

Université de Montréal

La caractérisation chimique de cherts du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie : vers le développement d'une méthode d'analyse non destructrice

Par  
Mathieu Leclerc

Département d'Anthropologie  
Faculté des Arts et des Sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade M. Sc. en Anthropologie

Décembre 2009

© Mathieu Leclerc, 2009

Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :  
La caractérisation chimique de cherts du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie : vers le  
développement d'une méthode d'analyse non destructrice

présenté par :  
Mathieu Leclerc

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Brad Loewen  
président-rapporteur

Adrian Burke  
directeur de recherche

Claude Chapdelaine  
membre du jury

## RÉSUMÉ

### **La caractérisation chimique de cherts du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie : vers le développement d'une méthode d'analyse non destructive**

Ce projet a comme objectif général de participer au développement et de tester le potentiel de la méthode d'analyse par fluorescence aux rayons X du laboratoire de caractérisation non destructive de l'Université de Montréal, en procédant à la caractérisation chimique de cherts provenant de deux carrières distinctes, exploitées à diverses périodes au cours de la préhistoire, soit celle de La Martre (DhDm-8, Gaspésie) et celle du site CkEe-28 (Témiscouata).

En fonction des comportements de chacun des éléments, six d'entre eux furent sélectionnés pour effectuer la caractérisation, parmi lesquels on compte trois éléments majeurs (Si, Al, Fe) et trois éléments traces (Ba, La, Ce). D'un point de vue méthodologique, les résultats confirment que l'appareillage du laboratoire est apte à procéder à ce genre d'analyse non destructive, tandis que sur le plan archéométrique, il s'est avéré possible de discriminer les cherts sur la base de graphiques et d'une analyse statistique discriminante.

Afin de vérifier si cette caractérisation est utile et pertinente dans un cadre archéologique, l'analyse d'artéfacts en chert provenant des sites de l'anse à la Vache (DaEi-6, île Verte), Turcotte-Lévesque (DaEi-8, île Verte) et de Rimouski (DcEd-1) fut aussi effectuée dans le but de localiser l'un ou l'autre des cherts au sein des assemblages. Les résultats démontrent que la caractérisation est fonctionnelle dans un cadre archéologique, puisque les cherts des carrières de La Martre et Touladi furent repérés sur chacun des sites, à l'exception du site de Rimouski, où seul le chert Touladi semble présent.

Mots clés : archéologie, chert, caractérisation chimique, fluorescence aux rayons X, carrière préhistorique, Iroquoiens du Saint-Laurent, Paléoindien récent, Québec.

## **ABSTRACT**

### **Chemical Characterization of Cherts from Bas-Saint-Laurent and Gaspésie, Quebec: A Non-Destructive Approach**

The main objective of this project is to test, and to participate in the development of the non-destructive energy dispersive X-ray fluorescence chemical characterization method developed at the “Laboratoire de caractérisation non destructive de l’Université de Montréal”. To do so, I analyzed chert originating from two different prehistoric quarries, the La Martre quarry DhDm-8, Gaspé Peninsula, and that of quarry CkEe-28, Témiscouata, Québec. Both quarries were exploited intermittently from the Late PaleoIndian through the Archaic and into the Woodland periods.

The six elements involved in the characterization, three major elements (Si, Al, Fe) and three trace elements (Ba, La, Ce), were selected because of their specific features. On one hand, results confirm that the Université de Montréal EDXRF analyzer is able to analyze with precision solid rock chips. On the other hand, by using bivariate and ternary plots, as well as discriminant analysis, I was able to distinguish one chert from the other.

In order to ensure the validity of the chemical analysis, archaeological samples from sites on the St. Lawrence Estuary including Rimouski (DcEd-1), l’Anse à la Vache and Turcotte-Lévesque (DaEi-6 and DaEi-8) were tested and compared to the results for the quarry samples. Results show that the characterization can be applied on archaeological artefacts since both cherts were located on every sites, except for Rimouski, where only Touladi chert was present.

**Keywords:** archaeology, chert, chemical characterization, X-ray fluorescence, prehistoric quarries, Saint Lawrence Iroquoians, Late Paleoindian, Québec.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>xiii</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>xv</b>
<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>Problématique</b> .....	<b>3</b>
<i>Laboratoire de caractérisation non destructrice de l'Université de Montréal</i> .....	5
<b>Objectifs</b> .....	<b>8</b>
<i>Caractérisation des cherts</i> .....	9
<i>Validation de la caractérisation</i> .....	11
<i>Localisation des cherts sur divers sites archéologiques</i> .....	12
<b>2. CADRE THÉORIQUE ET CONCEPTUEL - ARCHÉOLOGIE</b> ....	<b>15</b>
<b>Les carrières préhistoriques</b> .....	<b>15</b>
<b>La Gaspésie</b> .....	<b>17</b>
<i>Contexte géographique</i> .....	17
<i>Historique des recherches archéologiques</i> .....	18
<i>Sites archéologiques abordés</i> .....	19
<i>Contexte régional d'interaction</i> .....	22
<b>Le Témiscouata</b> .....	<b>26</b>
<i>Contexte géographique</i> .....	27
<i>Historique des recherches archéologiques</i> .....	28
<i>Sites archéologiques abordés</i> .....	29
<i>Contexte régional d'interactions</i> .....	33
<b>Ile Verte</b> .....	<b>39</b>
<i>Contexte géographique</i> .....	39
<i>Historique des recherches archéologiques</i> .....	40
<i>Sites archéologiques abordés</i> .....	41
<i>Contexte régional d'interactions</i> .....	44
<b>Rimouski</b> .....	<b>48</b>
<i>Contexte géographique</i> .....	48
<i>Historique des recherches archéologiques</i> .....	49

<i>Site archéologique abordé</i> .....	49
<i>Contexte régional d'interactions</i> .....	50
<b>Conclusion</b> .....	<b>52</b>
<b>3. CADRE THÉORIQUE ET CONCEPTUEL - GÉOLOGIE</b> .....	<b>54</b>
<b>Taxonomie</b> .....	<b>54</b>
<b>Processus de formation du chert</b> .....	<b>55</b>
<i>Silice</i> .....	56
<i>Origine biogénique</i> .....	56
<i>Origine volcanique</i> .....	58
<i>Remplacement</i> .....	58
<i>Nodules</i> .....	59
<i>Lits</i> .....	60
<i>Impuretés</i> .....	60
<i>Variation intra-source</i> .....	60
<b>Chert de La Martre</b> .....	<b>62</b>
<i>Géologie régionale</i> .....	62
<i>Caractéristiques macroscopiques</i> .....	64
<i>Caractéristiques microscopiques</i> .....	65
<b>Chert Touladi</b> .....	<b>67</b>
<i>Géologie régionale</i> .....	68
<i>Caractéristiques macroscopiques</i> .....	70
<i>Caractéristiques microscopiques</i> .....	73
<b>4. MÉTHODES</b> .....	<b>74</b>
<b>Méthode de collecte</b> .....	<b>74</b>
<i>Échantillons géologiques</i> .....	74
<i>Échantillons expérimentaux</i> .....	76
<i>Échantillons archéologiques</i> .....	77
<b>Préparation des échantillons</b> .....	<b>78</b>
<i>Échantillons géologiques</i> .....	78
<i>Échantillons expérimentaux et archéologiques</i> .....	79
<b>Méthode d'analyse</b> .....	<b>79</b>
<i>Historique et avantages</i> .....	79
<i>Fonctionnement</i> .....	80
<i>PANalytical Epsilon 5</i> .....	82
<b>Traitement des données</b> .....	<b>84</b>
<i>Diagrammes à bandes</i> .....	85
<i>Diagrammes ternaires</i> .....	86
<i>Diagrammes binaires</i> .....	87
<i>Analyse discriminante</i> .....	87

<b>5. RÉSULTATS – CARRIÈRES .....</b>	<b>89</b>
<b>Précision des résultats .....</b>	<b>89</b>
<b>Variabilité des résultats .....</b>	<b>92</b>
<i>Élément majeurs .....</i>	<i>95</i>
<i>Éléments traces .....</i>	<i>107</i>
<i>Analyse discriminante .....</i>	<i>115</i>
<b>Comparaison des résultats d’analyse de plaquettes par rapport aux analyses de débitage expérimental.....</b>	<b>118</b>
<b>6. RÉSULTATS – LES SITES ARCHÉOLOGIQUES.....</b>	<b>122</b>
<b>Anse à la Vache.....</b>	<b>122</b>
<i>Analyse discriminante .....</i>	<i>126</i>
<b>Turcotte-Lévesque.....</b>	<b>127</b>
<i>Analyse discriminante .....</i>	<i>132</i>
<b>Rimouski.....</b>	<b>132</b>
<i>Analyse discriminante .....</i>	<i>138</i>
<b>7. DISCUSSION FINALE .....</b>	<b>141</b>
<b>Caractérisation des carrières.....</b>	<b>141</b>
<b>Validation de la caractérisation suite à l’analyse d’éclats expérimentaux.....</b>	<b>144</b>
<b>Détermination de la présence des cherts de La Martre et Touladi sur les sites archéologiques sélectionnés .....</b>	<b>145</b>
<i>Anse à la Vache.....</i>	<i>145</i>
<i>Turcotte-Lévesque .....</i>	<i>146</i>
<i>Rimouski.....</i>	<i>148</i>
<b>8. CONCLUSION.....</b>	<b>150</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>151</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>173</b>
<b>Annexe A – Caractéristiques du porte-échantillon.....</b>	<b>173</b>
<b>Annexe B – Détails de la nomenclature des échantillons.....</b>	<b>174</b>
<b>Annexe C – Paramètres généraux du <i>PANalytical Epsilon 5</i>.....</b>	<b>176</b>
<b>Annexe D – Paramètres analytiques du <i>PANanalytical Epsilon5</i> .....</b>	<b>176</b>
<b>Annexe E – Limites de détection minimales.....</b>	<b>177</b>
<b>Annexe F – Concentrations élémentaires des échantillons .....</b>	<b>179</b>
<i>1. Carrières .....</i>	<i>179</i>

2. <i>Éclats expérimentaux</i> .....	186
3. <i>Éclats archéologiques</i> .....	189
<b>Annexe G – Fichier complémentaire (photographies d'échantillons)..</b>	<b>193</b>



## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.1</b>	Localisation des sites archéologiques abordés (tirée de Chalifoux 1999b: 70, modifiée).....	4
<b>Figure 2.1</b>	Localisation de la carrière de La Martre, au sein de la Gaspésie (tirée de Chalifoux 1999b: 70, modifiée).....	18
<b>Figure 2.2</b>	Carte topographique des environs de la carrière de La Martre (encadré) (tirée de Gouvernement du Canada 1982: carte 022G001 – Sainte-Anne-des-Monts, comté de Gaspésie). .....	21
<b>Figure 2.3</b>	Principaux sites paléindiens récents disséminés sur les routes migratoires hypothétiques de ces groupes (tirée de Chapdelaine 1994e: 269, modifiée). 8000 B.P représente une datation non calibrée.....	23
<b>Figure 2.4</b>	Bifaces paléindiens récents de style Sainte-Anne, aux enlèvements subparallèles, provenant des sites de La Martre (photographies de Pierre Dumais). Aucune retouche parallèle fine n'est toutefois observable sur ces fragments de bifaces. 24	
<b>Figure 2.5</b>	Réseau hydrographique et principales routes de portage du Témiscouata (tirée de Chalifoux et al. 1998: 28). .....	27
<b>Figure 2.6</b>	Carte topographique des environs des deux carrières de chert Touladi (CkEe-26 et CkEe-28) et des ateliers de taille associés (CkEe-9 et CkEe-13). (tirée de Gouvernement du Canada 1983, 1984).....	30
<b>Figure 2.7</b>	Carrière Touladi, CkEe-28 (tirée de Burke 1993b: 18-19). .....	31
<b>Figure 2.8</b>	Principaux sites archéologiques dans la région du lac Touladi. (tirée de Chalifoux et al. 1998: 117, modifiée). .....	35
<b>Figure 2.9</b>	Sites archéologiques où la présence de chert Touladi est présumée. (tirée de Tremblay 1995a : 272, modifiée).....	37
<b>Figure 2.10</b>	Sites archéologiques relatifs aux interactions impliquant les groupes préhistoriques du Témiscouata. (tirée de Tremblay 1995a : 272).....	40
<b>Figure 2.11</b>	Localisation des sites de l'anse à la Vache (DaEi-6) et Turcotte-Lévesque, (DaEi-8) sur la pointe nord-est de l'Île Verte (tirée de Tremblay 1995b : 7). 42	
<b>Figure 3.1</b>	Radiolaires (tirée de <a href="http://micro.magnet.fsu.edu/micro/gallery/radiolarians/radiolarians.html">http://micro.magnet.fsu.edu/micro/gallery/radiolarians/radiolarians.html</a> et <a href="http://images.nbii.gov/Rfemmer/D_med-res/Radiolarians-10-species-2.jpg">http://images.nbii.gov/Rfemmer/D_med-res/Radiolarians-10-species-2.jpg</a> ).....	57

<b>Figure 3.2</b>	Carte géologique de la côte nord gaspésienne (tirée de Burke 2002: 92). 63	
<b>Figure 3.3</b>	Échantillons de chert de La Martre. A B et C : Éclats expérimentaux; D, E et F : Plaquettes polies (photographies prises par l'auteur : 2009).....	65
<b>Figure 3.4</b>	Photographies de lames minces de chert de La Martre (prises par Raymond Mineau au laboratoire de microscopie électronique à balayage du département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère de l'Université du Québec à Montréal, dans le cadre d'un travail dirigé réalisé par l'auteur: 2006). .....	67
<b>Figure 3.5</b>	Carte géologique de la région de la carrière CkEe-28, représentée par l'encadré vert (Ministère des Ressources naturelles 2003).....	69
<b>Figure 3.6</b>	Échantillons de chert Touladi. A à E : Éclats expérimentaux; F à J : Plaquettes polies (photographies prises par l'auteur 2009).....	71
<b>Figure 3.7</b>	Photographies de lames minces de chert de Touladi (prises par Raymond Mineau au laboratoire de microscopie électronique à balayage du département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère de l'Université du Québec à Montréal dans le cadre d'un travail dirigé réalisé par l'auteur: 2006).....	72
<b>Figure 4.1</b>	Échantillons géologiques bruts provenant de la carrière Touladi (photographies prises par l'auteur). .....	74
<b>Figure 4.2</b>	Localisation de la carrière Touladi et des emplacements où des prélèvements furent effectués (Burke 2009, comm. pers.) .....	75
<b>Figure 4.3</b>	Emplacement des points géoréférencés de prélèvement sur la carrière Touladi (Burke 2009, comm. pers.) .....	76
<b>Figure 4.4</b>	Fonctionnement de la fluorescence aux rayons X (tirée de Potts 1987). .	81
<b>Figure 4.5</b>	Exemple de spectre, où l'on peut observer les signaux résultant d'une détection de silice, de calcium, de potassium et de fer (Gauthier 2009, comm. pers.).	82
<b>Figure 4.6</b>	Graphique illustrant l'efficacité du détecteur en gadolinium en fonction du voltage (tirée de PANalytical 2005: 3). .....	83
<b>Figure 4.7</b>	Comparaison des limites de détection minimales du Epsilon 5 comparativement aux autres appareil (tirée de PANalytical 2005: 4). .....	84
<b>Figure 5.1</b>	Diagramme à bande détaillant les résultats pour la carrière de La Martre. 93	
<b>Figure 5.2</b>	Diagramme à bande détaillant les résultats pour la carrière Touladi. ....	94

<b>Figure 5.3</b>	Superposition des diagrammes à bandes relatifs aux deux carrières. ....	95
<b>Figure 5.4</b>	Représentation de la distribution des valeurs obtenues pour le calcium (A) et le manganèse (B) pour chacun des échantillons (traits), de même que pour l'ensemble des carrières de La Martre et Touladi (boîtes à moustaches). ....	98
<b>Figure 5.5</b>	Distribution des concentrations de calcium et de manganèse pour les échantillons des carrières de La Martre et Touladi. ....	99
<b>Figure 5.6</b>	Représentation de la distribution des valeurs obtenues pour le fer (A), la silice (B) et l'aluminium (C) pour chacun des échantillons (traits), de même que pour l'ensemble des carrières de La Martre et Touladi (boîtes à moustaches). ....	102
<b>Figure 5.7</b>	Représentation graphique générale de la composition du chert de La Martre. ....	105
<b>Figure 5.8</b>	Représentation graphique générale de la composition du chert Touladi. ....	105
<b>Figure 5.9</b>	Diagramme ternaire des résultats relatifs aux échantillons géologiques des carrières de La Martre et Touladi. ....	106
<b>Figure 5.10</b>	Représentation de la distribution des valeurs obtenues pour le baryum (A), le lanthane (B) et le cérium (C) pour chacun des échantillons (traits), de même que pour l'ensemble des carrières de La Martre et Touladi (boîtes à moustaches). 110	
<b>Figure 5.11</b>	Diagramme binaire des résultats relatifs aux échantillons géologiques des carrières de La Martre et Touladi. ....	111
<b>Figure 5.12</b>	Diagramme binaire des résultats relatifs à la carrière de La Martre. ....	112
<b>Figure 5.13</b>	Diagramme binaire des résultats relatifs à la carrière Touladi. ....	113
<b>Figure 5.14</b>	Diagramme ternaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats expérimentaux. ....	119
<b>Figure 5.15</b>	Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats expérimentaux. ....	120
<b>Figure 6.1</b>	Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site de l'anse à la Vache. ....	122
<b>Figure 6.2</b>	Diagramme ternaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site de l'anse à la Vache. ....	123
<b>Figure 6.3</b>	Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site de l'anse à la Vache. ....	125

<b>Figure 6.4</b>	Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site de l'anse à la Vache.....	125
<b>Figure 6.5</b>	Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site Turcotte-Lévesque (partie 1). .....	128
<b>Figure 6.6</b>	Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site Turcotte-Lévesque (partie 2). .....	128
<b>Figure 6.7</b>	Diagramme ternaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Turcotte-Lévesque.....	129
<b>Figure 6.8</b>	Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Turcotte-Lévesque.....	130
<b>Figure 6.9</b>	Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Turcotte-Lévesque.....	131
<b>Figure 6.10</b>	Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site Rimouski (partie 1). .....	133
<b>Figure 6.11</b>	Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site Rimouski (partie 2). .....	134
<b>Figure 6.12</b>	Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site Rimouski (partie 3). .....	134
<b>Figure 6.13</b>	Diagramme ternaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Rimouski (partie 1).....	135
<b>Figures 6.14 et 6.15</b>	Diagrammes ternaires mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Rimouski (parties 2 et 3). .....	136
<b>Figure 6.16</b>	Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Rimouski. ....	137
<b>Figure 6.17</b>	Représentation de la distribution des valeurs obtenues pour le baryum (A), le lanthane (B) et le cérium (C) pour chacun des échantillons du site de Rimouski (traits), de même que pour l'ensemble des carrières de La Martre et Touladi (boîtes à moustaches).....	140

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.I	Échantillons archéologiques sélectionnés (les échantillons où furent effacés à l'aide de solvant les numéros de catalogue inscrit à leur surface sont identifiés par un astérisque).	77
Tableau V.I	Moyenne, écart-type et coefficient de variabilité des taux de comptage et des concentrations obtenus pour les 39 échantillons de la carrière Touladi. Les éléments répondant au critère de précision (cps/mA supérieur à 1) se trouvent dans les zones ombragées.	90
Tableau V.II	Moyenne, écart type et coefficient de variabilité des taux de comptage et des concentrations obtenus pour les 14 échantillons de la carrière de La Martre. Les éléments répondant au critère de précision (cps/mA supérieur à 1) se trouvent dans les zones ombragées.	91
Tableau V.III	Moyenne des coefficients de variation pour les éléments au taux de comptage supérieur à 1 cps/mA.	94
Tableau V.IV	Résultats pour les éléments majeurs sélectionnés (taux de comptage supérieurs à 1 cps/mA).	96
Tableau V.V	Principaux éléments majeurs.	104
Tableau V.VI	Principaux éléments traces.	107
Tableau V.VII	Concentrations d'éléments traces pour les carrières de La Martre et Touladi.	108
Tableau V.VIII	Résultat de l'analyse discriminante, effectuée à partir des concentrations de baryum, de lanthane et de cérium, des échantillons en plaquettes polies. Le groupe 1 correspond à la carrière de La Martre, alors que le groupe 2 correspond à celle de Touladi. Le $D^2$ représente la distance Mahalanobis entre l'échantillon et le centroïde, mise au carré.	117
Tableau V.IX	Résultat de l'analyse discriminante, effectuée à partir des concentrations de baryum, de lanthane et de cérium, des échantillons expérimentaux, sur la base de la classification effectuée à l'aide des échantillons en plaquettes. Le groupe 1 correspond à la carrière de La Martre, alors que le groupe 2 correspond à celle de Touladi. Le $D^2$ représente la distance Mahalanobis entre l'échantillon et le centroïde, mise au carré.	121
Tableau VI.I	Résultat de l'analyse discriminante, effectuée à partir des concentrations de baryum, de lanthane et de cérium, des échantillons du site de l'anse à la Vache, sur la base de la classification effectuée à l'aide des échantillons en plaquettes. Le groupe 1	126

correspond à la carrière de La Martre, alors que le groupe 2 correspond à celle de Touladi. Le  $D^2$  représente la distance Mahalanobis entre l'échantillon et le centroïde, mise au carré..... 126

Tableau VI.II    Résultat de l'analyse discriminante, effectuée à partir des concentrations de baryum, de lanthane et de cérium, des échantillons du site Turcotte-Lévesque, sur la base de la classification effectuée à l'aide des échantillons en plaquettes. Le groupe 1 correspond à la carrière de La Martre, alors que le groupe 2 correspond à celle de Touladi. Le  $D^2$  représente la distance Mahalanobis entre l'échantillon et le centroïde, mise au carré..... 132

Tableau VI.III    Résultat de l'analyse discriminante, effectuée à partir des concentrations de baryum, de lanthane et de cérium, des échantillons du site Rimouski, sur la base de la classification effectuée à l'aide des échantillons en plaquettes. Le groupe 1 correspond à la carrière de La Martre, alors que le groupe 2 correspond à celle de Touladi. Le  $D^2$  représente la distance Mahalanobis entre l'échantillon et le centroïde, mise au carré..... 138

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier en premier lieu mon directeur de recherche, monsieur Adrian Burke, pour m'avoir d'abord présenté ce projet, puis, pour m'avoir guidé et conseillé tout au cours de sa réalisation. Je remercie aussi messieurs Claude Chapdelaine et Brad Loewen, membres du jury ayant évalué ce mémoire et dont les commentaires et suggestions m'ont beaucoup aidé.

Merci au Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH) pour m'avoir financé durant une partie de cette maîtrise, de même qu'à la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI), pourvoyeuse de l'équipement, ainsi que du financement des analyses.

Je remercie aussi monsieur Gilles Gauthier, agent de recherche au département de chimie de l'Université de Montréal, sans qui ce projet n'aurait pu être réalisé. Je remercie chaleureusement Julie Robert pour sa patience et son grand soutien.

Enfin, merci à mes amies et collègues de laboratoire Karine Taché et Julie Brunet pour leur aide et leur agréable compagnie au cours de cette expérience. Je remercie aussi Gaétan Lebreton pour la production d'éclats expérimentaux, Isabelle Duval et Roland Tremblay pour leurs conseils et Émilie Desrosiers pour sa personification du Témiscouata.

## 1. INTRODUCTION

Utilisées tout au long de la préhistoire, et cela, partout dans le monde, les matières premières lithiques sont une source d'information primordiale pour les archéologues. En effet, puisque les autres matériaux se décomposent relativement rapidement dans les sols, particulièrement dans les podzols très acides du Nord-Est américain, les artefacts lithiques demeurent bien souvent les seuls vestiges à partir desquels il est possible de reconstruire le passé.

Au fil du temps, plusieurs approches complémentaires d'analyse du matériel lithique se sont développées dans le but d'obtenir un profil analytique aussi exhaustif que possible pour ce genre de matériau. C'est ainsi que, de nos jours, les études technologiques, tracéologiques et archéométriques, entre autres, se côtoient régulièrement dans la littérature archéologique, fournissant des données variées et complémentaires relatives au matériel lithique. Parmi ces études spécialisées se trouvent les travaux de caractérisation chimique, qui consistent à aborder des problématiques archéologiques précises, en faisant appel à des connaissances provenant de multiples disciplines scientifiques. D'abord, certaines connaissances archéologiques relatives aux sites concernés sont bien sûr essentielles, particulièrement pour définir les objectifs du projet et pour en interpréter les résultats. Ensuite, une connaissance géologique de la région à l'étude est aussi primordiale, afin d'être apte à localiser les affleurements, de même que pour comprendre l'origine et la structure de la roche à l'étude. Enfin, des notions de base en chimie sont nécessaires, puisque l'utilisation de procédés analytiques chimiques est de mise.

Couramment effectuées par les archéologues, ces caractérisations chimiques ont pour objectif principal, comme le nom l'indique, de caractériser, donc de décrire, sur la base de critères chimiques, les matières premières utilisées au cours de la préhistoire, de manière à les différencier les unes des autres. Les caractérisations chimiques peuvent être effectuées sur une multitude de matériaux tels que la céramique, l'obsidienne, le verre et, comme c'est le cas dans ce mémoire, le chert (Clermont et al. 1995; Glascock et



al. 2007: 35-48; Gratuze et Janssens 2004; Malyk-Selivanova et al. 1998; Tremblay et Vaillancourt 1994: 38-57).

En comparaison aux autres matériaux, la caractérisation chimique des cherts est difficile à réaliser en raison de problèmes de nature géochimique et minéralogique. À cause de leur composition très uniforme (plus de 85% de SiO<sub>2</sub>), de leur structure monotone (quartz micro- ou crypto-cristallin) et du caractère sub-microscopique de leurs inclusions minéralogiques (10 µm à 100 µm), il est très ardu de distinguer les cherts uniquement par examen pétrographique (Malyk-Selivanova et al. 1998: 676). Le recours à d'autres méthodes d'analyse est donc requis, dont les plus utilisées sont l'activation neutronique (Boulanger et al. 2005; Chapdelaine et al. 1995a; Chapdelaine et Kennedy 1999), la fluorescence aux rayons X par dispersion d'énergies (EDXRF) (Dello-Russo 2004; Hermes et Ritchie 1997a) ou par dispersion des longueurs d'onde (WDXRF) (Pitblado et al. 2008), la diffraction aux rayons X (XRD) (Weymouth et Mandeville 1975) et le spectromètre d'émission à plasma relié par couplage inductif (ICP-MS) (Carter et al. 2006). Chacune de ces méthodes d'analyse a ses particularités, ses avantages et ses défauts, et le choix de la méthode à utiliser dans le cadre d'un projet dépend de facteurs tels que le budget dudit projet, le temps à consacrer, la matière à analyser et le type d'élément chimique que l'on veut détecter et mesurer. Étant donné que chaque matière analysée ne réagit pas de la même façon aux différentes techniques et que les éléments chimiques excités ne sont pas les mêmes d'une technique à l'autre, les résultats obtenus par chacune de ces méthodes sont complémentaires et il ne fait aucun doute que plus les analyses effectuées sont variées, plus la robustesse d'une caractérisation s'en voit fortifiée.

Peu importe la méthode sélectionnée, les caractérisations chimiques sont extrêmement pertinentes, car elles permettent d'éviter les erreurs d'identification souvent effectuées à l'échelle macroscopique, approche préconisée par la plupart des archéologues. Selon certains :

« Les archéologues s'y frottent quotidiennement [à l'identification de matériaux lithiques] mais souvent à la manière de géologues amateurs qui, de façon empirique ont

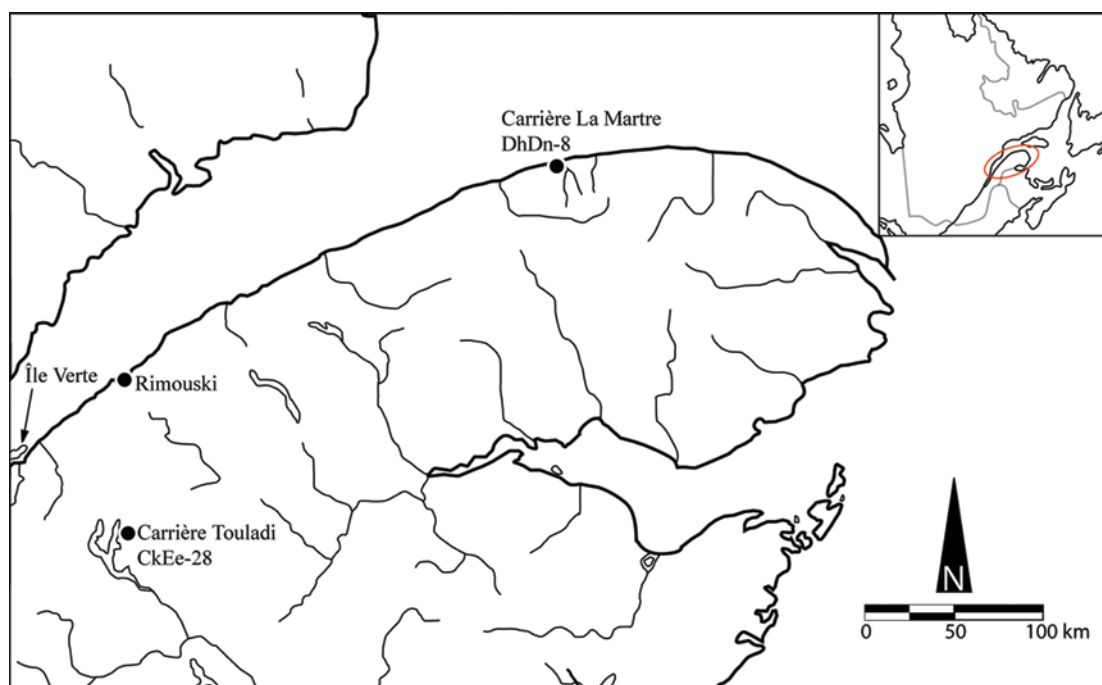
appris à distinguer à l'œil, à la couleur ou à la texture, quelques variétés de quartz, de quartzite, de chert, de jaspe, de calcédoine, de rhyolite ou d'obsidienne. C'est insuffisant, grossier et parfois erroné. » (Clermont et Chapdelaine 1995: 45).

Évidemment, il arrive que des attributs macroscopiques soient distinctifs de cherts particuliers. Comme les archéologues deviennent rapidement familiers avec les différents matériaux lithiques utilisés dans les régions où ils se spécialisent, ces analyses macroscopiques très rapides et fort peu coûteuses s'avèrent souvent la méthode la mieux adaptée pour survoler rapidement de gros assemblages ou pour effectuer un premier tri. Toutefois, il a été démontré que les propriétés visuelles des matériaux lithiques (couleur, lustre, inclusions, type de cassure) ne sont pas des critères adéquats pour corrélérer des artefacts aux sources présumées de cherts utilisés, car ce sont, d'une part, des variables subjectives dont l'identification repose sur l'expérience de l'analyste et, d'autre part, des attributs très hétérogènes à l'intérieur des formations rocheuses (Calogero 1992; Duval 2008: 54; Hess 1996).

## **Problématique**

Le présent projet s'insère dans ce cadre de recherche archéométrique et préconise une approche géochimique basée sur la prémisse que les artefacts en chert et leurs sources géologiques respectives partagent des caractéristiques géochimiques reflétant leur histoire géologique identique (provenance des sédiments, environnement de déposition, processus diagénétiques et métamorphiques). À l'intérieur de cette approche géochimique, la caractérisation d'une carrière doit se baser sur les signatures géochimiques représentant des réalités objectives témoignant des conditions de formation des sources de matériaux lithiques. Cette démarche se distingue des études basées uniquement sur la chimie globale (*bulk chemistry*), la minéralogie ou la pétrographie, qui peuvent mener à des erreurs d'identification, car elles ne prennent pas en considération tous les facteurs géologiques ayant façonné la roche à la source (Malyk-Selivanova et al. 1998: 677).

Au cours de ce mémoire, il sera donc question de la caractérisation chimique de deux cherts, dont les sources connues se trouvent respectivement à La Martre (DhDm-8, Gaspésie) et au Témiscouata (CkEe-28, Bas-Saint-Laurent) (figure 1.1), à l'aide d'une méthode d'analyse non destructive par fluorescence aux rayons X par dispersion d'énergies (EDXRF). L'objectif est d'évaluer et de mettre à profit cette méthode d'analyse particulière pour identifier les critères chimiques pouvant discriminer ces deux sources de chert exploitées au cours de la préhistoire du Québec. Comme ces cherts sont visuellement très semblables, tant macroscopiquement que microscopiquement, ce projet représente une opportunité unique de tester le potentiel et les limites du nouveau laboratoire de caractérisation chimique non destructive de l'Université de Montréal.



**Figure 1.1** Localisation des sites archéologiques abordés (tirée de Chalifoux 1999b: 70, modifiée).

Bien que ce genre d'analyse non destructive soit déjà pratiqué ailleurs (Braun et al. 2009; Davis et al. 1998; Dello-Russo 2004; Hermes et Ritchie 1997b; Hughes 1994; Latham et al. 1992), l'aspect exploratoire de ce mémoire demeure un élément central, puisqu'il s'agit du premier projet réalisé dans ce laboratoire, et que toutes les étapes du protocole de recherche ont dû être élaborées en cours de réalisation.

### ***Laboratoire de caractérisation non destructrice de l'Université de Montréal***

En opération depuis la fin de l'année 2006, ce laboratoire est équipé d'un appareil de fluorescence aux rayons X par dispersion d'énergies (EDXRF) de modèle *PANalytical Epsilon 5*. Plusieurs facteurs justifient le choix de cette méthode d'analyse pour procéder à la caractérisation chimique de cherts. En effet, outre son très faible coût et la grande rapidité des analyses, l'appareil de l'Université de Montréal se distingue par certaines particularités qui font en sorte de le rendre particulièrement efficace pour analyser le type de roche à l'étude dans ce projet. En effet, au moment de l'achat de cet appareil, effectué en 2005 par monsieur Adrian Burke, professeur d'archéologie au Département d'anthropologie de l'Université de Montréal, le choix des composantes de l'appareil fut effectué spécifiquement afin de l'optimiser pour la caractérisation non destructrice de matériaux lithiques à des fins archéologiques (Burke et Gauthier 2008).

#### Avantages de l'appareil

Bien que les détails techniques de l'appareillage seront davantage détaillés dans la section relative à la méthode d'analyse, mentionnons d'ores et déjà que l'attrait majeur de cet appareil est la combinaison d'un tube émetteur de rayons X à l'anode de gadolinium et d'un détecteur de très haute performance, ce qui le rend capable d'exciter des éléments chimiques lourds, telles que les terres rares, essentiels pour l'analyse non destructrice de matériaux. En effet, les éléments lourds sont très peu mobiles, et donc moins sujets aux processus d'altération et de lessivage qui affectent la composition chimique à la surface des échantillons (Luedtke 1992; McLennan 1989; Nyakairu et Koeberl 2001; Sheppard et Pavlish 1992). Autrement dit, les caractéristiques du *PANalytical Epsilon 5* rendent possible l'excitation et la détection d'éléments lourds, peu susceptibles d'être affectés par divers effets taphonomiques, ce qui permet une analyse non destructrice non influencée par les modifications chimiques effectuées en surface des échantillons (Burke et Gauthier 2008).

En effet, les artefacts analysés peuvent avoir séjournés en terre ou à la surface du sol pendant des millénaires. En raison de multiples facteurs tels que l'acidité des sols ou les intempéries, cette situation risque d'altérer ces artefacts, particulièrement leurs surfaces (Akridge et Benoit 2001: 148; Honea 1964; Jarvis 1990: 9-10; Luedtke 1978: 418-420; Sheppard et Pavlish 1992). Une fois modifiée, la composition chimique de la surface d'un artefact ne correspond plus à son état d'origine, c'est-à-dire à la composition chimique de la roche à la source. Ainsi, une caractérisation chimique basant ses critères discriminants sur des éléments chimiques susceptibles de s'altérer aurait très peu de chance d'obtenir des résultats concluants. C'est pourquoi ces problèmes sont habituellement esquivés par la réduction en poudre des échantillons, de manière à distribuer de façon homogène les éléments constituant l'échantillon. Ce procédé destructif permet d'enrayer les effets de surface, mais ne représente pas une option idéale pour la recherche archéologique. Ce projet représente donc un effort vers le développement d'une méthode d'analyse non-destructrice qui autorise l'analyse d'artefacts sans mener à leur destruction, ce qui représente un avantage important par rapport aux autres méthodes d'analyses couramment utilisées.

#### Contraintes de l'appareil

L'utilisation d'une telle méthode d'analyse n'a cependant pas que des avantages et plusieurs contraintes existent. La faible pénétration des rayons X ( $0,1 \mu\text{m}$ ) lors de l'analyse des éléments majeurs fait en sorte que les effets de surface (relief et altération) sont susceptibles d'influencer les résultats. De plus, la faible représentativité de la pénétration fait en sorte que les résultats relatifs aux éléments majeurs sont aussi plus sensibles aux effets de pépité, c'est-à-dire à la distribution hétérogène d'amas de minéraux (et par le fait même des éléments les composant) au sein de l'échantillon. Ces problèmes sont toutefois pris en considération et l'appareillage du laboratoire de l'Université de Montréal utilise certains procédés ayant recours aux paramètres fondamentaux pour pallier ces effets de matrice pouvant donner une image déformée de la composition chimique générale de la roche à l'étude (Burke et Gauthier 2008: 7).

De manière générale, la zone analysée pour les éléments lourds est plus représentative que lors de l'analyse d'éléments légers. Toutefois, dans le cas des éléments lourds, c'est la pénétration profonde des rayons X (jusqu'à 0,9 cm) qui engendre quelques complications lorsque l'échantillon n'est pas aussi épais que la profondeur de pénétration des rayons (« profondeur absolue »). Cette absorption incomplète des rayons X engendre une baisse d'intensité élémentaire, qui est toutefois prise en compte par le *PANalytical Epsilon 5*, qui effectue la normalisation des pics nets d'intensité de chaque élément par rapport aux pics de réflexion Compton pour corriger ce problème.

En raison de la relative jeunesse de ce laboratoire et de l'envergure de ce projet, aucun comparatif ne fut établi afin de contrôler la véritable justesse des résultats obtenus. Bien que la précision des résultats soit assurée par un étalon secondaire (obsidienne Pachuca) incorporé aux analyses tout au long du projet, il est impossible à ce stade d'évaluer la justesse des résultats. L'idéal aurait été de faire analyser une ou plusieurs plaquettes polies dans un autre laboratoire et de comparer les résultats, mais en raison des facteurs énoncés ci-haut, cela ne fut pas effectué. Toutefois, l'utilisation de 20 étalons internationaux pour établir les courbes de calibration utilisées par l'appareil afin de convertir les énergies détectées en unités de concentration, certifie une grande précision, de même que des limites de détection très basses pour ce genre d'appareil (annexe E). De plus, la justesse des résultats par rapport à ces étalons fut excellente tout au long du projet.

La normalisation des résultats à 100% pour chaque échantillon représente aussi une contrainte à la précision des analyses. Une mauvaise réponse ou une anomalie d'un seul élément influence ainsi toutes les autres concentrations élémentaires pour cet échantillon, puisque la somme des composantes cumule invariablement à 100%. Enfin, la perte au feu ne fut pas calculée sur nos échantillons, ce qui entraîne une incertitude de 3 à 4% des résultats (Gauthier, comm. pers. 2009).

Cependant, de manière générale, les réserves et limites de cet appareil ne sont pas suffisamment importantes pour nuire aux besoins des archéologues. Il est évident qu'il existe d'autres méthodes d'analyse aux meilleures limites de détection ou permettant d'analyser des éléments impossibles à analyser avec la méthode ici présentée. Cela dit, aucune machine ne peut analyser tous les éléments présents sur le tableau périodique et le *PANalytical Epsilon 5* représente un appareil à la fine pointe de la technologie fournissant d'excellents résultats. Bien que différent des autres méthodes analytiques, l'appareil de l'Université de Montréal est tout à fait approprié pour le genre d'application effectuée par les archéologues puisqu'il allie faible coût, non-destructivité, faible temps de préparation et analyse rapide, ce qui permet d'effectuer un nombre élevé d'analyses, révélant ainsi des profils chimiques très complets des sources de matières premières lithiques. De plus, le manque de justesse ne nuit pas du tout à la comparaison et distinction des deux sources de chert, car seules la précision et les limites de détection sont importantes au cours d'une caractérisation.

## **Objectifs**

Ce projet de maîtrise s'intéresse donc à la circulation de deux types de chert au Québec au cours de la préhistoire, et son objectif général est de participer au développement, et de tester le potentiel, de la méthode d'analyse développée au laboratoire de caractérisation non destructrice de l'Université de Montréal, en réalisant la caractérisation chimique, fort pertinente d'un point de vue archéologique, de deux carrières de chert exploitées au cours de la préhistoire du Québec. De manière plus détaillée, les objectifs sont les suivants :

1. Caractériser chimiquement les cherts provenant des carrières préhistoriques connues de La Martre (site DhDn-8) et du Témiscouata (site CkEe-28), à partir des données obtenues par EDXRF. Cette caractérisation pourra par la suite être utile à tous les archéologues voulant identifier ces cherts sur leurs sites.

2. Valider cette caractérisation en vérifiant si les résultats obtenus à partir des échantillons polis provenant des carrières sont comparables aux résultats obtenus à partir d'éclats expérimentaux à surface naturelle.
3. Déterminer si les cherts provenant de ces deux carrières sont présents au sein des assemblages des sites archéologiques de Turcotte-Lévesque (DaEi-8, île Verte), de l'anse à la Vache (DaEi-6, île Verte) et de Rimouski (DcEd-1).

### ***Caractérisation des cherts***

La pertinence de ce projet réside dans la capacité qui en est créée pour déterminer ultérieurement la provenance d'artéfacts trouvés en contexte archéologique. En effet, en identifiant en premier lieu les critères chimiques spécifiques aux roches provenant de carrières distinctes, il devient ensuite possible, grâce à l'analyse subséquente d'artéfacts, de suivre ces matériaux à la trace depuis leurs points d'origine, jusqu'aux sites où ils sont découverts. Ce raisonnement conduit à la formulation d'hypothèses relatives à l'exploitation de ces matières lithiques, ce qui mène éventuellement à une meilleure compréhension des problématiques archéologiques relatives aux schèmes d'établissement, aux réseaux d'échanges, aux déplacements de populations et aux modes d'approvisionnement des matières premières.

Il est important de souligner dès le départ que l'objectif principal de ce projet concerne la création et l'évaluation d'une référence géochimique pour les deux carrières, comme étape initiale nécessaire à d'autres comparaisons futures. Ce mémoire se veut un effort afin de tester le potentiel de cette nouvelle méthode d'analyse non destructrice et la caractérisation chimique des deux cherts en représente le cœur. Essentielle aux études de provenance pouvant éventuellement être réalisées à partir des résultats obtenus, cette caractérisation constitue la fondation sur laquelle il est possible de bâtir certaines interprétations anthropologiques relatives aux déplacements anthropiques de matières premières lithiques au cours de la préhistoire. Au sein de ce mémoire toutefois, le



développement de ces considérations anthropologiques ne sera que très peu abordé, alors que l'accent sera mis sur la capacité de la méthode d'analyse à distinguer les cherts de la Gaspésie et du Témiscouata. Bien qu'abordant essentiellement des aspects méthodologiques qui peuvent sembler détachés de l'étude des groupes humains préhistoriques, ce mémoire n'en demeure donc pas moins une étape indispensable vers une meilleure connaissance de l'exploitation des diverses matières premières lithiques par les groupes préhistoriques sur le territoire québécois.

La première et principale étape du projet consiste donc en l'analyse d'échantillons géologiques. À cet effet, j'ai préparé, à partir des pierres prélevées directement aux carrières, des échantillons en forme de plaquettes aux surfaces polies, de façon à obtenir, suite aux analyses, le profil chimique le plus précis possible pour chacune des carrières. En fonction des résultats, j'ai pu mettre en évidence certains critères chimiques différenciant les cherts.

Il n'existe pas de formule universelle pour quantifier le nombre d'échantillons nécessaires à une caractérisation, car ce nombre dépend de plusieurs facteurs, dont principalement la variabilité interne, la taille des sources, la précision désirée de l'analyse, de même que son budget (Luedtke et Meyers 1984). En général, les géoarchéologues chevronnés recommandent un minimum de 10 échantillons, mais préférablement entre 15 et 20 pour chaque source (Luedtke 1978: 422, 1992: 118-119; Luedtke et Meyers 1984: 289; Malyk-Selivanova 1998: 677). Afin de représenter le mieux possible l'étendue de la variabilité chimique de chacune des strates sur toute l'étendue d'une carrière, et ainsi rendre la caractérisation plus robuste, les échantillons se doivent d'être prélevés à différents endroits sur la carrière, tant horizontalement que verticalement. Alors que de nombreux travaux de caractérisation chimique effectués par le passé au Québec n'impliquaient qu'une faible quantité d'échantillons (Chalifoux et al. 1998; Chapdelaine et Kennedy 1994; Marquis 1994), ce projet se distingue par le nombre important d'échantillons géologiques obtenu en préparant, à partir d'un même bloc prélevé à la carrière, plusieurs plaquettes analysables.

Au niveau du traitement de données, des arguments graphiques et des analyses multivariées (analyses discriminantes) furent combinés afin de procéder à la caractérisation. La décision de baser le raisonnement surtout sur une approche graphique fut prise assez tôt au cours de ce projet. En effet, il est primordial d'avoir une idée de base de la constitution d'une roche avant d'appliquer des méthodes statistiques complexes, puisque tous les éléments ne doivent pas avoir le même impact à l'intérieur de ce type de démarche. Il importe donc en premier lieu de déterminer sur des critères géologiques quels éléments représentent de bons marqueurs discriminants, pour ensuite procéder aux analyses statistiques discriminantes permettant de quantifier les écarts observables sur les graphiques.

### ***Validation de la caractérisation***

Il peut paraître paradoxal, dans un contexte d'analyse non destructrice, de procéder à l'aménagement d'échantillons géologiques polis. Or, l'aspect non destructif de la démarche ne concerne que les artefacts archéologiques. Alors que la destruction d'artefacts authentiques à des fins d'analyses constitue un défaut sérieux, l'intégrité physique des échantillons géologiques prélevés sur les carrières n'a quant à elle aucune valeur scientifique, du moins, dans le cadre analytique qui nous intéresse. Ces échantillons géologiques, extraits des sources naturelles de chert, sont utilisés pour déterminer l'étendue de la variabilité de la composition chimique des cherts originaires de ces sources et leur destruction ne représente en rien une perte d'information. Comme les caractérisations chimiques des carrières représentent la base de données à partir de laquelle il est possible de faire des études de provenance, il est important que les données issues d'échantillons géologiques soient les plus précises possibles, ce qui justifie et même impose le polissage des surfaces analysées.

Les artefacts qui seront comparés et liés aux carrières au cours d'éventuelles études de provenance seront quant à eux d'épaisseurs variées, à la courbure irrégulière et non polis. Il importe donc, afin de valider la caractérisation et ainsi certifier son utilité dans un cadre archéologique, de vérifier l'incidence que porte la physionomie des

échantillons sur les résultats. En d'autres mots, il est essentiel de savoir si l'on peut comparer les résultats obtenus à partir de l'analyse de plaquettes aux surfaces polies avec ceux provenant de l'analyse d'artéfacts aux surfaces non aménagées. Si cette comparaison ne s'avère pas concluante, la caractérisation effectuée n'aura aucune applicabilité en contexte archéologique.

Pour procéder à cette comparaison cruciale, je comparerai les portraits géochimiques obtenus à partir des échantillons géologiques, à ceux obtenus à partir d'éclats de débitage expérimentaux non aménagés, produits à partir de ces mêmes échantillons géologiques. Afin de s'assurer que les résultats de cette comparaison confirment hors de tout doute le potentiel archéologique de la caractérisation, j'ai sélectionné les artéfacts dont la morphologie est la plus susceptible de poser problème, c'est-à-dire le débitage. En raison de sa minceur, de sa petite taille et de ses surfaces aux reliefs accidentés (face dorsale) ou alors courbés (face ventrale concave), les éclats sont en effet le type d'artéfact qui représente le plus grand défi pour le *PANalytical Epsilon* 5.

### ***Localisation des cherts sur divers sites archéologiques***

Une fois la démonstration faite que les critères chimiques discriminants sélectionnés lors de la caractérisation sont réellement pertinents et applicables dans un contexte archéologique, le troisième objectif consistera à mettre en pratique cette caractérisation en tentant de repérer les cherts de La Martre et du Témiscouata au sein des assemblages de trois sites archéologiques, soit ceux de l'anse à la Vache (DaEi-6, île Verte), Turcotte-Lévesque (DaEi-8, île Verte) et Rimouski (DcEd-1, Bas-Saint-Laurent) (figure 1.1). Alors que les deux premiers représentent des occupations de groupes iroquoiens du Saint-Laurent ayant eu lieu au Sylvicole supérieur, le site de Rimouski date quant à lui du Paléoindien récent. Ces sites se prêtent très bien à ce type d'exercice, car la présence présumée des deux cherts en leur assemblage est une hypothèse fréquemment avancée et qui fait quasiment consensus. Il sera donc intéressant de tenter

de vérifier, à l'aide du profilage chimique, si les cherts en question s'y trouvent bel et bien.

Rappelons toutefois que ce mémoire ne se veut pas une étude de provenance en tant que telle, mais vise principalement la caractérisation chimique des cherts. L'intégration au projet des collections des sites archéologiques mentionnés sert donc à vérifier la pertinence des résultats obtenus à partir des échantillons géologiques, à témoigner de l'applicabilité de la méthode à des fins archéologiques, à illustrer le potentiel de détection et à déceler les problèmes potentiels de la méthode d'analyse. L'objectif n'est pas d'identifier toutes les matières présentes sur les sites archéologiques concernés, mais plutôt de valider les critères chimiques sélectionnés lors de la caractérisation. Au stade actuel des connaissances et en raison de l'échantillonnage archéologique assez réduit, il serait inapproprié de remettre en question les interprétations générales relatives aux peuples préhistoriques concernés sur la base des résultats présentés dans ce mémoire. Cela dit, les résultats obtenus représentent de nouvelles informations pertinentes s'ajoutant à la banque de données relatives aux groupes préhistoriques concernés, et il sera intéressant de constater s'ils concordent avec les grandes hypothèses basées sur l'ensemble des données connues à ce jour.

D'autre part, afin d'éviter toute confusion, précisons d'emblée qu'aucune comparaison ne sera effectuée entre les résultats des trois sites archéologiques. L'objectif étant de tenter de répertorier le chert de La Martre et/ou le chert du Témiscouata sur ces sites, les artefacts des sites de l'anse à la Vache, Turcotte-Lévesque et Rimouski seront uniquement comparés aux deux carrières, et non pas les uns par rapport aux autres.

L'organisation de cette étude se résume donc de la façon suivante. Comme il a été précédemment mentionné, toute étude de caractérisation chimique se doit d'intégrer des connaissances provenant de divers champs d'études. La première partie de ce mémoire se divise donc en deux grandes parties, selon la discipline abordée. C'est ainsi que l'aspect archéologique du cadre conceptuel et théorique du projet sera d'abord

détaillé, suivi par les aspects géologiques de l'étude. Ensuite, les considérations méthodologiques de ce mémoire seront présentées en détail, à travers trois grandes sections décrivant, dans l'ordre, la nature des données, les méthodes de collecte et les méthodes d'analyse. Par la suite, les résultats concernant les carrières de La Martre et Touladi seront présentés, auxquels s'ajouteront ensuite les résultats des éclats expérimentaux et des sites archéologiques. Une discussion finale et la conclusion suivront ensuite, au cours desquelles les contributions méthodologiques et archéométriques de ce mémoire seront présentées.

## **2. CADRE THÉORIQUE ET CONCEPTUEL - ARCHÉOLOGIE**

L'état actuel des connaissances archéologiques relatives à ce projet sera présenté dans les pages qui suivent, en commençant d'abord par une courte description générale des carrières préhistoriques. En effet, possiblement en raison du type de trouvailles que l'on y fait, les carrières représentent un type de site archéologique généralement tenu dans l'ombre. Les carrières de La Martre et de Touladi seront ensuite présentées, puis, les sites archéologiques de l'anse à la Vache, Turcotte-Lévesque et de Rimouski le seront à leur tour. Pour chaque site archéologique abordé, les arguments archéologiques témoignant d'interactions entre leurs occupants et les régions où se trouvent les deux carrières seront présentés, de manière à démontrer la pertinence du choix de ces sites.

### **Les carrières préhistoriques**

Une carrière, au sens archéologique, est définie comme étant le résultat tangible d'un procédé soustractif au cours duquel un être humain extrait de la matière première lithique de sa matrice géologique primaire (un affleurement), à des fins d'utilisation ultérieure (Ives 1984: 187). Les carrières préhistoriques ont longtemps représenté le type de site le plus négligé de la recherche archéologique, probablement pour des raisons méthodologiques (pour un bref historique de la recherche sur les carrières, voir Burke et Chalifoux 1998: 33-34). D'un point de vue chronologique, il est souvent difficile de cerner précisément une fourchette de temps au cours de laquelle une carrière fut exploitée, puisque les assemblages y sont presque exclusivement constitués d'ébauches et de préformes. Cependant, l'absence d'artéfacts diagnostiques sur une carrière ne signifie pas nécessairement la non-exploitation de celle-ci au cours d'une période chronologique spécifique. En effet, il est fréquent que seules les premières étapes de la chaîne opératoire soient effectuées à la carrière, et, par conséquent, les assemblages des carrières sont surtout constitués d'artéfacts non révélateurs du moment de l'occupation. En d'autres mots, la nature intrinsèque des assemblages sur les carrières (énorme quantité de débitage, absence fréquente d'artéfacts diagnostiques, accumulation de vestiges sans stratification, absence de vestige autre que lithiques) rend difficile

l'édification d'une histoire culturelle d'exploitation (Burke 2000: 166; Kolhatkar 2006: 57), ce qui rebute souvent les archéologues.

Pourtant, les attraits archéologiques des carrières sont nombreux et compensent les difficultés analytiques. D'abord, les gisements de matière première représentent une ressource essentielle stable dans l'espace et dans le temps, ce qui fait en sorte qu'ils incarnent des points de repère dans le paysage, autour desquels les autres sites s'organisent et s'articulent (Kolhatkar 2006: 12). Autrement dit, elles sont au cœur du schème d'établissement des groupes préhistoriques et leur exploitation peut s'intégrer au sein de celui-ci de multiples façons, que ce soit en s'imbriquant à l'itinéraire des déplacements saisonniers des groupes préhistoriques, ou alors en faisant l'objet d'expéditions spécialisées exécutées par un petit nombre d'individus. Quoi qu'il en soit, la présence d'une carrière dans une région entraîne généralement une prolifération de sites archéologiques dans ce secteur, comme c'est le cas pour La Martre (Benmouyal 1987) et le Témiscouata (Chalifoux et al. 1998). En somme, les carrières fournissent des arguments indépendants permettant de reconstituer l'organisation sociale, géographique et culturelle des groupes préhistoriques (Kolhatkar 2006: 16).

En outre, la quantité inépuisable de matière première disponible sur la carrière libère le tailleur des contraintes d'économie de matière qui le guide habituellement dans son processus de sélection et de taille de la pierre (Burke 2000: 168). Ainsi, l'assemblage qui en découle représente véritablement les choix du tailleur, et son analyse permet une reconstruction plus complète de la technologie lithique. Les carrières sont donc indispensables à notre compréhension des sociétés préhistoriques, car elles représentent le point de départ des choix faits par les individus (Kolhatkar 2006: 69). Enfin, il n'y a que sur les carrières où la qualité et la variabilité de la matière première puissent être estimées par les archéologues (Burke 2000: 168; Pollock et al. 1999).

Somme toute, les carrières représentent une importante source d'informations relatives aux comportements, aux stratégies adaptatives et aux technologies lithiques des groupes préhistoriques. Cette richesse compense largement pour les difficultés

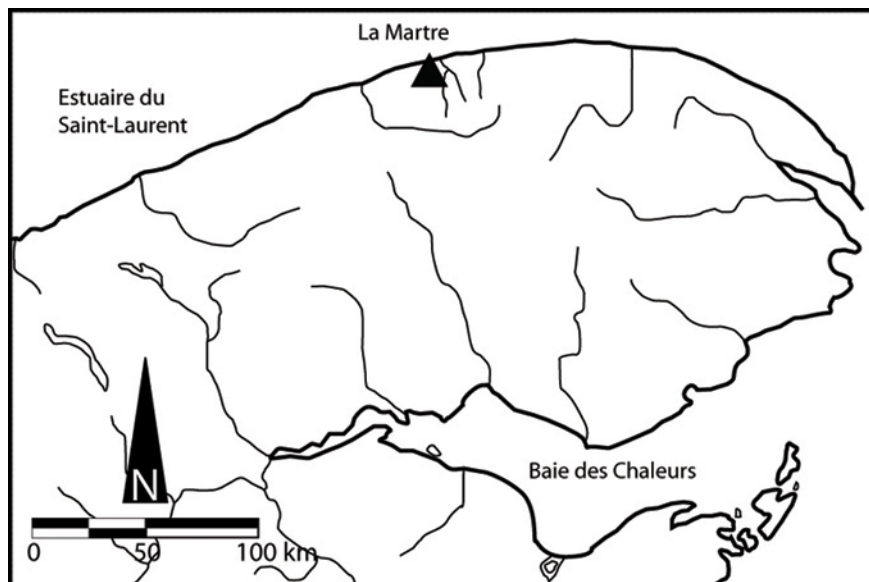
analytiques qu'elles représentent, et il va sans dire que le nombre croissant de travaux les abordant est une bonne nouvelle pour la communauté archéologique. Cela dit, il est désormais opportun de s'intéresser plus précisément aux deux carrières au cœur de ce mémoire, en commençant d'abord par celle de La Martre, localisée sur la rive nord de la péninsule gaspésienne.

## **La Gaspésie**

### *Contexte géographique*

La Gaspésie est une péninsule située à l'extrémité sud-orientale de la province de Québec, bordée au nord par l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, au sud par la baie des Chaleurs et à l'ouest par la rivière Matapédia (figure 2.1). D'un point de vue topographique, elle se divise en trois grandes zones : la côte, le plateau et les monts Chic-Chocs (Benmouyal 1981: 12). Dans ce mémoire, l'accent sera mis essentiellement sur la côte longeant la rive sud du Saint-Laurent, où les sites archéologiques pertinents à la problématique étudiée sont concentrés. Cette zone littorale forme une bande discontinue d'une largeur variable, pouvant atteindre plusieurs kilomètres près des embouchures des rivières importantes (Benmouyal 1978: 55). Elle est constituée d'une succession de terrasses et de paléo-plages témoignant de la dernière régression marine ayant suivie la plus récente glaciation. Le niveau d'eau ayant généralement baissé dans cette région depuis la fin de la déglaciation, en raison entre autre du rehaussement isostatique des terres, il est courant de trouver des sites archéologiques sur ces terrasses, à des altitudes largement supérieures au niveau de la mer actuel.





**Figure 2.1** Localisation de la carrière de La Martre, au sein de la Gaspésie (tirée de Chalifoux 1999b: 70, modifiée).

### *Historique des recherches archéologiques*

Les premières fouilles archéologiques sur le territoire gaspésien eurent lieu en 1969, puis, suite aux résultats positifs obtenus, diverses campagnes de prospection, de collectes de surface et d'excavations se succédèrent au cours des années subséquentes (Duval 1970, 1971; Provost et Ross 1972; S.A.P.Q. 1970). La plupart du temps, ces travaux étaient justifiés par des risques de destruction des sites et étaient principalement concentrés sur la côte nord de la péninsule. Parmi la vingtaine de sites découverts au cours de ces travaux se démarquent un atelier de taille associé à un affleurement de chert à Marsoui (Benmouyal 1987: 415-416) et une pointe de projectile à retouches parallèles de type Paléoindien récent sur le site de La Martre (Benmouyal 1981: 2). Ces découvertes sont importantes en raison de la rareté des sites paléoindiens récents et des traces d'exploitation lithique de cette époque dans le Nord-Est de l'Amérique du Nord.

Tel était l'état des connaissances relatives à la préhistoire de la Gaspésie lorsque Benmouyal et ses collègues entreprirent leurs travaux au cours des années 70. De 1972 à 1980, ils organisèrent de vastes campagnes de prospection et de fouilles le long de la rive nord, explorant systématiquement les vallées et terrasses (Benmouyal 1987). Au fil

de ces travaux, une trentaine de sites fut examinée, et le matériel mis au jour révéla de multiples occupations à diverses périodes de la préhistoire. C'est d'ailleurs à partir de ce matériel que fut mise sur pied la première séquence chronologique et culturelle de la région (Benmouyal 1981, 1987). Un inventaire archéologique du territoire du futur parc du Bic mettant au jour trois sites côtiers paléindiens récents fut aussi effectué à la fin des années 1970 (Dumais et Rousseau 1985).

Enfin, en 1995, un programme de recherche fut développé par la Corporation du centre d'interprétation d'archéologie préhistorique de la Gaspésie à La Martre. D'abord entreprise par la firme Ethnoscop (Dumais 2000; Dumais et al. 1996; Ethnoscop 1996, 1997), la recherche archéologique passa sous la direction d'Éric Chalifoux en 1997, dans le cadre d'un projet de recherche de l'Université de Montréal (Burke 2002; Chalifoux 1999a, 1999b, 1999c, 2000; Chalifoux et Tremblay 1998). C'est au cours de ces travaux que fut découvert dans la région de La Martre le site DhDm-8, baptisé la carrière du Suroît, et duquel proviennent les échantillons de chert analysés dans le cadre de ce mémoire.

### *Sites archéologiques abordés*

La vallée de La Martre est topographiquement caractérisée par la présence de nombreuses terrasses s'élevant entre 20 et 60 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer, résultat des épisodes de retrait de la mer postglaciaire de Goldthwait (Chalifoux 1999b: 69). Près d'une vingtaine de sites est répertoriée à ce jour dans cette région et, parmi ceux-ci, douze sont associés à des occupations paléindiennes récentes en raison de leur assemblage lithique et de leur altitude relativement élevée (Chalifoux 1999c). Parmi ces sites se trouvent trois carrières, soit DhDn-8, 9 et 10, découvertes à la suite de diverses reconnaissances géologiques et archéologiques (Burke 2002: 91).

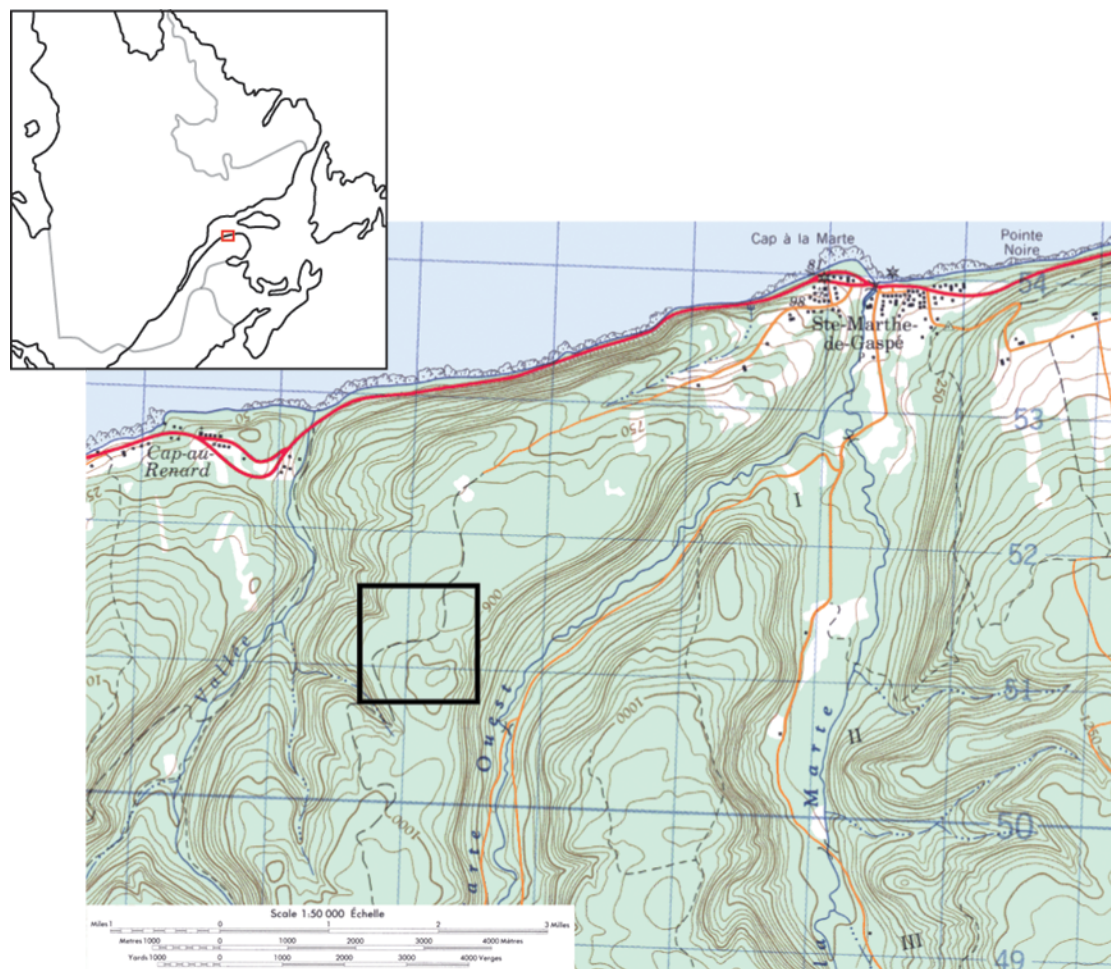
Jusqu'à ces découvertes, aucun affleurement de chert n'avait alors été localisé dans la vallée de La Martre et ce, malgré de nombreux indices laissant croire en la présence d'une source de matière première dans les environs (Burke 2002: 91). La très

grande quantité de chert mise au jour sur les sites de La Martre, d'une part, suggérait fortement la présence d'une source locale (Chalifoux 1999b: 72). D'autre part, Benmouyal soupçonnait la présence d'affleurements de chert dans la région de La Martre depuis longtemps en raison de la présence attestée d'affleurements contenant du chert ailleurs dans la région rapprochée, comme à Sainte-Anne-des-Monts et à Marsoui (Benmouyal 1987 : 286, 415). D'ailleurs, la reconnaissance géologique effectuée dans la région par la firme Ethnoscop avait déjà permis de localiser quelques affleurements de chert potentiellement exploitables dans le village de La Martre et à proximité des sites paléindiens, mais sur lesquels on ne trouvait pas de traces d'exploitation préhistorique (Codère 1995: 7-10).

Les trois premières véritables carrières de la région de La Martre furent donc découvertes à la fin des années 1990. Seul le site DhDn-8 sera abordé au cours de ce mémoire, puisque c'est de cet endroit d'où proviennent les échantillons analysés et puisqu'il s'agit de la seule carrière où l'on trouve des artefacts clairement paléindiens récents en association directe avec les affleurements (Burke 2009, comm. pers.). Bien qu'il soit possible que de subtiles différences chimiques entre les affleurements permettent éventuellement de les distinguer l'un de l'autre, le cadre de ce mémoire a fait en sorte de limiter l'échantillonnage à une seule carrière. Ainsi, la détermination « chert de La Martre » désignera exclusivement, au cours de ce mémoire, le chert provenant du site DhDn-8. Il va sans dire qu'il pourrait être intéressant, dans l'avenir, de vérifier à quel point les autres affleurements de La Martre présentent des profils chimiques semblables.

La carrière du Suroît se situe à 2,5 km au sud-ouest de La Martre, à une altitude variant entre 310 et 330 mètres au-dessus du niveau marin moyen, et elle couvre une superficie d'au moins 200 000 m<sup>2</sup> (figure 2.2) (Burke 2002: 91-92; Chalifoux 1999c: 79). Elle se trouve sur une large crête montagneuse et est aujourd'hui traversée par un chemin. De plus, le site offre un excellent point d'observation sur la vallée de La Martre au nord-est, vers le golfe du Saint-Laurent au nord et vers les hauts plateaux de l'intérieur des terres au sud (Burke 2002: 92). Le secteur du site ayant subi des coupes

forestières extensives, de nombreux vestiges lithiques étaient exposés à la surface du sol et les affleurements rocheux étaient dégagés, ce qui a favorisé la localisation du site par les archéologues (Burke 2002: 92; Chalifoux 1999c: 79).



**Figure 2.2** Carte topographique des environs de la carrière de La Martre (encadré) (tirée de Gouvernement du Canada 1982: carte 022G001 – Sainte-Anne-des-Monts, comté de Gaspésie).

Les interventions archéologiques sur la carrière se sont limitées à une brève reconnaissance, à un relevé cartographique sommaire des lieux et à des récoltes de surface pendant lesquelles au moins deux veines de chert furent localisées dans l’affleurement (Chalifoux 1999b: 74, 1999c: 79). En plus de quelques nucléi de chert et de percuteurs, plusieurs grandes préformes et ébauches furent trouvées, de même que de minces bifaces lancéolés et un fragment distal de pointe de projectile avec des enlèvements subparallèles (Chalifoux 1999b: 74).

Selon Kolhatkar (2006 : 29, 65), il s'agit d'une des rares carrières préhistoriques au Québec où toutes les étapes de la chaîne opératoire sont représentées par des artefacts, ce qui témoigne d'une grande intensité d'exploitation et atteste de son importance à l'échelle de la région. Associée de façon claire aux occupations datées du Paléoindien récent, tout porte à croire que la carrière fut surtout exploitée au cours de cette période, mais certains indices suggèrent que l'exploitation se soit poursuivie à l'Archaïque et au Sylvicole (Dumais et al. 1996: 65; Kolhatkar 2006: 54, 56).

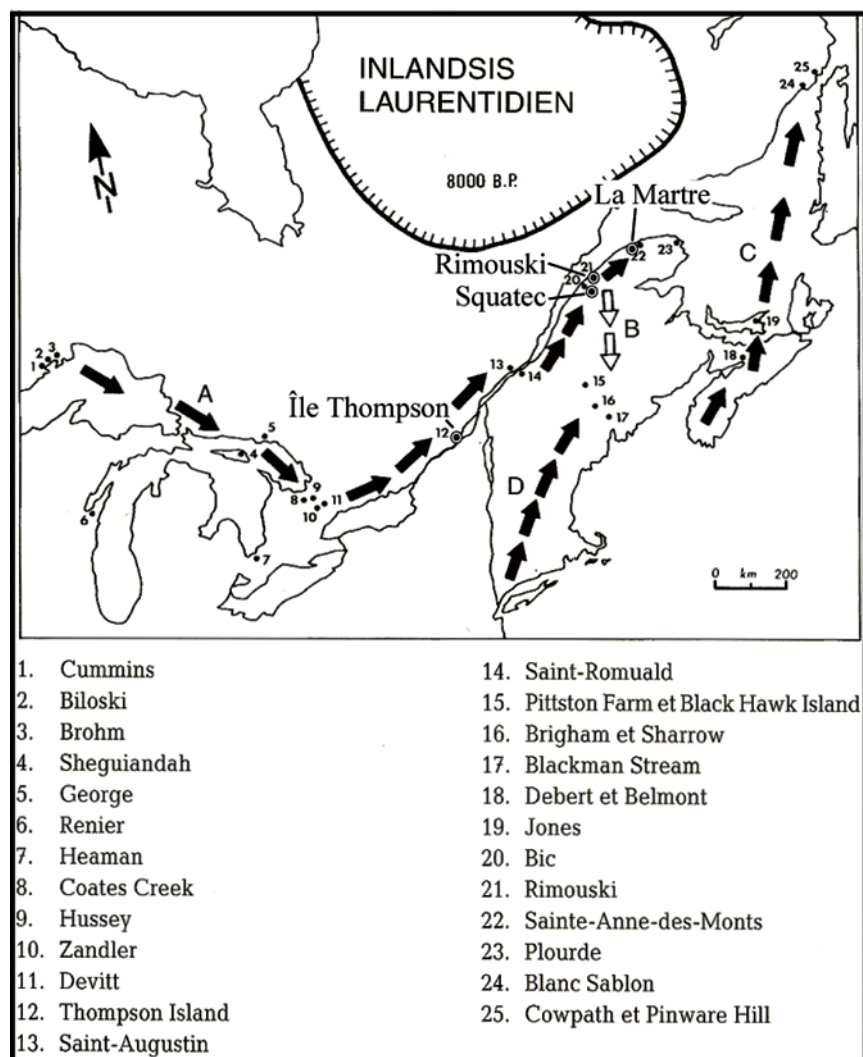
### ***Contexte régional d'interaction***

#### Aspect culturel

Au total, 39 sites sont associés au Paléoindien récent en Gaspésie (Chalifoux 1999b: 70). Ils sont concentrés à l'intérieur de deux zones principales; la première, comprenant 32 sites, dont la carrière du Suroît, se situe dans la région de Sainte-Anne-des-Monts, et englobe le territoire entre Cap-Chat et La Martre. La seconde zone de concentration se trouve quant à elle à l'extrémité nord-est de la péninsule et on y trouve sept sites, localisés à Grande-Vallée et Rivière-au-Renard (Chalifoux 1999 : 89). À cela peuvent s'ajouter deux autres concentrations moins denses, l'une dans la région du Bic, Rimouski et Grand-Métis, où huit sites paléoindiens récents ont été trouvés (Chapdelaine 1994a, 1996; Dumais et Rousseau 1985) et l'autre encore plus à l'ouest, à l'embouchure de la rivière Chaudière dans la région de Québec (Pintal 2002). Dans l'ensemble, il s'agit là de la plus grande concentration régionale d'occupations du Paléoindien récent dans tout le Nord-Est américain, et il semble que la présence d'affleurements de chert de qualité ait contribué à cette densité.

L'idée que ces groupes Plano ayant occupé les sites de la côte nord gaspésienne descendent des groupes Plano venus de l'Ouest semble faire consensus au sein de la communauté archéologique (Chapdelaine 1994a, 1996; Dumais 2000; Dumais et al. 1996). Aussi présents dans la région des Grands Lacs, ces groupes auraient vraisemblablement emprunté l'axe laurentien afin d'atteindre les côtes de l'estuaire entre

8500 et 8000 ans avant aujourd'hui (entre 10 000 et 8800 ans avant aujourd'hui une fois calibré) (figure 2.3) (Chapdelaine 1994a: 268; Cyr 1994; Lamothe 1994; Wright 1982). Cette hypothèse repose sur des arguments relatifs à la distribution géographique des sites, mais surtout sur des ressemblances typologiques liant les assemblages des sites Plano du Nord-Est à ceux des Grands Lacs (figure 2.4). En effet, d'après la forme des pointes de projectile des sites de

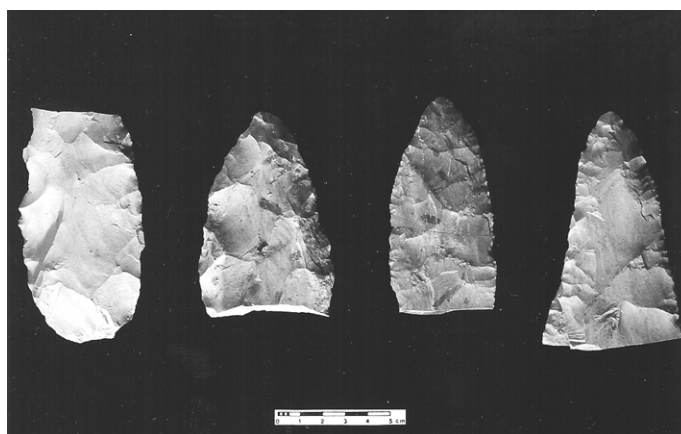


**Figure 2.3** Principaux sites paléindiens récents disséminés sur les routes migratoires hypothétiques de ces groupes (tirée de Chapdelaine 1994e: 269, modifiée). 8000 B.P représente une datation non calibrée.

La Martre, regroupées sous le type régional « Sainte-Anne » (Benmouyal 1987 : 348), il est permis d'établir un lien de parenté spécifique avec certains groupes de la tradition Plano de la région des Grands Lacs (Dumais et al. 1996: 68-69; Mason 1981). La

pénurie de sites de cette époque dans le centre du Québec rend toutefois difficile les interprétations archéologiques plus précises.

« Il reste toutefois un vide géographique important entre les sites paléindiens récents de la région des Grands Lacs et l'est du Québec, de sorte que l'on ne peut reconstituer facilement les vecteurs de diffusion de cette culture. » (Dumais et al. 1996 : 69).



**Figure 2.4** Bifaces paléindiens récents de style Sainte-Anne, aux enlèvements subparallèles, provenant des sites de La Martre (photographies de Pierre Dumais). Aucune retouche parallèle fine n'est toutefois observable sur ces fragments de bifaces.

#### Aspect matériel

Le site de l'île Thompson (Wright 1982), sur le lac Saint-François (figure 2.3), fournit toutefois quelques pistes de réflexion à ce sujet. Non seulement des pointes de style Sainte-Anne y furent-elles trouvées, mais en plus, elles s'avèrent fabriquées, selon certains auteurs, en chert provenant de la côte nord gaspésienne (Benmouyal 1978: 60; Wright 1982: 196). Ainsi, ce site permet d'établir un lien culturel direct entre les groupes paléindiens récents occupant la péninsule gaspésienne et ceux présents dans la haute vallée du Saint-Laurent. Dans le même ordre d'idée, le site de Rimouski, dont l'assemblage semble majoritairement constitué de chert provenant de la côte nord gaspésienne (Marquis 1994 : 38) et où on trouve aussi des pointes Sainte-Anne sous la forme d'ébauches ou de pièces achevées (Chapdelaine 1994c: 179-182; Dumais et al. 1996: 66), suggère aussi l'existence d'un réseau de circulation de gens et de matières le long du vecteur de la vallée du Saint-Laurent. Enfin, selon Dumais et Rousseau (1985 :

143), le chert dominant les assemblages des sites de la région du Bic ressemble fortement à celui de la côte nord gaspésienne, ce qui démontre encore une fois le bien-fondé de l'hypothèse suggérant une circulation le long du Saint-Laurent des groupes paléindiens récents.

La présence de pointes Plano typologiquement semblables à celles des sites de La Martre est aussi attestée plus au sud, au Nouveau-Brunswick, au Maine et au New Hampshire (figure 2.3) (Doyle et al. 1985; Petersen 1995; Petersen et al. 2000; Spiess 1992; Spiess et Hedden 2000). Certains archéologues sont d'avis que ces découvertes pourraient être associées aux groupes paléindiens récents de l'estuaire du Saint-Laurent, et que les groupes ayant occupé ces deux régions aient pu partager certaines affinités (Chalifoux 1999c: 89; Chapdelaine 1994e: 273). Certains vont même jusqu'à suggérer que la basse vallée du Saint-Laurent ait pu servir de foyer culturel, à partir duquel une appropriation régionale d'une partie des Maritimes et du nord de la Nouvelle-Angleterre ait pu avoir lieu via les principaux vecteurs hydrographiques de la région (Dumais et al. 1996: 69-70; Dumais et Rousseau 2002a: 70). À ce sujet, Chalifoux (1999 : 89) mentionne que :

« La présence marginale de matières exogènes dans les assemblages de la Gaspésie et du Bas-Saint-Laurent qui peuvent provenir de régions plus au sud, suggère (...) des échanges et des contacts ou bien une grande mobilité des groupes à l'intérieur d'un vaste territoire. »

Ces éléments portent à croire que les groupes paléindiens récents de l'estuaire du Saint-Laurent se déplaçaient dans les régions situées à l'intérieur des terres plus au sud, ou tout au moins qu'ils étaient en contact avec les groupes les occupant.

À cet égard, le site de Squatec (CIEe-9) mérite d'être mentionné ici, bien qu'il se situe dans la région du Témiscouata qui sera décrite un peu plus loin (figure 2.3). Ce site est interprété comme ayant une composante datant du Paléoindien récent, et ce, même si les artefacts diagnostiques sont rares (un seul fragment de pointe à retouches parallèles, de type différent de Sainte-Anne). Ce raisonnement repose principalement sur des données stratigraphiques et géomorphologiques, plutôt que sur la présence d'artefacts diagnostiques. En effet, c'est surtout sur la base de sept datations au radiocarbone,



effectuées à partir de charbons de bois, que Dumais et Rousseau suggèrent une telle ancienneté pour ce site (2002 : 68). Le grand degré de précision accordé au contrôle stratigraphique lors de la fouille assure, selon les auteurs, la mise en contexte de ces charbons, de même que leur association avec les vestiges anthropiques (Dumais et Rousseau 2002 : 68). La particularité stratigraphique du site de Squatec provient du fait que les vestiges archéologiques sont intégrés dans une épaisse séquence de dépôts correspondant à des fluctuations du niveau de l'eau antérieurs, contemporains et postérieurs à l'occupation (Dumais et Rousseau 2002a: 57). Quoi qu'il en soit, la présence d'un site potentiellement paléoindien récent au Témiscouata, à proximité de sources de chert Touladi et à l'assemblage dominé par cette matière locale, témoigne de l'utilisation de ce type de chert à cette époque, et rend donc sa présence sur les autres sites paléoindiens récents possible (Dumais et al. 1993a: 14; Dumais et Rousseau 2001, 2002b).

Somme toute, une telle diffusion de caractères culturels, à la fois sur les axes est-ouest et nord-sud, implique qu'il existait probablement, dès le Paléoindien récent, des réseaux variés de déplacement ou de circulation d'informations et de marchandises liant les régions de la vallée du Saint-Laurent, de la Gaspésie et des territoires à l'intérieur des terres plus au sud (correspondant aux États du Maine, du New Hampshire et à la province du Nouveau-Brunswick). Il découle de ces multiples vecteurs de déplacement une perception d'interactivité entre ces régions, de même qu'une mobilité importante des groupes paléoindiens récents les occupants, puisque l'on suppose généralement que le système d'approvisionnement en matière lithique de ces groupes était incorporé à leur cycle annuel de déplacement, ce qui leur permettait d'assurer à la fois le maintien d'une cohésion sociale et un approvisionnement régulier en ressources essentielles (Chalifoux 1999 : 89).

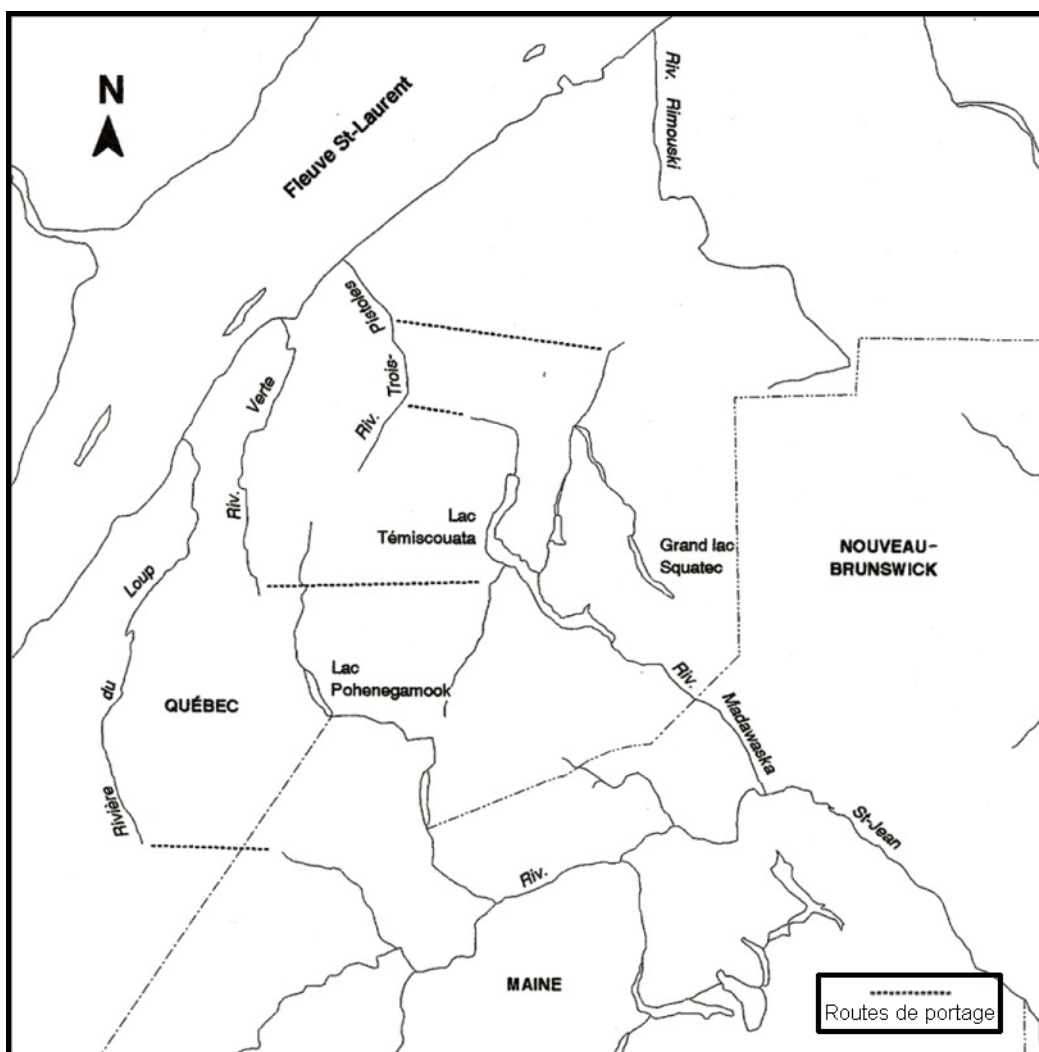
## **Le Témiscouata**

Comme l'historique de la recherche archéologique et l'histoire culturelle de la région du Témiscouata ont déjà été détaillés à maintes reprises dans divers ouvrages

récents (se référer à Chalifoux et al. 1998; Dumais et al. 1998; Chalifoux et Burke 1995), seules les grandes lignes seront présentées ci-après.

### *Contexte géographique*

Le Témiscouata est situé dans la région administrative du Bas-Saint-Laurent, sise dans l'est du Québec. Partageant aujourd'hui des frontières avec le Maine et le Nouveau-Brunswick, cette région se caractérise topographiquement par des hautes terres pouvant atteindre 350 mètres d'altitudes, sillonnées d'étroites vallées aménagées lors



**Figure 2.5** Réseau hydrographique et principales routes de portage du Témiscouata (tirée de Chalifoux et al. 1998: 28).

des dernières glaciations (Lespérance et Greiner 1969: 6). La région est généralement bien drainée par un ensemble de corridors fluviaux formant un important réseau de bassins hydrographiques et représente donc une zone stratégique intermédiaire entre l'estuaire du Saint-Laurent et le bassin du fleuve Saint-Jean (figure 2.5). Comme l'exposent en détail Dumais et Rousseau (2002a : 56), il s'agit d'une voie de circulation naturelle importante liant, via la rivière Madawaska et le fleuve Saint-Jean, la vallée du Saint-Laurent à la baie de Fundy (Chalifoux et Burke 1995: 237).

« Le relief appalachien de la région du Témiscouata prend la forme d'un plateau ondulé, entaillé par de nombreuses vallées. La plus importante (...) est occupée par les bassins des rivières des Aigles et Touladi. Vers le sud, cette vallée rejoint successivement le bassin du lac Témiscouata, de la rivière Madawaska et du fleuve Saint-Jean (...) il s'agit donc d'un système facilement navigable. Vers le nord, cette vallée se poursuit au-delà de la ligne de partage des eaux qui permet de passer de la rivière des Aigles au bassin de la rivière Rimouski. (...) Cette trajectoire permet d'accéder au fleuve Saint-Laurent. La trajectoire vers le lac Témiscouata permet aussi d'accéder à d'autres systèmes de vallées conduisant vers le fleuve, dont celui de la rivière Trois-Pistoles. Le second système de vallées est celui qui correspond au bassin de la rivière Squatec. (...) Cette trajectoire permet de pénétrer, par une voie facilement navigable et peu discontinue, à l'intérieur du plateau, en direction du sud-est. À la tête du lac Squatec, d'autres vallées orientées dans de multiples directions permettent de pénétrer encore plus loin dans le plateau, tout en offrant d'autres options pour atteindre le fleuve Saint-Jean juste en aval d'Edmundston. » (Dumais et Rousseau 2002a: 56).

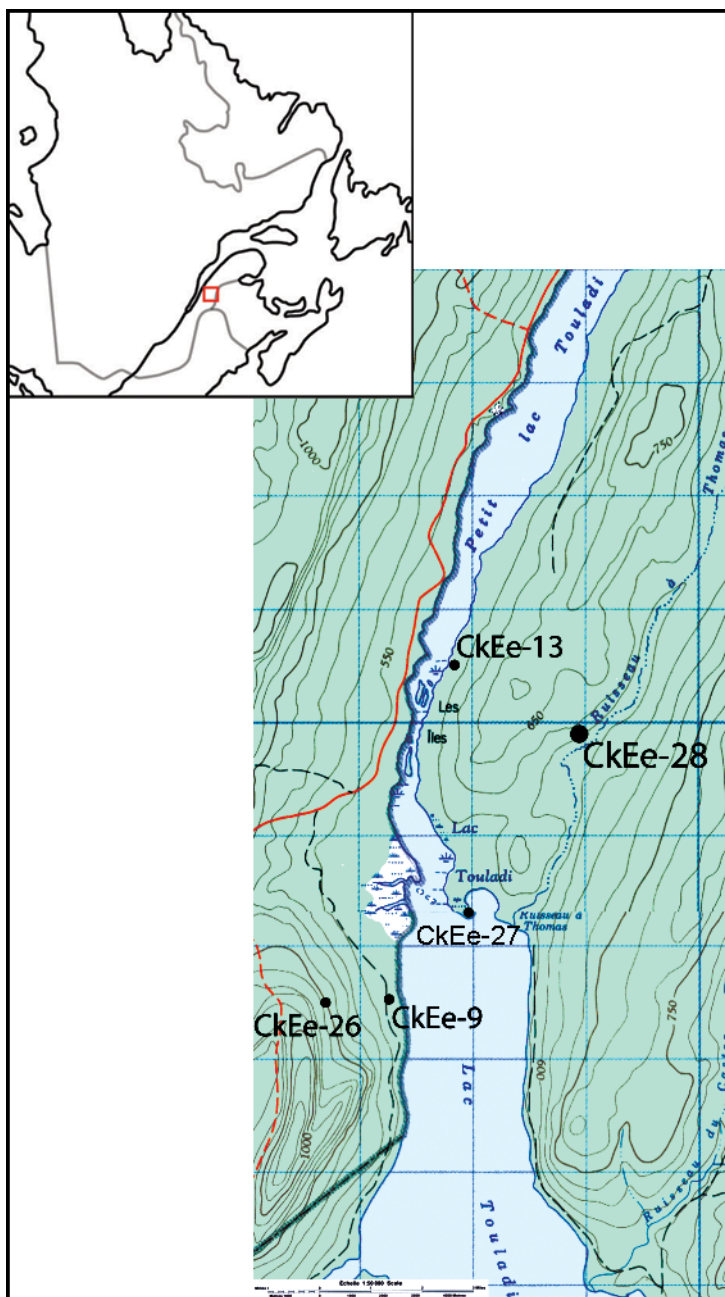
### *Historique des recherches archéologiques*

Les premiers véritables travaux archéologiques dans la région du Témiscouata eurent lieu dans les années 1960, sous la direction de Charles Martijn, qui s'intéressait à la nature des occupations des populations préhistoriques (Martijn 1964, 1965a, 1965b, 1966a, 1966b). Après quelques études de potentiel et inspections visuelles réalisées au cours des années 1970 et 1980 (Desrosiers 1986; Ethnoscop 1983; Lévesque et Michaud 1970; Rousseau 1973), c'est principalement au cours du programme de recherches archéologiques de l'Université de Montréal, sous la direction de Claude Chapdelaine, que la plupart des fouilles dans la région furent effectuées et desquelles résultèrent de multiples ouvrages (Bisson 1990; Burke 1992, 1993a, 1993b, 2007; Burke et Chalifoux 1998; Chalifoux 1992, 1993a, 1993b; Chalifoux et Burke 1995; Chalifoux et al. 1998; Chalifoux et al. 1994; Chapdelaine 1990; Chapdelaine et Bourget 1991; Chapdelaine et

al. 1991a; Dumais et al. 1998; Jost 1995). D'autre part, une étude réalisée par la firme Ethnoscop et portant sur les schèmes d'établissement dans le Témiscouata a abouti à la découverte du site de Squatec (Dumais et al. 1993b), mentionné brièvement un peu plus haut, qui fut par la suite fouillé au début des années 2000 (Dumais et Rousseau 2001, 2002a, 2002b). Au final, 51 sites ont été découverts dans le Témiscouata (Chalifoux et al. 1998: 16). Enfin, au cours des dernières années, quelques expéditions d'inventaires furent effectuées dans la région (Burke 2005, 2006, 2008).

### *Sites archéologiques abordés*

Tout comme dans le cas de La Martre, la présence de nombreux sites caractérisés par une forte densité d'artéfacts lithiques au Témiscouata suggérait la présence locale de carrières ou à tout le moins d'une source locale de chert. En effet, très peu de galets de chert patinés sont présents sur les sites du Témiscouata, ce qui suggère que l'acquisition de chert en contexte primaire, c'est-à-dire aux carrières, était préférée à l'utilisation de galets trouvés en contexte secondaire, comme dans les lits de rivières par exemple (Chalifoux et al. 1998: 129). Ces soupçons se confirmèrent en 1988, lorsque le premier site d'extraction fut localisé par le géologue Jean Morin (Morin 1988); il s'agit du site CkEe-26, baptisé la carrière Morin-Martijn, situé à 259 mètres au-dessus du niveau marin moyen (Chalifoux et al. 1998: 117). Un seul sondage fut effectué, mais duquel plus de cinquante kilogrammes de chert furent extraits. Des blocs de chert non travaillés représentent environ 80% de cette quantité, tandis que le reste de l'assemblage se détaille en ébauches et préformes bifaciales, outils unifaciaux et débitage (Chalifoux et al. 1998: 117).



**Figure 2.6** Carte topographique des environs des deux carrières de chert Touladi (CkEe-26 et CkEe-28) et des ateliers de taille associés (CkEe-9 et CkEe-13). (tirée de Gouvernement du Canada 1983, 1984).

La seconde carrière préhistorique de la région fut localisée en 1992, grâce à la collaboration du géologue Robert Marquis (Burke 1993b). C'est de cet emplacement que proviennent les échantillons utilisés dans le cadre de ce mémoire. Elle se trouve à environ un kilomètre sur la rive est du Petit lac Touladi, à une altitude d'environ 179 mètres au-dessus du niveau moyen marin (figure 2.6). Le site semble facilement

accessible à partir des sites CkEe-13 et CkEe-27, via un petit ruisseau (Burke 1993). De toute évidence, il s'agit de la même formation géologique qu'à la carrière Morin-Martijn, affleurant cette fois-ci du côté est du lac Touladi (Burke 2000; Chapdelaine et Kennedy 1994: 151, 1999: 28). Toutefois, le chert de la carrière CkEe-28 semble de meilleure qualité que celui de la carrière Morin-Martijn (Burke 2000: 175). Le relief est plutôt plat à cet endroit, et les lits de chert se trouvent sous une couche de till variant entre 10 et 30 centimètres d'épaisseur, ce qui rend le lieu d'extraction du chert difficile à percevoir en surface (Chalifoux et al. 1998: 118). En fait, lors de la découverte de la carrière, le chert n'était visible qu'en raison des nombreux chablis répartis sur l'étendue du site (Chalifoux et al. 1998: 118). L'extraction préhistorique du chert devait donc s'effectuer en creusant des petits puits verticaux à travers les dépôts de till, jusqu'à atteindre les veines de chert (Chalifoux et al. 1998: 118).



**Figure 2.7** Carrière Touladi, CkEe-28 (tirée de Burke 1993b: 18-19).

Diverses interventions archéologiques, espacées sur plus de 14 ans, eurent lieu sur la carrière CkEe-28. D'abord, suite aux prospections de 1992 et de 1993, une aire d'environ 50m<sup>2</sup> fut dégagée, de manière à exposer un lit de débris de chert variant entre dix et vingt centimètres d'épaisseur (figure 2.7) (Chalifoux et al. 1994: 72). La zone

décapée permit d'exposer un tapis de blocs chert dont les sous-produits étaient de nature culturelle (Chalifoux et al. 1994: 62). Au sein de cette étendue, deux concentrations d'éclats, d'outils et de blocs de chert se distinguaient. Elles reflètent probablement deux anciennes fosses d'extraction, comme le laisse croire la petite dépression au centre de chacune d'entre elles (Chalifoux et al. 1998: 118; Chalifoux et al. 1994: 62). L'assemblage recueilli, dominé par les ébauches, nucléi et préformes, est comparable à celui de la carrière CkEe-26 et témoigne de travaux de réduction initiale, c'est-à-dire de décorticage, de préparation de nucléi et de production de grands éclats (Kolhatkar 2006: 24). Les archéologues retournèrent sur les lieux au cours de l'été 2004 afin d'améliorer la cartographie du site et de prélever des échantillons géologiques (Burke 2008: 13). Après ces travaux, la superficie estimée de la carrière fut élargie à 43 200 m<sup>2</sup>, soit 360 m de longueur en direction sud-ouest/nord-est, et 120 m de largeur (Burke 2008: 13). Enfin, une dernière visite à la carrière fut effectuée en 2006, au cours de laquelle la collecte d'échantillons pour ce projet de maîtrise fut effectuée. Les détails relatifs à cet épisode seront abordés un peu plus loin, au cours de la section relative à la méthodologie d'échantillonnage.

La proximité géographique entre les carrières et d'autres sites d'habitation et/ou d'ateliers de taille laisse croire que ces sites d'extraction furent fréquentés périodiquement par des petits groupes d'individus (Chalifoux et al. 1998: 118). La vue globale de l'ensemble des sites d'une région est importante pour saisir l'importance qu'a pu revêtir une carrière (Kolhatkar 2006: 14). Dans le cas présent, la majorité des sites du Témiscouata semblent inclure des composantes importantes de transformation de chert local, la fréquence des matériaux exogènes ne représentant que 0,5% des éclats de taille sur l'ensemble des sites (Burke 2007; Burke et Chalifoux 1998; Chalifoux et Burke 1995: 253). Par ailleurs, il est admis que les sites CkEe-9 et CkEe-13 représentent des ateliers de taille en association directe avec les carrières CkEe-26 et CkEe-28 (Burke 2000: 175). Alors que les deux carrières furent certainement exploitées au cours du Sylvicole et de l'Archaique supérieur, seule CkEe-26, en raison de son altitude plus élevée, aurait pu l'être au cours du Paléoindien récent. Comme l'assemblage du site de Squatec, situé à dix-sept kilomètres seulement de CkEe-26 (Dumais et al. 1998: 67), est

presque exclusivement constitué de chert Touladi, il est permis de croire que cette carrière fut utilisée à cette époque.

### *Contexte régional d'interactions*

#### Aspect géographique

Une telle concentration de sites archéologiques au Témiscouata (figure 2.8) se justifie principalement en raison de la position géographique de cette région, qui, comme il a été précédemment exposé, se trouve au croisement de grands axes de circulation (Burke 2001). Il existe d'ailleurs de nombreux témoignages relatifs à l'utilisation de ces voies de communication et de ces routes de portage par les Amérindiens et les Européens au cours des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles (Chalifoux et al. 1998: 19). Il a aussi été suggéré que la confluence de la rivière Madawaska et du fleuve Saint-Jean puisse représenter un emplacement propice pour des rassemblements estivaux traditionnels des groupes de la région, à partir duquel des excursions en direction de la vallée du Saint-Laurent pouvaient être organisées dans le but d'échanger des coquillages, des matières lithiques ou de la poterie (Chalifoux et al. 1998: 124-125).

#### Aspect ethnoarchéologique

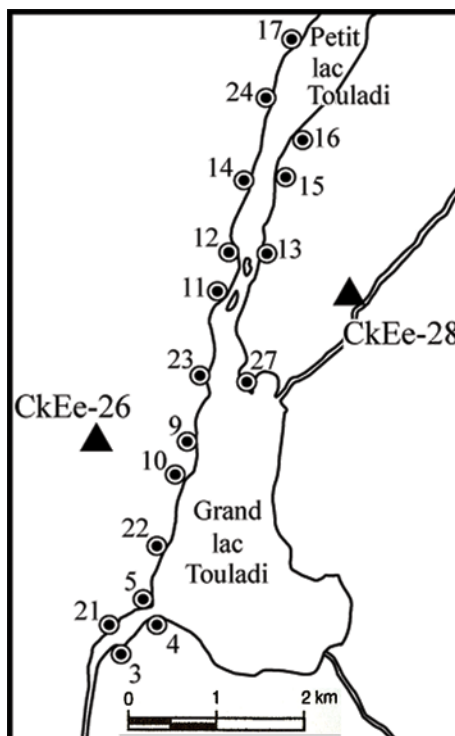
À la période historique, le Témiscouata faisait partie du territoire traditionnel ancestral des Malécites de la vallée du fleuve Saint-Jean, mais diverses sources indiquent que quatre groupes connaissaient la région: les Montagnais, les Iroquoiens du Saint-Laurent, les Micmacs et les Malécites (Chalifoux et Burke 1995: 260). Alors que les territoires traditionnels des deux premiers se situaient plus à l'ouest, le long de la vallée du Saint-Laurent, les deux derniers étaient plutôt associés à la vallée du fleuve Saint-Jean, au sud-est. Somme toute,

« En raison de sa position géographique, le Témiscouata fut au début de la période historique un carrefour pour plusieurs groupes autochtones de la vallée du Saint-Laurent, du golfe du Saint-Laurent et du golfe du Maine. Nous estimons que cette situation n'était pas tellement différente à la période préhistorique. » (Chalifoux et Burke 1995: 260).



### Aspect céramique

En général, « L'analyse de la poterie du Témiscouata nous permet d'envisager des affinités autant avec la séquence céramique définie pour les Maritimes qu'avec celle qui a été établie pour la vallée du Saint-Laurent. » (Chalifoux et Burke 1995: 258). En effet, certains tessons de poteries trouvés sur divers sites du Témiscouata (CkEe-1, CkEe-2, CkEf-2, CkEe-9 et CkEe-27) portent des décorations typiques des Iroquoiens du Saint-Laurent ou des groupes des Maritimes (Chalifoux et Burke 1995: 254-258). Fait intéressant, deux tessons trouvés sur le site CkEe-9 présentent un dégraissant au coquillage (Chalifoux et Burke 1995: 257). Or, alors que ce procédé est couramment utilisé dans les Maritimes et dans la vallée du fleuve Saint-Jean (Petersen et Sanger 1991), il est très rare dans la vallée du Saint-Laurent, où les seuls exemplaires répertoriés à ce jour proviennent du site de la Place Royale à Québec (CeEt-9) (Clermont et Chapdelaine 1992), du site de l'île aux Corneilles (CjE1-2) (Tremblay 1998) et du site Turcotte-Lévesque sur l'île Verte, qui sera présenté en détail plus loin (Tremblay 1993a). L'analyse par activation neutronique des tessons de CkEe-9 révéla d'ailleurs une nette démarcation entre ceux-ci et les autres échantillons céramiques de la vallée du Saint-Laurent (Chalifoux et al. 1998: 138).



**Figure 2.8** Principaux sites archéologiques dans la région du lac Touladi. (tirée de Chalifoux et al. 1998: 117, modifiée).

Une autre étude de provenance impliquant l'analyse par activation neutronique d'une douzaine d'échantillons céramiques provenant de divers sites au Témiscouata, de même que des échantillons d'argile du Témiscouata et de la région de Québec, fut réalisée par Chapdelaine et Kennedy (1990). Parmi les échantillons se trouvaient deux tessons et un fragment de pipe portant des caractéristiques typiques de la tradition iroquoise du Saint-Laurent et provenant respectivement des sites CkEe-2 et CkEe-27 (Chalifoux et al. 1998: 138; Chapdelaine et Kennedy 1990a: 77). Bien que l'échantillonnage soit assez limité, les résultats appuie l'hypothèse d'une origine laurentienne pour ces artefacts. Quant aux échantillons datant du Sylvicole moyen, les résultats tendent à suggérer l'idée que certains vases du Témiscouata furent fabriqués dans la région de Québec (Chalifoux et Burke 1998: 138).

Tout compte fait, les observations concernant les échantillons céramiques du Témiscouata semblent témoigner d'un lien culturel unissant cette région avec les vallées du Saint-Laurent et du Saint-Jean. Bien que le faible nombre d'analyses archéométriques

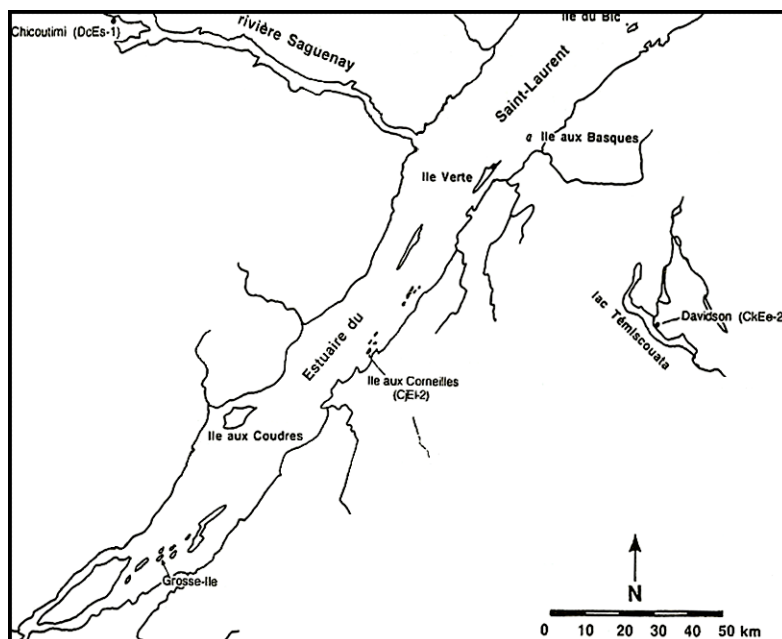
effectuées hypothèque la confirmation de cette hypothèse, ces analyses révèlent néanmoins certaines interactions préhistoriques entre les groupes de ces trois régions.

### Aspect lithique

Du point de vue lithique, des comparaisons macroscopiques permettent de faire des rapprochements entre certains matériaux exotiques trouvés au Témiscouata et des échantillons provenant de sources connues dans le Maine, le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse, la région des Grands Lacs et la côte nord du Labrador (figure 2.9) (Chalifoux et Burke 1995: 246-249). On trouve aussi sur le site CjEg-3 un chert gris moucheté à l'apparence similaire à certains cherts abondants sur le site Plano de Rimouski (Chalifoux et al. 1998: 38; Marquis 1994). Ainsi, il ne fait aucun doute que certaines importations de matières lithiques furent effectuées par les groupes du Témiscouata. Cela se confirme aussi d'un point de vue typologique, puisque l'on trouve sur certains sites du Témiscouata un certain type de pointe de projectile particulier, très mince, à base convexe et circonscrite par des encoches latérales ou en coin, très fines et profondes. Or, alors que ce type de pointe est totalement absent des sites de la vallée du Saint-Laurent (Chalifoux et al. 1998: 58; Chalifoux et Burke 1995: 250), on le trouve fréquemment dans la zone côtière des Maritimes, à partir de 1000 ap. J.-C (Deal 1986; Sanger 1987).

Au point de vue des exportations, la présence du chert local Touladi est attestée, ou du moins fortement soupçonnée, sur de nombreux sites tels que les sites iroquoiens de Chicoutimi (DcEs-1) (Chapdelaine 1988), le site de l'île aux Corneilles (CjEl-2) (Tremblay 1995a: 277) et le site de l'anse à la Vache (DaEi-6) (Tremblay 1998) (figure 2.9). Quelques travaux physicochimiques furent d'ailleurs déjà effectués sur le chert Touladi afin de tenter de le caractériser et de mieux suivre sa dispersion sur le territoire. Chapdelaine et Kennedy (1999), notamment, tentèrent de différencier par activation neutronique les cherts du Témiscouata de ceux affleurant à Québec. Bien que le nombre d'échantillons impliqués dans ces travaux soit limité à neuf échantillons du Témiscouata et à dix provenant de Québec, les résultats s'avérèrent tout de même concluants (Chapdelaine et Kennedy 1999: 24). D'une part, les auteurs estimèrent que les

ressemblances chimiques entre les deux cherts étaient très importantes et conclurent par le fait même à l'efficacité limitée de l'activation neutronique pour différencier ces deux cherts (Chapdelaine et Kennedy 1999: 29-30). D'autre part, comme les résultats concernant les échantillons originaires des deux carrières du Témiscouata (soit CkEe26 et 28) se révélèrent très similaires par rapport au chert de Québec, les auteurs conclurent à la grande homogénéité du chert du Témiscouata (Chapdelaine et Kennedy 1999: 28).



**Figure 2.9** Sites archéologiques où la présence de chert Touladi est présumée. (tirée de Tremblay 1995a : 272, modifiée).

Chalifoux et al. (1998 : 138-140) procédèrent aussi à l'analyse par activation neutronique de 32 échantillons lithiques, soit 17 spécimens géologiques provenant de la baie de Fundy (7), du Témiscouata (8 du site CkEe-26 et 1 du site CkEe-28) et des lacs Chase et Munsungun (1), et 15 échantillons archéologiques provenant de divers sites archéologiques du Témiscouata (Chalifoux et al. 1998: 139). Même si les auteurs arrivèrent à distinguer les calcédoines de la baie de Fundy, des cherts gris/noir du Témiscouata et du chert rouge de Munsungun, la faible quantité d'échantillons pour chacune des sources limite la représentativité des résultats obtenus.

Dans le cadre de sa thèse de doctorat, Burke (2000) procéda à l'analyse par fluorescence aux rayons X et par activation neutronique d'échantillons géologiques et archéologiques provenant des carrières du Témiscouata, d'échantillons archéologiques provenant d'ateliers de taille du Témiscouata et d'échantillons géologiques provenant de La Martre (Burke 2000: 183, 215). Au total, 46 échantillons provenant des carrières du Témiscouata, auxquels s'ajoutent 14 échantillons provenant de divers sites archéologiques de la région furent analysés. Les résultats indiquèrent une grande similarité entre le chert Touladi et le chert de La Martre, ainsi qu'une considérable variabilité intra-source pour les deux carrières, particulièrement pour celle du Témiscouata, ce qui est en contradiction avec l'étude de Chapdelaine et Kennedy mentionnée ci-haut (Burke et Chalifoux 1998 : 38-39; Burke 2000 : 183-184, 272). Selon moi, cette divergence tire son origine de deux facteurs. D'abord, la taille réduite de l'échantillonnage au cours de l'analyse de Chapdelaine et Kennedy, par rapport à celle de Burke, peut entraîner un biais vers une plus grande homogénéité des résultats par rapport à ce qu'il en est en réalité sur toute l'étendue de la carrière. Ensuite, les méthodes statistiques discriminantes utilisées par Chapdelaine et Kennedy font en sorte que le chert Touladi apparaît homogène par rapport aux autres cherts impliqués dans l'analyse (chert de Québec et Normanskill). Cette apparence d'homogénéité n'est donc vraie qu'en comparaison aux autres types de chert et ne représente pas un caractère intrinsèque du chert Touladi. En terminant, mentionnons que Burke soulignait la nécessité d'un plus grand échantillonnage afin de procéder à une caractérisation effective des deux cherts (Burke 2000: 280).

Enfin, dans le cadre de son mémoire de maîtrise, Morin (1997) se pencha sur les différences chimiques entre des échantillons géologiques provenant de la région de Québec (8), des échantillons géologiques originaires du Témiscouata (4 du site CkEe-26) et des échantillons archéologiques de Sainte-Anne-des-Monts (6 du site DgDo-4). Sur la base d'analyses par activation neutronique, elle conclut que le chert du Témiscouata se distingue de celui de Sainte-Anne-des-Monts par une teneur moins importante en baryum, tandis qu'il diffère des cherts de Québec par son rapport Mn / Fe plus élevé (Morin 1997: 115-120).

Somme toute, l'ensemble des données géographiques, ethnohistoriques et archéologiques relatives au Témiscouata confirment les liens entretenus par les groupes de cette région, à la fois avec les groupes de la vallée du Saint-Laurent, mais aussi avec ceux des Maritimes, notamment du Nouveau-Brunswick et du Maine (Chalifoux et Burke 1995: 265). Dans ces circonstances, il est logique de penser que le chert du Témiscouata a pu être exploité ou acquis par les groupes habitant ces régions.

Au cours des deux sections précédentes furent présentées les différents indices appuyant l'idée que les carrières de chert de La Martre et du Témiscouata aient pu être exploitées par des groupes préhistoriques du Paléoindien récent ou du Sylvicole supérieur, dont l'influence et/ou le territoire s'étendaient du Témiscouata jusque dans la vallée de Saint-Laurent et à son embouchure sur le Golfe. Les sites archéologiques qui seront présentés dans les pages qui suivent se situent tous trois à l'intérieur des territoires d'exploitation des groupes concernés, entre les deux carrières.

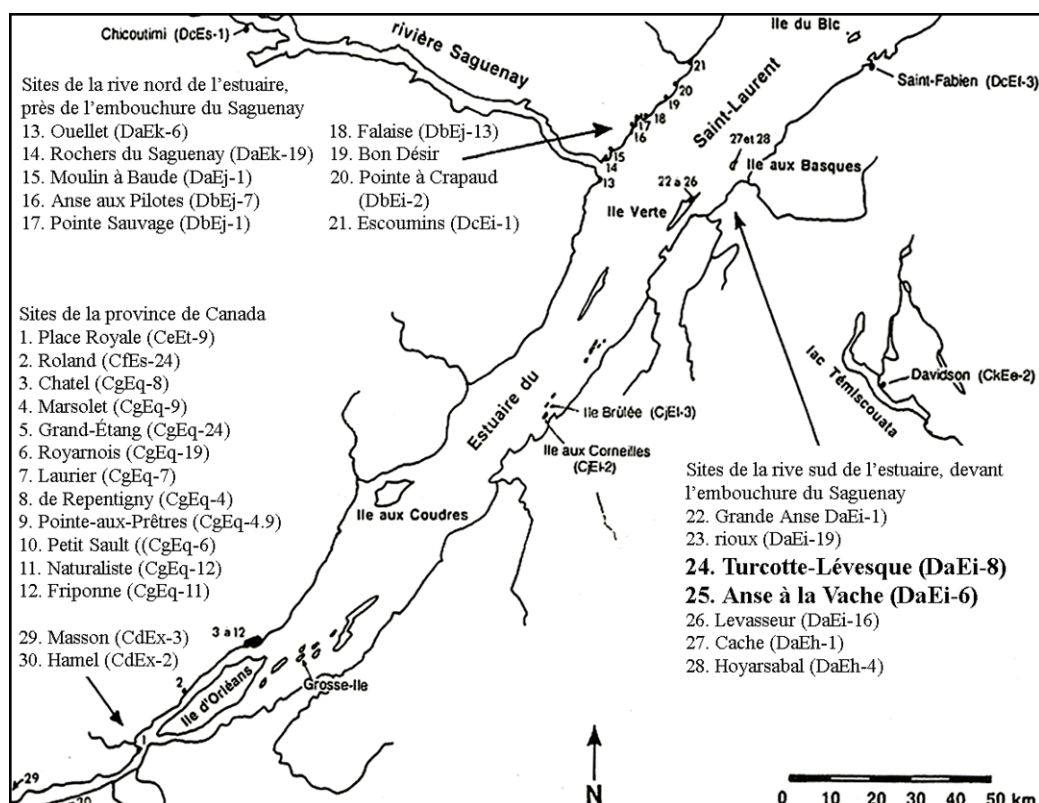
## **Ile Verte**

### ***Contexte géographique***

Deux des sites archéologiques sélectionnés pour procéder à la validation de la caractérisation chimique se trouvent sur l'île Verte à seulement deux ou trois kilomètres de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, en face de l'embouchure du Saguenay (Tremblay 1993a: 53). Lors des plus basses marées, il est possible de traverser à pied jusqu'à la rive sud. L'emplacement stratégique de l'île Verte, au carrefour de la rivière Saguenay et du fleuve Saint-Laurent, fait de cet endroit un emplacement crucial, théâtre de relations intertribales, d'échanges, de déplacements de groupes et des premiers contacts entre les groupes autochtones et les Européens (Martijn 1990: 56; Tremblay 1995a: 290).

Les deux sites abordés font partie du regroupement de sites archéologiques situé dans la région immédiate de l'embouchure du Saguenay, dont les occupations sont attribuées aux Iroquoiens du Saint-Laurent de la région de Québec (Plourde 1999)

(figure 2.10). Ces sites sont probablement des camps saisonniers de chasse et de pêche pour des groupes ayant leurs installations hivernales en amont, dans les environs de Québec (Chapdelaine 1995a: 80).



**Figure 2.10** Sites archéologiques relatifs aux interactions impliquant les groupes préhistoriques du Témiscouata. (tirée de Tremblay 1995a : 272).

### *Historique des recherches archéologiques*

D'un point de vue archéologique, les premiers travaux effectués sur l'île Verte datent des années 1960. Quelques collectes de surface, dont les résultats laissent croire en une occupation préhistorique, furent alors effectuées. Les résultats encourageants obtenus au cours de ces prospections motivèrent les archéologues à s'intéresser davantage à ce territoire et c'est ainsi qu'au début des années 1990, un projet de recherche dirigé par Claude Chapdelaine fut mis sur pied dans le but de mieux comprendre l'adaptation des Iroquoiens du Saint-Laurent de la région de Québec (Chapdelaine 1995b). C'est au sein de ce projet, qui s'échelonna de 1990 à 1994, que les

fouilles archéologiques principales furent effectuées sur l'île Verte (Chapdelaine et Tremblay 1991; Tremblay 1992, 1993b, 1995b; Tremblay et Vaillancourt 1994).

Ces fouilles résultèrent en la découverte de nombreux sites dont les assemblages céramiques apportèrent, notamment, un raffinement au sujet de la chronologie iroquoise. En effet, à la lumière des résultats d'analyses stylistiques de céramiques provenant principalement des sites de l'anse à la Vache et Ouellet (DaEk-6) (Plourde 1990, 1993), auxquels s'ajoutèrent d'autres tessons provenant de sites situés dans la région immédiate de l'embouchure du Saguenay, Tremblay proposa d'insérer la phase Saguenay (1200 et 1350 ap. J.-C.) entre les phases Owascoïde et Honguedo de la tradition iroquoise du Saint-Laurent (Tremblay 1998, 1999).

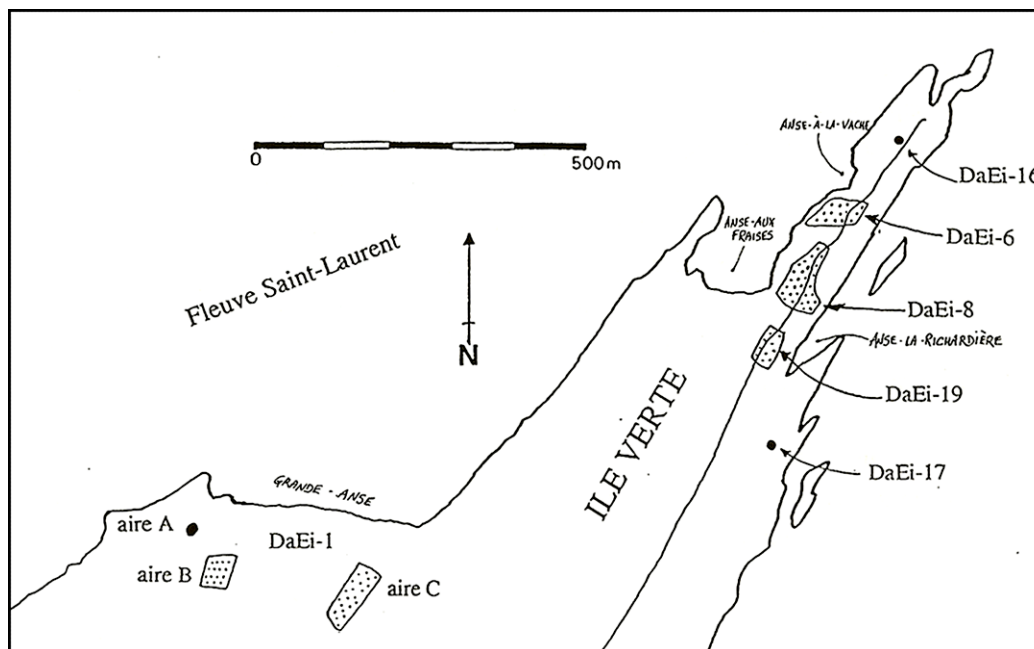
### *Sites archéologiques abordés*

#### Anse à la Vache (DaEi-6)

Le premier site sélectionné se situe sur une plage sablonneuse, à 6 mètres au-dessus du niveau de la mer, dans une petite crique située à l'extrémité nord-est de l'île Verte (figure 2.11). D'abord découvert au cours de prospections de surface, le site de l'anse à la Vache fut par la suite sondé en 1990 (Chapdelaine et Tremblay 1991: 13-17), puis fouillé au cours des trois années suivantes (Chapdelaine et al. 1991b: 30-32; Tremblay 1995b: 35-48; Tremblay et Vaillancourt 1994: 38-57).

Au total, environ 67m<sup>2</sup> (Tremblay 1999 : 85) furent fouillés, principalement au cours des campagnes de 1993 et de 1994. Puisque l'assemblage se caractérise par une nette dominance des ossements animaux, principalement de phocidés et de bélugas, et par la présence de trois harpons en os travaillés, ce site est interprété comme un camp de chasse spécialisé en faune maritime (Tremblay 1995b: 42, 1999: 86).





**Figure 2.11** Localisation des sites de l'anse à la Vache (DaEi-6) et Turcotte-Lévesque, (DaEi-8) sur la pointe nord-est de l'Île Verte (tirée de Tremblay 1995b : 7).

Du point de vue lithique, l'analyse du débitage démontre que les étapes finales de la réduction lithique dominent sur le site (Tremblay 1995b: 43, 1998: 96). Alors que les cherts noirs et verts sont les plus fréquents, on dénote aussi la présence de chert rouge-brun, de jaspes, de calcédoines, de quartzites, de rhyolites et de quartz (Tremblay 1998: 96). La grande majorité des matériaux lithiques se qualifient de « Ordovician cherts from the Appalachian range with known sources situated in the Québec City region and in the hinterland of the Maritime Peninsula » (Tremblay 1999: 86). Des traces d'approvisionnement en contexte secondaire, comme le démontre la présence de nucléi sur galets, sont aussi présentes sur le site (Tremblay 1999 : 86).

Deux niveaux d'occupation (A et B), isolés l'un de l'autre, furent identifiés au fil des travaux (Tremblay 1999: 53, Tremblay et Vaillancourt 1994: 38-57). Alors que le niveau B est plutôt mal compris d'un point de vue chronologique (Tremblay 1998: 94), c'est tout le contraire pour le niveau A. Présent sur presque toute la superficie des deux aires ouvertes et ayant livré la plus grande majorité du matériel et des structures, ce niveau représente sans doute une composante archéologique intacte, d'une relative

contemporanéité, puisque scellé par des couches stériles de sable (Tremblay 1995b: 35-48, 1998: 94, 105; Tremblay et Vaillancourt 1994: 38-57).

En se basant sur cet isolement stratigraphique, sur la cohérence des datations au radiocarbone et sur le fait que « le marqueur culturel le plus sensible, soit l'assemblage céramique, présente une forte homogénéité sur les plans morpho-stylistique et technologique » (1998: 105), Tremblay estime que ce niveau A fut formé au cours d'une période assez courte, par un seul groupe ethnique. Cette couche, de laquelle proviennent les échantillons utilisés au cours de ce mémoire, est attribuée à une occupation iroquoienne, vers 700 ans avant aujourd'hui au cours de la phase Saguenay du Sylvicole supérieur (Tremblay 1995b: 37, 1999: 85).

#### Turcotte-Lévesque (DaEi-8)

Le site Turcotte-Lévesque se trouve quant à lui à plus d'une centaine de mètres au sud-ouest du site de l'anse à la Vache, à une altitude moyenne de 7 mètres au-dessus du niveau de la mer (Chapdelaine et al. 1991b: 31; Tremblay 1993a: 53). À cet endroit, la pointe ne fait qu'une centaine de mètres de largeur et il est donc facile d'observer à la fois l'embouchure du Saguenay au nord-ouest, l'île aux Basques vers le nord-est et la rive sud de l'estuaire vers le sud-est (figure 2.11) (Tremblay 1993a: 53). En 1990, une évaluation partielle du site permit de trouver de la céramique du Sylvicole supérieur et du Sylvicole moyen, de même qu'une concentration d'ossements incluant du phoque et du béluga (Chapdelaine et Tremblay 1991: 17-19). Une intervention plus approfondie fut par la suite effectuée au cours des années suivantes (Chapdelaine et al. 1991: 30-35; Tremblay 1993b).

Au total, 69,75m<sup>2</sup> furent fouillés, livrant un total de 36 281 artefacts (Tremblay 1995b: 50). Il s'agit d'un site à composantes multiples, où les occupations s'étalent du Sylvicole moyen ancien jusqu'au Sylvicole supérieur, et où la chasse aux mammifères marins fut pratiquée (Chapdelaine et al. 1991: 35; Tremblay 1993a: 55). La chronologie du site fut établie principalement sur la base des critères morpho-stylistiques et technologiques des céramiques, mais auxquels s'ajoutent deux datations correspondant

chronologiquement avec le matériel céramique du Sylvicole moyen (Tremblay 1993a: 54). Une quinzaine de tessons dégraissés au coquillage furent aussi mis au jour (Tremblay 1996: 81).

En ce qui a trait au matériel lithique, malgré la présence dominante des cherts noirs mats ou luisants, on retrouve sur ce site une bonne variabilité de matières premières lithiques « de provenances diverses et souvent lointaines » (Tremblay 1993a: 54). Tremblay fait état de plus d'une dizaine de cherts, de rhyolites rouges et vertes, de quelques quartzites, de jaspes, de calcédoines et de quartz. Ainsi, il ne fait aucun doute que les occupants de ce site échangeaient, ou, à tout le moins, acquéraient des matières premières lithiques provenant d'un territoire relativement étendu. Enfin, concernant le débitage, l'assemblage suggère que les activités de taille pratiquée sur le site appartiennent aux dernières étapes de la réduction lithique (Tremblay 1993a: 55).

### ***Contexte régional d'interactions***

#### Aspect géographique

Motivée d'abord par leur position géographique, au cœur des interactions préhistoriques ayant eu lieu le long du Saint-Laurent et situés entre les deux carrières, la sélection de ces deux sites pour le cadre de ce projet se trouve en outre justifiée par les nombreux indices laissant croire que les occupants de la région de l'île Verte ont pu s'approvisionner en chert au Témiscouata et/ou à La Martre.

#### Aspect ethnoarchéologique

C'est lors du premier voyage de Jacques Cartier en 1534, que s'effectua dans la région de Gaspé la première rencontre entre les Européens et les Iroquoiens du Saint-Laurent (Biggar 1924: 24). Ce contact s'est aussi possiblement répété dans le détroit de Belle Isle et sur la Côte-Nord, dans la région de Natashquan, mais à ces endroits, l'identité iroquoise des Amérindiens rencontrés est moins certaine (Martijn 1990). Quoi qu'il en soit, la présence de ce groupe autochtone originaire de la région de Québec

dans la baie de Gaspé était probablement motivée par l'opportunité d'y pratiquer de la chasse et de la pêche saisonnière (Chapdelaine 1993a: 24). En effet, selon le modèle de transhumance établi par Chapdelaine pour les Iroquoiens du Saint-Laurent, l'exploitation des ressources maritimes représentait une composante économique importante, particulièrement pour les groupes de la région de Québec (Chapdelaine 1993a). Ceux-ci auraient donc conservé leur mobilité malgré la pratique de l'horticulture, et ces expéditions dans le golfe, le long des côtes de la Gaspésie, étaient probablement effectuées de façon régulière et faisaient partie intégrante de leur cycle saisonnier d'exploitation des ressources naturelles (Chapdelaine 1993a: 25, 1993b: 6). Outre ces motivations économiques, la présence de ce groupe iroquoien en Gaspésie s'inscrit aussi possiblement dans un effort guerrier, car ces expéditions représentaient probablement pour les Iroquoiens du Saint-Laurent un moyen de démontrer et de défendre leur emprise sur le territoire côtier gaspésien face aux Toudamans, leurs ennemis (Chapdelaine 1991: 45, 1993a: 25).

En somme, les données ethnohistoriques indiquent que les Iroquoiens de la région de Québec exploitaient de façon régulière les ressources maritimes de l'estuaire et du golfe (Martijn 1990). On peut aussi en déduire que les Iroquoiens de la région de Québec étaient aptes à se rendre le long des côtes gaspésiennes à bord de leurs embarcations (Chapdelaine 1993b: 5, 16), et donc rien n'empêche qu'ils aient exploité au passage la carrière de chert de la Martre.

### Aspect lithique

En ce qui a trait à la dimension lithique des assemblages des sites de l'anse à la Vache et Turcotte-Lévesque, les probabilités sont fortes, si l'on se fie à la littérature, que l'on trouve à la fois du chert Touladi et du chert de La Martre sur ces sites. En effet, Tremblay (1999: 86) estime que les cherts appalachiens, tels que le chert du Témiscouata et celui de La Martre, représentent la grande majorité des matériaux lithiques trouvés sur DaEi-6. D'ailleurs, suite à une analyse par activation neutronique, deux échantillons de chert provenant du site de l'anse à la Vache se sont avérés chimiquement parents avec le chert du Témiscouata (Chapdelaine et Kennedy 1999: 29).

De plus, d'autres matières premières présentes sur les sites iroquoiens de l'île Verte, telles que la calcédoine de la baie de Fundy, le chert de Munsungun et la rhyolite du mont Kineo, proviennent de sources situées plus au sud, dans les régions avoisinantes aux vallées de la rivière Kennebec, de la Penobscot et du fleuve Saint-Jean, accessibles à l'île Verte, moyennant portages, via la région du Témiscouata (Burke 2001). Ainsi, la présence de ces matériaux sur les sites de l'île Verte suggère que leurs occupants ont eu des contacts avec la région du Témiscouata, ce qui rend l'hypothèse de l'exploitation des sources de chert s'y trouvant plus crédible.

Afin d'apporter d'autres éléments suggérant que les occupants des sites de l'île Verte aient pu s'approvisionner en chert de La Martre ou du Témiscouata, il est utile, selon moi, de présenter brièvement certains aspects de l'assemblage du site de l'île aux Corneilles (CjEl-2), situé à environ 60 km à l'ouest de l'île Verte et datant du Sylvicole supérieur (Tremblay 1995a: 291). Du point de vue des matières premières lithiques employées, on y mentionne une grande variété, dont principalement les cherts noirs et les cherts verts. D'après Tremblay :

« Ceux-ci se subdivisent en différentes variantes qui peuvent provenir des formations ordoviciennes des Appalaches, par exemple Marsoui ou à Sainte-Anne-des-Monts en Gaspésie. Nous avons aussi récupéré du chert vert-noir marbré qui ressemble beaucoup au chert Touladi. » (1995a : 277).

#### Aspect céramique

Certains aspects de l'assemblage céramique iroquoien suggèrent aussi que l'exploitation iroquoise des carrières de chert de La Martre et du Témiscouata ait pu survenir. D'abord, en ce qui concerne la carrière de La Martre, mentionnons que même si aucune occupation iroquoise n'a été trouvée à ce jour en Gaspésie, la présence d'un groupe de tessons de poteries ayant des affinités culturelles avec les vases iroquoiens du Saint-Laurent à Sainte-Anne-des-Monts, près des affleurements de chert, laisse croire en la présence, directe ou via échange, des Iroquoiens en Gaspésie (Benmouyal 1987: 131-132). De plus, quelques tessons de céramique iroquoise en divers endroits sur la Côte-Nord (site de l'anse à Norbert (DfEf-2) (Dubreuil 1995), du Havre de Mingan (EbCx-1) (Chapdelaine 1986), de Kegaska (EbCh-2) (Chapdelaine et al. 1995b; Wintemberg

1942) et le tesson de céramique trouvé dans une structure basque à Red Bay (Chapdelaine et Kennedy 1990b) suggèrent que ces groupes s'aventuraient à l'occasion dans le golfe du Saint-Laurent. Dès lors, il n'est pas impossible qu'ils aient profité de ces expéditions pour s'approvisionner en chert à la carrière du Suroît.

L'emplacement oriental de ces vestiges céramiques par rapport aux autres sites iroquoiens a toutefois mené les archéologues à une réflexion au sujet de l'identité ethnique des occupants de ces sites. Après examen, deux hypothèses se sont avérées possibles : ou ces céramiques de style iroquoien sont en fait des imitations effectuées par les groupes algonquiens occupant la région du golfe du Saint-Laurent, ou alors elles ont été acquises via échange par ces mêmes groupes et ne signifient donc pas nécessairement la présence d'Iroquoiens dans le golfe (Chapdelaine 1986: 100-101; Dubreuil 1995: 92-96, 112-113). La problématique de l'identité ethnique des utilisateurs de ces céramiques est extrêmement complexe et dépasse le cadre de ce mémoire. Retenons ici que malgré les réserves, la présence de céramiques de facture clairement iroquoise sur les rives du golfe du Saint-Laurent semble indiquer que les Iroquoiens se soient trouvés dans les environs, ce qu'appuient d'ailleurs les sources ethnohistoriques présentées précédemment.

Pour ce qui est de la carrière du Témiscouata, il est intéressant de constater que l'on trouve de la céramique dégraissée au coquillage aux sites Turcotte-Lévesque (une quinzaine de tessons), de l'île aux Corneilles (un tesson) et à l'intérieur des terres, au Témiscouata, sur le site Pelletier (une dizaine de tessons) (Chalifoux et Burke 1995; Tremblay 1996: 84). Comme il a été mentionné un peu plus haut, l'utilisation de ce type de dégraissant n'apparaît que rarement dans la vallée du Saint-Laurent, alors qu'il est très commun au cours du *Late Ceramic Period* (équivalent chronologique du Sylvicole supérieur pour cette région, soit de 1000 ap. J.-C. jusqu'au contact avec les Européens) de la séquence céramique régionale du nord de la Nouvelle-Angleterre et des provinces Maritimes (Petersen et Sanger 1991). La présence au Bas-Saint-Laurent de ces éléments non équivoques de la tradition céramique en existence de l'autre côté des Appalaches témoigne des relations amicales que les Iroquoiens du Saint-Laurent entretenaient avec

leurs voisins du sud (Tremblay 1996: 83-84). Les seuls vecteurs hydrographiques ayant pu permettre le maintien de ces liens sont les axes des rivières Kennebec – Chaudière et fleuve Saint-Jean – rivière Trois-Pistoles. Comme la rareté des vestiges iroquoiens dans la vallée du Saint-Jean contraste avec la relative richesse le long de la Kennebec (Tremblay 1996 : 85) ce dernier axe est considéré comme plus important. Toutefois, la présence d'un vase dégraissé au coquillage au Témiscouata suggère que la pénétration de ce trait technologique dans la vallée du Saint-Laurent se soit effectuée par la voie fleuve Saint-Jean – rivière Trois-Pistoles, sur lequel se trouve la carrière CkEe-28. Son exploitation par des groupes iroquoiens est donc fort possible, comme en témoigne la présence présumée de chert Touladi dans les assemblages lithiques des sites Iroquoiens de l'estuaire et la présence de poteries et d'une pipe iroquoise au Témiscouata (Tremblay 1996: 85).

En somme, qu'elles proviennent de sources ethnohistoriques, lithiques ou céramiques, les informations convergent et indiquent que l'exploitation des carrières de La Martre et du Témiscouata a fort bien pu être effectuée à la même époque que l'occupation de l'estuaire par les groupes Iroquoiens du Saint-Laurent. La sélection des sites de l'anse à la Vache et Turcotte-Lévesque afin de valider la caractérisation présentée dans ce mémoire est donc fort à propos puisqu'il y a de très bonnes chances que l'on y trouve l'un ou l'autre des matériaux à l'étude.

## **Rimouski**

### ***Contexte géographique***

La ville de Rimouski se situe sur les bords de l'estuaire, dans la région administrative de Bas-Saint-Laurent. À une distance d'environ 80 km à l'est de l'île Verte et 60 km au nord-est du site de Squatec, le site de Rimouski est situé à 1,6 km en retrait du fleuve Saint-Laurent et à 1,2 km à l'est de la rivière Rimouski (Chapdelaine et Bourget 1994: 163). Il se trouve dans l'étroite région des basses terres bas-laurentiennes, adossées aux Appalaches, au relief peu accentué, et constituée de grandes plaines et de terrasses sablonneuses organisées en marche d'escalier (Hétu 1994: 5). L'ensemble de la

zone correspond, tout comme dans le cas des basses terres gaspésiennes, au territoire inondé par la mer de Goldthwait à la déglaciation (Hétu 1994: 5).

Plus précisément, le site est situé sur une flèche littorale perchée au-dessus d'une terrasse, à une altitude d'environ 85 à 88 mètres au-dessus du niveau de la mer (figure 2.12) (Richard et Larouche 1994: 85). Il se trouve à l'extrémité nord d'une région à pente faible, au relief moutonné, et dont l'altitude augmente régulièrement pour atteindre 135 à 140 m au-dessus du niveau de la mer. L'occupation est donc placée sur une terrasse marine sablonneuse au drainage amélioré par cette faible pente (Chapdelaine et Bourget 1994: 163-164). Vers le nord, un talus abrupt résultant de glissements de terrain délimite le site, tandis que vers le sud-ouest se trouve un bassin de réception conduisant à un ruisseau.

### ***Historique des recherches archéologiques***

Les premières découvertes archéologiques relatives à cet endroit furent mises au jour en octobre 1990, dans le cadre d'un projet d'inventaire exécuté pour le Service de l'environnement du ministère des Transports du Québec. Suite à la découverte de cet emplacement intéressant, devenu le site DcEd-1, des fouilles de sauvetage furent effectuées au cours de l'été de 1991 et au cours desquelles on distingua trois secteurs, tous contemporains et relativement anciens (Chapdelaine 1994d: 241; Chapdelaine et Bourget 1994: 165). La zone à l'intérieur de laquelle furent trouvés les artefacts fut ultérieurement détruite par la construction d'une bretelle de sortie d'autoroute.

### ***Site archéologique abordé***

Comme l'atteste la présence d'artefacts diagnostiques sur l'ensemble du site, l'occupation des trois secteurs du site de Rimouski date de toute évidence du Paléoindien récent, c'est-à-dire d'environ 8000 ans AA. Ce sont principalement les pointes de projectile (dix pointes et trois ébauches) et les forets (sept), qui agissent en tant que fossiles-directeurs sur ce site. En effet, la présence sur ceux-ci d'enlèvements étroits, minces, réguliers, et surtout parallèles permet de les réunir dans un même



épisode culturel, soit la culture Plano du Paléolindien récent (Chapdelaine 1994b: 235, 1994c: 183). En plus de ces témoins archéologiques, plusieurs datations au radiocarbone et par thermoluminescence confirmèrent l'ancienneté des vestiges paléolindiens trouvés à Rimouski (Chapdelaine 1994b; Lamothe 1994: 123). L'échantillon le plus profond, donc le moins susceptible d'avoir été contaminé, semble le plus intéressant pour établir la date non calibrée d'occupation du site, soit  $8150 \pm 130$  BP (Chapdelaine 1994b :235).

La très grande majorité des 163 outils est en chert, mais l'altération différentielle des différents artefacts rend difficile l'identification de la variante la plus utilisée (Chapdelaine 1994c: 182).

« Sur le site de Rimouski (DcEd-1), le chert à radiolaires gris-noir s'altère fréquemment en beige et en brun. (...). De plus, les radiolaires sont fréquemment dissous et recristallisés en calcédoine, une variété radiale de chert microcristallin au lustre gras. La présence de stylolites indique que ce chert à radiolaires provient d'une unité géologique qui a subi une déformation tectonique, ce qui est le cas pour la majorité des roches des Appalaches. » (Marquis 1994: 132).

La source principale du chert taillé à Rimouski s'est révélée, suite à une analyse par activation neutronique, ne pas être d'origine locale (Chapdelaine et Kennedy 1994: 149). La quasi-totalité du débitage (99,9%) est composé de chert, le plus commun étant le chert beige fortement altéré, suivi dans l'ordre de chert moucheté noir et vert, de chert noir, de chert gris et de chert vert, lustré ou mat (Chalifoux 1994: 215). D'autre part, l'absence de galets patinés au sein de l'assemblage suggère que les cherts taillés par les occupants du site provenaient de sources primaires. L'analyse technologique du débitage démontre qu'une grande variabilité d'activités de taille fut pratiquée sur le site DcEd-1 (Chalifoux 1994: 215, 225).

### ***Contexte régional d'interactions***

#### Aspect géographique

Du point de vue géographique d'abord, le site de Rimouski se situe à un emplacement aisément accessible. La rivière Rimouski d'une part, prend sa source dans un secteur des Appalaches qui n'est pas très éloigné d'un réseau hydrographique se

jetant dans le lac Témiscouata, ce qui laisse ouverte la porte à des interactions entre les deux régions, voire même à une exploitation de la carrière du site CkEe-28. D'autre part, la proximité du fleuve Saint-Laurent, à l'époque la mer de Goldthwait, représentait sans aucun doute une voie maritime de choix, rendant l'accès à la carrière de La Martre possible. Ainsi, les deux régions hébergeant les carrières à l'étude étaient accessibles à partir de Rimouski au cours du Paléoindien récent.

### Aspect lithique

Ensuite, d'un point de vue archéologique, on remarque une ressemblance indiscutable entre les pointes et forets de Rimouski et ceux provenant de la côte nord gaspésienne et datant de la même époque (Benmouyal 1987: 503d; Chapdelaine 1994c: 180-183). Bien que les pointes de type Sainte-Anne soient peu nombreuses sur le site de Rimouski, la proximité culturelle avec les occupations paléoindiennes récentes gaspésiennes ne fait aucun doute, en raison de l'utilisation commune d'une même technique de réduction menant à la réalisation d'enlèvements parallèles (Chapdelaine 1994a). D'ailleurs, l'assemblage du site Cap-au-Renard-Station B, situé à seulement cinq kilomètres à l'ouest de La Martre, présente, selon Chapdelaine (1994b : 235-236), l'assemblage d'outils lithiques le plus comparable à celui de Rimouski, ce qui suggère fortement une relative contemporanéité, de même qu'un apparentement culturel.

Par ailleurs, une pointe à retouches parallèles taillée dans une rhyolite verte fut aussi trouvée à Rimouski sur un deuxième site paléoindien récent, baptisé DcEd-5, et situé sur la même flèche littorale que DcEd-1, mais à 300 mètres plus à l'ouest. Comme de nombreux affleurements de ce matériau sont connus au Maine, il est permis de supposer une quelconque relation entre les deux régions (Chapdelaine 1994e: 273). Enfin, bien que la proximité chronologique entre le site de Rimouski et celui de Squatec fut déjà soulignée, de même que la fort probable utilisation d'une carrière de chert Touladi à cette période, il est pertinent de rappeler ces éléments à titre de témoignages d'interactions possibles entre ces régions.

Plusieurs travaux archéométriques furent effectués au sujet des cherts de Rimouski. D'abord, Chapdelaine et Kennedy (1994) tentèrent de déterminer par activation neutronique la provenance de ces cherts, en prenant comme référents les cherts affleurant au Témiscouata et à Sainte-Anne-des-Monts. Dans l'ensemble, ils obtinrent des résultats mitigés : bien qu'il fût établi que les cherts de Rimouski ne provenaient pas d'une même source, il fut impossible de déterminer avec précision la provenance de ceux-ci en raison de la trop grande similarité entre les compositions chimiques des deux cherts référents (Chapdelaine et Kennedy 1994: 155).

Puis, Marquis (1994) réalisa une étude approfondie sur les cherts de Rimouski, de la Formation de Des Landes (Gaspésie) et de la Formation de Cabano (Témiscouata), à l'aide d'un microscope électronique à balayage (MEB). Il parvint à déceler certaines distinctions chimiques entre ces différents types de chert et il établit hors de tout doute que l'essentiel des matières premières lithiques taillées sur le site de Rimouski ne provenait pas des environs immédiats, mais qu'il y avait plutôt de fortes chances que ces matières proviennent d'une carrière gaspésienne (Marquis 1994: 38). De plus, le fait que les bifaces de Rimouski soient plus petits en moyenne que les bifaces des autres sites paléindiens récents de la Gaspésie, situés tout près de sources de chert, atteste que les sources de matières premières utilisées à DcEd-1 étaient fort probablement éloignées (Chapdelaine 1994c: 191-192). D'autre part, l'absence de galets indique que le chert taillé par les occupants de DcEd-1 provient de sources primaires (Chalifoux 1994: 215). Concernant le débitage, Chalifoux mentionne que :

« L'identification macroscopique des matériaux dans la collection d'éclats de Rimouski a révélé que la seconde matière la plus commune [après le chert beige] est le chert moucheté, présent sous des teintes de noir, de vert, de gris et de beige. Ce matériau est souvent altéré et semble correspondre à celui fréquemment rencontré sur les sites paléindiens de la Gaspésie (Benmouyal 1987: 76-78). » (Chalifoux 1994: 215).

## **Conclusion**

Tous les éléments présentés au cours de ce chapitre témoignent de l'intensité des interactions survenues au cours de la préhistoire entre les régions de l'île Verte, de

Rimouski, du Témiscouata et de la Gaspésie. À la lumière de ces informations, il est logique de soupçonner la présence des cherts Touladi et La Martre au sein des assemblages des sites de Rimouski, de l'anse à la Vache et Tucotte-Lévesque, ce qui en fait des candidats de choix pour valider la caractérisation chimique. En outre, leur sélection dans le cadre de ce mémoire est motivée par l'excellent contexte archéologique de chacun de ces sites.

### **3. CADRE THÉORIQUE ET CONCEPTUEL - GÉOLOGIE**

Le chert est une roche sédimentaire à cassure lisse et conchoïdale, formée par précipitation chimique et composée principalement de l'une, ou de la combinaison, des formes de silice suivantes : opale (silice ayant une forte proportion d'eau, soit entre 2 et 13% (Blatt et al. 1972: 539), calcédoine (quartz crypto-cristallin ayant une structure fibreuse microscopique) ou quartz micro-cristallin ou crypto-cristallin (dont les cristaux mesurent entre 5 et 20 µm de diamètre) (Foucault et Raoult 2005: 322; Heinrich 1956: 135; Luedtke 1992: 12; Pettijohn 1975: 394). À ce quartz s'ajoute une faible quantité de diverses impuretés, dont les plus communes sont certains minéraux lourds (par exemple rutile, hématite, calcite, minéraux d'argile, de fer, carbonates), certains fossiles (spicules d'éponges, capsules de radiolaires ou diatomées) et l'eau (Heinrich 1956: 135; Blatt et al. 1972: 535; Luedtke 1992: 11-12). La composition de la plupart des cherts s'approche toutefois de la silice pure, puisque les impuretés ne totalisent généralement qu'un maximum de 15%, ce qui rend les différences chimiques entre les cherts difficiles à détecter et à quantifier. Il sera question de ces impuretés plus en détail au cours de ce chapitre, car elles jouent un rôle essentiel dans la caractérisation chimique des cherts. Mais d'abord, il importe de faire une précision taxonomique concernant l'utilisation du terme chert, de même qu'une présentation des processus de formation de cette roche. Cette section se terminera enfin par la description géologique des cherts de La Martre et de Touladi.

#### **Taxonomie**

Au cours de ce travail, le terme chert est utilisé comme terme général afin de désigner une roche sédimentaire composée principalement de quartz crypto- ou micro-cristallin. Considéré ainsi, le taxon chert englobe donc d'autres termes relatifs à ce type de roche présents dans la littérature, dont, entre autres, silex, calcédoine, agate et jaspé (Luedtke 1992: 5). Cette variabilité de termes pour définir un même type de roche peut entraîner une certaine confusion, et c'est pourquoi, au cours de ce mémoire, seul le terme chert sera employé.

La multiplicité de taxons s'explique par l'emploi informel de ceux-ci par certains chercheurs, ce qui rend leurs significations très variables d'un texte à l'autre. En effet, le terme chert est à la base un nom de terrain, c'est-à-dire un terme largement utilisé par les gens en contact avec ce type de roche mais qui n'est régi par aucune convention géologique internationale ou critère clairement défini. Par exemple, les taxons « chert » et « silex » désignent pour certains auteurs deux types de roche aux structures distinctes (Shepherd 1972: 35), alors que pour d'autres, ils sont parfaitement synonymes et interchangeables (Spielbauer 1976: 152). Cela dit, la plupart des termes utilisés par les archéologues, tels que calcédoine ou jaspe, désignent généralement des types particuliers de chert se distinguant les uns des autres par certaines caractéristiques de leur composition chimique ou de leur apparence macroscopique.

En outre, une certaine confusion peut survenir aussi au niveau de l'utilisation différentielle de ces termes par les différentes disciplines scientifiques. Alors que les archéologues ont plutôt tendance à attribuer ces taxons sur une base macroscopique, les géologues, quant à eux, se fient plus souvent à des critères chimiques ou structuraux. D'ailleurs, cette situation fait en sorte que, même au sein de la communauté géologique, tous ne s'entendent pas sur les critères à utiliser en priorité. En somme, il en résulte un galimatias que je tenterai d'éviter au cours de ce mémoire en utilisant le terme chert de façon générale, afin de désigner les roches sédimentaires composées principalement de quartz crypto-cristallin.

### **Processus de formation du chert**

Le chert est une roche sédimentaire d'origine chimique ou biochimique, ce qui signifie que, contrairement à certaines autres roches sédimentaires, tel le grès par exemple, qui se forment par l'accumulation et la compression de fragments de roches, le chert provient plutôt d'un sédiment chimique. Ainsi, la silice doit d'abord être en solution dans l'eau afin d'être, dans un deuxième temps, précipitée pour former le chert (Dowd 1998: 62; Foucault et Raoult 2005: 70; Luedtke 1992: 18). La provenance de cette silice est donc une question au cœur de la formation de ce type de roche.

### *Silice*

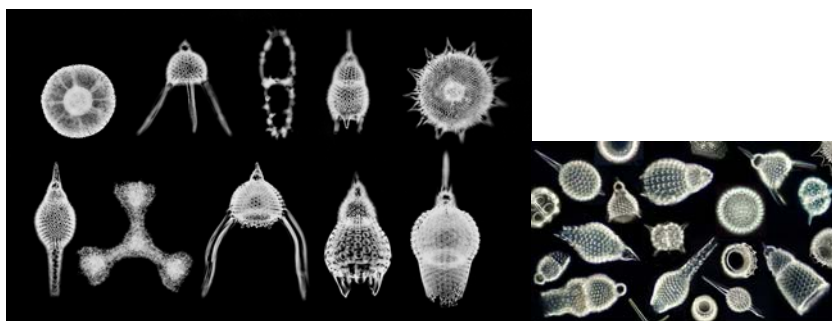
Cet élément est omniprésent dans les milieux aquatiques de la planète, car il provient principalement de l'altération de minéraux ou de gaz volcaniques (Luedtke 1992: 20). Ainsi, il se trouve en phase amorphe et en solution sous-saturée dans les rivières, lacs et océans du monde, mais à des taux de concentration universellement en deçà de la concentration nécessaire à sa précipitation. Il en découle donc que les cherts ne peuvent se créer spontanément dans les milieux aquatiques, mais nécessitent plutôt des conditions particulières pour se former (Krauskopf 1959: 16; Luedtke 1992: 26; Pettijohn 1975: 403).

À ce sujet, les différentes caractéristiques observées sur les cherts à travers le monde témoignent de la pluralité et de la complexité des modes de formation. Ces processus demeurent encore à ce jour des phénomènes plus ou moins compris, où plusieurs écoles de pensée s'opposent, et aucun n'est responsable de la formation de tous les cherts (Pettijohn 1975: 404-406). De manière générale, les théories relatives à la formation des cherts se regroupent en deux catégories. D'un côté figurent les hypothèses qui considèrent que la saturation de la silice s'effectue de façon contemporaine à la sédimentation, alors que, selon l'autre point de vue, la silice proviendrait d'un remplacement post-dépositionnel de la roche mère. Au cours des pages qui suivent, seules les hypothèses relatives aux deux cherts à l'étude seront présentées de façon exhaustive. Quant aux autres théories, leur rapide mention ne sert qu'à illustrer les débats en cours concernant la variabilité relative à la diagenèse des cherts.

### *Origine biogénique*

Le modèle biogénique qui semble faire consensus relativement à la formation des cherts lités stipule que la clé de l'origine de la plupart des cherts repose sur l'activité chimique de certains microorganismes sous-marins, dont, entre autres, les diatomées, les radiolaires et les éponges siliceuses (figure 3.1) (Blatt et al. 1972: 538; Maliva et Siever 1989: 432). En effet, ces microorganismes sont aptes à absorber les molécules de silice présentes dans l'eau, et à les conserver au sein de leur substrat organique afin de se

construire et d'entretenir des coquilles siliceuses. Cette opération s'effectue malgré qu'ils soient en contact avec un médium sous-saturé qui devrait normalement dissoudre la silice (Jørgensen 1953). Afin de pallier la dissolution, ce maintien des coquilles nécessite un apport d'énergie constant de la part des microorganismes, et n'est donc possible qu'au cours de la vie de la diatomée ou du radiolaire (De la Rocha et al. 1997). À la mort de la créature, la dissolution de la coquille commence donc réellement, de même que son acheminement, via gravité, au fond de l'océan (DeMaster 1981). Cependant, comme le processus de dissolution est extrêmement lent (Krauskopf 1959: 7), il en résulte donc une accumulation progressive de coquilles siliceuses en dissolution au fond des océans (Blatt et al. 1972: 538). Selon ce modèle, le haut taux de silice dissoute caractéristique des sédiments des fonds marins et propice à la formation de cherts serait donc principalement causé par la dissolution de ces squelettes.



**Figure 3.1** Radiolaires (tirée de <http://micro.magnet.fsu.edu/micro/gallery/radiolarians/radiolarians.html> et [http://images.nbio.gov/Rfemmer/D\\_medres/Radiolarians-10-species-2.jpg](http://images.nbio.gov/Rfemmer/D_medres/Radiolarians-10-species-2.jpg)).

D'autres auteurs impliquent quant à eux l'altération de sédiments adjacents ou l'introduction subséquente de silice via une solution afin d'expliquer le haut taux de concentration de silice nécessaire à la précipitation (Krauskopf 1959: 17). Quoi qu'il en soit, au fil du temps, l'eau interstitielle du sédiment devient éventuellement supersaturée de silice, ce qui mène d'abord à la formation d'un gel siliceux, puis à la cristallisation en quartz (chert), au cours d'un processus s'écoulant sur des millions d'années (Blatt et al. 1972: 538; Kastner et al. 1977; Krauskopf 1959: 7, 14, 15-17).



En résumé, de nombreux géologues estiment que cette théorie d'une origine biogénique est très crédible, comme en témoigne la présence de vestiges organiques dans la structure de nombreux cherts, dont, entre autres, ceux de La Martre et du Témiscouata. Or, il appert que chez certains cherts, les traces de ces organismes soient absentes de leur structure, ce qui témoigne de la dissolution de la trace de ces organismes au cours de la formation, ou encore du concours d'un autre phénomène inorganique (Pollock 1987: 86).

### ***Origine volcanique***

C'est ainsi qu'un modèle complémentaire basé sur les effets volcaniques fut élaboré. Selon celui-ci, la haute concentration de silice nécessaire à la formation d'un chert peut aussi être causée indirectement ou directement par des activités volcaniques. En effet, lors d'une éruption, l'importante quantité de silice expulsée sous la forme de fragments de verre volcanique peut s'avérer suffisante pour saturer l'eau environnante, et ainsi entraîner la précipitation de la silice (Blatt et al. 1972: 540). Dans ces circonstances, la silice est évidemment d'origine inorganique. De plus, en raison de leur température élevée, les eaux hydrothermales se trouvant dans les environnements où les activités volcaniques sont fréquentes représentent des environnements favorables à la prolifération des radiolaires, et contiennent donc des quantités beaucoup plus importantes d'organismes siliceux que la normale, ce qui favorise le processus biogénique décrit plus haut (Taliaferro 1933). En conclusion, il ne fait pas de doute que les activités volcaniques peuvent contribuer de manière significative à la mise en place d'un environnement dont les conditions seront propices à la formation de chert (Pollock 1987).

### ***Remplacement***

Enfin, les cherts semblent aussi pouvoir se former à partir du remplacement post-dépositionnel de la roche hôte, généralement du calcaire, par de la silice. En effet, il a été proposé que la silice puisse se dissoudre et se disséminer via l'eau interstitielle, à

travers les fissures, pour ensuite se précipiter par accréation en masses nodulaires à l'intérieur du calcaire, remplaçant ainsi la matrice (Kwiatkowski 2005; Maliva et Siever 1989: 423; Pettijohn 1975: 403). Ce phénomène expliquerait d'ailleurs la présence commune d'inclusions carbonatées dans les cherts nodulaires, perçues comme des indications de remplacement non complété du carbonate par la silice (Pettijohn 1975: 473; Blatt et al. 1972: 536). Le chert Onondaga, dans le sud-est ontarien est un exemple de chert de remplacement (Prothero et Lavin 1990).

En résumé, le chert se forme partout où la silice en solution peut se précipiter, ce qui est le cas en une multitude de situations. Pour ajouter à cette complexité d'origine, certains indices laissent croire que la dissolution et la précipitation de la silice peuvent survenir plus d'une fois au cours de la diagenèse (Dapples 1959: 125). L'ensemble de ces facteurs de variabilité rend la caractérisation des cherts difficile par rapport à d'autres types de roche aux processus de formation plus simples.

Une fois la diagenèse complétée, les accumulations de chert se présentent sous deux formes générales: en nodules, le plus souvent à l'intérieur de séquences de carbonates, ou alors en lits, communément associés avec des shales ou des formations de fer (Blatt et al. 1972: 536; Luedtke 1992: 29). Bien que les processus de formation de ces deux manifestations du chert ne soient pas tout à fait compris, certaines hypothèses dominant tout de même le débat (Pettijohn 1975: 402-403).

### *Nodules*

Les nodules sont habituellement de forme sphérique ou ellipsoïdale plus ou moins régulière. Ils représentent une proportion relativement petite des formations les accueillant et sont regroupés en zones plutôt limitées, suivant fréquemment les plans de litage. La plupart de ces dépôts nodulaires semblent s'être formés suite au remplacement du calcaire par la silice, ou alors, suite à un réarrangement à l'intérieur du sédiment, produisant une ségrégation des constituants mineurs du sédiment, soit les particules de silice, qui se regroupent alors en nodules (Pettijohn 1975: 392).

### ***Lits***

Les lits de cherts sont pour leur part généralement intercalés avec des shales, des turbidites ou des dépôts volcaniques. L'association commune des cherts lités avec les dépôts volcaniques pousse certains géologues à croire que la majorité de la silice puisse provenir de ces sédiments, sans l'intervention d'organismes biologiques (Luedtke 1992: 29). Paradoxalement, la plupart des cherts lités contiennent des vestiges de spicules d'éponges, de tests de radiolaires et de diatomées, ce qui suggère une recristallisation diagénétique de squelettes organiques, dont la distribution se ferait en fonction des courants de turbidité responsables de la stratification des sédiments (Blatt et al. 1972: 537; Maliva et Siever 1989: 421; Riedel 1959).

### ***Impuretés***

En somme, que ce soit en nodules ou en lits, le chert se forme au cours d'un processus qui s'étend sur des millions d'années et qui survient dans un milieu sédimentaire. C'est au cours de leur formation que les impuretés, provenant essentiellement des sédiments environnants, s'infiltrent dans la structure du chert. Comme la composition chimique et minérale de ces impuretés varie en fonction de l'environnement de déposition et de l'origine des sédiments, la variabilité chimique observée entre les cherts dépendra donc elle aussi des conditions environnementales lors de la formation de ceux-ci (Cowell et Bowman 1985: 36; Foradas 1994: 3-4, 183; Friedman 1969: 195; Hess 1996: 53; Marquis 1994: 135; Marquis et Morin 1999; Murray 1994: 214; Pollock 1987; Spielbauer 1984: 280-281; Tomescu 2004: 77; Ward et Smith 1974: 282).

### ***Variation intra-source***

Ainsi, les différences de composition chimique sont décelables chez les cherts tant au plan horizontal que vertical (Sieveking et al. 1972: 156). On peut donc s'attendre à observer des différences chimiques entre des affleurements éloignés géographiquement ainsi qu'entre les différentes strates d'une même formation (Hancock 1975; Luedtke et

Meyers 1984: 290-293). Le concept qui en découle, implicite à tout travail de caractérisation, est appelé postulat de provenance et stipule :

« That there exist differences in chemical composition between different natural sources that exceed, in some recognizable way, the differences observed within a given source. These “differences” are usually simply quantitative differences in concentration of chemical elements, but they can also be differences in relationship between concentrations of two or more elements, i.e., their correlation. » (Weigand et al. 1977: 24)

En d'autres mots, la variation inter-source doit excéder de façon mathématiquement quantifiable la variation intra-source, afin de rendre possible la caractérisation. Dans le cadre d'une caractérisation chimique, l'objectif est donc d'identifier les propriétés chimiques spécifiques homogènes à l'intérieur d'une même source, mais qui diffèrent par rapport aux autres sources (Glascok et al. 1998: 17-18). Comme il a été précédemment mentionné, en raison de leur mode de formation particulier, les cherts se distinguent par une grande variabilité chimique et macroscopique intra-source, ce qui rend leur caractérisation plutôt ardue (Blades et al. 1997: 97; Luedtke 1976: 88; Luedtke et Meyers 1984: 290-293; Shackley 1998: 262). Cependant, la compréhension des causes géologiques responsables des variations géochimiques observables permet de sélectionner de façon optimale les éléments discriminants (Luedtke et Meyers 1984: 297; Foradas 1994: 88).

Par exemple, en ce qui concerne les éléments majeurs, il existe un lien entre la composition chimique des sédiments et l'apport des eaux hydrothermales (Boström et Peterson 1969). Le fer, le manganèse, l'aluminium et le titane sont des éléments qui permettent de distinguer les cherts biogéniques des cherts hydrothermaux. En effet, on considère que l'aluminium et le titane présents dans les sédiments sont presque exclusivement terrigènes, tandis que le fer et le manganèse dérivent pour leur part du volcanisme sous-marin et constituent donc des indicateurs de la proximité d'un environnement hydrothermal (Boström et al. 1973).

Du côté des éléments traces, les terres rares constituent des marqueurs adéquats pour faire des caractérisations chimiques, puisque leur mobilité est relativement faible

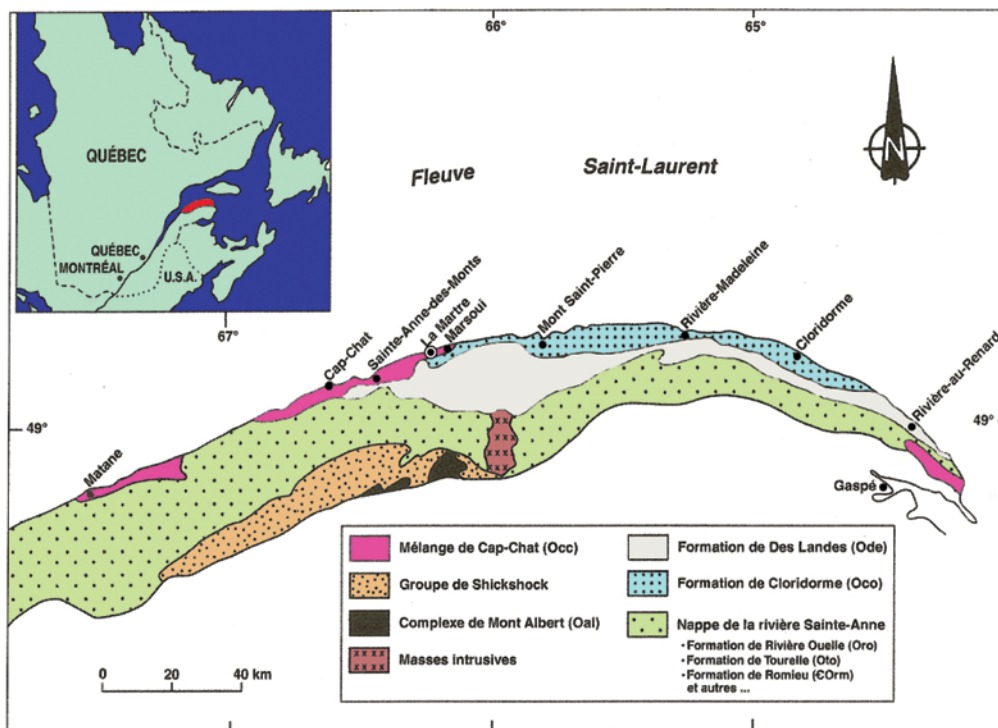
au cours de l'altération, du transport, de la diagenèse et du métamorphisme (Nyakairu et Koeberl 2001). En d'autres mots, la concentration des terres rares relève directement de l'environnement de déposition, ce qui n'est pas le cas de nombreux autres éléments.

## **Chert de La Martre**

Le taxon « chert de La Martre » ne sous-entend aucune signification géologique, si ce n'est, bien sûr, le fait qu'il affleure à La Martre. Dans le cadre de ce mémoire, la dénomination « chert de La Martre » renvoie donc au chert affleurant dans cette municipalité, plus précisément à la carrière DhDn-8.

### ***Géologie régionale***

Comme on peut le constater sur la carte géologique de la péninsule gaspésienne (figure 3.2), deux unités géologiques contenant du chert en quantité significative sont présentes dans la partie nord de la péninsule, soit la Formation de Des Landes et le mélange de Cap-Chat. Ce mélange, au sein duquel se trouve la carrière de La Martre, représente une unité cartographique géologique n'ayant pas le statut officiel de formation (Slivitzky et al. 1991: 2, 19-20) et l'appellation « mélange » exprime le fait qu'il soit composé de différentes lithologies d'origines et d'âges différents. Il est effectivement le résultat du démantèlement des nappes externes de Marsoui et de Sainte-Anne, et est composé de lithologies de l'Ordovicien inférieur à moyen (orogénèse Taconienne) provenant des formations de Rivière-Ouelle, de Tourelle et de Des Landes, le tout disséminé dans une matrice composée d'un mélange chaotique de mudstone, de claystone ou de shale de différents âges (Slivitzky et al. 1991). Le mélange de Cap-Chat s'étend de façon discontinue le long du littoral nord de la péninsule, entre Métis-sur-Mer et Marsoui et sa présence est aussi répertoriée à l'extrémité orientale de la Gaspésie, près de Cap-des-Rosiers.



**Figure 3.2** Carte géologique de la côte nord gaspésienne (tirée de Burke 2002: 92).

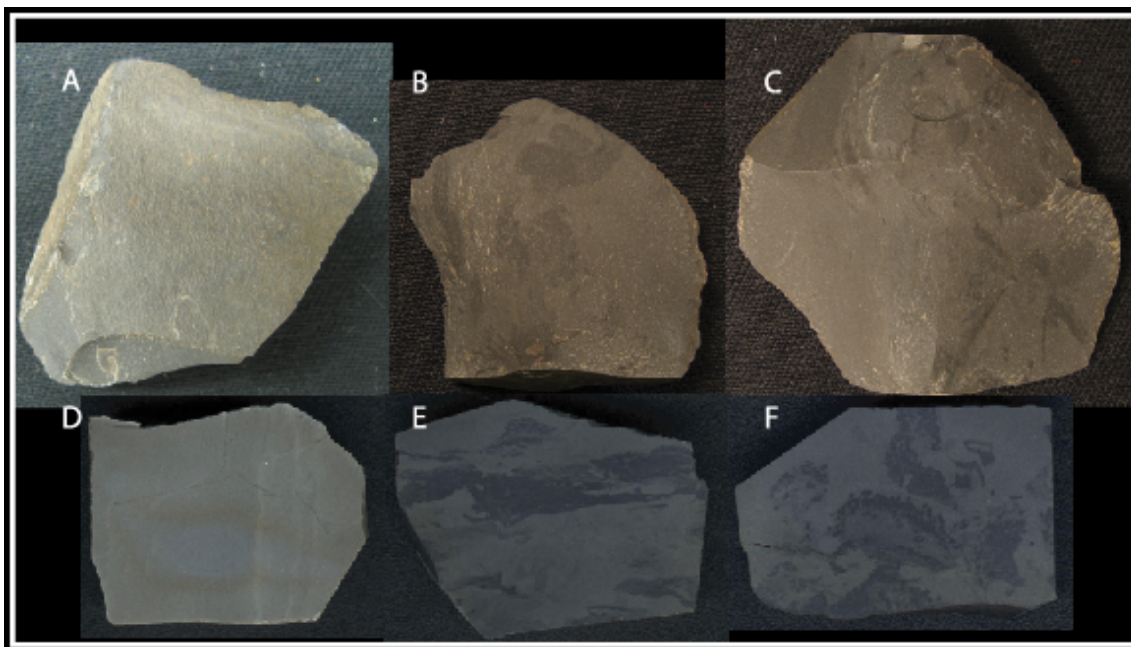
En général, les processus régulant la formation des mélanges géologiques sont très complexes et les hypothèses relatives à leur origine ne sont pas très concluantes. Le mélange de Cap-Chat ne fait pas exception à cette tendance. En effet, alors que certains éléments témoignent d'une origine sédimentaire (incorporation de blocs par gravité), d'autres suggèrent plutôt une origine tectonique (failles et aspect chaotique) (Slivitzky et al. 1991: 20). Quoi qu'il en soit, selon Slivitzky et al. (1991: 20), les énormes blocs massifs incorporés au mélange de Cap-Chat, à l'intérieur desquels se trouve le chert, seraient originaires de la Formation de Des Landes.

Suite à une coupe de référence effectuée à L'Anse-au-Griffon, à l'extrémité est de la péninsule gaspésienne, Slivitzky et al. (1991: 15, 41-45) ont distingué au sein de la Formation de Des Landes une unité géologique composée de mudstone, de siltstone et de deux types de chert, l'un verdâtre et l'autre noir. Cette unité se trouve à la base de la formation et n'en représente qu'environ 5% (51 mètres d'épaisseur pour l'unité par rapport à 1100 mètres pour la Formation de Des Landes).

### *Caractéristiques macroscopiques*

Les deux types de chert de la Formation de Des Landes présentent une matrice de quartz micro-cristallin et se superposent au sein de l'unité, constituée à 55% de la variété grise-verte à bioforages et à 31% du type noir à radiolaires (Slivitzky 1991: 43). Tous deux présentent un faciès finement lité (l'épaisseur des lits dépasse très rarement 50 cm) et se succèdent en alternance (Slivitzky 1991: 44; Marquis 1994: 132). En cassure fraîche, le chert de La Martre est gris, opaque et d'un lustre mat (figure 3.3 B, C, E et F, Munsell N4-N3, 5GY 5/1), tandis qu'une fois altéré, il devient plutôt gris pâle, atteignant même une teinte jaunâtre ou olivâtre (figure 3.3 A, Munsell N8-N7, 5Y 8/1, 7/2, 5Y 6/1) (Burke 2002: 93). Bien qu'une certaine quantité de surfaces de joint et de fractures soient présentes dans le chert en raison des plissements, il demeure aisé de trouver de gros blocs de chert homogènes et de très bonne qualité pour la taille (Burke 2000: 214).

Le chert gris-vert est caractérisé par la présence de nombreuses marques de bioturbations (bioforages) dont le matériau de remplissage est gris foncé (Munsell N3), ce qui donne un fini moucheté au chert (figure 3.3 D) (Slivitzky 1991: 42-43). Cet aspect bigarré est causé par un remaniement du dépôt sédimentaire originel par des organismes marins fouisseurs (Marquis 1994: 133). Le chert est dolomitique comme l'indique l'altération brune verdâtre, orangée ou chamois selon le degré de dolomitisation (Slivitzky 1991: 42-43).



**Figure 3.3** Échantillons de chert de La Martre. A B et C : Éclats expérimentaux; D, E et F : Plaquettes polies (photographies prises par l'auteur : 2009).

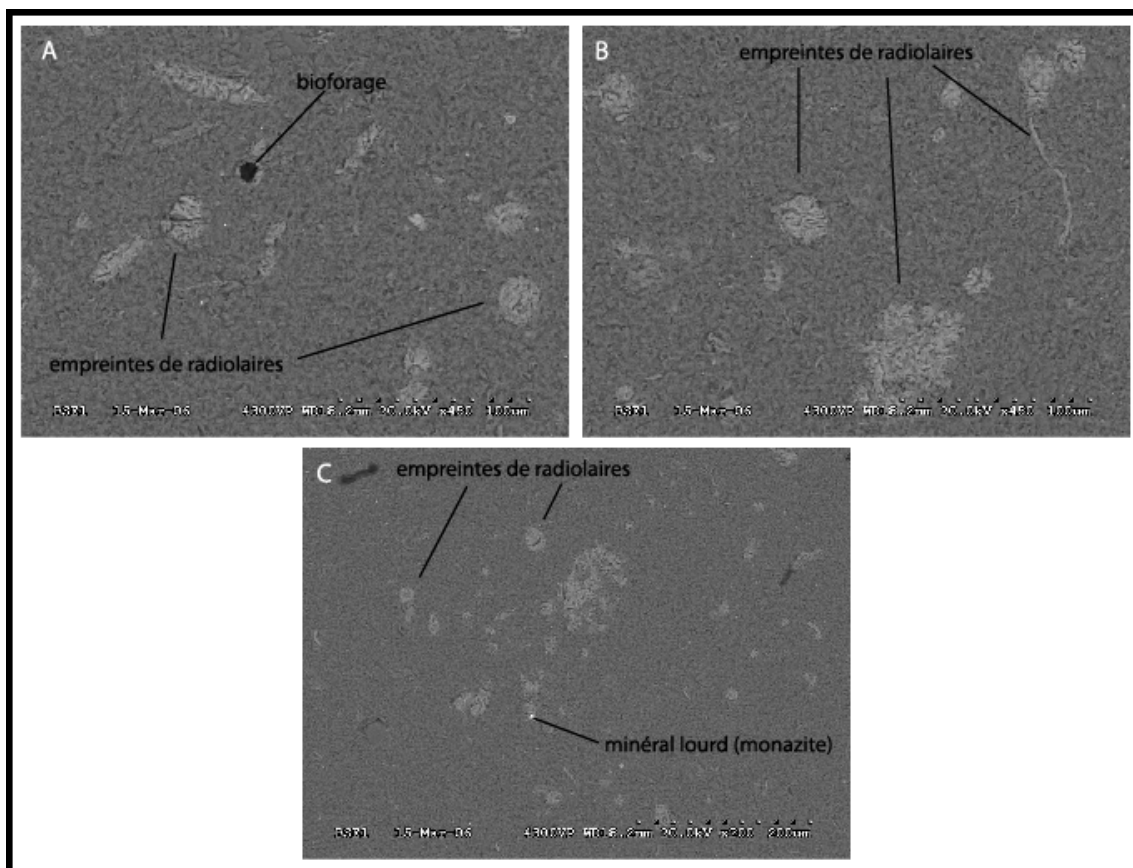
### *Caractéristiques microscopiques*

Le chert de La Martre contient des radiolaires isolés dans une matrice microgrenue, mais est en général totalement dépourvu de spicules d'éponges, ce qui suggère une accumulation en milieu tropical (Marquis 1994: 133). En lame mince, on observe dans le chert vert quelques vestiges (11% de la roche) de grains de quartz et de micas de la taille du silt, ainsi que de l'argile. On note quelque 20% de rhomboèdres de dolomite disséminés dans le chert ou concentrés en plages cristallines (Slivitzky 1991: 42-43).

Le chert noir a quant à lui un contenu élevé (30%) en radiolaires, d'un diamètre moyen de 0,08 mm (Slivitzky 1991: 42-43). Les pourtours de ces radiolaires sont rarement conservés et il n'en subsiste que des amas ronds fantomatiques beaucoup plus chertueux que la matrice dans laquelle ils baignent, ou alors des filaments blanchâtres (figure 3.4). Les rares radiolaires bien préservés ont pour leur part une forme circulaire et de nombreuses épines radiales (Slivitzky 1991: 42-43). En lame mince, on constate que le chert est le résultat de la silicification d'une roche argileuse. En effet, on y



observe de nombreux vestiges d'argile (13% en moyenne) et de mica (5%). Le chert noir, tout comme le chert gris-vert, est dolomitique (15%), mais à un degré moindre (Slivitzky 1991: 42-43). De plus, le chert noir de La Martre se caractérise par une dissémination de carbonates au sein de la matrice, principalement sous la forme de calcites (Burke 2000: 214). Marquis (1994: 132) a observé à ce sujet une augmentation des particules argileuses et des interlits carbonatés à mesure que l'on monte dans la séquence stratigraphique. Des micro-veines de quartz sont aussi présentes, de même que des minéraux opaques (figure 3.4 C; oxydes de Fe-Mn, monazite, apatite, rutile, zircon) pouvant se concentrer en zones ou en couches, ainsi que des minéraux d'argile (Burke 2000: 214). La schistosité, les styolites et les veinules de quartz qui recoupent parfois les radiolaires correspondent aux déformations subies par le chert durant l'édification des Appalaches (Marquis 1994: 133). Somme toute, en lame mince, ces cherts ressemblent aux autres cherts du front Taconien d'âge Ordovicien tels que le chert Normanskill (New-York), le chert Hathaway (lac Champlain) et le chert de Saint-Nicolas (Québec) (Burke 2000: 215).



**Figure 3.4** Photographies de lames minces de chert de La Martre (prises par Raymond Mineau au laboratoire de microscopie électronique à balayage du Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère de l'Université du Québec à Montréal, dans le cadre d'un travail dirigé réalisé par l'auteur: 2006).

### Chert Touladi

Tout comme dans le cas du chert gaspésien, le taxon « Touladi », désignant le chert affleurant au Témiscouata, ne réfère à aucune information géologique objective. Il s'agit plutôt d'une nomenclature informelle utilisée par les archéologues, et dont l'origine remonte à la découverte de la première carrière préhistorique au Témiscouata (Morin 1988). Il s'agit d'un chert massif, plus ou moins homogène, originalement déposé dans un bassin océanique et caractérisé par la présence de fossiles tels des radiolaires (Burke et Chalifoux 1998: 36).

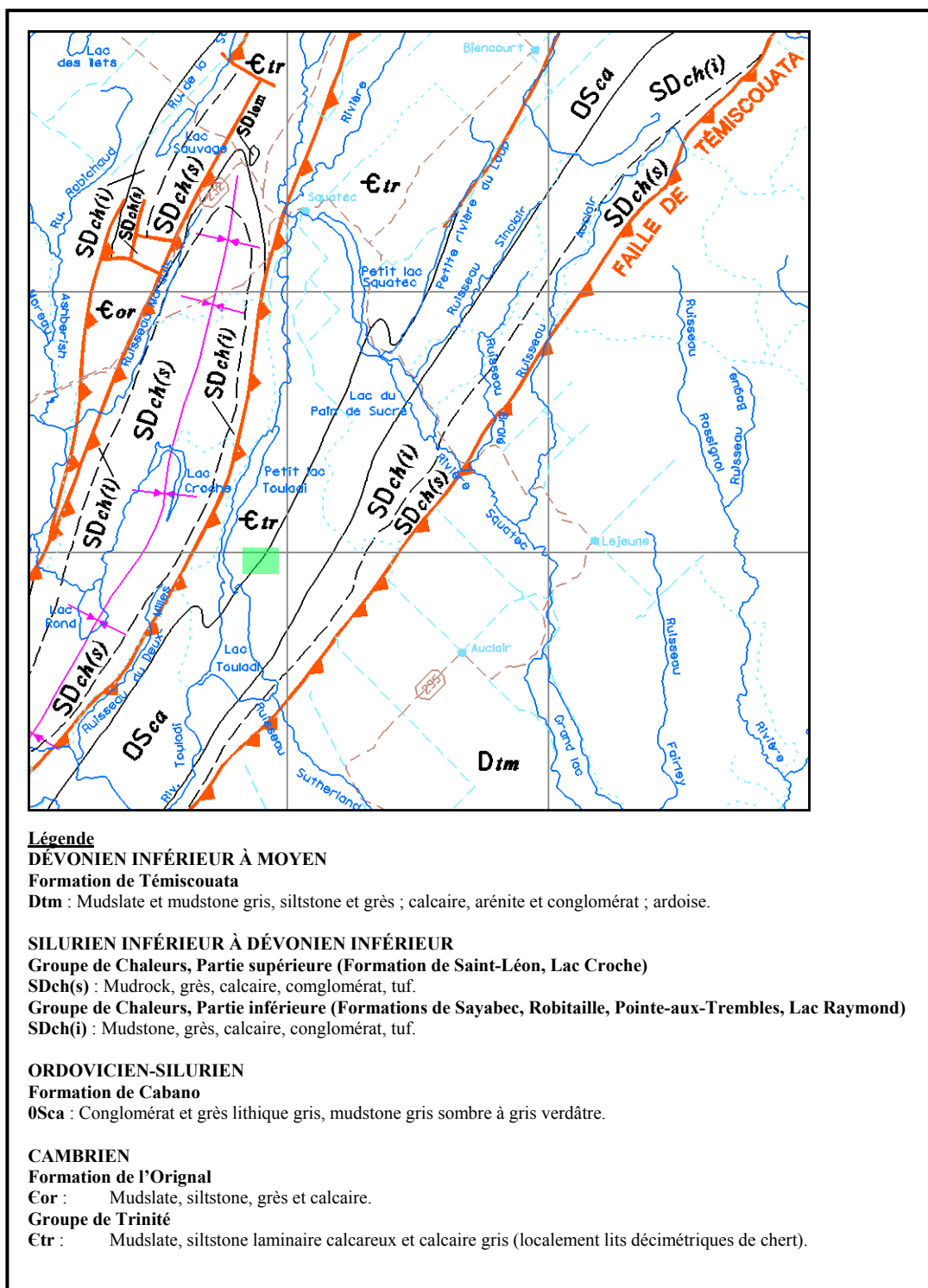
### ***Géologie régionale***

Bien que la séquence géologique régionale ne soit pas encore tout à fait reconstituée à ce jour, la présence de plusieurs formations géologiques dans la région, alignées dans un axe sud-ouest/nord-est, parallèles au Saint-Laurent et suivant les Appalaches, est établie (Bourque et al. 1995; David 1992; Lespérance et Greiner 1969). Les principales formations sont, d'ouest en est, le Groupe de Québec, la Formation de Cabano et la Formation de Témiscouata (figure 3.5, où seules les deux dernières apparaissent, le Groupe de Québec se trouvant plus à l'ouest de la zone).

Le chert Touladi fut d'abord géologiquement décrit comme faisant partie de l'unité 1C du groupe de Québec, ce qui plaçait son origine au Cambrien (Lespérance et Grenier 1969: 14). Puis, suite à divers travaux, il fut plutôt placé au sein du Groupe de Trinité, d'âge Ordovicien, entre les formations cambriennes du Groupe du Québec et la formation silurienne de Cabano (Morin 1987: 26). Enfin, de nos jours, le chert Touladi est considéré comme partie intégrante de la Formation de Cabano, ce qui situe son origine entre l'Ordovicien tardif et le Silurien inférieur (Bourque et Gosselin 1988: 5, 11).

La Formation de Cabano, qui se trouve à l'intérieur de la sous-zone du Témiscouata et de la zone des Appalaches québécoises, se décrit ainsi :

« The Cabano Formation consists of dark grey mudstone and siltstone interbedded with lithic wackes and conglomerates. Cherty horizons and black shales are present in the lower part of the formation. (...) The thickness of the Cabano Formation is estimated at 1000-2500 m (David et al. 1985). Cherts of the Cabano Formation rest unconformably on the Trinité Group. (...) Other graptolites and brachiopods indicate that its age ranges from Middle Ordovician to Early Silurian (David et al. 1985). » (Tremblay et al. 1995: 189).

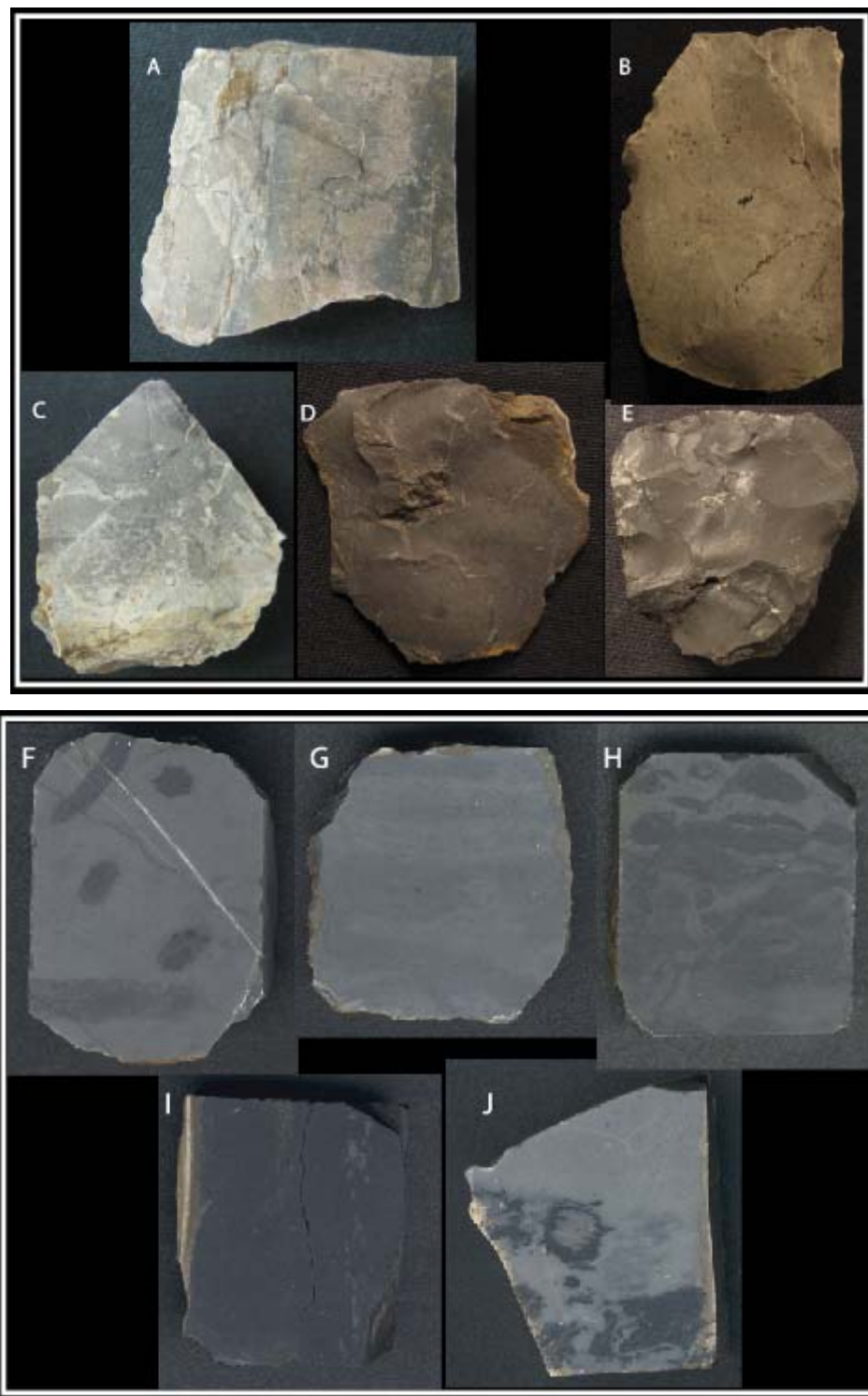


**Figure 3.5** Carte géologique de la région de la carrière CkEe-28, représentée par l'encadré vert (Ministère des Ressources naturelles 2003).

Le présent consensus est de situer le chert Touladi à l'endroit où la Formation de Cabano forme un plissement qui pénètre sous le Groupe de Québec/Trinité (figure 3.5). Cette formation couvre approximativement 570 km<sup>2</sup> et on estime qu'elle date de l'Ordovicien moyen ou tardif, soit le même âge que la Formation de Des Landes qui héberge le chert de La Martre en Gaspésie (Bourque et al. 1995; Marquis 1994: 133-134; Tremblay et al. 1995). Cependant, « L'âge du chert Touladi demeure toutefois problématique car il existe une discordance géologique majeure dans la région du Témiscouata entre la Formation de Cabano et le Groupe de Québec/Trinité (Bourque et Gosselin 1988: 11; Morin 1987: 10) » (Burke et Chalifoux 1998: 38). Enfin, au niveau régional, cette unité de Cabano se situe à l'intérieur d'un ensemble d'unités géologiques, composé des Formations de Des Landes, d'Etchemins (Beauce) et de Normanskill (New-York), au sein desquelles des affleurements de chert à radiolaires sont présents (Marquis 1994: 1; Morin 1988: 3).

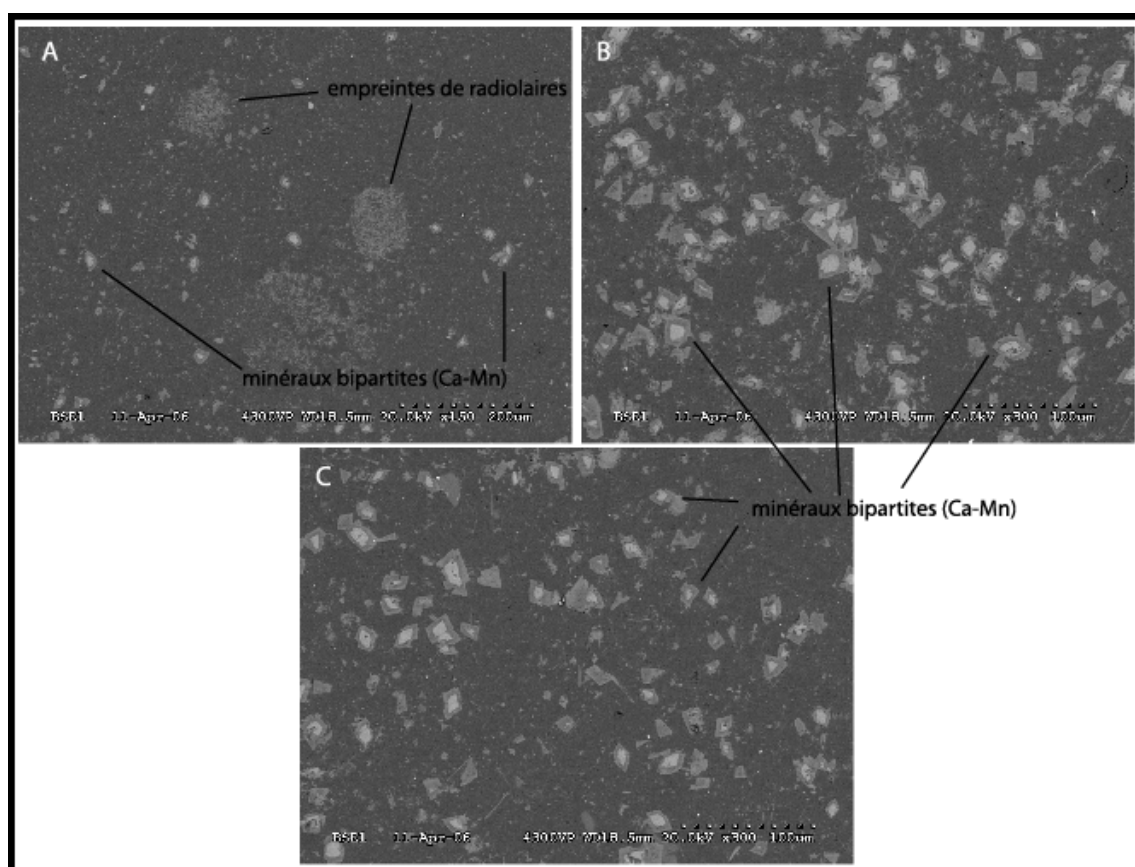
### ***Caractéristiques macroscopiques***

D'un point de vue macroscopique, le chert Touladi se trouve enchâssé en lits d'épaisseur décimétrique dans des affleurements de shales siliceux (Morin 1988). Il se distingue par la grande variabilité de sa couleur, que l'on retrouve unie ou mouchetée (figure 3.6). Les mouchetures noires souvent observées sont surtout liées à la présence d'oxydes de fer (Burke et Chalifoux 1998: 38). En cassure fraîche, le chert varie entre le noir, le gris et le verdâtre (Munsell N4 à 2.5) (Morin 1988: 2), tandis qu'en surface altérée, ses teintes sont plus pâles et il devient mat et sans éclat, de couleur beige ou gris pâle (Chalifoux et al. 1998: 129; Chalifoux et Burke 1995: 246). La texture externe du chert Touladi varie de cireux à mat (Chalifoux et al. 1998: 129; Chalifoux et Burke 1995: 246), tandis qu'en cassure fraîche, il présente une texture moyennement fine (Chapdelaine et al. 1991a: 9).



**Figure 3.6** Échantillons de chert Touladi. A à E : Éclats expérimentaux; F à J : Plaquettes polies (photographies prises par l'auteur 2009).

En général, c'est un chert de qualité moyenne pour la taille, car il contient de nombreuses diaclases probablement liées aux plissements de la Formation de Cabano auxquelles s'ajoutent de nombreuses fractures causées par le gel et le dégel (Bourque et al. 1995; Burke 2000: 179; Tremblay et al. 1995). La production d'outils unifaciaux et bifaciaux en chert Touladi est vraisemblablement possible pour un tailleur chevronné, comme en font foi les assemblages des sites au Témiscouata, mais, en revanche, la production de bifaces de grande taille devait très rarement s'avérer couronnée de succès (Burke 2000: 181).



**Figure 3.7** Photographies de lames minces de chert de Touladi (prises par Raymond Mineau au laboratoire de microscopie électronique à balayage du Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère de l'Université du Québec à Montréal dans le cadre d'un travail dirigé réalisé par l'auteur: 2006).

### *Caractéristiques microscopiques*

Au niveau microscopique, le chert Touladi est surtout caractérisé par une matrice siliceuse de quartz crypto-cristallin parsemé de fantômes de radiolaires (Burke et Chalifoux 1998: 38). Certains vestiges de ces radiolaires sont remplacés par du quartz, tandis que d'autres sont plutôt recristallisés en carbonate ou en quartz micro-cristallin ou calcédonique (figure 3.7) (Marquis 1994: 133-135). L'examen au microscope électronique à balayage révèle une distribution hétérogène de minéraux anguleux bipartites, composés principalement de calcium et de manganèse au sein du chert Touladi. Ces cristaux sont disséminés de façon très hétérogène dans le chert, comme le confirme la différence de densité observée entre les figures 3.7 A, B et C.

La présence de spicules d'éponges est aussi répertoriée, de même que des rhomboèdres de dolomite et de calcite, qui est d'ailleurs le minéral accessoire le plus présent au sein du chert (Burke 2000: 182). Des minéraux opaques ( $\leq 0,1$  mm), tels qu'apatite, monazite, rutile, rhodochrosite et pyrite sont distribués de façon inégale et souvent en bande à travers le chert (Marquis 1994: 140). On remarque aussi quelques veinules de quartz, ainsi que des traces d'altération, produites par « l'oxydation des minéraux opaques, la dissolution et la recristallisation des radiolaires et le remplacement partiel de la silice par un carbonate » (Marquis 1994: 140).



## 4. MÉTHODES

### Méthode de collecte

#### *Échantillons géologiques*

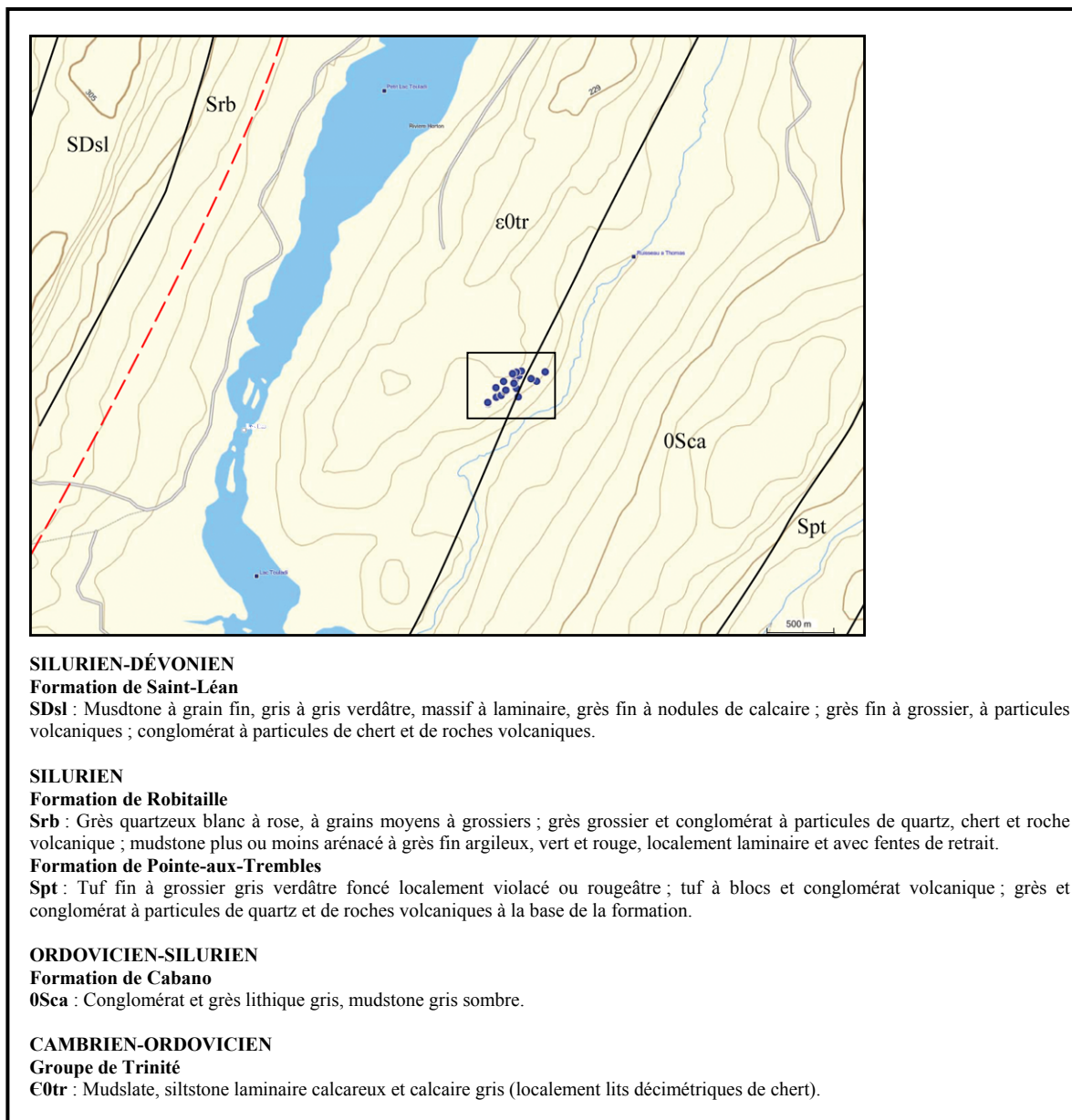
Comme il a été précédemment mentionné, il est essentiel, lors d'une caractérisation chimique, que les échantillons représentent le mieux possible le degré de variabilité du chert à l'intérieur de la source (Luedtke 1978: 422, 1993: 57). Lorsqu'un chert est peu homogène, comme c'est le cas pour les cherts Touladi et La Martre, l'échantillonnage se devra d'être le plus exhaustif possible. Quatorze échantillons de chert Touladi furent donc prélevés de la carrière CkEe-28 lors des expéditions organisées au cours des étés 1992 et 2006 (figure 4.1) (Burke 1993b, 2006), tandis que du côté de La Martre, sept échantillons de chert furent quant à eux extraits de la carrière gaspésienne. L'emplacement exact du prélèvement de chaque échantillon fut localisé précisément à l'aide d'un GPS, tout au long de l'affleurement, sur plusieurs strates, à l'intérieur d'une zone d'environ 500 mètres par 250 mètres (figure 4.2 et 4.3).



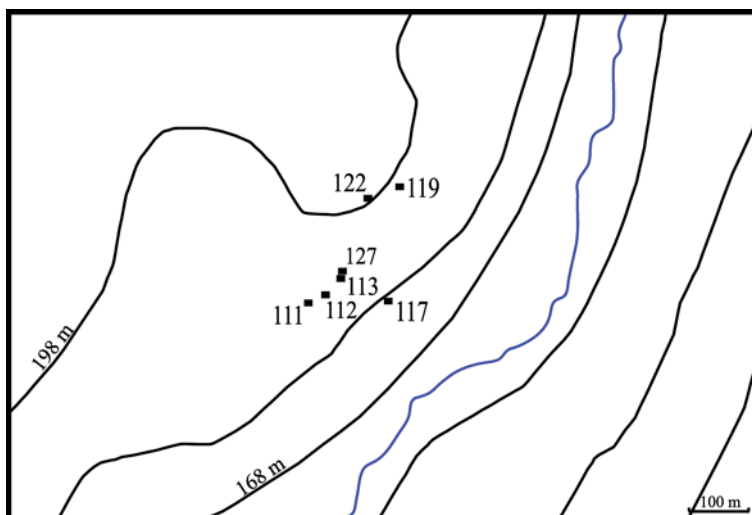
**Figure 4.1** Échantillons géologiques bruts provenant de la carrière Touladi (photographies prises par l'auteur).

Le nombre d'échantillons prélevés peut à prime abord paraître insuffisant par rapport aux critères énoncés précédemment concernant l'échantillonnage adéquat d'une source de matière lithique. Toutefois, comme les carrières CkEe-28 et DhDn-8 se caractérisent par une grande hétérogénéité et une variabilité chimique interne

importante, je suis d'avis que le fractionnement des échantillons géologiques prélevés, de manière à produire plus d'échantillons analysables, est un processus légitime.



**Figure 4.2** Localisation de la carrière Touladi et des emplacements où des prélèvements furent effectués (Burke 2009, comm. pers.).



**Figure 4.3** Emplacement des points géoréférencés de prélèvement sur la carrière Touladi (Burke 2009, comm. pers.).

### *Échantillons expérimentaux*

Les éclats expérimentaux furent taillés à partir des échantillons géologiques provenant des deux carrières. Sept éclats en chert de La Martre furent donc produits à partir des mêmes échantillons géologiques qui furent utilisés préalablement pour produire les plaquettes. En ce qui concerne le chert Touladi, la plupart des dix éclats expérimentaux produits furent détachés d'échantillons géologiques différents de ceux ayant généré les plaquettes, mais prélevés aux mêmes points GPS. Il était prévu au départ d'avoir dix éclats pour chacune des sources, mais la faible quantité de matière première disponible provenant de La Martre a fait en sorte de réduire l'échantillonnage à sept éclats. Comme on peut le remarquer sur les photos (en annexe G), les éclats expérimentaux sélectionnés présentent des propriétés macroscopiques variées (couleur, lustre), de manière à rendre le test encore plus concluant. Par exemple, en ce qui concerne la carrière de La Martre, un échantillon (DhDn-8.2\_R1ET) représente la variété verte de chert, tandis que du côté de la carrière Touladi, une grande variabilité d'apparence macroscopique est répertoriée, que ce soit gris pâle (TOU-16\_R1ET, TOU-28\_R1ET1, TOU-28\_R1ET2, TOU-35\_R1ET et TOU-39\_R1ET), gris foncé (TOU-27\_R2ET1, TOU-27\_R2ET2), gris traversé par une veine blanchâtre (TOU-19R1ET), verdâtre (TOU-30\_R1ET) ou noirâtre (TOU-45\_R1ET).

### *Échantillons archéologiques*

Vingt-quatre éclats furent sélectionnés parmi la collection du site de Rimouski, tandis que les deux sites de l'île Verte, soit celui de l'anse à la Vache et le site Turcotte-Lévesque, fournirent chacun dix éclats (tableau IV.I). L'échantillonnage fut effectué à la suite d'une revue complète des collections au cours de laquelle plusieurs critères de sélection furent pris en considération. D'abord, les éclats sélectionnés devaient présenter une apparence macroscopiquement semblable aux cherts de La Martre ou du Témiscouata. Leur taille devait être suffisamment grande pour couvrir complètement la zone d'analyse (22 mm de diamètre), tout en étant évidemment de taille raisonnable pour entrer dans le porte-échantillon (51 mm de diamètre). Le relief des éclats fut aussi considéré; les éclats sélectionnés arboraient une courbe peu prononcée et une surface au relief le moins accidenté possible. Souvent, la surface d'analyse sélectionnée correspondait à la face ventrale des éclats, plus plate et régulière que la face dorsale. En dernier lieu, comme il n'est pas garanti que les galets de chert Touladi et La Martre

<b>anse à la Vache (DaEi-6)</b>	<b>Turcotte-Lévesque (DaEi-8)</b>	<b>Rimouski (DcEd-1)</b>		
		Est	Ouest	Nord
0698*	0254*	0292	0701	1014
0723*	0549	0306*	0714	1040
0724*	1173*	0312*	0717	1045
0738*	1486*	0348	0719	1082
0790*	2321	0350	0727	1086
0835*	3038*	0446	0778	1133
0888a*	3715*		0779	1152
0888b*	4187		0818	
1062*	5402		0823*	
2089*	5458		0867	
			0893	

**Tableau IV.I** Échantillons archéologiques sélectionnés (les échantillons où furent effacés à l'aide de solvant les numéros de catalogue inscrit à leur surface sont identifiés par un astérisque).

trouvés en contextes secondaires arborent les mêmes caractéristiques chimiques que le chert prélevé directement à la carrière, la présence de patine sur les éclats sélectionnés fut évitée, puisque révélant probablement une réduction à partir d'un galet. Par ailleurs, les échantillons archéologiques proviennent de contextes chronologiques et

stratigraphiques contrôlés, ce qui est un critère essentiel pour que les résultats aient une signification archéologique.

## **Préparation des échantillons**

### *Échantillons géologiques*

Les échantillons géologiques furent d'abord sciés dans le laboratoire de Jean Beaulieu situé à l'École polytechnique de Montréal, de manière à produire des plaquettes dont la taille correspond à celle du porte-échantillon de la machine (51 mm de diamètre, pour plus de détails voir l'annexe A). Afin de réduire au maximum les irrégularités de surface, ces plaquettes furent par la suite polies à l'aide d'une table tournante et d'une poudre à base de carbure de tungstène à grains variables (de 200 à 600). Grâce à ces manipulations, 29 plaquettes de chert Touladi et 9 de chert de La Martre furent produites, à partir desquelles 39 et 14 surfaces sont respectivement analysables, puisque certaines plaquettes furent polies des deux côtés. Des numéros furent assignés à chacun des échantillons, en suivant une nomenclature témoignant de leur origine, détaillée en annexe B. Au départ, 42 échantillons avaient été préparés pour la carrière de Touladi et 17 pour celle de La Martre, mais comme la provenance exacte de certains échantillons était inconnue (absence de référence GPS), ils ont été rejetés pour la suite du projet.

Afin d'éviter toute contamination résultant de la taille et du polissage, les échantillons furent ensuite nettoyés au bain à ultrasons. Grâce à cet appareil, tous les dépôts ayant pu s'accumuler sur les échantillons au cours des manipulations, comme par exemple des résidus de lame de scie, des empreintes de doigts ou du carbure de tungstène, furent retirés. Ce nettoyage aux ultrasons fut effectué selon le protocole décrit dans le paragraphe suivant, à l'aide d'un appareil de marque Branson modèle 3510 d'une fréquence de 42 kHz.

Les échantillons étaient d'abord déposés individuellement dans des béchers de 250 ml, puis submergés d'alcool (composé de 90% d'éthanol, 5% de méthanol et 5% d'isopropanol). Les béchers étaient ensuite scellés à l'aide de parafilms, puis déposés dans le bain à ultrason rempli d'eau, de manière à être à demi submergés. Après 20 minutes de dégazage à une température de l'eau maintenue à 30° C, les échantillons étaient retirés des béchers avec des pinces, en prenant soin de ne pas toucher aux surfaces d'analyse. Après avoir été rincées une dernière fois à l'alcool, les plaquettes étaient séchées au four pendant une vingtaine de minutes, à une température d'environ 115° C. Une fois sèches, elles étaient par la suite entreposées dans des sacs de plastique adéquatement identifiés. Par la suite, toutes les manipulations s'effectuaient à l'aide de pinces ou de gants de plastique, en prenant soin de ne pas toucher les surfaces d'analyse. Quant aux béchers, ils étaient lavés à l'eau savonneuse, rincés abondamment et asséchés à l'alcool avant chaque utilisation.

### *Échantillons expérimentaux et archéologiques*

Les artefacts et les éclats expérimentaux ne subirent aucune transformation préalable à l'analyse, à l'exception, dans le cas des artefacts, de la suppression du numéro de catalogage parfois inscrit sur la surface analysable de certains éclats. Cet effacement fut effectué à l'aide d'un dissolvant à vernis à ongle courant et d'alcool. Tous les éclats furent ensuite nettoyés au bain à ultrasons en suivant la même procédure que pour les échantillons géologiques.

## **Méthode d'analyse**

### *Historique et avantages*

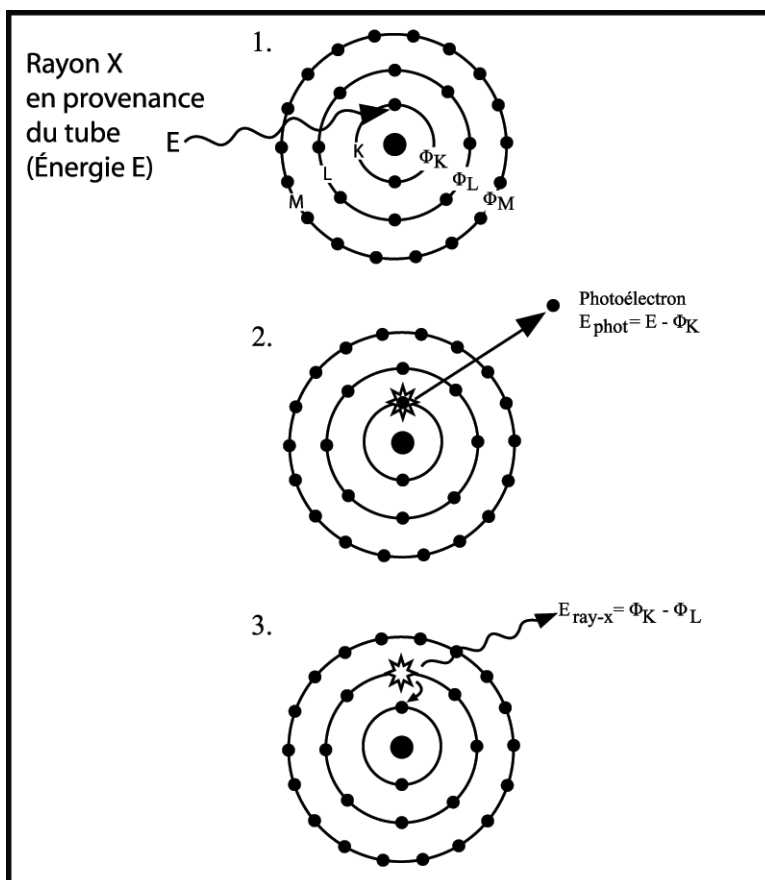
Le premier spectromètre de fluorescence aux rayons X fut construit en 1948 (Friedman et Birks 1948) et, plus de dix ans plus tard, la fluorescence aux rayons X s'avérait déjà une méthode analytique bien établie dans les laboratoires (Hall 1960). Depuis ce temps, cette méthode d'analyse fut de plus en plus couramment utilisée à des

fins archéologiques, en raison de son aspect non destructif, mais aussi pour sa rapidité analytique et son coût fort raisonnable.

### ***Fonctionnement***

Dans la spectroscopie par fluorescence aux rayons X, l'échantillon est bombardé par des rayons X provenant d'un tube source. Le tube source consiste en une enveloppe tubulaire placée sous vide, à l'intérieur de laquelle se trouvent une cathode (filament en tungstène) tenue à un haut potentiel négatif et une anode, mise à terre. En établissant une haute tension électrique (100kV) entre ces deux électrodes, un courant d'électrons se produit de la cathode, émettrice, vers l'anode. Les électrons sont cependant freinés dans leur course par les atomes de l'anode, ce qui provoque un rayonnement continu de freinage (*Bremsstrahlung*), dont une partie du spectre est dans le domaine des rayons X. Ces rayons excitent les atomes de l'anode qui émettent à leur tour un rayonnement X sous la forme de fluorescence. Le spectre sortant du tube est donc la superposition du rayonnement de freinage et de la fluorescence de l'anode.

Une fois sortis du tube, les rayons X sont dirigés vers une source secondaire qui, une fois irradiée, émettra à son tour des rayons X qui se dirigeront quant à eux vers l'échantillon. Cette irradiation perturbera alors les atomes composant l'échantillon, en causant l'éjection d'électrons hors de leur niveau atomique (orbitales K et L surtout en ce qui nous concerne), entraînant ainsi une situation instable (figure 4.4, étapes 1 et 2). Afin de retrouver la stabilité, ce vide sera comblé par le déplacement d'un autre électron provenant d'un niveau énergétique plus élevé du même atome. Au cours de ce processus, appelé fluorescence, un rayon X secondaire sera émis afin d'évacuer le surplus d'énergie, dont l'intensité est égale à la différence énergétique entre les deux niveaux atomiques (figure 4.4, étape 3). Comme les énergies atomiques sont uniques pour chaque atome, les énergies des rayons X secondaires sont spécifiques et caractéristiques de chaque élément présent dans l'échantillon. Par exemple, l'énergie des rayons X émis par les atomes de silice irradiés est différente de toutes les autres valeurs énergétiques des rayons provenant d'autres éléments.

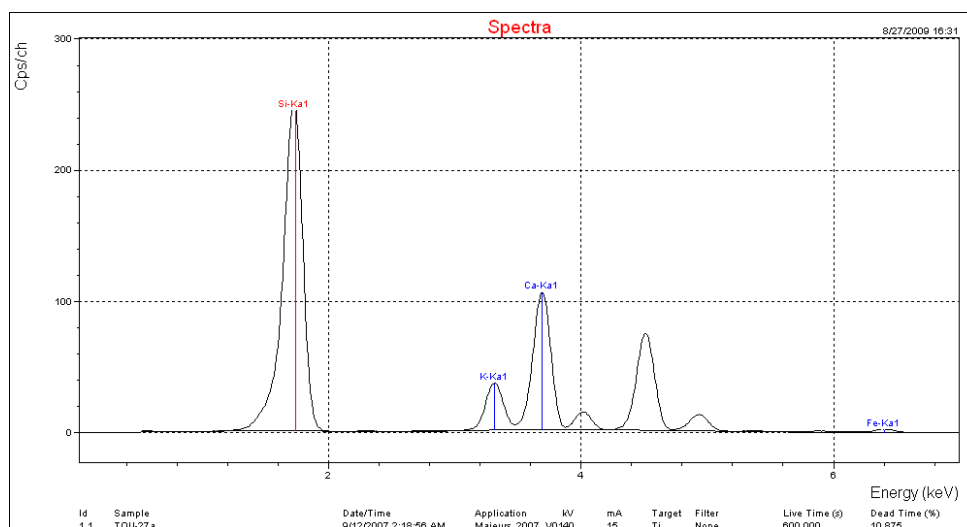


**Figure 4.4** Fonctionnement de la fluorescence aux rayons X (tirée de Potts 1987).

Des capteurs, situés dans la chambre d'analyse, collectent ces rayons secondaires et mesurent leur énergie ou leur longueur d'onde. Dans le cas de la spectroscopie par énergie dispersive, utilisée dans ce projet, la mesure prise en considération est l'énergie des rayons X secondaires. En comptabilisant et en compilant l'intensité des différentes énergies émises, les capteurs sont aptes à déterminer l'importance proportionnelle de chacun des éléments au sein de l'échantillon et à dresser un spectre l'illustrant (figure 4.5). Par la suite, à l'aide de logarithmes complexes, les logiciels équipant l'appareil effectuent la déconvolution, c'est-à-dire qu'ils associent les pics du spectre aux éléments correspondant, distinguant les différents pics se chevauchant. Enfin, ces valeurs sont converties en unités de concentration standard à l'aide d'une courbe de calibration établie à partir de standards internationaux. L'ensemble des concentrations est normalisé à 100% et, afin de simplifier l'expression des valeurs, les résultats des éléments majeurs



sont exprimés en pourcentage du poids (%), tandis que ceux relatifs aux éléments traces le sont en parties par million (ppm).

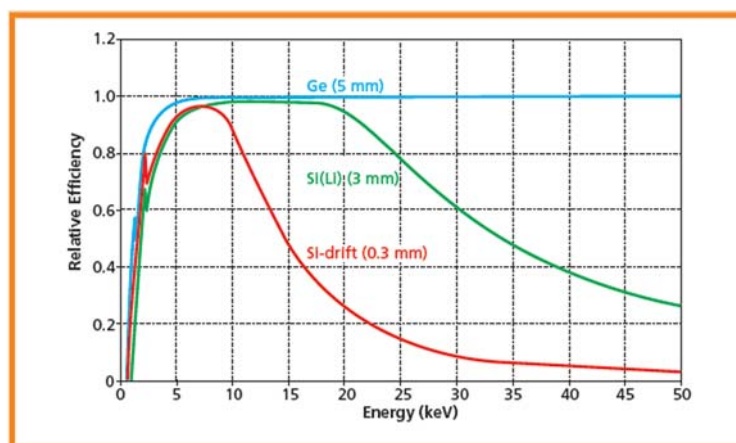


**Figure 4.5** Exemple de spectre, où l'on peut observer les signaux résultant d'une détection de silice, de calcium, de potassium et de fer (Gauthier 2009, comm. pers.).

### *PANalytical Epsilon 5*

L'analyse des 70 échantillons provenant des carrières et des 44 échantillons archéologiques fut effectuée sur un appareil *PANalytical Epsilon 5* EDXRF dont les divers paramètres sont détaillés en annexe C. L'achat de cet appareil fut effectué en 2005 par monsieur Adrian L. Burke, professeur agrégé au Département d'anthropologie de l'Université de Montréal, grâce à une subvention du Fonds canadien pour l'innovation (FCI). L'appareil est installé dans le Département de chimie de l'Université de Montréal et son développement, de même que son opération, sont sous la supervision de monsieur Gilles Gauthier, géologue et agent de recherche au Département de chimie de l'Université de Montréal. Comme cette maîtrise représente le premier projet réalisé dans ce laboratoire, il vaut la peine, dans les lignes qui suivent, d'effectuer un rapide survol des particularités de cet appareil, qui font en sorte de le rendre particulièrement attrayant pour l'analyse des cherts.

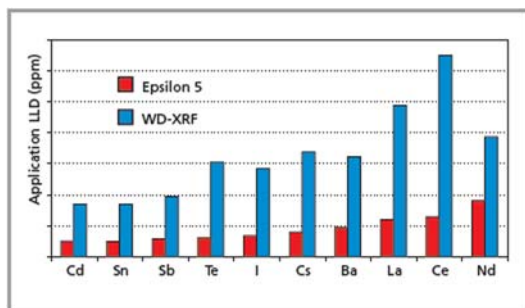
Comme il fut mentionné en début de mémoire, l'appareil de l'Université de Montréal est optimisé pour l'analyse non destructrice de matériaux archéologiques. La conjugaison d'un tube et d'un détecteur de très haute performance fait en sorte que l'Epsilon5 offre une meilleure résolution par rapport à d'autres appareils sur le marché, particulièrement pour les éléments lourds, desquels font partie les terres rares.



**Figure 4.6** Graphique illustrant l'efficacité du détecteur en gadolinium en fonction du voltage (tirée de PANalytical 2005: 3).

La capacité du tube d'atteindre 100 kV de voltage, unique pour un appareil de EDXRF, et son couplage à un détecteur en germanium à l'état solide de qualité supérieure, rendent possible l'excitation des électrons situés sur l'orbitale K des éléments lourds (PANalytical 2005). Contrairement aux autres types de détecteur, celui de germanium maintient son efficacité, même lorsque employé sous haut voltage, ce qui est nécessaire pour l'excitation des éléments lourds (figure 4.6). Il est donc possible avec cet appareil de mesurer les énergies K-alpha de ces éléments, plus difficilement détectables que les énergies de l'orbitale L habituellement utilisées. Les composantes garantissent une excitation, de même qu'une détection, plus importantes que chez les autres appareils de EDXRF, ce qui permet d'obtenir une précision inégalée, particulièrement lors de l'analyse d'éléments lourds, telles les terres rares (figure 4.7 et annexe E). À cela s'ajoute la multiplicité des cibles secondaires, au nombre de 15 (huit seulement sont toutefois utilisées pour l'analyse de cherts), qui rend possible l'analyse d'un total de 33 éléments. Enfin, la normalisation du pic net d'intensité de chaque élément, par rapport au pic de réflexion Compton, corrige les effets de matrice et

compense pour les différences de densité et de composition de celle-ci, ce qui permet de procéder à l'analyse d'échantillons non broyés.



**Figure 4.7** Comparaison des limites de détection minimales du Epsilon 5 comparativement aux autres appareil (tirée de PANalytical 2005: 4).

En terminant, tout au long des analyses qui se sont échelonnées de mai 2007 à mai 2008, nous avons intégré un étalon secondaire à chaque vague d'analyse afin de détecter toute dérive potentielle de l'appareil. C'est un échantillon d'obsidienne de Pachuca de la variété Las Minas qui s'acquitta de la tâche (voir Ponomarenko 2004). Toutes les autres informations techniques relatives aux paramètres analytiques se trouvent en annexe D.

## Traitement des données

L'essentiel de notre démonstration repose sur trois types de diagramme détaillant les caractéristiques chimiques des cherts et mettant en évidence les différences les distinguant. À cela s'ajoutent, surtout à titre informatif, des analyses statistiques discriminantes, qui doivent toutefois être interprétées avec circonspection puisque les recherches géochimiques des cherts appalachiens n'en sont qu'à leurs débuts, et que seules les carrières de La Martre et Touladi sont impliquées. Dans de telles circonstances, les échantillons archéologiques provenant d'autres sources peuvent être erronément assignés à l'une ou l'autre des carrières abordées dans ce travail, ce qui constituerait une erreur de type 3 selon Luedtke (1979 : 750). Ainsi, la présence d'analyses statistiques sert surtout à quantifier les phénomènes observables sur les graphiques.

La production des graphiques fait suite à un travail d'équipe effectué en compagnie de Gilles Gauthier, opérateur et responsable du développement de l'appareil. Toutes les étapes du projet furent réalisées par l'auteur, de la préparation des échantillons, aux traitements des données, en passant par les manipulations relatives à l'analyse. Outre les aspects concernant l'opération et le développement de la machine (établissement des courbes de calibration, des paramètres d'analyse, de même que la mise en marche et l'entretien de l'appareil), l'apport de monsieur Gauthier concerne aussi les significations géologiques des profils chimiques observées et la production des diagrammes à bandes et ternaires, générés respectivement par les logiciels MatLab et Igpét. Comme ce mémoire représente le premier projet du laboratoire de l'Université de Montréal, il va sans dire que l'auteur a participé au développement de ces graphiques, et que les tâtonnements et fausses pistes furent nombreux en cours de route. Ces graphiques représentent désormais des parties intégrantes du processus standardisé de caractérisation chimique mis au point au laboratoire de l'Université de Montréal et, dans un souci d'uniformité, ils sont produits pour tous les projets entrepris par le celui-ci.

### ***Diagrammes à bandes***

Parmi les 33 éléments analysés, 18 furent sélectionnés afin de tracer un diagramme à bandes linéaires, révélateur de l'idée générale de la composition chimique de chacun des échantillons. La sélection des éléments fut effectuée en fonction de la qualité de l'analyse pour chaque élément. Les éléments sont placés sur l'abscisse en ordre croissant de potentiel ionique, de gauche à droite, tandis que la valeur des concentrations fut normalisée par rapport aux valeurs correspondantes de la croûte continentale supérieure (McLennan 2001; Taylor et McLennan 1985). Il s'agit là d'une manière courante de présenter les résultats en géologie.

Pour chacune des carrières, une bande représentant la variabilité de concentration pour chacun des éléments fut tracée, de manière à ce que la largeur de la bande témoigne de l'hétérogénéité du chert concerné par rapport à cet élément. Les éléments pour lesquels la bande est la plus large sont donc ceux dont la concentration varie le plus à l'intérieur de la carrière, et ne représente donc pas des marqueurs chimiques optimaux.

En revanche, plus la bande est étroite, plus la variabilité interne de la carrière pour cet élément est faible. En comparant les deux bandes obtenues à partir des carrières, il est possible d'identifier les éléments représentant les meilleurs discriminants, c'est-à-dire ceux à la variabilité intra-source limitée et dont la concentration diffère le plus d'une carrière à l'autre.

Les résultats des analyses d'éclats archéologiques furent quant à eux superposés individuellement aux bandes afin de rendre compte des similarités entre certains échantillons et les carrières. Par exemple, une courbe chevauchant parfaitement la bande correspondant à une carrière signifie que cet échantillon provient vraisemblablement de celle-ci. Au contraire, deux courbes très dissemblables et divergentes révèlent plutôt que les deux échantillons concernés sont très différents et proviennent probablement de sources différentes. Ce genre de graphique permet en un seul coup d'œil d'avoir une idée générale de la composition des cherts analysés, et représente donc une première étape analytique.

### ***Diagrammes ternaires***

Des diagrammes ternaires impliquant la silice, l'aluminium et le fer furent aussi réalisés pour chacune des sources d'échantillons, afin de mieux distinguer les différences chimiques entre les cherts. Afin de réduire l'effet de grandeur différentielle causé par l'énorme écart entre la concentration de silice et les autres éléments, les valeurs de silice furent divisées par 15. Ces trois éléments furent sélectionnés car ils totalisent environ 95% de la composition des cherts, et il nous apparaissait logique de tracer un diagramme impliquant les éléments représentant une si grande proportion de la roche. De plus, ce choix d'éléments reflète une réalité géologique, car l'aluminium et le fer nous permettent d'en apprendre sur les conditions environnementales lors de la formation du chert. Rappelons que la concentration en aluminium est proportionnelle à l'apport de terrigènes et représente donc un indicateur de matière argileuse, tandis que la présence de fer, de son côté, témoigne de l'influence d'eaux hydrothermales au sein d'environnements volcaniques.

Ces diagrammes ternaires sont donc tracés à partir des concentrations relatives de trois éléments majeurs, plus sujets à se modifier sous l'effet de processus altérants que les éléments lourds. Ils représentent donc la deuxième étape analytique, mais à la suite de laquelle un autre critère discriminant est requis, basé sur des critères plus stables.

### ***Diagrammes binaires***

Des diagrammes binaires impliquant des éléments traces complètent donc la démonstration. Opposant la concentration d'oxyde de fer au ratio  $Ba / (La + Ce)$ , ils mettent en évidence des différences chimiques entre les cherts, sans s'appuyer sur des éléments majeurs, mais plutôt sur des éléments traces, moins susceptibles de s'altérer. En effet, ce sont des éléments très lourds, donc théoriquement très stables, dont les concentrations sont peu enclines à se modifier suite à des processus tels que l'altération de surface ou le lessivage. Le rapport  $Ba / (La + Ce)$  permet d'accentuer les écarts entre les sources, puisqu'il existe une réaction inverse entre ces éléments. De plus, grâce à l'équipement décrit précédemment, ces éléments offrent une bonne réponse à l'excitation et les valeurs obtenues sont donc valables.

### ***Analyse discriminante***

Afin d'exprimer quantitativement la discrimination effectuée sur la base des graphiques, des analyses discriminantes furent effectuées à l'aide du logiciel SPSS v.16.0. Les éléments impliqués dans de telles démarches sont le baryum, le lanthane et le cérium, puisqu'ils représentent, pour les raisons qui seront détaillées dans les pages qui suivent, les éléments les plus robustes. Contrairement à ce qui est souvent effectué dans d'autres projets semblables, certains éléments pour lesquels l'appareillage fournit des données valables ne furent pas inclus dans la démarche statistique. Outre les trois éléments sélectionnés, ces autres éléments furent laissés de côté en raison du caractère non destructif de la méthode, entraînant potentiellement des erreurs causées par des

effets de surface, par l'altération ou par des effets de pépité. Toute la démarche menant à cette sélection restreinte sera détaillée dans le chapitre suivant.

## 5. RÉSULTATS – CARRIÈRES

Comme ce projet est le premier à participer au développement d'une méthode analytique au laboratoire de l'Université de Montréal, il en résulte qu'un certain dégrossissage des données fut d'abord nécessaire avant de se pencher sur leurs éventuelles significations. En effet, afin de pouvoir examiner au maximum les performances du *PANalytical Epsilon 5* face au chert, nous avons procédé à une analyse très large, en analysant le plus d'éléments possibles, de manière à obtenir un profil le plus complet possible, non seulement des compositions chimiques des cherts, mais aussi des capacités de l'appareil.

Dans un premier temps, il est donc essentiel de s'assurer que toutes les valeurs qui seront prises en compte au cours de la caractérisation sont pertinentes. Il importe de s'assurer que les valeurs exprimées par le *PANalytical Epsilon 5* sont suffisamment précises pour être utilisées dans la démarche. Une fois dégrossis, les résultats seront détaillés, de manière à mettre en évidence les différentes raisons pouvant engendrer la variabilité observée. Enfin, les graphiques et les méthodes statistiques sélectionnés pour caractériser les cherts de La Martre et Touladi seront présentés. Il est à noter que toutes les photographies d'échantillons se trouvent sur le CD en annexe G.

### Précision des résultats

Nous avons constaté, une fois toutes les données en main, que certains éléments réagissent moins que d'autres en termes de l'intensité de leur excitation suite à l'irradiation aux rayons X. Le taux de comptage, représentant le nombre d'entrées d'énergies enregistrées par le détecteur, par seconde, par milliampère, permet de quantifier la capacité de l'appareillage à exciter un élément. En effet, comme la fluorescence est proportionnelle à la quantité d'électrons déplacée à l'intérieur des atomes, plus un élément réagira à l'irradiation, plus les énergies émises seront nombreuses, ce qui augmentera le taux de comptage et améliorera la précision de la lecture. Dans le cadre d'une caractérisation chimique, il convient de sélectionner les



éléments qui répondent le mieux à l'excitation, afin de s'assurer que les valeurs obtenues sont représentatives, reproductibles et qu'elles se distinguent bien du bruit de fond.

		compte (cps/mA)	concentration (%)		compte (cps/mA)	concentration (ppm)		compte (cps/mA)	concentration (ppm)		
<b>SiO<sub>2</sub></b>	moyenne	295,47	91,19	<b>S</b>	moyenne	2,05	1774,45	<b>Y</b>	moyenne	3,89	6,71
	écart-type	16,74	2,52		écart-type	2,06	1774,96		écart-type	1,34	2,61
	CV	5,7%	2,8%		CV	100,5%	100,0%		CV	34,5%	38,9%
<b>TiO<sub>2</sub></b>	moyenne	8,93	0,13	<b>Cl</b>	moyenne	0,03	13,84	<b>Zr</b>	moyenne	23,27	32,22
	écart-type	2,53	0,04		écart-type	0,04	20,05		écart-type	5,58	8,74
	CV	28,3%	28,4%		CV	144,4%	144,8%		CV	24,0%	27,1%
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	moyenne	6,50	3,74	<b>V</b>	moyenne	0,55	29,40	<b>Nb</b>	moyenne	1,50	2,01
	écart-type	1,86	1,13		écart-type	0,16	8,77		écart-type	0,45	0,68
	CV	28,6%	30,1%		CV	29,9%	29,8%		CV	29,8%	33,8%
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	moyenne	730,17	1,84	<b>Cr</b>	moyenne	0,24	9,28	<b>Cs</b>	moyenne	0,87	1,16
	écart-type	314,33	0,81		écart-type	0,15	5,68		écart-type	0,14	0,19
	CV	43,0%	43,9%		CV	61,0%	61,3%		CV	16,4%	16,6%
<b>MnO</b>	moyenne	72,01	0,24	<b>Co</b>	moyenne	0,48	10,13	<b>Ba</b>	moyenne	332,03	483,91
	écart-type	69,47	0,24		écart-type	0,11	4,59		écart-type	31,38	44,80
	CV	96,5%	99,2%		CV	22,6%	45,3%		CV	9,5%	9,3%
<b>MgO</b>	moyenne	0,24	1,28	<b>Ni</b>	moyenne	1,98	24,57	<b>La</b>	moyenne	5,59	8,66
	écart-type	0,08	0,45		écart-type	0,79	10,64		écart-type	1,47	2,37
	CV	34,0%	35,3%		CV	39,7%	43,3%		CV	26,3%	27,4%
<b>CaO</b>	moyenne	63,85	0,66	<b>Cu</b>	moyenne	2,68	15,64	<b>Ce</b>	moyenne	4,41	19,17
	écart-type	43,70	0,45		écart-type	1,05	7,57		écart-type	1,42	6,39
	CV	68,4%	68,3%		CV	39,1%	48,4%		CV	32,2%	33,3%
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	moyenne	0,00	0,01	<b>Zn</b>	moyenne	3,20	17,58	<b>Nd</b>	moyenne	2,21	9,75
	écart-type	0,00	0,03		écart-type	1,18	7,08		écart-type	0,61	2,79
	CV	545,4%	541,6%		CV	36,8%	40,3%		CV	27,7%	28,6%
<b>K<sub>2</sub>O</b>	moyenne	51,01	0,69	<b>As</b>	moyenne	0,42	1,69	<b>Sm</b>	moyenne	0,02	0,10
	écart-type	12,30	0,17		écart-type	0,22	0,91		écart-type	0,15	0,96
	CV	24,1%	24,0%		CV	52,4%	53,9%		CV	994,4%	946,3%
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	moyenne	0,08	0,04	<b>Rb</b>	moyenne	16,05	27,67	<b>Pb</b>	moyenne	0,40	3,45
	écart-type	0,10	0,05		écart-type	3,59	7,09		écart-type	0,28	2,42
	CV	137,7%	136,7%		CV	22,4%	25,6%		CV	69,6%	70,1%
				<b>Sr</b>	moyenne	30,64	45,52	<b>Th</b>	moyenne	0,11	2,91
			écart-type		9,43	14,86	écart-type		0,07	0,39	
			CV		30,8%	32,6%	CV		66,9%	13,4%	
								<b>U</b>	moyenne	0,10	0,47
									écart-type	0,06	0,30
									CV	64,3%	63,2%

**Tableau V.I** Moyenne, écart-type et coefficient de variabilité des taux de comptage et des concentrations obtenus pour les 39 échantillons de la carrière Touladi. Les éléments répondant au critère de précision (cps/mA supérieur à 1) se trouvent dans les zones ombragées.

Au cours de cette caractérisation, une valeur de 1 cps/mA fut établie comme seuil critique, c'est-à-dire que seuls les éléments dont le taux de comptage dépasse cette limite furent retenus comme marqueurs discriminants potentiels. Ces éléments se situent dans les zones ombragées des tableaux V.I, V.II et en annexe F-1. Il est à noter qu'un taux inférieur à 1 ne signifie pas pour autant que la concentration obtenue n'ait aucune valeur. Il convient plutôt de considérer ces concentrations de façon informative, c'est-à-dire

qu'elles représentent une réalité chimique, mais que leurs précisions ne sont pas suffisamment robustes, selon nos critères, pour être intégrées à la caractérisation.

		compte (cps/mA)	concentration (%)		compte (cps/mA)	concentration (ppm)		compte (cps/mA)	concentration (ppm)		
<b>SiO<sub>2</sub></b>	moyenne	256,04	85,44	<b>S</b>	moyenne	0,55	475,81	<b>Y</b>	moyenne	6,21	12,00
	écart-type	10,47	1,75		écart-type	0,91	780,24		écart-type	2,17	4,23
	CV	4,1%	2,1%		CV	164,4%	164,0%		CV	34,9%	35,3%
<b>TiO<sub>2</sub></b>	moyenne	18,01	0,26	<b>Cl</b>	moyenne	0,02	9,61	<b>Zr</b>	moyenne	34,76	54,28
	écart-type	2,78	0,04		écart-type	0,02	9,02		écart-type	7,46	13,35
	CV	15,4%	15,3%		CV	93,9%	93,9%		CV	21,5%	24,6%
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	moyenne	10,12	6,13	<b>V</b>	moyenne	0,79	41,53	<b>Nb</b>	moyenne	2,80	4,21
	écart-type	1,25	0,81		écart-type	0,21	10,69		écart-type	0,47	0,80
	CV	12,4%	13,2%		CV	26,0%	25,7%		CV	16,6%	18,9%
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	moyenne	1820,54	4,64	<b>Cr</b>	moyenne	0,76	29,28	<b>Cs</b>	moyenne	1,08	1,48
	écart-type	330,51	0,85		écart-type	0,20	7,53		écart-type	0,38	0,51
	CV	18,2%	18,4%		CV	26,2%	25,7%		CV	35,4%	34,6%
<b>MnO</b>	moyenne	14,27	0,05	<b>Co</b>	moyenne	0,79	22,36	<b>Ba</b>	moyenne	211,43	316,63
	écart-type	6,17	0,02		écart-type	0,10	4,92		écart-type	56,94	85,22
	CV	43,3%	42,4%		CV	12,9%	22,0%		CV	26,9%	26,9%
<b>MgO</b>	moyenne	0,43	2,38	<b>Ni</b>	moyenne	3,12	42,31	<b>La</b>	moyenne	10,17	16,18
	écart-type	0,12	0,70		écart-type	0,93	13,19		écart-type	2,13	3,52
	CV	28,9%	29,5%		CV	29,8%	31,2%		CV	21,0%	21,8%
<b>CaO</b>	moyenne	13,21	0,13	<b>Cu</b>	moyenne	4,28	30,53	<b>Ce</b>	moyenne	7,95	35,38
	écart-type	5,77	0,06		écart-type	1,71	14,53		écart-type	1,90	8,59
	CV	43,7%	42,8%		CV	40,0%	47,6%		CV	23,9%	24,3%
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	moyenne	0,00	0,03	<b>Zn</b>	moyenne	6,24	37,98	<b>Nd</b>	moyenne	3,08	13,95
	écart-type	0,00	0,05		écart-type	2,01	13,23		écart-type	0,83	3,79
	CV	198,7%	198,8%		CV	32,3%	34,8%		CV	27,0%	27,2%
<b>K<sub>2</sub>O</b>	moyenne	60,25	0,81	<b>As</b>	moyenne	0,47	2,14	<b>Sm</b>	moyenne	0,15	0,93
	écart-type	19,59	0,27		écart-type	0,22	1,06		écart-type	0,17	1,06
	CV	32,5%	33,1%		CV	47,3%	49,5%		CV	114,1%	114,1%
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	moyenne	0,11	0,05	<b>Rb</b>	moyenne	19,34	37,13	<b>Pb</b>	moyenne	0,36	3,56
	écart-type	0,06	0,03		écart-type	7,15	12,66		écart-type	0,26	2,60
	CV	52,8%	53,0%		CV	37,0%	34,1%		CV	73,2%	73,1%
				<b>Sr</b>	moyenne	23,79	39,78	<b>Th</b>	moyenne	0,27	3,92
			écart-type		1,92	2,50	écart-type		0,13	0,77	
			CV		8,1%	6,3%	CV		48,7%	19,6%	
								<b>U</b>	moyenne	0,00	-0,01
									écart-type	0,07	0,39
									CV	-9631,5%	-4710,7%

**Tableau V.II** Moyenne, écart type et coefficient de variabilité des taux de comptage et des concentrations obtenus pour les 14 échantillons de la carrière de La Martre. Les éléments répondant au critère de précision (cps/mA supérieur à 1) se trouvent dans les zones ombragées.

À la lumière des tableaux V.I et V.II, on constate que 14 éléments présentent des taux inférieurs à 1 et ne pourront donc pas servir de critère discriminant : le magnésium, le sodium, le phosphore, le soufre, le chlore, le vanadium, le chrome, le cobalt, l'arsenic, le césium (pour lequel le taux de 0,87 obtenu pour le chert de La Martre nous incite à le rejeter malgré que la valeur obtenue pour le chert Touladi soit supérieure à 1), le samarium, le plomb, le thorium et l'uranium. En éliminant ces éléments, pour lesquels la

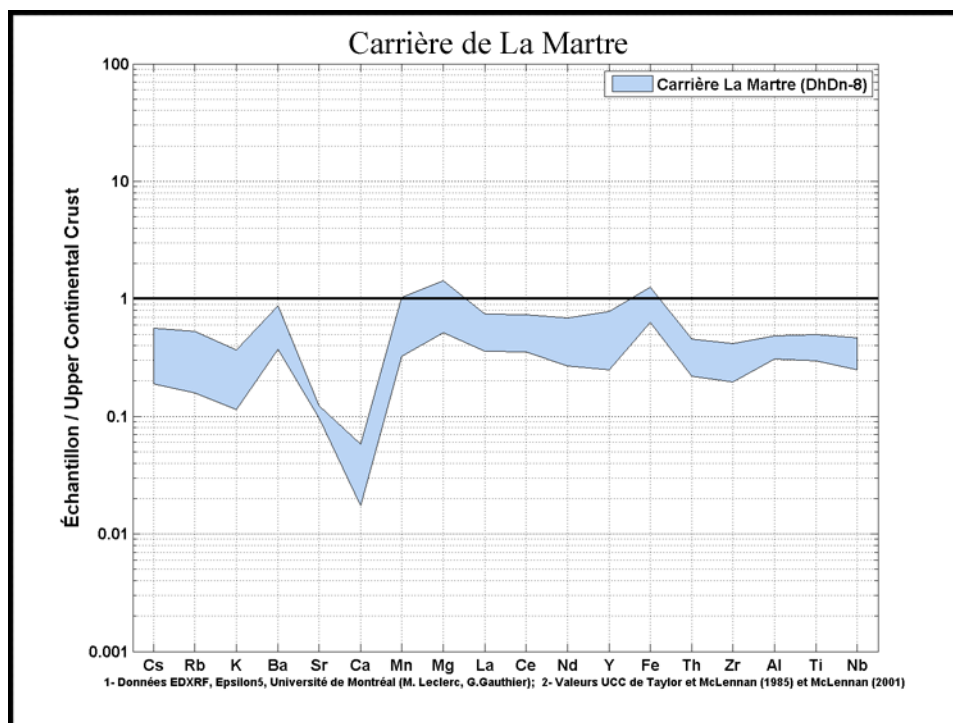
variabilité des résultats tire surtout son origine de facteurs instrumentaux, nous nous assurons de conserver uniquement les éléments dont la variabilité chimique représente une réalité géologique.

### **Variabilité des résultats**

Le coefficient de variation des concentrations, établi en divisant l'écart type par la moyenne des concentrations pour un élément, quantifie le degré de variabilité des résultats. De façon graphique, ces fluctuations sont exprimées à l'aide des diagrammes à bandes, qui permettent d'avoir une idée générale du profil chimique de la roche en un seul coup d'œil. Une bande étroite signifie que la variabilité relative à l'élément correspondant est faible et que le tir est groupé. Quant aux éléments où la bande est plus large, donc pour lesquels les résultats sont plus variables, on doit se demander si cela représente une tendance ou si cette variabilité apparente n'est en fait causée que par un faible nombre d'échantillons exceptionnels. Pour examiner cette question, les diagrammes en boîte à moustaches (*boxplot*) représentent la meilleure façon d'exprimer de manière claire et compréhensible l'étendue des résultats. Au cours des prochaines lignes, les causes de cette variabilité observée pour certains éléments seront détaillées. En effet, comme il a été mentionné au début de ce mémoire, cette caractérisation est effectuée à l'intérieur d'un cadre de recherche à la fois géologique et géochimique, où il est important de connaître les causes géologiques des phénomènes géochimiques observés.

Comme on peut le constater dans les tableaux V.I et V.II, certains des éléments pour lesquels le taux de comptage est sous la limite de 1 cps/mA présentent des coefficients de variabilité très élevés (sodium, phosphore, soufre, chlore, samarium, plomb et uranium). Il va sans dire que ces deux constats sont liés, et que le faible degré d'excitation d'un élément entraîne nécessairement une incertitude plus grande pour sa concentration détectée. La combinaison de cette grande variabilité et d'une faible excitation fait aussi en sorte que des valeurs négatives de concentration apparaissent pour ces éléments, ce qui est évidemment impossible (tableaux en annexe F-1).

La variabilité des résultats relatifs aux 19 éléments toujours en lice est détaillée au sein du tableau V.III et des diagrammes à bandes 5.1, 5.2 et 5.3. Les 18 éléments répertoriés sur ces diagrammes correspondent en majeure partie aux éléments dont le taux de comptage est supérieur à 1 cps/mA. L'absence de la silice, du nickel, du cuivre et du zinc, combinée à la présence du magnésium, du césium et du thorium, représentent toutefois des exceptions à cette règle. Cette situation est justifiée par le fait que le choix des éléments présents sur les diagrammes à bandes fut effectué en fonction de leur utilité lors de la caractérisation chimique d'autres cherts du Nord-Est nord-américain. En effet, à la lumière de l'ensemble des analyses effectuées au laboratoire de l'Université de Montréal, il s'est avéré que le magnésium, le césium et le thorium ont un pouvoir de discrimination généralement supérieur au nickel, au cuivre et au zinc, à l'échelle nord-américaine. C'est pourquoi, dans un souci d'uniformité régionale, il fut décidé de laisser ces éléments sur les diagrammes relatifs aux cherts de La Martre et Touladi, malgré que leurs taux de comptage soient, dans ce cas, inférieurs au seuil critique. Quant à la silice, il n'est pas pertinent de la placer sur ce genre de diagramme, puisqu'elle domine largement la composition de tous les cherts.

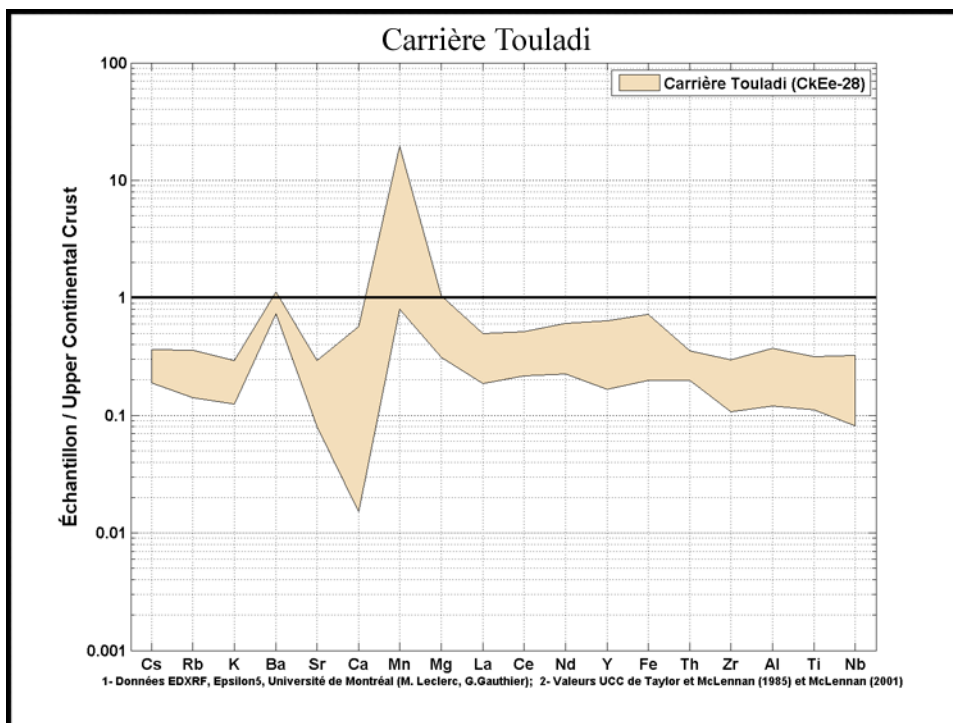


**Figure 5.1** Diagramme à bande détaillant les résultats pour la carrière de La Martre.

Outre les trois exceptions de l'aluminium, du potassium et du rubidium, tous les coefficients de variabilité sont plus élevés pour le chert Touladi (tableau V.III). Ce phénomène, bien que représentant possiblement une réalité géologique, doit être abordé

Éléments majeurs	Touladi	La Martre	Écart	Éléments traces	Touladi	La Martre	Écart
	39 éch. (%)	14 éch. (%)			39 éch. (%)	14 éch. (%)	
<b>SiO<sub>2</sub></b>	2,8	2,1	0,7	<b>Ni</b>	43,3	31,2	12,1
<b>TiO<sub>2</sub></b>	28,4	15,3	13,1	<b>Cu</b>	48,4	47,6	0,8
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,3	13,2	12,9	<b>Zn</b>	40,3	34,8	5,5
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	43,9	18,4	25,5	<b>Rb</b>	25,6	34,1	8,5
<b>MnO</b>	99,2	42,4	56,8	<b>Sr</b>	32,6	6,3	26,3
<b>CaO</b>	68,3	42,8	25,5	<b>Y</b>	38,9	35,3	3,6
<b>K<sub>2</sub>O</b>	24,0	33,1	9,1	<b>Zr</b>	27,1	24,6	2,5
<b>Moyenne</b>	38,1	23,9	20,5	<b>Nb</b>	33,8	18,6	15,2
				<b>Ba</b>	9,3	26,9	17,6
				<b>La</b>	27,4	21,8	5,6
				<b>Ce</b>	33,3	24,3	9,0
				<b>Nd</b>	28,6	27,2	1,4
				<b>Moyenne</b>	32,4	27,7	9,0

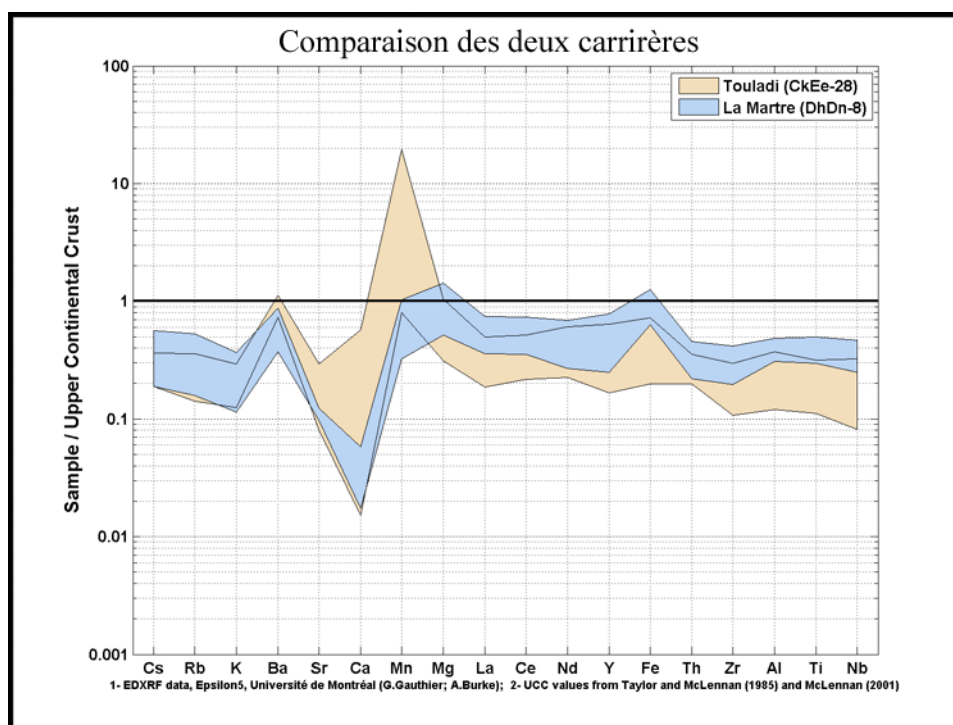
**Tableau V.III** Moyenne des coefficients de variation pour les éléments au taux de comptage supérieur à 1 cps/mA.



**Figure 5.2** Diagramme à bande détaillant les résultats pour la carrière Touladi.

avec réserve, car la différence de taille entre les deux échantillonnages, 39 échantillons en chert Touladi comparativement à 14 en chert de La Martre, doit être prise en

considération, puisqu'elle influence probablement cette variabilité. De plus, à l'échelle macroscopique, on remarque que tous les échantillons de La Martre sont d'apparence uniforme, sans fissures ou concentrations évidentes de minéraux, contrairement aux échantillons de Touladi sur lesquels on observe ce genre de particularité sur 54% de l'échantillonnage (21 sur 39). On peut se demander si la variabilité plus importante des résultats pour le chert Touladi, comparativement au chert de La Martre, reflète en partie ces variations macroscopiques.



**Figure 5.3** Superposition des diagrammes à bandes relatifs aux deux carrières.

### *Élément majeurs*

Sept éléments majeurs demeurent potentiellement utiles pour la caractérisation (tableau V.IV). Parmi ceux-ci, le potassium et le titane ne seront pas abordés outre mesure puisqu'ils ne sont pas impliqués dans la caractérisation. Nous avons décidé de ne pas utiliser le potassium parce que les concentrations sont très semblables d'une carrière à l'autre, comme le témoigne le chevauchement important de la bande (figure 5.3). En ce

<b>La Martre</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>MnO</b>	<b>CaO</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
DhDn-8.1_R1P1_Face1	84,811	0,249	6,223	4,785	0,069	0,192	0,649
DhDn-8.1_R1P1_Face2	85,167	0,241	6,079	4,636	0,067	0,172	0,65
DhDn-8.1_R1P2	87,134	0,227	4,702	4,309	0,08	0,188	0,59
DhDn-8.2_R1P1_Face1	86,398	0,258	6,491	3,91	0,025	0,095	1,025
DhDn-8.2_R1P1_Face2	85,708	0,26	6,604	4,356	0,028	0,089	0,981
DhDn-8.47_R1P1	83,356	0,323	7,039	5,631	0,027	0,073	0,815
DhDn-8.47_R1P2_Face1	82,045	0,309	7,372	6,31	0,032	0,087	0,728
DhDn-8.47_R1P2_Face2	83,024	0,338	7,293	5,551	0,029	0,082	0,849
DhDn-8.47_R2P1_Face1	85,876	0,201	5,107	4,875	0,067	0,225	0,391
DhDn-8.47_R2P1_Face2	85,342	0,211	5,214	5,124	0,071	0,243	0,4
DhDn-8.66_R1P1	84,879	0,259	6,25	4,833	0,044	0,089	0,801
LMC-1_R1P1	87,387	0,261	5,592	3,864	0,05	0,115	0,993
LMC-2_R1P1_Face1	88,147	0,243	5,701	3,149	0,031	0,118	1,24
LMC-2_R1P1_Face2	86,939	0,244	6,176	3,643	0,036	0,116	1,249
<b>Touladi</b>							
TOU-05_R1P1	92,388	0,133	2,857	1,438	0,175	0,744	0,755
TOU-05_R1P2	92,025	0,145	3,317	1,436	0,172	0,734	0,793
TOU-11_R1P1	87,272	0,143	5,301	3,437	0,292	0,571	0,768
TOU-12(GPS112)_R1P1	93,075	0,115	3,086	1,362	0,138	0,402	0,55
TOU-12Epais(Adrian)_R1P1	88,049	0,186	5,491	2,801	0,065	0,33	0,927
TOU-12Mince(Adrian)_R1P2	88,56	0,179	5,28	2,697	0,063	0,349	0,872
TOU-13_R1P1	86,913	0,207	5,652	3,289	0,105	0,365	0,974
TOU-13_R1P1_Face2	87,153	0,186	5,038	3,469	0,14	0,445	0,923
TOU-13_R1P2	86,336	0,216	5,601	3,474	0,147	0,546	0,968
TOU-17_R1P1	89,171	0,131	4,942	2,069	0,296	0,867	0,768
TOU-17_R1P1_Face2	90,316	0,136	3,594	2,08	0,374	1,043	0,718
TOU-17_R1P2	90,106	0,134	3,858	2,055	0,335	0,963	0,754
TOU-19_R1P1	88,381	0,162	5,096	2,287	0,408	0,986	0,813
TOU-19_R1P1_Face2	88,043	0,161	4,943	2,28	0,523	1,505	0,783
TOU-24_R1P1	90,024	0,134	4,88	1,91	0,13	0,277	1,001
TOU-27_R1P1	92,867	0,096	2,926	1,163	0,275	1,118	0,523
TOU-27_R1P2	94,902	0,085	2,262	1,017	0,099	0,299	0,518
TOU-27_R1P2_Face2	94,099	0,094	2,814	1,103	0,082	0,24	0,55
TOU-27_R1P3	92,717	0,092	3,31	1,162	0,256	0,889	0,498
TOU-27_R1P3_Face2	93,867	0,085	2,515	1,088	0,178	0,925	0,46
TOU-27_R1P4	94,079	0,076	2,795	1,092	0,11	0,364	0,502
TOU-27_R1P5	94,299	0,084	2,747	0,998	0,118	0,374	0,506
TOU-27_R1P5_Face2	93,492	0,109	2,799	1,102	0,263	0,754	0,541
TOU-27_R1P6	94,3	0,113	2,08	1,197	0,111	0,394	0,639
TOU-33_R1P1	91,954	0,132	3,552	1,585	0,216	0,652	0,696
TOU-33_R1P2	92,026	0,114	3,647	1,379	0,268	0,849	0,587
TOU-33_R1P2_Face2	92,137	0,114	3,536	1,371	0,274	0,846	0,583
TOU-33_R1P3	92,036	0,162	2,834	1,699	0,231	0,737	0,76
TOU-33_R1P4	92,049	0,121	3,611	1,378	0,262	0,814	0,6
TOU-33_R1P4_Face2	93,622	0,128	1,833	1,451	0,215	0,647	0,648
TOU-36_R1P1	90,11	0,081	2,799	1,432	1,509	2,392	0,427
TOU-36_R1P2	93,949	0,088	2,69	1,049	0,329	0,578	0,439
TOU-36_R1P2_Face2	90,121	0,135	4,002	2,329	0,219	0,385	0,677
TOU-36_R1P3	88,593	0,182	5,087	2,842	0,165	0,304	0,826
TOU-41_R1P1	92,356	0,087	2,643	1,4	0,344	1,446	0,461
TOU-43_R1P1	87,134	0,149	5,519	3,606	0,095	0,288	0,783
TOU-45_R1P1	91,58	0,171	4,117	1,712	0,099	0,064	0,906
TOU-45_R1P1_Face2	92,38	0,135	3,685	1,483	0,062	0,08	0,823
TOU-45_R1P2	93,741	0,092	3,156	0,991	0,103	0,082	0,662

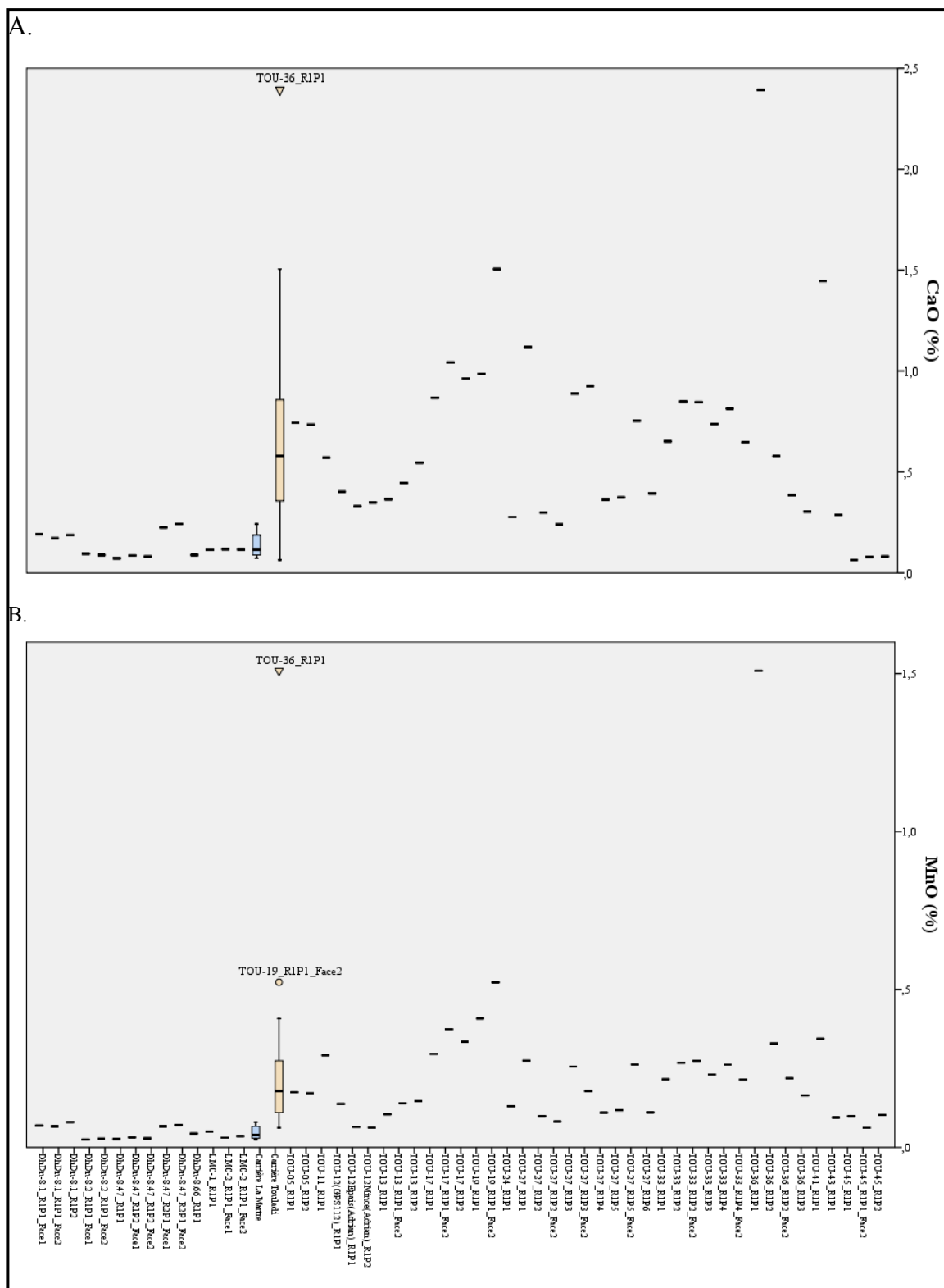
**Tableau V.IV** Résultats pour les éléments majeurs sélectionnés (taux de comptage supérieurs à 1 cps/mA)

qui concerne le titane, bien que les concentrations des deux carrières soient assez différentes et qu'il soit un marqueur reconnu d'apport terrigène détritique au cours de la formation du chert, nous avons décidé de le laisser de côté, lui préférant plutôt l'aluminium, plus de 20 fois plus abondant au sein des cherts à l'étude.

Restent donc la silice, l'aluminium, le fer, le manganèse et le calcium. Parmi eux, le calcium, le manganèse et le fer se démarquent en raison d'une différence de variabilité si grande entre l'une et l'autre des carrières que l'on ne peut vraisemblablement l'attribuer uniquement à la différence de taille des échantillonnages (tableau V.III, respectivement 25,5%, 56,8% et 25,5%). Ces grands écarts sont compréhensibles lorsque l'on considère les facteurs précédemment mentionnés concernant les particularités analytiques des éléments majeurs. En effet, la faible pénétration des rayons X au sein de l'échantillon lors de l'analyse de tels éléments restreint le volume de matière analysée, diminuant par le fait même sa représentativité de l'ensemble de l'échantillon. Puisque les probabilités de frapper une concentration de minéraux sont augmentées, il en résulte un risque important que des effets de pépite ou de surface affectent les résultats.

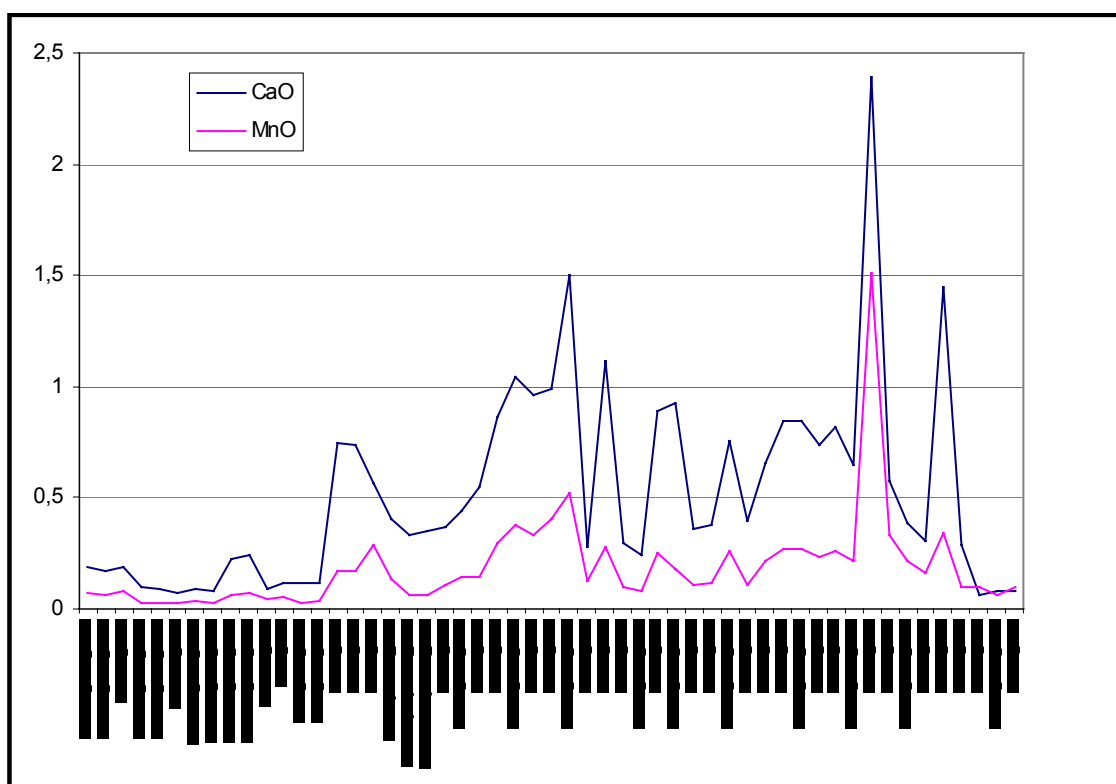
Au sujet du calcium et du manganèse particulièrement, on peut présumer que les importants écarts entre les coefficients de variation des cherts Touladi et de La Martre (soit 25,5% et 56,8%) sont causés par la présence aléatoire de concentrations de minéraux composés principalement de ces éléments dans les zones analysées des échantillons. Les photographies prises au microscope électronique à balayage sur des lames minces de chert Touladi appuient cette hypothèse (figure 3.7). En effet, la distribution hétérogène de minéraux bipartites, principalement composés de calcium, de manganèse et de magnésium, engendre de toute évidence des effets de pépite influençant la variabilité des résultats. Comme ces minéraux ont été repérés sur les deux lames minces de chert Touladi observées au MEB, et non sur les deux en chert de La Martre, cela pourrait expliquer les différences de variabilité importantes entre les deux carrières. On remarque aussi qu'une relation de proportionnalité semble exister entre les





**Figure 5.4** Représentation de la distribution des valeurs obtenues pour le calcium (A) et le manganèse (B) pour chacun des échantillons (traits), de même que pour l'ensemble des carrières de La Martre et Touladi (boîtes à moustaches).

concentrations de calcium et de manganèse (figure 5.4). Le parallélisme de la distribution des traits (mis en évidence sur la figure 5.5) suggère fortement que les concentrations de ces deux éléments soient liées, ce qui correspond effectivement à ce qui est observable au MEB, où ils apparaissent surtout au sein des mêmes minéraux. La proportionnalité entre le calcium et le manganèse n'est toutefois pas parfaite, en raison de la présence indépendante de ces éléments à l'intérieur d'autres minéraux. En effet, en plus des minéraux bipartites précédemment mentionnés, ces deux éléments se trouvent aussi, à la lumière des observations effectuées au MEB, à l'intérieur d'autres minéraux, soit principalement la calcite ou l'apatite pour le calcium et certains oxydes pour le manganèse.



**Figure 5.5** Distribution des concentrations de calcium et de manganèse pour les échantillons des carrières de La Martre et Touladi.

Somme toute, la variabilité du calcium pour la carrière Touladi est assez importante, comme en fait foi la grande largeur de la bande sur le diagramme 5.2. Trois échantillons causent principalement cette situation, soit TOU-19\_R1P1\_Face2, TOU-

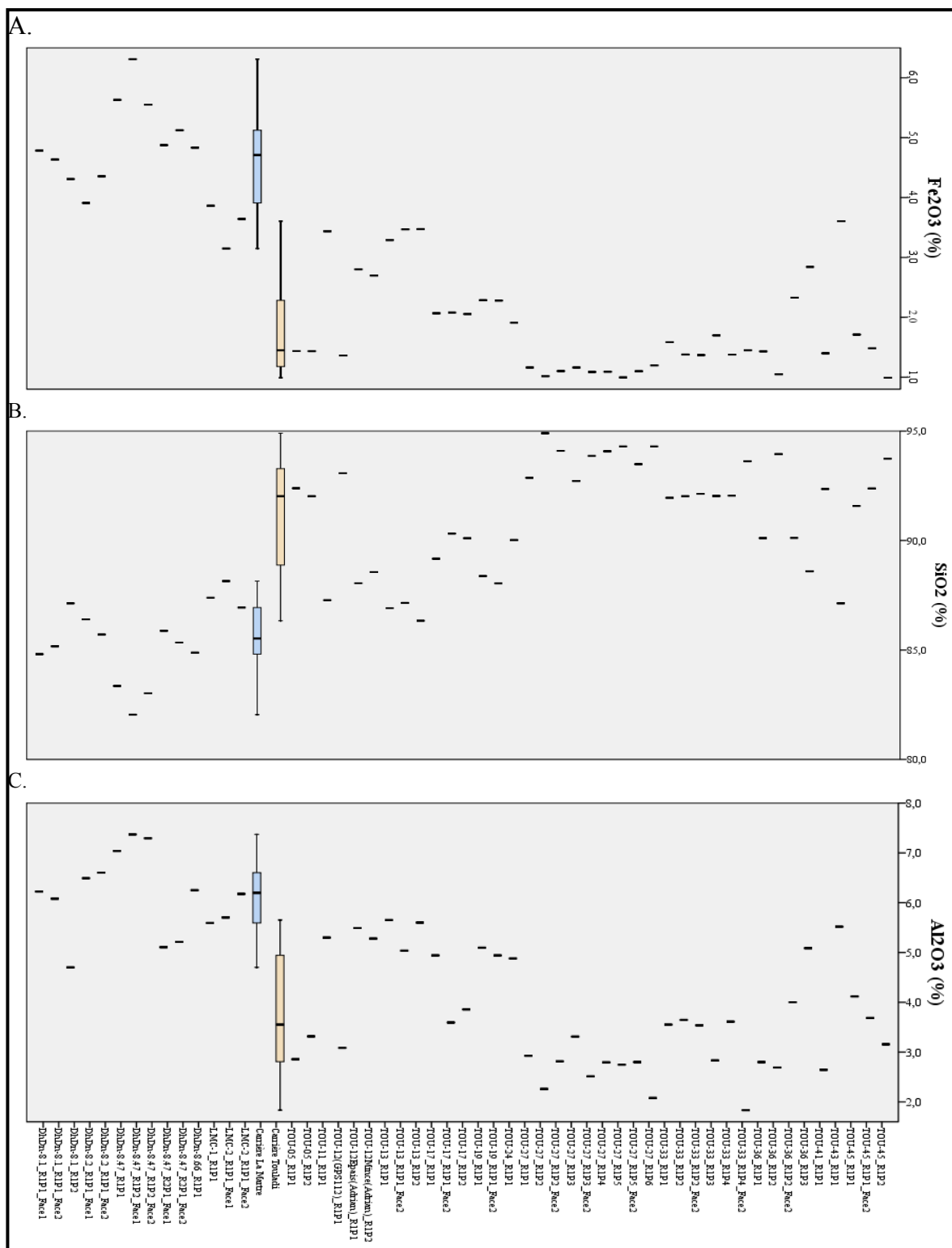
41\_R1P1, mais surtout la valeur extrême TOU-36\_R1P1 (figure 5.4 A). Alors que le reste du corpus est relativement homogène et se situe à l'intérieur de l'intervalle interquartile, ce dernier échantillon amplifie à lui seul la variabilité des résultats, élargissant par le fait même la bande du calcium de la figure 5.2. La situation est la même pour le manganèse, où en plus de l'échantillon extrême TOU-36\_R1P1, s'ajoute l'échantillon TOU-19\_R1P1\_Face2 en périphérie de l'espace interquartile (figure 5.4 B). Il en résulte que la grande largeur de la bande pour cet élément est donc, tout comme dans le cas du calcium, principalement causée par un nombre restreint d'échantillons.

Ces deux exemples nous incitent à utiliser les diagrammes à bandes avec circonspection, car la largeur des bandes peut être exagérée par un faible nombre d'échantillons et ne pas être représentative d'une tendance pour l'ensemble de la carrière. Ces échantillons extrêmes doivent être considérés et conservés puisqu'ils proviennent bel et bien des carrières et qu'il est possible qu'un artéfact en chert Touladi présente éventuellement une telle richesse en calcium ou en manganèse. Il est cependant important de garder ces informations en tête lorsque l'on consulte les diagrammes à bande, de manière à ne pas leur attribuer une signification dépassant leur portée véritable, soit la possibilité d'avoir, en un coup d'œil, un portrait de la composition chimique de tous les éléments pertinents, révélateur des anomalies ou des particularités chimiques propres à un chert. Ils représentent ainsi la première étape de traitement des données, à partir de laquelle d'autres diagrammes plus précis sont ensuite tracés.

Le fer et le calcium sont tous deux des éléments très mobiles, qui se dissolvent et se précipitent facilement, et qui peuvent s'introduire au sein des cherts de façon post-dépositionnelle, via les eaux de ruissellement coulant dans les fissures. À ce sujet, la relation entre la présence de fissures macroscopiques sur un échantillon et les concentrations obtenues pour ces deux éléments fut examinée en détail. Comme seuls les échantillons en chert Touladi présentent de tels attributs, la discussion qui suit portera essentiellement sur ce chert. L'hypothèse de départ étant que la présence de fissures visibles à l'œil nu ou au binoculaire allait entraîner une hausse des concentrations de calcium et de fer en raison de leur grande mobilité, nous fûmes surpris de constater

l'absence de corrélation directe entre les deux, du moins en ce qui concerne le calcium. En effet, les échantillons présentant des fissures blanchâtres ne se distinguent pas particulièrement en matière de leurs concentrations en calcium, ou, à tout le moins, pas de façon systématique. Il est vrai que la surface de l'échantillon TOU\_36\_R1P1, dont la concentration en calcium est la plus riche de tout l'échantillonnage, est traversée par une veine blanche. Or, pour les échantillons suivants (TOU-19\_R1P1\_Face2, TOU-24\_R1P1, TOU-27\_R1P1, TOU-27\_R1P2, TOU-27\_R1P2\_Face2, TOU-27\_R1P3, TOU-27\_R1P3\_Face2, TOU-27\_R1P4, TOU-27\_R1P5, TOU-27\_R1P5\_Face2, TOU-27\_R1P6, TOU-36\_R1P1, TOU-36\_R1P2, TOU-36\_R1P3, TOU-43\_R1P1, TOU-45\_R1P1, TOU-45\_R1P1\_Face2 et TOU-45\_R1P2), la présence de fissures et/ou des veines à leur surface n'a pas entraîné de concentrations exceptionnelles de calcium. C'est donc dire que la présence de veines et/ou fissures blanchâtres à la surface des échantillons ne peut être directement reliée aux concentrations élevées de calcium observées pour certains échantillons, et donc que la variabilité observée pour cet élément tire plutôt son origine d'un phénomène microscopique que je soupçonne être un effet de pépite causé par la concentration de minéraux.

En ce qui concerne le fer, la situation est un peu plus nuancée. Cet élément se dissémine au sein des cherts à l'intérieur d'oxydes, d'amphiboles et de pyrites. À la lumière du tableau V.IV, de la figure 5.6A et des photographies en annexe G, on constate que les échantillons de chert Touladi plus riches en fer sont généralement caractérisés par la présence de fissures à l'aura de décoloration brunâtre ou orangée (TOU-13\_R1P1\_Face2, TOU-17\_R1P1\_Face2, TOU-19\_R1P1Face2, TOU-24\_R1P1, TOU-36\_R1P2\_Face2, TOU-36\_R1P3 et TOU-43\_R1P1) et/ou de concentrations de pyrites observables à l'œil nu (particulièrement TOU-13\_R1P1 et TOU-13\_R1P2, mais aussi TOU-11\_R1P1, TOU-12Mince(Adrian)\_R1P2, TOU-12Epais(Adrian)\_R1P1, TOU12(GPS112)\_R1P1, TOU-36\_R1P2\_Face2 et TOU-36\_R1P3, sur lesquelles elles sont nombreuses mais dispersées à la surface de la plaquette). Toutefois, ces observations sont un peu subjectives et la relation n'est pas toujours directe, comme en témoigne la présence de fissures brunâtres (TOU-27\_R1P1\_Face2, TOU-27\_R1P3\_Face2, TOU-27\_R1P4 et TOU-33\_R1P1) et/ou



**Figure 5.6** Représentation de la distribution des valeurs obtenues pour le fer (A), la silice (B) et l'aluminium (C) pour chacun des échantillons (traits), de même que pour l'ensemble des carrières de La Martre et Touladi (boîtes à moustaches).

de pyrites (TOU-19\_R1P1, TOU-27\_R1P1\_Face2, TOU-27\_R1P2\_Face2, TOU-27\_R1P3, TOU 27\_R1P3\_Face2, TOU-33\_R1P3, TOU-41\_R1P1) sur des échantillons aux concentrations en fer modérées (tableau V.IV et figure 5.6A).

De surcroît, cette relation imparfaite ne tient qu'à l'intérieur de l'échantillonnage de chert Touladi. En effet, aucun échantillon de chert de La Martre ne présente de fissures ou de grappes de pyrites à sa surface, mais ils sont tous, à une exception près, plus riches en fer que les échantillons de chert Touladi (tableau V.IV et figure 5.6A). Ainsi, bien que les phénomènes macroscopiques jouent un rôle influençant jusqu'à un certain point la concentration en fer, une grande partie de cet élément se trouve à l'intérieur de minéraux microscopiques au sein des cherts, comme par exemple les amphiboles. Tout comme pour le calcium, les données rappellent encore une fois la grande difficulté d'identifier un chert uniquement avec ses propriétés macroscopiques, puisqu'elles ne reflètent pas toujours les compositions chimiques. En terminant, mentionnons que la distribution des concentrations en fer ne présente aucune valeur extrême et que sa variabilité semble homogène (figure 5.6A). Dès lors, il est possible d'affirmer que la largeur de la bande (figure 5.3) illustre bien les tendances relatives à la variabilité des concentrations pour chacune des carrières. Cet élément représente donc un bon marqueur distinctif potentiel, d'autant plus que le chevauchement des deux bandes est assez réduit.

Enfin, les distributions des concentrations de silice et d'aluminium sont plutôt homogènes, sans valeur excédant l'espace interquartile (figure 5.6.B et C). Alors que le chert Touladi se distingue par une pureté un peu plus accentuée que son homologue gaspésien, en raison de son plus haut taux de silice, il est logique de constater que la situation est inversée pour l'élément détritique aluminium, plus présent dans le chert de La Martre (tableau V.IV).

Somme toute, en raison des effets de surface et de pépite les affectant, il est préférable de ne pas baser la caractérisation uniquement sur les éléments majeurs. Malgré ces réserves, nous avons tout de même sélectionné les concentrations de silice,

de fer et d'aluminium afin de décrire plus en détail les cherts. Le recours à ces éléments s'avère pertinent, selon nous, puisque à eux trois, ils représentent la très grande majorité des éléments constituant les cherts à l'étude.

#### Silice, fer et aluminium

La composition des cherts est outrageusement dominée par la silice, dépassant les 85% dans les deux cas, ce qui confirme que les matériaux provenant des carrières La Martre et Touladi sont bel et bien des cherts (tableau V.V). Cette affirmation peut sembler triviale, mais si l'on considère que les erreurs taxonomiques de matière première sont courantes en archéologie, il est important de déterminer dès le départ le type de matériel que l'on traite. Les concentrations combinées de silice, de fer et d'aluminium représentent quant à elles plus de 95% des éléments constituant les cherts (tableau V.V et figures 5.7 et 5.8).

	Carrière de La Martre N = 14 échantillons (% poids)	Carrière de Touladi N = 39 échantillons (% poids)
SiO <sub>2</sub>	85,444 ± 1,752	91,185 ± 2,517
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,132 ± 0,809	3,741 ± 1,126
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,641 ± 0,854	1,839 ± 0,807
	<b>96,217</b>	<b>96,765</b>

**Tableau V.V** Principaux éléments majeurs

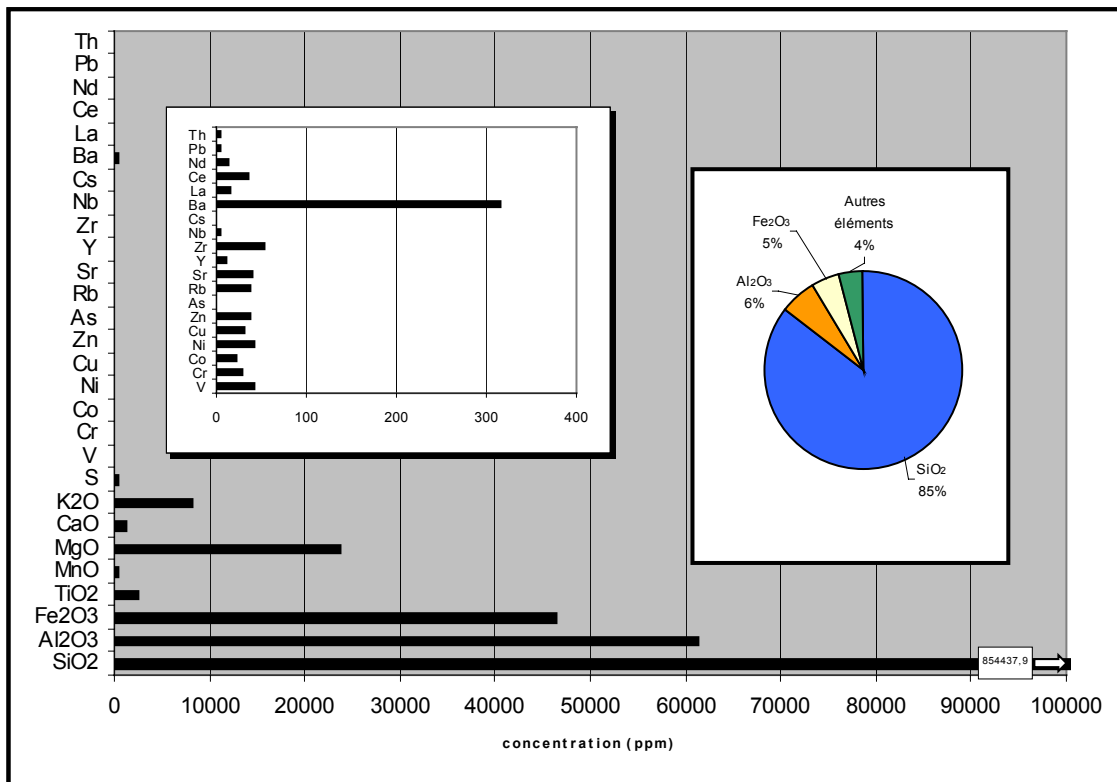


Figure 5.7 Représentation graphique générale de la composition du chert de La Martre.

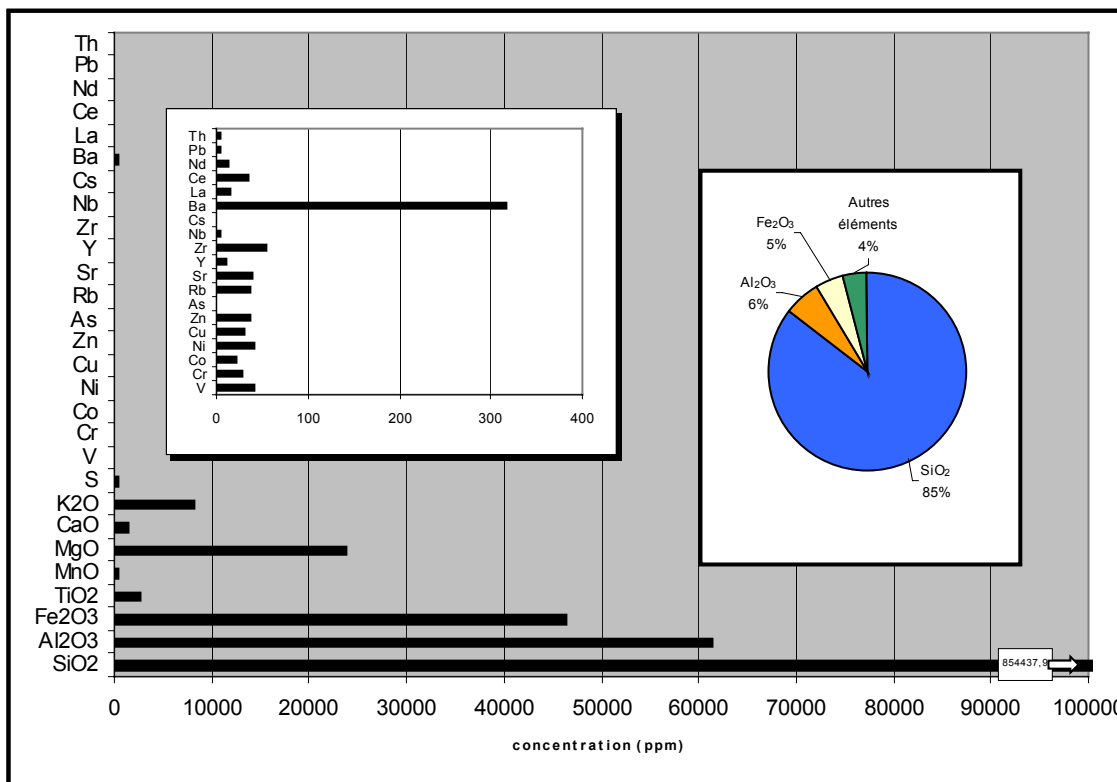
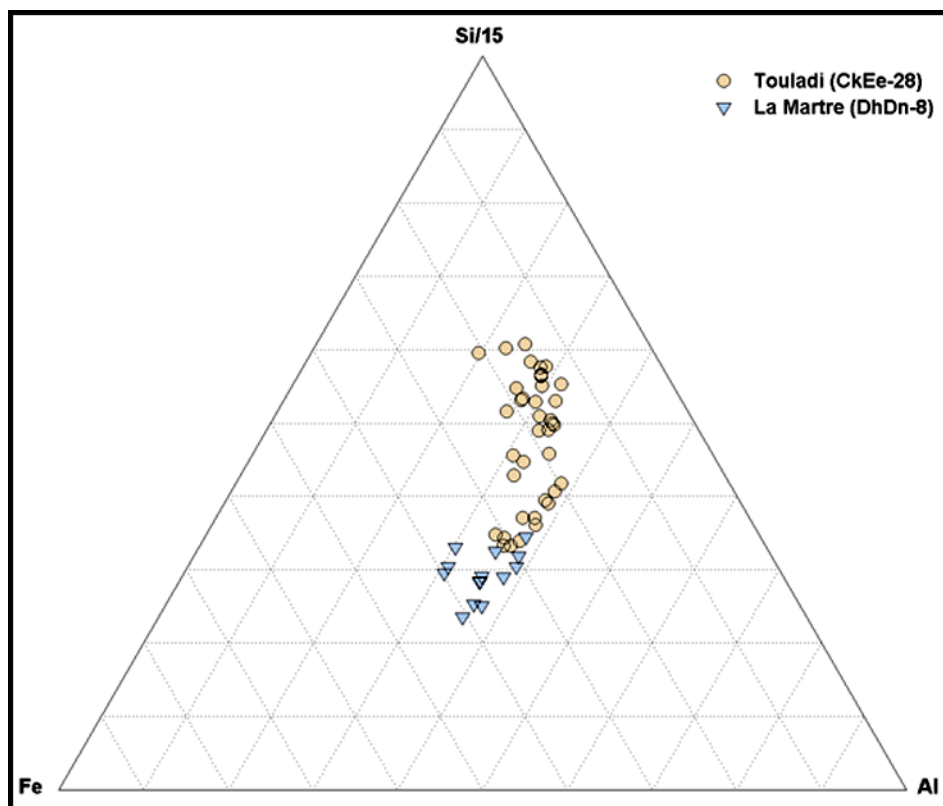


Figure 5.8 Représentation graphique générale de la composition du chert Touladi.



Plusieurs considérations ont motivé le traçage du diagramme ternaire impliquant la silice, le fer et l'aluminium (figure 5.9). D'abord, nous sommes d'avis qu'il eût été aberrant de traiter de ces cherts sans s'attarder sur les éléments représentant une aussi grande proportion de leur constitution. Ensuite, le fer et l'aluminium sont deux éléments pour lesquels le chevauchement des bandes est assez minime (figure 5.3), ce qui en fait de bons candidats à la distinction de ces deux cherts. Enfin, les distributions de ces trois éléments ne présentent aucune valeur extrême, ce qui accentue davantage leur intérêt pour la caractérisation (figure 5.6).



**Figure 5.9** Diagramme ternaire des résultats relatifs aux échantillons géologiques des carrières de La Martre et Touladi.

La figure 5.9 illustre et amplifie les subtiles différences chimiques existant entre les deux cherts au niveau de ces trois éléments majeurs. Bien que les deux nuages de points se chevauchent, les deux carrières se distinguent tout de même assez bien, surtout à cause de la plus grande pureté du chert Touladi. Le diagramme est particulièrement éloquent à ce sujet : c'est l'effet combiné de la plus grande richesse en silice du chert

Touladi à la présence plus importante d'éléments détritiques dans le chert de La Martre (Fe et Al), qui font en sorte que les deux nuages de points sont distincts.

### *Éléments traces*

Parmi les 10 éléments traces jugés suffisamment précis pour être utilisés pour la caractérisation des carrières, on remarque, tout comme dans le cas des éléments majeurs, une distribution des plus inégales, où le baryum domine très largement les autres éléments (tableau V.VI et V.VII). Pour la caractérisation, il fut décidé d'utiliser les éléments les plus lourds, de manière à mettre à profit les aptitudes particulières de l'appareil et de s'assurer que les éléments sélectionnés soient le moins susceptibles d'être influencés par des effets de surface et de matrice. Le chevauchement des bandes s'est aussi avéré un critère pour le choix des éléments impliqués, alors que les éléments aux concentrations les plus différentes d'une carrière à l'autre furent évidemment préférés. Nous avons aussi pris en considération les valeurs relatives au taux de comptage et à la variabilité des résultats, afin de favoriser les éléments pour lesquels les résultats sont les plus précis (tableaux V.I et V.II).

	Carrière de La Martre N = 14 échantillons (ppm)	Carrière de Touladi N = 39 échantillons (ppm)
Ba	316,635 ± 85,216	483,915 ± 44,796
Zr	54,283 ± 13,347	45,522 ± 14,861
Ni	42,309 ± 13,189	32,221 ± 8,742
Sr	39,783 ± 2,502	27,668 ± 7,093
Zn	37,979 ± 13,226	24,565 ± 10,643

**Tableau V.VI** Principaux éléments traces.

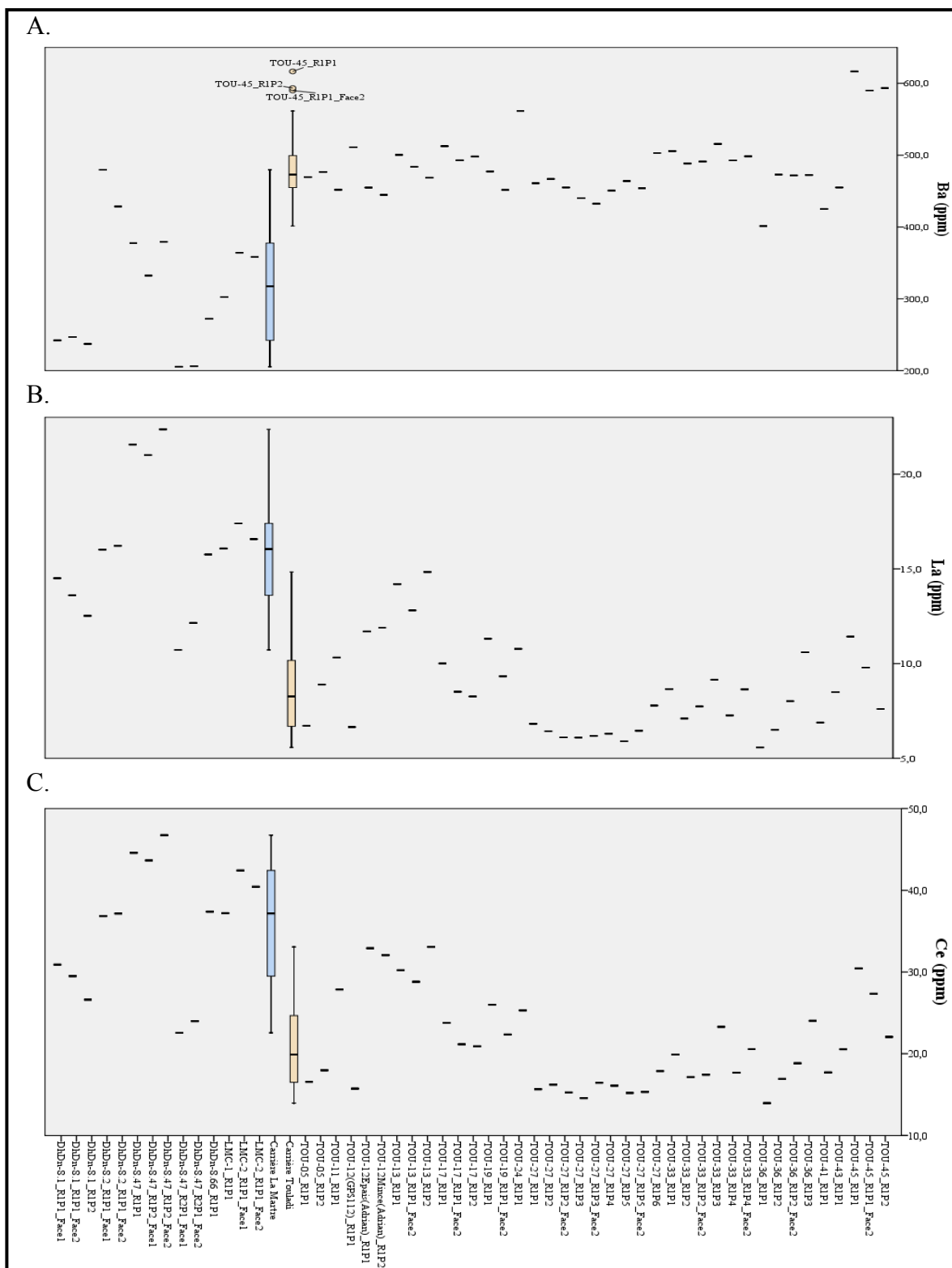
<b>La Martre</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Nd</b>
DhDn-8.1_R1P1_Face1	46,287	21,911	32,636	29,333	40,801	7,852	51,61	4,121	242,147	14,506	30,893	11,304
DhDn-8.1_R1P1_Face2	47,514	14,825	27,965	29,53	39,742	8,062	52,034	3,971	246,884	13,604	29,5	10,917
DhDn-8.1_R1P2	41,774	18,42	29,503	27,136	40,471	7,013	48,374	3,823	237,203	12,522	26,62	9,346
DhDn-8.2_R1P1_Face1	18,105	30,215	36,282	44,527	35,949	15,244	45,512	4,143	479,699	16,013	36,835	17,5
DhDn-8.2_R1P1_Face2	20,896	29,814	37,633	42,479	34,113	15,569	45,242	4,037	428,548	16,215	37,162	16,202
DhDn-8.47_R1P1	48,122	52,443	56,332	36,974	37,44	15,886	73,03	5,448	377,616	21,56	44,58	16,65
DhDn-8.47_R1P2_Face1	56,743	50,861	51,025	34,558	40,012	16,134	78,492	5,403	332,409	21,007	43,649	16,114
DhDn-8.47_R1P2_Face2	48,108	62,224	69,823	38,524	40,987	17,122	79,521	5,61	379,27	22,364	46,742	17,999
DhDn-8.47_R2P1_Face1	51,85	30,986	23,622	17,69	39,548	5,474	37,137	2,996	205,52	10,721	22,561	8,063
DhDn-8.47_R2P1_Face2	54,959	28,433	26,617	17,926	40,924	5,727	40,101	3,004	206,266	12,148	23,986	7,002
DhDn-8.66_R1P1	60,783	23,982	46,646	37,347	39,282	12,083	54,855	4,151	272,344	15,76	37,378	16,319
LMC-1_R1P1	33,775	14,728	31,128	45,969	43,396	13,516	54,42	4,265	302,584	16,076	37,197	14,678
LMC-2_R1P1_Face1	29,721	22,752	30,477	58,715	42,391	14,263	49,603	3,994	364,092	17,401	42,417	16,948
LMC-2_R1P1_Face2	33,691	25,799	32,013	59,117	41,912	14,01	50,024	3,937	358,307	16,569	40,427	16,214
<b>Touladi</b>												
TOU-05_R1P1	20,107	20,401	17,794	30,657	47,332	5,011	33,786	2,32	469,391	6,72	16,567	7,081
TOU-05_R1P2	19,363	20,112	14,327	32,045	46,795	5,335	34,883	2,237	476,515	8,892	17,974	7,463
TOU-11_R1P1	35,796	27,766	29,617	32,667	41,179	8,673	32,826	2,001	451,8	10,323	27,87	11,394
TOU-12(GPS112)_R1P1	17,652	21,219	10,572	22,436	36,756	3,856	27,663	1,713	510,992	6,652	15,727	7,192
TOU-12Epais(Adrian)_R1P1	39,04	12,954	23,352	37,538	35,607	14,116	36,472	2,855	454,847	11,695	32,904	14,676
TOU-12Mince(Adrian)_R1P2	40,103	16,286	23,881	35,598	36,156	13,227	34,7	2,544	444,779	11,897	32,065	13,684
TOU-13_R1P1	42,479	21,833	31,878	39,633	38,571	11,139	47,544	3,483	500,464	14,19	30,224	14,057
TOU-13_R1P1_Face2	46,62	21,001	29,209	38,044	41,028	10,924	45,578	3,204	483,875	12,812	28,804	13,791
TOU-13_R1P2	47,51	27,497	39,054	39,541	45,168	12,648	50,703	3,89	468,71	14,833	33,074	15,869
TOU-17_R1P1	29,136	11,735	21,5	32,066	51,138	5,781	36,407	1,999	512,517	10,009	23,781	12,165
TOU-17_R1P1_Face2	29,444	11,884	15,667	29,018	57,871	5,829	36,353	2,142	492,942	8,513	21,166	10,535
TOU-17_R1P2	29,109	11,973	18,481	30,025	54,944	5,666	36,067	2,129	498,141	8,268	20,916	9,985
TOU-19_R1P1	35,452	31,341	30,136	33,137	56,826	6,936	42,79	2,676	477,267	11,313	25,992	11,431
TOU-19_R1P1_Face2	34,193	24,067	18,078	31,433	75,451	8,055	39,119	2,387	451,726	9,328	22,352	8,275
TOU-24_R1P1	33,992	8,379	14,404	39,905	33,741	8,63	56,352	2,336	561,455	10,776	25,301	13,58
TOU-27_R1P1	15,33	33,485	14,146	20,65	62,906	6,211	27,737	1,614	460,929	6,821	15,661	8,24
TOU-27_R1P2	15,853	13,285	13,636	19,735	31,822	3,73	21,539	1,183	466,85	6,427	16,213	6,33
TOU-27_R1P2_Face2	16,876	8,827	10,239	21,352	28,129	3,808	21,301	1,215	454,961	6,104	15,256	6,897
TOU-27_R1P3	16,35	33,185	24,118	19,202	53,215	5,354	27,116	1,471	440,189	6,093	14,56	7,269
TOU-27_R1P3_Face2	15,542	14,265	18,39	17,877	49,881	6,136	21,139	1,179	432,527	6,183	16,457	6,957
TOU-27_R1P4	16,653	11,173	15,482	18,973	35,502	4,532	20,293	0,972	450,704	6,3	16,095	7,98
TOU-27_R1P5	15,917	13,313	14,032	19,515	33,531	3,657	23,097	1,234	464,026	5,901	15,197	7,425
TOU-27_R1P5_Face2	12,708	16,987	16,623	20,924	46,41	5,054	28,06	1,472	453,976	6,452	15,322	7,645
TOU-27_R1P6	20,033	9,755	13,277	24,315	33,534	4,976	24,876	1,537	502,886	7,787	17,883	8,677
TOU-33_R1P1	18,199	7,364	14,058	28,498	47,174	5,666	33,16	2,053	505,589	8,652	19,897	10,218
TOU-33_R1P2	13,773	6,457	12,907	23,471	51,484	5,196	29,092	1,736	488,343	7,102	17,15	8,137
TOU-33_R1P2_Face2	14,095	6,475	13,225	23,284	51,654	5,341	28,577	1,844	491,134	7,741	17,438	7,74
TOU-33_R1P3	20,444	8,434	14,424	30,407	48,303	6,555	40,527	2,686	515,565	9,148	23,296	10,521
TOU-33_R1P4	14,259	6,658	12,209	23,831	52,14	5,389	29,274	2,008	492,775	7,264	17,683	8,17
TOU-33_R1P4_Face2	16,619	6,661	14,12	26,906	47,144	5,616	32,206	1,922	498,345	8,643	20,56	9,646
TOU-36_R1P1	18,364	10,511	6,171	15,801	102,97	6,498	22,312	1,178	401,346	5,575	13,953	5,884
TOU-36_R1P2	15,188	12,532	5,493	17,237	38,177	3,673	22,396	1,262	472,947	6,506	16,916	6,992
TOU-36_R1P2_Face2	33,589	14,621	18,889	28,09	37,246	5,985	31,278	2,154	471,871	8,017	18,838	8,969
TOU-36_R1P3	42,375	12,227	20,493	33,294	34,133	7,324	41,09	2,792	472,288	10,597	24,032	10,991
TOU-41_R1P1	12,324	12,526	11,171	18,094	71,633	6,655	22,088	1,247	425,07	6,883	17,711	6,099
TOU-43_R1P1	32,875	14,137	20,926	32,565	32,353	6,708	30,954	1,801	454,989	8,494	20,549	9,264
TOU-45_R1P1	22,644	22,593	14,841	35,375	29,958	9,051	36,387	2,477	616,571	11,422	30,435	13,853
TOU-45_R1P1_Face2	20,356	15,728	15,987	31,378	28,35	7,187	28,194	1,845	590,022	9,79	27,336	13,963
TOU-45_R1P2	17,691	10,481	12,752	24,551	29,158	5,709	22,692	1,398	593,36	7,602	22,056	11,199

Tableau V.VII

Concentrations d'éléments traces pour les carrières de La Martre et Touladi.

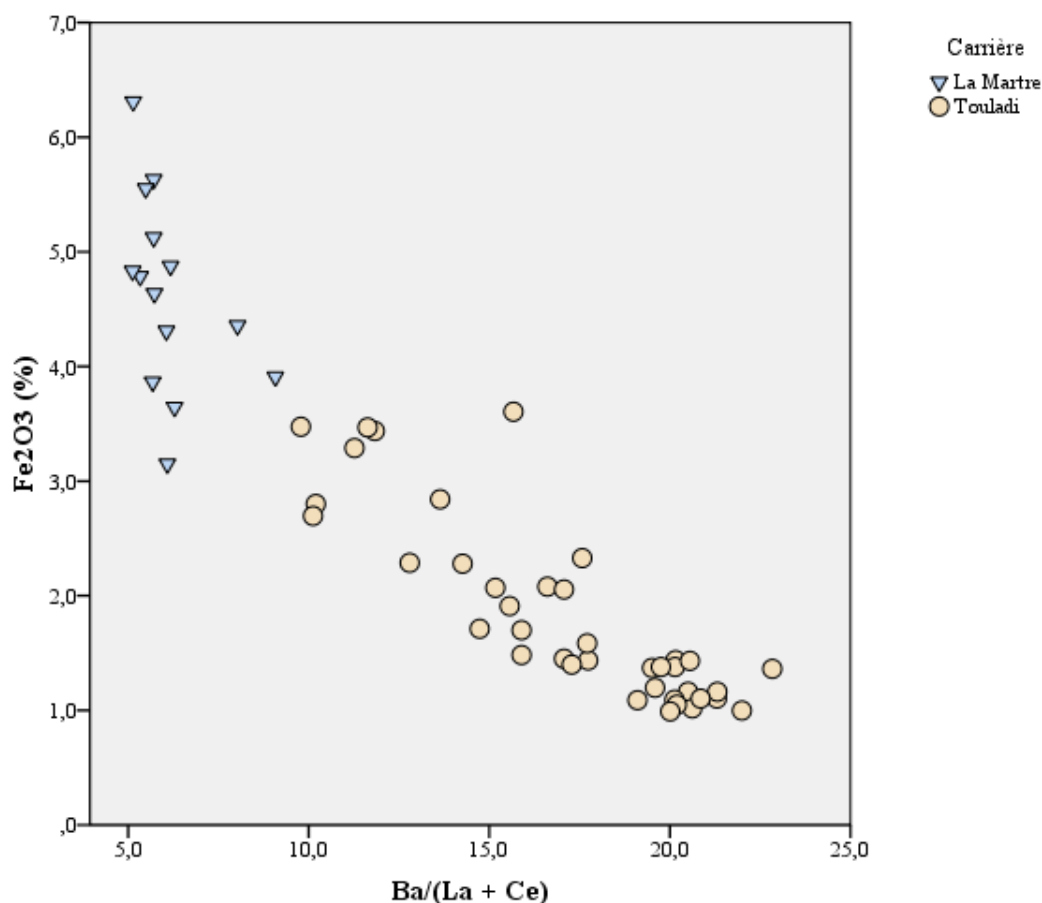
Sur la base de ces critères, le baryum fut sélectionné, en raison de sa prépondérance, de la grande précision des résultats le concernant, particulièrement pour le chert Touladi, pour son caractère peu mobile et parce que les deux bandes se chevauchent très peu (figure 5.3). Si l'on s'attarde à la distribution des valeurs relatives aux concentrations pour cet élément, on remarque que les données sont très groupées pour le chert Touladi, comme en fait foi son coefficient de variation sous les 10% et ce, malgré la présence de trois valeurs extrêmes (tableau V.III et figure 5.10A). Afin d'accentuer les écarts entre les deux carrières, et parce que l'utilisation de plusieurs éléments rend la caractérisation plus robuste, nous avons utilisé le rapport  $Ba / (La + Ce)$  pour tracer le diagramme binaire discriminant. Le lanthane et le cérium sont des terres rares, très stables, pour lesquelles l'appareil est optimisé, et leur distribution témoigne de cette stabilité (figure 5.10B et C). Ces trois éléments sont disséminés au sein des cherts à l'intérieur de minéraux lourds. Alors que le baryum se trouve sous forme de barite, le lanthane et le cérium sont pour la plupart en monazite.

Il est difficile de décrire aussi précisément que dans le cas des éléments majeurs, l'origine ou la signification des éléments traces en ce qui a trait aux processus de formation et de transformation des cherts. Les différentes raisons géologiques expliquant ces variations chimiques observables d'une carrière à l'autre restent à être maîtrisées et il demeure difficile de déterminer ce qui fut déposé en contexte primaire de ce qui fut d'origine secondaire. La problématique du baryum en particulier est très complexe, et il est ardu de l'associer à des conditions environnementales spécifiques de déposition et de formation du chert (Chun et Delaney 2006; Faul et Paytan 2005; McManus et al. 1998; Paytan et al. 1996; von Breyman et al. 1990). Son utilisation au sein de cette caractérisation est néanmoins justifiée, car il remplit très bien les conditions de sélection des éléments impliqués.



**Figure 5.10** Représentation de la distribution des valeurs obtenues pour le baryum (A), le lanthane (B) et le cérium (C) pour chacun des échantillons (traits), de même que pour l'ensemble des carrières de La Martre et Touladi (boîtes à moustaches).

Le diagramme binaire suivant représente la démonstration principale de la caractérisation chimique des cherts de La Martre et Touladi. Alors que le diagramme à bandes renvoie une idée générale des cherts et que le diagramme ternaire insiste quant à lui sur les principaux éléments les constituant, ce dernier diagramme utilise les éléments traces pour lesquels l'appareillage est optimisé, qui sont aussi ceux les moins affectés par les effets de surface, de pépité et d'altération. C'est donc le graphique pour lequel la résolution est la plus accentuée.

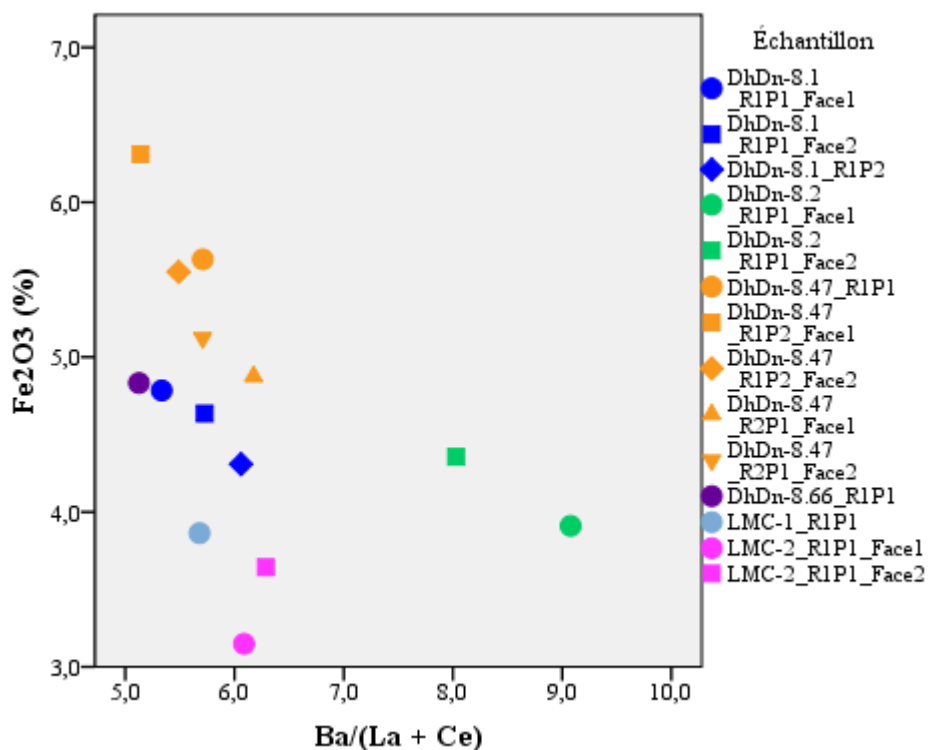


**Figure 5.11** Diagramme binaire des résultats relatifs aux échantillons géologiques des carrières de La Martre et Touladi.

Comme on peut le constater, la distribution des concentrations trace deux nuages indépendants. La carrière de Touladi est généralement plus riche en baryum que celle de La Martre, à l'inverse du fer qui lui, est plus présent à La Martre. On remarque que les deux carrières forment des nuages plus ou moins concentrés et que, pour chacune

d'entre elles, certains échantillons s'inscrivent en marge de l'aire de distribution où sont concentrés la majorité des échantillons.

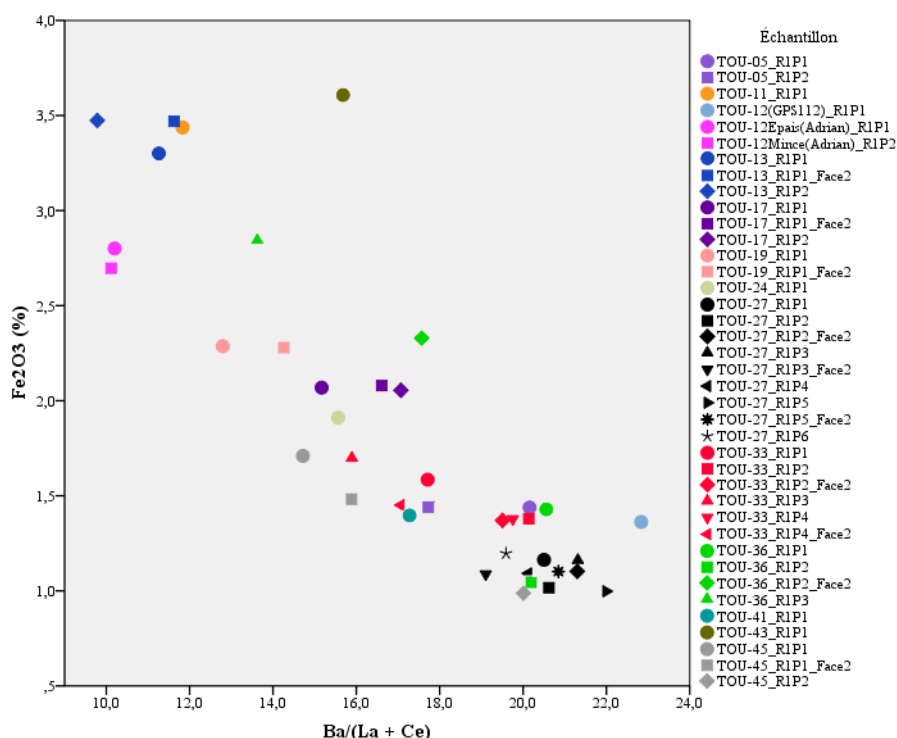
Les échantillons DhDn-8.2\_R1P1\_Face1 et DhDn-8.2\_R1P1\_Face 2 sont les échantillons de La Martre s'approchant le plus du nuage de la carrière Touladi (figure 5.11 et 5.12, en vert). L'échantillon géologique DhDn-8.2 se distingue aussi par le fait qu'il soit le seul du lot gaspésien à arborer une couleur verdâtre. À l'aide du code de couleur de la figure 5.12, on remarque aussi que les données sont groupées en plusieurs sous-ensembles, cohérents avec les emplacements de cueillette des échantillons géologiques. Autrement dit, les échantillons ayant été prélevés aux mêmes points GPS se retrouvent les plus près les uns des autres sur le graphique, ce qui démontre une certaine régularité de la géographie chimique à l'intérieur de la carrière de La Martre.



**Figure 5.12** Diagramme binaire des résultats relatifs à la carrière de La Martre.

Ce phénomène est aussi observable sur le graphique relatif à la carrière Touladi, où les plaquettes fabriquées à partir des mêmes échantillons géologiques se regroupent généralement (figure 5.13). Le cas de l'échantillon géologique TOU-27 est

particulièrement éloquent à ce sujet, alors que les 9 surfaces analysables produites à partir de celui-ci (de couleur noire) se concentrent dans une zone très restreinte. Cela est étonnant puisque d'un point de vue macroscopique, les surfaces présentent des faciès parsemés de fissures et de veines que l'on aurait pu soupçonner d'augmenter la variabilité des résultats. Par contre, d'autres échantillons géologiques, particulièrement TOU-33 (en rouge), TOU-36 (en vert pâle) et TOU-45 (en gris), se démarquent en raison du comportement inverse, c'est-à-dire que leurs surfaces sont assez distantes les unes des autres sur le diagramme.



**Figure 5.13** Diagramme binaire des résultats relatifs à la carrière Touladi.

Contrairement aux échantillons TOU-27, les échantillons TOU-33 sont tous très similaires d'un point de vue macroscopique et pourtant, les différences chimiques entre les surfaces d'analyse sont plus importantes dans le cas de TOU-33. Les échantillons provenant de TOU-36 et TOU-45 se distinguent pour leur part par l'amplitude des variations chimiques entre chaque surface analysable. Alors que les écarts entre les échantillons provenant de TOU-33 concernent plutôt la concentration des terres rares, dans le cas de TOU-36 et TOU-45, ce sont à la fois les concentrations en fer et en terres rares qui varient d'un échantillon à l'autre. Comme il a été précédemment mentionné, la



haute valeur en fer obtenue pour les surfaces TOU-36\_R1P2\_Face2 et TOU-36\_R1P3 s'explique probablement par la présence de fissures à l'aura rougeâtre et de concentrations de pyrites à leurs surfaces. Néanmoins, la variabilité chimique importante, autant en fer qu'en terres rares, à l'intérieur de ces deux échantillons géologiques (TOU-36 et TOU-45) d'environ une dizaine de centimètres de diamètre est importante. La grande variabilité chimique existant entre les différentes surfaces d'analyse produites à partir d'un même échantillon géologique justifie en quelque sorte notre méthodologie de préparation des échantillons et la production de plusieurs plaquettes à partir d'un seul échantillon prélevé à la carrière. En effet, la figure 5.13 illustre que la variabilité chimique est équivalente, et même dans certains cas supérieure, à l'intérieur d'un échantillon géologique, comparativement à ce que l'on peut observer à l'échelle de la carrière.

À ce sujet, notons que l'emplacement où furent prélevés les échantillons ne semble pas influencer outre mesure la composition chimique des échantillons. En effet, les deux échantillons les plus éloignés l'un de l'autre sur le graphique, et donc aux concentrations les plus différentes, soit TOU-13\_R1P2 et le TOU-27\_R1P5, furent tous deux prélevés au même emplacement géoréférencé (point GPS 112 sur la figure 4.3), tandis que les échantillons géologiques prélevés aux points GPS les plus espacés sur la carrière, soit TOU-05 et TOU-41 (provenant respectivement des points GPS 119 et 111 sur la figure 4.3), présentent quant à eux des portraits chimiques très semblables.

En terminant, mentionnons que les échantillons provenant des échantillons géologiques TOU-11 et TOU-12(Adrian) sont les seuls de tout l'échantillonnage de chert Touladi à avoir une teinte verdâtre et qu'ils sont aussi les plus rapprochés du nuage de la carrière de La Martre (figure 5.13). Comme le même phénomène fut observable précédemment avec le chert de La Martre, on est en droit de se demander si cela représente une tendance et que les variétés verdâtres des cherts du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie se ressemblent davantage, en fonction des éléments discriminants ici choisis, que les cherts gris-noir. Quant aux échantillons tirés de TOU-13, leur présence dans le secteur du graphique où les nuages des deux carrières sont rapprochés s'explique

probablement par la présence de concentrations de pyrites à sa surface, ce qui bonifie leurs concentrations en fer (figure 5.13). Enfin, l'emplacement marginal de l'échantillon TOU-43\_R1P1 pourrait s'expliquer par le fait que ce soit le seul échantillon qui fut prélevé le long de l'escarpement plus au sud de la carrière, comme on peut le constater sur la carte topographique de la carrière CkEe-28 (figure 4.3, point GPS 117).

### *Analyse discriminante*

L'analyse discriminante est une technique statistique utilisée pour décrire et prédire l'appartenance d'un ensemble d'individus à des groupes prédéfinis, sur la base d'une série de variables prédictives. Le diagnostic ou la prévision s'effectuent à partir des corrélations observées entre les critères retenus et la situation des individus. Dans le cas qui nous concerne, la variable à prédire est la carrière d'origine des échantillons et cette prédiction s'effectue en fonction des concentrations des éléments chimiques sélectionnés sur la base des critères mentionnés précédemment (numéro atomique élevé, grande précision des résultats, faible chevauchement des bandes, caractère peu mobile, peu affecté par les effets de pépite ou de surface), soit le baryum, le lanthane et le cérium.

Le but de ces analyses discriminantes est de classifier en groupes les échantillons, en utilisant une équation discriminante. Mentionnons d'emblée que ce genre de méthode statistique requiert le respect de certains prérequis, dont, entre autres, la normalité des distributions, l'absence de corrélations entre les variables et l'homogénéité des matrices de covariance. Dans le cas qui nous concerne, suite au test de normalité de Kolmogourov-Smirnov (test de K-S), la distribution du baryum s'est révélée anormale (sig. 0,021). Un procédé couramment effectué afin de rendre normale une distribution consiste à la transformer en log, mais cette technique s'est avérée inefficace dans ce cas-ci puisque la distribution du baryum demeure distribuée de façon anormale même une fois normalisée de la sorte. Dans le même ordre d'idée, le test M de Box, utilisé pour vérifier l'hypothèse d'homogénéité des matrices de covariances, s'est aussi avéré significatif (avec un sig. de 0,044), ce qui signifie que les deux carrières

diffèrent par rapport à leurs matrices de covariances. À cela s'ajoute aussi le fait que les concentrations de lanthane et de cérium sont hautement corrélées (Pearson de 0,973). En d'autres mots, quelques prérequis de l'analyse discriminante ne sont ici pas respectés. Toutefois, comme certains auteurs mentionnent que la robustesse de l'analyse discriminante demeure entière et ce, même si de modestes violations des prérequis surviennent (Klecka 1980; Lachenbruch 1975), il fut tout de même décidé, malgré les accroc mentionnés ci-haut, de procéder à ce genre d'analyse.

L'analyse discriminante se déroule en deux étapes. Un test F (Wilks' lambda) fut effectué en premier lieu afin de tester si le modèle discriminant est significatif, ce qui s'est avéré être le cas (sig. 0,000). Par la suite, les variables indépendantes sélectionnées furent utilisées pour classifier les échantillons. Les résultats de l'analyse discriminante réalisée à partir des échantillons sous la forme de plaquettes se trouvent dans le tableau qui suit (tableau V.VIII). On y constate que le taux de prédiction est de 92,9% pour la carrière de La Martre, alors qu'il est parfait (100%) pour celle du Témiscouata. Seule la prédiction relative à l'échantillon DhDn-8.2\_R1P1\_Face1 s'avère erronée. Il est intéressant de constater que l'autre surface polie de la même plaquette, soit DhDn-8.2\_R1P1\_Face2, fut, quant à elle, identifiée correctement, même si son  $D^2$  est le plus élevé du groupe. Rappelons que l'échantillon géologique DhDn-8 est le seul du lot à être de couleur plutôt verdâtre. En somme, ces résultats viennent confirmer quantitativement que les deux carrières se distinguent sur la base de leur concentration de baryum, de lanthane et de cérium, ce qui correspond à ce qui était observable sur les graphiques binaires. De plus, le seul échantillon verdâtre provenant de la carrière de La Martre est, tout comme sur le graphique 5.11, le plus semblable au chert Touladi, au point où l'appartenance prédite de l'une de ses surfaces est erronée.

	Groupe imposé	Groupe prédit	D <sup>2</sup>
DhDn-8.1_R1P1_Face1	1	1	,403
DhDn-8.1_R1P1_Face2	1	1	,068
DhDn-8.1_R1P2	1	1	,000
DhDn-8.2_R1P1_Face1	1	2**	7,133
DhDn-8.2_R1P1_Face2	1	1	3,436
DhDn-8.47_R1P1	1	1	,507
DhDn-8.47_R1P2_Face1	1	1	1,721
DhDn-8.47_R1P2_Face2	1	1	,981
DhDn-8.47_R2P1_Face1	1	1	,007
DhDn-8.47_R2P1_Face2	1	1	,107
DhDn-8.66_R1P1	1	1	,565
LMC-1_R1P1	1	1	,087
LMC-2_R1P1_Face1	1	1	,032
LMC-2_R1P1_Face2	1	1	,147
TOU-05_R1P1	2	2	,209
TOU-05_R1P2	2	2	,000
TOU-11_R1P1	2	2	1,707
TOU-12(GPS112)_R1P1	2	2	1,531
TOU-12Epais(Adrian)_R1P1	2	2	3,412
TOU-12Mince(Adrian)_R1P2	2	2	4,110
TOU-13_R1P1	2	2	2,331
TOU-13_R1P1_Face2	2	2	1,975
TOU-13_R1P2	2	2	5,664
TOU-17_R1P1	2	2	,001
TOU-17_R1P1_Face2	2	2	,037
TOU-17_R1P2	2	2	,125
TOU-19_R1P1	2	2	1,020
TOU-19_R1P1_Face2	2	2	,611
TOU-24_R1P1	2	2	,377
TOU-27_R1P1	2	2	,111
TOU-27_R1P2	2	2	,253
TOU-27_R1P2_Face2	2	2	,181
TOU-27_R1P3	2	2	,043
TOU-27_R1P3_Face2	2	2	,002
TOU-27_R1P4	2	2	,068
TOU-27_R1P5	2	2	,402
TOU-27_R1P5_Face2	2	2	,102
TOU-27_R1P6	2	2	,504
TOU-33_R1P1	2	2	,195
TOU-33_R1P2	2	2	,439
TOU-33_R1P2_Face2	2	2	,292
TOU-33_R1P3	2	2	,102
TOU-33_R1P4	2	2	,452
TOU-33_R1P4_Face2	2	2	,081
TOU-36_R1P1	2	2	,095
TOU-36_R1P2	2	2	,306
TOU-36_R1P2_Face2	2	2	,005
TOU-36_R1P3	2	2	,674
TOU-41_R1P1	2	2	,167
TOU-43_R1P1	2	2	,184
TOU-45_R1P1	2	2	1,315
TOU-45_R1P1_Face2	2	2	1,548
TOU-45_R1P2	2	2	4,438

**Tableau V.VIII**

Résultat de l'analyse discriminante, effectuée à partir des concentrations de baryum, de lanthane et de cérium, des échantillons en plaquettes polies. Le groupe 1 correspond à la carrière de La Martre, alors que le groupe 2 correspond à celle de Touladi. Le D<sup>2</sup> représente la distance Mahalanobis entre l'échantillon et le centroïde, mise au carré.

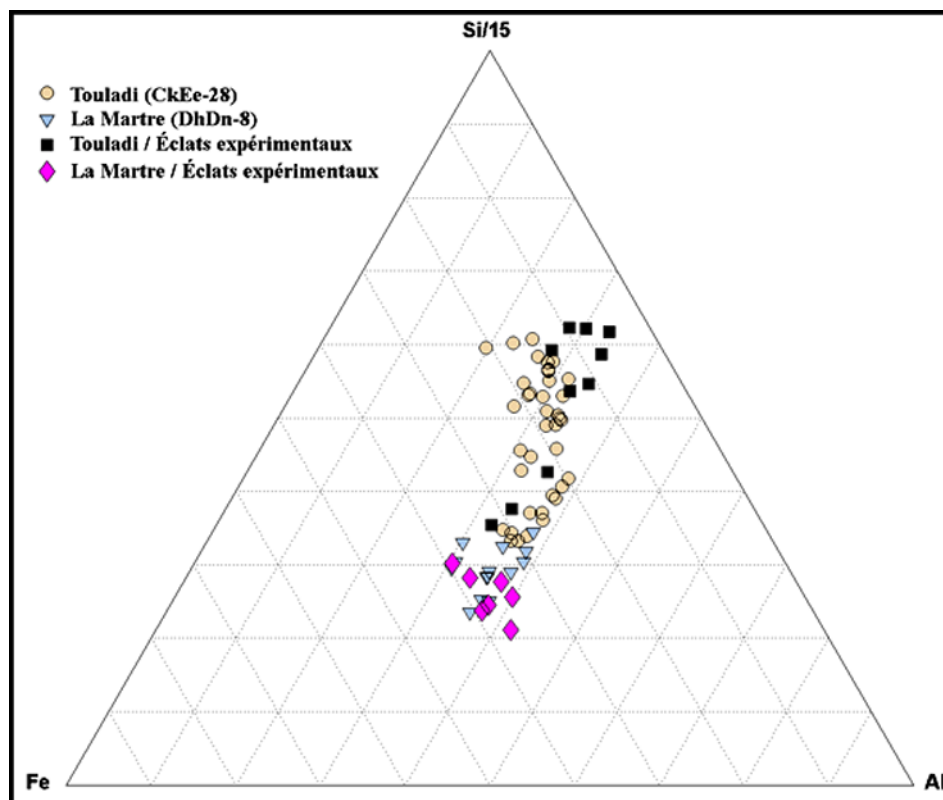
## **Comparaison des résultats d'analyse de plaquettes par rapport aux analyses de débitage expérimental**

De manière générale, si l'on prend en considération le fait que le relief des surfaces analysables des éclats expérimentaux est beaucoup plus varié que dans le cas des plaquettes polies, les résultats s'avèrent concluants, puisque tous les éclats expérimentaux analysés se situent à l'intérieur, ou alors dans la périphérie rapprochée, du nuage de points correspondant à leur carrière respective (figure 5.14 et 5.15). Les surfaces d'analyse ne semblent pas avoir influencé outre mesure les résultats, qu'elles aient été patinées (DhDn-8.2\_R1ET, DhDn-8.47\_R2ET1), concave (TOU-30\_R1ET, qui est aussi patinée), convexes (DhDn-8.47\_R2ET2, DhDn-8.47\_R2ET3, TOU-27\_R2ET2, TOU-28\_R1ET1) parsemées de cicatrices d'enlèvements (DhDn-8\_R1ET, TOU-45\_R1ET), aux reliefs accidentés (TOU-19\_R1ET, TOU-27\_R2ET1) ou alors sans irrégularités accentuées (DhDn-8.66\_R1ET1 DhDn-8.66\_R1ET2, TOU-16\_R1ET, TOU-28\_R1ET2, TOU-35\_R1ET, TOU-39\_R1ET).

Les résultats sont particulièrement groupés pour le chert de La Martre, pour lequel tous les échantillons expérimentaux se trouvent à l'intérieur du nuage de points de la carrière (figure 5.14 et 5.15). La seule exception figure sur le graphique ternaire, où l'échantillon le plus pauvre en silice (DhDn-8.47\_R2ET1, à seulement 79,5%) se situe à l'extérieur du groupe. Il s'agit aussi de l'échantillon ayant enregistré le plus haut taux d'aluminium parmi tous les échantillons analysés en chert de La Martre.

Dans le cas du chert Touladi, les résultats sont un peu plus variables, mais sont tout de même cohérents avec le schéma suggéré par le nuage de points des plaquettes polies. En effet, l'étendue des résultats des échantillons expérimentaux correspond bien à celle des plaquettes (figure 5.15). Malgré cette tendance générale, on remarque chez quatre individus en particulier un certain appauvrissement en fer par rapport aux échantillons polis (figures 5.14 et 5.15). Cette plus importante variabilité chez les spécimens expérimentaux est aussi observable macroscopiquement. En effet, on observe chez cinq échantillons expérimentaux (TOU-16\_R1ET, TOU-28\_R1ET1, TOU-28\_R1ET2, TOU-35\_R1ET et TOU-39\_R1ET) une teinte de gris très pâle qu'aucune

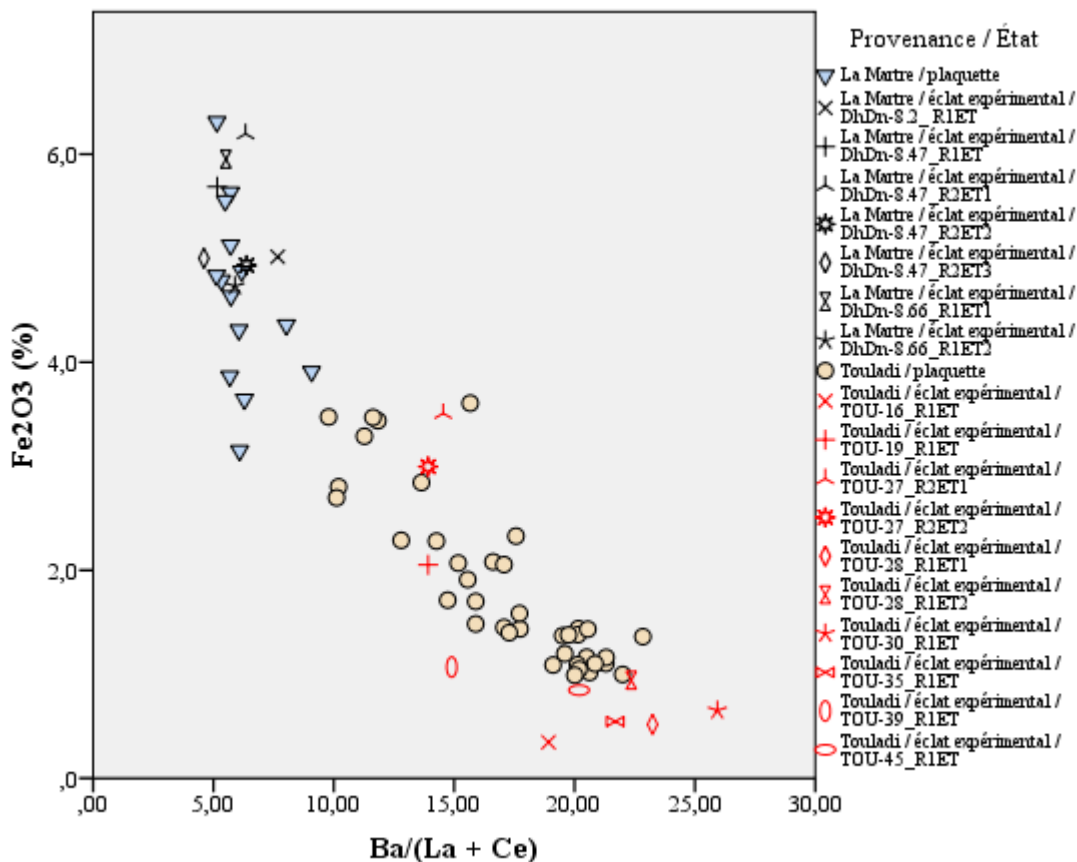
plaquette polie ne présentait. Bien que tous ces échantillons très pâles se situent parmi les échantillons en chert Touladi les moins riches en fer (figure 5.15 et tableau en annexe F-2), il ne semble toutefois pas possible d'établir de relation directe entre la teinte des échantillons et leur teneur en fer, puisque l'échantillon expérimental le plus foncé (TOU-45\_R1ET) se trouve aussi parmi les échantillons à la plus faible teneur en fer, étant même moins riche en fer que deux des échantillons pâles mentionnés ci-haut (TOU-28\_R1ET2 et TOU-39R1ET).



**Figure 5.14** Diagramme ternaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats expérimentaux.

D'autre part, on observe, surtout pour le chert Touladi, que, tout comme dans le cas des plaquettes polies, les éclats expérimentaux provenant des mêmes échantillons géologiques se regroupent généralement sur la figure 5.15, ce qui témoigne d'une similarité chimique. Ce phénomène est toutefois beaucoup plus nuancé du côté du chert de La Martre, ce qui s'explique probablement par le fait que l'échantillonnage pour cette

carrière soit assez réduit et que les données soient relativement groupées de manière générale.



**Figure 5.15** Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats expérimentaux.

Somme toute, lorsque l'on ajoute les résultats obtenus à partir d'éclats expérimentaux aux deux graphiques illustrant les résultats obtenus à partir de plaquettes polies, on constate que les deux distributions concordent généralement bien et ce, malgré la minceur et l'irrégularité des surfaces des éclats. Ces résultats confirment donc l'efficacité des procédés analytiques employés par le *PANalytical Epsilon 5* afin de corriger les effets de surface, ce qui rend la méthode d'analyse non destructrice présentée dans ce mémoire bel et bien utilisable dans un cadre archéologique.

### *Analyse discriminante*

Le test statistique impliquant les échantillons expérimentaux fut effectué sur la base de la classification effectuée à l'aide des échantillons en plaquettes, sans supposer au préalable d'appartenance. Le tableau V.IX témoigne du succès de l'opération, alors que tous les échantillons expérimentaux furent associés à la bonne carrière. Ce dernier argument quantitatif confirme que la caractérisation basée sur les concentrations de baryum, de lanthane et de cérium n'est pas influencée de façon significative par la structure, l'épaisseur ou le relief des échantillons.

	Groupe prédit	D <sup>2</sup>
DhDn-8.2_R1ET	1	2,462
DhDn-8.47_R1ET	1	1,406
DhDn-8.47_R2ET1	1	,080
DhDn-8.47_R2ET2	1	,001
DhDn-8.47_R2ET3	1	1,317
DhDn-8.66_R1ET1	1	,077
DhDn-8.66_R1ET2	1	,015
TOU-16_R1ET	2	7,105
TOU-19_R1ET	2	,518
TOU-27_R2ET1	2	,035
TOU-27_R2ET2	2	,793
TOU-28_R1ET1	2	,666
TOU-28_R1ET2	2	,908
TOU-30_R1ET	2	,715
TOU-35_R1ET	2	4,192
TOU-39_R1ET	2	,138
TOU-45_R1ET	2	4,078

**Tableau V.IX** Résultat de l'analyse discriminante, effectuée à partir des concentrations de baryum, de lanthane et de cérium, des échantillons expérimentaux, sur la base de la classification effectuée à l'aide des échantillons en plaquettes. Le groupe 1 correspond à la carrière de La Martre, alors que le groupe 2 correspond à celle de Touladi. Le D<sup>2</sup> représente la distance Mahalanobis entre l'échantillon et le centroïde, mise au carré.

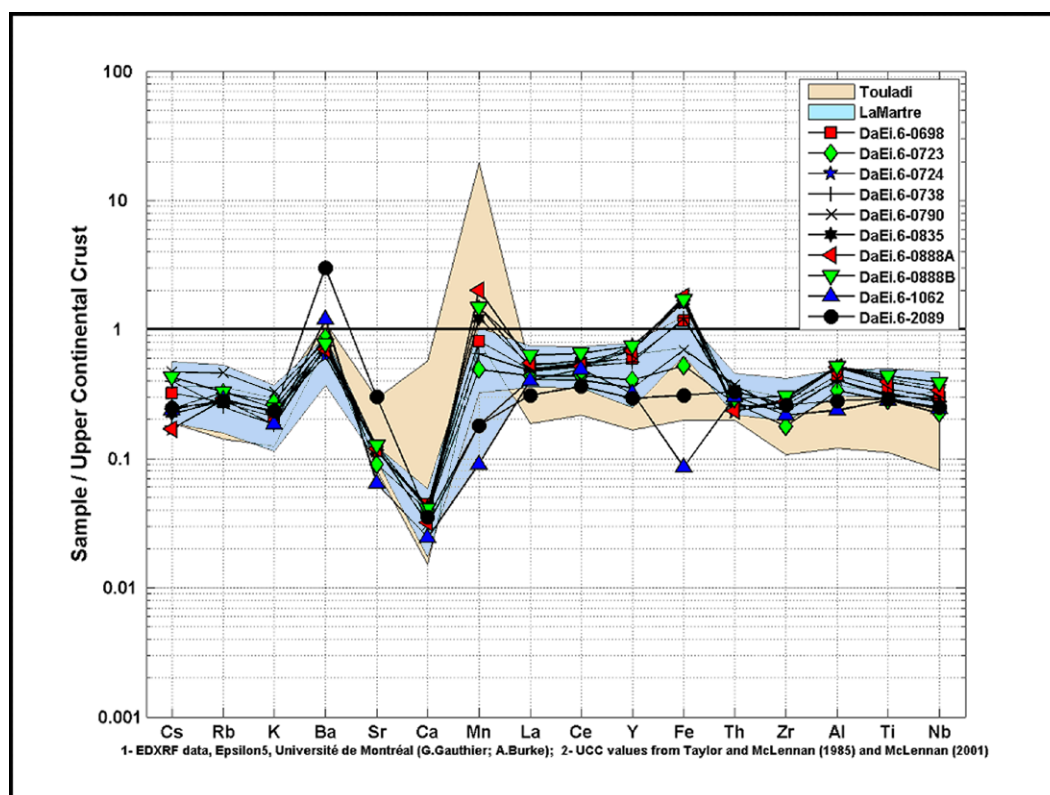


## 6. RÉSULTATS – LES SITES ARCHÉOLOGIQUES

Maintenant que la caractérisation chimique des carrières est effectuée, il est possible de tenter de l'exploiter et de vérifier par le fait même son applicabilité en contexte archéologique. Pour ce faire, les résultats relatifs aux sites archéologiques de l'anse à la Vache, Turcotte-Lévesque et Rimouski seront présentés dans la section qui suit, dans le but de tenter de repérer le chert de La Martre et/ou celui du Témiscouata au sein des assemblages échantillonnés. L'intégralité des résultats se trouve en annexe F-3, tandis que les photographies des échantillons sont en annexe G.

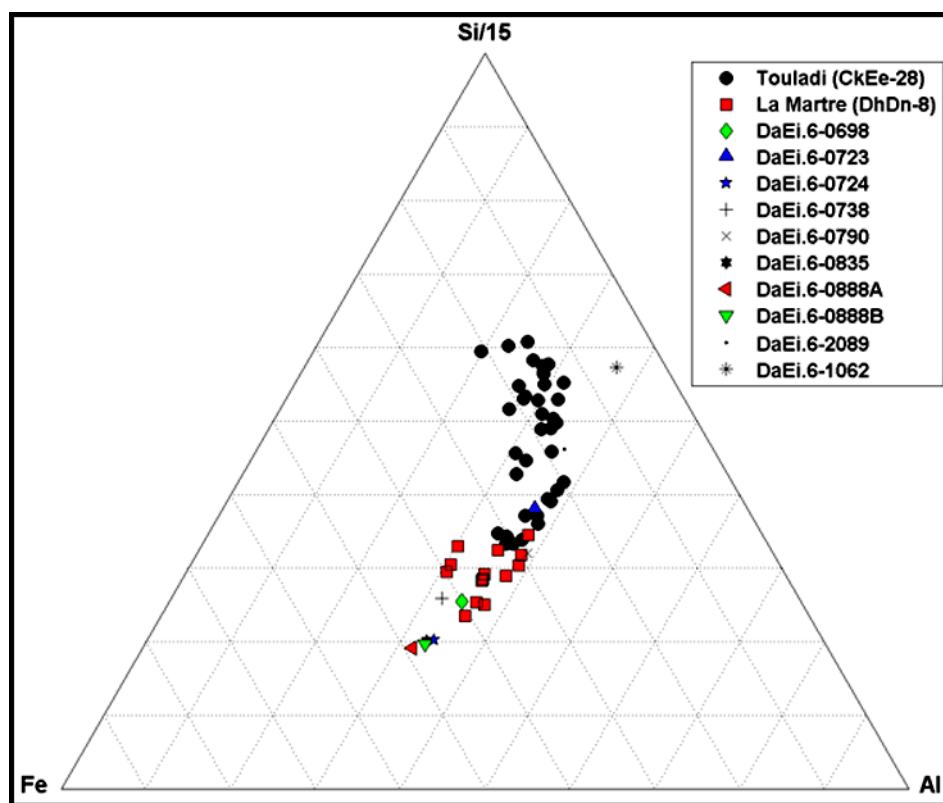
### Anse à la Vache

Au premier coup d'œil, le diagramme à bandes confirme la difficulté de retracer l'un des deux cherts sur le site. Les tracés représentant les différents échantillons



**Figure 6.1** Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site de l'anse à la Vache.

archéologiques présentent un parallélisme saisissant, brisé en de rares occasions. En effet, mis à part quelques exceptions, tous les artefacts se situent dans la zone mitoyenne pour la majorité des éléments. On remarque évidemment que les échantillons 1062 et 2089 se démarquent par leurs concentrations respectives de fer et de baryum. Comme ces éléments sont aussi impliqués sur les autres graphiques, il est attendu que ces deux échantillons se situeront en des emplacements inusités. Pour le reste, en raison de la régularité des tracés et de leur parallélisme vis-à-vis des bandes, on peut affirmer que les échantillons du site de l'anse à la Vache sont en chert appalachien. Quant à savoir si ces matériaux proviennent de La Martre, de Touladi ou d'une autre carrière non abordée, la tâche est plus ardue et nécessite l'apport des autres graphiques.



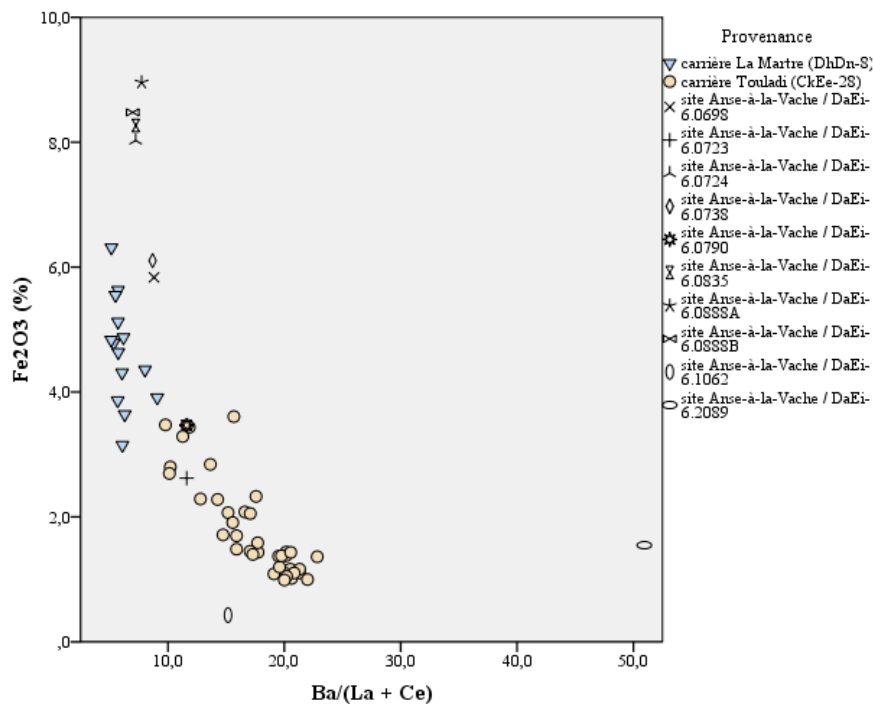
**Figure 6.2** Diagramme ternaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site de l'anse à la Vache.

Le diagramme ternaire impliquant les principaux éléments majeurs apporte effectivement de nouvelles informations (figure 6.2). En ce qui a trait à la pureté d'abord, mis à part les échantillons 723, 1062 et 2089, la majorité des échantillons archéologiques présentent une teneur en silice inférieure à ce que l'on observe à la

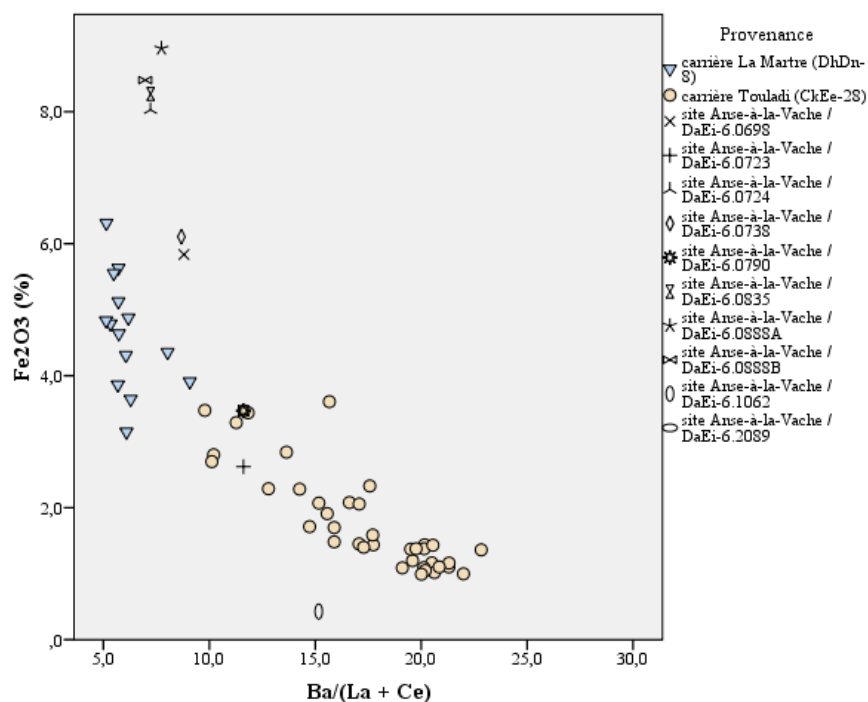
carrière Touladi, voire même à la carrière gaspésienne en ce qui concerne les échantillons 724, 835, 888A et 888B. Ces quatre échantillons se distinguent aussi des échantillons géologiques par leur richesse relative en fer, tandis qu'à l'inverse, l'échantillon 1062 présente quant à lui une concentration en fer plus faible que tous les autres échantillons, ce qu'indiquait sa trajectoire hétéroclite sur le diagramme à bandes. Quant à l'aluminium, les concentrations varient peu et l'ensemble des échantillons navigue à l'intérieur du même intervalle.

Pour chaque site abordé au cours des pages qui suivent, les diagrammes binaires furent produits en deux versions qui se distinguent l'une de l'autre par l'échelle employée (figures 6.3 et 6.4 dans le cas du site de l'anse à la Vache). Alors que le premier graphique incorpore tous les échantillons du site concerné (6.3), le second est quant à lui produit à une échelle commune pour tous les sites, de manière à avoir un point de vue comparable d'un site à l'autre quant à la distribution des résultats (6.4). Étant donné que les concentrations de certains échantillons représentent des valeurs extrêmes, il se peut que ces échantillons soit exclus de la deuxième version du diagramme, comme c'est ici le cas pour l'échantillon 2089.

Tout comme sur le diagramme binaire, les échantillons 723 et 790 sont les seuls à se trouver dans le nuage de points de la carrière Touladi sur la figure 6.4. Alors que le 723 semble très bien correspondre au profil chimique de cette carrière, le 790 se trouve quant à lui à la limite, tout près des deux ensembles, ce qui rend toute interprétation périlleuse. Bien qu'ils se distinguent par un plus grand ratio  $Ba/(La + Ce)$ , les échantillons 698 et 738 sont, quant à eux, les plus rapprochés de la carrière de La Martre, et il semble crédible de leur attribuer une origine gaspésienne. En ce qui concerne les échantillons 724, 835, 888A et 888B, la grande concentration de leurs points suggère une origine commune, plus riche en fer que la carrière de La Martre. Peut-être proviennent-ils d'une autre carrière, ou alors d'un secteur de la carrière DhDn-8 non échantillonné.



**Figure 6.3** Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site de l'anse à la Vache.



**Figure 6.4** Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site de l'anse à la Vache.

### *Analyse discriminante*

Comme il a été précédemment mentionné, la très faible quantité de sources impliquées dans ce projet rend la réalisation d'une analyse discriminante hasardeuse, car les risques sont grands de multiplier les erreurs de type 3, c'est-à-dire d'attribuer une provenance à un échantillon ne provenant pas en réalité de l'une ou l'autre des carrières abordées (Luedtke 1979). En effet, l'analyse discriminante est forcée de déterminer l'appartenance à un groupe, quel que soit le nombre de groupe impliqué. Comme seules deux carrières sont ici incluses dans le raisonnement, les prédictions exprimées signifient simplement que les échantillons se situent, sur la base de leurs concentrations de baryum, de lanthane et de cérium, plus près d'une carrière que de l'autre. Il va sans dire que l'ajout d'une ou de plusieurs autres carrières à la démarche modifierait assurément les résultats.

	Groupe prédit	D <sup>2</sup>
DaEi-6.0698	1	6,209
DaEi-6.0723	2	2,407
DaEi-6.0724	1	,803
DaEi-6.0738	1	4,897
DaEi-6.0790	2	3,322
DaEi-6.0835	1	1,250
DaEi-6.0888A	1	1,484
DaEi-6.0888B	1	,751
DaEi-6.1062	2	2,826
DaEi-6.2089	2	399,349

**Tableau VI.I** Résultat de l'analyse discriminante, effectuée à partir des concentrations de baryum, de lanthane et de cérium, des échantillons du site de l'anse à la Vache, sur la base de la classification effectuée à l'aide des échantillons en plaquettes. Le groupe 1 correspond à la carrière de La Martre, alors que le groupe 2 correspond à celle de Touladi. Le D<sup>2</sup> représente la distance Mahalanobis entre l'échantillon et le centroïde, mise au carré.

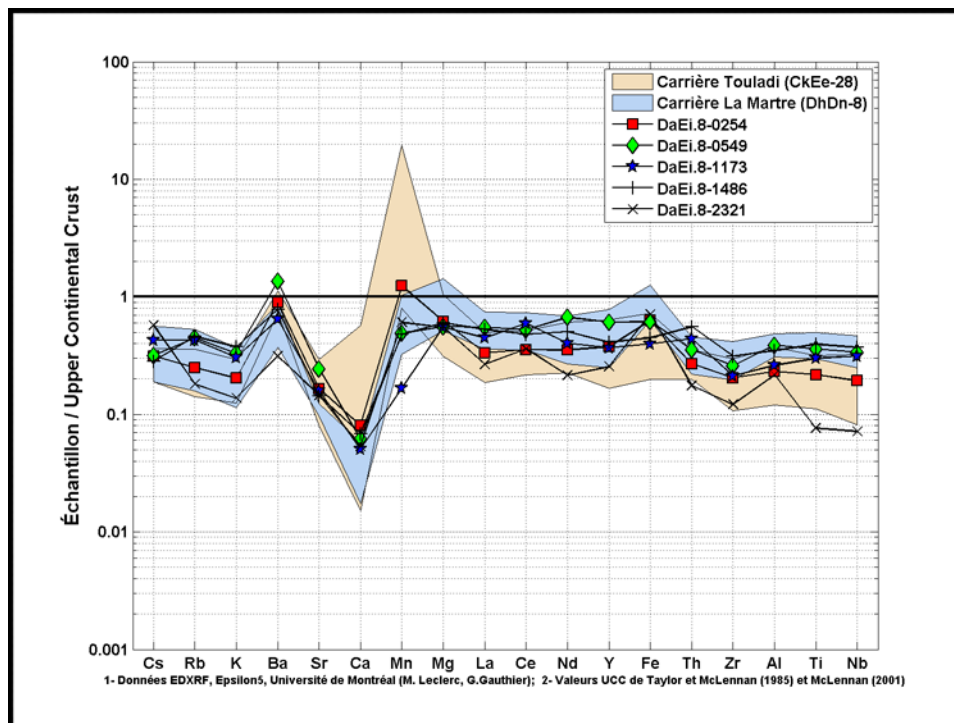
Afin de limiter ce genre d'erreur, Luedtke (1979) a proposé une méthode qui consiste à établir un seuil maximal de distance Mahalanobis comme critère à l'inclusion d'un échantillon dans un groupe. Par exemple, parmi tous les échantillons dont l'origine est connue, qu'ils soient en plaquettes ou expérimentaux, la plus grande distance Mahalanobis au carré (D<sup>2</sup>) pour la carrière de La Martre est de 7,133 (tableau V.VIII, échantillon DhDn-8.2\_R1P1\_Face1), tandis que dans le cas de la carrière Touladi, la valeur maximale obtenue est de 7,105 (tableau V.IX, échantillon TOU-16\_R1ET).

Comme ces valeurs représentent les seuils limites pour les échantillons originaires des carrières, les échantillons archéologiques pour lesquels le  $D^2$  sera au-delà de ces valeurs seront interprétés comme provenant d'une autre source et la prédiction de l'analyse discriminante sera invalidée. Dans le cas des échantillons du site de l'anse à la Vache, l'échantillon DaEi-6.2089, identifié par l'analyse discriminante comme provenant de la carrière Touladi, sera ainsi déclaré originaire d'une autre source, puisque son  $D^2$  (tableau VI.I : 399,349) est largement supérieur au seuil limite de la carrière, soit 7,105 (tableau V.IX).

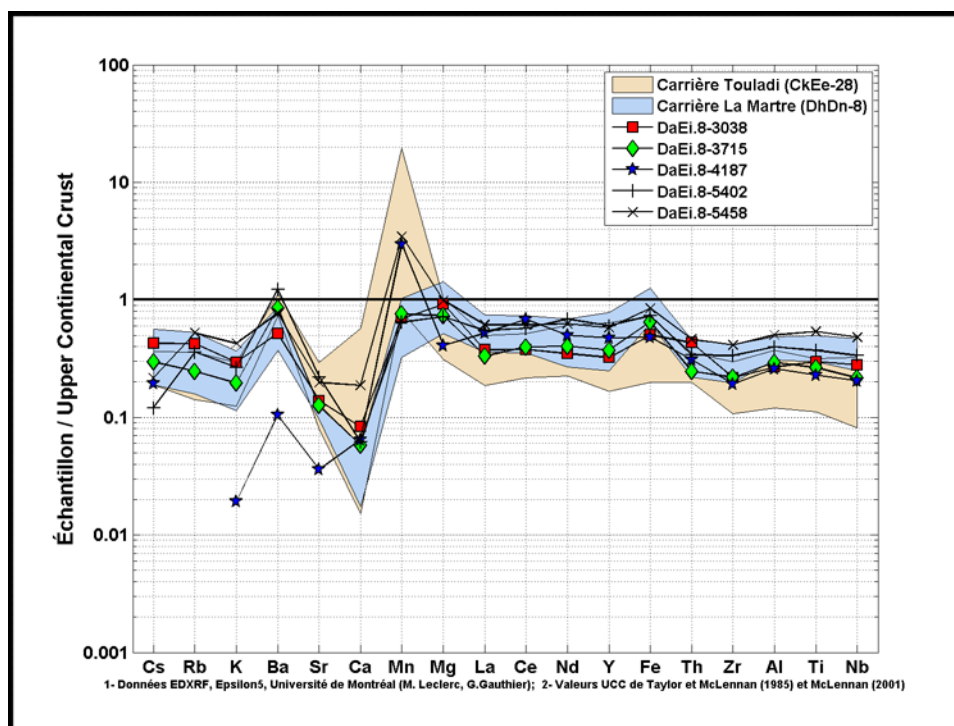
Mis à part ce cas, toutes les autres valeurs de  $D^2$  tombent sous les seuils limites établis ce qui signifie que la provenance identifiée par le test est robuste. Il est cependant très important de rappeler que cette analyse discriminante n'implique que deux sources, et qu'elle ne fait que diviser l'ensemble des échantillons en deux, en fonction des critères chimiques mentionnés. C'est ainsi que, malgré les résultats de l'analyse discriminante, il serait fort imprudent de supposer que les échantillons 724, 835, 888A et 888B proviennent de la carrière de La Martre. En effet, à la lumière de la figure 6.3, il apparaît plus probable que ces échantillons soient d'origine inconnue. Au final, on peut considérer que les échantillons 698 et 738 sont originaires de La Martre, tandis que les échantillons 723 et 790 proviennent quant à eux de la carrière Touladi. L'échantillon 2089 provient pour sa part assurément d'une autre source, tout comme fort probablement les échantillons 724, 835, 888A et 888B.

### **Turcotte-Lévesque**

Tout comme dans le cas du site de l'anse à la Vache, les tracés suivent encore une fois les bandes des carrières, ce qui témoigne de l'origine appalachienne des cherts employés sur ce site (figures 6.5 et 6.6). Contrairement à la section précédente, les 10 échantillons sont cette fois dispersés sur deux diagrammes afin de clarifier la situation et de pallier l'important chevauchement des tracés. Parmi ceux-ci, deux échantillons (2321 et 4187) se démarquent et pour lesquels une provenance des carrières de La Martre ou Touladi est exclue. L'interruption dans la courbe de 4187 (figure 6.6) s'explique par la concentration nulle en rubidium obtenue pour cet échantillon. Une fois ces deux

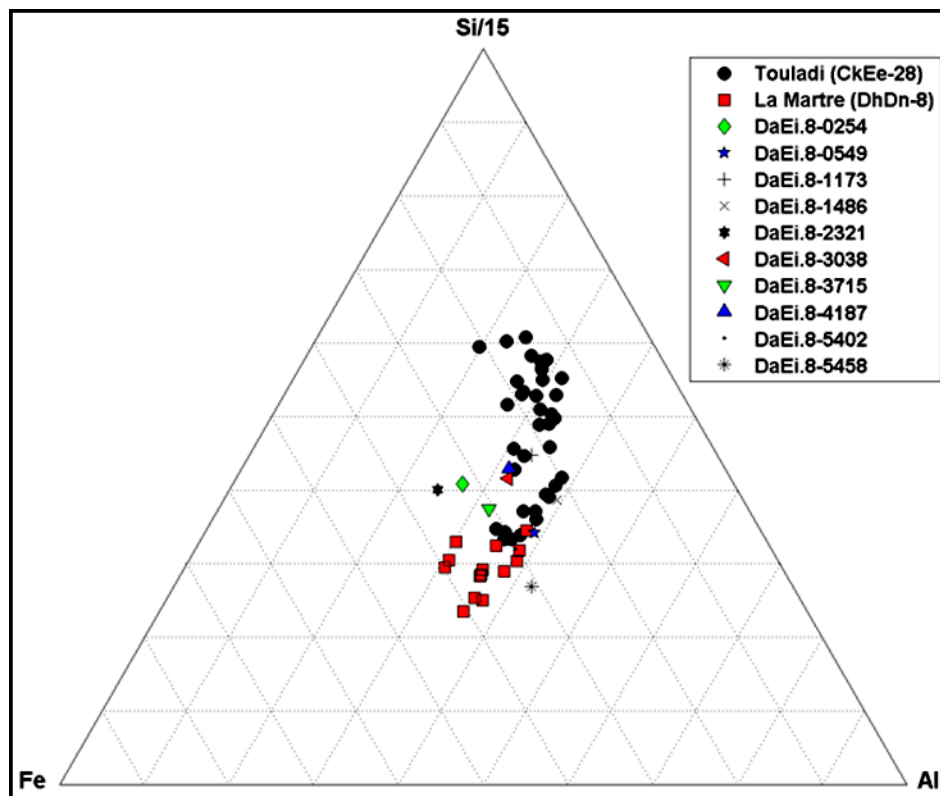


**Figure 6.5** Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site Turcotte-Lévesque (partie 1).



**Figure 6.6** Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site Turcotte-Lévesque (partie 2).

échantillons écartés, on remarque un important chevauchement généralisé et une grande concentration de tracés dans les zones mitoyennes des bandes.



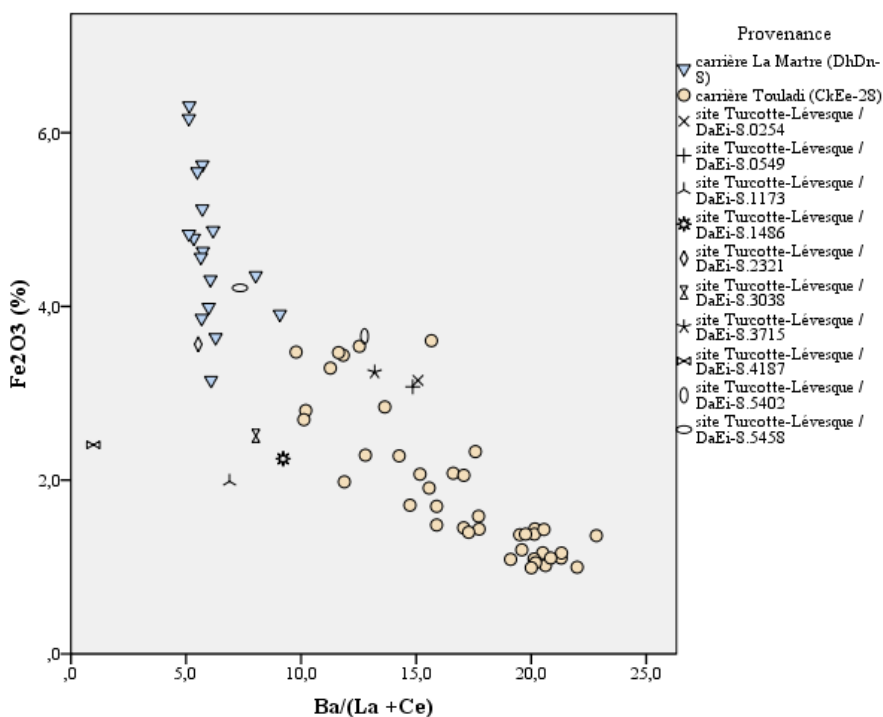
**Figure 6.7** Diagramme ternaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Turcotte-Lévesque.

La difficulté à associer des échantillons à l'une ou l'autre des carrières se confirme sur le diagramme ternaire, où tous les échantillons se trouvent près de la zone mitoyenne, à l'intérieur de laquelle il est très hasardeux d'attribuer une provenance (figure 6.7). Alors que certains échantillons se trouvent plutôt du côté de Touladi (1173, 1486, 3038, 4187), d'autres penchent vers La Martre (5402, 5458), tandis que les autres figurent directement dans la zone mitoyenne (549, 3715) ou légèrement en périphérie (254 et 2321). Rappelons qu'en raison de son tracé singulier sur le diagramme à bandes, l'échantillon 4187 a été identifié comme étant exogène. Le fait qu'il se situe en territoire Touladi sur le diagramme ternaire ne modifie pas cette interprétation. En effet, cela signifie simplement qu'en termes d'éléments majeurs, sa composition est similaire à celle du chert Touladi, mais que lorsque l'on s'attarde à sa géochimie générale, il ne concorde plus du tout avec le chert du Témiscouata. En somme, ce diagramme

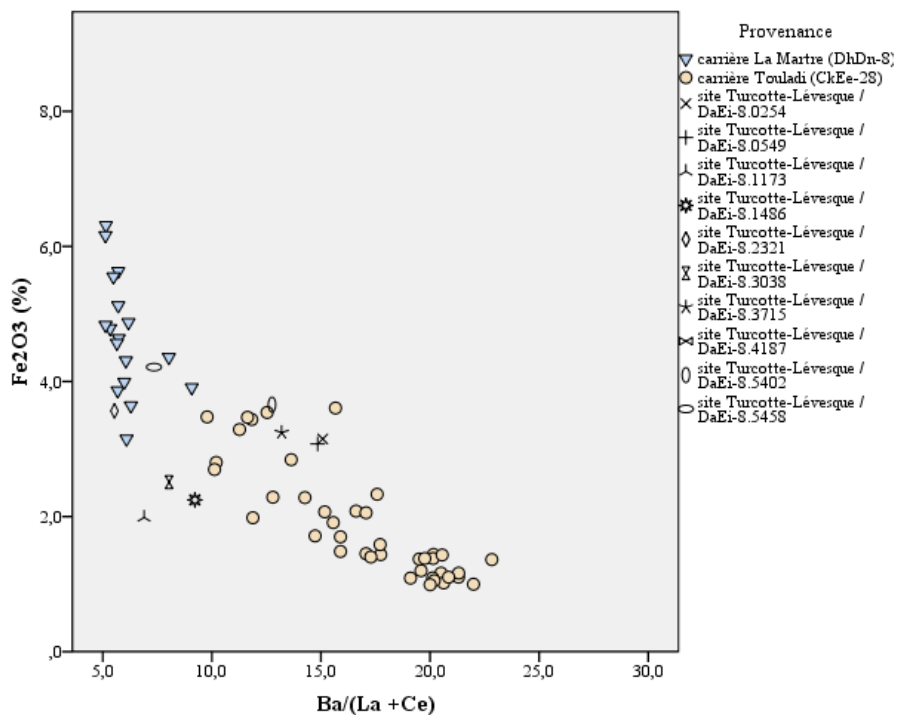


n'éclaircit pas beaucoup la situation, si ce n'est qu'il confirme encore une fois que les artefacts sont bel et bien en chert appalachien.

La démarcation s'éclaircit sur les diagrammes binaires (figures 6.8 et 6.9), où il devient possible d'identifier de quel côté se trouvent la plupart des artefacts. D'entrée de jeu, il est possible de constater que l'échantillon 4187 ne provient pas d'une des deux sources à l'étude (figure 6.8). Seuls deux échantillons (2321 et 5458) se situent dans le nuage de La Martre, tandis que les autres se situent à l'intérieur (254, 549, 3715 et 5402) ou en périphérie (1173, 1486 et 3038) de la zone Touladi. Cette situation confirme qu'il ne faut pas avoir recours uniquement à l'un des graphiques présentés pour se faire une idée de la provenance d'un échantillon. Par exemple, le 2321 semble ici provenir de La Martre, mais si l'on consulte à nouveau le diagramme à bandes, on constate que ses concentrations de baryum, lanthane, néodyme, thorium, zircon, titane et niobium ne



**Figure 6.8** Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Turcotte-Lévesque.



**Figure 6.9** Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Turcotte-Lévesque.

concordent pas avec cette carrière. Dès lors, malgré sa présence dans le diagramme binaire dans la zone de La Martre, son origine demeure inconnue. La situation est semblable dans le cas de l'échantillon 5402, pour lequel il serait tentant de supposer une origine Touladi en raison de son emplacement dans les diagrammes ternaires et binaires. Or, bien que moins évidents cette fois, certains écarts par rapport à la bande Touladi, dans les teneurs en strontium, calcium, manganèse et titane, nuancent encore une fois cette interprétation.

En somme, mis à part le 2321 et le 4187 qui proviennent vraisemblablement d'autres sources, il est extrêmement difficile de se prononcer au sujet du débitage du site Turcotte-Lévesque. En se basant sur l'ensemble des graphiques, seuls les échantillons 549 et 3715 semblent être originaires de la carrière Touladi.

### *Analyse discriminante*

Mentionnons d'abord qu'en raison de sa distance Mahalanobis (22,771, tableau VI.II) supérieure au seuil maximal décrété, l'échantillon 4187 ne peut être déclaré comme provenant de la carrière de La Martre comme le déclare l'analyse discriminante (tableau VI.II). Pour le reste, les résultats de l'analyse confirment ce qui était observable sur le graphique binaire (figure 6.9). L'échantillon 5458 proviendrait ainsi de La Martre, tandis que les échantillons 549 et 3715 seraient originaires de la carrière Touladi. Quant aux autres, leur emplacement sur les autres graphiques fait en sorte que la détermination de leur origine est impossible. Par exemple, les échantillons 1173, 1486 et 3038 demeurent de provenance inconnue, puisque les résultats de l'analyse discriminante ne sont pas confirmés hors de tout doute par le diagramme binaire (figure 6.9).

	Groupe prédit	D <sup>2</sup>
DaEi-8.0254	2	,053
DaEi-8.0549	2	3,737
DaEi-8.1173	1	1,438
DaEi-8.1486	1	5,260
DaEi-8.2321	1	,017
DaEi-8.3038	1	1,531
DaEi-8.3715	2	,688
DaEi-8.4187	1	22,771
DaEi-8.5402	2	,418
DaEi-8.5458	1	1,260

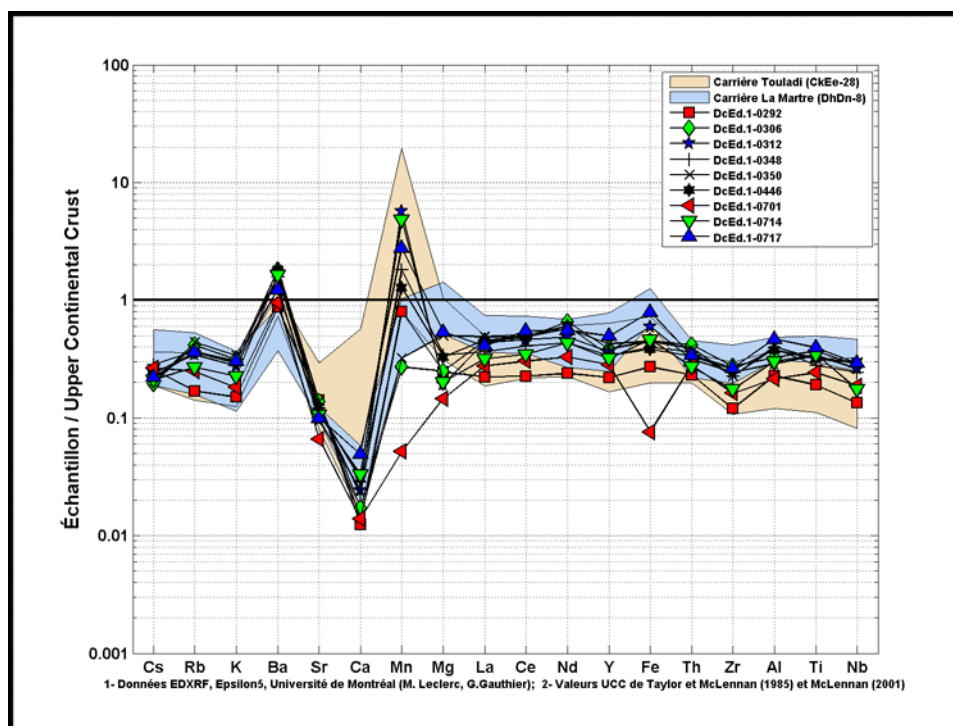
**Tableau VI.II**

Résultat de l'analyse discriminante, effectuée à partir des concentrations de baryum, de lanthane et de cérium, des échantillons du site Turcotte-Lévesque, sur la base de la classification effectuée à l'aide des échantillons en plaquettes. Le groupe 1 correspond à la carrière de La Martre, alors que le groupe 2 correspond à celle de Touladi. Le D<sup>2</sup> représente la distance Mahalanobis entre l'échantillon et le centroïde, mise au carré.

### **Rimouski**

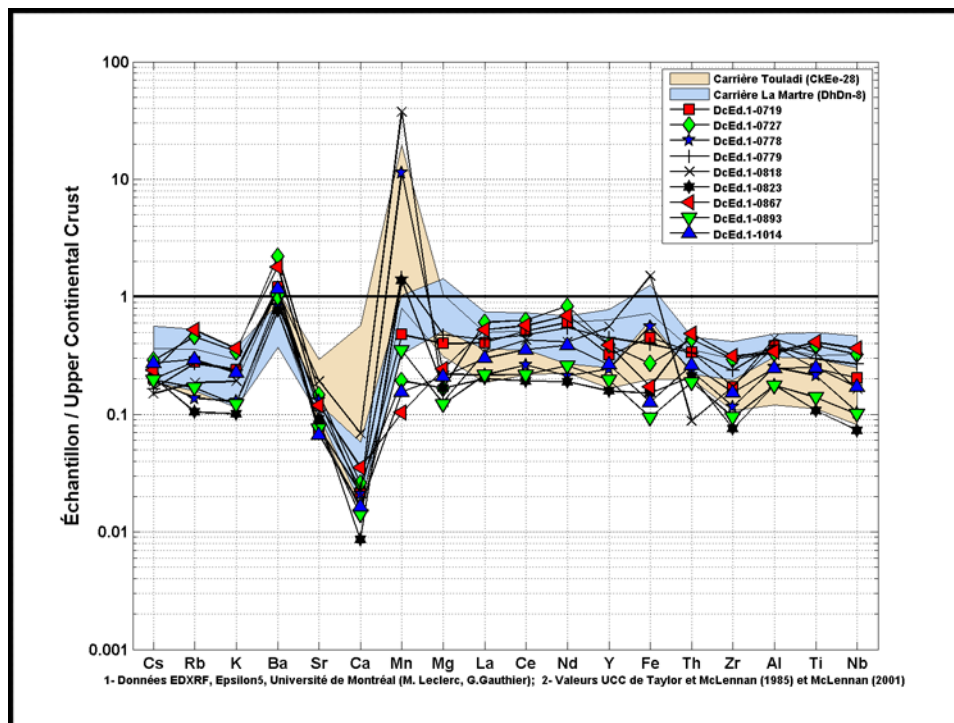
Puisque ce site se distingue par le nombre plus important d'échantillons (n = 24), le nombre de graphiques fut lui aussi multiplié afin que les données demeurent lisibles. Au cours des pages qui suivent, les résultats sont donc dispersés sur trois diagrammes à bandes (figures 6.10, 6.11 et 6.12) et trois diagrammes ternaires (6.13, 6.14 et 6.15).

Tous les échantillons se retrouvent sur un seul et même diagramme binaire en fin de section, où un code de couleur permet de s'y retrouver.

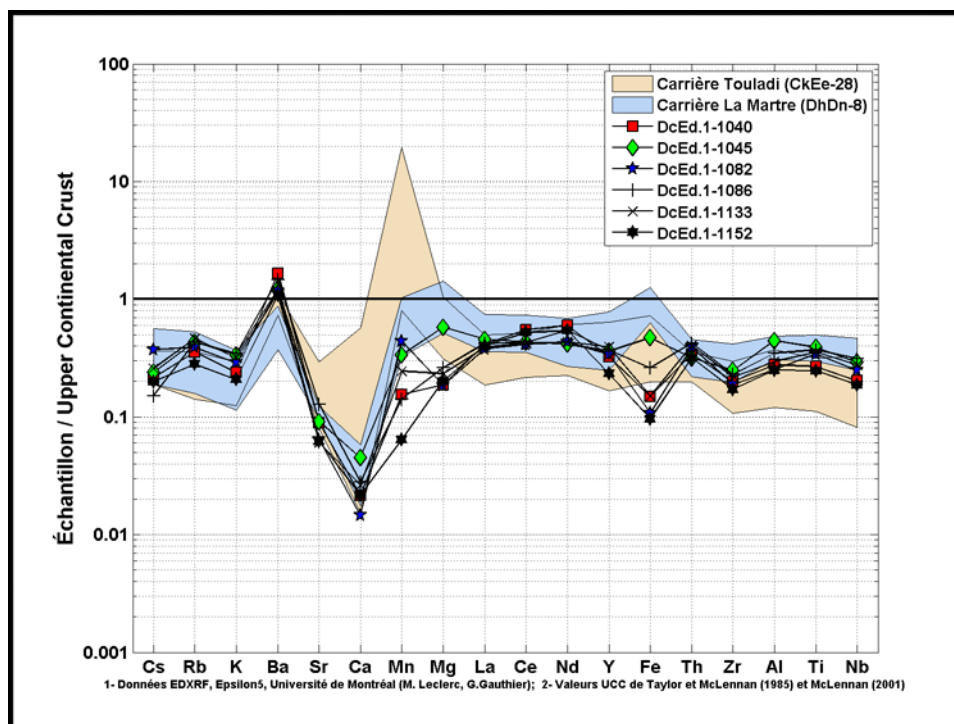


**Figure 6.10** Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site Rimouski (partie 1).

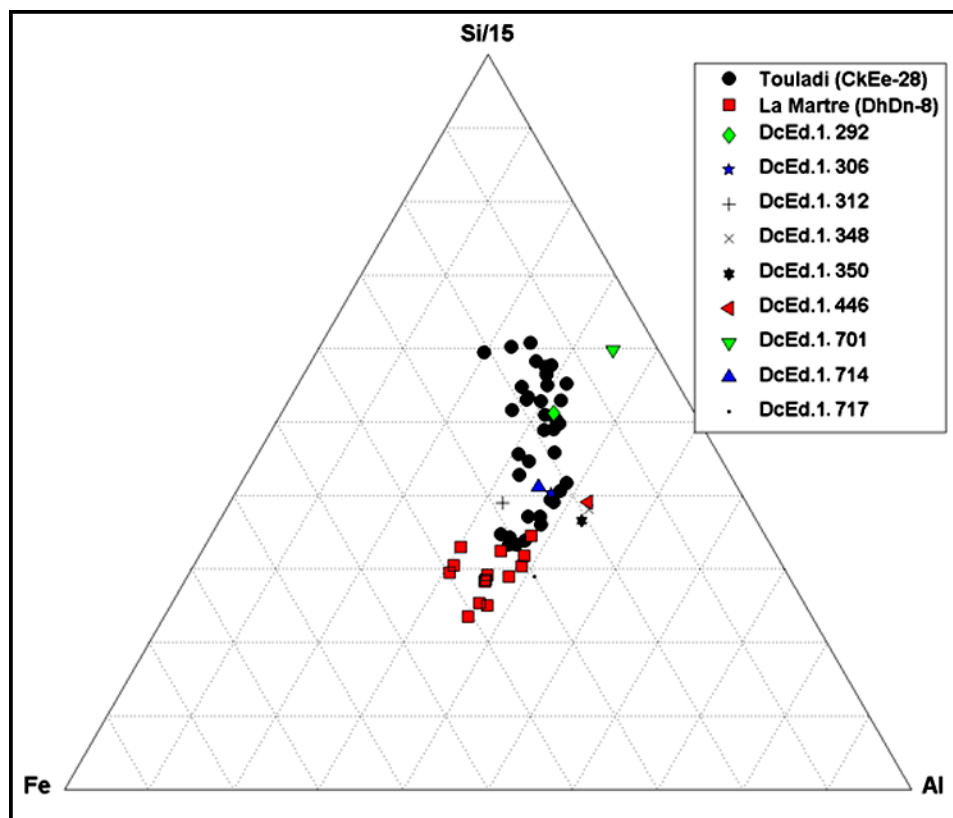
Les diagrammes à bandes permettent d'écarter d'emblée une provenance de La Martre ou de Touladi pour neuf artéfacts, soit 701 (figure 6.10), 727, 818, 823, 867, 893 (figure 6.11), 1040, 1082 et 1152 (figure 6.12), qui se démarquent souvent en raison d'un appauvrissement marqué en fer. Fait particulier, aucun de ces éclats ne provient de la zone est du site. En ce qui concerne le reste de l'échantillonnage, il demeure encore une fois difficile d'associer un échantillon à une quelconque origine.



**Figure 6.11** Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site Rimouski (partie 2).

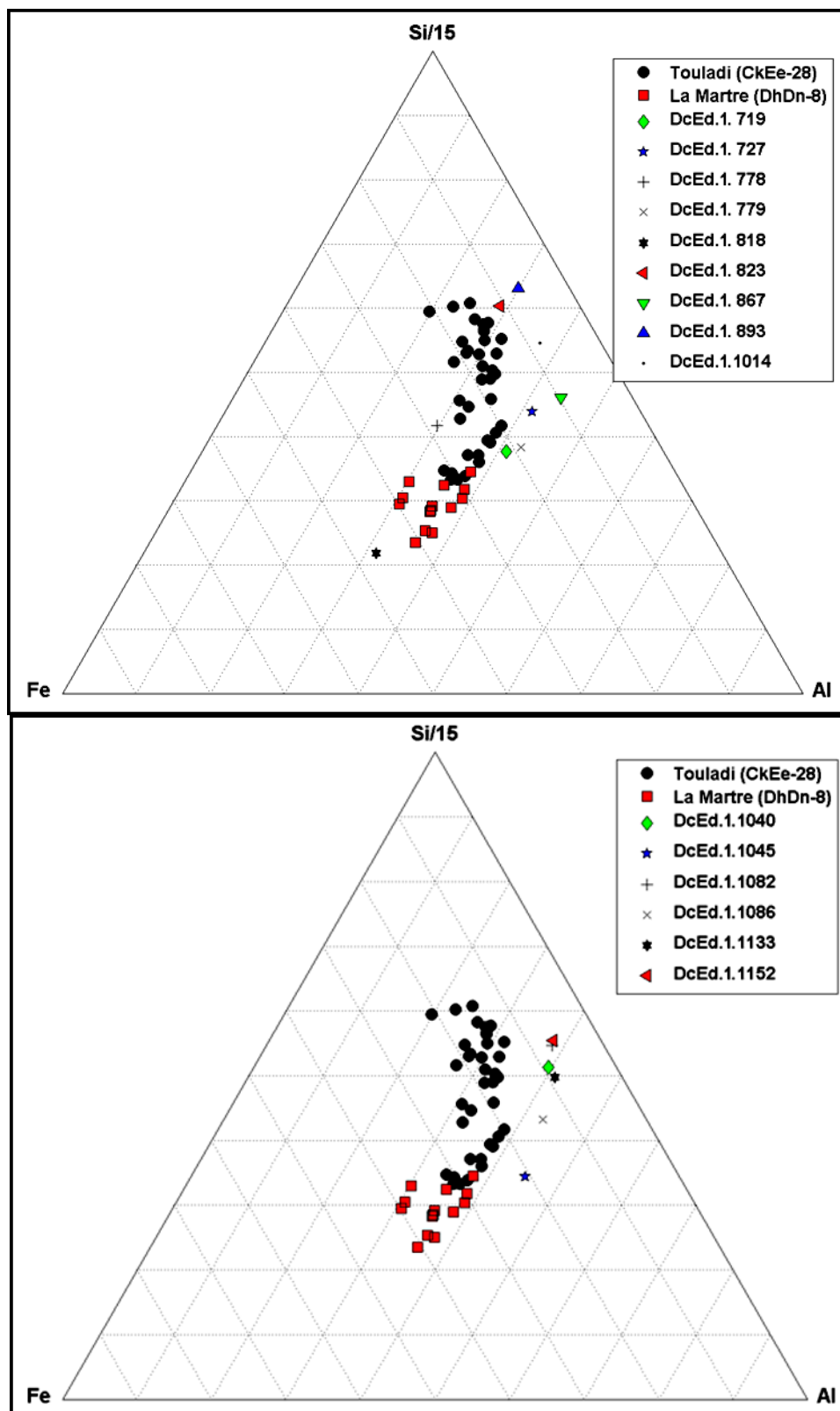


**Figure 6.12** Diagramme à bande mettant en relation les échantillons géologiques des carrières aux éclats archéologiques du site Rimouski (partie 3).



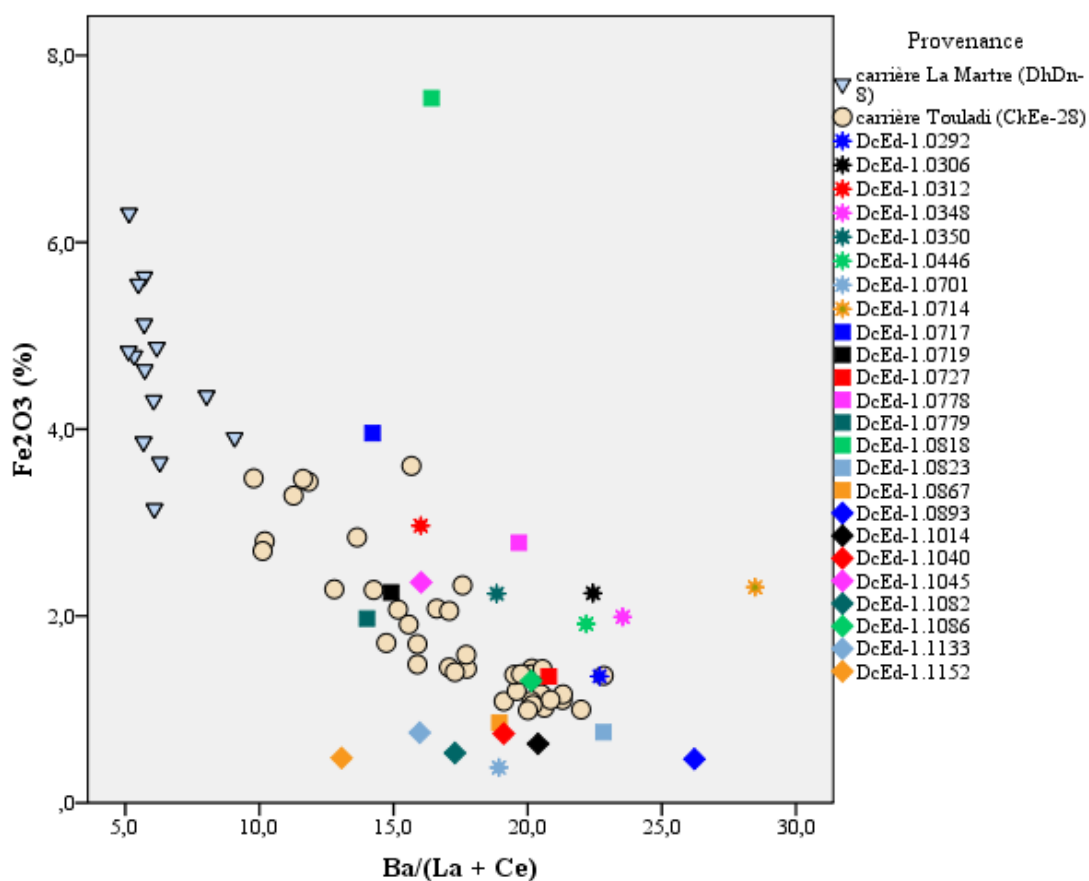
**Figure 6.13** Diagramme ternaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Rimouski (partie 1).

Ce qui frappe à première vue sur les diagrammes ternaires, c'est que rares sont les artefacts se situant du côté de La Martre, que ce soit à l'intérieur du nuage ou même à sa périphérie, alors que seuls deux échantillons s'en approchent (717 sur la figure 6.13 et 818 sur la figure 6.14). Parmi l'ensemble des autres échantillons, seuls les échantillons 292, 306, 312 et 714 sur la figure 6.13 et 719, 778, 779 et 823 sur la figure 6.14 se trouvent réellement très près du nuage de la carrière Touladi. Quant aux autres, c'est en raison de la faible teneur en fer déjà mentionnée à leur égard qu'ils se situent en périphérie des diagrammes.



**Figures 6.14 et 6.15** Diagrammes ternaires mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Rimouski (parties 2 et 3).

Enfin, lorsque l'on considère le diagramme binaire, l'absence de chert de La Martre parmi l'échantillonnage du site de Rimouski apparaît de façon assez nette. Aucun artefact ne s'approche de la zone gaspésienne, ce qui est assez surprenant compte tenu de l'emplacement géographique de ce site. Tout comme dans le cas des diagrammes ternaires, la plupart des points (à l'exception de 818) gravitent autour de la zone Touladi à des distances variables, les plus rapprochés étant les échantillons 292, 312, 350, 719, 727, 779, 1045 et 1086.



**Figure 6.16** Diagramme binaire mettant en relation les échantillons géologiques aux éclats archéologiques du site Rimouski.



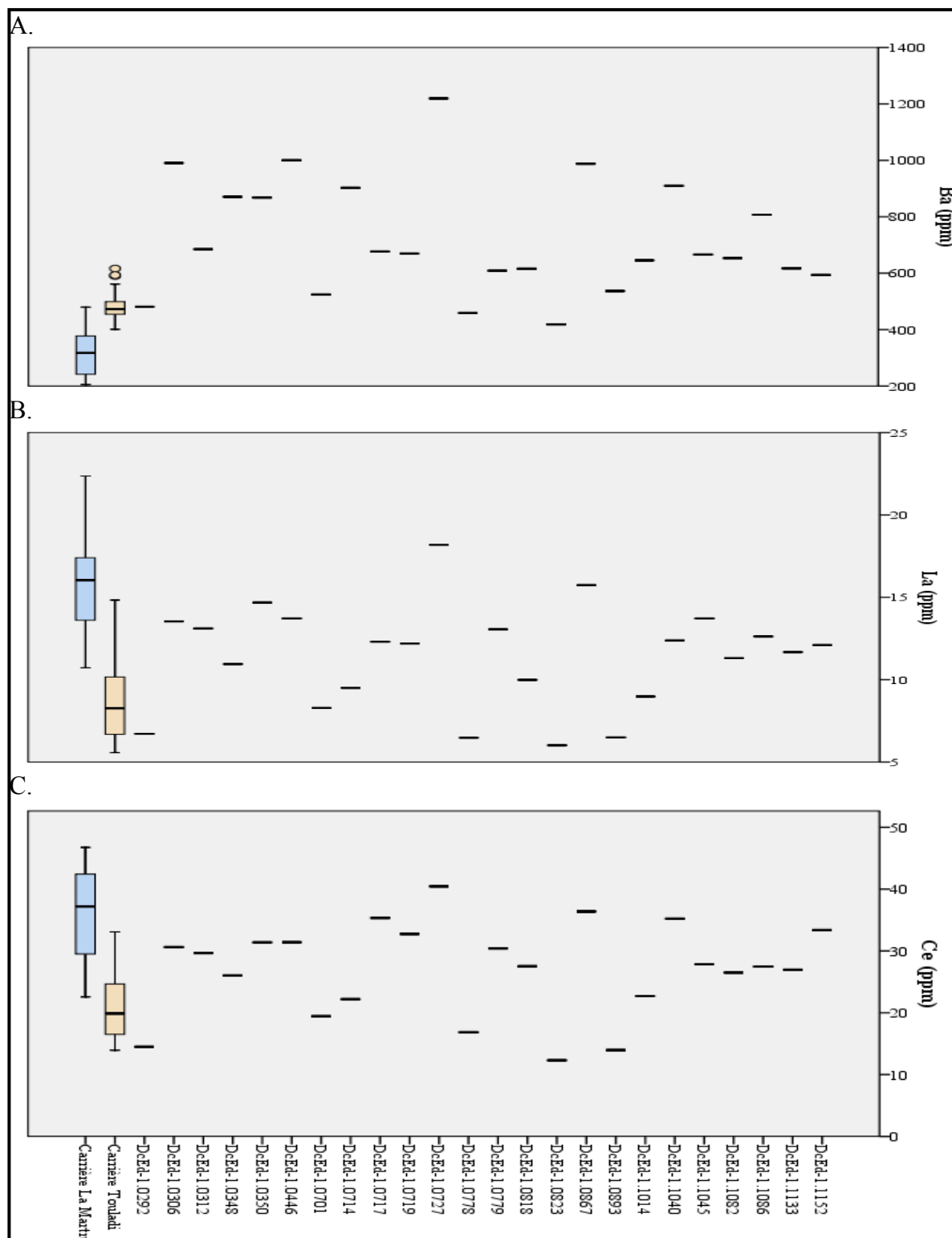
### *Analyse discriminante*

L'analyse discriminante apporte une lumière inattendue sur les résultats. En effet, les distances  $D^2$  observées pour certains échantillons qui se trouvaient à l'intérieur du nuage Touladi sur le diagramme binaire sont très élevées et dépassent les seuils maximums imposés (tableau VI.III). Cela est causé par le fait que la majorité des échantillons de Rimouski ont une très forte concentration en baryum, en lanthane et en cérium, mais que les proportions de ces trois éléments demeurent comparables avec le chert Touladi, ce qui fait en sorte que le ratio  $Ba / (La + Ce)$  n'est peu ou pas affecté. Toutefois, prises individuellement, les concentrations de ces trois éléments ne concordent pas avec les résultats obtenus pour la carrière Touladi, particulièrement en ce qui a trait au baryum (figure 6.17).

	Groupe prédit	$D^2$
DcEd-1.0292	2	,592
DcEd-1.0306	2	50,414
DcEd-1.0312	2	3,848
DcEd-1.0348	2	34,692
DcEd-1.0350	2	21,720
DcEd-1.0446	2	51,677
DcEd-1.0701	2	,784
DcEd-1.0714	2	48,909
DcEd-1.0717	2	2,985
DcEd-1.0719	2	3,108
DcEd-1.0727	2	88,673
DcEd-1.0778	2	,106
DcEd-1.0779	2	,382
DcEd-1.0818	2	2,662
DcEd-1.0823	2	,001
DcEd-1.0867	2	38,635
DcEd-1.0893	2	3,273
DcEd-1.1014	2	6,991
DcEd-1.1040	2	32,959
DcEd-1.1045	2	2,504
DcEd-1.1082	2	4,071
DcEd-1.1086	2	18,566
DcEd-1.1133	2	1,624
DcEd-1.1152	2	,192

**Tableau VI.III** Résultat de l'analyse discriminante, effectuée à partir des concentrations de baryum, de lanthane et de cérium, des échantillons du site Rimouski, sur la base de la classification effectuée à l'aide des échantillons en plaquettes. Le groupe 1 correspond à la carrière de La Martre, alors que le groupe 2 correspond à celle de Touladi. Le  $D^2$  représente la distance Mahalanobis entre l'échantillon et le centroïde, mise au carré.

En considérant les distances Mahalanobis, on constate que les échantillons 306, 348, 350, 446, 714, 727, 867, 1040 et 1086 doivent être interprétés comme provenant d'une autre carrière (tableau VI.III). Pour certains de ces échantillons, ce constat est étonnant puisqu'ils se trouvaient au cœur de la distribution des échantillons Touladi sur la figure 6.16 (par exemple 727 et 1086). Somme toute, en colligeant les informations provenant des graphiques et de l'analyse discriminante, il est possible d'affirmer qu'aucun échantillon ne provenant de la carrière de La Martre n'est inclut dans l'échantillonnage du site de Rimouski. Parmi le reste du groupe, les échantillons 306, 312, 719 sont parmi les plus convaincants quant à leur provenance de la carrière Touladi.



**Figure 6.17** Représentation de la distribution des valeurs obtenues pour le baryum (A), le lanthane (B) et le cérium (C) pour chacun des échantillons du site de Rimouski (traits), de même que pour l'ensemble des carrières de La Martre et Touladi (boîtes à moustaches).

## 7. DISCUSSION FINALE

### Caractérisation des carrières

En ce qui a trait à la caractérisation chimique des carrières de La Martre et Touladi, les contributions de ce mémoire sont multiples. D'abord, d'un point de vue méthodologique, ce projet aura permis de déterminer les éléments pour lesquels les performances du *PANalytical Epsilon 5* sont les meilleures en ce qui concerne l'analyse de cherts appalachiens. Sur les 33 éléments potentiellement analysables, 19 se sont avérés suffisamment précis, selon nos critères, pour effectuer la caractérisation et pour tracer les diagrammes à bandes qui permettent, en un coup d'œil, d'avoir une idée générale de la composition chimique des cherts à l'étude. Parmi ces éléments, trois éléments majeurs, soit la silice, l'aluminium et le fer, furent quant à eux utilisés pour tracer des diagrammes ternaires, révélateurs des particularités chimiques des cherts par rapport à ces trois éléments, qui constituent ensemble plus de 95% de leur composition. Enfin, trois éléments traces, soit le baryum, le lanthane et le cérium, furent sélectionnés, sur la base de critères relatifs à leur faible mobilité, à l'homogénéité relative de leurs distributions et parce qu'ils sont peu susceptibles d'être influencés par des effets de surface, pour tracer les graphiques binaires discriminant les deux cherts et pour procéder aux analyses statistiques discriminantes.

En combinant les observations générales tirées des diagrammes à bandes, les données relatives aux éléments majeurs principaux provenant des diagrammes ternaires et les diagrammes binaires où se trouvent les éléments traces les plus robustes, il est possible d'effectuer une discrimination sur des bases solides et variées. De plus, la caractérisation s'effectue dans le respect de l'approche géochimique-géologique préconisée en début de mémoire, puisque les structures des cherts à l'étude sont bien connues, de même que les particularités de dispersion particulières de certains éléments. Quant à l'analyse statistique discriminante, son apport quantitatif vient confirmer ce qui est observable graphiquement, contribuant ainsi à la robustesse de l'exercice. En somme, la combinaison des voies de discrimination s'avère primordiale pour la caractérisation,

puisque chaque élément sélectionné, de même que chaque graphique, nous renseigne d'un point de vue différent sur les attributs *sui generis* des cherts.

Comme le laboratoire où fut réalisé ce projet en est à ses débuts, la démarche ayant mené à ces choix d'éléments et à ce mode de caractérisation graphique s'est avérée ponctuée d'essais infructueux et de fausses pistes. Il va sans dire que ce projet représente un effort de défrichage qui contribue à l'établissement d'une méthodologie de travail qui servira lors des prochains projets réalisés par le laboratoire de caractérisation non destructrice de l'Université de Montréal

Sur le plan archéométrique, cette étude démontre que l'analyse non destructrice par fluorescence aux rayons X d'échantillons géologiques non réduits en poudre produit des résultats de qualité suffisante pour discriminer les cherts d'origine biogénique provenant des carrières de La Martre et de Touladi. Les compositions chimiques de ces deux roches se sont en effet avérées suffisamment différentes, autant en ce qui concerne les éléments majeurs que les éléments traces, pour que les deux carrières se distinguent l'une de l'autre. À ce stade de développement de la méthode, bien que les variations chimiques observées entre les deux cherts soient sans aucun doute le reflet des conditions de formation des cherts, il est encore trop tôt pour les lier avec précision aux processus géologiques responsables. En effet, la compréhension des mécanismes géologiques exacts influençant la composition des cherts est, à ce jour, peu ou prou réalisée. Il n'en demeure pas moins que les critères chimiques précédemment présentés sont distincts d'une carrière à l'autre et permettent de les distinguer.

Malgré ce constat, il persiste une zone mitoyenne sur les graphiques, c'est-à-dire que les nuages de points correspondant aux deux carrières ne sont pas complètement dissociés et ce, même après l'application des analyses statistiques. Certaines pistes de réflexion pourraient être empruntées dans l'avenir afin d'affiner la résolution de la caractérisation. L'application de méthodes statistiques plus complexes, telles que des analyses en composantes principales par exemple, permettrait peut-être de pallier ce chevauchement. Une meilleure connaissance des relations liant les compositions

chimiques des cherts à leur environnement originel pourrait aussi s'avérer utile afin de mieux sélectionner et interpréter les différences chimiques observées. À ce sujet, il s'est avéré, à la fois sur les graphiques et suite à l'analyse discriminante, que l'échantillon de couleur verdâtre provenant de la carrière de La Martre, est davantage semblable au chert Touladi que les variétés grises. Comme l'échantillon géologique DhDn-8.2 est le seul à arborer cette teinte, il est difficile de savoir si cela représente une tendance générale ou un cas isolé. Néanmoins, il pourrait être intéressant de vérifier cette hypothèse et d'élargir l'échantillonnage de chert vert et de s'interroger à savoir si la caractérisation de ce chert nécessiterait d'autres critères chimiques que ceux envisagés dans ce mémoire. Quoiqu'il en soit, si la caractérisation du chert vert est un jour envisagée, il sera aussi essentiel d'y inclure le chert vert de Québec.

Mis à part cette exception, les résultats tendent à confirmer que les observations macroscopiques représentent un moyen peu sûr d'associer des artefacts en chert à une source particulière. En effet, malgré les fissures, les regroupements de pyrites et autres irrégularités observables à la surface des échantillons géologiques, il fut pratiquement impossible d'établir des relations directes entre la présence de ces traits et la composition chimique. La seule exception notable concerne les fissures à l'aura brunâtre/rougeâtre, présentes à la surface de certains échantillons, qui ont tendance à faire augmenter la teneur de fer de ceux-ci. Cette situation illustre l'importance de la réalisation de travaux archéométriques afin de vérifier, corriger et affiner les observations effectuées de façon macroscopique.

Par ailleurs, il sera intéressant de constater dans le futur si cette discrimination résistera à l'ajout d'autres sources de chert appalachien. En effet, il est possible que la séparation obtenue entre les sources de La Martre et Touladi devienne moins distincte lorsque d'autres sources de matières premières semblables seront ajoutées à l'équation. Malgré cette possibilité, nous sommes confiants que les critères discriminants choisis se révéleront pertinents à long terme, puisque d'autres matières provenant de sources environnantes, tels que les cherts de Normanskill, d'Hathaway et de Québec, ont déjà commencé à être comparées aux cherts des carrières de La Martre et Touladi, et que les

résultats se distinguent clairement les uns par rapport aux autres (Gauthier 2009, comm. pers.). D'autre part, l'ajout d'autres sources augmentera la pertinence de l'analyse discriminante. Quoi qu'il en soit, il est pertinent de construire sur les bases solides présentées dans ce mémoire et d'ajouter éventuellement d'autres sources de cherts appalachiens au raisonnement, de manière à augmenter de façon significative l'applicabilité de la caractérisation à des fins archéologiques.

### **Validation de la caractérisation suite à l'analyse d'éclats expérimentaux**

Cette étape constitue la pierre angulaire de ce mémoire, en ce sens qu'elle fait le pont entre la partie géologique de celui-ci et les applications archéologiques envisageables. En effet, alors que les résultats relatifs aux plaquettes polies déterminent qu'il est possible de différencier les deux carrières sur des bases géologiques, la confirmation que ces résultats sont comparables à ceux obtenus par l'analyse d'éclats rend cette caractérisation applicable dans un contexte archéologique, ce qui représente l'objectif ultime de ce genre d'effort. Bien que les surfaces irrégulières et l'hétérogénéité de la matrice des échantillons non polis semblent causer de légères variations de concentrations, observables sur les graphiques présentés au chapitre précédent, les résultats obtenus à partir d'échantillons polis et non polis demeurent suffisamment analogues pour suggérer que l'intégrité des analyses n'est pas compromise par l'approche non destructrice. Malgré la perte de résolution entraînée par le choix de cette approche, il demeure clairement possible de procéder à une caractérisation, tout en bénéficiant des avantages qu'apporte la non destructivité des échantillons. C'est donc dire que les procédés employés par le *PANalytical Epsilon 5* pour pallier les effets de surface, de matrice, de pépite et de l'altération sont suffisamment efficaces pour permettre l'analyse d'échantillons archéologiques.

Une des avenues de recherche qui pourrait être envisagée dans un avenir rapproché implique l'analyse d'éclats archéologiques provenant des sites des régions du Témiscouata et de La Martre. L'utilisation de la matière locale est établie dans la majorité des cas et les résultats permettraient, en plus des éclats expérimentaux, de

confirmer de façon encore plus solide que les résultats obtenus à partir des plaquettes peuvent être comparés avec des éclats. Par ailleurs, il serait aussi intéressant de broyer quelques échantillons afin de comparer les résultats obtenus suite aux analyses non destructrice, par rapport à ce qui serait possible d'obtenir à partir de pastilles de poudre.

### **Détermination de la présence des cherts de La Martre et Touladi sur les sites archéologiques sélectionnés**

De manière générale, les résultats relatifs aux éclats archéologiques peuvent se résumer de la façon suivante. L'utilité des diagrammes à bandes se limite le plus souvent à éliminer les échantillons présentant des profils chimiques généraux différents des cherts provenant des carrières. Une fois cette étape accomplie, la plupart des tracés semblent parallèles et il devient nécessaire d'utiliser les autres outils discriminants. C'est l'usage combiné des trois graphiques qui permet de déterminer hors de tout doute l'origine des artefacts. À cette démonstration tricéphale s'ajoute l'analyse discriminante, à la pertinence modérée vu le faible nombre de sources impliquées et le non respect de nombreux prérequis à son application. Malgré ces nuances, elle représente un argument de plus, un point de vue différent, à partir duquel il est permis de prendre une décision éclairée. Rappelons que l'objectif de ce mémoire n'est pas de procéder à une étude de provenance en règle et que cette partie du mémoire ne sert qu'à valider la caractérisation en tentant de repérer les cherts sur les sites archéologiques.

#### ***Anse à la Vache***

Les deux types de chert furent repérés au sein de cette occupation iroquoienne du Saint-Laurent. Au moins deux éclats semblent assurément provenir des carrières de La Martre (698 et 738) et Touladi (723 et 790), tandis que l'échantillon 2089 fut quant à lui interprété comme provenant d'une autre source. Quant aux autres échantillons, dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de déterminer avec certitude leur provenance.

L'ensemble formé des échantillons 724, 835, 888A et 888B, distinct du chert de La Martre par leurs concentrations en fer plus élevées, est intéressant en raison de son



homogénéité. On pourrait supposer que ces quatre échantillons proviennent de La Martre, mais que l'échantillonnage de la carrière n'est pas suffisant pour couvrir entièrement la variabilité interne en fer de celle-ci. Toutefois, l'échantillonnage de la carrière est assez exhaustif, ce qui rend cette hypothèse douteuse. Ensuite, il se pourrait que ces éclats proviennent de La Martre, mais qu'ils se distinguent des autres éclats par la présence accentuée de cristaux de fer. Or, l'examen au binoculaire de la surface des éclats n'a pas permis de repérer une telle particularité. Troisièmement, il est probable que ces quatre éclats proviennent d'une autre source, dont les caractéristiques chimiques ressemblent à celles de La Martre, à l'exception de la concentration en fer. Puisque le fer est un élément majeur, il est aussi possible que l'altération post-dépositionnelle puisse avoir joué un rôle.

### *Turcotte-Lévesque*

Les deux cherts sont aussi présents sur le site Turcotte-Lévesque, où l'échantillon 5458 fut associé à la carrière de La Martre, alors que les échantillons 549 et 3715 le furent par rapport à la carrière Touladi. Encore une fois, un échantillon (4187) est vraisemblablement originaire d'une autre source. De manière générale cependant, l'assemblage du site Turcotte-Lévesque témoigne de la difficulté de caractériser efficacement les cherts, puisque la plupart des échantillons se situent dans la zone mitoyenne entre les deux carrières et ce, aussi bien pour les éléments majeurs que pour les éléments traces.

Le nuages de points du site Turcotte-Lévesque, à la frontière entre les deux carrières sur le diagramme binaire, peut s'interpréter de deux façons. D'abord, il se peut que cela représente la limite de résolution de la méthode de caractérisation, situation devant laquelle deux réactions sont possibles. Ou bien on accepte ce fait et l'on conclut que les cherts de La Martre et Touladi sont trop semblables pour être distingués de façon non destructrice, ou alors on investit dans le développement de démarches statistiques plus complexes. Quoique plus optimiste, cette dernière avenue dépasse le cadre de ce mémoire, où l'accent n'a pas été mis sur les manipulations statistiques propres aux

études de provenance, mais plutôt à la description et la différenciation, sur des bases chimiques, des deux carrières.

D'autre part, il se peut aussi que l'approvisionnement en chert des occupants de ce site ait été effectué en une multitude d'endroits, ce qui expliquerait la continuité de l'expression chimique observée. Pour vérifier cette hypothèse, il faudrait effectuer un travail d'inventaire afin de localiser le plus de sources de chert appalachien possible, puis, échantillonner sur chacune d'entre elles et procéder aux analyses. Sans nécessairement aller jusqu'à rechercher de nouvelles sources de matières sur le terrain, il pourrait être intéressant dans l'avenir d'ajouter au raisonnement le chert de Québec et certains autres cherts à la géochimie semblable, dont les sources connues se trouvent plus au sud, tel que le chert Normanskill par exemple. Pour le moment, contentons-nous d'affirmer que les cherts de La Martre et Touladi sont tous deux présents sur ce site, ce qui permet de soulever quelques réflexions quant aux comportements des occupants.

#### Iroquoiens du Saint-Laurent

Sans remettre en question les modèles relatifs aux schèmes d'établissement et d'approvisionnement en matières premières lithiques des Iroquoiens du Saint-Laurent, il est intéressant d'intégrer les nouvelles données présentées dans ce mémoire à ce qui est déjà connu de ce groupe. La présence des deux cherts sur les deux sites, combinés au fait que sur chacun des sites se trouve aussi un échantillon provenant d'une tierce source, semble témoigner d'une utilisation variée des matières premières. De plus, bien que déjà suggérée par diverses sources ethnohistoriques et archéologiques, qui furent d'ailleurs présentées au cours du chapitre 2, l'idée de la présence d'Iroquoiens, ou du moins de l'influence iroquoise, en Gaspésie s'en trouve fortifiée par la présence de chert de La Martre sur ces deux sites de l'île Verte. Qu'il ait été acquis directement ou via un échange, il n'en demeure pas moins que la présence de ce matériau à l'embouchure des rivières Trois-Pistoles et Saguenay au fleuve Saint-Laurent témoigne d'interactions survenues entre les Iroquoiens et les groupes algonquiens occupant le territoire gaspésien.

La présence des Iroquoiens si loin à l'est est généralement perçue comme étant très tardive, probablement associée à la présence des Européens dans le golfe (Martijn 1990: 58; Tremblay 2009: comm. pers.). Toutefois, la présence de chert de La Martre sur des sites dont les occupations sont datées de la phase Saguenay, soit entre 1200 et 1350 ap. J.-C., suggère quant à elle que l'exploitation de la source de La Martre était déjà pratiquée par les ancêtres des Iroquoiens rencontrés par Cartier. Cela dit, l'échantillonnage archéologique réduit, de même que le faible nombre de carrières impliquées dans le raisonnement nuancent ces hypothèses. Il est évident que davantage de travaux sont nécessaires avant d'affirmer hors de tout doute que les Iroquoiens de la région de Québec s'approvisionnaient régulièrement en chert de La Martre.

Quant au chert Touladi, sa présence sur les sites de l'île Verte s'ajoute aux nombreux indices témoignant des interactions ayant eu lieu entre les occupants de cette région et les Iroquoiens du Saint-Laurent. Ce résultat est somme toute moins surprenant que celui relatif au chert de La Martre, étant donné que la présence de chert Touladi était déjà fortement soupçonnée sur l'île Verte. Tout de même, les résultats présentés dans ce mémoire tendent à certifier cette présence.

### ***Rimouski***

D'un point de vue méthodologique d'abord, l'assemblage du site de Rimouski a permis de souligner la pertinence de pratiquer une caractérisation basée sur une multitude de critères. En effet, alors que certains échantillons semblaient clairement appartenir au chert Touladi sur le diagramme binaire, l'analyse discriminante a quant à elle mis en évidence les écarts importants des concentrations de baryum, de lanthane et de cérium entre la carrière et les éclats archéologiques. Cette situation particulière illustre la pertinence de combiner des graphiques et des moyens quantitatifs pour caractériser les cherts.

En ce qui concerne l'échantillonnage de ce site du Paléoindien récent, il semble clair qu'aucun échantillon ne concorde avec le profil chimique du chert de La Martre.

Trois échantillons, soit 306, 312 et 719, arborent quant à eux une composition chimique semblable à celle du chert du Témiscouata. Pour le reste, bien que partageant plus d'affinités avec le chert Touladi qu'avec celui de La Martre, la provenance des autres échantillons ne peut être identifiée avec certitude. Il est étonnant de constater qu'aucun artefact en chert de La Martre n'a été repéré, puisque les deux sites datent de la même époque et se situent tous deux sur les rives du Saint-Laurent. Quant aux trois échantillons à l'origine Touladi présumée, leur présence à Rimouski appuie la contemporanéité du site de Squatec (ClEe-9), de même que les interactions entre ces deux régions à cette époque. Toutefois, la grande quantité d'artefacts de provenance inconnue incite à penser que l'acquisition de matières premières lithiques s'est principalement effectuée sur une autre carrière. Ce scénario est d'ailleurs en accord avec les conclusions de Marquis (1994 : 138) et Chapdelaine et Kennedy (1994 : 154) qui suggèrent une exploitation des affleurements de Sainte-Anne-des-Monts par les occupants du site de Rimouski, sans toutefois exclure l'utilisation potentielle de chert Touladi.

En somme, l'objectif de localiser le chert de La Martre ou de Touladi sur les trois sites archéologiques sélectionnés s'est avéré un succès. D'autre part, bien qu'il soit approprié de modérer l'importance de ces résultats en raison du faible nombre d'échantillons archéologiques et de carrières à l'étude, il est tout de même à propos de souligner que les efforts de caractérisation ici présentés permettent de jeter un nouveau regard sur des problématiques archéologiques relatives aux matières premières lithiques. À ce sujet, l'apport de nouvelles données, basées sur des caractères objectifs relatifs à la composition chimique est assurément une bonne chose, qui s'inscrit en complémentarité avec les efforts pétrographiques et macroscopiques habituellement effectués.

## 8. CONCLUSION

En utilisant une technique d'analyse, peu coûteuse et rapide, il fut possible de caractériser chimiquement les cherts de La Martre et Touladi en se basant sur les concentrations de certains éléments majeurs et traces sélectionnés en fonction des capacités de l'appareillage et du comportement de ces éléments à l'intérieur de la structure des cherts. Il fut aussi établi que les échantillons géologiques peuvent être comparés aux échantillons archéologiques, et donc, que les irrégularités de surface nécessairement présentes sur les artefacts n'influencent pas de façon significative les résultats, garantissant ainsi l'applicabilité de la méthode à des fins archéologiques.

Cette caractérisation représente le premier projet réalisé au laboratoire de caractérisation non destructrice de l'Université de Montréal et constitue donc une première étape à partir de laquelle il est possible de construire. Maintenant que le fonctionnement, les capacités et la précision de l'appareillage sont connus, davantage de sources peuvent être ajoutées à la démarche, de manière à rendre les éventuelles études de provenance de plus en plus robustes. Autrement dit, bien que ce mémoire de maîtrise puisse sembler empirique, axé sur une méthodologie et détaché de l'étude des groupes préhistoriques, il n'en demeure pas moins une étape vers une meilleure connaissance du passé.

Enfin, à l'aide d'échantillonnages provenant des sites de l'anse à la Vache, Turcotte-Lévesque et Rimouski, la caractérisation fut testée et mise en pratique. En raison du faible nombre de sources impliquées et de la petite taille des échantillonnages, les résultats doivent être considérés surtout de façon informative. Il fut tout de même possible de repérer ces deux cherts au sein des assemblages, sauf pour le site de Rimouski où seul le chert Touladi semble s'y trouver. En somme, bien que sommaire, cette démonstration d'étude de provenance se basant sur la caractérisation s'est avérée concluante.

## BIBLIOGRAPHIE

- Akridge, G.D. et Benoit, P.H. (2001). Luminescence Properties of Chert and some Archaeological Applications. *Journal of Archaeological Science*, 28, 143-151.
- Benmouyal, J. (1978). La Gaspésie. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Images de la préhistoire du Québec* (vol. 7, pp. 55-61). Montréal: Recherches Amérindiennes au Québec.
- Benmouyal, J. (1981). *North Gaspé Prehistory: A Contribution to Québec archaeology*. Thèse de doctorat, Département d'archéologie, Simon Fraser University, Vancouver.
- Benmouyal, J. (1987). *Des Paléindiens aux Iroquoiens en Gaspésie : six mille ans d'histoire*. Québec: Ministère des affaires culturelles Direction de l'Est du Québec.
- Biggar, H.P. (1924). *The voyages of Jacques Cartier*. Ottawa: King's printer.
- Bisson, D. (1990). *Premier regard sur l'archéologie du Témiscouata*. Mémoire de maîtrise, Département d'anthropologie, Université de Montréal, Montréal.
- Blades, B., Glascock, M.D. et Chadelle, J.-P. (1997). Neutron activation analysis of late Cretaceous cherts from secondary deposits near Bergerac (Dordogne, France). *Journal of Middle Atlantic Archaeology*, 13, 91-104.
- Blatt, H., Middleton, G.V. et Murray, R.C. (1972). *Origin of sedimentary rocks*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Boström, K., Kraemer, T. et Gartner, S. (1973). Provenance and Accumulation Rates of Opaline Silica, Al, Ti, Fe, Mn, Cu, Ni and Co in Pacific Pelagic Sediments. *Chemical Geology*, 11, 123-148.
- Boström, K. et Peterson, M.N.A. (1969). The Origin of Aluminum-poor Ferromanganoan Sediments in Areas of High Heat Flow on the East Pacific Rise. *Marine Geology*, 7, 427-447.
- Boulanger, M.T., Hathaway, A.D., Speakman, R.J. et Glascock, M.D. (2005). A preliminary study on the suitability of instrumental neutron activation analysis (INAA) for identifying Hathaway formation chert from the northern Champlain valley of Vermont. *Archaeology of Eastern North America*, 33, 105-126.

- Bourque, P.-A., Brisebois, D. et Malo, M. (1995). Gaspé Belt. Dans H. Williams, et al. (éds.), *Geology of the Appalachian-Caledonian orogen in Canada and Greenland* (vol. 6, pp. 316-351). Ottawa: Geological Survey of Canada.
- Bourque, P.-A. et Gosselin, C. (1988). *Stratigraphie du Siluro-Dévonien de la bande du lac Auclair et de la région de Cabano-Squatec - Sud-Ouest du Témiscouata*. Charlesbourg, Rapport soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec.
- Braun, D.R., Harris, J.W.K. et Maina, D.N. (2009). Oldowan Raw Material Procurement and Use: Evidence from the Koobi Fora Formation. *Archaeometry*, 51(1), 26-42.
- Burke, A.L. (1992). *Interventions archéologiques au Témiscouata, été 1991. I- Fouilles archéologiques*, Rapport soumis au ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Burke, A.L. (1993a). *The Pelletier Site (CkEe-9), Témiscouata : a lithic workshop and habitation site*. Mémoire de maîtrise, Département d'anthropologie, Université de Montréal, Montréal.
- Burke, A.L. (1993b). *Reconnaissance archéologique au Témiscouata à l'été 1992*, Rapport soumis au ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Burke, A.L. (2000). *Lithic procurement and the Ceramic period occupation of the interior of the Maritime Peninsula*. Thèse de doctorat, State University of New York at Albany, Albany, NY.
- Burke, A.L. (2001). Témiscouata: Traditional Maliseet Territory and Connections between the St. Lawrence Valley and the St. John River Valley. Dans J.D. Nichols (éd.), *Actes du trente-deuxième Congrès des Algonquistes* (pp. 61-73). Winnipeg: University of Manitoba.
- 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), 91-93.
- Burke, A.L. (2005). *Interventions archéologiques menées sur le site CjEd-5 dans la vallée de la rivière Madawaska, Ville de Dégelis, MRC Témiscouata, juillet-août 2004*. Montréal, Rapport inédit, Ministère de la Culture, des Communications et de la Condition féminine du Québec.

- Burke, A.L. (2006). *Interventions archéologiques menées dans la vallée de la rivière Madawaska, Ville de Dégelis, MRC Témiscouata, 17 juillet au 14 août 2005*. Montréal, Rapport inédit, Ministère de la Culture, des Communications et de la Condition féminine du Québec.
- Burke, A.L. (2007). Quarry Source Areas and the Organization of Stone Tool Technology: A View from Quebec. *Archaeology of Eastern North America*, 35, 63-80.
- Burke, A.L. (2008). *Interventions archéologiques menées dans le MRC de Témiscouata, 30 juillet au 16 août 2006*. Montréal, Université de Montréal.
- Burke, A.L. et Chalifoux, E. (1998). Stratégie d'acquisition du chert Touladi et production lithique durant la période du Sylvicole au Témiscouata. Dans R. Tremblay (éd.), *L'éveilleur et l'ambassadeur : essais archéologiques et ethnohistoriques en hommage à Charles A. Martijn* (pp. 33-51). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 27.
- Burke, A.L. et Gauthier, G. (2008). Non-destructive Chemical Analysis of Archaeological Materials using Energy Dispersive X-ray Fluorescence at the Université de Montréal. *SAS Bulletin*, 31(4), 6-9.
- Calogero, B.L.A. (1992). Lithic Misidentification. *Man in the Northeast*, 43, 87-90.
- Carter, T., Poupeau, G., Bressy, C. et Pearce, N.J.G. (2006). A new programme of obsidian characterization at Catalhoyuk, Turkey. *Journal of Archaeological Science*, 33(7), 893-909.
- Chalifoux, E. (1992). *Interventions archéologiques au Témiscouata, été 1991. II-Reconnaissance archéologique*. Montréal, Rapport soumis au ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Chalifoux, E. (1993a). *Interventions archéologiques au Témiscouata, été 1992. Évaluation de cinq sites préhistoriques*. Montréal, Rapport soumis au ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Chalifoux, E. (1993b). *Paléoethnographie du site McInnis (CkEe-5) au Témiscouata*. Mémoire de maîtrise, Département d'anthropologie, Université de Montréal, Montréal.



- Chalifoux, E. (1994). La description des témoins culturels: le débitage. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture Plano* (pp. 206-228). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.
- Chalifoux, E. (1999a). *Interventions archéologiques à La Martre, été 1998: Fouille de deux sites du Paléoindien récent et découverte d'une carrière de chert*, Rapport soumis au ministère de la Culture du Québec et à la Corporation du centre d'interprétation d'archéologie préhistorique en Gaspésie et à La Martre.
- Chalifoux, E. (1999b). Late Paleoindian Occupation in a Coastal Environment: A Perspective From La Martre (Gaspé Peninsula). *Northeast Anthropology*, 57, 69-79.
- Chalifoux, E. (1999c). Les occupations paléoindiennes récentes en Gaspésie. *Recherches amérindiennes au Québec*, 29(3), 77-93.
- Chalifoux, E. (2000). *Résultats des interventions archéologiques réalisées dans la vallée de La Martre, été 1999*, Rapport soumis au ministère de la Culture du Québec et à la Corporation du centre d'interprétation d'archéologie préhistorique en Gaspésie et à La Martre.
- Chalifoux, E. et Burke, A.L. (1995). L'occupation préhistorique du Témiscouata (est du Québec), un lieu de portage entre deux grandes voies de circulation. Dans A.-M. Balac, et al. (éds.), *Archéologies québécoises* (pp. 237-270). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 23.
- Chalifoux, E., Burke, A.L. et Chapdelaine, C. (1998). *La préhistoire du Témiscouata : occupations amérindiennes dans la haute vallée de Wolastokuk*. Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 26.
- Chalifoux, E., Burke, A.L. et Jost, I. (1994). *Interventions archéologiques au Témiscouata à l'été 1993: Évaluation de dix sites préhistoriques*, Rapport soumis au ministère de la Culture et des Communications du Québec.
- Chalifoux, E. et Tremblay, R. (1998). *Entre les monts Chic-Choc et la mer de Goldthwait: l'adaptation des premiers occupants de la vallée de La Martre*, Rapport synthèse des activités archéologiques de 1995 et 1997 soumis au

ministère de la Culture et des Communications et à la Corporation du centre d'interprétation d'archéologie préhistorique de la Gaspésie à La Martre.

- Chapdelaine, C. (1986). La poterie amérindienne préhistorique du site EbCx-1, île du Havre de Mingan: identification culturelle et position chronologique. *Recherches amérindiennes au Québec*, 16(2-3), 95-101.
- Chapdelaine, C. (1988). *Le site de Chicoutimi : un campement préhistorique au pays des Kabouchaks*. Québec: Ministère des affaires culturelles, Direction générale du patrimoine, Direction des services centraux, Direction du Saguenay-Lac-Saint-Jean.
- Chapdelaine, C. (1990). *La région du Témiscouata: un carrefour préhistorique à l'ombre des grandes voies de communication*. Montréal, Rapport soumis au ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Chapdelaine, C. (1991). Poterie, ethnicité et Laurentie iroquoienne. *Recherches amérindiennes au Québec*, 21(1-2), 44-52.
- Chapdelaine, C. (1993a). La transhumance et les Iroquoiens du Saint-Laurent. *Recherches amérindiennes au Québec*, 23(4), 23-38.
- Chapdelaine, C. (1993b). The Maritime Adaptation of the Saint Lawrence Iroquoians. *Man in the Northeast*, 45, 3-19.
- Chapdelaine, C. (1994a). *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture Plano*. Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.
- Chapdelaine, C. (1994b). La datation culturelle et radiométrique. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture Plano* (pp. 230-237). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.
- Chapdelaine, C. (1994c). La description des témoins culturels: l'outillage. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture Plano* (pp. 178-204). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.
- Chapdelaine, C. (1994d). La nature et la fonction du site. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture*

- Plano* (pp. 241-266). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.
- Chapdelaine, C. (1994e). La place culturelle des paléoindiens de Rimouski dans le Nord-est américain. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture Plano* (pp. 267-277). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.
- Chapdelaine, C. (1995a). An Early Late Woodland Pottery Sequence East of Lac Saint-Pierre: Definition, Chronology, and Cultural Affiliation. *Northeast Anthropology*, 49, 77-95.
- Chapdelaine, C. (1995b). Les Iroquoiens de l'est de la vallée du Saint-Laurent. Dans A.-M. Balac, et al. (éds.), *Archéologies québécoises* (pp. 161-183). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 23.
- Chapdelaine, C. (1996). Réflexion sur l'ancienneté du peuplement initial du Québec à partir de nouveaux indices matériels du Paléoindiens récent de la région de Rimouski, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 50(3), 271-286.
- Chapdelaine, C. et Bourget, S. (1991). *Le site Morin-Martijn (CkEe-26), une carrière de chert au Témiscouata*, Rapport final soumis au ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Chapdelaine, C. et Bourget, S. (1994). La fouille archéologique. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture Plano* (pp. 162-175). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.
- Chapdelaine, C., Bourget, S., Burke, A.L. et Chalifoux, E. (1991a). *À l'ombre de la montagne au Serpent: évaluation des sites préhistoriques du Témiscouata*, Rapport final soumis à la direction de l'Est-du-Québec, ministère des Affaires culturelles, et à la société d'Histoire et d'Archéologie du Témiscouata.
- Chapdelaine, C., Clermont, N. et Marquis, R. (1995a). *Étude du réseau d'interactions des Iroquoiens préhistoriques du Québec méridional par les analyses physicochimiques*. Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 24.

- Chapdelaine, C. et Kennedy, G. (1990a). The Identity of the Prehistoric Occupants of the Témiscouata Area. Dans W. Cowan (éd.), *Papers of the Twenty-First Algonquian Conference* (pp. 72-83). Ottawa: Carleton University.
- Chapdelaine, C. et Kennedy, G. (1990b). The Origin of the Iroquoian Rim Sherd from Red Bay. *Man in the Northeast*, 40, 41-43.
- Chapdelaine, C. et Kennedy, G. (1994). Analyse par activation neutronique du chert taillé à Rimouski. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture Plano* (pp. 146-158). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.
- 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 J.-F. Moreau (éd.), *L'archéologie sous la loupe : contributions à l'archéométrie* (pp. 23-31). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 29.
- Chapdelaine, C., Kennedy, G. et Chalifoux, E. (1995b). Kégashka: de la poterie iroquoienne ou algonquienne? Dans C. Chapdelaine, et al. (éds.), *Étude du réseaut d'interactions des Iroquoiens préhistoriques du Québec méridional par les analyses physicochimiques* (pp. 71-84). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 24.
- Chapdelaine, C. et Tremblay, R. (1991). *Rapport des activités archéologiques menées au Cap-Tourmente, sur la côte de Beaupré et à l'île Verte, été 1990*, Rapport soumis au Ministère des Affaires Culturelles du Québec.
- Chapdelaine, C., Tremblay, R., Chalifoux, E., Bourget, S. et Burke, A.L. (1991b). *Le système adaptatif des Iroquoiens de la région de Québec*, Rapport final 1990-1991 soumis au Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.
- Chun, C.O.J. et Delaney, M.L. (2006). 8. Phosphorous, Barium, Manganese, and Uranium Concentrations and Geochemistry, Nazca Ridge Site 1237 Sediments. Dans R. Tiedemann, et al. (éds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results Volume 202* (pp. 1-19).

- Clermont, N. et Chapdelaine, C. (1992). Au pied du Cap Diamant, l'occupation préhistorique de la Pointe de Québec. Dans N. Clermont, et al. (éds.), *L'occupation historique et préhistorique de la Place Royale* (pp. 1-279). Québec: Ministère des Affaires culturelles. Collection Dossiers 76.
- Clermont, N. et Chapdelaine, C. (1995). Étude macroscopique d'une collection d'artefacts lithiques de la Pointe-du-Buisson - Point de vue des archéologues. Dans C. Chapdelaine, et al. (éds.), *Étude du réseau d'interactions des Iroquoiens préhistoriques du Québec méridional par les analyses physicochimiques* (pp. 45-47). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 24.
- Clermont, N., Chapdelaine, C., Kennedy, G. et Cossette, É. (1995). L'activation neutronique et la Pointe-du-Buisson. Dans C. Chapdelaine, et al. (éds.), *Étude du réseau d'interactions des Iroquoiens préhistoriques du Québec méridional par les analyses physicochimiques* (vol. 24, pp. 7-20). Montréal. Collection Paléo-Québec no 24.
- Codère, Y. (1995). Les sources de matières premières lithiques du Sud-Est québécois. Dans A.-M. Balac, et al. (éds.), *Archéologies québécoises* (vol. 23, pp. 79-99). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 23.
- Cowell, M.R. et Bowman, S.G.E. (1985). Provenancing and Dating of Flint. Dans P. Phillips (éd.), *The archaeologist and the laboratory* (pp. 36-40). London: Council for British Archaeology.
- Cyr, A. (1994). Fractionnement du phosphore contenu dans le sol d'un site archéologique paléoindien de Rimouski. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture Plano* (pp. 93-111). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec.
- Dapples, E.C. (1959). The Behavior of Silica in Diagenesis. Dans H.A. Ireland (éd.), *Silica in sediments* (pp. 36-51). Tulsa, Okla.: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.
- David, J. (1992). *Évolution géologique du segment nord de l'orogénèse Appalachien à la transition des épisodes de déformation Taconien et Acadien: exemples des*

- régions de Témiscouata-Rimouski, Québec et de Woodstock, Nouveau-Brunswick*. Thèse de doctorat, Département de géologie, Université de Montréal, Montréal.
- David, J., Chabot, N., Marcotte, C., Lajoie, J. et Lespérance, P.J. (1985). Stratigraphy and sedimentology of the Cabano, Pointe aux Trembles, and Lac Raymond formations, Témiscouata and Rimouski counties, Quebec. *Geological Survey of Canada Paper 85-1B*, 491-497.
- Davis, K.M., Jackson, T.L., Shackley, S.M., Teague, T. et Hampel, J.H. (1998). Factors Affecting the Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) Analysis of Archaeological Obsidian. Dans M.S. Shackley et Society for Archaeological Sciences (U.S.) (éds.), *Archaeological obsidian studies : method and theory* (pp. 159-180). New York: Plenum Press. *Advances in archaeological and museum science*; v. 3.
- De la Rocha, C.L., Brzezinski, M.A. et DeNiro, M.J. (1997). Fractionation of Silicon Isotopes by Marine Diatoms During Biogenic Silica Formation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61(23), 5051-5056.
- Deal, M. (1986). Late Archaic and Ceramic Period Utilization of the Mud Lake Stream Site, Southwestern New Brunswick. *Man in the Northeast*, 32, 67-94.
- Dello-Russo, R.D. (2004). Geochemical Comparisons of Silicified Rhyolites from Two Prehistoric Quarries and 11 Prehistoric Projectile Points, Socorro County, New Mexico, U.S.A. *Geoarchaeology: An international journal*, 19(3), 237-264.
- DeMaster, D.J. (1981). The supply and Accumulation of Silica in the Marine Environment. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 1715-1732.
- Desrosiers, P. (1986). *Rapport de l'inspection visuelle des sites archéologiques des MRC Témiscouata et La Mitis*, Rapport soumis au ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Dowd, A.S. (1998). *Lithic Procurement and Social Complexity in New York's Hudson River Valley*. Thèse de doctorat, Département d'anthropologie, Brown University, Providence, RI.

- Doyle, R.A., Hamilton, N.D., Petersen, J.B. et Sanger, D. (1985). Late Paleo-Indian Remains from Maine and their Correlations in Northeastern Prehistory. *Archaeology of Eastern North America*, 13, 1-34.
- Dubreuil, S. (1995). *Paléoethnographie et mode de subsistence sur la Haute Côte-Nord du Saint-Laurent d'après le site DfEf-2, Hâvre-Colombier*. Mémoire de maîtrise, Département d'anthropologie, Université de Montréal, Montréal.
- Dumais, P. (2000). The La Martre and Mitis Late Paleoindian Sites: A Reflection on the Peopling of Southeastern Quebec. *Archaeology of Eastern North America*, 28, 81-112.
- Dumais, P., Larouche, C. et Poirier, J. (1996). Les sites paléindiens récents de La Martre et de Mitis: réflexions sur le peuplement Plano de l'est du Québec. *Archéologiques*, 10, 54-76.
- Dumais, P., Poirier, J. et Rousseau, G. (1993a). A Late Pleistocene / Early Holocene Site in Southeastern Québec, Canada. *Current research in the Pleistocene*, 10, 14-17.
- Dumais, P., Poirier, J. et Rousseau, G. (1993b). Squatec (CIEe-9), A Late Pleistocene/early Holocene Site In Southeastern Québec, Canada. *Current research in the Pleistocene*, 10, 14-17.
- Dumais, P., Poirier, J. et Rousseau, G. (1998). La préhistoire du Témiscouata, trente ans plus tard. Dans R. Tremblay (éd.), *L'éveilleur et l'ambassadeur : essais archéologiques et ethnohistoriques en hommage à Charles A. Martijn* (pp. 53-80). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 27.
- Dumais, P. et Rousseau, G. (1985). Trois sites Paléindiens sur la côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent. *Recherches amérindiennes au Québec*, 15(1-2), 135-149.
- Dumais, P. et Rousseau, G. (2001). *Fouille archéologique du site de Squatec (CIEe-9), été 2000: regard sur une occupation humaine du dixième millénaire avant aujourd'hui*, Rapport soumis à la Corporation de Développement de Squatec et à la municipalité de Squatec.
- Dumais, P. et Rousseau, G. (2002a). De limon et de sable: une occupation paléindienne du début de l'Holocène à Squatec (CIEe-9), au Témiscouata. *Recherches amérindiennes au Québec*, 32(3), 55-74.

- Dumais, P. et Rousseau, G. (2002b). *Une deuxième saison de fouille au site paléoindien de Squatec (ClEe-9), été 2001*, Rapport soumis à la Corporation de Développement de Squatec et à la municipalité de Squatec.
- Duval, I. (2008). Identification visuelle et géochimique du quartzite sur les sites du Saguenay-Lac-Saint-Jean. *Archéologiques*, 21, 44-57.
- Duval, M. (1970). *Compte rendu des recherches sur la côte est de la péninsule gaspésienne, été 1969*. Québec, Rapport soumis au Ministère des Affaires culturelles, Service d'archéologie et d'ethnologie.
- Duval, M. (1971). *Compte rendu de l'est de la péninsule gaspésienne, années 1969-1970*. Québec, Ms., ministère des Affaires culturelles, Service d'archéologie et d'ethnologie.
- Ethnoscop. (1983). *Étude de potentiel et inventaire archéologique de la ligne Rivière-du-Loup / Madawaska (315 kV)*, Rapport final soumis à la Direction de l'Environnement, Hydro-Québec, Région Matapédia.
- Ethnoscop. (1996). *Le site préhistorique de La Martre (DhDm-1). Intervention archéologique 1995*, Rapport soumis au ministère de la Culture et des Communications du Québec et à la Corporation du centre d'interprétation d'archéologie préhistorique de la Gaspésie à La Martre, Saint-Lambert.
- Ethnoscop. (1997). *Le site préhistorique de La Martre (DhDm-1). Intervention archéologique 1996*, Rapport soumis au ministère de la Culture et des Communications du Québec et à la Corporation du centre d'interprétation d'archéologie préhistorique de la Gaspésie à La Martre, Saint-Lambert.
- Faul, K.L. et Paytan, A. (2005). 22. Phosphorous and Barite Concentrations and Geochemistry in Site 1221 Paleocene/Eocene Boundary Sediments. *Proceedings of the Ocean Drilling Scientific Results*, 199, 1-23.
- Foradas, J.G. (1994). *Chert Acquisition for Ceremonial Bladelet Manufacture at Three Scioto Hopewell Sites: A Test of the Normative Mineral Composition Method for Sourcing Chert*. Thèse de doctorat, Ohio State University, Columbus, OH.
- Foucault, A. et Raoult, J.-F. (2005). *Dictionnaire de géologie* (6e éd.). Paris: Dunod. Universciences. Sciences de la terre.



- Friedman et Birks, L.S. (1948). A Geiger Counter Spectrometer for X-Ray Fluorescence Analysis. *The Review of Scientific Instruments*, 19(5), 323-330.
- Friedman, G.M. (1969). Trace Elements as Possible Environmental Indicators in Carbonate Sediments Dans American Association of Petroleum Geologists. Carbonate Rock Subcommittee., et al. (éds.), *Depositional environments in carbonate rocks : a symposium* (pp. 193-198). Tulsa, Oklahoma: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.
- Glascok, M.D., Braswell, G.E. et Cobean, R.H. (1998). A Systematic Approach to Obsidian Source Characterization. Dans M.S. Shackley (éd.), *Archaeological obsidian studies : method and theory* (pp. 15-65). New York: Plenum Press.
- Glascok, M.D., Speakman, R.J. et Burger, R.L. (2007). Sources of Archaeological Obsidian in Peru: Descriptions and Geochemistry. *American Chemical Society symposium series*, 968, 522-552.
- Gouvernement du Canada, Ressources naturelles Canada, Secteur des sciences de la Terre, Direction des services cartographiques, Centre d'information topographique (1982). 022G01 - Sainte-Anne-des-Monts: comté de Gaspésie, [Données numériques matricielles CanMatrix - prêt à imprimer].
- Gouvernement du Canada, Ressources naturelles Canada, Secteur des sciences de la Terre, Direction des services cartographiques, Centre d'information topographique (1983). 021N10 - Cabano: municipalité régionale de comté de Témiscouata, [Données numériques matricielles CanMatrix - prêt à imprimer].
- Gouvernement du Canada, Ressources naturelles Canada, Secteur des sciences de la Terre, Direction des services cartographiques, Centre d'information topographique (1984). 021N15 - Squatec, [Données numériques matricielles CanMatrix - prêt à imprimer].
- Gratuze, B. et Janssens, K.H.A. (2004). Provenance analysis of glass artefacts. Dans K.H.A. Janssens et R.v. Grieken (éds.), *Non-destructive microanalysis of cultural heritage materials*. Amsterdam, London: Elsevier.
- Hall, E.T. (1960). X-Ray Fluorescent Analysis Applied to Archaeology. *Archaeometry*, 3(1), 29-35.
- Hancock, J.M. (1975). The Petrology of Chalk. *Proc. of Geol. Ass.*, 86, 499-535.

- Heinrich, E.W. (1956). *Microscopic petrography*. New York: McGraw-Hill.
- Hermes, D.O. et Ritchie, D. (1997a). Application of petrographic and geochemical methods to sourcing felsitic archaeological materials in southeastern New England. *Geoarchaeology: An international journal*, 12(1), 1-30.
- Hermes, D.O. et Ritchie, D. (1997b). Nondestructive trace element analysis of archaeological felsite by energy-dispersive X-ray fluorescence spectroscopy. *Geoarchaeology: An international journal*, 12(1), 31-40.
- Hess, S.C. (1996). Chert Provenance Analysis at the Mack Canyon Site, Sherman County, Oregon: An Evaluative Study. *Geoarchaeology: An international journal*, 11(1), 51-81.
- Héту, B. (1994). Déglaciation, émergence des terres et pergélisol tardiglaciaire dans la région de Rimouski, Québec. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture Plano* (pp. 4-48). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.
- Honea, K.H. (1964). The Patination of Stone Artifacts. *Plains Anthropologist*, 9, 14-17.
- Hughes, R.E. (1994). Intrasource Chemical Variability of Artefact-Quality Obsidians from the Casa Diablo Area, California. *Journal of Archaeological Science*, 21, 263-271.
- Ives, D.J. (1984). The Crescent Hills Prehistoric Quarrying Area: More Than Just Rocks. Dans B.M. Butler et E.E. May (éds.), *Prehistoric Chert Exploitation: Studies from the Midcontinent*. Carbondale, IL: Center for Archaeological Investigations, Southern Illinois University at Carbondale.
- Jarvis, H.W. (1990). Instrumental Neutron Activation Analysis of Onondaga Chert in the Niagara Frontier. *Ontario Archaeology*, 51, 3-15.
- Jørgensen, E.G. (1953). Silicate Assimilation by Diatoms. *Physiologia plantarum*, 6, 301-315.
- Jost, I. (1995). *Le site CkEe-12 au Témiscouata paléoethnologie d'un atelier de taille*. Mémoire de maîtrise, Département d'anthropologie, Université de Montréal, Montréal.

- Kastner, M., Keene, J.B. et Gieskes, J.M. (1977). Diagenesis of siliceous oozes - I. Chemical controls on the rate of opal-A to opal-CT transformation - an experimental study. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 41, 1041-1059.
- Klecka, W.R. (1980). *Discriminant Analysis*. Beverly Hills: Sage publications. Quantitative applications in the social sciences No. 19.
- Kolhatkar, M. (2006). *Les carrières préhistoriques du Québec*. Montréal, Rapport final, Ministère de la Culture et des Communications du Québec.
- Krauskopf, K.B. (1959). The Geochemistry of Silica in Sedimentary Environments. Dans H.A. Ireland (éd.), *Silica in sediments* (pp. 4-19). Tulsa, Okla.: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.
- Kwiatkowski, S. (2005). Origin of Chert Nodules from the Polish Muschelkalk Middle Triassic. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 75, 287-308.
- Lachenbruch, P.A. (1975). *Discriminant analysis*. New York: Hafner Press.
- Lamothe, M. (1994). Apport de la luminescence optique dans la datation du site Plano de Rimouski. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléocéologie et archéologie d'un site de la culture Plano* (pp. 114-124). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.
- Latham, T.S., Sutton, P.A. et Verosub, K.L. (1992). Non-Destructive XRF Characterization of Basaltic Artifacts from Truckee, California. *Geoarchaeology: An international journal*, 7(2), 81-101.
- Lespérance, P.J. et Greiner, H.R. (1969). *Région de Squatec-Cabano, comtés de Rimouski, Rivière-du-Loup et Témiscouata*, Ministère des richesses naturelles.
- Lévesque, R. et Michaud, G. (1970). *Principales découvertes de la Société d'archéologie de Rivière-du-Loup*, Rapport préliminaire, Ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Luedtke, B.E. (1976). *Lithic Material Distributions and Interaction Patterns During the Late Woodland Period in Michigan*. Thèse de doctorat, The University of Michigan, Ann Arbor.
- Luedtke, B.E. (1978). Chert Sources and Trace-Element Analysis. *American Antiquity*, 43(3), 413-423.

- Luedtke, B.E. (1992). *An archaeologist's guide to chert and flint*. Los Angeles: Institute of Archaeology University of California. Archaeological research tools; 7.
- Luedtke, B.E. (1993). Lithic analysis in new England. *Bulletin of the Massachusetts Archaeological Society*, 54(2), 56-60.
- Luedtke, B.E. et Meyers, T.J. (1984). Trace Element Variation in Burlington Chert: A Case Study. Dans B.M. Butler et E.E. May (éds.), *Prehistoric Chert Exploitation: Studies from the Midcontinent* (pp. 287-298). Carbondale, IL: Center for Archaeological Investigations, Southern Illinois University at Carbondale. Center for Archaeological Investigations, Occasional Paper No. 2.
- Maliva, R.G. et Siever, R. (1989). Nodular Chert Formation in Carbonate Rocks. *Journal of Geology*, 97, 421-433.
- Malyk-Selivanova, N. (1998). *Determination of geological sources for prehistoric chert artifacts, northwestern Alaska*. Thèse de doctorat, The state University of New Jersey, New Brunswick, NJ.
- Malyk-Selivanova, N., Ashley, G.M., Gal, R., Glascock, M.D. et Neff, H. (1998). Geological-geochemical approach to "sourcing" of prehistoric chert artifacts, northwestern Alaska. *Geoarchaeology: An international journal*, 13(7), 673-708.
- Marquis, R. (1994). Caractérisation microscopique, origine géologique et provenance du chert taillé sur le site DcEd-1 à Rimouski. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture Plano* (pp. 125-143). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.
- Marquis, R. et Morin, A. (1999). Une analyse au microscope électronique à balayage des pointes triangulaires de Pointe-du-Buisson: caractérisation géochimique et variabilité du cortège des minéraux lourds. Dans J.-F. Moreau (éd.), *L'archéologie sous la loupe : contributions à l'archéométrie* (pp. 33-49). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 29.
- Martijn, C.A. (1964). *Témiscouata Archaeological Survey 1964: Field Notes*, Ms., ministère des Affaires culturelles du Québec.

- Martijn, C.A. (1965a). *An Archaeological Reconnaissance in the Témiscouata Region of South-East Québec, Canada*, Ms., ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Martijn, C.A. (1965b). *The Second Témiscouata Archaeological Survey. Summary of Activities and Results*, Ms., ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Martijn, C.A. (1966a). *Témiscouata Archaeological Survey 1966: Field Notes*, Ms., ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Martijn, C.A. (1966b). *Témiscouata Archaeological Survey 1966: Summary of activities and Results*, Ms., ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Martijn, C.A. (1990). The Iroquoian Presence in the Estuary and Gulf of the Saint Lawrence river Valley: A Reevaluation. *Man in the Northeast*, 40, 45-62.
- Mason, R.J. (1981). *Great Lakes archaeology*. New York; Toronto: Academic Press. New World archaeological record.
- McLennan, S.M. (1989). Rare earth Elements in Sedimentary Rocks: Influence of Provenance and Sedimentary Processes. Dans B.R. Lipin et G.A. McKay (éds.), *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements* (pp. 169-200). Washington D. C.: Mineralogical Society of America. Review in mineralogy No. 21.
- McLennan, S.M. (2001). Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 2.
- McManus, J., Berelson, W.M., Klinkhammer, G.P., Johnson, K.S., Coale, K.H., Anderson, R.F., et al. (1998). Geochemistry of barium in marine sediments: Implications for its use as a paleoproxy. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62(21/22), 3453-3473.
- Ministère des Ressources naturelles (2003). 21N - EDMUNSTON - carte SI-21N-C2G-03F, [Géologie 1:250 000].
- Morin, A. (1997). *Pétrographie et géochimie des cherts de la région de Québec: caractérisation, variabilité et origine des olistolites siliceux ordoviciens*. Mémoire de maîtrise, Sciences de la terre, Université du Québec à Montréal, Montréal.

- Morin, J. (1988). *Carrière de chert au Témiscouata, rapport d'activités, été 1987*, Rapport soumis au Ministère des Affaires culturelles du Québec.
- Morin, R. (1987). *Géologie de la région Squatec-Cabano, Témiscouata (rapport final)*, Rapport MB 86-73 soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec.
- Murray, R.W. (1994). Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications. *Sedimentary Geology*, 90, 213-232.
- Nyakairu, G.W.A. et Koeberl, C. (2001). Mineralogical and chemical composition and distribution of rare earth elements in clay-rich sediments from central Uganda. *Geochemical Journal*, 35, 13-28.
- PANalytical. (2005). Analysis of Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce and Nd in rocks and soils - improving detection limits using K-series lines.
- Paytan, A., Kastner, M. et Chavez, F.P. (1996). Glacial to Interglacial Fluctuations in Productivity in the Equatorial Pacific as Indicated by Marine Barite. *Science*, 274(5291), 1355-1357.
- Petersen, J.B. (1995). Preceramic Archaeological Manifestations in the Far Northeast: A Review of Recent Research. *Archaeology of Eastern North America*, 23, 207-230.
- Petersen, J.B., Bartone, R.N. et Cox, B.J. (2000). The Varney Farm site and the Late Paleoindian period in Northeastern America. *Archaeology of Eastern North America*, 28, 113-140.
- Petersen, J.B. et Sanger, D. (1991). An Aboriginal Ceramic Sequence for Maine and the Maritime Provinces. Dans M. Deal et S. Blair (éds.), *Prehistoric archaeology in the Maritime Provinces : past and present research*. Halifax, N.S.: Council of Maritime Premiers Maritime Committee on Archaeological Cooperation.
- Pettijohn, F.J. (1975). *Sedimentary rocks* (3e éd.). New York: Harper & Row.
- Pintal, J.-Y. (2002). De la nature des occupations paléindiennes à l'embouchure de la rivière Chaudière. *Recherches amérindiennes au Québec*, 32(3), 41-54.
- Pitblado, B.L., Dehler, C., Neff, H. et Nelson, S.T. (2008). Pilot study experiments sourcing quartzite, Guinnison Basin, Colorado. *Geoarchaeology: An international journal*, 23(6), 742-778.

- Plourde, M. (1990). Un site iroquoien à la confluence du Saguenay et du Saint-Laurent au XIII<sup>e</sup> siècle. *Recherches amérindiennes au Québec*, 20(1), 47-61.
- Plourde, M. (1993). Iroquoians in the St. Lawrence Estuary: The Ouellet Seal Hunters. Dans C. Chapdelaine et J. Pendergast (éds.), *Essays in Saint Lawrence Iroquoian Archaeology* (pp. 101-119). Dundas, Ontario: Copetown Press. Occasional Papers in Northeastern Archaeology 8.
- Plourde, M. (1999). Le Sylvicole supérieur à l'embouchure du Saguenay est-il iroquoien? *Recherches amérindiennes au Québec*, 29(1), 9-26.
- Pollock, S.G. (1987). Chert Formation in an Ordovician Volcanic Arc. *Journal of Sedimentary Petrology*, 57(1), 75-87.
- Pollock, S.G., Hamilton, N.D. et Bonnichsen, R. (1999). Chert from the Munsungun Lake Formation (Maine) in Paleoindian Archaeological Sites in Northeastern North America: Recognition of its Occurrence and Distribution. *Journal of Archaeological Science*, 26, 269-293.
- Ponomarenko, A.L. (2004). The Pachuca Obsidian Source, Hidalgo, Mexico: A Geoarchaeological Perspective. *Geoarchaeology: An international journal*, 19(1), 71-91.
- Potts, P.J. (1987). *A handbook of silicate rock analysis*. Glasgow, New York: Blackie, Chapman and Hall.
- Prothero, D.R. et Lavin, L. (1990). Chert petrography and its potential as an analytical tool in archaeology. Dans N.P. Lasca et J. Donahue (éds.), *Archaeological geology of North America* (pp. 561-584). Boulder, Colo.: Geological Society of America.
- Provost, R. et Ross, J.-Y. (1972). *Prospection archéologique en Gaspésie*. Québec, Ms., ministère des Affaires culturelles, Service d'archéologie et d'ethnologie.
- Richard, P.J.H. et Larouche, A.C. (1994). Histoire postglaciaire de la végétation et du climat dans la région de Rimouski, Québec. Dans C. Chapdelaine (éd.), *Il y a 8000 ans à Rimouski: paléoécologie et archéologie d'un site de la culture Plano* (pp. 49-89). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 22.

- Riedel, W.R. (1959). Siliceous Organic Remains in Pelagic Sediments. Dans H.A. Ireland (éd.), *Silica in sediments* (pp. 80-91). Tulsa, Okla.: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.
- Rousseau, G. (1973). *Notes de terrain manuscrites. Sotes CkEe-1, DaEi-1, DaEi-8*, Manuscrit, ministères des Affaires culturelles du Québec.
- S.A.P.Q. (1970). *Activités de la S.A.P.Q. 196: Pointe-aux-Buissons, La Martre, Mandeville*, Société d'Archéologie Préhistorique du Québec, Montréal.
- Sanger, D. (1987). *The Carson Site and the Late Ceramic Period in Passamaquoddy Bay, New Brunswick*. Ottawa: National Museums of Canada. Mercury series, no. 135.
- Shackley, M.S. (1998). Gamma Rays, X-Rays and Stone Tools: Some Recent Advances in Archaeological Geochemistry. *Journal of Archaeological Science*, 25, 259-270.
- Shepherd, W. (1972). *Flint: Its origin, Properties and Uses*. London: Faber and Faber.
- Sheppard, P.J. et Pavlish, L.A. (1992). Weathering of Archaeological Cherts: A Case Study from the Solomon Islands. *Geoarchaeology: An international journal*, 7(1), 41-53.
- Sieveking, G.d.G., Bush, P., Ferguson, J., Craddock, P.T., Hughes, M.J. et Cowell, M.R. (1972). Prehistoric Flint Mines and Their Identification as Sources of Raw Material. *Archaeometry*, 14(2), 151-176.
- Slivitzky, A., Saint-Julien, P. et Lachambre, G. (1991). *Synthèse géologique du Cambro-Ordovicien du nord de la Gaspésie (ET 88-14)*.
- Spielbauer, R.H. (1976). *Chert resources and Aboriginal Chert Utilization in western Union County, Illinois*. Thèse de doctorat, Southern Illinois University, Carbondale.
- Spielbauer, R.H. (1984). Potentialities for Trace Element Analyses in Southern Illinois Cherts. Dans B.M. Butler et E.E. May (éds.), *Prehistoric Chert Exploitation: Studies from the Midcontinent* (pp. 271-285). Carbondale, IL: Center for Archaeological Investigations, Southern Illinois University. Occasional Paper No. 2.



- Spiess, A. (1992). A Hell Gap Point and Late Paleoindian in Maine. *Maine Archaeological Society Bulletin*, 32, 31-47.
- Spiess, A. et Hedden, M. (2000). Avon: A Small Paleoindian site in the Western Maine Foothills. *Archaeology of Eastern North America*, 28, 63-79.
- Taliaferro, N.L. (1933). The Relation of Volcanism to Diatomaceous and Associated Siliceous Sediments. *University of California Publications in Geological Sciences*, 23, 1-56.
- Taylor, S.R. et McLennan, S.M. (1985). *The continental crust : its composition and evolution, an examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks*. Oxford: Blackwell Scientific.
- Tomescu, I. (2004). *The Ordovician: A Window Toward Understanding Abundance and Migration Patterns of Biogenic Chert and Implications for Paleoclimate*. Mémoire de maîtrise, Geology, Ohio University.
- Tremblay, A., Malo, M. et St-Julien, P. (1995). Dunnage Zone-Québec. Dans H. Williams, et al. (éds.), *Geology of the Appalachian-Caledonian Orogen in Canada and Greenland* (vol. 6, pp. 179-197). Ottawa: Geological Survey of Canada.
- Tremblay, R. (1992). *Rapport des activités archéologiques menées à l'île Verte, été 1991*. Montréal, Rapport soumis au Ministère des Affaires Culturelles du Québec.
- Tremblay, R. (1993a). Le site Turcotte-Lévesque (DaEi-8) à l'île Verte: exploitation des ressources marines de l'estuaire au Sylvicole moyen. *Archéologiques*, 7, 53-56.
- Tremblay, R. (1993b). *Rapport des activités archéologiques menées à l'île Verte, été 1992*. Montréal, Rapport soumis au Ministère des Affaires Culturelles du Québec.
- Tremblay, R. (1995a). L'île aux Corneilles: deux occupations du Sylvicole supérieur entre la province de Canada et le Saguenay. Dans A.-M. Balac, et al. (éds.), *Archéologies québécoises* (pp. 271-306). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 23.

- Tremblay, R. (1995b). *Rapport des activités archéologiques menées à l'île Verte, été 1994*. Montréal, Rapport soumis au ministère de la Culture et des Communications du Québec.
- Tremblay, R. (1996). La connexion abénaquise: quelques éléments de recherche sur la dispersion des Iroquoiens du Saint-Laurent orientaux. *Archéologiques*, 10, 77-86.
- Tremblay, R. (1998). Le site de l'anse à la Vache et le mitan du Sylvicole supérieur dans l'estuaire du Saint-Laurent. Dans R. Tremblay (éd.), *L'éveilleur et l'ambassadeur : essais archéologiques et ethnohistoriques en hommage à Charles A. Martijn* (pp. 91-125). Montréal: Recherches amérindiennes au Québec. Collection Paléo-Québec no 27.
- Tremblay, R. (1999). A Middle Phase for the Eastern St. Lawrence Iroquoian Sequence: Western Influences and Eastern Practices. Dans R.F. Williamson et C.M. Watts (éds.), *Taming the taxonomy : toward a new understanding of Great Lakes archaeology* (pp. 83-100). Toronto: Eastend Books.
- Tremblay, R. et Vaillancourt, J.-B. (1994). *Rapport des activités archéologiques menées dans le Bas-Saint-Laurent, été 1993*, Rapport soumis au Ministère de la Culture du Québec.
- von Breyman, M.T., Emeis, K.-C. et Camerlenghi, A. (1990). Geochemistry of Sediments from the Peru Upwelling Area: Results from Sites 680, 682, 685, and 688. *Proceedings of the Ocean Drilling Scientific Results*, 112, 491-503.
- Ward, G.K. et Smith, I.E. (1974). Characterization of Chert Sources as an Aid to the Identification of Patterns of Trade, Southeast Solomon Islands: A Preliminary Investigation. *Mankind*, 9, 281-286.
- Weigand, P.C., Harbottle, G. et Sayre, E.V. (1977). Turquoise Sources and Sources Analysis: Mesoamerica and the Southwestern U.S.A. Dans T.K. Earle et J.E. Ericson (éds.), *Exchange systems in prehistory* (pp. 15-34). New York: Academic Press.
- Weymouth, J.W. et Mandeville, M. (1975). An X-Ray Diffraction Study of Heat-Treated Chert and its Archaeological Implications. *Archaeometry*, 17(1), 61-67.
- Wintemberg, W.J. (1942). The Geographical Distribution of Aboriginal Pottery in Canada. *American Antiquity*, 8(2), 129-141.

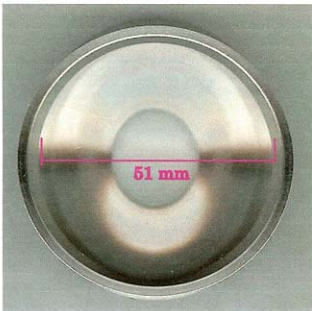
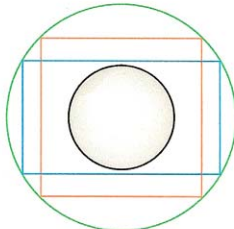
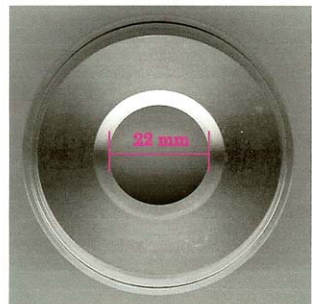
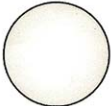
Wright, J.V. (1982). La circulation des biens archéologiques. *Recherches amérindiennes au Québec*, 12(3), 193-204.

## ANNEXES

## Annexe A – Caractéristiques du porte-échantillon

# Gabarit

Taille des échantillons pour l'analyse par Fluorescence-X  
(Epsilon5\*, PANalytical)

<u>Porte-Échantillon</u>	<u>Tailles à respecter</u>
<p data-bbox="412 730 574 758">Vue de haut</p> 	<p data-bbox="889 730 1052 764">Échantillon</p> 
<p data-bbox="412 1167 558 1194">Vue du bas</p> 	<p data-bbox="802 1079 1003 1100">(1) <b>Pastille (rond)</b> Diamètre &gt;30 mm &lt;50 mm</p> <p data-bbox="802 1121 1195 1163">(2) <b>Roche (carré)</b> Longueur 35 mm; Largeur 35 mm</p> <p data-bbox="802 1163 1195 1205">(3) <b>Roche (rectangle)</b> Longueur 43 mm; Largeur 25 mm</p> <p data-bbox="802 1226 1138 1247">- <b>Épaisseur</b> &gt;10 mm et &lt;30 mm</p> <p data-bbox="867 1310 1097 1339">Surface analysée</p> 

\* Laboratoire A-641 Pavillon Roger-Gaudry, Université de Montréal; Subvention FCI accordé à Adrian Burke, Anthropologie.

## **Annexe B – Détails de la nomenclature des échantillons**

En général, la première série de lettres (soit TOU et DhDn-8) indique la carrière de provenance de l'échantillon; TOU correspond à Touladi (CkEe-28) et DhDn-8, à la carrière du Suroît à La Martre. Les quelques exceptions s'expliquent de la façon suivante.

Du côté de La Martre, l'appellation LMC-1 et 2 renvoient aux échantillons de La Martre prélevés lors d'une expédition effectuée par Adrian Burke, au cours des années 1990. LMC signifie La-Martre-Carrière, tandis que les numéros renvoient aux numéros de lames minces ayant été fabriquées à partir de ces blocs. Comme ces lames minces ont déjà été utilisées dans le cadre d'analyse archéométrique (Burke 2000), nous avons préféré garder le nom de ces échantillons.

Quant aux échantillons de la carrière de Touladi, la présence des appellations TOU-12Épais(Adrian) et TOU-12Mince(Adrian) s'expliquent de manière similaire. En effet, il s'agit d'échantillons qui furent prélevés lors d'une campagne antérieure à 2006, année où tous les autres échantillons furent recueillis. Suite à une erreur d'interprétation du catalogue, nous avons débuté la numérotation des échantillons de 2006 par TOU-12. Or, cette entrée correspondait déjà à la dernière entrée de la cueillette précédente. Ainsi, afin de les différencier, nous les avons rebaptisés de la façon suivante : TOU-12 renvoie à l'échantillon de 2006, tandis que les deux autres TOU-12Épais(Adrian) et TOU-12Mince(Adrian) correspondent aux échantillons prélevés précédemment.

Par la suite, la séquence de chiffres et de lettres s'explique de la façon suivante :

Exemple : l'échantillon DhDn-8.66\_R1P1

- Le premier nombre renvoie au point GPS correspondant à l'emplacement de la cueillette. L'échantillon exemple fut donc prélevé sur la carrière de La Martre, au point GPS 66.
- R renvoie au numéro de la roche prélevée sur la carrière. Bien que dans la majorité des cas, une seule roche fut prélevée à chaque point GPS, il peut arriver,

que deux roches furent ramassées à un même emplacement GPS. Dans l'exemple, l'échantillon provient de la roche # 1.

- P renvoie au numéro de plaquette formée à partir des roches prélevées aux carrières. L'échantillon modèle représente la plaquette #1. Si l'on prend comme autre exemple les échantillons TOU-05\_R1P1 et TOU-05\_R1P2, on en conclut qu'une seule roche (R1) fut prélevée à la carrière Touladi au point GPS # 05, mais que deux plaquettes furent taillées à partir de celle-ci.
- En ce qui concerne les éclats expérimentaux, ET signifie « éclat de taille », et remplit, pour les éclats de taille, la même fonction que le P expliqué ci-haut. Par exemple, les échantillons DhDn-8.47\_R1ET1, DhDn-8.47\_R1ET2 et DhDn-8.47\_R1ET3 proviennent d'une même roche prélevée à la carrière (R1), à partir de laquelle ces trois éclats expérimentaux furent taillés.

## Annexe C – Paramètres généraux du *PANalytical Epsilon 5*

### •Générateur

- Capacité de voltage de sortie: 25kV - 100 kV
- Capacité d'ampérage de sortie: 0.5 mA - 24 mA
- Puissance maximale de sortie: 600 W

### •Tube à rayons X

- Type: tube à fenêtre latérale (*side-window tube*)
- Anode: Gd
- Refroidissement: Système interne à l'eau

### •Détecteur

- Type: Germanium
- Cristal: 30 mm<sup>2</sup> et 5 mm d'épaisseur
- Fenêtre: 8 µm Be
- Intervalle d'énergie: 0.7 - 100 keV
- Résolution: < 140 eV (100 cps Mn K<sub>alpha</sub>)
- Fréquence de compte maximale: Jusqu'à 200,000 comptes par seconde (cps)
- Refroidissement: Nitrogène liquide

### •Système de comptage électronique

- Analyseur à multi-canaux avec traitement digital jusqu'à 16 000 canaux

### •Manipulations simples

- Bras mécanique X-Y manipulateur d'échantillons, 52 porte-échantillons

## Annexe D – Paramètres analytiques du *PANanalytical Epsilon5*

### •Éléments majeurs

**–Temps d’analyse:**

- 600 secs

**–Cibles secondaires:**

- Ti**: [40kV 15 mA],

utilisée pour les éléments suivants: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, S, Cl

- Fe**: [40kV 15 mA]

utilisée pour les éléments suivants: TiO<sub>2</sub>, V, Cr

- Ge**: [40kV 15 mA]

utilisée pour les éléments suivants: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>T, MnO, Co, Ni, Cu, Zn

- Al**: [40kV 15 mA]

utilisée pour les éléments suivants: MgO, Na<sub>2</sub>O

**–Correction de la matrice:**

- Paramètres fondamentaux

**•Éléments traces****–Temps d’analyse:**

- 900 secs

**–Cibles secondaires:**

- Zr**: [100kV 6 mA], pour As, Rb et Pb

- Mo**: [100kV 6 mA], pour Sr, Th et U

- Rh**: [100kV 6 mA], pour Y, Zr et Nb

- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**: [100kV 6 mA], pour Cs, Ba et La

- W**: [100kV 6 mA] pour Ce et Nd

**–Correction de la matrice:**

- Rapport Compton (Rh, W)

**Annexe E – Limites de détection minimales****•Éléments majeurs (ppm)**



-SiO <sub>2</sub> :	225	-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	270
-TiO <sub>2</sub> :	4	-S:	N/A
-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	801	-Cl:	26
-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T:	4	-V:	3
-MnO:	3	-Cr:	N/A
-MgO:	N/A	-Co:	N/A
-CaO:	15	-Ni:	1
-Na <sub>2</sub> O:	1200	-Cu:	0.4
-K <sub>2</sub> O:	10	-Zn:	0.5

### •Éléments traces (ppm)

-As:	0.5	-La:	0.8
-Rb:	0.3	-Ce:	1.1
-Sr:	0.2	-Nd:	1.1
-Y:	0.4	-Sm:	2.0
-Zr:	0.3	-Pb:	0.7
-Nb:	0.3	-Th:	0.6
-Cs:	0.6	-U:	0.8
-Ba:	0.7		

## Annexe F – Concentrations élémentaires des échantillons

### 1. Carrières

<b>La Martre</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>MnO</b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>
DhDn-8.1_R1P1_Face1	84,811	0,249	6,223	4,785	0,069	2,938	0,192	0	0,649	0,056	72,027	7,794	36,69	31,869	23,035	46,287
DhDn-8.1_R1P1_Face2	85,167	0,241	6,079	4,636	0,067	2,908	0,172	0	0,65	0,053	71,53	16,473	37,472	33,871	23,304	47,514
DhDn-8.1_R1P2	87,134	0,227	4,702	4,309	0,08	2,65	0,188	0	0,59	0,091	100,45	12,193	31,3	30,288	21,316	41,774
DhDn-8.2_R1P1_Face1	86,398	0,258	6,491	3,91	0,025	1,695	0,095	0	1,025	0,077	88,685	4,807	45,042	22,342	14,947	18,105
DhDn-8.2_R1P1_Face2	85,708	0,26	6,604	4,356	0,028	1,88	0,089	0	0,981	0,07	67,79	3,251	43,765	21,702	16,78	20,896
DhDn-8.47_R1P1	83,356	0,323	7,039	5,631	0,027	2,624	0,073	0	0,815	0,04	442,972	0,784	56,997	41,174	27,104	48,122
DhDn-8.47_R1P2_Face1	82,045	0,309	7,372	6,31	0,032	3,01	0,087	0	0,728	0,044	337,34	4,259	62,79	38,571	29,92	56,743
DhDn-8.47_R1P2_Face2	83,024	0,338	7,293	5,551	0,029	2,707	0,082	0	0,849	0,04	538,537	17,637	59,186	42,266	26,721	48,108
DhDn-8.47_R2P1_Face1	85,876	0,201	5,107	4,875	0,067	3,001	0,225	0	0,391	0,008	2297,582	-0,417	33,153	22,492	24,768	51,85
DhDn-8.47_R2P1_Face2	85,342	0,211	5,214	5,124	0,071	3,158	0,243	0	0,4	-0,011	2265,811	16,32	35,861	24,896	26,514	54,959
DhDn-8.66_R1P1	84,879	0,259	6,25	4,833	0,044	2,753	0,089	0	0,801	0,056	126,456	6,09	39,953	32,355	26,762	60,783
LMC-1_R1P1	87,387	0,261	5,592	3,864	0,05	1,52	0,115	0,124	0,993	0,065	106,176	33,129	32,41	22,798	19,15	33,775
LMC-2_R1P1_Face1	88,147	0,243	5,701	3,149	0,031	1,139	0,118	0,129	1,24	0,08	70,499	2,16	32,98	23,021	15,325	29,721
LMC-2_R1P1_Face2	86,939	0,244	6,176	3,643	0,036	1,359	0,116	0,133	1,249	0,08	75,457	10,048	33,765	22,221	17,352	33,691
Moyenne	85,444	0,259	6,132	4,641	0,047	2,382	0,135	0,028	0,812	0,054	475,808	9,609	41,526	29,276	22,357	42,309
Écart-type	1,752	0,040	0,809	0,854	0,020	0,702	0,058	0,055	0,269	0,028	780,242	9,023	10,692	7,527	4,919	13,189
Minimum	82,045	0,201	4,702	3,149	0,025	1,139	0,073	0	0,391	-0,011	67,79	-0,417	31,3	21,702	14,947	18,105
Maximum	88,147	0,338	7,372	6,31	0,08	3,158	0,243	0,133	1,249	0,091	2297,582	33,129	62,79	42,266	29,92	60,783

<b>La Martre (suite)</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>	<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Cs</b>	<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Nd</b>	<b>Sm</b>	<b>Pb</b>	<b>Th</b>	<b>U</b>
DhDn-8.1_R1P1_Face1	21,911	32,636	1,109	29,333	40,801	7,852	51,61	4,121	1,341	242,147	14,506	30,893	11,304	-0,327	9,625	3,213	-0,366
DhDn-8.1_R1P1_Face2	14,825	27,965	1,212	29,53	39,742	8,062	52,034	3,971	1,509	246,884	13,604	29,5	10,917	0,419	1,115	3,723	-0,234
DhDn-8.1_R1P2	18,42	29,503	1,008	27,136	40,471	7,013	48,374	3,823	1,236	237,203	12,522	26,62	9,346	-1,183	1,95	3,254	0,024
DhDn-8.2_R1P1_Face1	30,215	36,282	1,452	44,527	35,949	15,244	45,512	4,143	1,586	479,699	16,013	36,835	17,5	0,501	0,619	4,273	0,253
DhDn-8.2_R1P1_Face2	29,814	37,633	1,72	42,479	34,113	15,569	45,242	4,037	1,356	428,548	16,215	37,162	16,202	1,911	0,521	4,555	0,475
DhDn-8.47_R1P1	52,443	56,332	3,179	36,974	37,44	15,886	73,03	5,448	1,221	377,616	21,56	44,58	16,65	2,806	2,985	4,42	0,381
DhDn-8.47_R1P2_Face1	50,861	51,025	2,496	34,558	40,012	16,134	78,492	5,403	1,188	332,409	21,007	43,649	16,114	1,389	3,397	4,402	-0,123
DhDn-8.47_R1P2_Face2	62,224	69,823	3,367	38,524	40,987	17,122	79,521	5,61	1,099	379,27	22,364	46,742	17,999	0,004	3,054	4,857	0,196
DhDn-8.47_R2P1_Face1	30,986	23,622	3,092	17,69	39,548	5,474	37,137	2,996	1,073	205,52	10,721	22,561	8,063	1,038	5,341	2,362	-0,775
DhDn-8.47_R2P1_Face2	28,433	26,617	2,697	17,926	40,924	5,727	40,101	3,004	0,872	206,266	12,148	23,986	7,002	0,325	3,068	2,719	-0,539
DhDn-8.66_R1P1	23,982	46,646	4,407	37,347	39,282	12,083	54,855	4,151	1,668	272,344	15,76	37,378	16,319	2,059	7,631	3,836	-0,203
LMC-1_R1P1	14,728	31,128	1,193	45,969	43,396	13,516	54,42	4,265	1,442	302,584	16,076	37,197	14,678	0,946	2,004	4,519	0,415
LMC-2_R1P1_Face1	22,752	30,477	1,488	58,715	42,391	14,263	49,603	3,994	2,574	364,092	17,401	42,417	16,948	1,294	4,824	4,653	0,442
LMC-2_R1P1_Face2	25,799	32,013	1,542	59,117	41,912	14,01	50,024	3,937	2,595	358,307	16,569	40,427	16,214	1,872	3,661	4,146	-0,062
Moyenne	30,528	37,979	2,140	37,130	39,783	11,997	54,283	4,207	1,483	316,635	16,176	35,711	13,947	0,932	3,557	3,924	-0,008
Écart-type	14,535	13,226	1,060	12,663	2,502	4,231	13,347	0,795	0,513	85,216	3,522	7,814	3,789	1,064	2,600	0,769	0,390
Minimum	14,728	23,622	1,008	17,69	34,113	5,474	37,137	2,996	0,872	205,52	10,721	22,561	7,002	-1,183	0,521	2,362	-0,775
Maximum	62,224	69,823	4,407	59,117	43,396	17,122	79,521	5,61	2,595	479,699	22,364	46,742	17,999	2,806	9,625	4,857	0,475

<b>Touladi</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>MnO</b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>
TOU-05_R1P1	92,388	0,133	2,857	1,438	0,175	1,179	0,744	0
TOU-05_R1P2	92,025	0,145	3,317	1,436	0,172	1,155	0,734	0
TOU-11_R1P1	87,272	0,143	5,301	3,437	0,292	2,004	0,571	0
TOU-12(GPS112)_R1P1	93,075	0,115	3,086	1,362	0,138	1,105	0,402	0
TOU-12Epais(Adrian)_R1P1	88,049	0,186	5,491	2,801	0,065	1,696	0,33	0
TOU-12Mince(Adrian)_R1P2	88,56	0,179	5,28	2,697	0,063	1,606	0,349	0
TOU-13_R1P1	86,913	0,207	5,652	3,289	0,105	2,117	0,365	0
TOU-13_R1P1_Face2	87,153	0,186	5,038	3,469	0,14	2,174	0,445	0
TOU-13_R1P2	86,336	0,216	5,601	3,474	0,147	2,048	0,546	0
TOU-17_R1P1	89,171	0,131	4,942	2,069	0,296	1,584	0,867	0
TOU-17_R1P1_Face2	90,316	0,136	3,594	2,08	0,374	1,574	1,043	0
TOU-17_R1P2	90,106	0,134	3,858	2,055	0,335	1,679	0,963	0
TOU-19_R1P1	88,381	0,162	5,096	2,287	0,408	1,749	0,986	0
TOU-19_R1P1_Face2	88,043	0,161	4,943	2,28	0,523	1,668	1,505	0
TOU-24_R1P1	90,024	0,134	4,88	1,91	0,13	1,381	0,277	0
TOU-27_R1P1	92,867	0,096	2,926	1,163	0,275	0,892	1,118	0
TOU-27_R1P2	94,902	0,085	2,262	1,017	0,099	0,735	0,299	0
TOU-27_R1P2_Face2	94,099	0,094	2,814	1,103	0,082	0,799	0,24	0
TOU-27_R1P3	92,717	0,092	3,31	1,162	0,256	0,915	0,889	0
TOU-27_R1P3_Face2	93,867	0,085	2,515	1,088	0,178	0,768	0,925	0
TOU-27_R1P4	94,079	0,076	2,795	1,092	0,11	0,838	0,364	0
TOU-27_R1P5	94,299	0,084	2,747	0,998	0,118	0,806	0,374	0
TOU-27_R1P5_Face2	93,492	0,109	2,799	1,102	0,263	0,862	0,754	0
TOU-27_R1P6	94,3	0,113	2,08	1,197	0,111	0,94	0,394	0
TOU-33_R1P1	91,954	0,132	3,552	1,585	0,216	1,171	0,652	0
TOU-33_R1P2	92,026	0,114	3,647	1,379	0,268	1,074	0,849	0
TOU-33_R1P2_Face2	92,137	0,114	3,536	1,371	0,274	1,094	0,846	0
TOU-33_R1P3	92,036	0,162	2,834	1,699	0,231	1,314	0,737	0
TOU-33_R1P4	92,049	0,121	3,611	1,378	0,262	1,048	0,814	0
TOU-33_R1P4_Face2	93,622	0,128	1,833	1,451	0,215	1,128	0,647	0
TOU-36_R1P1	90,11	0,081	2,799	1,432	1,509	1,114	2,392	0
TOU-36_R1P2	93,949	0,088	2,69	1,049	0,329	0,851	0,578	0
TOU-36_R1P2_Face2	90,121	0,135	4,002	2,329	0,219	1,477	0,385	0
TOU-36_R1P3	88,593	0,182	5,087	2,842	0,165	1,734	0,304	0
TOU-41_R1P1	92,356	0,087	2,643	1,4	0,344	0,945	1,446	0,035
TOU-43_R1P1	87,134	0,149	5,519	3,606	0,095	2,303	0,288	0
TOU-45_R1P1	91,58	0,171	4,117	1,712	0,099	0,945	0,064	0
TOU-45_R1P1_Face2	92,38	0,135	3,685	1,483	0,062	0,931	0,08	0
TOU-45_R1P2	93,741	0,092	3,156	0,991	0,103	0,684	0,082	0,214
Moyenne	91,185	0,131	3,741	1,839	0,237	1,284	0,658	0,006
Écart-type	2,517	0,037	1,128	0,807	0,235	0,454	0,449	0,035
Minimum	86,336	0,076	1,833	0,991	0,062	0,684	0,064	0,000
Maximum	94,902	0,216	5,652	3,606	1,509	2,303	2,392	0,214

<b>Touladi</b>	<b>K2O</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Co</b>
TOU-05_R1P1	0,755	0,082	2387,408	-1,708	31,068	12,328	8,034
TOU-05_R1P2	0,793	0,057	1547,417	10,854	30,33	11,46	7,64
TOU-11_R1P1	0,768	0,018	1781,948	-2,78	37,105	9,875	17,652
TOU-12(GPS112)_R1P1	0,55	0,008	1504,5	0,8	27,097	4,222	6,936
TOU-12Epais(Adrian)_R1P1	0,927	-0,023	4648,78	-10,419	35,622	18,049	15,711
TOU-12Mince(Adrian)_R1P2	0,872	-0,023	4035,169	-10,432	33,702	17,242	16,011
TOU-13_R1P1	0,974	-0,009	3685,438	-4,883	48,65	22,202	18,235
TOU-13_R1P1_Face2	0,923	-0,003	4523,791	38,139	43,945	20,172	19,21
TOU-13_R1P2	0,968	-0,045	6898,373	-14,025	43,936	23,689	19,711
TOU-17_R1P1	0,768	0,077	821,77	4,143	31,381	10,658	11,88
TOU-17_R1P1_Face2	0,718	0,047	1042,88	7,988	32,161	11,465	12,767
TOU-17_R1P2	0,754	0,069	356,846	3,789	31,301	12,246	11,713
TOU-19_R1P1	0,813	0,066	334,549	13,224	37,719	15,248	13,599
TOU-19_R1P1_Face2	0,783	0,062	129,919	43,501	34,357	13,112	13,425
TOU-24_R1P1	1,001	0,03	2221,204	-3,988	36,306	9,719	11,928
TOU-27_R1P1	0,523	0,083	453,36	27,612	18,678	8,392	6,272
TOU-27_R1P2	0,518	0,029	454,882	7,248	22,082	2,865	5,553
TOU-27_R1P2_Face2	0,55	0,043	1628,583	45,871	23,512	2,41	5,683
TOU-27_R1P3	0,498	0,008	1386,7	19,555	18,905	5,914	6,436
TOU-27_R1P3_Face2	0,46	0,003	1013,745	24,823	16,9	3,742	5,613
TOU-27_R1P4	0,502	0,03	1068,748	7,266	18,257	3,779	5,603
TOU-27_R1P5	0,506	0,008	485,404	47,742	20,737	3,126	5,693
TOU-27_R1P5_Face2	0,541	0,008	581,005	47,765	21,561	4,412	5,779
TOU-27_R1P6	0,639	0,156	599,58	22,865	25,765	6,31	6,868
TOU-33_R1P1	0,696	-0,001	337,533	3,729	32,714	9,317	7,782
TOU-33_R1P2	0,587	0,028	171,01	24,685	26,34	7,567	6,049
TOU-33_R1P2_Face2	0,583	0,008	249,531	45,252	23,206	8,056	6,231
TOU-33_R1P3	0,76	0,098	1194,142	5,615	34,244	12,635	8,315
TOU-33_R1P4	0,6	0,09	174,171	17,876	23,595	8,335	6,364
TOU-33_R1P4_Face2	0,648	0,225	892,695	47,171	26,002	8,559	7,274
TOU-36_R1P1	0,427	0,051	768,759	29,865	12,66	0,841	10,46
TOU-36_R1P2	0,439	0,008	85,605	47,969	19,445	3,586	5,97
TOU-36_R1P2_Face2	0,677	-0,046	6864,566	25,327	26,261	9,419	13,719
TOU-36_R1P3	0,826	0,016	2367,468	-5,387	40,323	14,751	16,506
TOU-41_R1P1	0,461	0,075	2000,905	2,283	16,047	4,64	7,11
TOU-43_R1P1	0,783	0,051	575,393	1,617	41,492	7,81	17,604
TOU-45_R1P1	0,906	0,037	3586,909	-15,395	40,031	7,593	9,306
TOU-45_R1P1_Face2	0,823	0,014	3981,13	-10,297	35,051	3,609	8,471
TOU-45_R1P2	0,662	0,031	2361,546	-5,349	28,146	2,433	6,039
Moyenne	0,692	0,038	1774,445	13,844	29,401	9,277	10,132
Écart-type	0,166	0,051	1774,958	20,046	8,775	5,684	4,589
Minimum	0,427	-0,046	85,605	-15,395	12,660	0,841	5,553
Maximum	1,001	0,225	6898,373	47,969	48,650	23,689	19,711

<b>Touladi (suite)</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>	<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>Y</b>
TOU-05_R1P1	20,107	20,401	17,794	1,863	30,657	47,332	5,011
TOU-05_R1P2	19,363	20,112	14,327	2,055	32,045	46,795	5,335
TOU-11_R1P1	35,796	27,766	29,617	2,958	32,667	41,179	8,673
TOU-12(GPS112)_R1P1	17,652	21,219	10,572	1,219	22,436	36,756	3,856
TOU-12Epais(Adrian)_R1P1	39,04	12,954	23,352	1,809	37,538	35,607	14,116
TOU-12Mince(Adrian)_R1P2	40,103	16,286	23,881	1,774	35,598	36,156	13,227
TOU-13_R1P1	42,479	21,833	31,878	2,22	39,633	38,571	11,139
TOU-13_R1P1_Face2	46,62	21,001	29,209	2,885	38,044	41,028	10,924
TOU-13_R1P2	47,51	27,497	39,054	3,398	39,541	45,168	12,648
TOU-17_R1P1	29,136	11,735	21,5	1,09	32,066	51,138	5,781
TOU-17_R1P1_Face2	29,444	11,884	15,667	1,152	29,018	57,871	5,829
TOU-17_R1P2	29,109	11,973	18,481	1,088	30,025	54,944	5,666
TOU-19_R1P1	35,452	31,341	30,136	1,483	33,137	56,826	6,936
TOU-19_R1P1_Face2	34,193	24,067	18,078	1,06	31,433	75,451	8,055
TOU-24_R1P1	33,992	8,379	14,404	1,824	39,905	33,741	8,63
TOU-27_R1P1	15,33	33,485	14,146	1,291	20,65	62,906	6,211
TOU-27_R1P2	15,853	13,285	13,636	0,787	19,735	31,822	3,73
TOU-27_R1P2_Face2	16,876	8,827	10,239	1,114	21,352	28,129	3,808
TOU-27_R1P3	16,35	33,185	24,118	1,318	19,202	53,215	5,354
TOU-27_R1P3_Face2	15,542	14,265	18,39	0,915	17,877	49,881	6,136
TOU-27_R1P4	16,653	11,173	15,482	1,35	18,973	35,502	4,532
TOU-27_R1P5	15,917	13,313	14,032	0,858	19,515	33,531	3,657
TOU-27_R1P5_Face2	12,708	16,987	16,623	1,165	20,924	46,41	5,054
TOU-27_R1P6	20,033	9,755	13,277	0,966	24,315	33,534	4,976
TOU-33_R1P1	18,199	7,364	14,058	1,114	28,498	47,174	5,666
TOU-33_R1P2	13,773	6,457	12,907	0,953	23,471	51,484	5,196
TOU-33_R1P2_Face2	14,095	6,475	13,225	0,697	23,284	51,654	5,341
TOU-33_R1P3	20,444	8,434	14,424	1,564	30,407	48,303	6,555
TOU-33_R1P4	14,259	6,658	12,209	1,116	23,831	52,14	5,389
TOU-33_R1P4_Face2	16,619	6,661	14,12	1,258	26,906	47,144	5,616
TOU-36_R1P1	18,364	10,511	6,171	2,546	15,801	102,967	6,498
TOU-36_R1P2	15,188	12,532	5,493	0,552	17,237	38,177	3,673
TOU-36_R1P2_Face2	33,589	14,621	18,889	2,363	28,09	37,246	5,985
TOU-36_R1P3	42,375	12,227	20,493	1,555	33,294	34,133	7,324
TOU-41_R1P1	12,324	12,526	11,171	2,387	18,094	71,633	6,655
TOU-43_R1P1	32,875	14,137	20,926	1,608	32,565	32,353	6,708
TOU-45_R1P1	22,644	22,593	14,841	4,792	35,375	29,958	9,051
TOU-45_R1P1_Face2	20,356	15,728	15,987	3,851	31,378	28,35	7,187
TOU-45_R1P2	17,691	10,481	12,752	1,831	24,551	29,158	5,709
Moyenne	24,565	15,644	17,578	1,688	27,668	45,522	6,714
Écart-type	10,643	7,569	7,077	0,910	7,093	14,861	2,614
Minimum	12,324	6,457	5,493	0,552	15,801	28,129	3,657
Maximum	47,510	33,485	39,054	4,792	39,905	102,967	14,116

<b>Touladi (suite)</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Cs</b>	<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Nd</b>
TOU-05_R1P1	33,786	2,32	1,367	469,391	6,72	16,567	7,081
TOU-05_R1P2	34,883	2,237	1,356	476,515	8,892	17,974	7,463
TOU-11_R1P1	32,826	2,001	1,289	451,8	10,323	27,87	11,394
TOU-12(GPS112)_R1P1	27,663	1,713	0,952	510,992	6,652	15,727	7,192
TOU-12Epais(Adrian)_R1P1	36,472	2,855	1,556	454,847	11,695	32,904	14,676
TOU-12Mince(Adrian)_R1P2	34,7	2,544	1,639	444,779	11,897	32,065	13,684
TOU-13_R1P1	47,544	3,483	1,057	500,464	14,19	30,224	14,057
TOU-13_R1P1_Face2	45,578	3,204	1,018	483,875	12,812	28,804	13,791
TOU-13_R1P2	50,703	3,89	0,964	468,71	14,833	33,074	15,869
TOU-17_R1P1	36,407	1,999	0,896	512,517	10,009	23,781	12,165
TOU-17_R1P1_Face2	36,353	2,142	0,924	492,942	8,513	21,166	10,535
TOU-17_R1P2	36,067	2,129	1,06	498,141	8,268	20,916	9,985
TOU-19_R1P1	42,79	2,676	0,867	477,267	11,313	25,992	11,431
TOU-19_R1P1_Face2	39,119	2,387	1,327	451,726	9,328	22,352	8,275
TOU-24_R1P1	56,352	2,336	1,37	561,455	10,776	25,301	13,58
TOU-27_R1P1	27,737	1,614	1,203	460,929	6,821	15,661	8,24
TOU-27_R1P2	21,539	1,183	1,031	466,85	6,427	16,213	6,33
TOU-27_R1P2_Face2	21,301	1,215	1,229	454,961	6,104	15,256	6,897
TOU-27_R1P3	27,116	1,471	1,339	440,189	6,093	14,56	7,269
TOU-27_R1P3_Face2	21,139	1,179	1,065	432,527	6,183	16,457	6,957
TOU-27_R1P4	20,293	0,972	1,087	450,704	6,3	16,095	7,98
TOU-27_R1P5	23,097	1,234	1,027	464,026	5,901	15,197	7,425
TOU-27_R1P5_Face2	28,06	1,472	1,052	453,976	6,452	15,322	7,645
TOU-27_R1P6	24,876	1,537	1,154	502,886	7,787	17,883	8,677
TOU-33_R1P1	33,16	2,053	1,165	505,589	8,652	19,897	10,218
TOU-33_R1P2	29,092	1,736	1,341	488,343	7,102	17,15	8,137
TOU-33_R1P2_Face2	28,577	1,844	1,207	491,134	7,741	17,438	7,74
TOU-33_R1P3	40,527	2,686	1,086	515,565	9,148	23,296	10,521
TOU-33_R1P4	29,274	2,008	1,13	492,775	7,264	17,683	8,17
TOU-33_R1P4_Face2	32,206	1,922	1,179	498,345	8,643	20,56	9,646
TOU-36_R1P1	22,312	1,178	0,912	401,346	5,575	13,953	5,884
TOU-36_R1P2	22,396	1,262	1,021	472,947	6,506	16,916	6,992
TOU-36_R1P2_Face2	31,278	2,154	1,079	471,871	8,017	18,838	8,969
TOU-36_R1P3	41,09	2,792	1,144	472,288	10,597	24,032	10,991
TOU-41_R1P1	22,088	1,247	0,989	425,07	6,883	17,711	6,099
TOU-43_R1P1	30,954	1,801	1,128	454,989	8,494	20,549	9,264
TOU-45_R1P1	36,387	2,477	1,666	616,571	11,422	30,435	13,853
TOU-45_R1P1_Face2	28,194	1,845	1,205	590,022	9,79	27,336	13,963
TOU-45_R1P2	22,692	1,398	1,199	593,36	7,602	22,056	11,199
Moyenne	32,221	2,005	1,161	483,915	8,660	21,159	9,750
Écart-type	8,742	0,677	0,192	44,796	2,371	5,677	2,786
Minimum	20,293	0,972	0,867	401,346	5,575	13,953	5,884
Maximum	56,352	3,890	1,666	616,571	14,833	33,074	15,869

<b>Touladi (suite et fin)</b>	<b>Sm</b>	<b>Pb</b>	<b>Th</b>	<b>U</b>
TOU-05_R1P1	-0,295	3,069	2,8	0,932
TOU-05_R1P2	-0,646	2,289	2,975	0,824
TOU-11_R1P1	1,935	5,391	2,329	0,197
TOU-12(GPS112)_R1P1	-0,816	0,871	2,556	0,119
TOU-12Epais(Adrian)_R1P1	0,97	7,497	3,046	0,567
TOU-12Mince(Adrian)_R1P2	1,816	7,49	3,19	0,674
TOU-13_R1P1	0,575	3,923	3,803	0,259
TOU-13_R1P1_Face2	1,515	4,605	3,042	-0,031
TOU-13_R1P2	1,861	6,14	3,359	0,368
TOU-17_R1P1	-0,552	1,654	3,266	0,211
TOU-17_R1P1_Face2	-0,743	1,455	2,911	0,228
TOU-17_R1P2	-0,691	1,444	3,008	0,277
TOU-19_R1P1	0,006	4,926	3,223	0,251
TOU-19_R1P1_Face2	-0,303	6,327	2,853	0,183
TOU-24_R1P1	1,362	2,512	3,088	0,828
TOU-27_R1P1	-0,531	1,02	2,643	0,608
TOU-27_R1P2	-0,793	1,558	2,625	0,762
TOU-27_R1P2_Face2	-0,485	0,834	2,469	0,36
TOU-27_R1P3	-0,227	2,223	2,449	0,428
TOU-27_R1P3_Face2	0,333	2,023	2,672	0,689
TOU-27_R1P4	0,279	1,561	2,565	0,506
TOU-27_R1P5	0,711	3,638	2,139	0,558
TOU-27_R1P5_Face2	-0,776	1,481	2,948	0,436
TOU-27_R1P6	-0,066	2,553	2,763	0,69
TOU-33_R1P1	-0,542	2,004	3,172	0,498
TOU-33_R1P2	-0,874	2,235	2,917	0,573
TOU-33_R1P2_Face2	-1,252	2,042	2,841	0,593
TOU-33_R1P3	0,857	1,841	3,733	0,58
TOU-33_R1P4	-0,444	1,446	3,233	0,731
TOU-33_R1P4_Face2	-0,169	1,725	3,54	0,614
TOU-36_R1P1	0,004	1,746	2,351	0,231
TOU-36_R1P2	-0,494	6,57	2,51	0,677
TOU-36_R1P2_Face2	-0,909	6,025	2,439	0,034
TOU-36_R1P3	-0,094	2,442	3,294	-0,081
TOU-41_R1P1	-0,595	4,196	2,783	0,761
TOU-43_R1P1	-0,712	1,675	2,674	-0,236
TOU-45_R1P1	0,818	10,809	3,494	0,62
TOU-45_R1P1_Face2	2,464	8,146	2,934	1,072
TOU-45_R1P2	1,459	5,313	2,78	0,902
Moyenne	0,101	3,454	2,908	0,474
Écart-type	0,960	2,422	0,389	0,300
Minimum	-1,252	0,834	2,139	-0,236
Maximum	2,464	10,809	3,803	1,072



## 2. Éclats expérimentaux

La Martre	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Cl	V	Cr
DhDn-8.2_R1ET	83,48	0,281	7,657	5,014	0,222	1,746	0,176	0	1,056	0,318	141,266	115,509	48,613	26,856
DhDn-8.47_R1ET	82,659	0,372	7,458	5,686	0,027	2,755	0,084	0	0,82	0,049	568,833	0,128	59,509	46,494
DhDn-8.47_R2ET1	79,461	0,212	9,259	6,197	0,383	3,361	0,149	0	0,787	0,107	261,962	304,044	41,497	27,029
DhDn-8.47_R2ET2	85,07	0,184	5,05	4,932	0,069	3,725	0,218	0	0,404	0,043	2861,33	-3,486	31,442	25,456
DhDn-8.47_R2ET3	82,803	0,2	5,793	4,999	0,859	3,825	0,73	0	0,459	0,005	3075,347	-0,832	30,921	23,735
DhDn-8.66_R1ET1	81,373	0,269	7,477	5,952	0,059	3,897	0,11	0	0,781	0,046	99,44	7,02	45,658	40,125
DhDn-8.66_R1ET2	84,185	0,273	6,734	4,731	0,057	2,989	0,132	0	0,81	0,055	78,275	14,143	41,347	37,481
Moyenne	82,719	0,256	7,061	5,359	0,239	3,185	0,228	0,000	0,731	0,089	1012,350	62,361	42,712	32,454
Écart-type	1,857	0,064	1,371	0,575	0,301	0,767	0,225	0,000	0,226	0,105	1347,786	114,619	9,958	8,822
Minimum	79,461	0,184	5,050	4,731	0,027	1,746	0,084	0,000	0,404	0,005	78,275	-3,486	30,921	23,735
Maximum	85,070	0,372	9,259	6,197	0,859	3,897	0,730	0,000	1,056	0,318	3075,347	304,044	59,509	46,494
<b>Touladi</b>														
TOU-16_R1ET	95,235	0,152	3,015	0,346	0,009	0,286	0,058	0,069	0,701	0,106	119,04	43,359	29,8	4,789
TOU-19_R1ET	89,431	0,136	4,384	2,051	0,366	1,779	0,963	0	0,757	0,056	624,857	4,207	30,142	13,082
TOU-27_R2ET1	87,084	0,171	4,692	3,508	0,128	2,789	0,337	0	0,909	0,024	3369,802	-2,517	42,443	13,23
TOU-27_R2ET2	88,247	0,177	4,672	2,996	0,129	2,098	0,373	0	0,795	0,037	4597,622	-9,723	40,107	14,972
TOU-28_R1ET1	95,479	0,108	2,742	0,518	0,015	0,253	0,047	0,135	0,579	0,106	99,994	18,762	22,515	0,898
TOU-28_R1ET2	95,171	0,102	2,616	0,942	0,285	0,176	0,066	0	0,518	0,089	195,805	48,655	22,694	-1,485
TOU-30_R1ET	95,544	0,099	2,552	0,652	0,166	0,239	0,07	0,065	0,508	0,083	118,77	30,977	22,079	-1,838
TOU-35_R1ET	94,768	0,104	3,214	0,546	0,014	0,428	0,052	0,029	0,727	0,099	100,294	15,741	27,525	2,654
TOU-39_R1ET	93,888	0,136	3,355	1,069	0,06	0,462	0,065	0,094	0,748	0,097	146,465	33,957	30,965	4,366
TOU-45_R1ET	93,634	0,095	3,461	0,847	0,041	0,795	0,082	0,15	0,64	0,051	1997,412	-6,071	27,652	0,403
Moyenne	92,761	0,132	3,471	1,403	0,130	0,946	0,226	0,044	0,694	0,077	1041,405	20,380	29,808	5,630
Écart-type	3,279	0,031	0,827	1,115	0,122	0,940	0,291	0,058	0,127	0,030	1634,832	21,003	6,993	6,369
Minimum	87,084	0,095	2,552	0,346	0,009	0,176	0,047	0,000	0,508	0,024	99,994	-9,723	22,079	-1,838
Maximum	95,544	0,177	4,692	3,508	0,366	2,789	0,963	0,150	0,909	0,106	4597,622	48,655	42,443	14,972

## 2. Éclats expérimentaux (suite)

La Martre	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	La
DhDn-8.2_R1ET	24,614	35,476	55,444	56,698	2,217	41,588	30,77	15,673	45,801	3,885	1,748	406,837	15,825
DhDn-8.47_R1ET	26,888	57,122	66,942	55,873	2,67	35,138	38,833	15,142	75,289	5,654	1,33	355,183	21,29
DhDn-8.47_R2ET1	32,769	80,94	34,98	54,793	3,65	18,791	60,258	6,318	43,934	3,363	1,549	228,391	10,989
DhDn-8.47_R2ET2	24,551	54,111	24,074	24,292	2,506	17,443	39,309	5,442	38,292	2,86	1,231	202,252	11,099
DhDn-8.47_R2ET3	26,6	57,195	28,071	35,087	4,191	19,142	61,603	8,697	43,846	3,453	1,607	204,285	14,021
DhDn-8.66_R1ET1	29,823	66,077	23,824	58,344	1,177	35,511	40,818	13,557	59,632	4,631	1,852	258,701	13,723
DhDn-8.66_R1ET2	24,024	51,585	20,809	65,195	1,396	35,448	41,132	13,774	56,34	4,303	2,306	267,024	14,099
Moyenne	27,038	57,501	36,306	50,040	2,544	29,009	44,675	11,229	51,876	4,021	1,660	274,668	14,435
Écart-type	3,214	13,873	17,888	14,641	1,099	10,125	11,641	4,301	12,762	0,935	0,358	78,107	3,481
Minimum	24,024	35,476	20,809	24,292	1,177	17,443	30,770	5,442	38,292	2,860	1,231	202,252	10,989
Maximum	32,769	80,940	66,942	65,195	4,191	41,588	61,603	15,673	75,289	5,654	2,306	406,837	21,290
<b>Touladi</b>													
TOU-16_R1ET	-0,016	2,439	6,598	11,398	0,724	30,836	34,555	5,282	37,797	2,334	1,491	666,5	9,791
TOU-19_R1ET	11,319	30,243	39,317	15,317	1,495	28,398	50,367	5,905	34,264	2,165	1,172	467,058	9,887
TOU-27_R2ET1	21,857	69,876	17,279	25,814	1,961	33,309	34,805	10,18	41,221	2,537	1,769	505,68	10,273
TOU-27_R2ET2	18,074	54,085	19,166	18,448	2,628	30,669	35,132	10,028	39,667	2,684	1,094	454,117	9,854
TOU-28_R1ET1	1,332	6,529	6,309	19,416	0,898	23,056	27,165	3,854	24,472	1,493	0,812	482,908	6,74
TOU-28_R1ET2	4,357	10,172	9,878	59,015	2,376	18,859	60,616	4,734	24,288	1,504	1,338	485,824	6,038
TOU-30_R1ET	3,346	10,379	9,048	23,678	1,362	17,852	29,865	3,462	21,915	1,229	0,738	461,417	5,453
TOU-35_R1ET	1,752	7,839	6,686	13,782	1,078	27,932	28,141	4,518	26,163	1,734	1,215	580,582	7,532
TOU-39_R1ET	4,842	13,024	4,062	30,913	1,427	30,883	41,51	5,311	34,169	1,998	0,643	537,516	9,881
TOU-45_R1ET	3,694	13,718	8,964	9,891	1,703	22,657	28,211	5,237	20,156	1,113	1,466	581,048	7,18
Moyenne	7,429	22,732	13,149	24,198	1,550	26,866	38,017	5,919	31,551	1,964	1,141	515,734	8,383
Écart-type	7,504	22,696	10,516	14,343	0,616	5,449	10,926	2,355	7,847	0,548	0,362	68,669	1,857
Minimum	-0,016	2,439	4,062	9,891	0,724	17,852	27,165	3,462	20,156	1,113	0,643	454,117	5,453
Maximum	21,857	69,876	39,317	59,015	2,628	33,309	60,616	10,180	41,221	2,684	1,769	666,500	10,273

## 2. Éclats expérimentaux (suite et fin)

<b>La Martre</b>	<b>Ce</b>	<b>Nd</b>	<b>Sm</b>	<b>Pb</b>	<b>Th</b>	<b>U</b>
DhDn-8.2_R1ET	37,231	15,448	1,144	0,544	4,337	-0,301
DhDn-8.47_R1ET	47,52	15,024	2,154	2,691	5,291	-0,074
DhDn-8.47_R2ET1	25,074	6,993	-0,326	4,005	2,553	-1,191
DhDn-8.47_R2ET2	20,641	8,724	0,734	4,34	2,733	-0,629
DhDn-8.47_R2ET3	30,406	10,137	0,454	4,25	2,79	-1,412
DhDn-8.66_R1ET1	33,211	11,478	-0,171	5,247	3,243	-0,682
DhDn-8.66_R1ET2	31,236	13,203	1,764	5,941	3,234	-0,187
Moyenne	32,188	11,572	0,822	3,860	3,454	-0,639
Écart-type	8,656	3,182	0,932	1,780	1,002	0,507
Minimum	20,641	6,993	-0,326	0,544	2,553	-1,412
Maximum	47,520	15,448	2,154	5,941	5,291	-0,074
<b>Touladi</b>						
TOU-16_R1ET	25,444	11,87	0,935	1,946	3,362	1,155
TOU-19_R1ET	23,665	10	-1,094	3,43	3,3	0,294
TOU-27_R2ET1	24,499	9,704	1,15	4,366	3,104	0,107
TOU-27_R2ET2	22,78	11,19	1,461	4,428	3,127	-0,042
TOU-28_R1ET1	14,043	8,422	-0,832	1,451	2,395	1,229
TOU-28_R1ET2	15,692	7,061	-0,807	5,58	2,856	0,602
TOU-30_R1ET	12,34	6,692	-0,054	1,965	2,781	1,068
TOU-35_R1ET	19,235	11,107	0,05	2,644	2,404	0,701
TOU-39_R1ET	26,201	14,66	1,396	1,476	3,725	0,858
TOU-45_R1ET	21,602	10,091	0,017	3,832	2,769	0,898
Moyenne	20,433	10,078	0,245	3,032	3,006	0,664
Écart-type	4,970	2,356	0,962	1,428	0,423	0,442
Minimum	12,340	6,692	-1,094	1,451	2,395	-0,042
Maximum	26,201	14,660	1,461	5,580	3,725	1,229

### 3. Éclats archéologiques

#### Anse à la vache

Anse à la Vache	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Cl	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb
DaEi-6.0698	83,405	0,236	6,670	5,836	0,063	2,436	0,184	0,000	0,713	0,394	312,752	122,352	37,142	26,541	25,411	41,255	14,072	44,426	1,128	30,640
DaEi-6.0723	89,338	0,193	5,095	2,621	0,038	1,163	0,163	0,073	0,930	0,243	1247,917	73,818	34,733	8,913	14,152	34,403	2,792	23,942	1,318	36,345
DaEi-6.0724	79,422	0,281	7,834	8,028	0,115	2,930	0,175	0,000	0,778	0,385	229,180	47,864	50,632	31,994	33,884	49,190	17,868	56,765	1,472	31,959
DaEi-6.0738	83,975	0,216	6,104	6,105	0,050	2,591	0,170	0,000	0,621	0,113	257,067	88,373	36,130	21,893	25,618	43,913	12,361	45,699	1,145	28,113
DaEi-6.0790	86,170	0,207	6,175	3,469	0,014	2,579	0,129	0,000	1,114	0,107	225,797	24,591	32,218	10,300	13,579	16,782	12,363	34,264	7,120	51,488
DaEi-6.0835	79,482	0,269	7,693	8,268	0,094	2,792	0,167	0,000	0,783	0,377	378,040	139,845	47,569	30,723	36,090	51,704	17,414	51,468	1,425	31,457
DaEi-6.0888A	78,790	0,266	7,704	8,959	0,156	2,855	0,133	0,000	0,775	0,310	224,910	54,806	51,279	30,364	37,633	49,049	20,187	50,606	0,948	32,263
DaEi-6.0888B	79,153	0,298	7,864	8,479	0,115	2,752	0,172	0,000	0,839	0,263	340,740	78,707	51,663	32,474	35,372	46,937	20,218	50,511	0,949	36,576
DaEi-6.1062	94,545	0,193	3,582	0,428	0,007	0,378	0,102	0,000	0,625	0,107	264,128	14,445	22,777	6,130	0,189	2,554	4,905	6,762	0,649	31,987
DaEi-6.2089	91,754	0,197	4,240	1,547	0,014	0,902	0,148	0,000	0,794	0,365	256,660	30,803	33,876	10,914	5,662	14,860	7,021	24,557	2,242	31,120
Moyenne	84,603	0,236	6,296	5,374	0,067	2,138	0,154	0,007	0,797	0,266	373,719	67,560	39,802	21,025	22,759	35,065	12,920	38,900	1,840	34,195
Écart-type	5,708	0,040	1,563	3,144	0,051	0,943	0,026	0,023	0,145	0,120	311,499	41,356	9,881	10,800	13,569	17,415	6,274	16,019	1,904	6,579
Minimum	78,790	0,193	3,582	0,428	0,007	0,378	0,102	0,000	0,621	0,107	224,910	14,445	22,777	6,130	0,189	2,554	2,792	6,762	0,649	28,113
Maximum	94,545	0,298	7,864	8,959	0,156	2,930	0,184	0,073	1,114	0,394	1247,917	139,845	51,663	32,474	37,633	51,704	20,218	56,765	7,120	51,488

Anse à la Vache	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Pb	Th	U
DaEi-6.0698	39,961	13,082	49,703	3,563	1,480	437,813	14,698	35,058	13,302	1,261	1,318	3,538	-0,741
DaEi-6.0723	31,579	8,909	33,878	2,696	1,123	477,004	13,094	27,996	12,462	1,808	1,374	2,841	-0,014
DaEi-6.0724	41,023	16,633	55,027	4,273	0,779	344,012	15,119	32,510	15,197	2,740	3,057	2,445	-1,552
DaEi-6.0738	40,424	12,309	45,865	3,300	1,832	410,177	14,330	32,921	14,468	0,385	0,712	2,787	-1,016
DaEi-6.0790	43,217	7,743	43,453	3,478	2,155	443,487	12,254	25,961	12,387	1,368	18,587	3,975	-0,047
DaEi-6.0835	41,051	15,029	52,299	4,009	1,022	379,068	15,838	36,591	14,518	2,738	2,479	2,636	-1,679
DaEi-6.0888A	41,369	15,018	52,277	4,065	0,777	383,789	16,497	33,115	14,232	3,476	4,908	2,495	-1,785
DaEi-6.0888B	44,224	16,403	57,567	4,660	1,955	422,784	18,887	41,759	16,202	1,514	4,564	3,099	-1,665
DaEi-6.1062	22,417	7,004	41,403	2,905	1,091	660,060	12,112	31,423	13,653	1,460	3,030	3,230	0,969
DaEi-6.2089	105,205	6,438	49,423	2,980	1,134	1652,679	9,279	23,167	20,312	1,606	5,828	3,526	0,697
Moyenne	45,047	11,857	48,090	3,593	1,335	561,087	14,211	32,050	14,673	1,836	4,586	3,057	-0,683
Écart-type	22,135	3,997	7,077	0,646	0,493	393,143	2,680	5,363	2,302	0,899	5,195	0,507	1,029
Minimum	22,417	6,438	33,878	2,696	0,777	344,012	9,279	23,167	12,387	0,385	0,712	2,445	-1,785
Maximum	105,205	16,633	57,567	4,660	2,155	1652,679	18,887	41,759	20,312	3,476	18,587	3,975	0,969

## Turcotte-Lévesque

Turcotte-Lévesque	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Cl	V	Cr	Co	Ni	Cu
DaEi-8.0254	90,257	0,148	3,532	3,148	0,096	1,360	0,337	0,000	0,692	0,083	3340,716	-7,950	40,421	10,838	16,622	36,395	6,918
DaEi-8.0549	87,831	0,244	5,902	3,075	0,038	1,231	0,259	0,023	1,127	0,214	241,473	140,191	43,834	23,327	21,065	52,819	15,062
DaEi-8.1173	91,018	0,204	3,977	1,986	0,013	1,214	0,212	0,000	1,039	0,273	189,866	346,592	30,939	15,595	6,126	11,648	5,727
DaEi-8.1486	88,528	0,268	5,313	2,246	0,037	1,324	0,288	0,173	1,277	0,493	317,622	95,646	34,137	15,081	7,202	8,794	7,281
DaEi-8.2321	90,950	0,052	3,283	3,564	0,047	1,214	0,224	0,000	0,468	0,155	314,395	7,971	25,786	4,335	13,140	16,546	13,126
DaEi-8.3038	89,350	0,203	4,058	2,510	0,054	2,010	0,349	0,000	0,999	0,418	284,557	95,660	30,689	13,979	7,859	9,604	4,371
DaEi-8.3715	89,225	0,180	4,467	3,244	0,059	1,613	0,243	0,000	0,666	0,246	368,497	29,263	46,865	10,796	15,454	33,845	17,753
DaEi-8.4187	91,043	0,156	3,938	2,406	0,230	0,899	0,270	0,445	0,065	0,503	339,415	22,907	15,306	11,524	9,525	17,021	3,252
DaEi-8.5402	87,009	0,253	6,030	3,657	0,050	1,574	0,259	0,000	0,904	0,202	350,791	12,214	38,072	29,181	34,858	128,327	10,153
DaEi-8.5458	82,208	0,365	7,622	4,213	0,268	2,172	0,788	0,000	1,448	0,833	472,323	75,974	53,887	43,564	19,167	45,371	11,715
Moyenne	88,742	0,207	4,812	3,005	0,089	1,461	0,323	0,064	0,869	0,342	621,966	81,847	35,994	17,822	15,102	36,037	9,536
Écart-type	2,684	0,084	1,372	0,707	0,087	0,389	0,169	0,144	0,408	0,223	958,249	104,626	11,121	11,397	8,662	36,007	4,815
Minimum	82,208	0,052	3,283	1,986	0,013	0,899	0,212	0,000	0,065	0,083	189,866	-7,950	15,306	4,335	6,126	8,794	3,252
Maximum	91,043	0,365	7,622	4,213	0,268	2,172	0,788	0,445	1,448	0,833	3340,716	346,592	53,887	43,564	34,858	128,327	17,753

Turcotte-Lévesque	Zn	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Pb	Th	U
DaEi-8.0254	31,905	5,191	27,952	57,583	8,271	38,783	2,313	1,441	494,682	10,025	22,782	9,200	-0,039	3,542	2,887	-0,269
DaEi-8.0549	27,845	12,855	50,151	85,510	13,443	49,255	4,059	1,457	742,557	16,501	33,509	17,389	3,904	7,434	3,801	0,085
DaEi-8.1173	31,439	1,895	48,027	55,175	8,091	40,318	3,760	1,967	354,469	13,466	37,966	10,472	0,858	1,647	4,695	0,123
DaEi-8.1486	43,501	2,242	51,337	50,039	9,032	59,489	4,453	1,306	429,972	15,860	30,776	13,141	1,125	3,187	5,949	0,400
DaEi-8.2321	34,630	1,145	20,269	50,717	5,619	23,104	0,858	2,627	172,364	8,032	23,152	5,583	0,024	1,633	1,880	-0,721
DaEi-8.3038	33,472	1,180	47,456	48,334	7,096	41,419	3,367	1,965	284,608	11,257	24,168	9,084	1,239	1,452	4,614	0,350
DaEi-8.3715	45,066	1,043	27,723	44,249	8,199	41,510	2,593	1,362	467,069	9,965	25,428	10,474	1,932	2,080	2,647	-0,094
DaEi-8.4187	23,123	0,920	-0,078	12,577	10,398	36,492	2,452	0,893	57,601	15,665	43,697	12,940	-0,544	0,662	3,306	-0,175
DaEi-8.5402	32,626	5,148	40,378	77,170	13,276	63,898	4,033	0,554	676,576	16,439	36,603	17,843	4,665	12,333	3,638	-0,477
DaEi-8.5458	115,095	2,802	58,499	69,233	12,765	78,562	5,745	0,995	423,337	18,408	39,237	16,232	1,364	5,484	4,936	0,182
Moyenne	41,870	3,442	37,171	55,059	9,619	47,283	3,363	1,457	410,324	13,562	31,732	12,236	1,453	3,945	3,835	-0,060
Écart-type	26,540	3,672	17,967	20,095	2,736	15,975	1,364	0,602	208,733	3,519	7,578	4,013	1,677	3,601	1,224	0,359
Minimum	23,123	0,920	-0,078	12,577	5,619	23,104	0,858	0,554	57,601	8,032	22,782	5,583	-0,544	0,662	1,880	-0,721
Maximum	115,095	12,855	58,499	85,510	13,443	78,562	5,745	2,627	742,557	18,408	43,697	17,843	4,665	12,333	5,949	0,400

## Rimouski

Rimouski	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Cl	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Sr
DcEd-1.0292	93,63	0,13	3,457	1,355	0,062	0,541	0,052	0,139	0,511	0,091	115,71	159,518	20,878	3,157	5,442	12,074	4,214	13,208	1,319	18,98	49,392
DcEd-1.0306	90,545	0,252	4,951	2,244	0,021	0,549	0,072	0,163	1,069	0,095	159,414	75,275	54,629	14,588	12,661	34,76	6,739	26,378	28,226	46,591	48,18
DcEd-1.0312	90,246	0,231	4,379	2,968	0,441	0,422	0,101	0,132	0,939	0,106	153,623	50,817	46,941	9,925	15,913	28,774	14,903	25,728	2,204	38,641	33,671
DcEd-1.0348	89,585	0,19	5,921	1,99	0,14	0,753	0,094	0,156	1,012	0,109	258,152	110,686	47,048	13,708	10,673	28,316	12,833	30,945	8,919	41,336	41,954
DcEd-1.0350	88,848	0,214	6,125	2,24	0,025	1,101	0,06	0,11	1,146	0,092	180,226	75,491	44,432	19,678	10,647	22,8	18,091	16,601	1,315	49,161	48,611
DcEd-1.0446	89,965	0,219	5,731	1,916	0,099	0,724	0,127	0,105	0,996	0,079	232,302	18,015	41,199	19,048	10,617	27,727	14,947	26,461	2,467	40,375	39,923
DcEd-1.0701	95,015	0,165	3,262	0,379	0,004	0,321	0,058	0,043	0,618	0,109	189,868	27,403	26,802	3,637	0,093	3,538	4,087	7,376	0,801	27,79	23,175
DcEd-1.0714	90,843	0,236	4,597	2,308	0,372	0,443	0,138	0,134	0,768	0,126	220,497	19,223	48,279	3,18	9,493	13,271	13,436	32,124	2,266	30,205	37,23
DcEd-1.0717	85,769	0,269	7,136	3,958	0,214	1,185	0,206	0,03	1,038	0,153	190,55	32,108	48,752	20,954	19,472	44,158	16,417	43,209	1,907	40,482	35,069
DcEd-1.0719	89,805	0,166	5,775	2,253	0,037	0,882	0,091	0,026	0,818	0,092	201,691	222,891	31,711	11,319	10,77	24,905	15,51	23,625	1,079	31,392	26,493
DcEd-1.0727	91,361	0,261	5,083	1,353	0,015	0,369	0,109	0,166	1,16	0,078	261,021	50,772	58,14	17,736	7,257	22,184	10,23	16,341	62,675	51,516	51,408
DcEd-1.0778	91,14	0,145	3,816	2,786	0,877	0,482	0,088	0,032	0,439	0,156	212,906	83,723	31,016	1,731	12,606	10,087	16,666	13,46	2,583	15,352	46,016
DcEd-1.0779	89,678	0,201	5,89	1,974	0,114	1,045	0,098	0	0,807	0,15	216,279	91,513	38,088	14,739	8,566	18,606	14,054	17,249	1,646	30,399	37,403
DcEd-1.0818	79,131	0,228	6,71	7,543	2,905	0,28	0,289	0	0,65	2,176	609,995	41,235	62,767	6,791	36,16	21,536	29,377	77,732	7,737	20,796	67,036
DcEd-1.0823	95,457	0,073	2,687	0,756	0,107	0,368	0,036	0,044	0,343	0,097	136,677	135,807	13,482	1,556	3,151	8,831	6,401	4,644	-1,047	11,702	31,985
DcEd-1.0867	91,532	0,279	5,162	0,857	0,008	0,534	0,148	0,103	1,233	0,091	351,456	79,456	51,097	10,116	3,83	12,594	9,301	13,507	10,32	58,284	41,701
DcEd-1.0893	95,849	0,095	2,676	0,469	0,027	0,268	0,059	0	0,413	0,12	144,201	48,86	17,193	-0,411	0,871	3,482	4,837	5,8	-3,88	18,851	26,531
DcEd-1.1014	93,981	0,17	3,761	0,633	0,012	0,461	0,069	0,023	0,765	0,094	176,797	52,46	36,757	1,794	1,548	5,148	9,662	11,049	1,368	32,945	23,333
DcEd-1.1040	93,309	0,182	4,232	0,741	0,012	0,413	0,091	0,062	0,812	0,108	227,936	78,744	37,864	5,605	1,332	4,056	7,705	14,715	1,454	39,679	31,124
DcEd-1.1045	87,797	0,266	6,758	2,36	0,026	1,278	0,189	0	1,142	0,114	290,937	228,056	43,146	17,232	10,348	25,77	7,823	64,884	1,474	48,471	32,03
DcEd-1.1082	93,75	0,232	3,863	0,534	0,034	0,405	0,061	0,024	0,983	0,09	117,378	65,442	35,672	6,023	0,334	2,133	5,319	12,769	0,168	43,572	22,382
DcEd-1.1086	91,018	0,252	5,314	1,307	0,011	0,575	0,118	0,09	1,181	0,083	280,645	128,602	39,587	10,273	5,284	11,528	6,574	21,351	0,904	48,584	44,948
DcEd-1.1133	92,662	0,241	4,501	0,751	0,019	0,513	0,11	0	1,075	0,093	233,465	40,177	43,181	4,503	0,743	2,813	6,939	13,296	1,286	51,751	21,074
DcEd-1.1152	94,138	0,168	3,81	0,481	0,005	0,443	0,091	0,03	0,71	0,094	240,848	8,037	31,47	2,998	0,913	4,787	13,914	5,309	0,288	31,615	21,613
Moyenne	91,044	0,203	4,817	1,840	0,233	0,598	0,106	0,067	0,860	0,192	225,107	80,180	39,589	9,162	8,280	16,412	11,249	22,407	5,728	36,186	36,762
Écart-type	3,559	0,055	1,271	1,540	0,603	0,293	0,057	0,059	0,263	0,423	99,831	58,895	12,314	6,672	8,026	11,600	5,868	17,847	13,582	12,757	11,652
Minimum	79,131	0,073	2,676	0,379	0,004	0,268	0,036	0,000	0,343	0,078	115,710	8,037	13,482	-0,411	0,093	2,133	4,087	4,644	-3,880	11,702	21,074
Maximum	95,849	0,279	7,136	7,543	2,905	1,278	0,289	0,166	1,233	2,176	609,995	228,056	62,767	20,954	36,160	44,158	29,377	77,732	62,675	58,284	67,036

## Rimouski (suite et fin)

Rimouski	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Pb	Th	U
DcEd-1.0292	4,852	22,771	1,608	1,179	481,172	6,713	14,503	6,2	1,965	1,707	2,486	0,001
DcEd-1.0306	8,464	52,119	3,358	0,902	990,689	13,534	30,635	17,068	-0,035	5,632	4,465	0,706
DcEd-1.0312	7,989	46,445	3,135	1,127	685,125	13,111	29,674	12,622	-0,365	17,951	3,368	0,031
DcEd-1.0348	7,444	43,039	2,92	1,299	870,742	10,945	26,047	11,29	-0,465	4,935	3,901	0,253
DcEd-1.0350	9,355	42,87	3,557	0,92	868,248	14,687	31,389	14,842	0,957	2,547	4,176	0,409
DcEd-1.0446	7,439	48,722	3,545	1,102	1000,646	13,717	31,401	15,714	0,788	8,091	3,574	0,423
DcEd-1.0701	6,234	30,848	2,244	1,226	524,68	8,286	19,439	8,553	1,465	1,377	2,993	1,099
DcEd-1.0714	7,014	33,241	2,097	0,972	902,668	9,496	22,204	11,29	2,299	15,164	2,899	0,353
DcEd-1.0717	10,918	50,406	3,499	1,022	677,133	12,307	35,34	14,528	1,395	8,293	3,64	0,089
DcEd-1.0719	7,033	32,515	2,46	0,923	669,835	12,192	32,74	15,716	0,352	3,292	3,62	0,505
DcEd-1.0727	8,579	56,002	3,879	1,324	1219,047	18,183	40,458	21,72	1,783	10,596	4,671	1,512
DcEd-1.0778	5,364	21,973	1,247	0,897	459,234	6,474	16,867	5,529	0,772	13,158	2,493	-0,398
DcEd-1.0779	9,829	44,921	3,217	0,757	608,966	13,062	30,398	14,181	2,661	6,609	3,579	0,228
DcEd-1.0818	12,229	32,553	1,964	0,69	615,753	9,989	27,526	10,754	1,017	73,327	0,943	-1,624
DcEd-1.0823	3,468	14,335	0,874	0,941	418,219	6,017	12,306	4,923	0,604	25,354	2,262	0,707
DcEd-1.0867	8,547	59,195	4,35	1,094	987,804	15,745	36,389	17,931	-0,333	5,344	5,207	1,084
DcEd-1.0893	4,291	17,967	1,206	0,904	536,644	6,499	13,973	6,765	-0,399	40,864	2,009	0,815
DcEd-1.1014	5,809	29,138	2,042	1,253	645,679	8,979	22,698	10,057	0,922	2,351	2,818	1,395
DcEd-1.1040	7,177	37,942	2,437	0,988	909,645	12,383	35,226	15,509	0,855	2,353	3,656	0,955
DcEd-1.1045	7,952	47,112	3,5	1,098	666,374	13,719	27,856	10,834	1,591	3,211	3,392	0,692
DcEd-1.1082	7,49	35,868	2,971	1,717	653,634	11,313	26,502	11,25	1,797	12,197	4,176	1,913
DcEd-1.1086	8,174	43,698	3,753	0,695	807,366	12,63	27,473	14,136	1,983	5,061	4,522	1,361
DcEd-1.1133	8,638	41,694	3,305	1,186	617,221	11,678	26,961	11,301	-0,518	4,4	4,317	1,84
DcEd-1.1152	5,146	32,617	2,245	0,916	593,922	12,101	33,37	14,065	1,648	6,012	3,383	1,277
Moyenne	7,476	38,250	2,726	1,047	725,435	11,407	27,141	12,366	0,947	11,659	3,440	0,651
Écart-type	2,053	11,856	0,934	0,227	203,199	3,105	7,505	4,139	0,944	15,881	0,966	0,771
Minimum	3,468	14,335	0,874	0,690	418,219	6,017	12,306	4,923	-0,518	1,377	0,943	-1,624
Maximum	12,229	59,195	4,350	1,717	1219,047	18,183	40,458	21,720	2,661	73,327	5,207	1,913

## **Annexe G – Fichier complémentaire (photographies d'échantillons)**