a fourni des renseignements sur l'utilisation des pièces en chert. Les pièces archéologiques retrouvées dans l'opération 20B proviennent tous de la Côte de la Montagne. L'étude du potentiel tracéologique a dévoilé qu'une de trois pièces analysées avait

été certainement utilisée pour accomplir une tâche et que les deux autres pièces pouvaient avoir été utilisées. Ces outils en chert de la Côte de la Montagne s'inscrivent très bien dans les coutumes amérindiennes, plus précisément dans celles des Iroquoiens du Saint-Laurent de Stadaconné. Les pièces archéologiques en chert retrouvées dans l'opération 53A proviennent, selon cette étude, d'une source dans l'Olistostrome de la rivière Etchemin probablement de la Pointe Aubin. L'étude du potentiel tracéologique a révélé que deux des pièces n'ont pas été utilisées tandis qu'une a pu l'être faiblement. Si cette ressource a été utilisée par les amérindiens, en l'occurrence les Stadaconiens, elle devient une ressource régionale ($\pm 27\text{km}$). Or dans la préhistoire récente, les ressources régionales font parties des fondations économiques des groupes amérindiens. (Burke 2007) Il est aussi important de souligner le rôle socio-économique des matières premières au niveau des échanges et l'intérêt que portent les groupes amérindiens envers les matières exogènes. (Burke 2007)

Enfin, ces artefacts en chert, comme la poterie amérindienne, semblent témoigner à première vue, de relation d'échanges directs entre les Amérindiens et les Européens sur un site Européen du 16^e siècle. Le fait de retrouver des outils en chert provenant de la Côte de la Montagne sur le site du 16^e siècle de Cartier et Roberval, apporte des preuves supplémentaires aux textes historiques afin de démontrer les relations d'échanges avec les Iroquoiens du Saint-Laurent de la région de Québec, les Stadaconiens. La présence d'une ressource régionale ou locale éloignée sur un site dont les ressources sont locales de proximité ou européennes renseigne sur une différence dans la stratégie d'acquisition de la matière première. Ces artefacts en chert sont des témoins importants du « contact officiel » entre Cartier et Roberval et les Iroquoiens du Saint-Laurent peu de temps avant que ce peuple amérindien ne disparaisse de la région de Québec. (Tremblay, 2006).

Figure 42 : Localisation des sources de matières premières retrouvées sur le site Cartier-Roberval.



CONCLUSION

L'objectif principal de cette étude était de cibler la provenance du grès, du schiste, de la pyrite, des cristaux de quartz et du chert, retrouvés sur le site archéologique de Cartier-Roberval, à Cap-Rouge, dans la région de Québec. Pour ce faire, la compréhension et la reconnaissance du contexte géologique autour du site archéologique étaient nécessaires. Aussi, afin de comparer et de proposer une provenance aux cinq matériaux lithiques, des caractérisations ont été effectuées sur 124 échantillons par des analyses pétrographique et géochimique en INAA.

Les échantillons des matériaux en grès proviennent de 17 sources géologiques et de 11 structures archéologiques. Les pierres de construction en grès, retrouvées dans les niveaux du 16^e siècle du site archéologique de Cartier-Roberval, sont des grès ferrugineux, de granulométrie moyenne à fine, verdâtres et légèrement lités de la Formation de Sainte-Foy. La source de grès qui correspond à ce matériel utilisé pour la construction des vestiges en pierre du 16^e siècle a été identifiée. Elle se situe selon cette analyse, sur le banc de grès présent au nord-est du site, près de l'affleurement en face de la roulotte. Cette ressource, utilisée au 16^e siècle, a donc été exploitée localement. Également, dix échantillons provenant de cinq carrières de grès de Sillery, de la Formation de Saint-Nicolas, utilisées au 19^e siècle ont été étudiés. Le nombre des échantillons n'est pas suffisant pour caractériser adéquatement les diverses carrières sur une base statistique. Ce grès de la Formation de Saint-Nicolas ressemble visuellement à celui utilisé au 16^e siècle, situé au nord-est du site de la Formation de Sainte-Foy, mais se distingue par la présence de

carbonates. Il a une granulométrie grossière à très grossière et l'absence de litage. Il y a aussi un grès distinct à l'ouest du promontoire du cap Rouge qui semble avoir été utilisé pour quelques pierres de construction au 16^e et/ou au 19^e siècles. Ce grès ferait partie d'une carrière inconnue dans un lit de la Formation de Lauzon du Copeau de Cap-Rouge ou de l'Olistostrome de la rivière Etchemin. Enfin, quelques échantillons géologiques ont été prélevés et caractérisés dans des lits de grès très fins ou de siltstones du promontoire de Cap-Rouge ainsi que dans des lits de grès verdâtres affleurant sur la Plage Saint-Laurent, mais aucune pierre de construction archéologique ne correspond à ces échantillons.

Une reconnaissance des diverses formations schisteuses présentes autour du site a été réalisée dans trois contextes géologiques différents. Au total, 16 échantillons ont été étudiés dont trois provenant de structures archéologiques. Ces sédiments consolidés à grains très fins, communément appelés des schistes par les archéologues, sont en fait des shales ferrugineux faisant partie, en grande majorité, des mudrocks multicolores de la Nappe appalachienne de la Chaudière présente localement sur le site.

Quatre sources de nodules de pyrites situées à proximité du site sur les berges du fleuve Saint-Laurent ont été identifiées et étudiées. Cette matière se trouve dans des shales noirâtres et est un amalgame de cristaux de pyrites. Ces nodules de pyrites sont souvent sphériques, de grosseur variable allant de 0,5 à 15 cm de diamètre, avec une patine d'altération brun rougeâtre et possèdent une densité élevée, les différenciant facilement des autres pierres. La mine et la source de minerai de fer, correspondant aux descriptions mentionnées dans les relations de Cartier, ont été découvertes à proximité du site, sur la pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge.

Trois sources de cristaux de quartz de la région de Québec ont été caractérisées ainsi que six échantillons archéologiques. Deux sources de cristaux de quartz ont été trouvées dans des

failles à l'ouest du site et du promontoire de Cap-Rouge. Les résultats de cette étude proposent que ces sources locales, le long du promontoire de Cap-Rouge, ont été exploitées au 16^e siècle. Les échantillons archéologiques de cristaux de quartz retrouvés sur le site de Cartier-Roberval sont relativement petits ($\pm 1\text{cm}$) et proviennent d'une zone de failles recoupant des shales verts, rouges ou gris et un grès très fin (siltstone) présente à l'ouest du site.

Cinq sources de cherts de la région de Québec ont été étudiées ainsi que huit échantillons archéologiques. Une certaine distinction pétrographique et géochimique semble possible entre les sources de cherts verdâtres de la région de Québec. Deux sources semblent avoir été utilisées au 16^e siècle : celle de la Côte de la Montagne, dans le vieux Québec, de la Formation de la Citadelle et une indéterminée de l'Olistostrome de la rivière Etchemin. La distinction géochimique et pétrographique entre les sources de cherts présentes dans l'Olistostrome de la rivière Etchemin, soit de la Plage Saint-Laurent, de la Pointe Aubin et du chert vert de Québec, est pour le moment impossible. Les résultats suggèrent que ces sources de cherts ferraient partie de la même source qui se serait démembrée.

Les résultats obtenus laissent entrevoir que les occupants du site Cartier-Roberval ont exploité des matériaux lithiques à proximité de leur lieu d'établissement. Même si les objets retrouvés sur le site archéologique reflètent un mode de vie européen, ces immigrants du 16^e siècle ont su se familiariser avec leur environnement local. Ils ont exploité un affleurement de grès, non loin de leur site, qui a produit la majorité de leurs pierres de construction. L'Anse du Cap Rouge, riche en quartz et en pyrites, procurait localement ce qu'ils croyaient être des pierres précieuses et alimentait l'exploitation minière. Les artefacts en chert contrastent quelque peu des autres matières premières utilisées sur le site Cartier-Roberval. Les lieux de leur provenance sont plus éloignés du site. Ces objets en chert, fabriqués dans une ressource régionale, seraient des témoins des échanges entre les Iroquoiens du Saint-Laurent et les Européens.

Enfin, le nombre des échantillons géologiques sur les sources de matériaux lithiques utilisées au 16^e siècle doit être augmenté pour continuer à valider les études de provenance. La prospection des sources utilisées historiquement par les populations de la région de Québec doit aussi continuer, car d'autres sources que celles échantillonnées dans cette étude semblent avoir été utilisées. Mais surtout, les conclusions sur l'économie des matières premières doivent être continuellement révisées à mesure que les connaissances sur l'archéologie évoluent (Burke, 2007).

Pistes de recherche

Globalement, pour améliorer et poursuivre les recherches à partir de cette étude, il serait très important de prendre des points GPS des échantillons des sources géologiques. Il serait aussi profitable, de constituer un tessonier lithique de référence pour le Laboratoire d'archéologie du Québec. Aussi, pour assurer la représentativité de cette étude, il serait bien d'ajouter des échantillons, autant archéologiques que géologiques, à la base des données. Il faudrait aussi continuer, sur le terrain, à circonscrire l'étendue des sources qui ont pu être utilisées par les populations préhistoriques et historiques. Par ailleurs, il serait intéressant de chercher des évidences anthropiques d'exploitation sur les carrières ou les sources qui ont été ciblées dans cette étude.

L'analyse géochimique des grès et mudrocks, effectuée dans le présent mémoire, demeure fragmentaire. Il serait utile de la compléter, entre autres, par des analyses du SiO₂ et des analyses des phases minéralogiques. Une étude expérimentale appliquant un effet thermique sur les échantillons géologiques de grès aiderait à identifier les échantillons archéologiques. Il serait aussi important de cartographier et d'échantillonner, à petite échelle, les lits de grès autour du site, particulièrement les bancs de grès à l'est où la source des pierres de construction du 16^e siècle semble se trouver. Il faudrait aussi approfondir les recherches pour trouver des évidences

anthropiques d'exploitation comme des outils, des marques et des enlèvements dans le banc de grès.

Les connaissances sur les nodules de pyrites ont été améliorées, mais il serait important d'augmenter l'échantillonnage des pyrites autour du site et d'inclure d'autres sources possibles comme les nodules de pyrites de l'Île d'Orléans. Les analyses chimique et pétrographique pourraient être bonifiées. Aussi, une analyse par ICP-MS laser des isotopes du soufre permettrait de connaître l'âge de la formation et ainsi déterminer si le soufre retrouvé sur le site archéologique de Cartier-Roberval provient de l'Europe ou de l'Amérique, car l'Amérique a des formations géologiques beaucoup plus anciennes (Paul Bédard, communication personnelle, décembre 2007).

Pour ce qui est des cristaux de quartz, une prospection intensive, sur le terrain, aux alentours du site dans les failles pour trouver des sources de quartz, serait nécessaire. Il serait d'ailleurs intéressant d'explorer plus amplement les abords du 1^{er} ruisseau, le côté ouest du promontoire, l'anse et la rivière du Cap Rouge. Il devrait y avoir des sources de cristaux de quartz dans ces zones, car il y a des formations argileuses et gréseuses traversées par plusieurs failles.

Finalement, pour le chert, l'analyse supplémentaire d'artéfacts provenant des couches du 16^e siècle, serait nécessaire afin de confirmer les sources utilisées à cette période. Les études sur l'altération des artefacts doivent progresser afin d'augmenter la corrélation avec les formations géologiques dans les études de provenance. Une étude tracéologique complète sur les artéfacts en chert présentant des traces d'utilisation, serait innovateur afin de connaître leur fonction. Il serait aussi réalisable d'augmenter l'échantillonnage des sources étudiées afin de caractériser géochimiquement la variabilité des sources et de rendre l'analyse de provenance géochimique plus fiable. Il serait aussi intéressant de poursuivre les recherches sur le terrain, et mieux documenter les nombreuses sources de cherts présentes dans l'Olistostrome de la rivière Etchemin, à la Pointe

Aubin et particulièrement du côté nord du fleuve Saint-Laurent, le long du versant nord du promontoire de Québec, au coin des autoroutes Charest et Henri V. Ainsi, il serait possible d'y localiser d'autres sources de cherts et spécialement la source de cherts verts typiques de Québec ou de retrouver des évidences d'exploitation anthropique dans cette formation. Enfin, il serait bien d'incorporer les données de Chapdelaine et al. (1995) et de Burke (2002; 2003) à la base de données même si la comparaison de données géochimiques entre les méthodes est souvent difficile. Un traitement pour rendre les données comparables et accessibles via Internet est en cours dans le projet de Burke pour une *Collection de référence de matières premières lithiques pour le Québec et le Nord-est* du département d'Anthropologie de l'Université de Montréal. Les données sur le chert de Québec pourront dans un avenir prochain être incorporées à cette base des données.

RÉFÉRENCES

- Aitchison, J. (1986), *The Statistical Analysis of Compositional Data*. New York : Chapman and Hall.
- Aitchison, J., (1983), Principal components analysis of compositional data. *Biometrika*, 70, 57-65.
- Beaudoin G. et Auger R. (2004), *Implications of the mineralogy and chemical composition of lead beads from Frobisher's assay site, Kodlunarn Island, Canada: Prelude to Bre-X?* Canadian Journal of Earth Sciences. Vol. 41(6): 669-681pp.
- Beaulieu, J., Lajoie, J. et Hubert, C., (1980), *Provenance et mode de dépôt de la Formation de la Rivière Nicolet: flysch taconique du domaine autochtone et du domaine externe des Appalaches du Québec*. Canadian Journal of Earth Sciences 17, pp. 855-865.
- Baxter, M.J. (2003), *Statistics in archaeology*, Arnold, New York.
- Bell B., Duse B. and Venne T., (1990), *The story of anthraxolite*. Chelmsford Valley District Composite School, Sudbury Region. University of Waterloo, department of earth and environmental sciences. WAT ON EARTH SPRING ISSUE 1990, Volume 3, Number 2
<http://www.earth.uwaterloo.ca/services/whaton/waton/s903.html>.
- Belt, E.S., Riva, J. Et Buissières, L. (1979,) *Revision and correlation of late Middle Ordovician stratigraphy northeast of Québec City*. Canadian journal of Earth Sciences, 16: 1467-1483.
- Bideaux M. (1986), *Jacques Cartier : Relations* - édition critique par Michel Bideaux, collection Bibliothèque du Nouveau Monde, Les Presses de l'Université de Montréal , Montréal.
- Biggar H. P., (1930) *Collection of Documents Relating to Jacques Cartier and Roberval*, Ottawa, Archives publiques, 71 pages.

Biggar H. P., (1924), *The Voyages of Cartier*, Ottawa, Archives publiques.

Bjørlykke K., (1974), *Geochemical and mineralogical influence of Ordovician island arcs on epicontinental clastic sedimentation. A study of lower Paleozoic sedimentation in the Oslo region*. Norway. *Sedimentology*, vol 21, 251-272 pp.

Boulvain F. et Dumont P. (2007), *Pétrologie sédimentaire*. Note de cours en ligne, Département de géologie, Université de Liège, Belgique, <http://www.ulg.ac.be/geolsed/index.htm>.

Bourque P.-A., (1997), *Planète terre*, Note de cours en ligne, Département de géologie et génie géologique, Université Laval, Québec,
http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html, dernière mise à jour mars 2006.

Braudel, F., (1984), *Le monde de Jacques Cartier : L'aventure au XVI^e siècle*. Montréal, Libre-Expression et Paris, Berger-Levrault, 1984 In-4°, 316 pages.

Brisebois D. et Brun, J. (1994), *La plate forme du Saint-Laurent et les Appalaches*, dans *Géologie du Québec*, Les publications du Québec, 95-117 pp.

Burke, A. L., (2007), *L'économie des matières premières lithiques en Estrie : la perspective géoarchéologique*. Dans *Entre lacs et montagnes au Méganticois : 12 000 ans d'histoire amérindienne* sous la direction de Claude Chapdelaine. Collection Paléo-Québec n° 24, Recherches amérindiennes au Québec, Montréal, 249-268 pp.

Burke, A. L., (2003), *La provenance des matières premières lithiques et la reconstitution des réseaux d'interaction*. Dans *L'île aux Allumettes et l'Archaïque supérieur dans l'Outaouais* (Paléo-Québec no. 30). Norman Clermont, Claude Chapdelaine et Jacques Cinq-Mars éditeurs. Montréal: Recherches amérindiennes au Québec et Canadian Museum of Civilization. 187-217 pp.

Burke, A. L., (2002), *Les carrières du Paléoindien récent à La Martre et la géologie du chert du mélange de Cap-Chat*. Recherches amérindiennes au Québec 32(3). 91-99 pp.

- Castonguay, S., Tremblay, A., Lavoie, D. (2002), *Carte de compilation géologique Québec-Chaudière : Les ponts géologiques de l'est du Canada, transect 2*, Québec. Geological Survey of Canada, Open file 4314, 2 sheets, scale: 1:125 000.
- Chabot, J. (2002) *Tell 'Atij-Tell Gudeda. Industrie lithique. Analyse technologique et fonctionnelle*. Québec, Éditions du Centre interuniversitaire d'études sur les lettres, les arts et les traditions (CELAT), [comprend un chapitre/annexe écrit par J. Pelegrin (CNRS-France), sur la reconnaissance des techniques de taille]. 225 pages. (Collection « Cahiers d'archéologie du CELAT », no 13 et « Série Archéométrie », no 3).
- Chapdelaine, C. et Kennedy G., (1999), *Variabilité chimique des cherts de la vallée du Saint-Laurent à l'aide de l'analyse par activation neutronique*, dans L'archéologie sous la loupe. in Moreau J.-F. (dir), Contributions à l'archéométrie, coll. Paléo-Québec, n° 29, Recherches amérindiennes au Québec, Montréal.
- Chapdelaine, C. et Kennedy G., (1994), *Analyse par activation neutronique du chert taillé à Rimouski*. In Il y a 8000 ans à Rimouski, Recherche Amérindienne au Québec, Collection Paléo-Québec no 22, 147-158 pp.
- Chapdelaine C., Clermon N., et Marquis R. (1995), *Étude du réseau d'interactions des Iroquoiens préhistoriques du Québec méridional par les analyses physicochimiques*. Collection Paléo-Québec n° 24, Recherches amérindiennes au Québec, Montréal.
- Chrétien Y, (2008) « Analyse des artefacts en chert » *Rapport d'activité de la campagne de fouille 2007 au site Cartier-Roberval (CeEu-4)*, rapport inédit CCNQ.
- Chrétien Y. (2006), *Inventaire archéologique au Parc Cartier-Roberval à Cap-Rouge (CeEu-4), automne 2005*. Rapport inédit, Commission de la capitale nationale du Québec, ministère de la Culture et des Communications, Québec.
- Chrétien Y. (2003), *L'industrie du quartz*. Dans L'île aux Allumettes et l'Archaïque supérieur dans l'Outaouais (Paléo-Québec no. 30). Norman Clermont, Claude Chapdelaine et Jacques Cinq-Mars éditeurs. Montréal: Recherches amérindiennes au Québec et Canadian Museum of Civilization. 137-170 pp.

- Cleuvenot E. (1993), *Ellipses équiprobables dans le cas de petits échantillons*. Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris, Volume 5, Numéro 3, 449-452 pp.
- Codère Y., (1996), *Des pierres et des hommes*. MCCQ, rapport inédit, 62 pages.
- Codère Y., (1993), *Potentiel des ressources lithiques de la portion occidentale de la forêt boréale québécoise*. Archéologiques, no 7, p. 90-96 pp.
- Comeau, F-A., (2006), *Structure et stratigraphie de la zone parautochtone des Appalaches taconiennes dans la région de Québec*. Mémoire de maîtrise en Science de la terre, Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec, 115 pages.
- Comeau F-A., Kirkwood D., et Malo M. (2004), *The Taconian foreland basin in Québec City area*, Revue canadienne des sciences de la Terre, vol 41, no 12, 1473-1490 pp.
- Cook R. (1993), *The voyages of Jacques Cartier*, University of Toronto Press.
- Cullers, R. L., Barrett, T., Carlson, R. and Robinson, B. (1987), *Rare-Earth element and mineralogic changes in Holocene soil and stream sediment: a case study in the wet mountains region*, Colorado, USA. Chem. Geol. 63, 275-297pp.
- De Lafosse, M. (1860), *Nouveau cours de minéralogie, Tome II*. La librairie encyclopédique de Roret, Paris.
- De Geer, L.-E. (2004), *Currie detection limits in gamma-ray spectroscopy*. Applied Radiation and Isotopes, Volume 61, Issues 2-3: 151-160 pp.
- D'hulst, A. (2007), *Métallogénie des gîtes dévoniens du Dôme de Lemieux et de Sainte-Marguerite, Gaspésie, Québec, Canada*. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec.
- Dott, R. H., Jr. (1964), *Wacke, greywacke, and matrix: What approach to immature sandstone classification?* Jour. Sed. Pet. 34: 625-632 pp.

- Duval, I. (2008), *Identification visuelle et géochimique du quartzite sur les sites du Saguenay–Lac-Saint-Jean*. Archéologiques 21 : 44-57 pp.
- Fiset R., Coté H. et Samson G. (2008), *Projet archéologique Cartier-Roberval : recherches 2006-2007*. Archéologiques 21 : 21-43pp.
- Flawn, P. T. (1953), *Petrographic classification of argillaceous sedimentary and low-grade metamorphic rocks in surface*. American Association of Petroleum Geologist Bulletin, vol. 37, 560-565 pp.
- Flem, B. et Bédard L.P. (2002), *Determination of trace elements in BCS CRM 313/1 (BAS) and NIST SRM 1830 by ICP-MS and INAA*. Geostandards Newsletter The Journal of Geostandards and Geoanalysis 26: 287-300 pp.
- Folk, R.L., (1968), *Petrology of sedimentary rocks*. Austin Texas: Hemphill's, 159 pages.
- Folk, R.L., (1980), *Petrology of sedimentary rocks* Austin: Hemphill's Bookstore. 2nd ed., 184 pages.
- Foucault, A. et Raoult, J. F., (2000), *Dictionnaire de géologie*, 5e édition. Masson sciences, Dunod, Paris, 380 pages.
- Gérin L. (1946), *Aux sources de notre histoire. Les conditions économiques et sociales de la colonisation en Nouvelle-France*. Dans le cadre de la collection: "Les classiques des sciences sociales". UQAC.
- Globensky, Y. (1987), *Géologie des basses terres du Saint-Laurent*. Direction Générale de la Recherche Géologique et Minérale, MM 85-02.
- Globensky, Y. et collaborateurs (1993), *Lexique stratigraphique canadien : région des Appalaches, des basses terres du Saint-Laurent et des îles de la Madeleine*. Ministère de l'énergie et des ressources, Québec, DV 91-23.
- Guimont J. (2006) *Petit guide pour l'identification des pierres de grès et de calcaire au L.H.N.C. des forts-et-Châteaux-Saint-Louis*. Parcs Canada, 12 pages.

- Gromet L P, Dymek, R.F., Haskin, L.A., and Korotev, R.L. (1984), *The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics*, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 2469-2482 pp.
- Hakluyt, (1903–05), *Principal navigations VIII* : 183–272 pp. (Les trois voyages de Cartier).
- Hancock, R.G.V. (1976), *Low Flux Multielement Instrumental Neutron Activation, Analysis in Archaeometry*. *Analytical Chemistry* 48(11):1443-1445 pp.
- Herron M.M., (1988), *Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data*. *J. Sed. Petrol.*, 58: 820-829 pp.
- Holme L.L. and Harbottle G. (1994), *From Périgord to the Paris Basin: Compositional Characterization of Medieval French Limestones* Jean M. French Gesta, Vol. 33, No. 1 (1994), 53-59 pp.
- Hoover, H. C. et Hoover L. H. (1912), *Georgius Agricola, De re Metallica, translated from the 1st Latin edition of 1556*. The mining magazine, London, 673 pages.
- Hughes, R.E. (1994), *Intrasource chemical variability of artefact-quality obsidians from Casa Diablo area, California*, *Journal of Archaeology Science*, no. 21, 263-271 pp.
- Ingram R.L. (1953), *Fissility of Mudrocks*. *G.S.A. Bull.* , Vol. 64, 869-878 pp.
- Jacob, H.-L. et Ledoux, R. (2001) *À la découverte des pierres de construction et d'ornementation du Vieux-Québec : Un circuit pédestre*. Publié par Géologie Québec, MB 2001-05. 35 pages.
- Julien C-A, Herval R. et Beauchesne T. (1984), *Jacques Cartier : Voyage au Canada : avec les relations des voyages en Amérique de Gonneville, Verrazano et Roberval* ; éditeur scientifique, Charles-André Julien, R. Herval et T. Beauchesne. - Paris : La Découverte, 271 pages.
- Klein C. et Hurlbut, C.S. (1993), *Manual of Mineralogy (21st ed)* John Wiley et Son inc., USA, 681 pages.

- Knauth, L. P (1994), *Petrogenesis of chert. Silica: physical behavior, geochemistry and materials applications*. Reviews in Mineralogy. Vol 29 (1994) 233-258 pp.
- Lavoie D., Malo M., and Tremblay A. (2003), *The Cambrian–Ordovician successions along the ancient continental margin of Laurentia — recent advances*. Canadian. Journal of. Earth Sciences. 40(2): 131–133 pp.
- Le Blant R., (1961–62), *Les écrits attribués à Jacques Cartier*, RHAF, XV: 90–103 pp.
- Lentz, D.R. (ed) (2003), *Inorganic geochemistry of sediments and sedimentary rocks : evolutionary considerations to mineral deposit-forming environments*, GAC GEOText v.4, 170 pages.
- Logan, W.E. (1863), *Report for the year 1863*. Report of progress, Geological Survey of Canada, publication, 514, 983 pages.
- Lundegard P.D. and Samuels, N. D. (1980), *Field classification of fine-grained sedimentary rocks*, Journal of Sedimentary Research; v. 50; no. 3; 781-786 pp.
- Marquis R., (1994), *Caractérisation microscopique, origine géologique et provenance du chert taillé sur le site DcEd-1, à Rimouski*. In Il y a 8000 ans à Rimouski, Recherche Amérindienne au Québec, Collection Paléo-Québec no 22, 125-143 pp.
- Morin A., (1997), *Péetrographie et géochimie des cherts de la région de Québec*, Mémoire de maîtrise en sciences de la terre / Université du Québec à Montréal ; M527, 240 pages.
- Penner, E., Eden W.J., Grattan-Bellew P.E. (1975), *Expansion des argiles litées pyriteuses*, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, CBD-152-F.
- Pearce, J.A. (1983), *Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins*. In Continental Basalts and Mantle Xenoliths (C.J. Hawkesworth et M.J. Norry, eds.). Shiva Press, Nantwich, U.K., 230-249 pp.
- Pettijohn, F. (1957), *Sedimentary Rocks*. New York: Harper and Brothers.

- Pettijohn, F. J., Potter, P.E., and R. Siever, (1987), *Sand and sandstone*, 2nd ed.: New York, Springer-Verlag, 553 pages. [QE471.2 .P47 1987].
- Picard, M. D. (1971), *Classification of fine-grained sedimentary rocks*. Journal of Sedimentary Petrology, 41:179-195 pp.
- Potter, P. E. (1978), *Petrology and chemistry of modern big river sands*. J. Geol. 86, 423-49 pp.
- Provencher J. (2006), *Retour sur la naissance du Nouveau Monde*, texte d'annonce du chantier archéologique de la Commission de la Capitale Nationale, Québec, le 18 août 2006
<http://www.cartier-roberval.gouv.qc.ca/communiques/detail/nouvelles/photographies-du-lancement-du-chantier-cartier-roberval/117/index.html>.
- Rao (C.R.) (1952), *Advanced statistical methods in biometric research*. Wiley et Sons Inc., New York.
- Rollinson H., (1993), *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. Longman Scientific et Technical, 352 pages.
- Roubault, M., (1982), *Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant*, 4e édition. Lamarra-Poinat. Paris, 382 pages.
- Salad Hersi O., Nowlan G. S, and Lavoie D. (2007), *A revision of the stratigraphic nomenclature of the Cambrian–Ordovician strata of the Philipsburg tectonic slice, southern Quebec*. Canadian Journal of Earth Sciences. 44(12): 1775–1790 pp.
- Samson G., Fiset R. et Chrétien Y. (2007), *Programme de recherche archéologique. Projet Cartier-Roberval*. Rapport inédit, Commission de la capitale nationale du Québec, ministère de la Culture et des Communications, Québec.
- Saporta G. et Hatabian G. (1986), *Régions de confiance en analyses factorielle*. Data Anaysis and Informatics, IV, E. Diday et al. (editors), Elsevier Science Publishers B. V. (North-Hollande), 499-509 pp.

- Savard D., Bédard L. P. and Barnes S.-J. (2006), *TCF selenium preconcentration in geological materials for determination at sub- μ g g⁻¹ with INAA (Se/TCF-INAA)*, Talanta 70: 566–571 pp.
- Schieber, J., and Riciputi, L. (2005), *Pyrite-marcasite coated grains in the Ordovician Winnipeg Formation, Canada: An intertwined record of surface conditions, stratigraphic condensation, geochemical "reworking", and microbial activity*. Journal of Sedimentary Research, v. 75, 905-918 pp.
- Schieber, J., and Riciputi, L., (2004), *Pyrite ooids in Devonian Black Shales record intermittent Sea level drop and shallow water conditions*. Geology, v. 32, 305-308 pp.
- Schieber, J. (2002), *The Role of an Organic Slime Matrix in the Formation of Pyritized Burrow Trails and Pyrite Concretions*. Palaios, v. 17, 104-109 pp.
- Schieber, J., and Baird, G., (2001), *On the origin and significance of pyrite spheres in Devonian black shales of North America*. Journal of Sedimentary Research, v. 71, 155-166 pp.
- Shakley, M.S. (1995), *Source of archaeological obsidian in the Greater American Southwest: an update and quantitative analysis*, American Antiquity, no. 60, 531-551 pp.
- Sharma K. et collaborateur (1993), *Légende générale de la carte géologique*. Édition revue et augmentée, Série des manuscrits bruts. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction générale de l'exploration géologique et Minérale, Québec, MB 87-11.
- Sorrell C. A. et Sandström G. F. (1981), *Roches et Minéraux : Guide d'identification sur le terrain et Introduction à la Géologie et à la Chimie*. Édition Marcel Broquet inc. 273 pages.
- Stefanova V., Genevski K. et Stefanov B. (2004), *Mechanism of oxidation of pyrite, chalcopyrite and bornite during flash smelting*. Journal of Canadian metallurgical quarterly, vol. 43, no1, pp. 75-87 pp.
- St-Julien, P. (1995), *Géologie de la région de Québec*, Ministère des ressources naturelles, secteur des mines, MB 94-40, 62 pages.

- St-Julien P. et Hubert C. (1975), *Evolution of the taconian orogen in the Quebec Appalachians*. American Journal of Science, V. 275-A, 337-362 pp.
- Tremblay R. (2006), *Les Iroquoiens du Saint-Laurent, people du maïs*. Les éditions de l'Homme, Montréal. 139 pages.
- Trudel M. (2000), *Dictionnaire biographique du Canada/Dictionary of Canadian Biography*. Directeur adjoint pour le premier volume. En ligne <http://www.biographi.ca/index-f.html>.
- Trudel, M. (1973), *The Beginnings of New France, 1524-1663*. Toronto: McClelland and Stewart.
- Vallière A. (1985), *Stratigraphie et structure de l'orogénèse taconique de la région de Rivière-du-Loup, Québec*. Thèse de Ph. D., Université Laval, Québec, 318 pages.

Appendice A : Représentation visuelle des pièces archéologiques et des sources géologiques échantillonnées.

Échantillons archéologiques (CeEu-4) de grès de structures du 16^e siècle



G16Aa1, 37A



G16Aa3, 37B



G16Aa5, 37C



G16Ab1, 66A



G16Ac3, 41A55



G16Ac1, 41A200



G16Ad2, 60A100



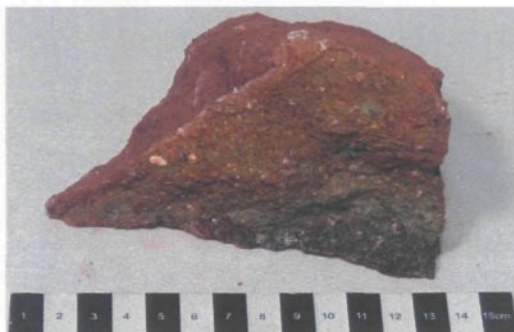
G16Ad3, 49A100



G16Ae1, 70A6

Planche 1 : Échantillons archéologiques de grès des structures du 16^e siècle du site Cartier-Roberval (CeEu-4)

Échantillons archéologiques (CeEu-4) de grès de stuctures du 19^e siècle



G19Aa1
Villa Atkinson



G19Ab1
Écurie Atkinson



G19Ac1
Mur cavot / maison



G19Ad3
Mur de la terrasse de l'Est



G19Ae2
Structure de pierres dans le parc



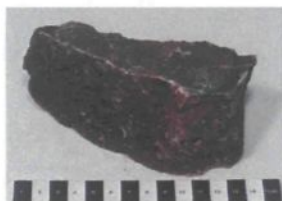
G19Af1
68A50

Planche 2 : Échantillons archéologiques de grès des structures du 19^e siècle du site Cartier-Roberval (CeEu-4)

Sources géologiques de grès échantillonnées à proximité du site Cartier-Roberval (CeEu-4)



G16Sa2
Petits lits dans 42A



G16Sb2
Près du 2^{ème} ruisseau



G16Sc2
Dans la côte de Cap-Rouge



G16Sd2
Près du 1^{er} ruisseau



G16Se1
Estran, coté est



G16Sf2
Pointe Ouest de l'Anse
du Cap Rouge



G16Sg2
Au pied de la falaise
du Cap Rouge



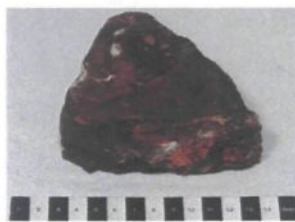
G16Sh1
Extrême est de la falaise
du Cap Rouge



G19Sa2
Près des structures de pierres



G19Sb1
Au pont St-Louis



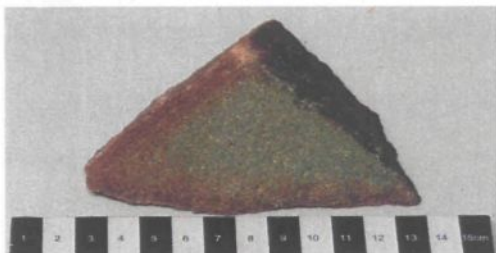
G19Sc1
En face de la roulotte



G19Sd1
Banc d'emprunt

Planche 3 : Échantillons géologiques de grès situés à proximité du site Cartier-Roberval
(CeEu-4)

Carrières de grès de Sillery



G19Se1
À l'ouest de la gare de train de Sainte-Foy



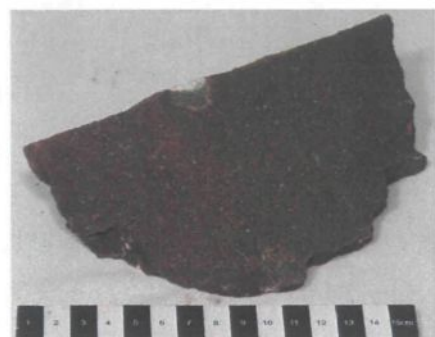
G19Sf2
À l'ouest du pilier nord du pont Pierre-Laporte



G19Sg1
À l'ouest du Quai des Cageux



G19Sh2
À l'ouest du Boisé Tequenonday

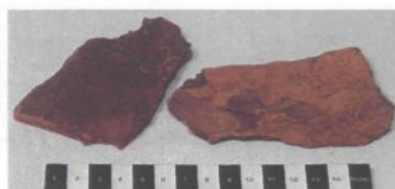


G19Si2
À l'est du pilier sud du pont de Québec



G19Sj1
À l'est du Boisé Tequenonday

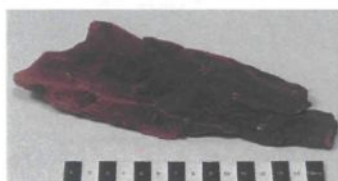
Échantillons archéologiques (CeEu-4) de schistes (mudrocks)



SAA1, 37c



SAB1, 43A110



SAc1, 42A



SAc2, 42A

Échantillons géologiques de schistes (mudrocks)



SSa2

2^{ème} ruisseau

SSa4

Falaise ouest du Cap Rouge



SSa5

À l'ouest près des maisons



SSb3

Banc d'emprunt



SSd1

Plage Saint-Laurent



SSd2

l'Anse du Cap Rouge

Échantillons géologiques de nodules de pyrites

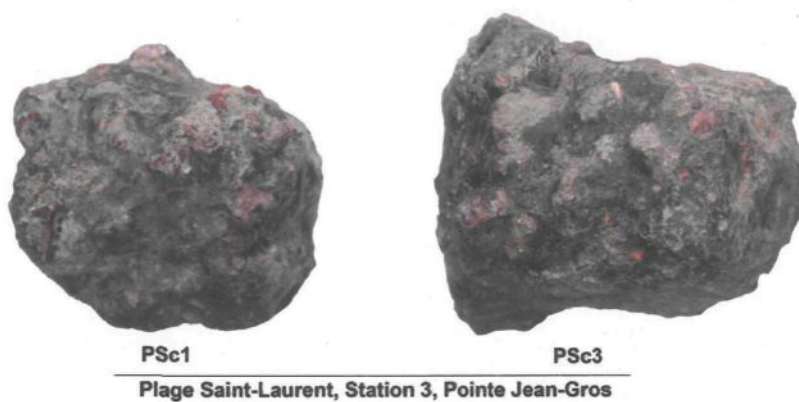
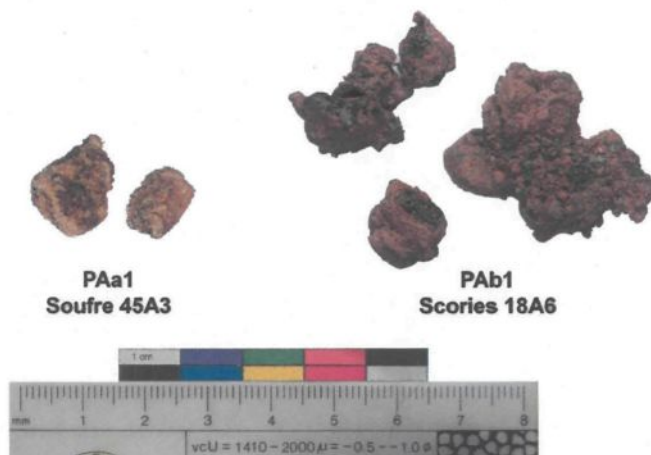


Planche 6 : Échantillons géologiques des nodules de pyrites

Échantillons archéologiques (CeEu-4) probablement dérivés de la pyrite



Échantillons géologiques de shales noirs dans lesquels la pyrite est retrouvée



PSa3
Plage Saint-Laurent, Station 1



PSc3
Plage Saint-Laurent, Pointe Jean-Gros



PSd4
Pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge

Planche 7 : Échantillons archéologiques de soufre et de scories du site CeEu-4 ainsi que les échantillons géologiques de gangues de pyrites.

Échantillons archéologiques (CeEu-4) de quartz



Échantillons géologiques de quartz

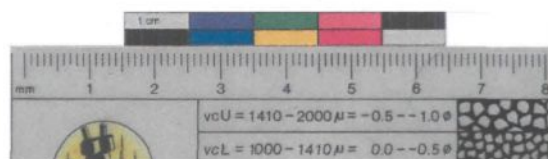
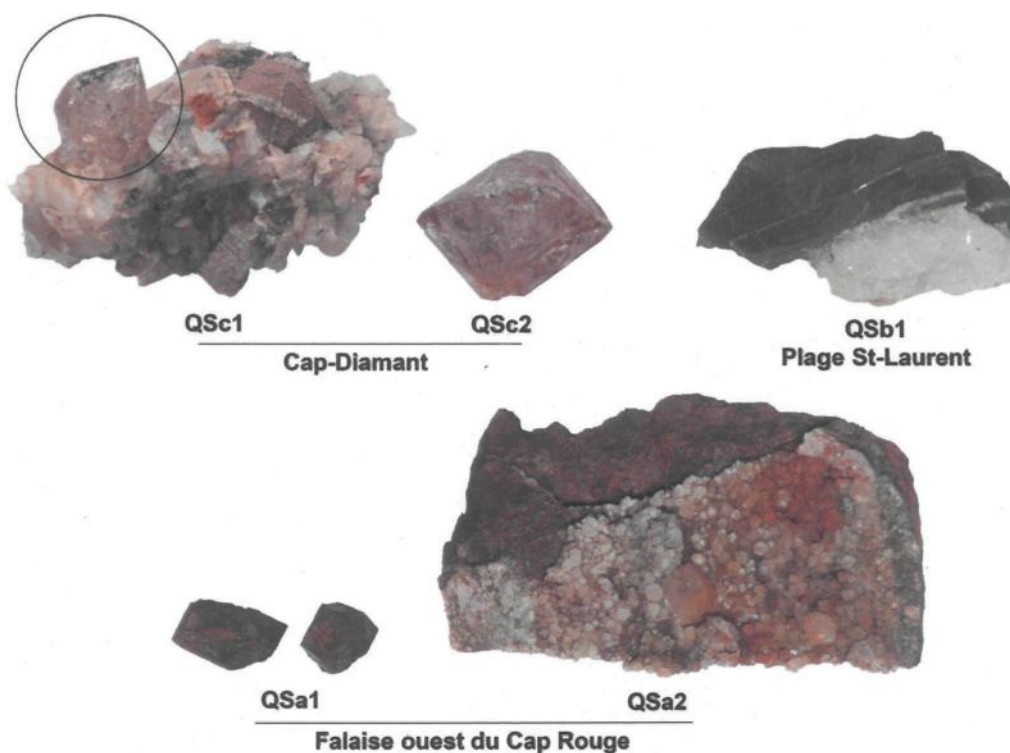


Planche 8 : Échantillons géologiques et archéologiques de cristaux de quartz analysés.

Échantillons géologiques des différentes sources de cherts

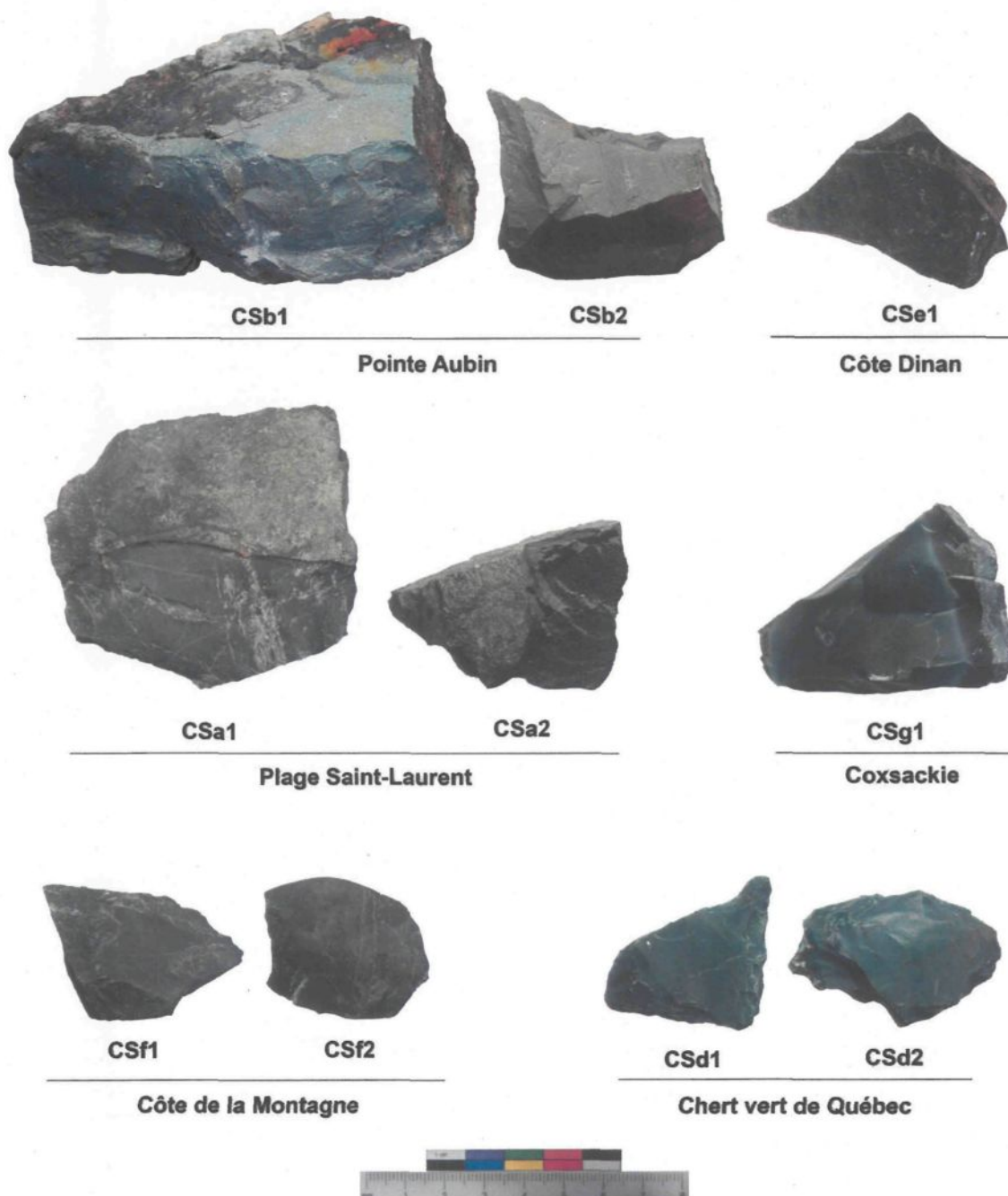
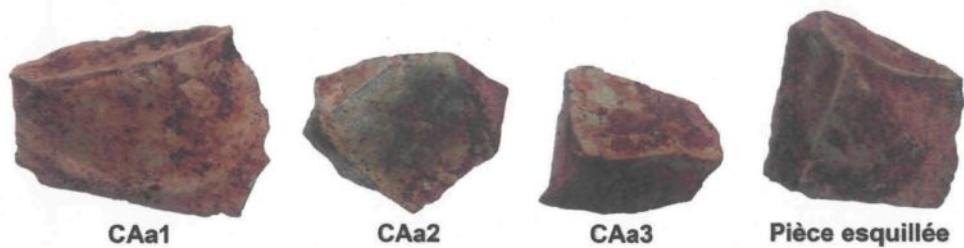
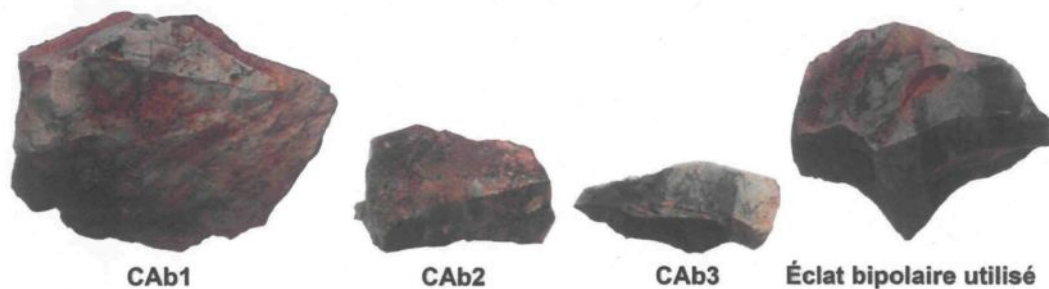


Planche 9 : Échantillons géologiques de cherts de la région de Québec

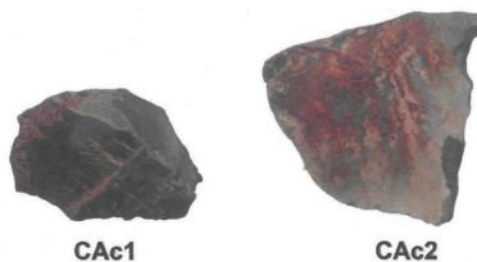
Échantillons archéologiques de chert



CeEu-4, 20B



CeEu-4, 53A

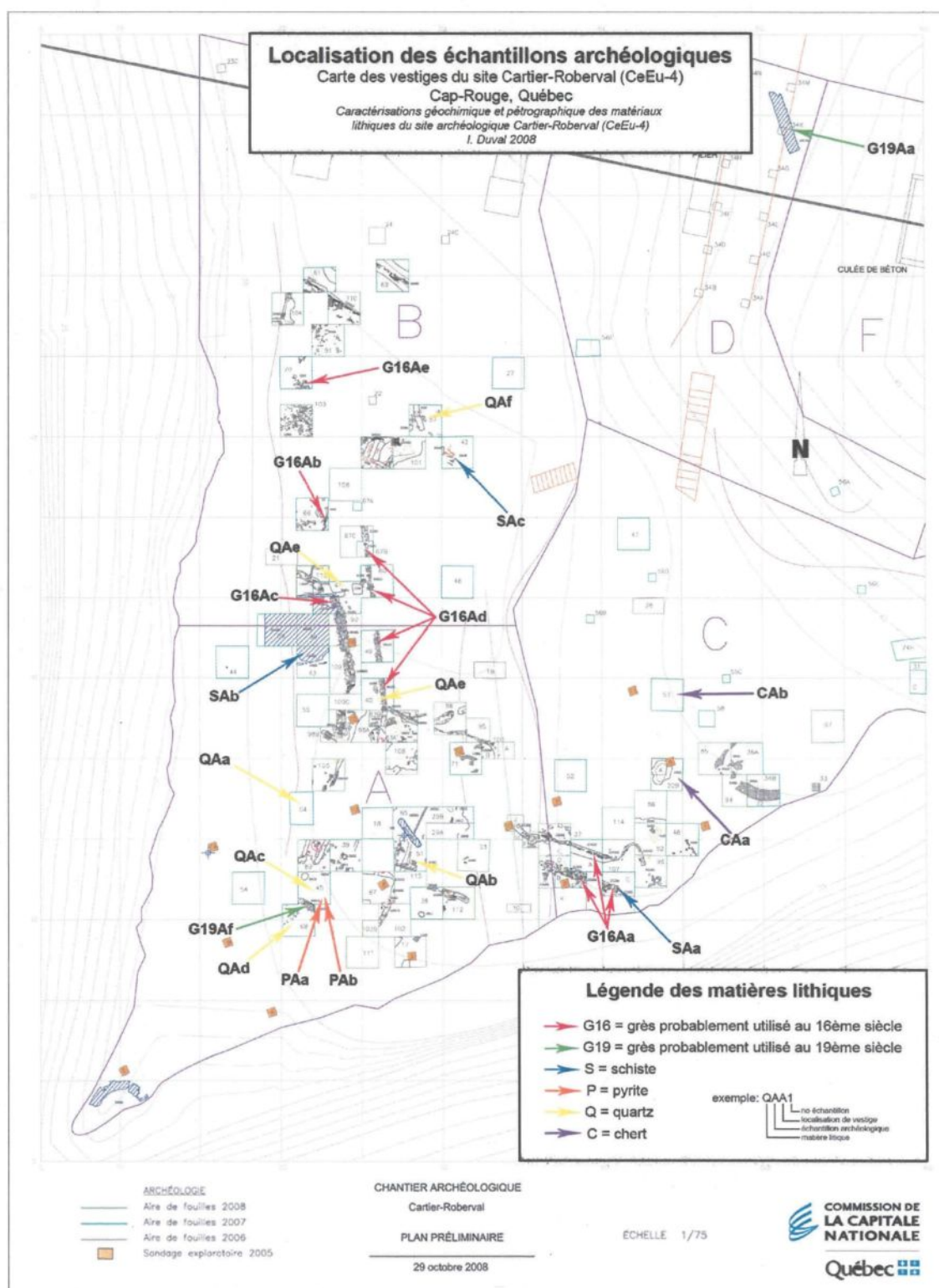


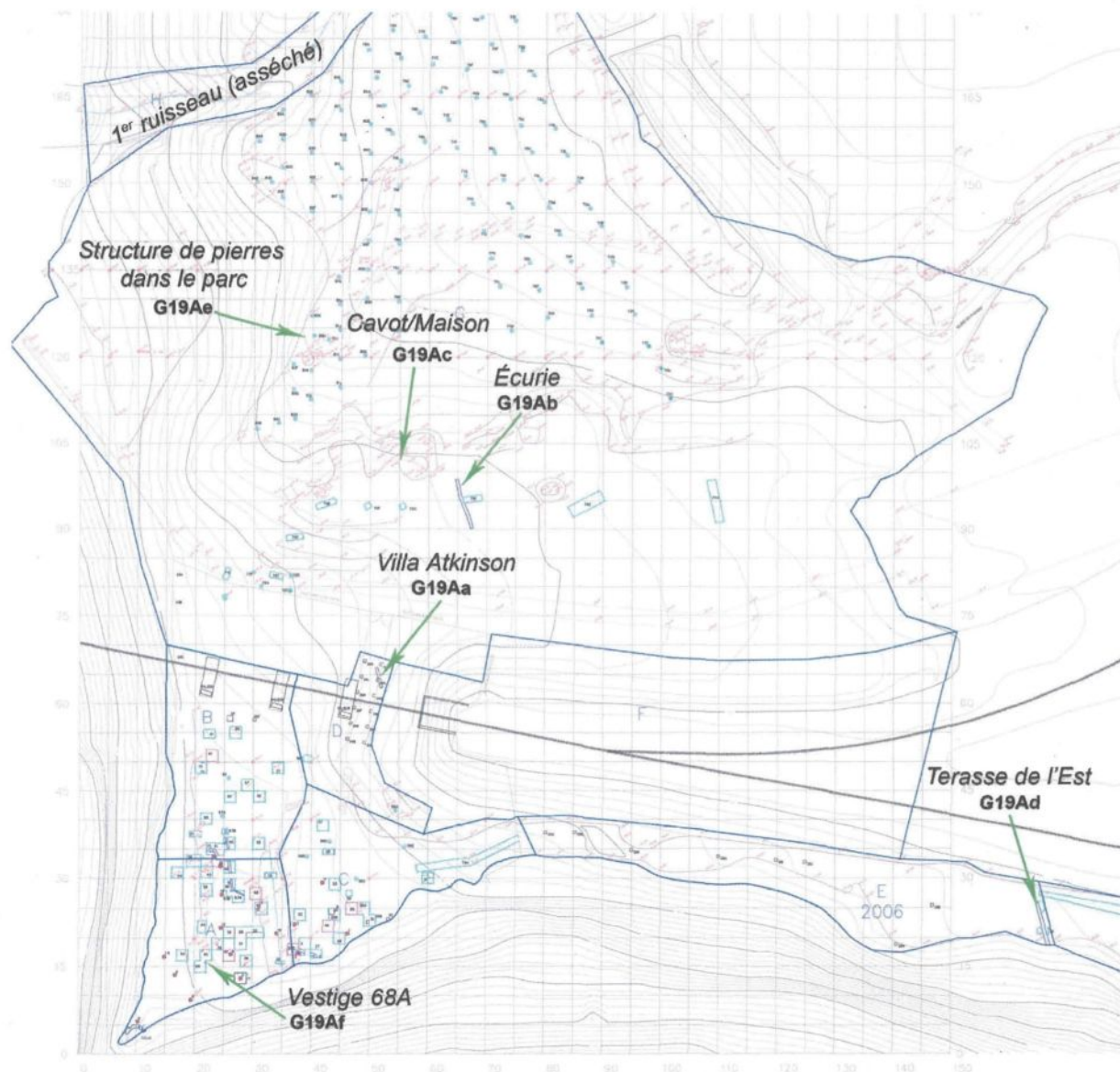
CeEu-10



Planche 10 : Échantillons archéologiques de cherts du site Cartier-Roberval

Appendice B : La localisation des échantillons archéologiques présentée sur la carte des opérations archéologiques du site Cartier-Roberval et sur la carte topographique du parc Cartier-Roberval.





Localisation des échantillons archéologiques du 19^{ème} siècle.

Carte du parc
Cartier-Roberval
Cap-Rouge, Québec

Caractérisations géochimique
et pétrographique des matériaux
lithiques du site archéologique
Cartier-Roberval (CeEu-4)
I. Duval 2008



PLAN TOPOGRAPHIQUE

OBJET:
SITE ARCHÉOLOGIQUE
Cartier-Roberval

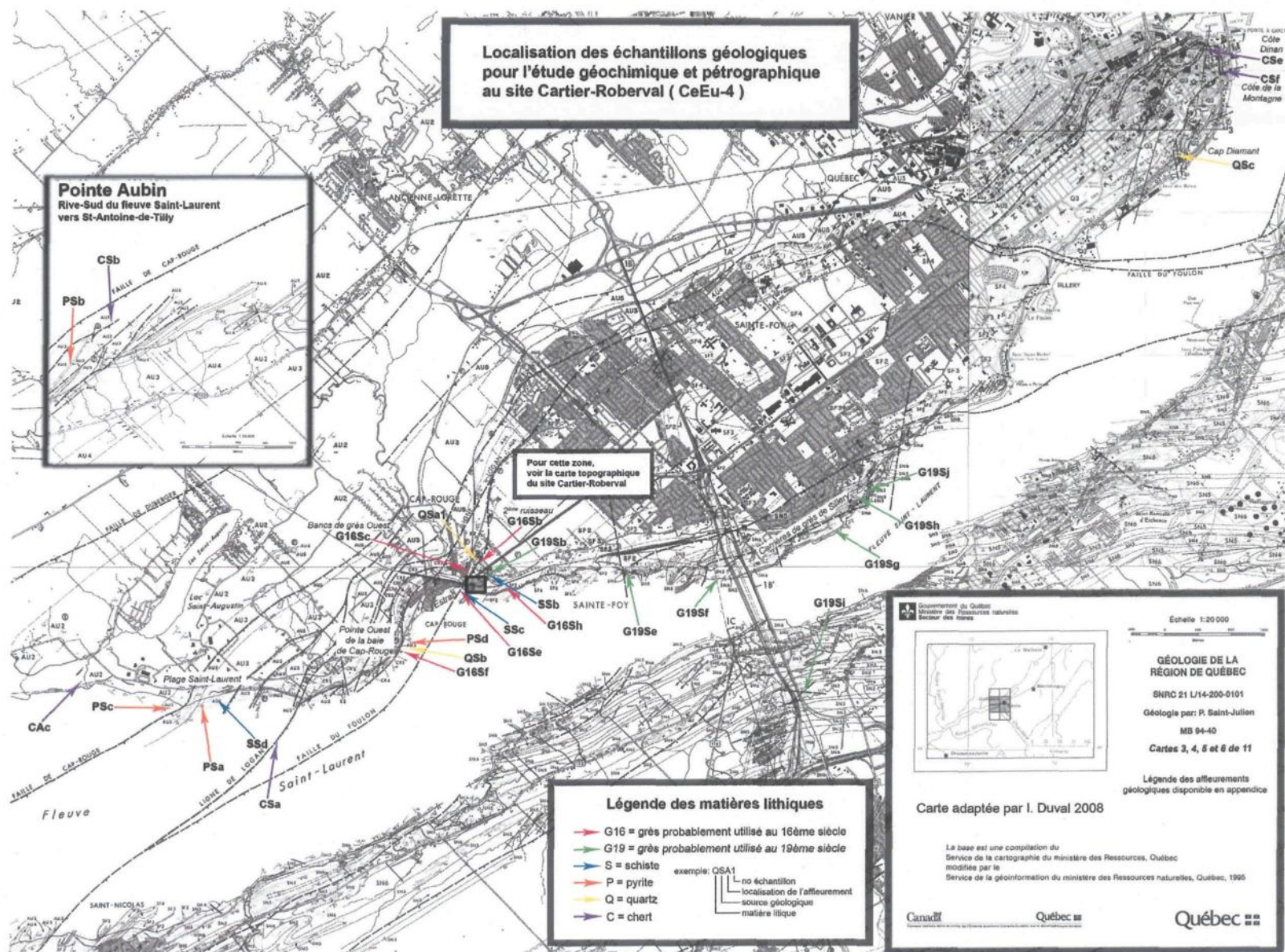
ÉCHELLE:
1 : 300

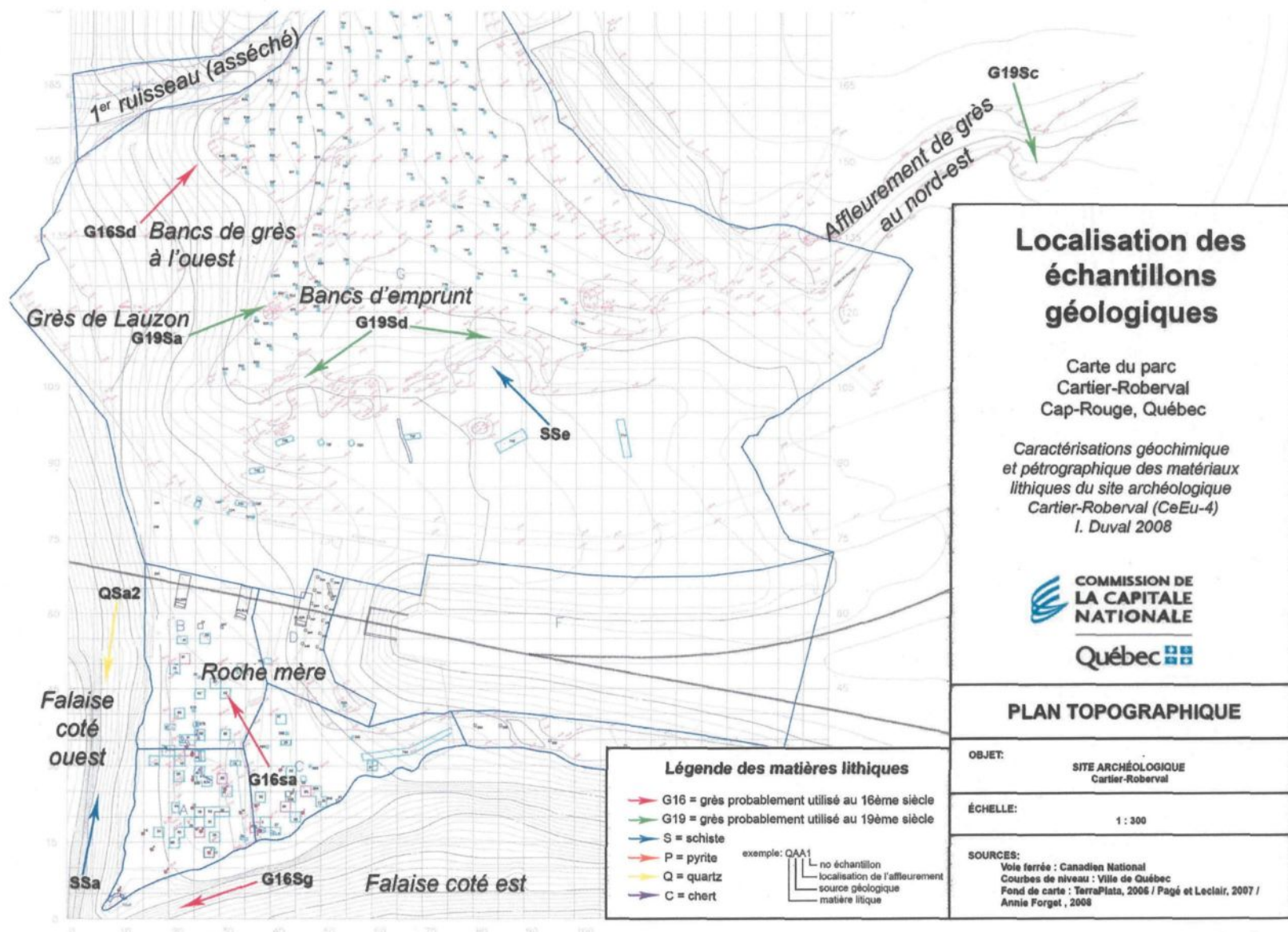
SOURCES:
Voie ferrée : Canadien National
Courbes de niveau : Ville de Québec
Fond de carte : TerraPlata, 2006 / Pagé et Leclair, 2007 /
Annie Forget, 2008

Légende des matières lithiques

- G16 = grès probablement utilisé au 16^{ème} siècle
 - G19 = grès probablement utilisé au 19^{ème} siècle
 - S = schiste
 - P = pyrite
 - Q = quartz
 - C = chert
- exemple: QAA1
- no échantillon
 - localisation de vestige
 - échantillon archéologique
 - matière litique

Appendice C. La localisation des échantillons géologiques présentée sur la carte géologique de la région de Québec avec légende et sur la carte topographique du parc Cartier-Roberval.





Appendice D : Photos de chaque affleurement géologique échantillonné.

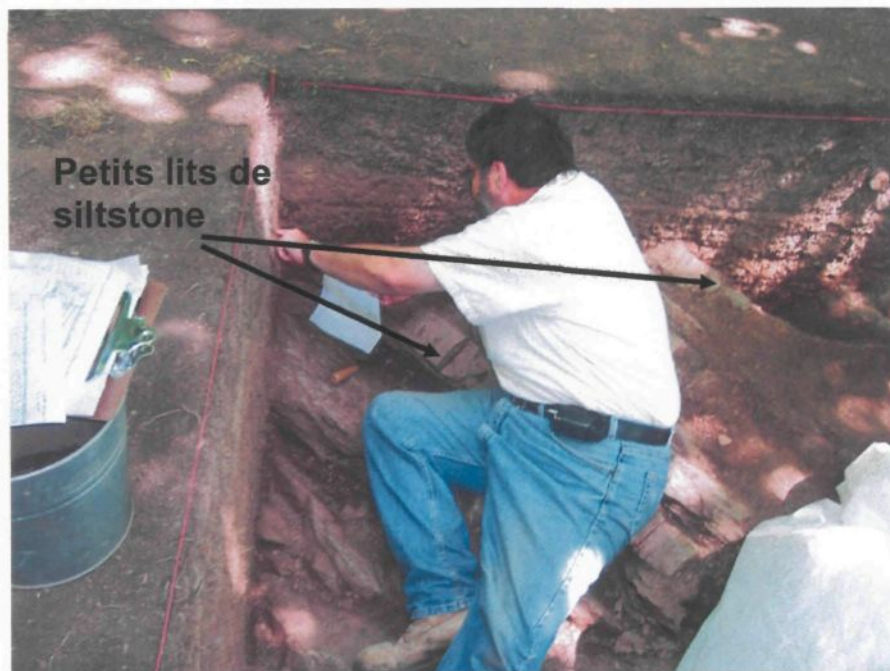


Photo 1 : Roche mère du site Cartier-Roberval, opération 42A, (G16Sa)



Photo 2 : Lits de grès, au nord du site sur le chemin de fer, 2^e ruisseau (G16Sb)



Photo 3 : Bancs de grès à l'ouest du site en arrière des maisons de la côte de Cap-Rouge (G16Sc)

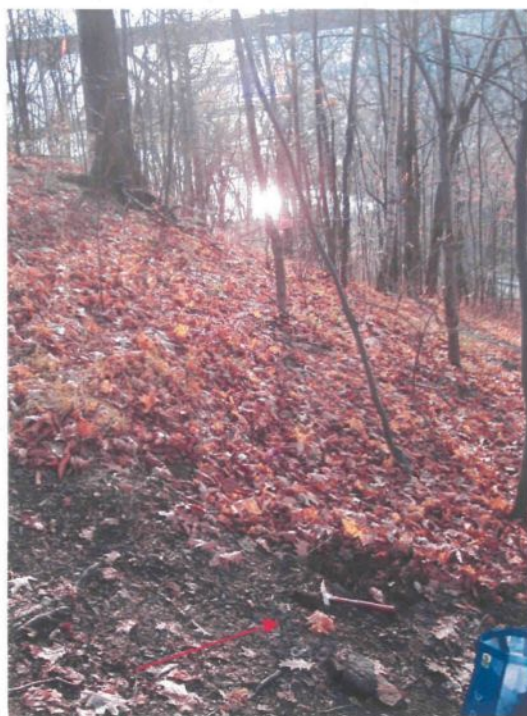


Photo 4 : Lit de grès à l'ouest du promontoire de Cap-Rouge au sud près du 1^{er} ruisseau (G16Sd)



Photo 5 : Petits lits de siltstone dans l'estran (G16Se)



Photo 6 : Pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge, affleurement de grès (G16Sf)

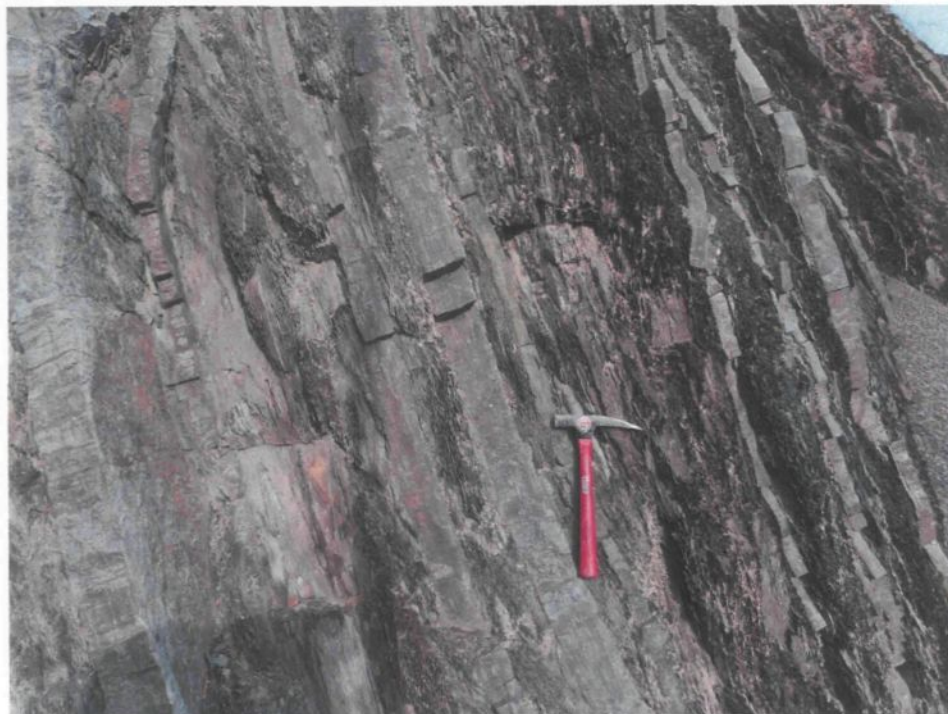


Photo 7 : Lits de grès très fins et de siltstone au pied de la falaise du Cap Rouge (G16Sg)



Photo 8 : Petits lits de grès très fins à l'extrême est du site (G16Sh)

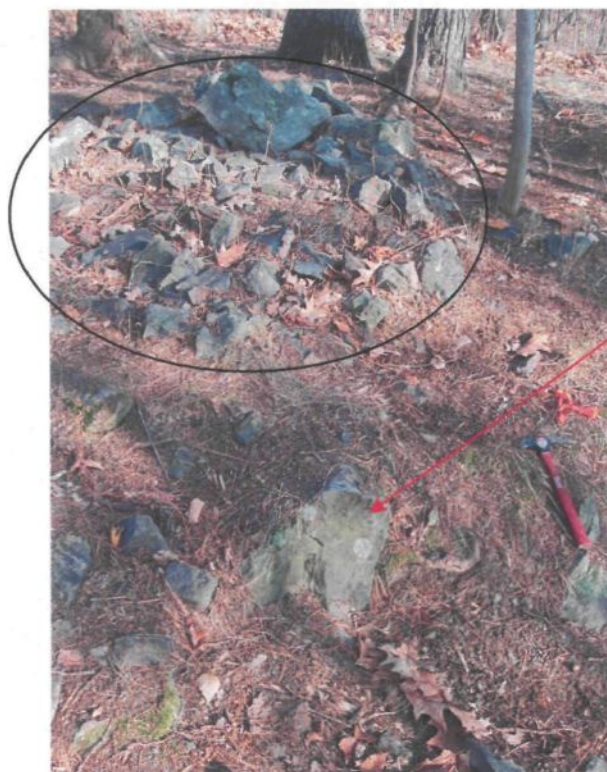


Photo 9 : Structure de pierres dans le parc (G19Ae) et affleurement de grès de Lauzon (G19Sa)



Photo 10 : Affleurements des gros lits de grès sous le Pont Saint-Louis, Cap-Rouge (G19Sb).



Photo 11 : Affleurements des bancs de grès en face de la roulotte à l'est du site. (G19Sc)



Photo 12 : Bancs d'emprunt (G19Sd)



Photo 13 : Affleurement de grès sur la pointe à l'ouest de la gare de train de Sainte-Foy entre les ponts et le site (G19Se)

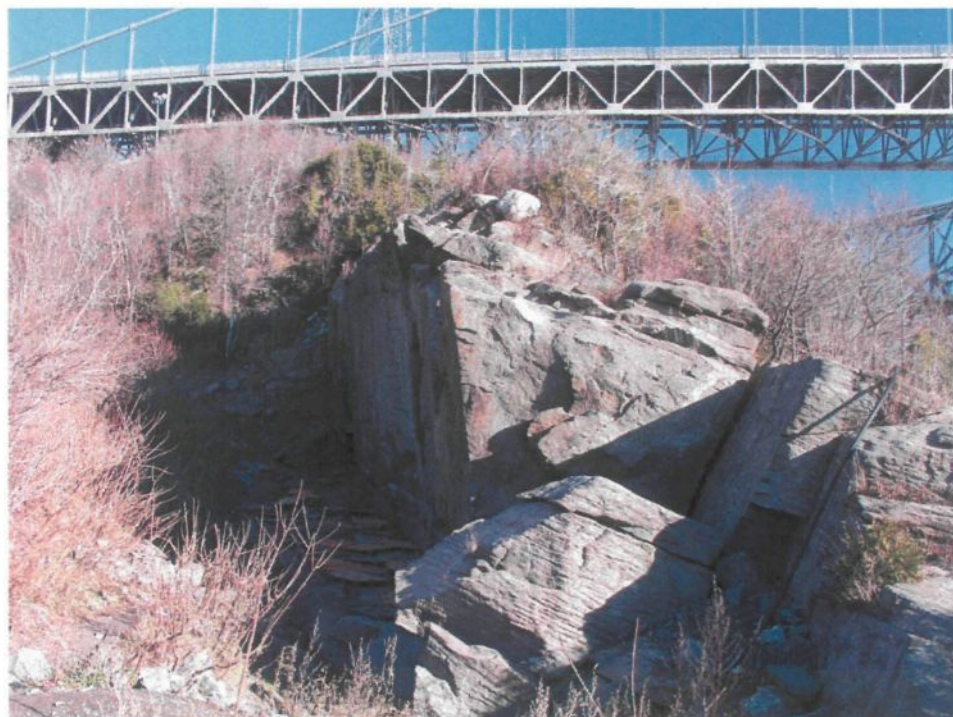


Photo 14 : Carrière de Sillery du 19^e siècle, du côté est du pilier nord du Pont Pierre-Laporte (G19Sf)

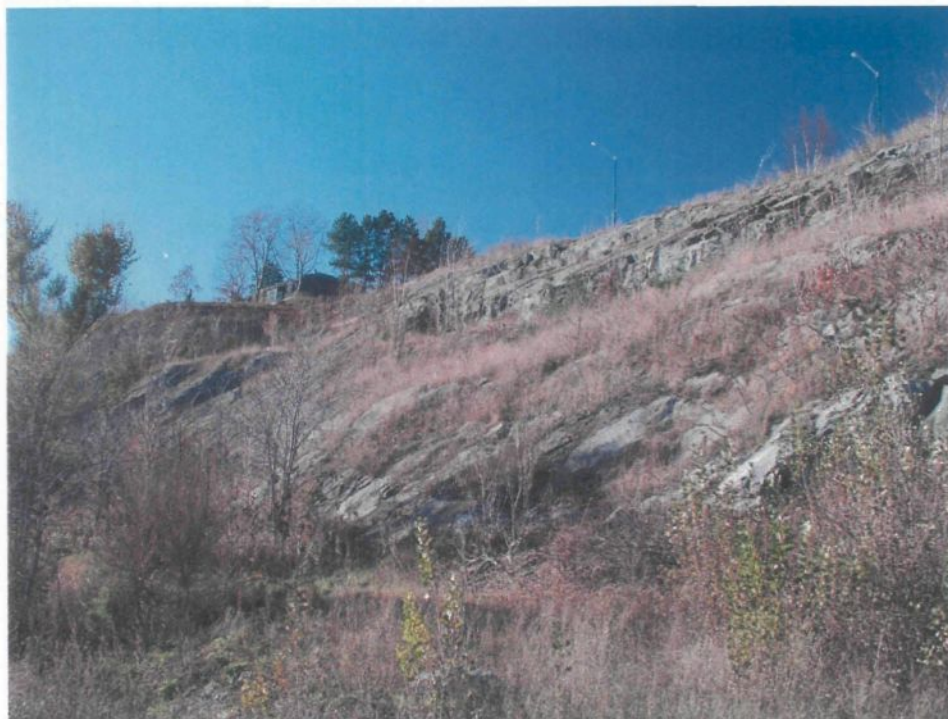


Photo 15 : Carrière de Sillery du 19^e siècle, près du pont des Cageux (G19Sg)



Photo 16 : Carrière de Sillery du 19^e siècle, dans le Boisé Tequenonday à l'ouest du Belvédère (G19Sh)



Photo 17 : Affleurement exploité historiquement, à St-Romuald, rue de l'école (G19Si)



Photo 18 : Carrière de Sillery du 19^e siècle, dans le Boisé Tequenonday à l'est du Belvédère (G19Sj)



Photo 19 : Falaise du promontoire du Cap Rouge, côté ouest, schistes gris (SSa)



Photo 20 : En dessous du pont Saint-Louis, shales rouges et verts des mudrocks de la Formation de Sainte-Foy (SSb)



Photo 21 : Estran, coté est de l'Anse du Cap Rouge (SSc)



Photo 22 : Plage Saint-Laurent, station 1 (SSd)



Photo 23 : Plage Saint-Laurent, station 1 (PSa)



Photo 24 : Pointe Aubin, près de Saint-Nicolas (PSb)



Photo 25 : Plage Saint-Laurent, station 3, Pointe Jean-Gros, (PSc)



Photo 26 : Pointe Ouest de l'Anse du Cap Rouge (PSd)



Photo 27 : Côté ouest du site, au nord sur le chemin de fer, à côté du 2^e ruisseau (QSa)



Veine de
Calcite

Photo 28 : Pointe Ouest de l'Anse du Cap Rouge (Qsb)



Photo 29 : Cap Diamant (QSc)



Photo 30 : Plage Saint-Laurent (CSa)



Photo 31 : Pointe Aubin, St-Nicolas (CSb)



Photo 32: Chert de la Côte Dinan (CSe)



Photo 33 : Chert de la Côte de la Montagne (CSf)

Appendice E : Tableau de référence synthèse des numéros d'analyse de chaque échantillon.

Signification des abréviations du tableau :

Code : C'est l'étiquette donnée à chaque échantillon analysé, exemple : G16Sb2. La première lettre représente la matière analysée (G=grès, S=schiste, P=pyrite, Q=quartz et C=chert). Pour les échantillons de grès, il y a division de la matière, G16 pour les grès probablement utilisés au 16^e siècle et G19 pour ceux probablement utilisés au 19^e siècle. La deuxième lettre du code correspond aux échantillons archéologiques (A) ou aux échantillons des sources géologiques (S). Une lettre minuscule identifie ensuite la localisation de l'affleurement ou la structure échantillonnée (a). Pour terminer, un chiffre est donné pour chaque échantillon prélevé par localité.

Photo : Indique le numéro de macrophotographies disponibles en Appendice électronique 1.

Géo. : Indique le numéro des analyses géochimiques brutes disponibles en Appendice électronique 2.

LM : Indique le numéro de lame mince pour chaque échantillon ainsi que le numéro des microphotographies disponibles en Appendice électronique 3.

FD : Indique le numéro de fiches descriptives qui sont les résultats de l'analyse pétrographique disponibles en Appendice G.

Description de la localisation des échantillons : Donne la description de la localisation de chaque échantillon. Aussi disponible sur les cartes de localisation des échantillons archéologiques et géologiques en Appendice B et C

Code	Photo	Géo.	LM	FD	Description de la localisation des échantillons
G16Aa1	P1010050	112	12	1,1	CeEu-4, opération 37A échantillon no. 1
G16Aa2	P1010042	109	9	1,1	CeEu-4, opération 37A échantillon no. 2
G16Aa3	P1010041	127	27	1,1	CeEu-4, opération 37B échantillon no. 1
G16Aa4	P1010047	118	18	1,1	CeEu-4, opération 37B échantillon no. 2
G16Aa5	P1010040	146	46	1,1	CeEu-4, opération 37C échantillon no. 3
G16Ab1	P1010055	155	55	1,1	CeEu-4, opération 66A échantillon no. 1
G16Ab2	P1010053	134	34	1,1	CeEu-4, opération 66A échantillon no. 2
G16Ac1	P1010026	105	5	1,1	CeEu-4, opération 41A361 échantillon no. 1
G16Ac2	P1010027	106	6	1,1	CeEu-4, opération 41A361 échantillon no. 3
G16Ac3	P1010032	119	19	1,1	CeEu-4, opération 41A62 échantillon no. 2
G16Ad1	P1010028	114	14	1,1	CeEu-4, opération 67B331 échantillon no. 1
G16Ad1b	P1010029	—	13	1,1	CeEu-4, opération 67B331 échantillon no. 4
G16Ad2	P1010031	117	17	1,1	CeEu-4, opération 60A331 échantillon no. 2
G16Ad3	P1010025	128	28	1,5	CeEu-4, opération 49A331 échantillon no. 1
G16Ad4	P1010023	148	48	1,1	CeEu-4, opération 40A331 échantillon no. 1
G16Ad5	P1010030	115	15	1,5	CeEu-4, opération 60A331 échantillon no. 1
G16Ad6	P1010024	125	25	1,1	CeEu-4, opération 40A331 échantillon no. 2
G16Ae1	P1010039	129	29	1,1	CeEu-4, opération 70A6 échantillon no. 1
G16Ae2	P1010035	108	8	1,1	CeEu-4, opération 70A6 échantillon no. 2
G16Sa1	P1010054	147	47	1,3	CeEu-4, opération 42A5, siltstone (petit lit) échantillon no. 1
G16Sa2	P1010048	116	16	1,3	CeEu-4, opération 42A5, siltstone (petit lit) échantillon no. 3
G16Sb1	P1010019	153	53	1,5	Bancs de grès à l'ouest, au nord sur le chemin de fer, échantillon no. 1
G16Sb2	P1010020	152	52	1,3	Bancs de grès à l'ouest, au nord sur le chemin de fer, échantillon no. 2
G16Sb3	P1010082	185	85	1,3	Bancs de grès à l'ouest, au nord près du 2 ^e ruisseau, petit lit.
G16Sc1	P1010037	150	50	1,5	Bancs de grès à l'ouest, derrière les maisons dans la côte de Cap-Rouge, échantillon no. 1
G16Sc2	P1010037	151	51	1,3	Bancs de grès à l'ouest, derrière les maisons dans la côte de Cap-Rouge, échantillon no. 2
G16Sd1	P1010014	137	37	1,3	Bancs de grès à l'ouest, au sud du 1 ^{er} ruisseau, échantillon no. 1
G16Sd2	P1010015	136	36	1,3	Bancs de grès à l'ouest, au sud du 1 ^{er} ruisseau, échantillon no. 2
G16Se1	P1010012	139	39	1,6	Estran, coté est de l'Anse du Cap Rouge petit lit de grès, échantillon no 1
G16Se2	P1010080	184	84	1,6	Estran, coté est de l'Anse du Cap Rouge, petit lit de grès, échantillon no 2
G16Sf1	P1010089	193	93	1,6	Pointe Ouest de l'Anse du Cap Rouge, affleurement de grès, échantillon no.1
G16Sf2	P1010091	195	95	1,6	Pointe Ouest de l'Anse du Cap Rouge, affleurement de grès, échantillon no.3
G16Sf3	P1010074	178	78	1,6	Plage Saint-Laurent, station 1, échantillon no2, gros grès
G16Sg1	P1010093	196	96	1,3	Pied de la falaise du cap Rouge, coté sud-est, petit lit de grès, échant. no.1
G16Sg2	P1010094	197	97	1,6	Pied de la falaise du cap Rouge, coté sud-est, petit lit de grès, échant. no.2
G16Sh1	P1010083	187	87	1,3	Extrême est de la falaise du cap Rouge, petit lit de grès, échantillon no.1
G16Sh2	P1010083	188	88	1,3	Extrême est de la falaise du cap Rouge, petit lit de grès, échantillon no.2

Code	Photo	Géo.	LM	FD	Description de la localisation des échantillons
G19Aa1	P1010049	122	22	1,2	CeEu-4, Mur de la Villa Atkinson, 19e siècle, échantillon no. 1
G19Aa2	P1010051	123	23	1,5	CeEu-4, Mur de la Villa Atkinson, 19e siècle, échantillon no. 2
G19Ab1	P1010021	143	43	1,2	CeEu-4, Mur Est de l'écurie, 19e siècle, échantillon no.1
G19Ab2	P1010022	144	44	1,2	CeEu-4, Mur Est de l'écurie, 19e siècle, échantillon no.2
G19Ac1	P1010004	103	3	1,1	CeEu-4, Mur du cavot/maison, 19e siècle, échantillon no. 1
G19Ac2	P1010005	104	4	1,1	CeEu-4, Mur du cavot/maison, 19e siècle, échantillon no. 2
G19Ad1	P1010002	102	—	—	CeEu-4, Mur de la terrasse de l'Est, 19e siècle, échantillon no. 2
G19Ad2	P1010003	101	2	1,1	CeEu-4, Mur de la terrasse de l'Est, 19e siècle, échantillon no. 3
G19Ad3	P1010001	100	1	1,2	CeEu-4, Mur de la terrasse de l'Est, 19e siècle, échantillon no. 1
G19Ae1	P1010006	126	26	1,4	CeEu-4, Structures de pierres dans le parc, 19e siècle, échantillon no. 1
G19Ae2	P1010007	110	10	1,4	CeEu-4, Structures de pierres dans le parc, 19e siècle, échantillon no. 2
G19Af1	P1010046	154	54	1,4	CeEu-4, opération 68A, échantillon no. 1
G19Af2	P1010043	124	24	1,1	CeEu-4, opération 68A, échantillon no. 2
G19Sa1	P1010010	142	42	1,4	Bancs de grès au nord, près des structures. de pierres dans le parc, échantillon no. 1
G19Sa2	P1010016	141	41	1,4	Bancs de grès au nord, près des structures. de pierres dans le parc, échantillon no. 2
G19Sb1	P1010033	120	20	1,1	Bancs de grès au nord-est, en- dessous du pont St Louis, échantillon no.1
G19Sb2	P1010033	121	21	1,1	Bancs de grès au nord-est, en- dessous du pont St Louis, échantillon no.2
G19Sc1	P1010017	131	31	1,1	Bancs de grès au nord-est, l'affleurement en face de la roulotte, échant. no. 1
G19Sc2	P1010018	132	32	1,1	Bancs de grès au nord-est, l'affleurement en face de la roulotte, échant. no. 2
G19Sd1	P1010009	149	49	1,4	Banc d'emprunt est, échantillon no1
G19Sd2	P1010011	140	40	1,3	Banc d'emprunt ouest, échantillon no1
G19Se1	P1010063	167	67	1,2	Affleurement de grès, à l'ouest de la gare de train de Ste-Foy, échant. no.1
G19Se2	P1010064	168	68	1,2	Affleurement de grès, à l'ouest de la gare de train de Ste-Foy, échant. no.2
G19Sf1	P1010071	175	75	1,2	Carrière de Sillery, coté ouest du Pont Pierre-Laporte, échantillon no.1
G19Sf2	P1010072	176	76	1,2	Carrière de Sillery, coté ouest du Pont Pierre-Laporte, échantillon no.2
G19Sg1	P1010069	173	73	1,2	Carrière de Sillery, à l'ouest du quai des Cageux, échantillon no.1
G19Sg2	P1010070	174	74	1,2	Carrière de Sillery, à l'ouest du quai des Cageux, échantillon no.2 gros
G19Sh1	P1010061	165	65	1,2	Carrière de Sillery, Boisé Tequenonday à l'ouest du Belvédère, échant. no.1
G19Sh2	P1010062	166	66	1,2	Carrière de Sillery, Boisé Tequenonday à l'ouest du Belvédère, échant. no.2
G19Si1	P1010065	169	69	1,2	Affleurement exploité, St-Romuald, rue de l'école, échantillon no.1
G19Si2	P1010066	170	70	1,2	Affleurement exploité, St-Romuald, rue de l'école, échantillon no.2
G19Sj1	P1010067	171	71	1,2	Carrière de Sillery, Boisé Tequenonday à l'est derrière, échantillon no.1
G19Sj2	P1010068	172	72	1,2	Carrière de Sillery, Boisé Tequenonday à l'est derrière, échantillon no.2

Code	Photo	Géo.	LM	FD	Description de la localisation des échantillons
SAa1	P1010044	130	30	2,0	CeEu-4 op. 37C échantillon no. 4, schiste
SAb1	P1010052	133	33	2,0	CeEu-4 op. 43A110 échantillon no. 1, schiste
SAb2	P1010045	135	35	2,0	CeEu-4 op. 43A110 échantillon no. 2, schiste
SAc1	P1010038	107	7	2,0	CeEu-4 op. 42A échantillon no. 1 schiste rouge
SAc2	P1010036	111	11	2,0	CeEu-4 op. 42A5, schiste vert
SSa1	P1010474	211	—	—	A l'ouest du 2 ^e ruisseau, olistostrome, schiste
SSa2	P1010081	186	86	2,0	Bancs de grès à l'ouest, au nord près du 2 ^e ruisseau, échant no. 2, schiste
SSa3	—	202	102	2,0	Falaise du cap Rouge, coté ouest, schiste gris foncé
SSa4	P1010447	212	—	—	Falaise du cap Rouge, coté ouest, schiste gris
SSa5	P1010034	145	45	2,0	Bancs de grès à l'ouest, près des maisons dans la côte de Cap-Rouge, schiste
SSb1	—	200	100	2,0	Au sud du lit de grès au nord-est, en-dessous du pont St-Louis, schiste vert
SSb2	—	201	101	2,0	Au sud du lit de grès au nord-est, en-dessous du pont St-Louis, schiste rouge
SSb3	P1010013	138	38	2,0	Banc d'emprunt ouest, schiste
SSc1	—	210	—	—	Estran, coté est de l'Anse du Cap Rouge, près du quai, schiste gris-vert
SSd1	P1010073	177	77	2,0	Plage Saint-Laurent, station 1, échantillon no1, mudstone vert pâle
SSd2	P1010090	194	94	2,0	Pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge, schiste et calcite, échant no.2

Code	Photo	Géo.	LM	FD	Description de la localisation des échantillons
PAa1	P1010589	215	—	—	CeEu-4 op. 45A3 (20-390 cm) scories
PAb1	P1010467	216	—	—	CeEu-4 op. 45A3 (20-30 cm) soufre
PSa1	P1010570	180	80	3,0	Plage Saint-Laurent, station 1, échantillon no.4, pyrite et gangue
PSa2	P1010568	181	81	3,0	Plage Saint-Laurent, station 1, échantillon no.5, nodule de pyrite
PSa3	P1010075	179	79	2,0	Plage Saint-Laurent, station 1, échantillon no.3, mudstone noir calcaireux
PSb1	P1010593	162	62	3,0	Pointe Aubin : nodule de pyrite
PSc1	P1010575	182	82	3,0	Plage Saint-Laurent, Pointe Jean-Gros, station 3, échant no.1, nodule
PSc2	P1010563	183	83	3,0	Plage Saint-Laurent, Pointe Jean-Gros, station 3, échant no.2, pyrite avec gangue
PSc3	P1010077	204	—	—	Plage Saint-Laurent, Pointe Jean-Gros, station no3, gangue de pyrite, mudstone noir
PSd1	P1010571	198	98	3,0	Pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge, pyrite, échant no.1, nodule
PSd2	P1010473	207	—	—	Pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge, pyrite, échant no2, nodule
PSd3	P1010564	199	99	3,0	Pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge, pyrite, échant no.3, nodule
PSd4	—	209	—	—	Pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge, gangue de pyrite,

Code	Photo	Géo.	LM	FD	Description de la localisation des échantillons
QAa1	P1010493	220	—	—	CeEu-4 op. 64A3 (0-10 cm) cristaux de quartz blanc
QAb1	P1010499	214	—	—	CeEu-4 op. 51A2 quartz laiteux roulé
QAc1	P1010502	213	—	—	CeEu-4 op. 45A3 (10-20 cm), cristal de quartz hyalin
QAd1	P1010461	—	402	2,0	CeEu-4 op. 62A4, quartz avec gangue
QAE1	P1010465	—	404	2,0	CeEu-4 op. 40 A4 (5-10 cm), quartz avec gangue
QAF1	P1010457	—	403	2,0	CeEu-4 op. 57A9, Quartz avec gangue
QAg1	P1010459	206	401	2,0	CeEu-4 op. 41 A9, quartz avec gangue
QSa1	P1010489	206	—	—	Cristal de quartz, sur une faille à côté de G16Sb du 2 ^e ruisseau
QSa2	P1010485	203	103	1,3	Falaise du cap Rouge, côté ouest, lit de grès fin avec quartz
Qsb1	P1010449	194	—	—	Pointe ouest de l'Anse du Cap Rouge, calcite sans gangue
QSc1	P1010508	226	—	—	Cristaux Cap Diamant avec gangue
QSc2	P1010512	227	—	—	Cristaux Cap Diamant

Code	Photo	Géo.	LM	FD	Description de la localisation des échantillons
CAa1	P1010545	222	—	—	CeEu-4 op. 20B2, éclat utilisé de chert ou mudstone beige
CAa2	P1010550	224	—	—	CeEu-4 op. 20B5b, fragment de nucléus de chert
CAa3	P1010560	229	—	—	CeEu-4, op. 20B. :178b, éclat de chert ou mudstone beige
CAb1	P1010547	223	—	—	CeEu-4 op. 53A2a, éclat de décorticage de chert
CAb2	P1010548	225	—	—	CeEu-4 op. 53A2c, fragment de nucleus de chert
CAb3	P1010558	228	—	—	CeEu-4 op. 53A :179, éclat de chert
CAC1	P1010540	160	60	4,1	CeEu-10, éclat en chert no.1
CAC2	P1010542	161	61	4,1	CeEu-10, éclat en chert no.2
CSa1	P1010521	191	91	4,1	Plage Saint-Laurent, station 1, échantillon no.1, chert
CSa2	P1010526	192	92	4,1	Plage Saint-Laurent, station 1, échantillon no.2, chert avec pyrite
CSb1	P1010523	189	89	4,1	Pointe Aubin, St-Nicolas, chert, échantillon no.1
CSb2	P1010531	190	90	4,1	Pointe Aubin, St-Nicolas, chert, échantillon no.2
CSd1	P1010538	158	58	4,1	Chert vert de Québec échantillon no.1 petit
CSd2	P1010537	159	59	4,1	Chert vert de Québec échantillon no.2 gros
CSe1	P1010056	156	56	4,2	Chert de la Côte Dinan, échantillon no. 1
Cse2	P1010056	—	57	4,2	Chert de la Côte Dinan, échantillon no. 2
CSf1	P1010533	163	63	4,2	Chert de la Côte de la Montagne, échantillon no. 1 (gros)
CSf2	P1010535	164	64	4,2	Chert de la Côte de la Montagne, échantillon no. 2
CSg1	P1010520	205	—	—	Chert Normanskill, Coxsackie, N-Y, chert vert éclatant

Appendice F : Données d'analyse géochimique obtenue en analyse par activation neutronique (INAA) pour chaque échantillon.

Code	Na2O %	MgO %	Al2O3 %	K2O %	Sc ppm	TiO2 %	V ppm	Cr ppm
Echantillons archéologiques de grès de structures du 16e siècle de CeEu-4								
G16Aa1	1,9926	1,1400	11,4689	0,6668	7,9085	0,0094	50,8381	33,3895
G16Aa2	1,9356	1,2361	11,3789	0,3666	7,5412	0,0086	50,0637	30,8667
G16Aa3	1,9927	1,0005	10,9814	0,5702	7,3652	0,0087	48,7488	30,3184
G16Aa4	1,9338	1,1701	11,8927	0,6985	8,0530	0,0095	54,6190	33,1809
G16Aa5	2,0308	1,2100	11,9759	0,6357	7,7923	0,0091	52,9038	35,3347
G16Ab1	1,9350	1,0274	11,6752	0,6790	7,9898	0,0091	52,6887	33,2362
G16Ab2	2,0093	0,8691	11,5255	0,8850	7,7993	0,0088	52,8160	31,3033
G16Ac1	1,8428	1,4206	14,2962	0,8210	10,3476	0,0097	61,9132	39,8918
G16Ac2	1,7366	1,4122	15,9892	1,2946	11,8624	0,0100	68,8901	44,5831
G16Ac3	1,8620	1,2396	12,0232	0,8191	7,9780	0,0092	54,9808	32,2691
G16Ad1	2,0523	0,9573	11,3999	0,4892	7,5697	0,0087	49,5936	30,7501
G16Ad2	2,2814	0,9249	11,0278	< 0,3603	7,9967	0,0087	46,9233	29,1494
G16Ad3	2,9062	1,0202	11,8071	0,7200	7,8048	0,0075	44,4164	30,5818
G16Ad4	1,8106	1,2657	12,0029	0,5875	7,8473	0,0093	56,3494	31,3424
G16Ad5	2,8940	1,1743	11,8135	< 0,4473	7,5616	0,0077	42,9858	31,5842
G16Ad6	1,8115	1,0540	11,1064	0,5680	7,5586	0,0089	52,1675	31,9059
G16Ae1	1,8121	1,4313	15,0727	0,9527	10,8164	0,0100	65,9632	43,6658
G16Ae2	1,8829	1,0454	11,2021	< 0,2329	7,7509	0,0089	50,5505	28,6125
Echantillons archéologiques de grès de structures du 19e siècle de CeEu-4								
G19Aa1	1,0002	0,2837	6,3170	0,7076	4,3603	0,0085	36,9711	15,7851
G19Aa2	5,5668	1,2691	13,5351	0,4844	5,9190	0,0056	44,5614	31,6456
G19Ab1	4,6987	0,7170	10,5303	0,3987	7,0517	0,0057	36,5170	32,3416
G19Ab2	2,8109	0,6862	9,8916	0,9220	6,8734	0,0125	57,5223	30,5993
G19Ac1	1,8856	1,0661	11,8533	0,6933	8,1233	0,0091	52,9068	31,9068
G19Ac2	1,9331	1,1586	11,6748	0,7477	7,8045	0,0091	51,6840	29,9361
G19Ad1	1,8372	0,4066	7,9315	0,8456	5,1542	0,0137	52,6053	23,9764
G19Ad2	1,9467	1,3938	12,8796	0,7958	9,0216	0,0094	58,7613	35,7143
G19Ad3	2,2620	0,5097	8,8266	0,6515	4,4172	0,0087	39,3825	20,9211
G19Ae1	3,9617	0,2160	8,9685	< 0,1665	2,7610	0,0038	21,3039	14,6033
G19Ae2	4,1815	< 0,1893	8,5850	< 0,1875	2,5587	0,0033	25,5041	11,3386
G19Af1	2,0713	0,1914	5,5128	< 0,1714	2,1679	0,0050	38,3551	10,8859
G19Af2	2,1257	0,9794	10,9200	0,4647	7,4480	0,0078	47,2652	31,3591

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	MnO %	Fe2O3 %	Co ppm	Ni ppm	Zn ppm	As ppm	Se ppm	Rb ppm
Echantillons archéologiques de grès de structures du 16e siècle de CeEu-4								
G16Aa1	0,1344	6,5175	5,5377	< 15,6249	80,0112	14,5291	< 4,4544	21,8583
G16Aa2	0,1663	7,0084	7,4305	< 12,7599	112,5281	16,2883	< 3,6058	23,5333
G16Aa3	0,2092	6,2795	6,6502	< 20,4276	89,0521	12,5436	< 3,5556	23,0257
G16Aa4	0,1103	6,4723	6,1855	< 13,5344	88,5364	13,6408	< 3,4074	29,1064
G16Aa5	0,3650	7,2395	8,3900	< 40,3561	99,7629	12,6597	< 3,7572	27,2927
G16Ab1	0,1061	5,7182	5,4567	< 34,4029	86,9291	12,8606	< 2,2638	25,6533
G16Ab2	0,2664	6,3235	7,5653	< 15,1764	125,2953	13,3759	< 4,0917	28,4818
G16Ac1	0,1951	7,5431	8,1510	26,3255	115,8776	14,6184	< 4,1304	33,3765
G16Ac2	0,1887	6,7314	10,0109	11,7463	137,3166	22,1592	< 3,8215	41,5410
G16Ac3	0,2421	6,6812	8,5940	< 11,0172	115,5656	14,2205	< 4,4817	26,8718
G16Ad1	0,2165	5,8057	6,6760	< 18,6316	91,8290	11,8918	< 3,4161	24,0741
G16Ad2	0,6687	6,0800	6,4126	< 16,5063	125,3025	12,1712	< 4,8231	19,4517
G16Ad3	0,6060	7,3839	8,2250	< 23,5508	110,0830	9,8648	< 2,7229	19,1543
G16Ad4	0,1453	7,1674	7,3657	< 21,5307	102,9695	12,5260	< 4,6898	24,2820
G16Ad5	0,5700	7,4055	9,9260	< 36,7404	126,9188	12,1018	< 1,5835	18,8127
G16Ad6	0,2582	6,7713	8,2069	< 21,7907	103,5313	12,0945	< 4,4042	24,3002
G16Ae1	0,2690	7,7718	10,9271	< 20,7181	111,5731	20,1864	< 2,2603	35,5170
G16Ae2	0,4414	6,3104	8,6322	< 20,3289	171,8681	13,7766	< 4,6277	25,7537
Echantillons archéologiques de grès de structures du 19e siècle de CeEu-4								
G19Aa1	0,0189	3,6977	3,4289	< 9,6914	42,1133	4,7010	< 7,0112	24,8712
G19Aa2	0,1242	3,2900	6,2256	< 20,9251	54,2545	0,7640	< 0,8402	15,3680
G19Ab1	0,2712	1,8640	6,8335	< 12,6405	48,0034	0,6449	< 2,4108	9,6564
G19Ab2	0,2293	4,3097	7,4363	< 36,8937	46,9779	1,4311	< 5,4761	31,0206
G19Ac1	0,1007	6,0745	4,6318	< 23,4735	87,4464	13,4898	< 4,6076	26,9986
G19Ac2	0,2022	6,5378	7,7308	< 12,6303	90,9727	15,7458	< 3,6040	24,1353
G19Ad1	0,0766	3,7339	5,7764	< 17,8262	41,0892	4,7745	< 8,0582	29,3317
G19Ad2	0,1428	7,0165	6,1901	< 25,0698	99,9034	13,7385	< 4,4191	29,6734
G19Ad3	0,0865	3,9600	5,8392	< 17,4258	37,8822	4,4689	< 3,0384	27,7224
G19Ae1	0,0332	1,6610	2,5403	< 9,3071	30,6354	0,6660	< 3,9400	< 1,3723
G19Ae2	0,0209	0,9245	1,5899	< 16,8876	9,7205	0,5552	< 2,3758	3,8725
G19Af1	0,0608	1,5965	2,1737	< 10,5754	16,0630	1,4418	< 6,5042	< 2,5603
G19Af2	0,1049	6,4648	5,3672	20,5346	79,6724	11,1946	< 3,3413	20,8140

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code /	Zr ppm	Ag ppm	Sb ppm	Cs ppm	Ba ppm	La ppm	Ce ppm	Nd ppm
Echantillons archéologiques de grès de structures du 16e siècle de CeEu-4								
G16Aa1	452,3381	1,4354	0,2238	< 0,0898	333,7446	28,5679	74,4366	24,3302
G16Aa2	365,2767	< 0,7185	0,2676	0,4141	1905,7215	25,8161	69,4080	25,6983
G16Aa3	460,6821	< 0,7850	0,4959	0,5030	171,2527	23,9784	63,1982	23,5517
G16Aa4	450,0958	< 0,7521	0,3470	0,4159	143,6644	27,7632	75,3060	28,6580
G16Aa5	417,4335	< 1,2308	0,4232	0,5288	278,6004	28,1569	82,7259	26,9159
G16Ab1	525,1607	< 0,9515	0,1747	0,4572	191,4311	27,0720	75,8331	26,7067
G16Ab2	342,3508	< 1,1985	0,1730	0,3955	303,5450	27,7687	75,5128	24,7889
G16Ac1	364,4560	< 1,0758	0,4060	1,0080	255,8281	31,9538	86,0177	32,8970
G16Ac2	400,2345	< 1,1028	0,3878	1,2523	242,3090	37,6178	138,5260	58,2168
G16Ac3	431,4281	< 0,8695	0,2657	0,3153	324,3447	26,6830	70,3772	25,3856
G16Ad1	436,3168	< 0,7064	0,2834	0,4726	248,4111	27,0160	74,2007	26,7243
G16Ad2	480,7934	< 1,3140	0,2936	< 0,0941	539,8663	27,5913	88,7531	35,4412
G16Ad3	375,8836	< 1,0041	0,1636	0,3642	642,0653	22,8172	70,7871	30,1075
G16Ad4	395,5204	< 0,8047	0,2061	0,2084	200,5064	26,3745	68,8543	24,2850
G16Ad5	408,1328	< 0,9936	0,4412	0,2166	529,3805	24,6252	79,1844	27,7827
G16Ad6	421,5545	< 0,7136	0,3245	0,6126	232,8412	26,2739	72,6228	25,4307
G16Ae1	311,7544	< 1,0623	0,4019	1,1590	268,1621	33,7371	91,9751	32,7601
G16Ae2	466,1715	< 0,8771	0,2161	0,2252	501,1175	26,5121	75,6334	29,0864
Echantillons archéologique de grès de structures du 19e siècle de CeEu-4								
G19Aa1	596,7674	< 0,6363	0,0766	0,1920	51,4883	17,4415	43,3502	14,4035
G19Aa2	157,4777	< 0,6633	0,0535	0,5570	164,9568	23,6877	76,7692	30,7759
G19Ab1	275,8364	< 0,7100	0,0511	0,3042	121,0702	23,6190	77,6652	30,4022
G19Ab2	661,2847	< 0,9692	0,0829	0,6130	139,3818	26,9831	88,7822	34,3771
G19Ac1	410,8105	< 0,9442	0,4537	0,4903	99,1968	27,8288	72,6748	27,6444
G19Ac2	402,0521	< 1,0143	0,5403	0,1723	172,2535	27,1946	72,7804	25,9784
G19Ad1	761,0797	< 0,5965	0,0879	0,4836	148,9430	23,1558	74,8831	33,6691
G19Ad2	384,5617	< 0,9666	0,3275	0,5651	215,3705	28,0297	72,1491	26,3772
G19Ad3	366,7420	< 0,6360	0,0534	0,2704	177,0567	19,2356	57,2666	22,7651
G19Ae1	340,6614	< 0,6031	0,1158	< 0,0948	51,4966	11,7965	44,9634	16,5889
G19Ae2	288,4888	< 0,5271	0,1436	0,2622	51,6176	13,3634	57,4938	18,5272
G19Af1	525,6990	< 0,7705	0,1424	0,1239	212,5039	12,2249	51,1899	18,8813
G19Af2	426,2217	< 1,1225	0,5855	0,6732	82,8458	26,2191	77,4067	27,2938

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Au ppb	Th ppm	U ppm
Echantillons archéologiques de grès de structures du 16e siècle de CeEu-4			
G16Aa1	< 1,2022	9,2640	1,9601
G16Aa2	< 1,6836	6,7196	1,6896
G16Aa3	< 2,7673	8,2138	1,8624
G16Aa4	< 2,5627	7,6567	2,0284
G16Aa5	< 3,4134	7,6189	1,9182
G16Ab1	< 0,9971	7,7395	2,0057
G16Ab2	< 0,4856	7,3800	1,6957
G16Ac1	1,2218	8,3224	1,8848
G16Ac2	< 8,0510	8,5723	2,1210
G16Ac3	1,0812	7,3940	1,7779
G16Ad1	< 2,0143	7,7414	1,8955
G16Ad2	< 0,6989	7,7391	1,7911
G16Ad3	< 3,8275	6,9159	1,5147
G16Ad4	< 2,0798	6,9993	1,8928
G16Ad5	< 8,1823	7,1022	1,6708
G16Ad6	< 2,2256	6,8638	1,6463
G16Ae1	< 2,4652	8,5136	1,9997
G16Ae2	< 2,7961	7,8492	1,8912
Echantillons archéologiques de grès de structures du 19e siècle de CeEu-4			
G19Aa1	1,2182	7,1953	1,8918
G19Aa2	< 3,9308	3,3702	0,8672
G19Ab1	< 5,5694	3,5795	0,9714
G19Ab2	< 10,7500	8,3610	2,0025
G19Ac1	2,6050	8,4587	2,1054
G19Ac2	1,0381	7,2011	1,8418
G19Ad1	< 3,1226	10,1725	2,2047
G19Ad2	< 0,4504	7,3667	1,8022
G19Ad3	< 2,5262	6,5655	1,3973
G19Ae1	< 2,0754	5,3816	1,2718
G19Ae2	< 2,3383	4,6271	1,2613
G19Af1	< 0,6522	6,2197	17,8435
G19Af2	< 2,0565	7,5915	1,7911
< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA			

Code	Na2O %	MgO %	Al2O3 %	K2O %	Sc ppm	TiO2 %	V ppm	Cr ppm
Échantillons géologiques de grès à proximité du site								
G16Sa1	3,8028	2,2011	11,6440	0,2392	5,7412	0,0061	45,1088	26,5911
G16Sa1	1,4360	2,3819	17,0861	3,5519	17,3549	0,0081	102,3253	73,8145
G16Sa2	3,7503	1,1018	10,1542	0,7660	4,4025	0,0063	32,5887	29,2434
G16Sa2	3,1790	0,9684	9,7724	< 0,1836	3,8422	0,0055	31,0028	21,2941
G16Sb3	4,1918	2,7337	13,2728	0,4216	5,9772	0,0063	50,1277	32,7906
G16Sc1	4,8249	2,4128	13,8259	0,3118	8,1502	0,0070	60,7725	46,4903
G16Sc2	4,5845	2,2937	14,0562	0,4332	6,7727	0,0075	48,7409	34,2413
G16Sd1	2,3267	0,7439	9,0307	< 0,5379	5,1583	0,0055	47,7976	27,5147
G16Sd2	2,9971	0,6398	9,9719	0,3902	5,0540	0,0054	46,8810	29,4927
G16Se1	0,1650	0,9442	1,2141	< 0,0913	0,9408	0,0004	5,5866	6,7353
G16Se2	3,2309	0,6302	8,3731	< 0,2395	2,3378	0,0058	12,8949	15,3597
G16Sf1	3,2060	1,8100	10,7715	1,5620	5,1866	0,0071	35,9183	29,9939
G16Sf2	3,2526	1,2699	10,1731	1,3484	3,7739	0,0061	26,3735	25,6896
G16Sf3	0,5657	1,1373	4,2966	0,4956	4,2691	0,0011	61,8990	41,9949
G16Sg1	3,2231	0,9730	10,4075	0,4320	4,6266	0,0059	28,7090	22,9761
G16Sg2	3,2587	0,7730	8,7750	< 0,1346	2,9241	0,0050	23,2089	18,8079
G16Sh1	2,6684	0,1794	6,7830	< 0,2333	2,3107	0,0041	36,8685	10,8975
G16Sh2	3,3270	0,9641	10,8379	0,3200	4,5126	0,0060	35,1953	21,2377
Échantillons géologiques de grès de la région de Québec								
G19Sa1	3,5685	< 0,1573	7,8777	< 0,1418	3,0662	0,0036	29,4497	12,3267
G19Sa2	3,8957	< 0,1756	8,0098	< 0,1885	2,4834	0,0030	25,2199	11,3583
G19Sb1	1,9403	1,2250	11,3905	0,5616	7,8138	0,0090	51,7306	33,3410
G19Sb2	1,6549	0,9453	10,7845	0,4810	6,9741	0,0076	45,4732	26,0396
G19Sc1	2,9756	1,1586	12,9748	< 0,7906	10,5275	0,0070	41,0089	30,7302
G19Sc2	1,9589	1,4494	13,2027	0,6057	9,1330	0,0089	59,2657	33,2891
G19Sd1	2,9813	0,6132	8,9914	< 0,3050	3,5498	0,0064	67,0059	20,8820
G19Sd2	2,9063	0,7620	9,4673	0,4229	4,6339	0,0063	42,2517	27,6773
G19Se1	2,6358	1,0915	11,8986	1,2373	8,1914	0,0144	71,7171	30,0821
G19Se2	2,2978	0,9620	12,1592	1,4916	7,6814	0,0124	66,0667	29,8343
G19Sf1	1,5599	0,5121	9,0646	1,1550	5,6535	0,0136	55,6113	22,9274
G19Sf2	1,7887	0,5714	9,7319	1,3071	5,5157	0,0125	51,4482	25,1253
G19Sg1	0,7473	0,1064	3,6243	0,3865	1,7345	0,0043	11,9515	5,1313
G19Sg1	0,9172	0,5822	8,3319	1,2185	5,0785	0,0114	46,3506	17,4552
G19Sg2	0,5964	0,4423	6,1804	1,1055	4,9708	0,0153	51,6956	20,7861
G19Sh1	1,6178	0,3984	8,3427	1,0389	4,4923	0,0081	28,2276	17,8344
G19Sh2	1,5323	0,6569	10,9379	1,6726	6,3768	0,0086	45,4604	23,4651
G19Si1	2,1794	0,8816	11,2301	2,3824	7,0830	0,0133	62,4982	27,5637
G19Si2	2,1607	0,7624	11,7162	2,6016	7,7146	0,0150	68,7384	33,0571
G19Sj2	1,0178	< 0,1053	3,9080	0,2676	1,7743	0,0035	10,2145	7,4212
Standards géochimiques								
KPT-1	2,5521	4,4350	14,4305	1,4256	24,5895	0,925%	215,2501	152,2991
KPT-3	2,5418	4,1373	14,9648	1,8663	24,6512	0,965%	225,4010	151,7482
KPT-4	2,5488	4,2998	14,8277	1,7346	25,1834	0,905%	223,3890	154,9657
KPT-5	2,5174	4,2271	14,6279	1,5629	24,3285	0,913%	219,3567	149,8136
KPT-6	2,5131	4,3296	14,6485	1,5583	24,5407	0,901%	218,2754	149,5537
KPT-8	2,4939	4,2317	14,4903	1,5796	24,5096	0,885%	215,7276	152,4425
Working	2,6100	4,3000	14,4100	1,6500	24,8400	0,900%	197,2200	152,2400

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	MnO %	Fe2O3 %	Co ppm	Ni ppm	Zn ppm	As ppm	Se ppm	Rb ppm
Échantillons géologiques de grès à proximité du site								
G16Sa1	0,0542	5,2978	5,3837	16,8106	70,3725	0,6714	< 3,4734	10,2777
G16Sa1	0,0948	9,0096	21,4047	45,1181	127,3284	2,8378	< 2,4858	148,3242
G16Sa2	0,1865	3,2434	7,9640	< 36,8974	45,9064	2,7652	< 4,4018	13,8210
G16Sa2	0,1606	4,3617	11,0631	< 8,8860	62,6574	0,8244	< 3,4628	8,1950
G16Sb3	0,0300	6,6948	6,4203	14,3482	52,9546	0,8369	< 3,8918	15,0663
G16Sc1	0,0898	6,8720	10,5695	< 28,4309	89,2900	0,9862	< 0,5149	14,1974
G16Sc2	0,0297	7,2812	4,9445	< 23,3610	69,2655	1,1415	< 3,2905	11,4540
G16Sd1	0,6576	6,1441	10,3374	< 17,9052	67,1858	8,8442	< 4,1103	13,1133
G16Sd2	0,1089	3,8286	7,4025	< 18,4260	36,8376	4,0657	< 3,1807	20,9835
G16Se1	0,0387	0,5315	1,2909	< 15,0445	8,7257	0,2133	< 0,1959	8,3883
G16Se2	0,1952	2,4049	6,5400	< 9,6397	41,4481	0,5576	< 6,8505	< 1,4993
G16Sf1	0,1357	2,5995	5,8877	< 11,8680	53,2463	2,0047	< 8,8586	37,0005
G16Sf2	0,1727	1,8363	4,3179	< 17,8802	37,3866	1,8475	< 7,0065	32,6711
G16Sf3	0,3942	2,6998	17,1285	30,5495	64,4153	13,3751	< 0,9199	21,6250
G16Sg1	0,1683	4,0827	11,9911	19,4398	72,6988	1,6914	< 4,3581	12,6684
G16Sg2	0,4444	3,2261	9,8766	< 14,4484	52,0275	0,9755	< 3,7676	< 2,0230
G16Sh1	0,0814	2,0224	2,3939	< 12,1269	30,3181	0,6909	< 5,1007	4,8903
G16Sh2	0,2346	3,4726	11,3639	< 19,9032	64,6371	0,9064	< 4,2414	21,3231
Échantillons géologiques de grès de la région de Québec								
G19Sa1	0,0435	1,5903	2,0207	< 16,1562	< 13,4883	1,1049	< 4,4544	< 1,9013
G19Sa2	0,0276	1,0332	1,1634	< 33,1405	< 10,0901	0,9514	< 2,2750	< 4,3339
G19Sb1	0,5839	7,5168	8,7276	< 13,5127	111,9761	12,5086	< 3,4027	21,3333
G19Sb2	0,4097	5,8581	7,5875	< 12,3510	93,9556	9,8695	< 3,8836	18,4885
G19Sc1	1,0185	11,7790	12,5648	37,2139	132,6735	10,9412	< 3,5539	10,8989
G19Sc2	0,1714	8,5677	6,0001	< 13,8499	113,0290	16,4791	< 3,3967	22,3284
G19Sd1	0,1632	3,8547	5,5934	< 10,2437	43,2045	< 0,7488	< 4,9686	7,2877
G19Sd2	0,0584	3,5731	9,6143	< 35,0615	61,1936	0,7974	< 5,0791	15,7683
G19Se1	0,1185	6,1243	8,4186	< 14,4072	90,4804	4,4610	< 9,0942	35,8688
G19Se2	0,1180	5,1494	8,4552	< 11,5183	78,8388	6,8291	< 6,0824	51,4067
G19Sf1	0,1270	4,8237	6,5790	< 20,1026	77,5287	3,8750	< 22,3603	32,7615
G19Sf2	0,1011	4,4451	6,0284	< 11,3097	74,9966	3,2425	< 8,1602	40,7343
G19Sg1	0,1310	1,1069	1,7082	< 8,1648	18,6652	2,0208	< 2,9729	14,1343
G19Sg1	0,1259	5,0112	6,2441	< 9,8858	50,6337	3,8951	< 7,1090	39,0947
G19Sg2	0,1047	3,1851	3,9290	< 9,7496	26,2315	4,8005	< 9,1384	32,8799
G19Sh1	0,2268	3,1543	5,2240	< 18,8797	76,7953	4,2163	< 5,2884	34,2184
G19Sh2	0,0645	4,2836	6,0241	< 11,8473	66,7221	6,8906	< 4,5070	58,8195
G19Si1	0,0979	5,2414	9,3062	< 12,9070	65,5409	2,5869	< 6,5774	71,8092
G19Si2	0,1131	5,3434	9,4346	< 5,7532	78,4291	2,9970	< 7,3141	78,1319
G19Sj2	0,0708	1,2850	2,4004	< 7,8861	40,1697	1,5529	< 2,8575	9,8458
Standards géochimiques								
KPT-1	0,1495	11,9812	78,4202	1175,3159	140,0778	< 1,8348	< 9,0550	58,6980
KPT-3	0,1523	12,0603	79,3709	1254,2807	141,0731	2,4299	< 6,4910	66,7736
KPT-4	0,1517	12,1686	79,3348	1264,3565	144,4300	1,7072	< 4,4936	62,9499
KPT-5	0,1495	11,8930	78,3719	1299,9125	134,0186	2,1143	< 3,9434	65,1501
KPT-6	0,1494	11,9400	78,0339	1287,7012	162,0661	2,1749	4,2698	62,5736
KPT-8	0,1500	11,9033	78,8758	1267,5859	124,7980	2,2801	3,9721	60,5030
Working	0,1400	12,2400	nd	1169,0000	120,2400	nd	2,9300	61,4500

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Zr ppm	Ag ppm	Sb ppm	Cs ppm	Ba ppm	La ppm	Ce ppm	Nd ppm
Échantillons géologiques de grès à proximité du site								
G16Sa1	383,4697	< 0,2168	0,0886	< 0,0948	384,4872	24,9193	77,5919	36,0189
G16Sa1	171,8673	< 0,7866	1,1793	7,3304	465,6211	43,0641	104,8533	38,7820
G16Sa2	434,3922	< 0,9317	0,2459	0,5268	243,4769	20,9386	81,0900	31,9840
G16Sa2	317,3952	< 0,7143	0,2391	0,5210	106,4116	15,3419	50,7686	22,7165
G16Sb3	245,9477	< 0,6021	0,0935	0,1962	363,0893	21,9097	79,2206	32,7322
G16Sc1	112,2711	< 0,9034	0,0702	0,5979	207,7583	26,7099	94,7499	36,6642
G16Sc2	333,1281	< 1,0785	0,0555	0,3464	153,0491	22,4615	79,1254	33,8803
G16Sd1	373,1699	< 0,8538	0,2299	0,4350	533,2872	14,1980	46,0979	17,9816
G16Sd2	238,2459	< 0,6080	0,1846	0,8525	184,0220	15,7227	52,0482	19,5810
G16Se1	< 29,0257	< 0,0888	0,0127	0,4282	28,1959	2,9123	7,7576	2,4039
G16Se2	564,5345	< 0,5448	0,1062	0,1502	50,9564	10,8790	35,8477	16,4663
G16Sf1	765,4286	< 0,8347	0,1189	0,3665	364,0436	27,9299	89,2911	35,2682
G16Sf2	636,7980	< 0,5284	0,1003	0,4076	335,0807	23,0304	71,3496	29,2399
G16Sf3	82,6027	< 0,8261	0,8667	0,7443	119,6815	13,9864	46,3974	16,8156
G16Sg1	309,1955	< 0,7458	0,2270	0,8232	94,5164	16,0225	54,8724	22,8009
G16Sg2	292,5254	< 0,2606	0,2166	0,4621	435,8943	11,5682	47,5456	17,2137
G16Sh1	501,6725	< 0,8689	0,1125	0,1646	197,0549	12,5293	52,0581	18,8622
G16Sh2	410,8646	< 0,5744	0,1950	1,0521	586,3298	16,3040	56,1472	22,7712
Échantillons géologiques de grès de la région de Québec								
G19Sa1	309,0910	< 0,7143	0,4503	< 0,0924	44,9088	15,5304	67,3063	21,0287
G19Sa2	300,6656	< 0,6235	0,3074	0,1281	27,2315	13,1741	57,8082	17,5648
G19Sb1	390,8347	< 0,7570	0,2451	0,6120	113,6494	27,1269	75,4409	29,8691
G19Sb2	299,3269	< 0,7935	0,1021	0,4808	189,3249	20,7753	55,8815	21,6291
G19Sc1	411,2138	< 0,9113	0,1676	0,4059	63,2596	17,2563	51,9282	22,8812
G19Sc2	383,1043	< 1,0074	0,2919	0,3781	175,4080	28,8657	74,6133	26,9895
G19Sd1	540,3121	< 0,5461	0,2406	0,3173	101,2454	15,2083	53,8850	23,9270
G19Sd2	427,1349	< 0,8978	0,2180	1,1289	95,0249	14,8171	49,2836	18,0796
G19Se1	721,5154	< 0,7468	0,0740	0,1164	116,8639	24,0588	66,5977	26,3261
G19Se2	520,4039	< 0,8409	0,0800	0,5900	197,6173	27,9181	79,0014	30,8882
G19Sf1	685,7130	< 0,6228	0,0923	0,3512	221,6771	23,2359	72,3223	29,2475
G19Sf2	639,0435	< 0,7179	0,0465	0,2075	111,7935	21,2264	62,7237	24,3118
G19Sg1	289,2001	< 0,6241	0,0495	< 0,0934	146,4023	8,7318	27,7222	9,7515
G19Sg1	601,2175	< 0,5159	0,0841	0,5138	71,3600	16,8910	43,1460	15,1329
G19Sg2	836,5448	< 0,7896	0,1014	0,7028	77,2088	22,7498	62,2460	23,6046
G19Sh1	502,4808	< 0,5804	0,0725	0,4129	182,6633	19,0908	62,7010	31,7910
G19Sh2	495,5332	< 0,7758	0,0895	0,9434	160,3324	24,4114	76,7154	33,4133
G19Si1	588,5312	0,6869	0,0680	0,7265	479,9282	26,4735	74,6266	30,3215
G19Si2	659,2043	< 0,7001	0,1039	0,4701	415,8884	26,6148	80,9561	32,2938
G19Sj2	250,8917	< 0,3958	0,0467	< 0,0684	24,0515	5,2368	14,8860	5,0586
Standards géochimiques								
KPT-1	171,3506	< 1,2212	9,3708	4,3605	428,2716	25,7334	68,0414	25,8057
KPT-3	122,3117	< 1,0581	10,7612	4,4239	471,1070	25,9312	65,4007	25,3646
KPT-4	164,7999	< 0,3685	10,0871	4,1594	471,2693	25,8753	67,3718	25,1235
KPT-5	< 48,0603	< 0,6067	10,4254	4,4143	471,7701	25,5972	63,3538	25,5679
KPT-6	157,7240	< 0,8439	10,4934	4,3382	460,8109	25,7459	65,0252	24,3799
KPT-8	108,7854	< 0,7820	10,4983	4,3088	475,9074	25,6185	64,5032	24,8344
Working	158,1200	nd	10,0100	4,4200	465,2700	26,9100	55,7100	24,6400

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Sm ppm	Eu ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Yb ppm	Lu ppm	Hf ppm	Ta ppm
Échantillons géologiques de grès à proximité du site									
G16Sa1	7,5188	1,5491	0,9091	4,8030	1,0192	1,9923	0,3062	9,6260	0,6260
G16Sa1	7,2136	1,2783	0,9566	< 0,4254	1,2820	3,3902	0,5178	4,3630	1,1358
G16Sa2	7,1450	1,7283	0,9092	4,8264	1,0407	2,5838	0,4002	12,5068	0,6474
G16Sa2	6,1845	1,1533	1,0853	5,5644	1,3843	2,8093	0,4227	8,4456	0,7387
G16Sb3	7,2838	1,4750	0,7513	3,7463	0,9067	1,9860	0,2916	8,3263	0,5426
G16Sc1	7,1882	2,0194	0,8985	4,4207	0,8885	2,4683	0,3631	5,5184	0,5400
G16Sc2	6,6295	1,5682	0,7875	4,1921	0,8749	2,4293	0,3692	10,3118	0,6314
G16Sd1	7,2342	1,3566	1,8017	8,9112	3,8432	4,1395	0,5923	11,5938	0,7599
G16Sd2	5,6828	1,1311	1,0036	5,3495	1,9742	3,0189	0,4408	8,4195	0,7535
G16Se1	0,5695	0,1246	0,0564	< 0,5270	0,0639	0,1709	0,0280	0,4395	0,0519
G16Se2	4,4795	0,8676	0,6821	3,8710	1,0179	2,1745	0,3493	15,5778	0,6830
G16Sf1	7,0035	1,4809	0,8731	4,9844	1,0334	3,1113	0,4839	21,4488	1,0220
G16Sf2	6,1623	1,3146	0,8270	4,7088	1,0555	2,6272	0,4058	16,2810	0,8050
G16Sf3	4,0856	0,9621	0,6100	3,4729	0,8153	1,5203	0,2207	2,2166	0,1692
G16Sg1	5,9647	1,1863	0,9811	5,1996	1,2113	2,6953	0,4026	9,8461	0,6679
G16Sg2	6,0161	1,2426	1,0697	5,9052	1,0783	2,4163	0,3544	8,5631	0,4637
G16Sh1	5,6011	0,9896	0,7836	4,1281	1,1696	2,1170	0,3184	13,7205	0,5867
G16Sh2	6,6958	1,3474	1,1232	6,4021	1,2625	2,7637	0,4283	10,4178	0,7654
Échantillons géologiques de grès de la région de Québec									
G19Sa1	5,5122	1,0474	0,7536	3,6870	0,7559	1,9132	0,2893	9,9984	0,5669
G19Sa2	4,7533	1,0104	0,6919	3,1294	0,6616	1,7268	0,2566	8,4593	0,3585
G19Sb1	5,3467	1,1009	0,7743	4,0390	1,3818	3,1688	0,4714	11,5902	0,8888
G19Sb2	4,6236	0,8940	0,6868	3,5546	1,0653	2,3366	0,3663	10,3461	0,8610
G19Sc1	6,2617	1,2890	1,1783	6,4031	1,3313	3,8253	0,5682	9,6060	0,7892
G19Sc2	4,4773	0,8294	0,6490	3,5030	1,1299	3,0558	0,4696	10,5700	1,0097
G19Sd1	6,2102	1,1900	0,8999	5,1407	1,9830	2,9553	0,4589	15,1970	0,7370
G19Sd2	5,2371	1,1955	0,8887	5,4339	1,6848	3,3144	0,4968	13,9703	0,7836
G19Se1	4,5382	0,8642	0,5608	3,2362	0,8081	2,8785	0,4694	22,8694	1,4358
G19Se2	5,9957	1,2584	0,8059	4,5752	1,1254	3,1508	0,4942	17,3114	1,3260
G19Sf1	6,6121	1,2899	0,8655	4,1598	0,9158	2,7163	0,4366	19,9753	1,3547
G19Sf2	4,5141	0,8713	0,5339	3,6090	0,6967	2,5117	0,3966	19,3857	1,0369
G19Sg1	2,7083	0,8121	0,5559	3,7028	0,8170	2,4814	0,3691	7,1927	0,4633
G19Sg1	2,6919	0,4293	0,3379	2,3065	0,6681	1,9644	0,3253	18,0637	1,1328
G19Sg2	5,2896	0,9882	0,7192	4,0815	1,0192	2,8545	0,4625	23,9654	1,5645
G19Sh1	8,8352	2,5142	1,4809	8,1591	1,5197	4,2048	0,6499	13,3442	0,8541
G19Sh2	8,9955	1,9894	1,2235	5,5395	1,0739	2,4809	0,3891	12,4058	0,9506
G19Si1	6,2581	1,4938	0,8368	4,9227	1,1837	3,0054	0,4711	16,6954	1,3021
G19Si2	6,6064	1,4462	0,8975	5,3585	1,4843	3,2981	0,5213	18,4125	1,4260
G19Sj2	1,0950	0,3184	0,1808	1,0059	0,3759	0,9416	0,1547	7,0057	0,3973
Standards géochimiques									
KPT-1	4,8924	1,1747	0,6509	4,1873	1,0369	2,6592	0,4140	4,2787	0,5720
KPT-3	5,2740	1,2125	0,7380	4,6859	1,1344	2,7470	0,4350	4,3628	0,6047
KPT-4	5,1329	1,2108	0,7426	4,1993	1,0655	2,6827	0,4297	4,7526	0,5355
KPT-5	5,1740	1,1806	0,7173	< 0,5396	1,1448	2,6741	0,4284	4,3785	0,5353
KPT-6	5,1827	1,2100	0,7410	3,9830	1,0436	2,6815	0,4271	4,5936	0,6072
KPT-8	5,2124	1,2854	0,7486	< 0,6554	1,1265	2,7043	0,4204	4,3504	0,6525
Working	4,9000	1,2400	0,7400	4,4700	0,9500	2,6900	0,4200	4,4100	0,6000

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Au ppb	Th ppm	U ppm
Échantillons géologiques de grès à proximité du site			
G16Sa1	< 2,4105	4,3924	1,1890
G16Sa1	< 2,1422	14,6836	2,0963
G16Sa2	< 1,5828	5,1425	1,9801
G16Sa2	< 1,9604	6,6645	1,6717
G16Sb3	< 1,4070	4,3510	1,7329
G16Sc1	< 4,5607	4,0153	0,9197
G16Sc2	< 3,2113	4,3628	1,1809
G16Sd1	< 3,4667	9,1147	10,7047
G16Sd2	< 2,1414	8,2226	6,9137
G16Se1	< 0,2048	0,9664	0,1926
G16Se2	< 2,4252	6,2065	2,1592
G16Sf1	< 1,5331	7,1988	2,4912
G16Sf2	< 1,7186	5,4313	1,8304
G16Sf3	< 1,9838	3,2664	1,4120
G16Sg1	< 2,1181	6,4625	1,6004
G16Sg2	< 3,0948	5,4180	1,9014
G16Sh1	< 1,4457	6,0142	4,4830
G16Sh2	< 3,0812	6,7153	1,7731
Échantillons géologiques de grès de la région de Québec			
G19Sa1	< 1,0939	5,0751	1,1870
G19Sa2	< 2,1724	4,5290	1,2892
G19Sb1	< 2,9148	7,1460	1,7719
G19Sb2	< 1,7154	6,2683	1,6520
G19Sc1	< 2,9890	6,7510	1,7826
G19Sc2	< 0,8250	7,2980	1,9159
G19Sd1	< 3,4456	7,7719	4,9956
G19Sd2	< 4,5659	8,4816	4,4336
G19Se1	0,6308	9,2314	2,2626
G19Se2	< 1,9108	7,9705	2,1653
G19Sf1	< 1,3914	8,8338	2,1733
G19Sf2	< 0,7496	7,6705	1,7821
G19Sg1	< 1,0023	2,2461	0,5917
G19Sg1	0,7009	7,2663	1,9146
G19Sg2	< 0,8638	13,1144	2,6345
G19Sh1	< 4,3744	5,8372	1,4020
G19Sh2	< 3,9819	6,5677	1,5985
G19Si1	< 2,6663	7,4338	1,7911
G19Si2	< 3,2607	8,1349	2,1832
G19Sj2	< 0,6088	2,4320	0,6215
Standards géochimiques			
KPT-1	26,6570	6,7794	1,4457
KPT-3	41,0145	7,3086	1,5780
KPT-4	128,3665	7,3737	1,6204
KPT-5	32,3315	7,2557	1,7798
KPT-6	66,2614	7,3488	1,7129
KPT-8	29,5747	7,2890	1,6646
Working	40,0000	7,2700	1,7600

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Na2O %	MgO %	Al2O3 %	K2O %	Sc ppm	TiO2 %	V ppm	Cr ppm	MnO %
Échantillons archéologiques de schiste de CeEu-4									
SAa1	0,8902	1,4555	20,6887	3,4721	18,4983	0,0082	96,4308	87,4344	0,2206
SAb1	1,4667	2,3416	18,2465	3,8384	19,7609	0,0104	114,8948	76,7686	0,1064
SAb2	2,0941	1,6898	13,7646	2,3747	12,4522	0,0081	76,7337	52,6832	0,1799
SAc1	2,9249	1,4188	10,9052	0,2228	5,4868	0,0048	41,0193	26,5804	0,1557
SAC2	2,0094	1,6793	13,4925	2,0011	12,0534	0,0080	74,0019	49,8868	0,1473
Échantillons géologiques de schiste de la région de Québec									
SSa1	1,2904	1,6651	14,4618	3,6535	12,5401	0,0066	131,2817	78,9571	0,0097
SSa2	0,7260	0,7579	9,5787	2,0173	7,4858	0,0044	242,4129	50,8348	0,0057
SSa3	1,5980	2,4532	17,1014	3,2174	18,1330	0,0095	96,8008	76,5877	0,1091
SSa4	1,4494	2,5907	17,2467	2,7387	16,3155	0,0086	113,2332	73,3107	0,1823
SSa5	0,6408	0,7197	9,8506	1,9719	7,9528	0,0043	100,9740	41,7384	0,0079
SSb1	1,3185	1,9910	19,8978	4,3826	18,8013	0,0088	101,9779	78,9431	0,3954
SSb2	1,2533	1,8584	24,5841	2,2641	22,3665	0,0139	127,0650	97,4239	0,1105
SSb3	1,3804	2,2691	18,1672	3,7559	18,6307	0,0089	99,7809	79,2746	0,1301
SSc1	1,4188	2,4390	18,0609	3,7617	18,3105	0,0089	108,5688	75,8820	0,1753
SSd1	0,2588	0,7722	5,7619	1,2831	4,8539	0,0022	34,7085	27,1414	0,0083
SSd2	2,5492	2,9053	12,3833	2,1268	5,4462	0,0060	44,7356	42,2970	0,0899
Standards géochimiques									
KPT-5	2,5174	4,2271	14,6279	1,5629	24,3285	0,913%	219,3567	149,8136	0,1495
KPT-6	2,5131	4,3296	14,6485	1,5583	24,5407	0,901%	218,2754	149,5537	0,1494
KPT-8	2,4939	4,2317	14,4903	1,5796	24,5096	0,885%	215,7276	152,4425	0,1500
Working	<u>2,6100</u>	<u>4,3000</u>	<u>14,4100</u>	<u>1,6500</u>	<u>24,8400</u>	<u>0,900%</u>	<u>197,2200</u>	<u>152,2400</u>	<u>0,1400</u>
WMS-1	0,0541	0,1700	1,0400	< 0,1089	1,2926	0,070%	75,7516	63,7782	0,0630
Working	<u>0,0500</u>	<u>0,2-0,24</u>	<u>1,07-1,1</u>	<u>0,08</u>	<u>1,19-1,23</u>	<u>0,070%</u>	<u>77</u>	<u>54-63,6</u>	<u>0,062-0,1</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code l	Fe2O3 %	Co ppm	Ni ppm	Zn ppm	As ppm	Se ppm	Rb ppm	Zr ppm
Echantillons archéologique de schiste de CeEu-4								
SAa1	7,3473	24,2042	21,2128	109,9903	3,8207	< 0,4340	163,5476	168,4745
SAb1	7,1683	19,7536	29,0240	123,8352	2,4168	0,1830	159,3317	268,5258
SAb2	5,5525	16,3248	16,7189	101,5317	1,3317	< 1,9403	91,7753	204,4911
SAC1	5,5529	14,3371	14,3128	91,3810	2,4621	< 1,9584	14,1747	201,7919
SAC2	5,4982	16,1075	27,3776	92,7165	1,8735	< 1,4281	91,2755	178,7876
Echantillons géologiques de schiste de la région de Québec								
SSa1	3,6797	3,0900	< 18,7319	42,5725	17,3703	< 4,5631	121,9900	133,5003
SSa2	2,3813	1,7344	< 10,1250	36,7316	9,3115	3,3481	72,0887	< 65,5394
SSa3	9,5062	28,2604	< 15,8265	133,1453	6,9521	< 1,0023	121,6860	285,9227
SSa4	9,9799	24,7237	< 22,5230	129,5796	2,0225	< 1,1009	120,2378	179,0416
SSa5	2,8741	1,5674	< 12,1263	40,2998	6,3642	2,3347	78,3680	100,9018
SSb1	6,9943	21,6201	< 19,1580	109,1801	4,0000	< 2,2380	163,9067	198,2712
SSb2	8,1783	13,6863	< 15,9565	154,3645	55,9570	< 0,3754	71,1726	241,0264
SSb3	7,8226	21,3436	25,0771	128,4043	1,7293	< 1,2275	143,0113	202,1567
SSc1	7,2943	20,3859	40,3046	125,3648	2,5260	< 0,7580	164,7248	179,7681
SSd1	1,8909	6,1218	8,1840	25,4252	1,7265	< 1,0418	48,1564	17,3340
SSd2	3,5681	7,9682	20,5900	71,3280	1,6419	< 4,5904	61,5762	389,2771
Standards géochimiques								
KPT-5	11,8930	78,3719	1299,9125	134,0186	2,1143	< 3,9434	65,1501	< 48,0603
KPT-6	11,9400	78,0339	1287,7012	162,0661	2,1749	4,2698	62,5736	157,7240
KPT-8	11,9033	78,8758	1267,5859	124,7980	2,2801	3,9721	60,5030	108,7854
Working	<u>12,2400</u>	<u>nd</u>	<u>1169,0000</u>	<u>120,2400</u>	<u>nd</u>	<u>2,9300</u>	<u>61,4500</u>	<u>158,1200</u>
WMS-1	66,2970	1586,8228	35725,6030	136,3126	17,9121	96,9890	< 2,7386	< 102,4180
Working	<u>69,6200</u>	<u>1608-2000</u>	<u>34770-37800</u>	<u>135-160</u>	<u>19,1-21</u>	<u>108-111</u>	<u>1,9000</u>	<u>9,0000</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Ag ppm	Sb ppm	Cs ppm	Ba ppm	La ppm	Ce ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm
Échantillons archéologiques de schiste de CoEu-4									
SAa1	< 0,8501	0,7428	8,1279	577,0398	56,3799	146,3302	54,5192	9,5892	1,4770
SAb1	< 0,7620	0,8424	7,5322	515,1619	47,6750	131,9907	55,1095	12,1177	2,2480
SAb2	< 1,0699	0,8353	4,8156	351,1254	32,3610	83,8269	33,8904	6,3861	1,1343
SAc1	< 0,5642	0,3253	0,7315	147,9761	17,0218	54,8275	23,6942	6,5450	1,1738
SAc2	< 0,5057	0,8498	4,6649	310,5217	30,9963	79,5877	30,4409	6,1714	1,0705
Échantillons géologiques de schiste de la région de Québec									
SSa1	1,2352	2,0306	6,5422	1804,5304	33,0984	76,2827	27,1853	4,6895	0,7350
SSa2	< 0,7162	1,4195	3,1607	614,5498	23,6885	48,0930	16,7446	2,5312	0,3605
SSa3	1,5079	0,6900	5,7601	309,6301	44,7636	133,9089	48,1462	9,2654	1,8889
SSa4	< 1,0248	0,5779	5,4918	362,7957	43,6642	121,0978	43,2771	8,2875	1,3064
SSa5	< 0,4856	1,2070	3,7684	659,1610	22,2096	42,8160	15,1159	2,0111	0,3256
SSb1	< 1,2660	0,5759	7,9379	663,9390	53,1970	145,3404	52,0617	9,3321	1,6665
SSb2	< 1,6391	0,2740	4,0839	409,0150	62,0384	177,2607	65,6782	11,4584	2,0121
SSb3	< 0,3744	0,6920	7,5043	454,7018	46,9238	124,1283	44,8051	7,1785	1,1943
SSc1	< 0,9765	0,9140	9,9730	448,9655	45,8753	126,9924	45,2549	8,6642	1,5105
SSd1	< 0,3435	0,5745	1,9094	422,4941	11,5785	37,2619	12,8635	2,8702	0,5896
SSd2	< 0,4001	0,0882	1,1126	405,5212	28,5553	86,6795	33,6168	6,7795	1,6762
Standards géochimiques									
KPT-5	< 0,6067	10,4254	4,4143	471,7701	25,5972	63,3538	25,5679	5,1740	1,1806
KPT-6	< 0,8439	10,4934	4,3382	460,8109	25,7459	65,0252	24,3799	5,1827	1,2100
KPT-8	< 0,7820	10,4983	4,3088	475,9074	25,6185	64,5032	24,8344	5,2124	1,2854
Working	nd	<u>10,0100</u>	<u>4,4200</u>	<u>465,2700</u>	<u>26,9100</u>	<u>55,7100</u>	<u>24,6400</u>	<u>4,9000</u>	<u>1,2400</u>
WMS-1	< 1,7848	1,7836	< 0,3586	84,3415	1,9271	5,4016	< 3,4311	0,3095	< 0,4116
Working	<u>2,6000</u>	<u>1,98-2,2</u>	<u>0,3-0,6</u>	<u>86-84</u>	<u>1,7-2,3</u>	<u>3,5-14,6</u>	<u>2,3000</u>	<u>0,31-0,41</u>	<u>0,1100</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Na2O %	MgO %	Al2O3 %	K2O %	Sc ppm	TiO2 %	V ppm	Cr ppm
Échantillons archéologique de CeEu-4								
PAa1	0,9604	1,7068	20,8492	3,8732	18,2888	0,0101	119,6307	85,3369
PAb1	< 0,0013	< 0,0214	0,0315	< 0,0240	0,2600	0,0005	0,8530	< 0,4606
Échantillons géologiques de pyrite de la région de Québec								
PSa1	0,0494	< 0,0181	0,0997	< 0,0184	0,2525	< 0,0000	1,1497	7,8095
PSa2	0,0497	0,3182	0,6065	0,1013	0,8782	0,0004	5,4002	10,9766
PSa3	0,3568	1,8238	4,0383	0,3038	3,7345	0,0013	28,6358	16,1227
PSb1	0,0120	< 0,0191	0,0573	< 0,0161	0,0933	< 0,0001	0,3683	9,9271
PSc1	0,0132	0,0273	0,2231	< 0,0263	0,2917	< 0,0001	12,7057	7,5036
PSc2	0,0330	0,0622	0,1871	0,0414	0,3884	0,0001	18,7940	10,9298
PSc3	1,2660	1,5260	11,5804	2,3009	11,3492	0,0059	698,9454	73,7307
PSd1	0,0536	0,0504	0,4775	0,0720	0,5434	0,0004	4,9048	10,6800
PSd2	0,0358	0,0543	0,5345	0,1094	0,4965	0,0003	5,6897	10,1945
PSd3	0,0646	0,0983	0,6405	< 0,0405	0,7731	0,0012	7,5484	12,3109
PSd4	0,9998	1,2038	10,6685	1,9041	8,2309	0,0050	120,8537	48,7128
Standards géochimiques								
KPT-5	2,5174	4,2271	14,6279	1,5629	24,3285	0,913%	219,3567	149,8136
KPT-6	2,5131	4,3296	14,6485	1,5583	24,5407	0,901%	218,2754	149,5537
Working	<u>2,6100</u>	<u>4,3000</u>	<u>14,4100</u>	<u>1,6500</u>	<u>24,8400</u>	<u>0,900%</u>	<u>197,2200</u>	<u>152,2400</u>
WMS-1	0,0541	0,1700	1,0400	< 0,1089	1,2926	0,070%	75,7516	63,7782
Working	<u>0,0500</u>	<u>0,2-0,24</u>	<u>1,07-1,1</u>	<u>0,08</u>	<u>1,19-1,23</u>	<u>0,070%</u>	<u>77</u>	<u>54-63,6</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Na2O %	MgO %	Al2O3 %	K2O %	Sc ppm	TiO2 %	V ppm	Cr ppm
Échantillons archéologique de quartz de CeEu-4								
QAa1	0,0099	< 0,0398	0,7547	< 0,0556	0,3432	< 0,0001	< 0,4965	1,2474
QAb1	0,0050	< 0,0290	0,7469	< 0,0428	0,1663	0,0002	< 0,3083	0,4867
QAc1	0,0107	< 0,0494	0,7673	< 0,0882	0,3871	< 0,0001	0,6594	1,2777
Échantillons géologiques de quartz de la région de Québec								
QSa1	0,0042	< 0,0355	0,7095	< 0,0615	0,1237	< 0,0001	< 0,3918	0,8077
Qsb1	2,7891	0,9906	9,4610	0,3471	4,7661	0,0057	55,4116	24,5682
Qsb2	0,0069	< 0,6146	< 0,0780	< 1,4104	2,7202	< 0,0036	< 11,9680	1,1153
QSc1	0,0022	< 0,0303	0,6853	< 0,0451	0,0689	< 0,0001	< 0,3106	0,2293
QSc2	0,0015	< 0,0188	0,5519	< 0,0296	0,1355	< 0,0001	< 0,2688	0,3279
Standards géochimiques								
KPT-8	2,4939	4,2317	14,4903	1,5796	24,5096	0,885%	215,7276	152,4425
Working	<u>2,6100</u>	<u>4,3000</u>	<u>14,4100</u>	<u>1,6500</u>	<u>24,8400</u>	<u>0,900%</u>	<u>197,2200</u>	<u>152,2400</u>
JCH-1	0,0283	< 0,0602	1,2347	0,2046	1,1859	0,033%	10,3329	7,9671
Working	<u>0,0300</u>	<u>0,075</u>	<u>0,72-0,734</u>	<u>0,22</u>	<u>0,85-1</u>	<u>0,033%</u>	<u>6-10,4</u>	<u>7,04-10</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	MnO %	Fe2O3 %	Co ppm	Ni ppm	Zn ppm	As ppm	Se ppm
Échantillons archéologique de CeEu-4							
PAa1	0,3169	7,5979	22,7428	< 33,3435	126,1864	7,1272	< 1,7231
PAb1	0,0003	0,0875	0,5898	< 5,3900	7,4292	< 0,6636	1,6143
Échantillons géologiques de pyrite de la région de Québec							
PSa1	0,0015	62,8866	4,9155	75,9921	< 7,3936	116,9378	3,7966
PSa2	0,0225	60,0809	6,2857	< 10,7340	80,7228	90,6680	1,4703
PSa3	0,2503	4,5755	18,0761	37,2179	42,9667	10,0565	< 0,1964
PSb1	0,0021	61,0679	0,3166	< 9,9105	< 9,6084	363,4752	7,1259
PSc1	0,0015	59,6964	1,6163	< 33,4478	< 6,7764	35,8728	3,6443
PSc2	0,0022	56,6003	1,6685	< 33,9673	< 6,3181	1172,2295	7,6689
PSc3	0,0311	5,5347	27,5451	62,7098	61,9769	55,4747	4,3172
PSd1	0,0015	60,8674	2,0026	< 10,5770	< 2,9097	240,8843	23,6240
PSd2	0,0015	57,5194	1,5836	< 32,4825	5,8989	79,7059	9,2037
PSd3	0,0065	61,0456	6,3891	< 33,3570	< 6,0381	255,9101	17,1655
PSd4	0,0232	4,4185	13,2106	36,6196	55,4513	63,6114	< 2,6263
Standards géochimiques							
KPT-5	0,1495	11,8930	78,3719	1299,9125	134,0186	2,1143	< 3,9434
KPT-6	0,1494	11,9400	78,0339	1287,7012	162,0661	2,1749	4,2698
Working	<u>0,1400</u>	<u>12,2400</u>	<u>nd</u>	<u>1169,0000</u>	<u>120,2400</u>	<u>nd</u>	<u>2,9300</u>
WMS-1	0,0630	66,2970	1586,8228	35725,6030	136,3126	17,9121	96,9890
Working	<u>0,062-0,1</u>	<u>69,6200</u>	<u>1608-2000</u>	<u>34770-37800</u>	<u>135-160</u>	<u>19,1-21</u>	<u>108-111</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	MnO %	Fe2O3 %	Co ppm	Ni ppm	Zn ppm	As ppm	Se ppm
Échantillons archéologique de quartz de CeEu-4							
QAa1	0,0003	0,1399	0,9448	< 3,4769	13,3876	0,2514	< 0,1676
QAb1	0,0008	0,0596	0,3220	< 1,3946	5,8264	< 0,0510	< 2,9761
QAc1	0,0019	0,3009	1,0638	< 3,5532	14,9988	< 0,0490	< 0,2076
Échantillons géologiques de quartz de la région de Québec							
QSa1	0,0004	0,0504	0,3772	< 2,0885	7,8464	< 0,0517	< 0,1857
Qsb1	0,1188	3,7783	9,9447	15,6093	67,1545	1,2142	< 4,0797
Qsb2	1,9231	0,5200	0,4256	< 5,4430	7,2664	< 0,2635	< 0,1145
QSc1	0,0006	0,0362	0,2150	< 1,1656	3,5506	< 0,0408	< 0,1410
QSc2	0,0002	0,0576	0,3973	< 1,2808	6,0614	< 0,0424	< 0,1760
Standards géochimiques							
KPT-8	0,1500	11,9033	78,8758	1267,5859	124,7980	2,2801	3,9721
Working	<u>0,1400</u>	<u>12,2400</u>	<u>nd</u>	<u>1169,0000</u>	<u>120,2400</u>	<u>nd</u>	<u>2,9300</u>
JCH-1	0,0195	0,4424	15,2842	7,0215	19,3333	0,5603	< 14,8491
Working	<u>0,018</u>	<u>0,2720</u>	<u>14,4-15,5</u>	<u>7,5-8,76</u>	<u>7,93-9,1</u>	<u>0,4-0,567</u>	<u>0,0015</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Rb ppm	Zr ppm	Ag ppm	Sb ppm	Cs ppm	Ba ppm	La ppm	Ce ppm
Échantillons archéologiques de CeEu-4								
PAa1	166,2784	< 80,3201	< 1,0344	0,6378	8,0023	670,8863	52,5258	138,6030
PAb1	0,6308	< 8,4879	< 0,2227	0,0298	< 0,0178	27,0490	< 0,1015	< 2,2349
Échantillons géologiques de pyrite de la région de Québec								
PSa1	< 1,5335	< 68,6074	< 1,8408	28,4640	< 0,1622	< 20,1999	0,1237	< 0,4965
PSa2	< 1,4539	< 66,1652	< 1,7516	3,4381	< 0,1556	26,8242	1,6347	3,9895
PSa3	10,7655	53,2282	< 0,6633	1,4909	0,4453	115,8518	11,8248	35,6263
PSb1	< 1,3163	< 119,0934	4,4982	4,1549	< 0,1165	< 22,2595	0,1464	< 4,6600
PSc1	< 1,3831	< 63,0272	< 1,6216	1,8521	< 0,1494	< 17,3459	0,7035	1,4635
PSc2	< 1,3983	< 58,1692	15,6578	10,0915	< 0,1513	191,1284	9,3549	32,3982
PSc3	93,7045	< 90,4085	< 1,3861	4,7189	4,4372	247,0051	32,8490	97,4602
PSd1	< 1,4473	< 65,5075	2,9423	5,6692	0,1531	< 19,0952	2,0791	2,9693
PSd2	1,5090	< 54,5857	< 1,5917	1,7240	< 0,1467	73,3153	1,5941	1,0639
PSd3	< 1,3729	< 56,5581	2,3391	13,0651	< 0,1494	24,6550	3,2630	6,3014
PSd4	77,0938	< 76,6978	1,5272	2,4784	3,5871	291,6725	27,9674	69,0785
Standards géochimiques								
KPT-5	65,1501	< 48,0603	< 0,6067	10,4254	4,4143	471,7701	25,5972	63,3538
KPT-6	62,5736	157,7240	< 0,8439	10,4934	4,3382	460,8109	25,7459	65,0252
Working	<u>61,4500</u>	<u>158,1200</u>	nd	<u>10,0100</u>	<u>4,4200</u>	<u>465,2700</u>	<u>26,9100</u>	<u>55,7100</u>
WMS-1	< 2,7386	< 102,4180	< 1,7848	1,7836	< 0,3586	84,3415	1,9271	5,4016
Working	<u>1,9000</u>	<u>9,0000</u>	<u>2,6000</u>	<u>1,98-2,2</u>	<u>0,3-0,6</u>	<u>66-84</u>	<u>1,7-2,3</u>	<u>3,5-14,6</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Rb ppm	Zr ppm	Ag ppm	Sb ppm	Cs ppm	Ba ppm	La ppm	Ce ppm
Échantillons archéologiques de quartz de CeEu-4								
QAa1	< 0,5692	< 12,0421	< 0,2280	2,3695	0,0739	< 3,5762	< 0,1167	0,2450
QAb1	0,7383	196,8083	< 0,0536	< 0,0020	0,0385	< 1,8256	0,1406	0,4671
QAc1	< 0,4017	< 12,2559	< 0,1395	0,0096	0,0614	< 4,1342	0,1772	0,6544
Échantillons géologiques de quartz de la région de Québec								
QSa1	< 0,5656	< 7,4765	< 0,1536	< 0,0082	0,0497	4,8412	< 0,1395	0,3322
Qsb1	16,9824	281,7333	< 0,3971	0,4146	0,8372	81,5857	13,4052	45,1544
Qsb2	< 0,8070	41,2581	< 0,2872	0,0203	< 0,0668	37,3499	12,2038	40,2721
QSc1	< 0,3964	< 4,8136	< 0,0823	0,0020	< 0,0270	28,6739	< 0,0641	< 0,0602
QSc2	0,2603	< 4,1145	< 0,0832	< 0,0023	< 0,0082	39,1032	0,0430	0,2178
Standards géochimiques								
KPT-8	60,5030	108,7854	< 0,7820	10,4983	4,3088	475,9074	25,6185	64,5032
Working	<u>61,4500</u>	<u>158,1200</u>	nd	<u>10,0100</u>	<u>4,4200</u>	<u>465,2700</u>	<u>26,9100</u>	<u>55,7100</u>
JCH-1	9,0962	< 11,0093	< 0,2487	0,0875	0,3384	297,0192	1,4642	5,7932
Working	<u>8,3-8,6</u>	<u>6,2-11</u>	<u>0,0041</u>	<u>0,08-0,09</u>	<u>0,24-0,3</u>	<u>291-302</u>	<u>1,4400</u>	<u>4,6600</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Yb ppm	Lu ppm
Échantillons archéologique de CeEu-4								
PAa1	50,0935	8,8048	1,4074	0,9345	< 1,3785	1,5394	3,3476	0,5243
PAb1	< 0,8143	< 0,0072	< 0,1027	< 0,0352	< 0,1355	< 1,2413	< 0,0388	< 0,0082
Échantillons géologiques de pyrite de la région de Québec								
PSa1	< 0,9640	< 0,0092	< 0,0693	< 0,0605	< 0,1036	< 0,9732	< 0,0915	< 0,0138
PSa2	< 0,9100	0,3993	< 0,1058	0,0639	< 0,1967	< 0,8633	0,2423	0,0311
PSa3	15,1850	4,3340	0,9580	0,6270	3,1146	1,0647	1,2289	0,1771
PSb1	< 0,8656	< 0,0079	< 0,0513	< 0,0589	< 0,1040	< 0,7212	< 0,0701	< 0,0138
PSc1	< 0,8692	0,4599	0,1595	0,0977	< 0,1211	< 0,1382	0,0877	0,0142
PSc2	16,8819	6,2964	1,7289	1,2184	< 0,1681	2,6359	2,2922	0,3222
PSc3	38,3314	12,0097	< 1,8828	1,0774	0,4494	8,1446	3,2660	0,5145
PSd1	< 0,9403	0,2835	< 0,0934	< 0,0625	< 0,1398	< 0,8314	< 0,0763	0,0226
PSd2	< 0,8449	0,2408	0,0469	0,0375	< 0,1247	< 0,1573	< 0,0605	0,0118
PSd3	2,6668	0,8990	0,2007	0,1745	< 0,1533	< 0,1494	0,3883	0,0710
PSd4	21,9129	4,5624	0,6244	0,4022	2,3336	1,7366	1,8488	0,2651
Standards géochimiques								
KPT-5	25,5679	5,1740	1,1806	0,7173	< 0,5396	1,1448	2,6741	0,4284
KPT-6	24,3799	5,1827	1,2100	0,7410	3,9830	1,0436	2,6815	0,4271
Working	<u>24,6400</u>	<u>4,9000</u>	<u>1,2400</u>	<u>0,7400</u>	<u>4,4700</u>	<u>0,9500</u>	<u>2,6900</u>	<u>0,4200</u>
WMS-1	< 3,4311	0,3095	< 0,4116	< 0,0961	< 0,4445	< 0,7518	< 0,1332	< 0,0188
Working	<u>2,3000</u>	<u>0,31-0,41</u>	<u>0,1100</u>	<u><0,1</u>	<u>nd</u>	<u>nd</u>	<u>0,13-0,33</u>	<u>0,0500</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Yb ppm	Lu ppm
Échantillons archéologique de quartz de CeEu-4								
QAa1	< 0,9248	0,0046	< 0,0572	0,0174	< 0,2168	< 0,1207	< 0,0178	< 0,0030
QAb1	< 0,1267	0,0801	< 0,0362	< 0,0046	< 0,1073	0,0964	0,2526	0,0506
QAc1	< 0,2408	0,0391	< 0,0762	< 0,0086	< 0,2520	< 0,0786	< 0,0089	< 0,0026
Échantillons géologiques de quartz de la région de Québec								
QSa1	< 0,4534	0,0091	< 0,0169	< 0,0122	< 0,1671	< 0,0342	< 0,0076	< 0,0016
QSa1	18,8877	5,8705	1,2360	0,9731	< 0,4576	2,1911	2,6364	0,3964
QSa2	15,9648	4,5313	3,5079	1,0283	< 3,5654	1,0043	1,3486	0,1721
QSc1	< 0,1046	0,0086	< 0,0243	0,0034	< 0,1161	< 0,0263	< 0,0049	< 0,0010
QSc2	< 0,1132	0,0045	< 0,0280	< 0,0056	< 0,1122	< 0,0125	< 0,0056	< 0,0010
Standards géochimiques								
KPT-8	24,8344	5,2124	1,2854	0,7486	< 0,6554	1,1265	2,7043	0,4204
Working	<u>24,6400</u>	<u>4,9000</u>	<u>1,2400</u>	<u>0,7400</u>	<u>4,4700</u>	<u>0,9500</u>	<u>2,6900</u>	<u>0,4200</u>
JCH-1	0,9263	0,3856	0,0888	0,0570	< 0,3415	0,2168	0,1776	0,0227
Working	<u>1,4000</u>	<u>0,3500</u>	<u>0,06-0,1</u>	<u>0,04-0,09</u>	<u>0,29-0,4</u>	<u>0,06-0,16</u>	<u>0,1700</u>	<u>0,023-0,026</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Hf ppm	Ta ppm	Au ppb	Th ppm	U ppm
Échantillons archéologique de CeEu-4					
PAa1	4,8343	1,3854	3,6640	15,1171	2,7895
PAb1	0,1409	< 0,1102	< 2,6668	0,0622	< 0,1168
Échantillons géologiques de pyrite de la région de Québec					
PSa1	< 0,1944	< 0,0586	0,2720	< 0,0885	< 0,0668
PSa2	0,4959	< 0,0556	< 0,7632	0,6756	0,4137
PSa3	1,1890	0,1273	< 3,3354	1,7626	1,3923
PSb1	< 0,1125	< 0,0543	0,5120	< 0,0559	< 0,2145
PSc1	< 0,1704	< 0,0546	0,5469	0,1589	0,3028
PSc2	< 0,1990	< 0,0790	< 3,3905	0,3063	8,4561
PSc3	2,8515	0,9345	13,8419	12,4440	39,2283
PSd1	0,1434	< 0,0576	< 0,4976	0,6094	0,7396
PSd2	0,2395	< 0,0661	1,2132	0,5496	0,5606
PSd3	0,4594	< 0,0678	< 0,0943	0,8704	1,4003
PSd4	3,1041	0,5116	< 1,9185	7,5949	11,1553
Standards géochimiques					
KPT-5	4,3785	0,5353	32,3315	7,2557	1,7798
KPT-6	4,5936	0,6072	66,2614	7,3488	1,7129
Working	<u>4,4100</u>	<u>0,6000</u>	<u>40,0000</u>	<u>7,2700</u>	<u>1,7600</u>
WMS-1	< 0,2096	< 0,0457	205,0241	0,1534	< 0,1698
Working	<u><0,3</u>	<u>0,2000</u>	<u>258-298</u>	<u><0,2-0,7</u>	<u><0,4</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Hf ppm	Ta ppm	Au ppb	Th ppm	U ppm
Échantillons archéologique de quartz de CeEu-4					
QAa1	0,1082	< 0,0092	< 0,3344	0,0517	< 0,0240
QAb1	6,5442	< 0,0036	< 0,1358	0,1280	0,4069
QAc1	0,1172	< 0,0069	< 0,4606	0,0662	< 0,0165
Échantillons géologiques de quartz de la région de Québec					
QSa1	0,0347	< 0,0128	< 0,1497	0,0295	< 0,0178
Qsb1	9,2867	0,7026	< 1,8832	6,9700	6,5834
Qsb2	< 0,0507	0,0101	< 6,8319	0,1145	< 0,0697
QSc1	0,0138	< 0,0030	< 0,0233	0,0085	< 0,0076
QSc2	0,0377	< 0,0033	< 0,4623	0,0203	< 0,0145
Standards géochimiques					
KPT-8	4,3504	0,6525	29,5747	7,2890	1,6646
Working	<u>4,4100</u>	<u>0,6000</u>	<u>40,0000</u>	<u>7,2700</u>	<u>1,7600</u>
JCH-1	0,2066	0,1672	< 0,4963	0,6290	0,5781
Working	<u>0,09-0,19</u>	<u>0,11-0,182</u>	<u>nd</u>	<u>0,56-0,735</u>	<u>0,59-0,736</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Na2O %	MgO %	Al2O3 %	K2O %	Sc ppm	TiO2 %	V ppm	Cr ppm
Echantillons archéologique de chert de CeEu-4								
CAa1	0,2847	0,7756	5,1557	1,0907	4,6669	0,0024	35,4768	26,4505
CAa2	0,1805	1,5676	8,0160	1,8165	6,4804	0,0034	52,6118	31,4459
CAb1	0,0888	0,3499	3,0816	0,4719	2,1445	0,0007	20,0769	9,4051
CAb2	0,0873	< 0,0540	1,5197	0,1244	0,8672	0,0004	5,4411	4,6561
CAC1	0,1002	< 0,0615	1,8032	0,2187	0,8956	0,0004	6,4341	4,6839
CAC2	0,1109	1,0700	6,1066	1,4333	5,2013	0,0029	45,9345	29,8840
Echantillons géologiques de chert de la région de Québec								
CSa1	0,2553	0,5941	4,1501	0,4840	5,9629	0,0018	62,8121	21,2415
CSa2	0,3527	2,6191	8,4047	0,9456	8,6795	0,0025	43,9146	29,4455
CSb1	0,4259	1,5712	6,9504	1,3338	7,5892	0,0025	36,9939	34,4634
CSb2	0,2121	1,5480	4,9891	0,6384	4,4330	0,0013	31,6204	19,0864
CSc1	0,1494	0,6204	3,8671	0,5891	3,4064	0,0014	21,3533	15,2504
CSc2	0,2339	0,7792	5,2311	0,7820	4,2249	0,0018	69,2832	40,6522
CSd1	0,1475	0,4307	3,2728	0,8535	3,3735	0,0010	17,9926	15,7957
CSd2	0,1233	0,1691	2,0624	0,2938	1,6953	0,0006	7,0974	10,1012
CSe1	0,2453	0,6251	3,8964	0,9721	5,6118	< 0,0015	32,9810	23,4211
CSf1	0,3989	0,7546	5,9066	1,0688	4,6757	0,0023	33,7710	38,8446
CSf2	0,3818	1,0171	5,7228	0,8651	4,5832	0,0023	36,7190	36,1996
CSg1	0,2803	0,9681	3,9040	0,6906	3,1773	0,0014	23,2604	17,4293
Standards géochimiques								
KPT-8	2,4939	4,2317	14,4903	1,5796	24,5096	0,885%	215,7276	152,4425
Working	<u>2,6100</u>	<u>4,3000</u>	<u>14,4100</u>	<u>1,6500</u>	<u>24,8400</u>	<u>0,900%</u>	<u>197,2200</u>	<u>152,2400</u>
JCH-1	0,0283	< 0,0602	1,2347	0,2046	1,1859	0,033%	10,3329	7,9671
Working	<u>0,0300</u>	<u>0,075</u>	<u>0,72-0,734</u>	<u>0,22</u>	<u>0,85-1</u>	<u>0,033%</u>	<u>6-10,4</u>	<u>7,04-10</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	MnO %	Fe2O3 %	Co ppm	Ni ppm	Zn ppm	As ppm	Se ppm
Échantillons archéologique de chert de CeEu-4							
CAa1	0,0120	1,9391	3,0888	< 8,3454	46,1520	0,3807	< 0,4422
CAa2	0,0180	3,4453	4,0308	< 6,5912	63,1952	0,8530	0,4806
CAb1	0,0085	1,1467	1,7757	< 3,5739	16,5285	2,7279	< 0,1614
CAb2	0,0181	0,7338	7,1115	< 3,1390	6,3203	2,1497	< 0,2691
CAC1	0,0139	0,6964	2,5187	< 4,3435	5,9074	1,3125	< 0,1229
CAC2	0,1012	3,4750	5,0602	< 6,3201	43,7053	2,6677	< 1,9584
Échantillons géologiques de chert de la région de Québec							
CSa1	0,9202	1,7498	17,6553	15,8625	25,2765	0,9463	< 0,2488
CSa2	0,0489	5,8442	29,4914	29,3060	57,1420	0,8720	0,0283
CSb1	0,3907	3,8863	15,8537	25,2497	35,5838	2,6204	< 0,1010
CSb2	0,4867	4,2917	4,5877	12,3004	35,2501	0,9023	< 0,5596
CSc1	0,2162	2,1969	4,8556	6,9809	27,6789	1,7702	0,1618
CSc2	0,0061	2,3154	2,7997	< 5,4831	25,8624	3,5175	< 1,0527
CSd1	0,0304	1,4042	14,5705	23,1811	26,5319	2,4200	< 0,3344
CSd2	0,0321	0,6313	10,3350	14,1613	9,7085	3,5030	< 0,0506
CSe1	0,8553	3,1518	5,0072	< 11,0488	30,2985	0,9111	< 0,0971
CSf1	0,0734	2,5821	12,9356	29,8918	45,1069	2,5895	< 0,3481
CSf2	0,1491	3,2803	5,0172	18,0982	34,9444	0,5080	0,1876
CSg1	0,0904	2,9984	26,1490	10,7733	27,0493	25,6259	< 0,8240
Standards géochimiques							
KPT-8	0,1500	11,9033	78,8758	1267,5859	124,7980	2,2801	3,9721
<u>Working</u>	<u>0,1400</u>	<u>12,2400</u>	<u>nd</u>	<u>1169,0000</u>	<u>120,2400</u>	<u>nd</u>	<u>2,9300</u>
JCH-1	0,0195	0,4424	15,2842	7,0215	19,3333	0,5603	< 14,8491
<u>Working</u>	<u>0,018</u>	<u>0,2720</u>	<u>14,4-15,5</u>	<u>7,5-8,76</u>	<u>7,93-9,1</u>	<u>0,4-0,567</u>	<u>0,0015</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Rb ppm	Zr ppm	Ag ppm	Sb ppm	Cs ppm	Ba ppm	La ppm
Échantillons archéologique de chert de CeEu-4							
CAa1	37,6847	< 24,0328	< 0,4685	0,2989	1,2068	491,4465	11,3719
CAa2	79,8922	27,3021	< 0,3603	0,5496	2,4761	427,9340	13,9272
CAb1	22,0568	< 13,3084	< 0,2724	0,7720	0,7315	3513,5848	2,5065
CAb2	6,2441	< 11,6667	< 0,2514	0,9048	0,3036	570,3209	1,6959
CAC1	7,9148	< 10,9073	< 0,2408	0,5827	0,4631	1081,3266	1,5749
CAC2	70,6717	< 20,7964	< 0,4280	0,4593	2,0036	429,8582	8,9924
Échantillons géologiques de chert de la région de Québec							
CSa1	33,2923	20,3504	< 0,2573	0,5287	1,4599	253,1584	9,8178
CSa2	40,1994	< 25,3751	< 0,3928	0,2453	1,5940	228,2305	14,6137
CSb1	51,3232	58,6330	< 0,3527	0,5790	1,8479	312,8806	15,4372
CSb2	24,0569	19,7146	< 0,2678	0,6269	1,0485	371,0581	7,7078
CSc1	20,7598	< 17,9578	< 0,3945	0,6147	0,8661	442,0719	6,2588
CSc2	30,0429	28,1003	< 0,3777	0,6503	1,1004	659,0590	14,8124
CSd1	31,8266	< 14,6833	< 0,2922	0,8247	1,4322	209,6277	7,0532
CSd2	13,0668	10,3711	< 0,2079	1,7841	0,6954	230,6714	3,5959
CSe1	27,7947	19,8525	< 0,2734	0,2208	0,9680	63,7100	6,3556
CSf1	42,7883	39,0002	< 0,2941	0,3882	1,6304	479,4716	10,2638
CSf2	33,9961	22,4323	< 0,2563	0,2458	1,3859	492,7767	9,2130
CSg1	23,3653	< 16,6132	< 0,4794	4,8122	1,2887	252,5896	7,8268
Standards géochimiques							
KPT-8	60,5030	108,7854	< 0,7820	10,4983	4,3088	475,9074	25,6185
Working	<u>61.4500</u>	<u>158.1200</u>	<u>nd</u>	<u>10.0100</u>	<u>4.4200</u>	<u>465.2700</u>	<u>26.9100</u>
JCH-1	9,0962	< 11,0093	< 0,2487	0,0875	0,3384	297,0192	1,4642
Working	<u>8.3-8.6</u>	<u>6.2-11</u>	<u>0.0041</u>	<u>0.08-0.09</u>	<u>0.24-0.3</u>	<u>291-302</u>	<u>1.4400</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Ce ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Yb ppm	Lu ppm
Échantillons archéologique de chert de CeEu-4									
CAa1	31,5544	8,5608	1,4733	0,2984	0,1607	< 0,2366	0,2503	0,8382	0,1359
CAa2	49,5648	12,2664	2,0700	0,3725	0,2029	< 0,2665	0,2409	0,8257	0,1295
CAb1	5,6895	1,9436	0,2772	0,1065	0,0190	< 0,1872	0,1238	0,1695	0,0286
CAb2	5,7848	1,7318	0,3466	0,1017	0,0429	< 0,1816	0,0629	0,1263	0,0196
CAC1	5,1600	1,4910	0,3136	0,0975	0,0339	< 0,1810	0,0614	0,1047	0,0178
CAC2	30,3179	7,9069	1,3906	0,2800	0,1719	< 0,4007	0,3121	0,7527	0,1207
Échantillons géologiques de chert de la région de Québec									
CSa1	31,4360	10,1364	2,3213	0,4781	0,3034	< 1,3203	0,3841	0,8146	0,1240
CSa2	45,7527	15,6900	3,0638	0,6963	0,4382	< 0,3277	0,5051	1,1150	0,1746
CSb1	51,1998	16,7538	3,3171	0,7459	0,4312	< 0,7100	0,5195	1,1453	0,1778
CSb2	24,7827	9,4968	1,9544	0,4492	0,2684	< 0,8360	0,2764	0,7537	0,1116
CSc1	21,6046	6,2810	1,3577	0,3005	0,1379	< 0,4807	0,1569	0,4493	0,0707
CSc2	43,4521	11,7616	1,9493	0,3005	0,1949	< 0,2382	0,3912	1,0028	0,1664
CSd1	27,3779	8,6905	1,9539	0,4505	0,2698	< 0,2523	0,2470	0,5584	0,0837
CSd2	13,9218	3,7863	0,8955	0,2261	0,1379	< 0,2191	0,1411	0,3359	0,0519
CSe1	21,4979	7,0550	1,7329	0,4228	0,2875	< 1,2347	0,3662	1,0194	0,1609
CSf1	28,5149	8,6108	1,4996	0,3167	0,1902	< 0,3563	0,2682	0,6827	0,1120
CSf2	27,7583	6,5751	1,5596	0,3270	0,1956	< 0,4481	0,2333	0,7679	0,1226
CSg1	27,3445	7,6479	1,6177	0,3570	0,2052	< 0,3320	0,2086	0,5238	0,0821
Standards géochimiques									
KPT-8	64,5032	24,8344	5,2124	1,2854	0,7486	< 0,6554	1,1265	2,7043	0,4204
<u>Working</u>	<u>55,7100</u>	<u>24,6400</u>	<u>4,9000</u>	<u>1,2400</u>	<u>0,7400</u>	<u>4,4700</u>	<u>0,9500</u>	<u>2,6900</u>	<u>0,4200</u>
JCH-1	5,7932	0,9263	0,3856	0,0888	0,0570	< 0,3415	0,2168	0,1776	0,0227
<u>Working</u>	<u>4,6600</u>	<u>1,4000</u>	<u>0,3500</u>	<u>0,06-0,1</u>	<u>0,04-0,09</u>	<u>0,29-0,4</u>	<u>0,06-0,16</u>	<u>0,1700</u>	<u>0,023-0,026</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Code	Hf ppm	Ta ppm	Au ppb	Th ppm	U ppm
Échantillons archéologique de chert de CeEu-4					
CAa1	1,1215	0,2868	< 0,6867	3,4749	0,6075
CAa2	1,4225	0,4377	0,0927	5,6291	0,9213
CAb1	0,4045	0,0776	< 0,0395	1,2004	0,2570
CAb2	0,1950	0,0541	< 0,3702	0,6353	0,1528
CAC1	0,2439	0,0443	< 0,0209	0,6340	0,1612
CAC2	1,2639	0,3649	< 1,0291	3,9489	0,7667
Échantillons géologiques de chert de la région de Québec					
CSa1	0,9723	0,2322	< 2,2725	2,7130	1,0072
CSa2	1,3250	0,2815	< 0,5926	3,6927	0,4489
CSb1	1,4679	0,2904	< 1,0410	3,8496	0,5983
CSb2	0,8222	0,2032	< 0,7488	2,6417	0,4813
CSc1	0,8107	0,2012	2,6402	2,4438	0,5032
CSc2	1,1179	0,2570	1,9797	3,0797	0,9728
CSd1	0,5494	0,1493	< 0,5678	1,7078	0,2875
CSd2	0,3143	0,0718	0,2204	0,9531	0,1533
CSe1	0,7456	0,1495	< 0,2987	2,1781	0,3990
CSf1	1,3800	0,2794	1,5552	3,1843	0,5175
CSf2	1,2409	0,2606	0,6367	3,1681	0,5211
CSg1	0,7820	0,1857	1,2449	2,2069	0,5406
Standards géochimiques					
KPT-8	4,3504	0,6525	29,5747	7,2890	1,6646
Working	<u>4,4100</u>	<u>0,6000</u>	<u>40,0000</u>	<u>7,2700</u>	<u>1,7600</u>
JCH-1	0,2066	0,1672	< 0,4963	0,6290	0,5781
Working	<u>0,09-0,19</u>	<u>0,11-0,182</u>	<u>nd</u>	<u>0,56-0,735</u>	<u>0,59-0,736</u>

< devant une valeur signifie que la valeur est sous la limite de détection de l'INAA

Appendice G : Les résultats de l'analyse pétrographique regroupés en fiche descriptive.

DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE – ROCHES SÉDIMENTAIRES

FD no : 1.1

Fait par : Isabelle Duval

Échantillon : LM 2 (G19Ad2), LM 3 (G19Ac1), LM 4 (G19Ac2), LM 6 LM 12 (G16Aa1), LM 13 (G16Ad1b), LM 14 (G16Ad1), LM 17 (G16Ad1), LM 18 (G16Aa4), LM 19 (G16Ac3), LM 20 (G19Sb1), LM 21 (G19Sb2), LM 24 (G19Af2), LM 27 (G16Aa3), LM 31 (G19Sc1), LM 32 (G19Sc2), LM 34 (G16Ab2), LM 48 (G16Ad4), LM 55 (G16Ab1)

Échantillons altérés: LM 5 (G16Ac1), LM 6 (G16Ac2), LM 8 (G16Ae2), LM 9 (G16Aa2), LM 25 (G16Ad6), LM 29 (G16Ae1), LM 46 (G16Aa5).

Nature		Abondance		Texture
Fraction, classe et minéraux	Frac. %	Classe %	Min. %	Taille, arrondi, morphologie, tri etc...
FRACTION TERRIGÈNE :	99			
Classement granulométrique dominante : (min, max, moy, spéricité, arrondie, tri)		60-70		0.01 < d < 1.8mm, dmoy=0.1mm anguleux à subanguleux tri pauvre.
Quartz :			50	Monocristalin, extinction roulante, dm= 0.6mm
Feldspath :			15-20	Macle de l'albite polysynthétique fréquente et quelque fois de macle de Carlsbad. Altéré (trouble et craquellé) : damourisation et un peu de kaolinisation dm=0.6mm
50% feldspath K 50% plagioclasse				
Lithique (frag. de roche) : Shale (mudstone)			trace	Shale (mudstone rouge)
Autres :				
Phyllosilicates :			2	Globuleuse verte, dm=0.2mm
Glauconite			10-15	Clivage +, petit filament
Biotite			10-15	Biréfringence élevée, en plaquette plus gros que la biotite
Muscovite				
Minéraux lourds :			3	Minéraux opaques, rougeâtres, arrondies à subarrondies, 0.08 < d < 0.4mm, dm=0.1mm
Hématite				
Zircon				
Trace de pyrite ?				
Trace de Magnétite ?				
Matrice :		30-40		
Quartz et feldspath :			10	
Phyllosilicates :			70-50	Majorité de chlorite
Minéraux lourds :			20-40	Opaque sur le bord des grains (illite et oxyde)
FRACTION ALLOCHIMIQUE :	0			
FRACTION ORTHOCHIMIQUE :	<1			
Ciment de carbonate				

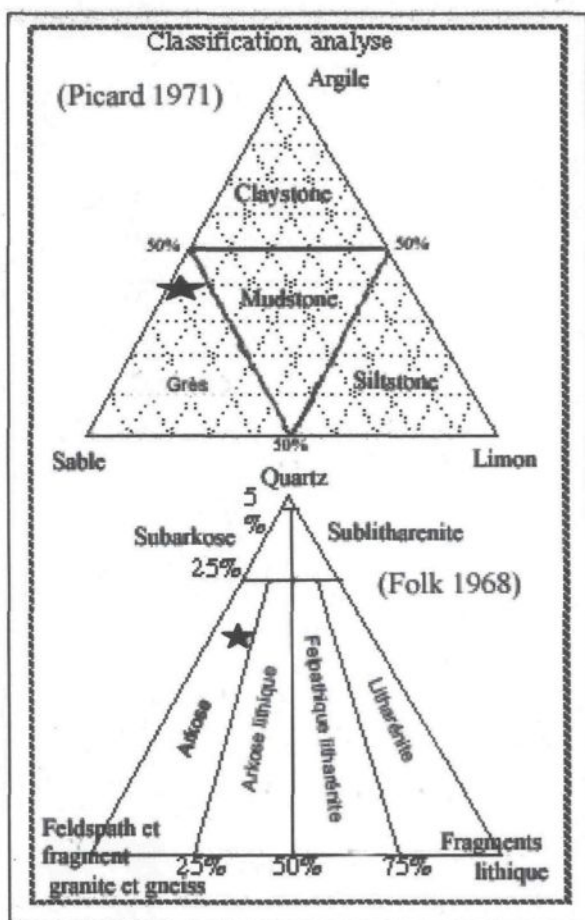
Suite FD no : 1.1

Structures sédimentaires et autres remarques descriptives:

Tri faible et probablement granoclassé. Présence de laminations avec orientation des micas parallèle à la stratification et ainsi que les oxydes de fer. Quelques fois allongement des cristaux de quartz et de feldspath dans le même sens. Pas de fossiles. Présence de veine de quartz amorphe ou feldspath altérés avec zircon, biotite et oxyde de fer au contact. Beaucoup de veinules de chlorite, mica et oxyde de fer (opaque)

Résumé des textures et structures :

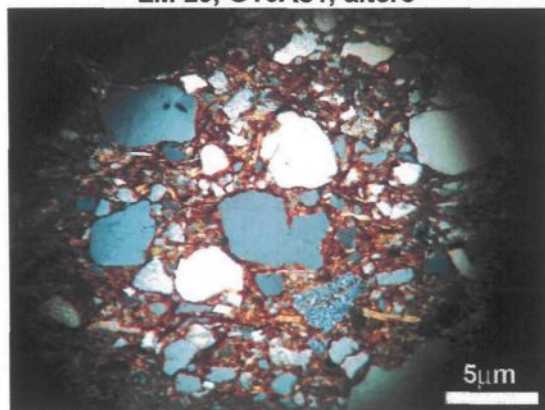
Grès formé essentiellement de quartz, feldspath et mica à texture non jointive et à matrice de chlorite.



Description mégascopique :

Grès moyennement fin à grossier, avec grain subanguleux dont la taille varie de 1.8mm à 0.03mm (dmoy=0.25mm) verdâtre de couleur brun olive clair (5Y 5/6) à gris olive (5Y 4/1), avec faible lamination des micas et des oxydes de fer. Cette roche est composée essentiellement de quartz, de feldspath, de micas et de chlorite. Présence de veinules avec oxydes de fer opaques et chlorites.

LM 29, G16Ae1, altéré



Éléments d'interprétation : Grès vert moyennement fin du Groupe de Sillery et de la Formation de Sainte-Foy. Présence de micas clairs et foncés, d'altération des feldspaths et de minéraux opaques (oxyde de fer) faible laminations.

Nom de la roche et classification : Grès de Cap-Rouge de la Formation de Sainte-Foy
Arkose (Folk)

DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE – ROCHES SÉDIMENTAIRES

FD no : 1.2

Fait par : Isabelle Duval

Échantillon : LM 1 (G19Ad3), LM 43 (G19Ab1), LM 44 (G19Ab2), LM 65 (G19Sh1), LM 66 (G19Sh2), LM 67 (G19Se1), LM 68 (G19Se2), LM 69 (G19Si1), LM 70 (G19Si2), LM 71 (G19Sj1), LM 72 (G19Sj2), LM 73 (G19Sg1), LM 74 (G19Sg2), LM 75 (G19Sf1), LM 76 (G19Sf2),
 Incertain : LM 22 (G19Aa1)

Nature		Abondance		Texture
Fraction, classe et minéraux	Frac. %	Classe %	Min. %	Taille, arrondi, morphologie, tri etc...
FRACTION TERRIGÈNE : Classement granulométrique dominante : (min, max, moy, spéricité, arrondie, tri) Quartz : Feldspath : 50% feldspath K 50% plagioclasse Lithique (frag. de roche) : Shale (mudstone) Autres : Carboantes : Phyllosilicates : 40% Glauconite 30% Biotite 30% Muscovite Minéraux lourds : Hématite Zircon Trace de pyrite ? Trace de Magnétite ? Matrice : Quartz et feldspath : Carbonates Phyllosilicates : Minéraux lourds :	95-98	70-80	60-70 15-25 1 1-15 <1 2-5 2-5 2 5 30-40 30-40 15-25	0.05 < d < 3.5mm, dmoy= 1mm, subanguleux à subanguleux (gros grain) à arrondie tri pauvre. Monocristalin, extinction roulante, dm= 1mm Macle fréquente. Altéré (trouble et craquellé) 1 gros fragment de shale (mudstone rouge), et traces Fragment de carbonate Globuleuse verte, dm=0.4mm Clivage +, dm=0.2mm Biréfringence élevée, dm=0.2mm Minéral opaque, rougâtre, arrondie à subarrondie, 0.08 < d < 0.1mm, dm=0.02mm Carbonate liant Majorité de chlorite et micas blancs Minéraux opaques et illite
FRACTION ALLOCHIMIQUE :	0			
FRACTION ORTHOCHIMIQUE : Ciment de carbonate	2-5			

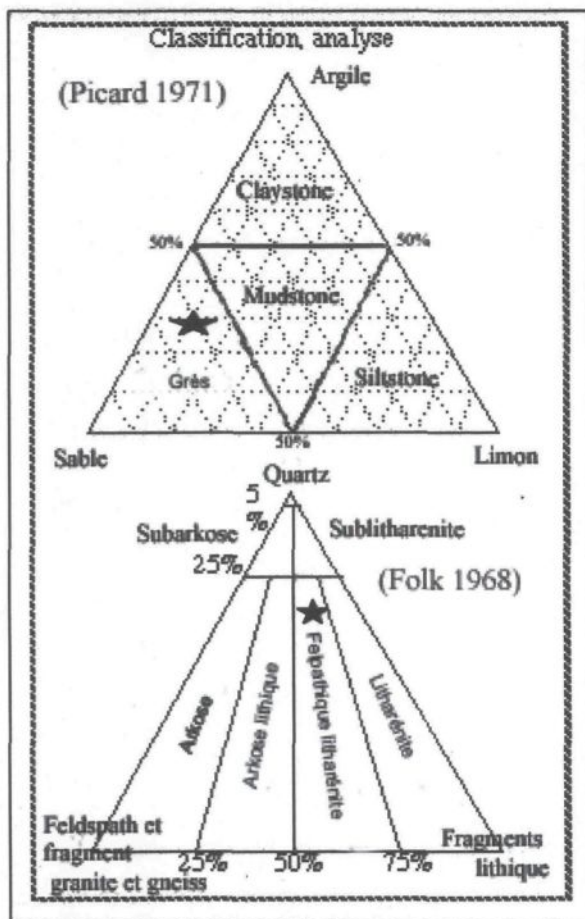
Suite FD no : 1.2

Structures sédimentaires et autres remarques descriptives:

Tri faible, massif, sans lamination, sans fossile (bioturbation), avec intraclaste = sédiments remaniés des granites donc intramicrite.

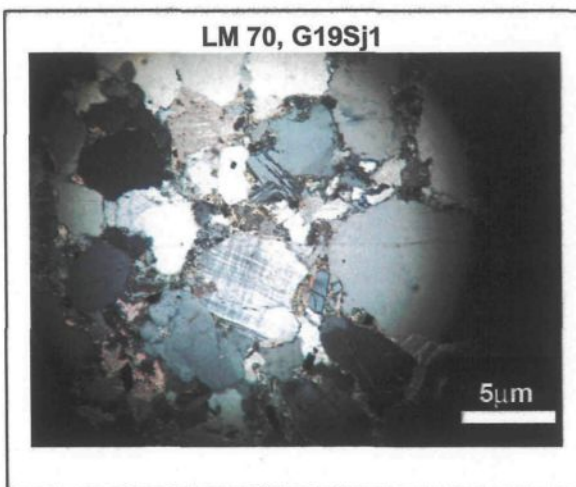
Résumé des textures et structures :

Grès formé essentiellement de quartz de texture presque jointive à matrice de chlorite et parfois de carbonate. Absence de veines et veinules.



Description mégascopique :

Grès moyen à très grossier, avec grain sub-anguleux à sub-arrondi dont la taille varie de 3.5 mm à 0.05mm (dmoy = 1mm) verdâtre à vert grisâtre, massif. Cette roche est composée essentiellement de quartz, de feldspath rosé, d'un **pourcentage variable de carbonates** et de chlorites. Présence de veinules de feldspath et quartz (amorphe) avec chlorites et oxydes de fer opaques.



Éléments d'interprétation : Grès vert grossier du Groupe de Sillery et de la Formation de Saint-Nicolas. Il se peut que la granulométrie grossière se retrouve à la base de la formation. Très gros grains de feldspath rose et quartz.

Nom de la roche et classification : Grès de Sillery de la Formation de Saint-Nicolas
Litharénite feldspathique (Folk)

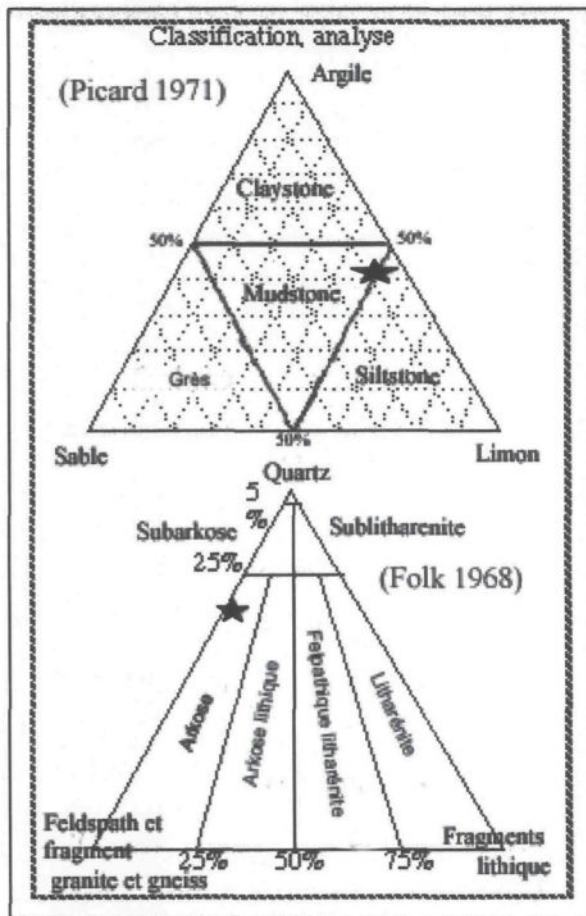
Suite FD no : 1.3

Structures sédimentaires et autres remarques descriptives:

Tri bon, faible laminations avec orientation des micas parallèles à la stratification et oxydes de fer. Quelques fois allongement des cristaux de quartz et de feldspaths dans le même sens, sans fossile. Présence de veines de quartz amorphe ou feldspaths altérés avec zircon, biotites et oxydes de fer au contact. Beaucoup de veinules de chlorites, micas et oxydes de fer (opaques)

Résumé des textures et structures :

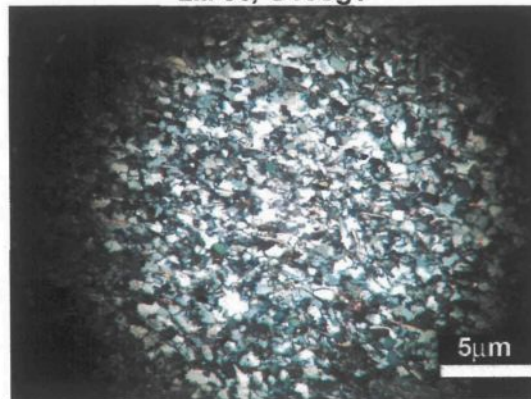
Grès formé essentiellement de quartz, feldspaths et micas à texture jointive et à matrice de chlorites.



Description mégascopique :

Grès fins à très fin avec grains subanguleux dont la taille varie de 0.2 mm à 0.01mm (dmoy = 0.07mm) de couleur verdâtre avec faible laminations, composé essentiellement de quartz, de feldspaths et de chlorites. Présence de veinules de feldspaths et quartz (amorphe) avec chlorites et oxydes de fer opaques.

LM 96, G16Sg1



Éléments d'interprétation : Grès vert fin à très fin presque du siltstone du Groupe de Sillery et de la Formation de Sainte-Foy. Présence de micas clairs et foncés, d'altération des feldspaths et de minéraux opaques (oxyde de fer).

Nom de la roche et classification : Grès très fins de la Formation de Sainte-Foy
Arkose (Folk),

DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE – ROCHES SÉDIMENTAIRES

FD no : 1.4

Fait par : Isabelle Duval

Échantillon : LM 10 (G19Ae1), LM 26 (G19Ae2), LM 41 (G19Sa1), LM 42 (G19Sa2), LM 49 (G19Sd1), LM 54 (G19Af1),

Nature	Abondance			Texture
Fraction, classe et minéraux	Frac. %	Classe %	Min. %	Taille, arrondi, morphologie, tri etc...
FRACTION TERRIGÈNE :	99			
Classement granulométrique dominante : (min, max, moy, spéricité, arrondie, tri)		95		0.07 < d < 0.5 mm, dmoy = 0.15mm, sub-arrondie à arrondie tri pauvre.
Quartz :			90	Cristalin à hyalin,
Feldspath : 50% feldspath K 50% plagioclasse			5	Orthose et microcline, altérés
Lithique (frag. de roche) : Shale (mudstone)				
Autres :				
Carbonate			1	
Phyllosilicates :			1	Globuleuse verte, dm=0.2mm
Glaucosite			trace	Clivage +, dm=0.2mm
Biotite			1	Biréfringence élevée, dm=0.2mm
Muscovite				arrondie, automorphe, réfringence forte, craquelé, clivage, dm=0.05mm
Minéraux lourds :			1	Minéraux opaques arrondies,
Hématite				
Zircon				
Apatite ?				
Matrice :		5		
Quartz et feldspath :				
Phyllosilicates :			100	Matériaux argileux
Minéraux lourds :				
FRACTION ALLOCHIMIQUE :	0			
FRACTION ORTHOCHIMIQUE :	1			
Ciment de calcite				

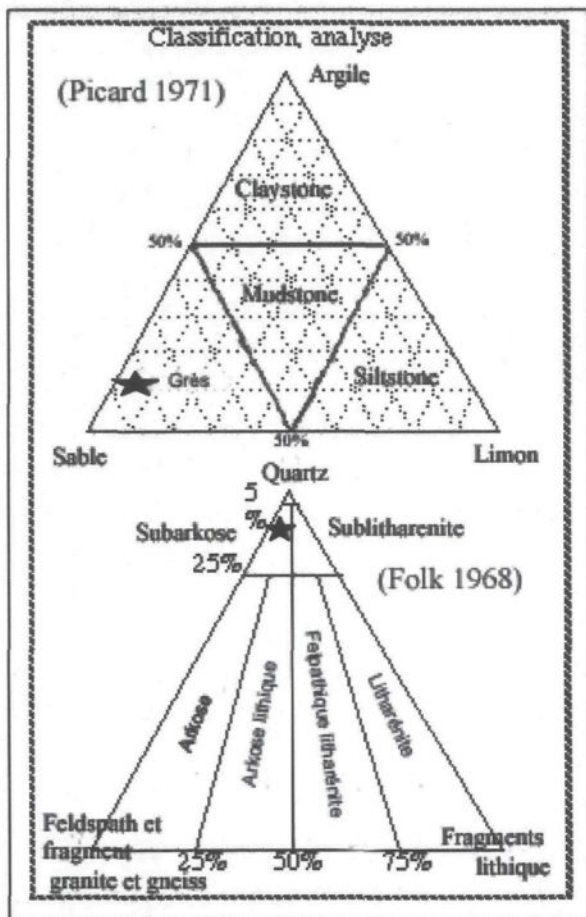
Suite FD no : 1.4

Structures sédimentaires et autres remarques descriptives:

Tri faible, massif, sans lamination, sans fossile.

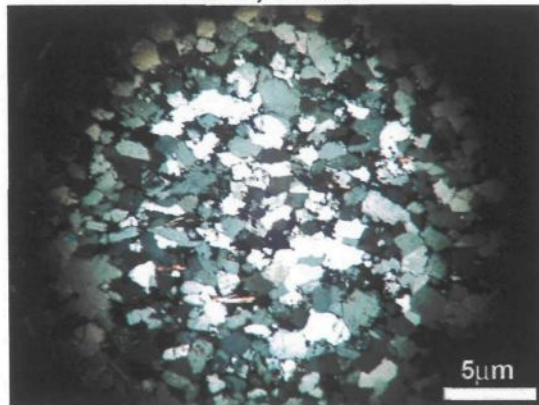
Résumé des textures et structures :

Grès formé essentiellement de quartz de texture jointive à faible matrice de calcite.

**Description mégascopique :**

Grès fin avec grains arrondies dont la taille varie de 0.5mm à 0.07mm (dmoy = 0.15mm) de couleur gris pâle à foncé, massif, sans lamination, composé essentiellement de quartz.

LM 42, G19Sa1



Éléments d'interprétation : Grès gris cristallin fin de la Formation de Lauzon présent dans le Copeau de Cap-Rouge ou dans l'Olistostrome de la rivière Etchemin.

Nom de la roche et classification : Grès quartzeux de la Formation de Lauzon
Subarkose (Folk),

DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE – ROCHES SÉDIMENTAIRES

FD no : 1.5

Fait par : Isabelle Duval

Échantillon : LM 15 (G16Ad5), LM 23 (G19Aa2), LM 28 (G16Ad3), LM 50 (G16Sc1), , LM 53 (G16Sb2),

Nature		Abondance		Texture
Fraction, classe et minéraux	Frac. %	Classe %	Min. %	Taille, arrondi, morphologie, tri etc...
FRACTION TERRIGÈNE : Classement granulométrique dominante : (min, max, moy, spéricité, arrondie, tri) Quartz : Feldspath : 50% feldspath K 50% plagioclasse Lithique (frag. de roche) : Shale (mudstone) Autres : Carbonates Phyllosilicates : Glauconite Biotite Muscovite Minéraux lourds : Hématite Zircon Matrice : Quartz et feldspath : Phyllosilicates : Minéraux lourds :	98	80-85		0.01 < d < 0.5 mm, dmoy = 0.1mm anguleux à subanguleux tri pauvre. Monocristalin, extinction roulante, dm= 0.6mm 15-20 Macle de l'albite polysynthétique fréquente et quelque fois de macle de Carlsbad. Altéré (trouble et craquellé) : damourisation et un peu de kaolinisation dm=0.6mm trace Shale (mudstone rouge) 10-20 En gros grains et en grain moyen 2 Globuleuse verte, dm=0.2mm 3 Clivage +, petit filament 10 Biréfringence élevée, en plaquette plus gros que la biotite 3 Minéraux opaques, rougeâtres, arrondies à subarrondies, 0.08 < d < 0.4mm, dm=0.1mm 15-20 10 Majorité de chlorite et micas blancs 70-50 Opaque sur le bord des grains (illite et oxyde) 20-40
FRACTION ALLOCHIMIQUE :	0			
FRACTION ORTHOCHIMIQUE : Ciment de calcite	2			

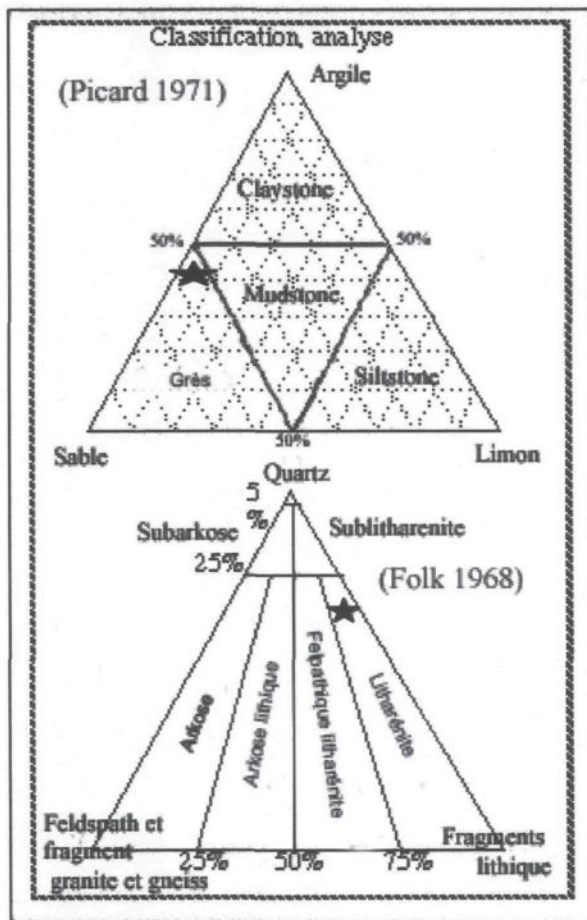
Suite FD no : 1.5

Structures sédimentaires et autres remarques descriptives:

Tri faible et faible laminations avec orientation des micas parallèles à la stratification et ainsi que les oxydes de fer. Quelques fois allongement des cristaux de quartz et de feldspaths dans le même sens. Pas de fossile, ni de veine.

Résumé des textures et structures :

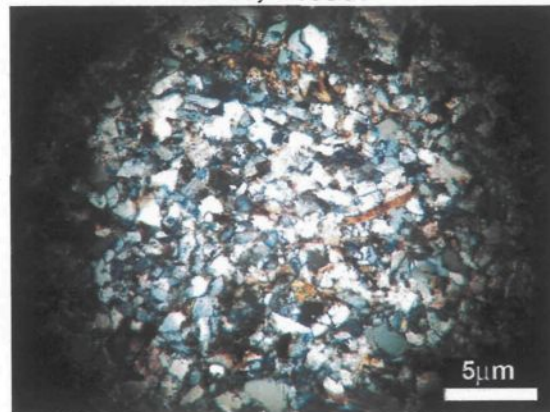
Grès formé essentiellement de quartz, carbonates, feldspaths, et micas à texture jointive et à matrice de chlorite.



Description mégascopique :

Grès fin ou siltstone avec grain subanguleux dont la taille varie de 1.8mm à 0.03mm (dmoy=0.25mm) de couleur brun olive clair (5Y 5/6) à gris olive (5Y 4/1), massif, lamination mince, composé essentiellement de quartz, de feldspaths et de chlorites. Présence de veinules de feldspath et de quartz (amorphe) avec chlorites et oxydes de fer opaques.

LM 50, G16Sc1



Éléments d'interprétation : Ressemble au grès de Cap-Rouge mais avec des carbonates. Probablement qu'il fait partie du Copeau de Cap-Rouge ou de l'Olistostrome de la rivière Etchemin. Peut-être du grès calcaireux de la Formation de Lauzon?

Nom de la roche et classification : Grès fin à très fins, calcaireux, Formation Lauzon?
Litharenite (Folk),

DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE – ROCHES SÉDIMENTAIRES

FD no : 1.6

Fait par : Isabelle Duval

Échantillon : LM 39 (G16Se1), LM 78 (G16Sf3), LM 84 (G16Se2), LM 93 (G16Sf1), LM 95 (G16Sf2) et LM 97 (G16Sg2)

Nature		Abondance		Texture
Fraction, classe et minéraux	Frac. %	Classe %	Min. %	Taille, arrondi, morphologie, tri etc...
FRACTION TERRIGÈNE : Classement granulométrique dominante : (min, max, moy, spéricité, arrondie, tri) Quartz : Feldspath : 50% feldspath K 50% plagioclasse Lithique (frag. de roche) : Shale (mudstone) Autres : Carbonates : Phyllosilicates : Glauconite Biotite Muscovite Minéraux lourds : Hématite Zircon Trace de pyrite ? Trace de Magnétite ? Matrice : Quartz et feldspath : Phyllosilicates : Minéraux lourds :	100	90-95	60 2-5 1 15-25 1 5 3 5 10 70 20	0.01 < d < 0.2mm, dmoy=0.05mm, Subanguleux, tri bon. Monocristalin, extinction roulante, dm= 0.07mm Macle de l'albite polysynthétique fréquente et quelque fois de macle de Carlsbad. Altéré (trouble et craquellé) : damourisation et un peu de kaolinisation dm=0.6mm Shale (mudstone rouge) En veine et en grain de la même grosseur que le quartz Globuleuse verte, dm=0.2mm Clivage +, dm=0.2mm Biréfringence élevée, dm=0.2mm Minéral opaque, rougeâtre, arrondie à subarrondie, 0.08 < d < 0.4mm, dm=0.1mm Majorité de chlorite et micas blancs Opaque sur le bord des grains (illite et chlorite)
FRACTION ALLOCHIMIQUE :	0			
FRACTION ORTHOCHIMIQUE : Ciment de calcite	2			

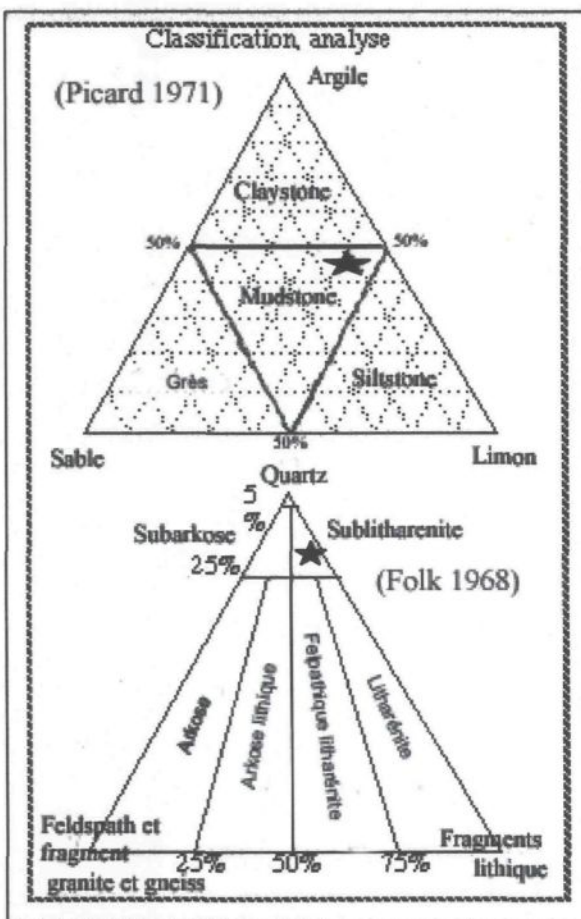
Suite FD no : 1.6

Structures sédimentaires et autres remarques descriptives:

Tri bon, faible laminations avec orientation des micas parallèles à la stratification et oxydes de fer. Quelques fois allongement des cristaux de quartz et de feldspaths dans le même sens, sans fossile. Présence de beaucoup de veines et veinules de carbonates. L'affleurement de grès

Résumé des textures et structures :

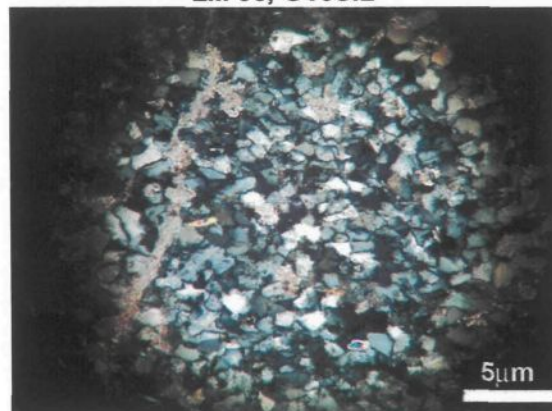
Grès formé essentiellement de quartz, feldspaths et micas à texture jointive et à matrice de chlorite avec veines de carbonates.



Description mégascopique :

Grès avec des grains fins subanguleux dont la taille varie de 0.2 mm à 0.01mm (dmoy = 0.07mm) de couleur variable, avec faible laminations, composé essentiellement de quartz, de feldspaths et de chlorites. Présence de beaucoup de veines et de veinules de carbonates.

LM 95, G16Sf2



Éléments d'interprétation : Grès fins avec veines de carbonates de la formation du Copeau de Cap-Rouge ou de l'Olistostrome de la rivière Etchemin. Présence de micas clairs et foncés, d'altération des feldspaths et de minéraux opaques (oxyde de fer).

Nom de la roche et classification : Grès fin calcaireux de la Plage Saint-Laurent.
Sublitharénite (Folk),

DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE – ROCHES SÉDIMENTAIRES

FD no : 2

Fait par : Isabelle Duval

Échantillon : LM 7 (SAc1), LM 11 (SAc2), LM 30 (SAa1), LM 33 (SAb1), LM 35 (SAb2), LM 38 (SSb3), LM 45 (SSa5), LM 86 (SSa2), LM 100 (SSb1), LM 101 (SSb2), LM 102 (SSa3), LM 77 (SSd1), LM 94 (SSd2, et LM 79 (PSa3).

Nature		Abondance		Texture
Fraction, classe et minéraux	Frac. %	Classe %	Min. %	Taille, arrondi, morphologie, tri etc...
FRACTION TERRIGÈNE : Classement granulométrique dominante : (min, max, moy, spéricité, arrondie, tri) Quartz : Feldspath : 50% feldspath K 50% plagioclasse Lithique (frag. de roche) : Shale (mudstone) Autres : Carbonates : Phyllosilicates : Glauconite Biotite Muscovite Minéraux lourds : Hématite Zircon Matrice : Quartz et feldspath : Phyllosilicates : Minéraux lourds :	98	50	10-15 5-10 25-35 3 2 15-20 25-35 10 60 40	<0.001 < d < 0.1mm, dmoy = 0.005mm, subarrondie tri bon. Monocristalin, extinction roulante petit cristaux et gros dans les veines, Plagioclasse Très petit grains Globuleuse verte, dm=0.05mm Clivage Biréfringence élevé, très allongé Minéraux opaque, rougeâtre, arrondie à subarrondie, en veines et veinules Majorité de chlorite et micas blancs Opaque sur le bord des grains (illite)
FRACTION ALLOCHIMIQUE :	0			
FRACTION ORTHOCHIMIQUE : Ciment de calcite	2			

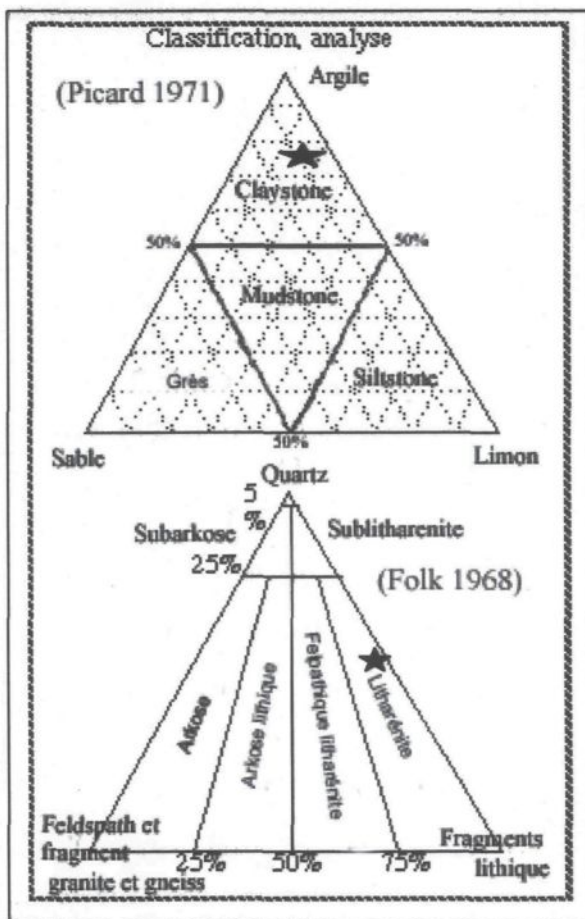
Suite FD no : 2

Structures sédimentaires et autres remarques descriptives:

Tri bon, fissilité parallèle à la stratification avec orientation des micas parallèles à la stratification et oxydes de fer. Présence de veines de quartz amorphe ou feldspaths altérés avec zircons, biotites et oxydes de fer au contact. Beaucoup de veinules de chlorites, micas et oxydes de fer (opaques).

Résumé des textures et structures :

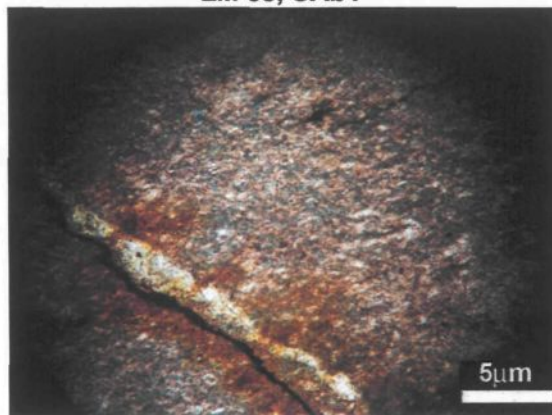
Shale formé essentiellement de micas, quartz, et feldspaths à texture jointive et à matrice de chlorite et d'illite. Beaucoup de veines et de veinules majoritairement d'oxydes de fer.



Description mégascopique :

Shale avec de grains très fins de couleur vert, rouge et gris et fissilité parallèle à la stratification, composé essentiellement de micas, de quartz, de feldspaths et de chlorites. Présence de beaucoup de veinules d'oxydes de fer opaques avec quelques fois des feldspaths et du quartz (amorphe) avec de la chlorite.

LM 33, SAb1



Éléments d'interprétation : Shale des formations environnantes. Difficiles à associer avec une formation car il y a peut d'étude sur la caractérisation des shales.

Nom de la roche et classification :

Shale

DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE – ROCHES SÉDIMENTAIRES

FD no : 3

Fait par : Isabelle Duval

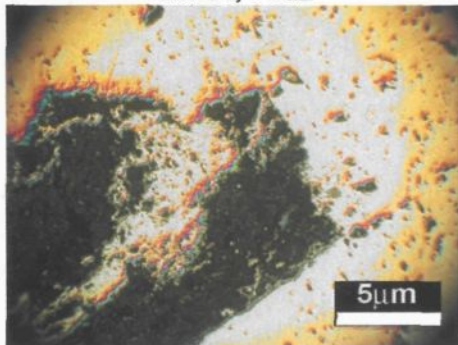
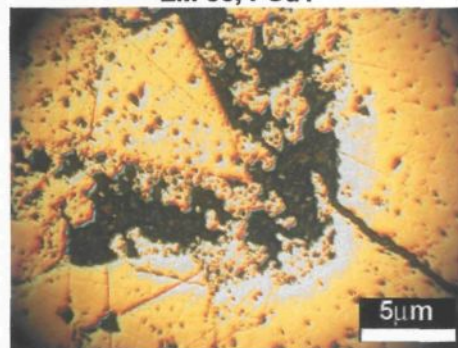
Échantillon : LM 62 (PSb1), LM 80 (PSa1), LM 81 (PSa2), LM 82 (PSc1), LM 83 (PSc3), LM 98 (PSd1), LM 99 (PSd2),

Nature		Abondance		Texture
Fraction, classe et minéraux	Frac. %	Classe %	Min. %	Taille, arrondi, morphologie, tri, etc...
FRACTION TERRIGÈNE : Classement granulométrique dominante : (min, max, moy, spéricité, arrondie, tri) Quartz : Feldspath : (50% feldspath K et plagioclasse) Lithique (frag. de roche) : (Glaucanie, granite, volcanique,...) Autres : Phyllosilicates : (Biotite, muscovite) Minéraux lourds : (Leucoxène, zircon, hématite,...) Matrice : Quartz et feldspath Phyllosilicates (Chlorite) Minéraux lourds :	99	85-95		Pyrite Sans clivage, massif Avec cristaux cubiques, dodécaédrique et maclé. Les grains sont anguleux ou subanguleux.
		5-15		Shale noir avec probablement des grains de quartz. Quelques échantillons peuvent avoir une proportion de matrice plus élevé jusqu'à 20-25%
FRACTION ALLOCHIMIQUE :				
FRACTION ORTHOCHIMIQUE : Ciment siliceux Calcite				Probablement des carbonates, il y a beaucoup de halos lumineux entre la pyrite et la matrice

Suite FD no : 3**Structures sédimentaires et autres remarques descriptives:**

Texture jointive, massive et quelques fois filamenteuse. Présence de cristaux. Quelques petites veinules. Peut-être une stratification dans PSd1 (deux différentes textures en bande) ou des reliques de la matrice. Possibilité de lits moins organiques???

Résumé des textures et structures : seulement de la pyrite, pas de marcasite, pas de fossile.

LM 81, PSa2**LM 98, PSd1****Description mégascopique :**

Nodules ou concrétions sphériques de pyrite brun rougeâtre métallique (cuivre), présentant quelque fois des zones d'éclats métalliques or. Le diamètre total des nodules varie entre 0.5 et 15 cm (moyenne de 4 cm). La densité est très élevée, on peut tout de suite distinguer si l'échantillon contient de la pyrite par le poids. Quelques fois en surface du nodule on peut apercevoir des petits (<1 mm) à moyen (0.5 mm) cristaux cubique de pyrite maclé les uns dans les autres. Entre les cristaux de pyrite, il y a une matrice très fine, noirâtre, sans texture apparente, ni lamination.

Éléments d'interprétation : se retrouve dans les shales noirs ferrugineux probablement de l'Olistostrome de la rivière Etchemin.

Nom de la roche et classification : Nodule de pyrite

DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE – ROCHES SÉDIMENTAIRES

FD no : 4.1

Fait par : Isabelle Duval

Échantillon : LM 58 (CSd1), LM 59 (CSd2), LM 60 (CAc1), LM 61 (CAc2LM 89 (CSb1), LM 90 (CSb2), LM 91 (CSa1), LM 92 (Csa2),

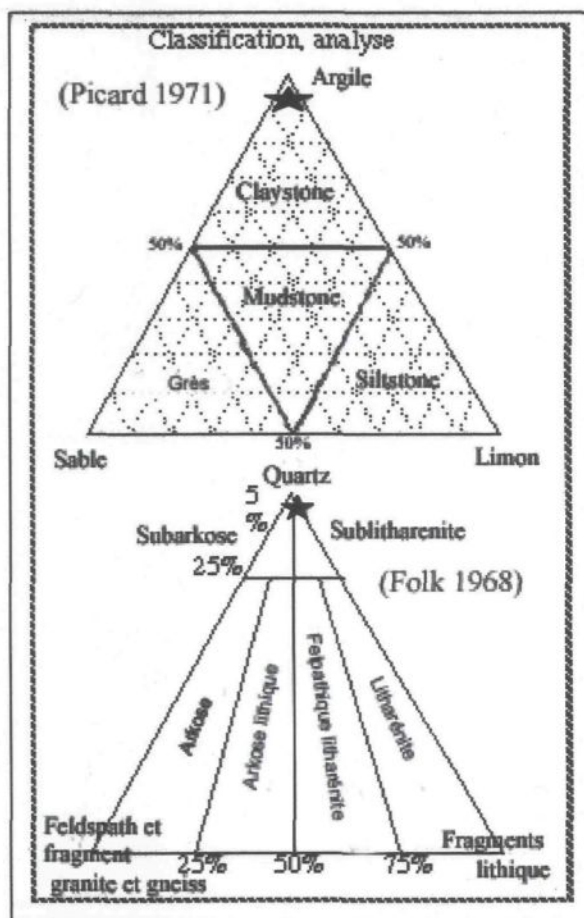
Nature	Abondance		Texture	
Fraction, classe et minéraux	Frac. %	Classe %	Min. %	Taille, arrondi, morphologie, tri, etc...
FRACTION TERRIGÈNE :	98			
Classement granulométrique dominante : (min, max, moy, spéricité, arrondie, tri)		40		
Quartz :			60-70	Grain arrondi <0.001 < d < 0.5mm, dmoy = 0.002mm, petits cristaux et gros dans les veines,
Feldspath : 50% feldspath K 50% plagioclasse			trace	
Radiolaires et fantomes			0-15	<0.7 < d < 0.25mm, dmoy = 0.15mm
Autres : Carbonates : Phyllosilicates : Glaucosite Biotite Muscovite			0-15 traces traces 5-7	Veines et veinules de calcite et grain subanguleux, un peu de cristaux rhomboédriques 0.02 < d < 0.15mm, dmoy = 0.1mm Biréfringence élevée, grain allongé, 0.1 mm
Minéraux lourds : Hématite Zircon			5-15	Minéraux opaques, grain arrondi dmoy = 0.05mm, en veines et veinules
Matrice : Quartz: Phyllosilicates : Minéraux lourds :		60	30 40 30	Microcristallin et cryptocristallin Majorité de chlorite et de micas Opaque sur le bord des grains (illite)
FRACTION ALLOCHIMIQUE :	0			
FRACTION ORTHOCHIMIQUE : Ciment de calcite	2			

Suite FD no : 4.1

Structures sédimentaires et autres remarques descriptives:

Texture moucheté verdâtre, radiolaires et fantômes de radiolaires, quelques veines et veinules de carbonates, beaucoup de minéraux opaques et veines de minéraux opaques.

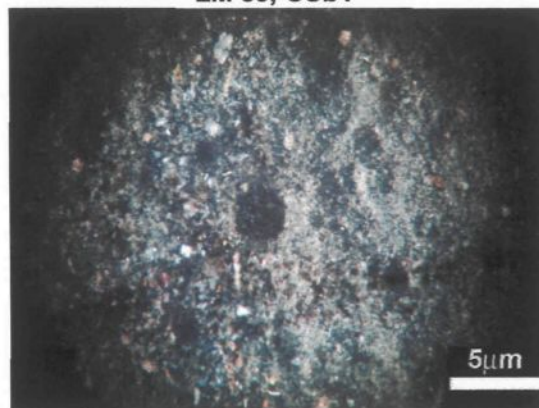
Résumé des textures et structures : Chert formé essentiellement de matrice de silice et de minéraux argileux, avec grains de quartz, des radiolaires et beaucoup de veines et de veinules majoritairement d'oxydes opaques.



Description mégascopique :

Chert à radiolaires, de couleur variant entre le gris et le vert pâle. Lustre cireux avec veine noires. Sa dureté est entre 6 et 7.

LM 89, CSb1



Éléments d'interprétation : chert verdâtre siliceux à radiolaire situé dans la Formation Les Fonds mais faisant surement partie de l'Olistostrome de la rivière Etchemin.

Nom de la roche et classification : Chert verdâtre à radiolaires de la Pointe Aubin

DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE – ROCHES SÉDIMENTAIRES

FD no : 4.2

Fait par : Isabelle Duval

Échantillon : LM 56 (CSe1), LM 57 (CSe2), LM 63 (CSf1), LM 64 (CSf2)

Nature		Abondance		Texture
Fraction, classe et minéraux	Frac. %	Classe %	Min. %	Taille, arrondi, morphologie, tri etc...
FRACTION TERRIGÈNE : Classement granulométrique dominante : (min, max, moy, spéricité, arrondie, tri) Quartz : Feldspath : 50% feldspath K 50% plagioclasse Radiolaires et fantomes Autres : Carbonates : Phyllosilicates : Glaucosite Biotite Muscovite Minéraux lourds : Hématite Zircon Matrice : Quartz: Phyllosilicates : Minéraux lourds :	98	50-60	45-55 trace 0-15 25-35 traces traces 2-5 2-5	Grain arrondi $<0.001 < d < 0.5\text{mm}$, dmoy = 0.002mm, petits cristaux edans les veines, $<0.01 < d < 0.1\text{mm}$, dmoy = 0.07mm Veines et veinules de calcite et grains subanguleux, bcp de cristaux rhomboédriques $0.02 < d < 0.2\text{mm}$, dmoy = 0.05mm Biréfringence élevé, grain allongé, 0.1 mm Minéral opaque, grain arrondi dmoy = 0.05 mm, en veines et veinules
FRACTION ALLOCHIMIQUE :	0			
FRACTION ORTHOCHIMIQUE : Ciment de calcite	2			

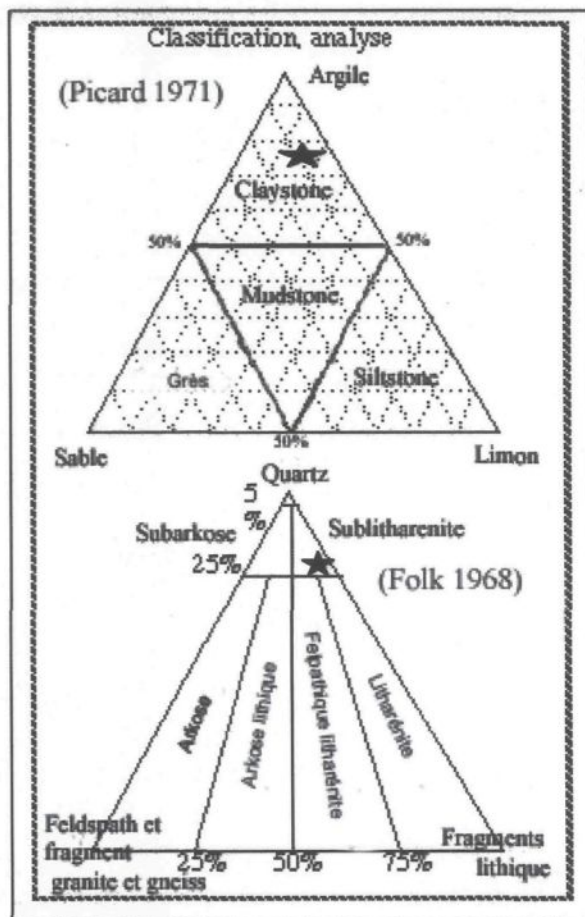
Suite FD no : 4.2

Structures sédimentaires et autres remarques descriptives:

Texture moucheté verdâtre, radiolaires et fantômes de radiolaires, veines et veinule de carbonate

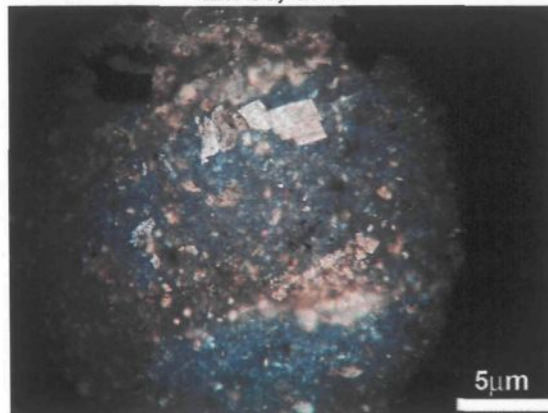
Résumé des textures et structures :

Chert formé essentiellement de carbonates avec une matrice de silice et de minéraux argileux, avec grains de quartz, des radiolaires et de veines et de veinules de carbonates.

**Description mégascopique :**

Chert à argilite siliceuse carbonaté, avec radiolaires, de couleur variant entre le gris clair et le vert pâle. Lustre mat et s'altère facilement en surface. Sa dureté est entre 5 et 6.

LM 56, CS51



Éléments d'interprétation : Chert verdâtre calcaireux, à radiolaire de la Formation de la Citadelle (olistostrome), dans la nappe du promontoire de Québec

Nom de la roche et classification : Chert verdâtre à radiolaires de la Formation de la Citadelle ou du promontoire de Québec.

Appendice H : Étude tracéologique préliminaire.

Étude de potentiel :

Analyse fonctionnelle de 6 échantillons archéologiques de CeEu-4

L'expertise qui permet de diagnostiquer la fonction d'un outil de pierre s'appelle la **tracéologie**. La **tracéologie** est l'étude des microtraces des utilisations retrouvées sur les outils en pierre. Le concept de base est qu'un outil qui a servi à travailler les peaux ne présentera pas les mêmes traces qu'un outil qui a servi à couper des plantes. Le diagnostic de la fonction se fait par comparaison entre les données expérimentales et les artefacts (Chabot 2002).

Une analyse tracéologique préliminaire a été réalisée sur 6 artefacts en pierre taillée du site Cartier-Roberval (CeEu-4). Cette analyse a été réalisée avec M. Jacques Chabot, tracéologue et coordonnateur des Laboratoires d'archéologie de l'Université Laval. Le but de l'analyse n'était pas de déterminer la fonction de l'objet, mais bien de savoir si l'artefact présentait des traces d'utilisation et un potentiel pour l'analyse fonctionnelle. Cette analyse a été réalisée en janvier 2008 dans le Laboratoire de recherche sur la pierre taillée de l'Université Laval. L'observation des traces a été faite à l'aide d'un microscope métallographique à lumière réfléchie et système DIC (Nomarski), à un grossissement de départ de 100x. La localisation des zones observées en tracéologie ainsi que les pièces analysées sont présentées aux **figures A et B**. Les photos mentionnées dans le texte sont à la **figure C**. La description, les planches photographiques et l'analyse des pièces utilisées dans cette étude ont été préalablement effectuées par M. Yves Chrétien, archéologue à la Commission de la Capitale Nationale pour le projet Cartier-Roberval. Les résultats de l'analyse tracéologique sont décrits sommairement pour chaque artefact et sont préliminaires.

Chaque artefact s'est vu attribuer un degré de potentiel pour l'analyse fonctionnelle. Un faible potentiel signifie que l'objet est trop altéré en surface pour pouvoir identifier des traces d'utilisation. L'analyse tracéologique est donc non-concluante pour ces objets. Un potentiel moyen signifie que l'artefact présente des zones de matière première fraîche où il serait possible d'identifier des traces d'utilisation, mais où aucune trace n'est visible. Un fort potentiel signifie que l'artefact présente des traces d'utilisation et qu'il a donc été utilisé. Les artefacts ayant un fort potentiel sont de bons candidats pour connaître la fonction de l'outil en appliquant une étude

tracéologique complète avec expérimentation. Cependant, à ce stade-ci de la recherche, la fonction reste inconnue.

Résultats

20B5a :

Cet artefact est la partie proximale d'un éclat et il a la morphologie d'une pièce esquillée. Il est rectangulaire (28 x 29 mm) et épais (13 mm). Il possède trois coins affinés et les deux marges latérales montrent des fins esquillements visibles à l'œil nu. La matière est un chert gris verdâtre altéré beige en surface avec quelques petites taches d'oxyde de fer. Selon Chrétien (2008), il pourrait aussi s'agir d'un mudstone silicifié, car il se laisse rayer à certains endroits par l'acier.

Résultats sommaires de l'analyse en tracéologie : La pièce esquillée 20B5, malgré une certaine altération de surface, présente plusieurs traces d'utilisation. L'artefact n'a pas été examiné en totalité, mais plusieurs des traces ont été observées sur la face d'éclatement de la pièce, sur le côté gauche (le plus long) là où la matière première est le moins altérée. Ces traces sont principalement un lustre brillant et prononcé. Les traces sont présentes surtout sur la partie proximale, au bord gauche (photos 1 à 6 (100x)), de la marge latérale jusqu'à environ 5 mm vers l'intérieur de la pièce. D'autres traces sont visibles au milieu du bord gauche (photos 7 (100x) et 8 (200x)) et ce jusqu'à la partie distale du bord gauche environ 1 cm vers l'intérieur de la pièce (photos 9 et 10 (100x)).

Cet artefact possède un fort potentiel pour l'analyse fonctionnelle. Les pièces esquillées sont fréquemment rencontrées dans les sites archéologiques du Québec. Les archéologues croient, en se basant sur la morphologie de l'artefact et les études ethnohistoriques, que ce type d'outil servait à fendre des matières comme le bois et l'os. Aucune étude tracéologique n'a été faite, au Québec, sur des pièces esquillées pour reconnaître cette fonction. Cet artefact (20B5a) possède donc un fort potentiel pour l'analyse tracéologique. Il n'a donc pas été envoyé à l'analyse géochimique par INAA, car son potentiel informatif dans d'autres analyses est trop grand pour permettre sa destruction. Il a été remplacé par l'artefact 178b (voir figure 2). Ce débris de mudstone (178b) semble visuellement peu adéquat pour l'analyse fonctionnelle car sa matière première est altérée beige et rouille. L'altération de surface rend difficile le diagnostic des traces d'utilisations en tracéologie. Cet artefact a donc un potentiel faible pour l'analyse fonctionnelle.

Éclat 20B2 :

Il s'agit d'un éclat complet, plus large (41 mm) que long (32 mm). L'extrémité distale et le tranchant latéral sont en plume. Le bulbe de percussion est diffus et large. Le talon est grand (36 mm) et présente une seule facette. Selon Chrétien (2008), il s'agit probablement d'un éclat de décortilage de bloc, compte tenu de sa dimension et de l'uniformité du talon. Le chert est gris-beige blanchâtre et l'altération de la surface montre également des taches d'oxyde de fer. Les tests de dureté sur le chert montrent une matière relativement dure mais qui se laisse rayer. Selon Chrétien (2008), il pourrait aussi s'agir d'un mudstone silicifié. Quelques petits esquillements sont visibles sur la face ventrale de l'extrémité distale. Des esquillements plus grands sont également présents sur les faces ventrale et dorsale du tranchant latéral le plus long. Selon Chrétien (2008), les esquillements sur les extrémités distale et latérale pourraient résulter d'une utilisation pour gratter ou couper.

Résultats sommaires de l'analyse en tracéologie : Cet éclat utilisé 20B2 est complètement recouvert d'une d'altération de surface qui rend non-concluante l'analyse fonctionnelle des traces d'utilisation (potentiel faible). Il est cependant possible de voir de fines dents le long du tranchant latéral le plus long et sa morphologie suggère que cet éclat a été utilisé.

Éclat 20B5b :

Il n'est pas possible de distinguer clairement la face d'éclatement et la face supérieure sur cet éclat ni la position d'un talon et d'une extrémité distale. Il s'agit en fait d'un petit fragment de nucléus (34 x 26 x 10 mm). D'un côté, il y a trois facettes et sur l'autre, une surface plane occupe presque toute la superficie. Une surface corticale tendre et blanchâtre est bien visible sur une partie de l'objet. La matière première est gris verdâtre blanchâtre et se raye aisément avec un couteau d'acier. Il pourrait s'agir, selon Chrétien (2008), d'un mudstone. La pièce est recouverte d'oxyde de fer sur la majorité de sa surface.

Résultats sommaires de l'analyse en tracéologie : Ce fragment de nucléus est très altéré en surface. Il possède une patine opaque qui empêche de voir les traces d'utilisation au grossissement 100x. Deux photos ont été prises sur un des petits tranchants le moins altéré pour montrer l'altération de surface (photos 1 et 2 (100x)). L'analyse tracéologique est donc non-concluante sur cet objet (potentiel faible), on ne peut détecter de traces d'utilisations.

Éclat 53A2 a :

Il s'agit d'un grand éclat (50 x 39 mm) cortical avec toute la face dorsale recouverte d'un cortex dur. L'ensemble de la surface corticale montre aussi des traces d'oxyde de fer. Le talon est recouvert de cortex et présente une seule facette. La face ventrale montre un bulbe de percussion bien défini, mais peu marqué. Également, sur la face ventrale, il y a deux ondulations de l'onde de choc et des traces d'oxyde de fer. Le chert est de couleur gris blanchâtre finement veiné de couleur gris foncé. Il n'est pas rayé par la lame d'acier. Selon Chrétien (2008) il s'agit probablement d'un éclat de décortiquage de bloc, compte tenu de sa dimension, puis de la présence couvrante du cortex sur la face dorsale et sur le talon.

Résultats sommaires de l'analyse en tracéologie : Cet éclat de décortiquage a été regardé là où la matière première était fraîche, du côté ventral et spécialement sur la marge latérale gauche. Même s'il possède un potentiel moyen pour l'analyse fonctionnelle, aucune trace d'utilisation n'est visible (grossissement 100X) aux endroits observés. On peut donc supposer que cet éclat n'a pas été utilisé.

Éclat 53A2 b :

Il s'agit probablement, selon Chrétien (2008), d'un éclat de percussion bipolaire, sur lequel on ne peut distinguer la face d'éclatement et la face supérieure (41 x 35 x 23 mm). Le point d'impact ou le talon est triangulaire avec la présence de cortex, montrant donc une seule facette. L'extrémité distale est amincie en plume et les deux faces de l'éclat présentent des arêtes suivant l'axe de percussion, suggestives de la percussion bipolaire. Le chert montre deux teintes principales : le gris blanchâtre et le gris foncé bleuté, cireux, veiné de lignes noires. La section blanchâtre se trouve immédiatement sous le cortex et la section bleutée se trouve plus loin du cortex. Les deux teintes ne se laissent pas rayées par l'acier.

Résultats sommaires de l'analyse en tracéologie : La partie examinée lors de l'analyse tracéologique préliminaire est la partie distale de l'objet où l'on retrouve la matière première foncée, fraîche, moins altérée. Quelques traces d'utilisation sont visibles sur le tranchant émoussé distal. Ces traces ressemblent à un faible poli (voir photos 5 à 7). Aussi, une section de la partie distale de l'objet, là où la matière première est plus blanchâtre, a été examinée. Des traces d'utilisation sont aussi observables à cet endroit (photos 1 à 4). Ces traces peuvent refléter une faible utilisation de cet outil.

Cet éclat bipolaire (53A2b) possède un fort potentiel pour l'étude fonctionnelle. Il n'a donc pas été envoyé à l'analyse géochimique par INAA, car son potentiel informatif dans d'autres analyses, dont l'analyse tracéologique, est trop grand pour permettre sa destruction. Il a été remplacé par l'artéfact 179 qui présente visuellement la même matière première et dont le potentiel semble moyen.

Éclat 53A2 c :

Selon Chrétien (2008), il s'agit d'un petit fragment de nucléus non orientable (30 x 22 x 16 mm). Deux faces montrent une surface cristallisée en lien probable avec le fractionnement du chert suivant des plans de fractures internes. Ces fractures internes ont été recristallisées et correspondent à des lignes de faiblesse à l'intérieur de la matière première. Sur la plus grande face de fracture fraîche, on remarque l'enlèvement d'un éclat à partir d'une face recristallisée. Le chert est bien cireux, de couleur gris verdâtre et montre de multiples veines noires. Le chert n'est pas rayé par la lame d'acier.

Résultats sommaires de l'analyse en tracéologie : Ce fragment de nucléus 53A2c a été regardé sur le côté de la fracture fraîche, sur la marge latérale qui présente des enlèvements. On voit avec les photos 1 à 3 (100x), le lustre naturel de la matière, mais aussi qu'il n'y a pas de trace d'utilisation. On peut donc supposer que ce fragment de nucléus n'a pas été utilisé. Cet artéfact a donc un potentiel moyen pour l'analyse fonctionnelle.

Conclusion

Les artefacts possédant un fort potentiel (20B5a et 53A2b) et dont des traces d'utilisation sont visibles, ont été conservés en vue de faire une analyse fonctionnelle complète et ainsi documenter la fonction de ces outils. Ils ont été remplacés dans l'étude en INAA par des artefacts qui semblent avoir un potentiel faible (178b) et moyen (179) pour l'étude fonctionnelle. On peut remarquer que les deux outils sur lesquels des traces ont été trouvées présentent une morphologie suggestive d'utilisation ainsi que des bords tranchants, en pointes, esquillés ou émoussés.

Les artefacts (53A2a et 53A2c) ont été catégorisés comme ayant un potentiel moyen pour l'analyse fonctionnelle. Sur ces artefacts, la matière permettrait de voir et d'identifier des traces d'utilisations, mais aucune trace n'est visible et présente. On peut donc supposer que ces artefacts n'ont pas été utilisés ou très peu, car ils ne présentent pas de traces.

Les artefacts qui se sont vus attribuer la mention de faible potentiel pour l'analyse fonctionnelle (20B2 et 20B5b) peuvent avoir été utilisés. Cependant, il est impossible de démontrer cette utilisation par la présence de traces. L'artefact 20B2 est un bon exemple d'artefact qui a probablement été utilisé, lorsqu'on regarde ses bords émoussés, mais dont l'analyse tracéologique est non-concluante, car l'altération de surface dissimule les traces d'utilisation.

En résumé, deux des six artefacts analysés présentent des traces d'utilisation et ont donc certainement été utilisés pour accomplir une tâche. Cette tâche ou ces tâches sont pour l'instant inconnues, mais peuvent être déterminées par une analyse fonctionnelle complète. Deux autres artefacts peuvent avoir été utilisés, mais leur fonction restera inconnue car l'analyse tracéologique ne permet pas de déterminer leur fonction. Finalement, les deux derniers artefacts ne présentent pas de traces d'utilisation, il est donc plausible de supposer qu'ils n'ont pas été utilisés comme outils.

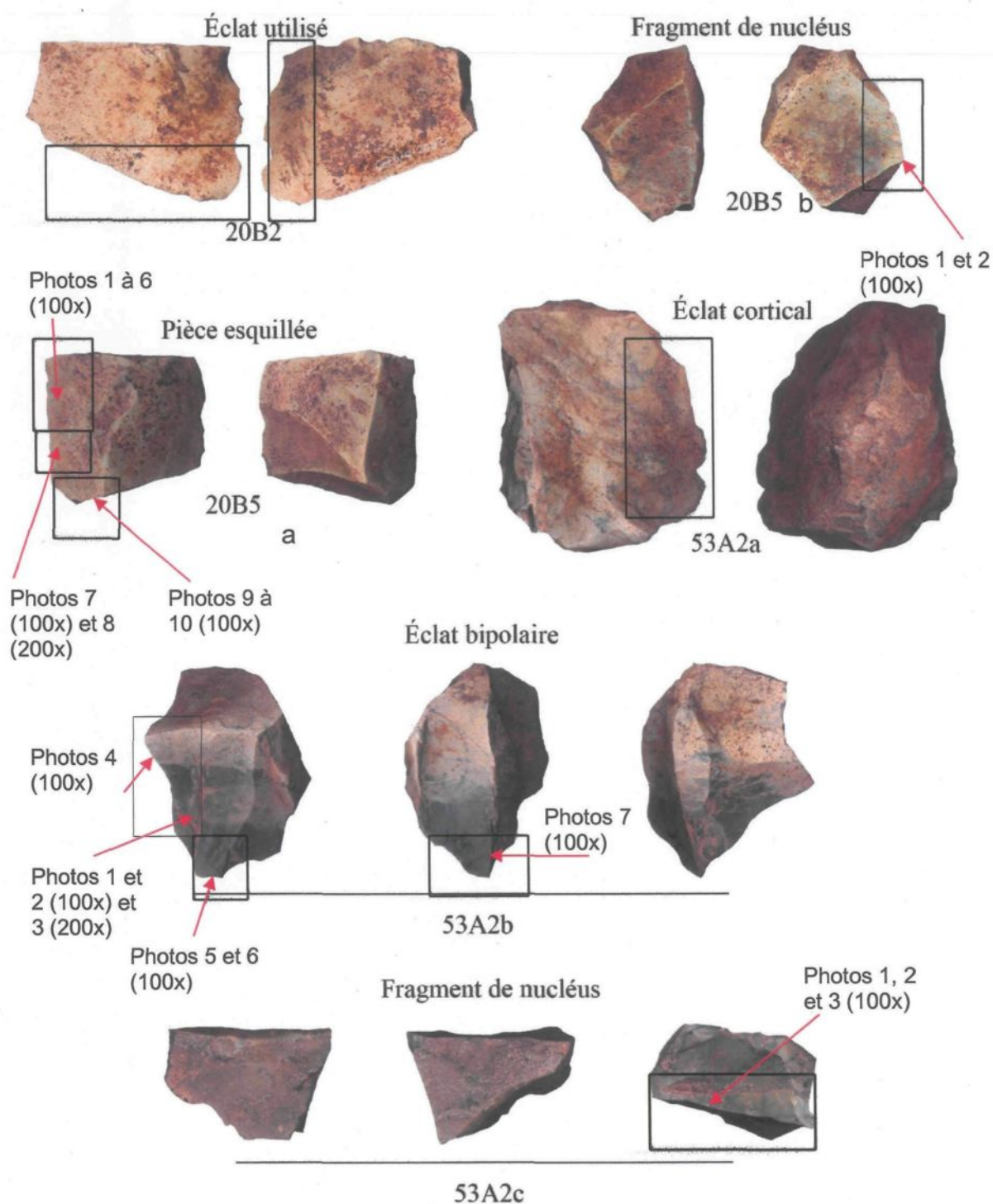


Figure A : En encadré, localisation des zones vérifiées lors de l'analyse préliminaire en tracéologie sur les artefacts de chert du site CeEu-4 ainsi que la localisation (flèches rouges) des photos de la figure C. (Photo adapté de Chrétien 2008)

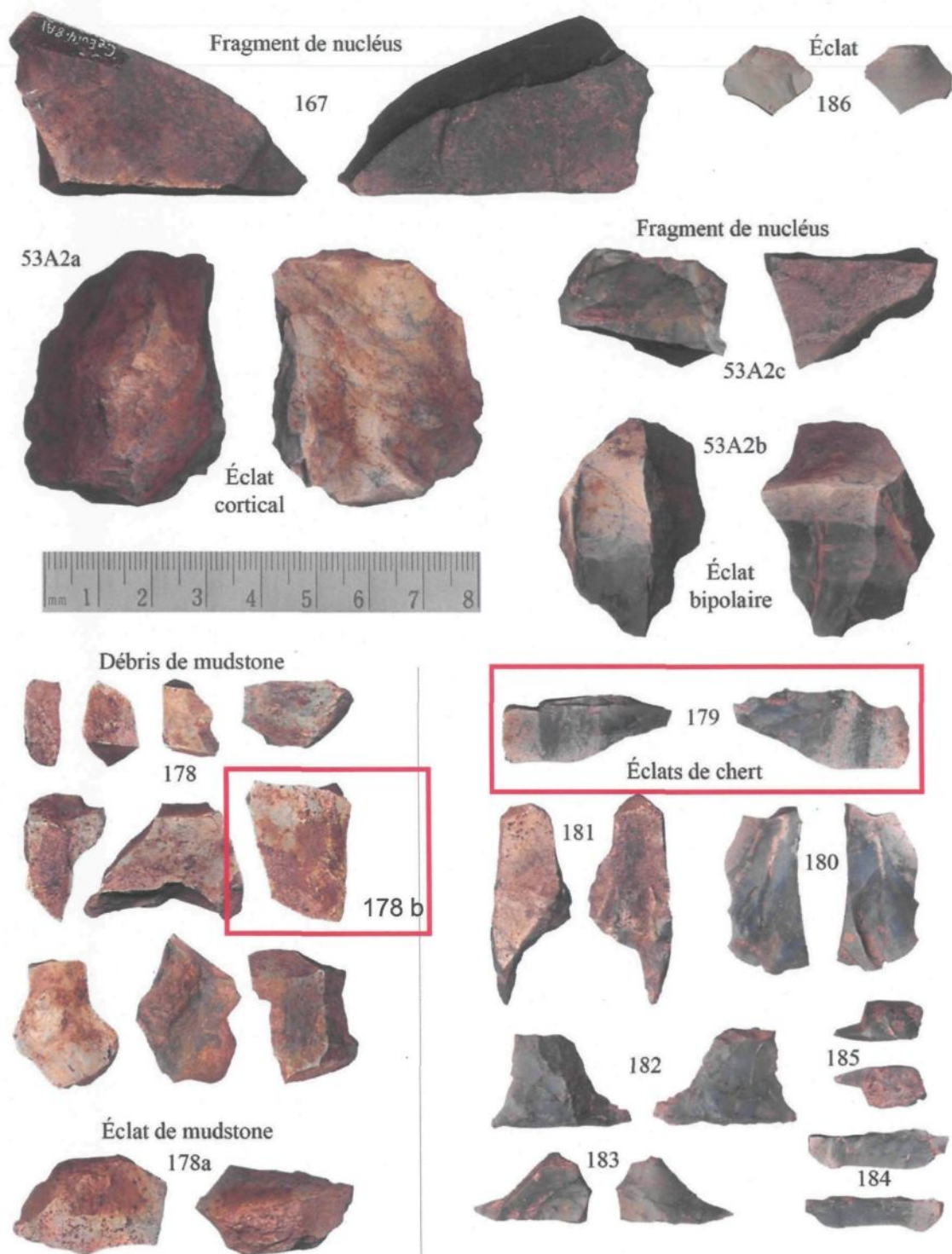


Figure B: Photo (adapté de Chrétien 2008) des éclats en cherts retrouvés sur le site CeEu-4 à la fin de la campagne de fouille 2007.

**Microphotographies des artefacts en chert du site Cartier-Roberval
(CeEu-4).**

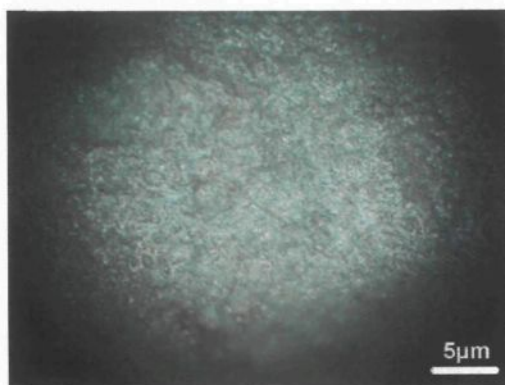


Photo 1, 20B5a

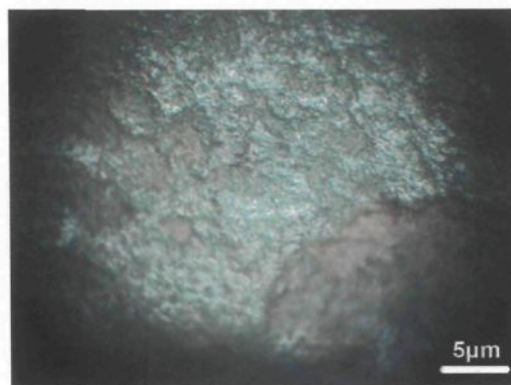


Photo 4, 20B5a

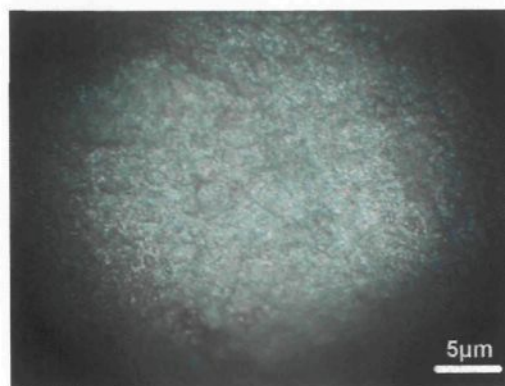


Photo 2, 20B5a

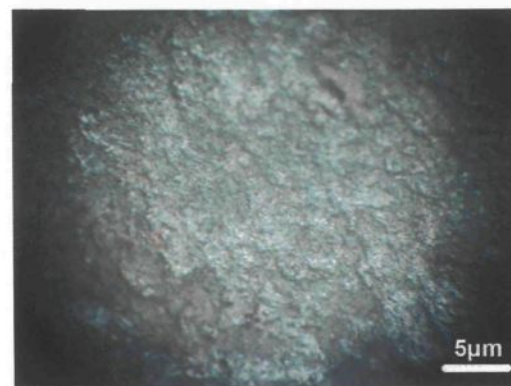


Photo 5, 20B5a

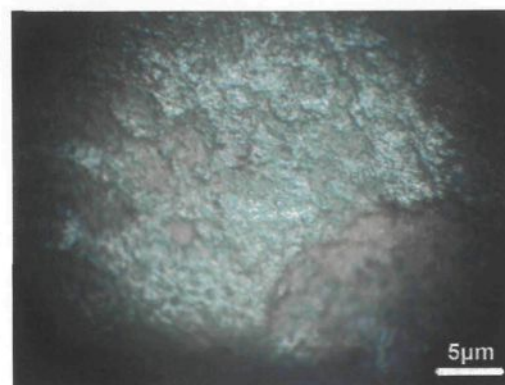


Photo 3, 20B5a

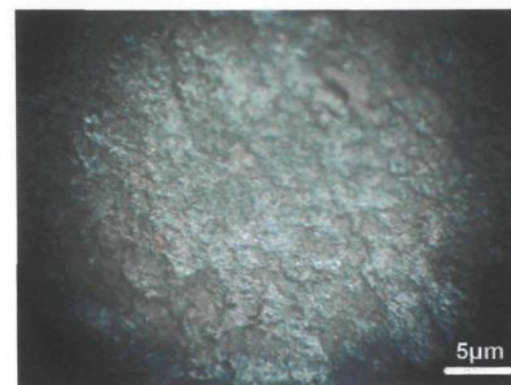


Photo 6, 20B5a

**Figure C1 : Microphotographies des artefacts du site CeEu-4 prises lors de l'analyse
préliminaire en tracéologie.**

**Microphotographies des artefacts en chert du site Cartier-Roberval
(CeEu-4).**

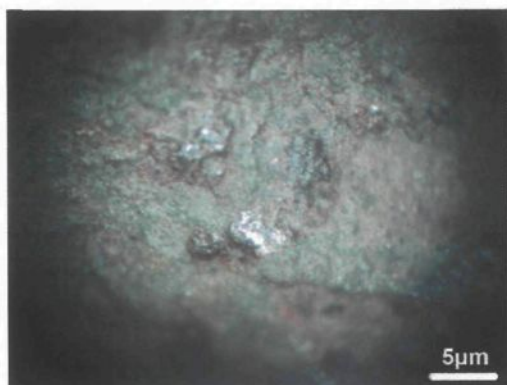


Photo 7, 20B5a

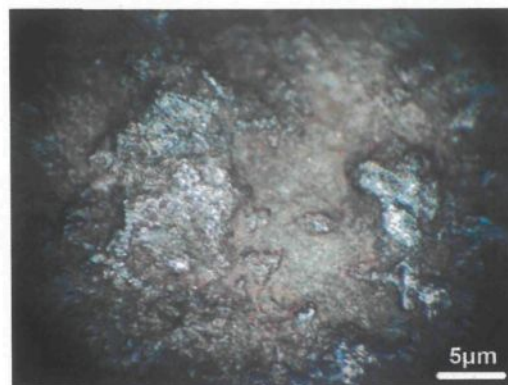


Photo 10, 20B5a

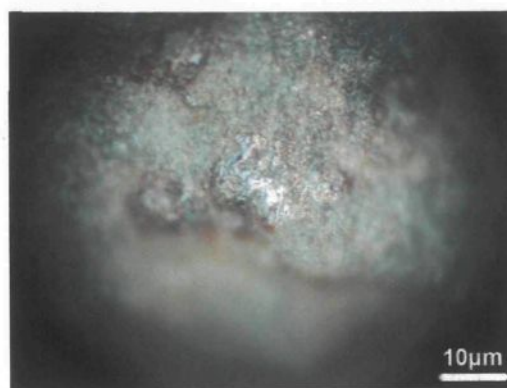


Photo 8, 20B5a

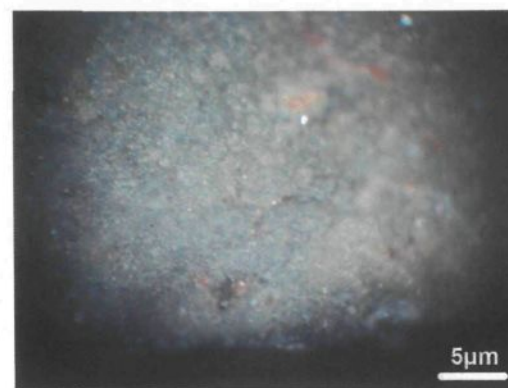


Photo 1, 20B5b

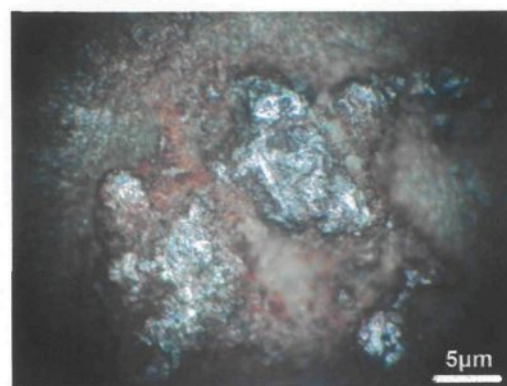


Photo 9, 20B5a

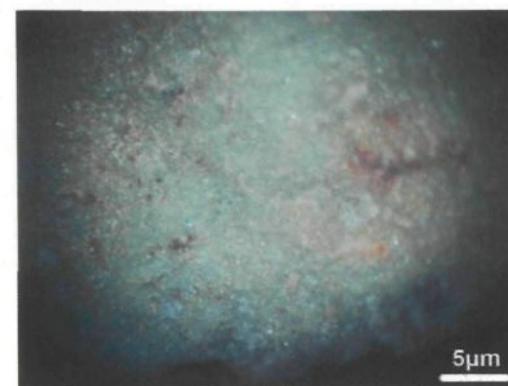


Photo 2, 20B5b

Figure C2 : Suite des microphotographies des artefacts du site CeEu-4 prises lors de l'analyse préliminaire en tracéologie.

**Microphotographies des artefacts en chert du site Cartier-Roberval
(CeEu-4).**

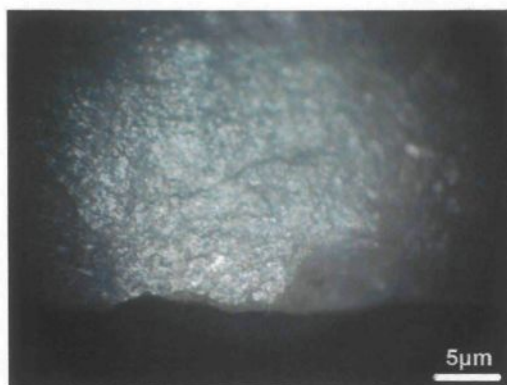


Photo 1, 53A2b

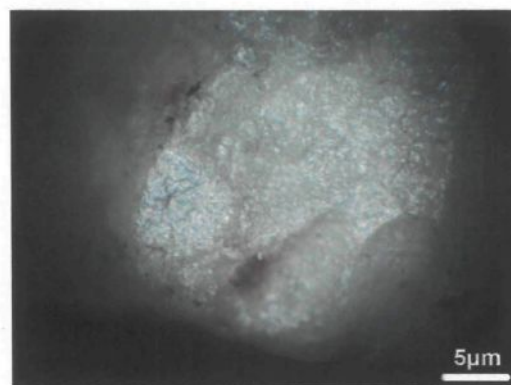


Photo 4, 53A2b

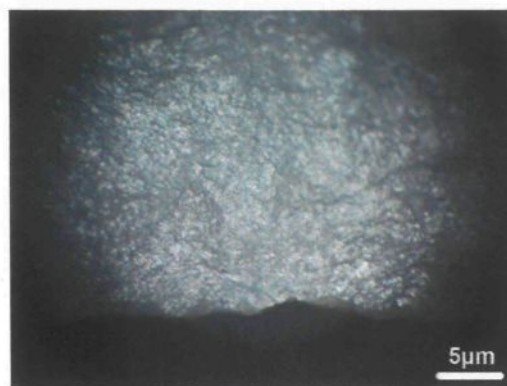


Photo 2, 53A2b

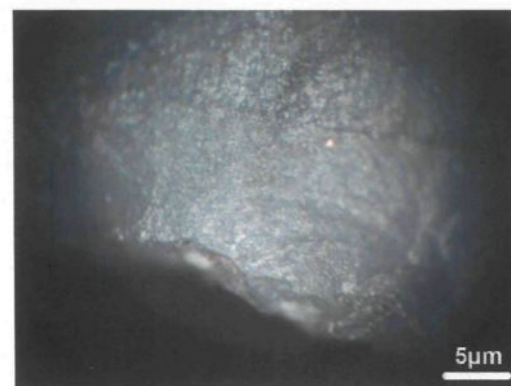


Photo 5, 53A2b

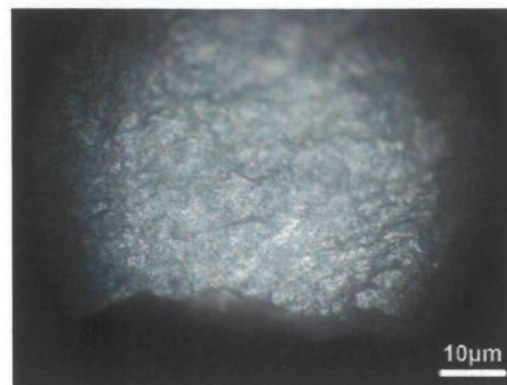


Photo 3, 53A2b

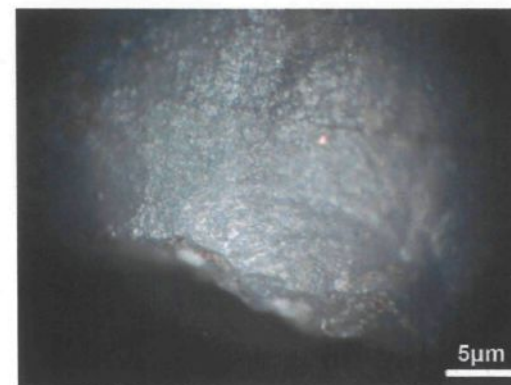


Photo 6, 53A2b

Figure C3 : Suite des microphotographies des artefacts du site CeEu-4 prises lors de l'analyse préliminaire en tracéologie.

**Microphotographies des artefacts en chert du site Cartier-Roberval
(CeEu-4).**

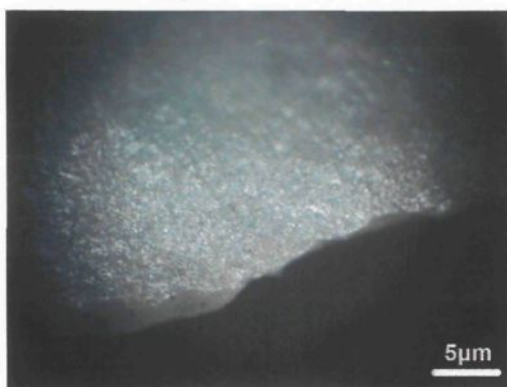


Photo 7, 53A2b

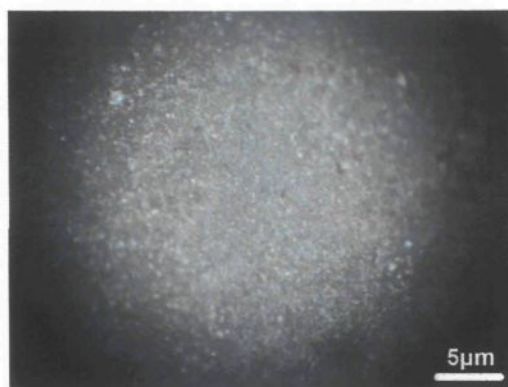


Photo 2, 53A2c

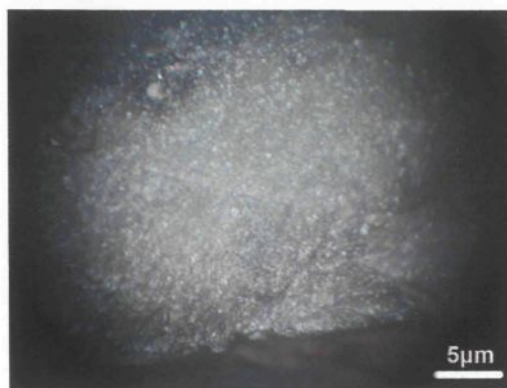


Photo 1, 53A2c

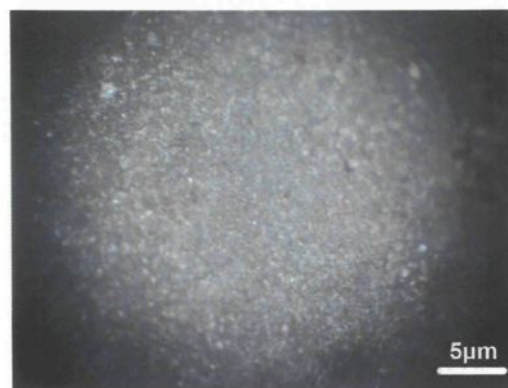


Photo 3, 53A2c

Figure C4 : Suite des microphotographies des artefacts du site CeEu-4 prises lors de l'analyse préliminaire en tracéologie.

Appendice électronique 1 : Référent visuel mégascopique de tous les échantillons initiaux.

Appendice électronique 2 : Résultats géochimiques bruts des concentrations analysées de tous les échantillons.

Appendice électronique 3 : Référent visuel microscopique pour l'analyse pétrographique.

Appendice électronique 4 : La normalité des éléments géochimiques pour chaque catégorie de matières premières.

Pour appendices électroniques, voir DVD