

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR

SÉBASTIEN VIGNEAU

MÉTALLOGÉNIE DES MINÉRALISATIONS AURIFÈRES DE LA PROPRIÉTÉ  
OPINACA, BAIE-JAMES, QUÉBEC

JUILLET 2011

## RÉSUMÉ

Ce projet de maîtrise est issu d'une collaboration entre le CERM de l'UQAC et la compagnie Les ressources d'Arianne Inc. Il avait pour but de situer la minéralisation aurifère dans un cadre géodynamique pour développer des guides pour l'exploration. Spécifiquement, quatre indices aurifères (Chino, Zone Contact, Isabelle et Bull) distribués sur la propriété Opinaca ont été étudiés en détail. Parallèlement, les lithologies, les fabriques planaires et les minéraux du métamorphisme ont aussi été étudiés pour préciser le cadre régional.

Les minéralisations aurifères sont distribuées de part et d'autre d'un contact entre un domaine principalement sédimentaire au nord et un domaine essentiellement volcanique au sud. L'or est encaissé à l'intérieur de veines de quartz plissées ou boudinées ainsi qu'au sein d'un stockwerk riche en pyrite.

Malgré leurs différences apparentes, les indices étudiés ont tous subi la déformation reliée à l'évènement principal  $D_2$  ainsi que les évènements subséquents de déformation, du métamorphisme régional et d'altérations hydrothermales potassique et en carbonate. La minéralogie des veines et des stockwerks ainsi que les textures et la géochimie des pyrites aurifères sont également similaires. Ces similarités indiquent que les minéralisations sont cogénétiques.

Ces minéralisations aurifères ont un autre trait commun important. Elles sont toutes reliées à du magmatisme magnésien exprimé sous forme de dykes mafiques à ultramafiques. La relation spatiale entre ces dykes et la minéralisation a été établie pour chacun des indices étudiés. Chronologiquement, les dykes et les minéralisations ont subi les mêmes évènements de déformation et de métamorphisme. Alors que la majorité des dykes à proximité des minéralisations ont subi l'altération hydrothermale reliée à la minéralisation, certains dykes à l'indice Zone Contact recourent la zone d'altération suggérant que le magmatisme magnésien est contemporain à la minéralisation.

Ce magmatisme magnésien est particulier au niveau géochimique. Il possède des teneurs élevées en Mg, Cr et Ni semblables à celles de basaltes komatiitiques. Par contre, les profils multiéléments sont fractionnés avec des anomalies négatives prononcées en HFSE, atypiques pour du magmatisme magnésien. Une compilation à l'échelle de la Baie-James a permis d'identifier des intrusions similaires qui se distribuent autant à l'intérieur des ceintures de roches vertes de la Sous-province de La Grande qu'à l'intérieur des bassins métasédimentaires de la Sous-province d'Opinaca. L'ensemble de ces intrusions a été nommé l'Essaim magnésien de la Baie-James (EMBJ). Tout comme les dykes de la propriété Opinaca, l'EMBJ a des teneurs en arsenic élevées et il est localement

spatialement relié à des minéralisations aurifères ainsi qu'à des zones de déformation. Une comparaison sur la base de leur signature géochimique a permis de contraindre l'affinité géochimique de l'EMBJ soit aux *SHMB* ou aux lamprophyres calco-alcalins. Ces dykes apparaissent donc un métallotecte pour l'exploration aurifère à la Baie-James.

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Damien Gaboury pour m'avoir proposé ce projet et m'avoir par la suite conseillé tout au long des travaux. Je désire également remercier Réal Daigneault pour ses commentaires et son aide précieuse, autant sur le terrain qu'à l'université. Toute mon appréciation envers Jacques Carignan et Daniel Bandyayera pour avoir accepté de faire partie du comité d'évaluation.

Je tiens à remercier également les gens de la compagnie Les ressources d'Arianne inc., tout particulièrement Bernard Lapointe et Daniel Boulianne, sans qui ce projet n'aurait pu voir le jour. Merci pour la confiance que vous m'avez témoignée.

Je remercie le Consorem ainsi que la Fondation de l'UQAC pour leur support financier. Je tiens également à remercier le CRSNG et la compagnie Les ressources d'Arianne inc. pour le financement des travaux analytiques.

Plus personnellement, un gros merci à Marjorie Simard pour le support constant et les trop nombreuses discussions à propos de ce projet de maîtrise. Merci à mes amis pour m'entretenir de discussions d'autres natures. Finalement, merci à ma famille pour m'avoir inculqué le désir d'étudier.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>CHAPITRE 1</b>	<b>CADRE GÉNÉRAL.....</b>	<b>1</b>
1.1	Introduction.....	1
1.2	Problématique.....	2
1.2.1	Classification des gisements d'or.....	2
1.2.2	Synchronisme entre minéralisation, déformation et métamorphisme.....	4
1.3	Problématique spécifique.....	6
1.3.1	Géologie régionale.....	6
1.3.2	Métallogénie régionale.....	7
1.3.3	Géologie locale.....	8
1.4	Objectif.....	9
1.5	Méthodologie.....	10
1.5.1	Travaux de terrain.....	10
1.5.2	Travaux de laboratoire.....	12
<b>CHAPITRE 2</b>	<b>CARACTÉRISATION DES UNITÉS LITHOLOGIQUES.....</b>	<b>18</b>
2.1	Le Membre de Morbide.....	19
2.1.1	Caractéristiques pétrographiques.....	20
2.1.2	Géochimie.....	20
2.2	Le Membre de Sordide.....	20
2.2.1	Les grès.....	21
2.2.2	Les conglomérats.....	22
2.2.3	Les lits volcanoclastiques mafiques.....	23
2.2.4	Les lits volcanoclastiques felsiques.....	23
2.2.5	Les coulées mafiques.....	24
2.3	Les roches intrusives.....	26
2.3.1	Caractéristiques géochimiques des types d'intrusions.....	27
2.3.2	Type 1.....	28
2.3.3	Type 2.....	29
2.3.4	Type 3.....	30
2.3.5	Xénolites intermédiaires et felsiques.....	31
2.4	Particularité du système magmatique magnésien.....	32
2.4.1	Deux suites évolutives.....	32
2.4.2	Géochimie atypique en éléments traces.....	33
2.4.3	Teneur élevée en arsenic des dykes.....	36
2.5	Synthèse.....	37

<b>CHAPITRE 3</b>	<b>CARACTÉRISATION DE LA DÉFORMATION ET DU MÉTAMORPHISME.....</b>	<b>57</b>
3.1	Déformation.....	57
3.1.1	La déformation principale (D2).....	58
3.1.2	Déformation postérieure ductile (D3).....	59
3.1.3	Déformation postérieure cassante (D4).....	60
3.1.4	Déformation antérieure (D1).....	60
3.2	Zones de cisaillement.....	61
3.2.1	La Zone de déformation Contact.....	61
3.2.2	La Faille Acotago.....	62
3.3	Métamorphisme.....	63
3.3.1	Chronologique relative entre le pic du métamorphisme et les événements de déformation.....	64
3.4	Synthèse.....	65
<b>CHAPITRE 4</b>	<b>TYPOLOGIE DES MINÉRALISATIONS.....</b>	<b>74</b>
4.1	Indice Chino.....	74
4.1.1	Minéralogie des veines.....	76
4.1.2	Altération des roches encaissantes.....	76
4.1.3	Relation avec la déformation.....	78
4.1.4	Relation avec le magmatisme.....	79
4.2	Indice Zone Contact.....	80
4.2.1	Minéralogie des veines.....	81
4.2.2	Altération des roches encaissantes.....	82
4.2.3	Relations avec la déformation.....	83
4.2.4	Relations avec le magmatisme.....	83
4.3	Indice Isabelle.....	84
4.3.1	Minéralogie des veines.....	85
4.3.2	Relation avec la déformation.....	85
4.3.3	Relation avec le magmatisme.....	85
4.4	Indice Bull.....	86
4.4.1	Minéralogie de la minéralisation.....	87
4.4.2	Relation avec la déformation.....	88
4.4.3	Relation avec le magmatisme.....	88
4.5	Synthèse.....	89
<b>CHAPITRE 5</b>	<b>ALTÉRATION DES ROCHES ENCAISSANTES. 106</b>	
5.1	Méthodologie.....	108
5.2	Les basaltes de l'indice Chino.....	112
5.3	Les dykes de type 2a de l'indice Zone Contact.....	112

5.4 Synthèse.....	114
<b>CHAPITRE 6 CHIMIE MINÉRALE.....</b>	<b>126</b>
6.1 Analyses par micro-fluorescence X.....	127
6.1.1 Méthodologie et limitations.....	127
6.1.2 Présentation des résultats.....	128
6.2 Analyses par microsonde.....	132
6.2.1 Méthodologie et limitations.....	132
6.2.2 Présentation des résultats.....	133
6.3 Analyses par ablation au laser.....	145
6.4 Synthèse.....	147
<b>CHAPITRE 7 DISCUSSION.....</b>	<b>159</b>
7.1 Synchronisme de la minéralisation.....	159
7.1.1 Déformation des veines.....	160
7.1.2 Minéralogie et texture des veines et des stockwerks.....	161
7.1.3 Altérations des lithologies encaissantes.....	164
7.1.4 Géochimie de la pyrite.....	165
7.1.5 Synthèse.....	165
7.2 Les liens entre le magmatisme magnésien et la minéralisation.....	166
7.2.1 La chronologie relative entre les dykes et la minéralisation.....	168
7.3 Distribution à l'échelle régionale du magmatisme magnésien.....	169
7.3.1 Données du Sigéom.....	169
7.3.2 Les dykes magnésiens et ultramafiques du lac Ewart.....	172
7.3.3 Synthèse : définition de l'Essaim magnésien de la Baie-James.....	174
7.4 Affiliation magmatique des dykes de l'EMBJ.....	174
7.4.1 Méthodologie.....	175
7.4.2 Les boninites.....	177
7.4.3 Les « siliceous high magnesian basalts » (SHMB).....	178
7.4.4 Les lamprophyres calco-alkalins (ou shoshonitiques).....	180
7.4.5 Les shoshonites.....	183
7.4.6 Synthèse.....	183
7.5 Implication du système magmatique magnésien sur les minéralisations....	186
<b>CHAPITRE 8 CONCLUSIONS.....</b>	<b>200</b>
8.1 Nature des protolites des roches encaissant la minéralisation.....	201
8.2 L'histoire structurale de la région.....	202
8.3 Caractérisation des minéralisations aurifères.....	203
8.4 Vecteurs d'exploration.....	203

## LISTE DES TABLEAUX

### CHAPITRE 2

Tableau 2.1. Anomalies en <i>HFSE</i> pour les dykes de type 2 et 3.....	35
--	----

### CHAPITRE 6

Tableau 6.1. Analyses de carbonate par micro-XRF.....	129
Tableau 6.2. Analyses de l'amphibole par micro-XRF.....	130
Tableau 6.3. Analyses de la tourmaline par micro-XRF.....	132
Tableau 6.4. Analyses de carbonate par microsonde.....	134
Tableau 6.5. Analyses de la tourmaline par microsonde.....	135
Tableau 6.6. Analyses de l'amphibole par microsonde.....	136
Tableau 6.7. Analyses de l'épidote par microsonde.....	137
Tableau 6.8. Analyses de chloritoïde par microsonde.....	138
Tableau 6.9. Analyses de la chlorite par microsonde.....	139
Tableau 6.10. Analyses de plagioclase par microsonde.....	140
Tableau 6.11. Analyses de grenat par microsonde.....	141
Tableau 6.12. Analyses de la biotite par microsonde.....	142
Tableau 6.13. Composition des couples grenat – biotite.....	143

### CHAPITRE 7

Tableau 7.1. Comparaison entre différents types de roches riches en MgO et appauvries en <i>HFSE</i> .....	176
--	-----



## LISTE DES FIGURES

### CHAPITRE 1

Figure 1.1.	Classifications des gîtes aurifères.....	14
Figure 1.2.	Géologie régionale de la Baie-James.....	15
Figure 1.3.	Stratigraphie de la Ceinture de roches vertes de la Moyenne et de la Basse Eastmain.....	16
Figure 1.4.	Contexte géologique des indices aurifères étudiés. ....	17

### CHAPITRE 2

Figure 2.1.	Croquis de coussins et de mégacoussins du Membre de Morbide..	39
Figure 2.2.	Microphotographies d'un coussin des basaltes du Membre de Morbide. ....	40
Figure 2.3.	Signature en éléments traces des basaltes du Membre de Morbide.....	40
Figure 2.4.	Profils multiéléments des basaltes du Membre de Morbide.....	41
Figure 2.5.	Coupe stratigraphique du Membre de Sordide.....	42
Figure 2.6.	Photographies des lithologies du Membre de Sordide.....	43
Figure 2.7.	Signature en éléments traces des roches sédimentaires du Membre de Sordide.....	44
Figure 2.8.	Profils multiéléments des roches sédimentaires du Membre de Sordide.....	44
Figure 2.9.	Signature en éléments traces des volcanoclastites felsiques du Membre de Sordide.....	45
Figure 2.10.	Profils multiéléments des volcanoclastites felsiques du Membre de Sordide.....	45
Figure 2.11.	Photos des coulées volcaniques mafiques et de brèches de coulées. ....	46
Figure 2.12.	Croquis d'un affleurement de coulée mafique coussinée.....	47
Figure 2.13.	Signature en éléments traces des coulées volcaniques mafiques du Membre de Sordide.....	47
Figure 2.14.	Diagramme de $Al_2O_3$ et $CaO$ versus $SiO_2$ pour les laves mafiques du Membre de Sordide.....	48
Figure 2.15.	Profils multiéléments des laves mafiques du Membre de Sordide..	48
Figure 2.16.	Microphotographies de dykes mafiques.....	49
Figure 2.17.	Diagramme du $MgO$ versus $La_N/Yb_N$ montrant les différentes familles d'intrusions.....	49
Figure 2.18.	Signature en éléments traces des dykes de type 1.....	50
Figure 2.19.	Signature en éléments traces des dykes de type 2.....	50
Figure 2.20.	Signature en éléments traces des dykes de type 3.....	51

Figure 2.21.	Profils multiéléments des dykes de type 1.....	51
Figure 2.22.	Profils multiéléments des dykes de type 2.....	52
Figure 2.23.	Profils multiéléments des dykes de type 3.....	52
Figure 2.24.	Photos des xénolithes à l'intérieur de dykes magnésiens.....	53
Figure 2.25.	Signature en éléments traces des xénolithes retrouvés à l'intérieur des dykes magnésiens.....	54
Figure 2.26.	Profils multiéléments des xénolithes retrouvés à l'intérieur des dykes magnésiens.....	54
Figure 2.27.	Diagramme du MgO <i>versus</i> SiO <sub>2</sub> montrant l'évolution de la composition des dyke de type 2 et 3.....	55
Figure 2.28.	Diagramme du La <i>versus</i> La <sub>N</sub> /Yb <sub>N</sub> montrant le fractionnement des dykes de type 2 et 3.....	55
Figure 2.29.	Diagramme multiélément pour les dykes de type 2 et 3, les picrites et les basaltes komatiitiques.....	56

### CHAPITRE 3

Figure 3.1.	Représentation schématique des éléments structuraux en lien avec les évènements de déformation.....	67
Figure 3.2.	Stéréonets de l'indice Zone contact.....	68
Figure 3.3.	Photos des éléments de déformation.....	69
Figure 3.4.	Veine à quartz et carbonate de fer mise en place pendant l'évènement D <sub>4</sub> cassant.....	70
Figure 3.5.	Photos de la ZDC.....	71
Figure 3.6.	Microphotographies montrant des trainées d'inclusions d'ilménite courbées à l'intérieur de grenat.....	72
Figure 3.7.	Microphotographie d'un claste à amphibole – carbonate à l'intérieur des roches sédimentaires biotitisées.....	72
Figure 3.8.	Chronologie relative entre les évènements de déformation et le métamorphisme. ....	73

### CHAPITRE 4

Figure 4.1.	Zone cartographiée en détail dans la portion nord de l'indice Chino. ....	90
Figure 4.2.	Veinules de tourmaline aux extrémités de la veines Chino.....	91
Figure 4.3.	Photographie et microphotographies de la veine Chino.....	92
Figure 4.4.	Photographie et microphotographies de l'altération à l'indice Chino.....	93
Figure 4.5.	Photos des brèches hydrothermales de l'indice Chino.....	94
Figure 4.6.	Trace de la schistosité à l'indice Chino.....	95
Figure 4.7.	Schémas représentant la déformation de la veine Chino et de la schistosité S <sub>1</sub> .....	96

Figure 4.8.	Dykes de type 3b à l'indice Chino.....	97
Figure 4.9.	Section de l'indice Zone Contact au niveau de la ligne L 32+10W..	98
Figure 4.10.	Légende pour les sections des indices Zone Contact et Isabelle ainsi que pour la vue en plan de l'indice Bull.....	99
Figure 4.11.	Photos des veines de l'indice Zone Contact.....	99
Figure 4.12.	Microphotographies de la minéralogie d'altération à l'indice Zone Contact.....	100
Figure 4.13.	Photos montrant les relations spatiales entre la minéralisation et les dykes de type 2a à l'indice Zone Contact.....	101
Figure 4.14.	Section de l'indice Isabelle au niveau de la ligne L 27+95W.....	102
Figure 4.15.	Photographie et microphotographie de la veine de l'indice Isabelle.....	103
Figure 4.16.	Vue en plan de l'indice Bull.....	104
Figure 4.17.	Microphotographies de l'indice Bull.....	105

## CHAPITRE 5

Figure 5.1.	Comparaison du contenu en éléments mobiles et immobiles d'échantillons frais et altérés.....	115
Figure 5.2.	Diagrammes binaires mettant en relation les éléments Al, Ti et Zr des basaltes de l'indice Chino et des dykes de type 2a.....	116
Figure 5.3.	Diagrammes de Zr et des Terres Rares lourdes <i>versus</i> Lu pour les basaltes de l'indice Chino et des dykes de type 2a. ....	117
Figure 5.4.	Diagrammes d'altération selon la méthode de Grant (1986) pour les basaltes de l'indice Chino.....	118
Figure 5.5.	Diagrammes d'altération selon la méthode de Grant (1986) pour les dyke de type 2a des indices Zone Contact et Bull. ....	120
Figure 5.6.	Coupe transversale à la minéralisation montrant la variation des gains et des pertes de masses relatives pour les principaux oxydes majeurs à l'indice Chino.....	122
Figure 5.7.	Changements de masse relatifs des échantillon de dykes de type 2a.....	123

## CHAPITRE 6

Figure 6.1.	Composition des carbonates analysés au micro-XRF et à la microsonde.....	149
Figure 6.2.	Composition de l'ensemble des amphiboles analysées au micro-XRF et à la microsonde.....	149
Figure 6.3.	Composition des amphiboles calciques analysées au micro-XRF et à la microsonde.....	150
Figure 6.4.	Composition des chlorites analysées à la microsonde selon la classification de Hey (1954).....	150

Figure 6.5.	Composition des grenats analysés à la microsonde.....	151
Figure 6.6.	Microphotographie en lumière naturelle de l'assemblage grenat – biotite.....	151
Figure 6.7.	Boîtes à moustaches des géothermomètres des couples grenat – biotite calculés à partir de huit méthodes différentes.....	152
Figure 6.8.	Cartographie à haute résolution et en fausses couleurs par microsonde d'une zone à hautes teneurs aurifères de l'indice Chino (éch. SW-18A). .....	153
Figure 6.9.	Cartographie à haute résolution et en fausses couleurs par microsonde de grains d'or libres de l'indice Chino (éch. SW-18B). .....	154
Figure 6.10.	Image en fausses couleurs de la densité par électrons rétrodiffusés obtenue par microsonde d'un grain d'ilménite (éch. SV-05).....	155
Figure 6.11.	Profils métalliques des pyrites de différents échantillons provenant des indices Chino et Zone Contact.....	156
Figure 6.12.	Composition en éléments traces de pyrites classées selon leur provenance et leur habitus cristallin.....	158
Figure 6.13.	Exemple d'un profil analytique au LA-ICP-MS (Chino-16A, point #3).....	158

## CHAPITRE 7

Figure 7.1.	Schéma montrant le plissement de la veine Chino et le boudinage de la veine Principale de l'indice Zone Contact par un raccourcissement commun.....	188
Figure 7.2.	Chronologie relative de la minéralisation, du magmatisme, du métamorphisme et de la déformation sur le terrain à l'étude.....	188
Figure 7.3.	Minéralogie des veines des différents indices. ....	189
Figure 7.4.	Comparaison entre la signature en éléments traces des pyrites à micro inclusions des indices Chino et Zone Contact.....	189
Figure 7.5.	Localisation des échantillons de l'Essaim magnésien de la Baie-James.....	190
Figure 7.6.	Signature en éléments traces des analyses du Groupe 1 tirées du Sigéom. ....	191
Figure 7.7.	Diagramme Na <sub>2</sub> O versus K <sub>2</sub> O des analyses des Groupes 2a et 2b.....	191
Figure 7.8.	Signature en éléments traces des analyses du Groupe 2a et des dykes de type 2a, 3a et 3b.....	192
Figure 7.9.	Signature en éléments traces des analyses du Groupe 2b et des dykes de type 2a, 3a, 3b.....	192
Figure 7.10.	Histogramme des teneurs en arsenic d'analyses de l'Essaim magnésien de la Baie-James provenant de diverses sources.....	193

Figure 7.11.	Diagrammes multiéléments des dykes magnésiens du lac Ewart..	194
Figure 7.12.	Diagramme $Al_2O_3$ versus $TiO_2$ comparant les boninites archéennes et les analyses de l'EMBJ.....	195
Figure 7.13.	Diagramme de l'anomalie en Zr versus $La_N/Yb_N$ pour les boninites archéennes et les analyses de l'EMBJ.....	195
Figure 7.14.	Diagramme de l'anomalie en Zr versus $La_N/Yb_N$ pour les SHMB et les analyses de l'EMBJ.....	196
Figure 7.15.	Diagramme $SiO_2$ versus MgO pour les lamprophyres et les analyses de l'EMBJ.....	196
Figure 7.16.	Diagramme $K_2O$ versus MgO pour les lamprophyres et les analyses de l'EMBJ.....	197
Figure 7.17.	Diagramme de l'anomalie en Nb versus $La_N/Yb_N$ pour les lamprophyres calco-alcalins archéens et les analyses de l'EMBJ..	197
Figure 7.18.	Diagramme de l'anomalie en Zr versus $La_N/Yb_N$ pour les lamprophyres calco-alcalins archéens et les analyses de l'EMBJ.	198
Figure 7.19.	Diagramme $K_2O$ versus $SiO_2$ pour les shoshonites et les analyses de l'EMBJ.....	198
Figure 7.20.	Signature en éléments traces des analyses des shoshonites archéennes et des échantillons de l'EMBJ.....	199

## **LISTE DES PLANS EN POCLETTE**

- Plan 1. Cartographie de l'indice Chino à l'échelle 1 : 200.  
Plan 2. Cartographie de l'indice Zone Contact à l'échelle 1 : 200.

## **LISTE DES ANNEXES**

- Annexe I. Localisation et description sommaire des échantillons recueillis.  
Annexe II. Liste des mesures structurales.  
Annexe III. Certificats des analyses de roche totale des échantillons prélevés.  
Annexe IV. Analyses de géochimie minérale.  
Annexe V. Liste des échantillons provenant de banques de données externes.

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

### Minéraux

Act	actinote
Amp	amphibole
Bt	biotite
Cal	calcite
Cb	carbonate
Chl	chlorite
Cld	chloritoïde
Cpy	chalcopyrite
Ep	épidote
Fp	feldspath
Grt	grenat
Ilm	ilménite
Mt	magnétite
Pg	plagioclase
Po	pyrrhotite
Py	pyrite
Qz	quartz
Tl	tourmaline
Tr	trémolite

### Fabriques et éléments structuraux

C <sub>x</sub>	cisaillement de x <sup>e</sup> génération
D <sub>x</sub>	déformation de x <sup>e</sup> génération
L <sub>é</sub>	linéation d'étirement
P <sub>x</sub>	pli de x <sup>e</sup> génération
S <sub>x</sub>	schistosité de x <sup>e</sup> génération

### Unités de mesure

cm	centimètre
g/t	gramme par tonne
km	kilomètre
m	mètre
Ma	million d'années
mm	millimètre
Moz	million d'once
ppb	partie par milliard
ppm	partie par million
t	tonne métrique
µm	micromètre

### Autres abréviations

CERM	Centre d'étude sur les ressources minérales
CRVMBE	ceinture de roches vertes de la Moyenne et de la Basse Eastmain
EMBJ	essaim magnésien de la Baie-James
ÉTR	éléments des Terres Rares
FA	Faille Acotago
HFSE	<i>high field strength elements</i> , éléments à forte liaison atomique
LILE	large ion lithophile elements, éléments à large rayon ionique
MORB	<i>mid-ocean ridge basalt</i> , basaltes de ride médio-océanique
MRNF	Ministère des ressources naturelles et de la faune
SHMB	<i>siliceous high magnesian basalts</i>
SMMLE	Système magmatique magnésien du lac Ewart
UQAC	Université du Québec à Chicoutimi
ZDC	Zone de déformation Contact



## **CHAPITRE 1**

### **CADRE GÉNÉRAL**

#### **1.1 Introduction**

Ce mémoire de maîtrise porte sur la caractérisation des indices d'or de la propriété Opinaca de Ressources d'Arianne Inc. située sur le territoire de la Baie-James au Québec. Il est le résultat de la collaboration entre le Centre d'études sur les ressources minérales (CERM) de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) et de la compagnie Ressources d'Arianne Inc.

Le premier chapitre présente les différents types de gisements d'or mondiaux. Le secteur à l'étude y a aussi été placé dans son contexte géologique régional. Le deuxième chapitre décrit les unités lithologiques du secteur à l'étude des points de vue minéralogique, textural et géochimique. Dans ce chapitre, une attention particulière est portée au magmatisme magnésien reconnu sur la propriété. Le troisième chapitre décrit les observations par rapport à la déformation et au métamorphisme affectant ces unités lithologiques. La chronologie des différents

événements de déformation et du métamorphisme est aussi présentée. Le quatrième chapitre décrit la typologie des minéralisations formant les quatre indices aurifères étudiés (Zone Contact, Chino, Isabelle et Bull). Pour chacun des indices, la minéralogie de la minéralisation et celle des roches encaissantes sont mises en évidence. Les liens entre la minéralisation, le magmatisme et la déformation sont également discutés. Le cinquième chapitre aborde de façon qualitative et quantitative les phénomènes d'altération hydrothermale en association avec les différents indices. Le sixième chapitre décrit l'ensemble des analyses géochimiques effectuées sur des phases minérales de la gangue et de la minéralisation. Le septième chapitre présente une discussion séparée en deux parties. Une première partie établit le synchronisme des minéralisations entre les quatre indices étudiés. La seconde partie démontre la relation entre le magmatisme magnésien identifié sur la propriété Opinaca et un essaim de dykes magnésiens présent sur l'ensemble du territoire de la Baie-James. Cette partie discute également des implications de ce système magmatique magnésien sur les minéralisations aurifères du secteur à l'étude.

## **1.2 Problématique**

### **1.2.1 Classification des gisements d'or**

Gosselin et Dubé (2005) ont répertorié 452 gisements d'or de plus de 1 Moz (31,1 t Au). Les paléoplacers mis à part, ces gisements sont tous générés par différents systèmes hydrothermaux actifs à plusieurs niveaux crustaux et reliés à

différents évènements géodynamiques. Les différentes caractéristiques métallogéniques d'un gisement d'or dépendent des caractéristiques du système hydrothermal à l'origine de la minéralisation, de l'évènement géodynamique associé et de l'environnement géologique. Ces dernières années, plusieurs synthèses métallogéniques des gisements aurifères ont été publiées. C'est sur la base de ces différentes caractéristiques métallogéniques que les classifications sont fondées.

Deux classifications sont principalement reconnues dans la littérature mondiale, celle de Poulsen *et al.* (2000) et celle de Groves *et al.* (1998) (figure 1.1). Ces deux classifications ont plusieurs points en commun, dont celui de présenter trois catégories majeures de gisements aurifères. Il s'agit : 1) des gisements reliés au volcanisme, soient l'or épithermal et les sulfures massifs volcanogènes (SMV) riches en or, 2) des gisements d'or reliés à une intrusion (porphyres, skarns et mantos aurifères) et 3) des gisements orogéniques, reliés à un incrément majeur de la déformation et au pic du métamorphisme (Groves *et al.*, 1998). Ces derniers prennent la forme de veines de quartz – carbonate encaissées dans des formations de fer, des séquences turbiditiques et des zones de cisaillement à l'intérieur de ceintures de roches vertes.

La différence majeure entre les deux classifications est la profondeur de mise en place des gisements. Dans la classification de Poulsen *et al.* (2000), les minéralisations aurifères se forment à des profondeurs propres à la catégorie de gisements : 0 à 1 km pour les gisements épithermaux, 1 à 5 km pour ceux reliés à

une intrusion et 5 à 10 km pour les veines de quartz – carbonate aurifères (figure 1.1 a). Dans celle de Groves *et al.* (1998), les gisements orogéniques peuvent se former à toutes les profondeurs crustales. Par conséquent, la minéralogie des veines et de l'altération varie selon le grade métamorphique des roches encaissantes et la profondeur de mise en place (figure 1.1 b).

### **1.2.2 Synchronisme entre minéralisation, déformation et métamorphisme**

La déformation et le métamorphisme sont des phénomènes géologiques enregistrés par la roche, tant à l'échelle microscopique qu'à l'échelle régionale. La déformation est représentée par des éléments structuraux, tels que des anisotropies planaires et linéaires, des plis, des failles et des zones de déformation, qui correspondent à un ou plusieurs incréments de la déformation, nommés  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , etc. Le métamorphisme induit des changements texturaux par la recristallisation des phases minérales existantes et la cristallisation de nouvelles phases. Ces changements texturaux sont généralement accompagnés de changements mineurs dans la chimie de la roche. La déformation et le métamorphisme compliquent l'interprétation des observations faites par rapport à un gisement ainsi que l'élaboration de modèles de mise en place fiables. Ainsi, plusieurs gisements déformés et métamorphisés à un faciès élevé, en particulier le gisement Hemlo, ont été interprétés par différents auteurs comme étant reliés à un épisode de volcanisme, de magmatisme, de déformation et/ou de métamorphisme (Muir, 2002).

La minéralisation encaissée dans un terrain géologique déformé et métamorphisé peut avoir été formée avant, pendant ou après chaque incrément de déformation ainsi qu'avant, pendant ou après le pic du métamorphisme (Robert et Poulsen, 2001). Typiquement, les minéralisations de type épithermal, les SMV et celles centrées sur une intrusion se forment avant l'incrément de déformation le plus intense, c'est-à-dire celui à l'origine de la fabrique planaire principale ( $S_p$ ) et avant le pic du métamorphisme. Les minéralisations orogéniques se forment de façon synchrone à un incrément de déformation majeure (Groves *et al.*, 1998). Lorsque ces minéralisations se forment aux faciès des schistes de verts, celles-ci sont tardives par rapport au pic du métamorphisme et lorsqu'elles se forment à des grades métamorphiques supérieurs, elles sont synchrones au pic du métamorphisme (Dubé et Gosselin, 2007).

L'étude de la déformation et du métamorphisme fournit des renseignements importants sur l'histoire géodynamique d'une région et sur les liens temporels et génétiques entre la minéralisation et les différents évènements géodynamiques. En somme, les minéralisations syngénétiques archéennes ont subi l'ensemble des incréments de déformation tandis que les minéralisations épigénétiques se sont mises en place de façon tardive par rapport à l'histoire tectonique régionale. Dans ce cas, les structures minéralisées sont communément pas ou peu déformées (Ridley *et al.*, 2000). Par contre, certaines régions avec des histoires géodynamiques complexes, ayant subi plus d'un orogénie, peuvent contenir des minéralisations épithermales encaissées dans des terrains avec une importante

déformation préexistante ou des minéralisations orogéniques reprises par des épisodes de déformation subséquents.

La présence de minéralisations aurifères dans des roches déformées et métamorphisées implique donc l'un des trois scénarios suivants.

- 1) La minéralisation se met en place de façon rétrograde dans un terrain qui est déjà déformé et métamorphisé.
- 2) Il y a une superposition de la déformation et du métamorphisme sur une minéralisation syngénétique ou épigénétique.
- 3) La genèse de la minéralisation est synchrone à la déformation et au pic métamorphique.

La détermination des liens temporels et génétiques entre la minéralisation, le métamorphisme et la déformation est très importante afin de comprendre les phénomènes à l'origine de la minéralisation. De plus, ces liens permettent d'élaborer des vecteurs d'exploration régionale et locale pouvant mener à la découverte de nouveaux gisements.

## **1.3 Problématique spécifique**

### **1.3.1 Géologie régionale**

Le territoire de la Baie-James est principalement constitué de roches archéennes appartenant à la Province du Supérieur. Sur ce territoire, le Supérieur se divise en deux Sous-provinces : 1) l'Opinaca, principalement méta-sédimentaire, et 2) le La Grande (figure 1.2). La Sous-province de La Grande

comprend deux ceintures de roches vertes importantes : la Ceinture de roches vertes de la Moyenne et de la Basse Eastmain (CRVMBE) et la Ceinture de roches vertes de La Grande. La CRVMBE s'est édiflée en quatre cycles volcaniques (Moukhsil *et al.*, 2003, figure 1.3) :

- 1) la formation de Kauputauch qui comprend des roches volcaniques mafiques à felsiques;
- 2) la formation de Natel, composée de roches volcaniques ultramafiques à mafiques;
- 3) la formation d'Anatacau-Pivert comprenant des roches volcaniques mafiques à felsiques et des roches sédimentaires;
- 4) les formations de Komo et de Kasak également formées de roches volcaniques mafiques à felsiques.

L'ensemble de ces roches a subi plusieurs phases de déformation (figure 1.3), dont l'orogène kénoréen (Card, 1990; Gauthier, 2000).

### **1.3.2 Métallogénie régionale**

Du point de vue métallogénique, plusieurs types de minéralisations aurifères sont retrouvés sur le territoire de la Baie-James. Les principaux types sont : 1) des amas sulfurés à Cu-Zn±Pb-Ag-Au associés à la mise en place de roches volcaniques; 2) des minéralisations en Au-Cu±Mo associées à des intrusions porphyriques et; 3) des gîtes d'or orogéniques. Comparativement à l'Abitibi, les minéralisations orogéniques de la Baie-James se sont mises en place dans des

niveaux structuraux très variés. Le degré de métamorphisme de ces minéralisations s'étend du faciès des schistes verts au faciès supérieur des amphibolites (Gauthier, 2000).

### 1.3.3 Géologie locale

Le terrain de la présente étude est situé à la Baie-James, au sud du Réservoir Opinaca, sur la propriété Opinaca (figure 1.2). Les droits d'exploration minérale appartiennent à la compagnie Les Ressources d'Arianne Inc. La propriété est située à l'intérieur de la CRVMBE, le long d'un segment de 35 km de la formation d'Anatacau-Pivert (2723 Ma; Moukhsil *et al.*, 2003). L'étude se concentre sur une série d'indices aurifères distribués le long d'un contact entre les roches volcaniques mafiques au sud et les roches sédimentaires au nord (figure 1.4). Les indices minéralisés Zone Contact, Chino et Chino Est ont été découverts par Virginia Gold Mines en 1998 (Bambic et Tremblay, 1998). Ces indices consistent en des veines de quartz plissées ou boudinées contenant une quantité variable de carbonate, d'amphibole et de sulfures, principalement arsénopyrite, pyrrhotite et pyrite. Plus récemment, en 2006, les indices Isabelle, Bull et l'Aïeul ont été découverts par Ressources d'Arianne. L'indice Isabelle, de type veine, correspond au prolongement vers l'est et en profondeur de l'indice Zone Contact. À l'indice Bull, les teneurs aurifères plus faibles, sont associées à des veines et à une zone de stockwerk contenant de la pyrite disséminée. Ces deux indices sont situés de part et d'autre de la Faille Acotago (figure 1.4). Hormis le déplacement induit par la



Faille Acotago, ces quatre indices forment une bande minéralisée quasi-continue s'étalant sur plus de 500 m. Quant à l'indice l'Aïeul, il est situé à 100 m au nord du contact et à 3 km à l'ouest de l'indice Zone Contact. Il est constitué de veines de quartz encaissées dans des roches sédimentaires avec une grande proportion d'arsénopyrite.

Les roches encaissantes de la minéralisation sont métamorphisées au grade supérieur des schistes verts. Elles sont affectées par une fabrique planaire principale  $S_p$  d'orientation  $060^\circ N$  à  $070^\circ N$  (Daigneault, 1998; Boulianne, 2007). Les principales manifestations de la déformation sont des plis relativement serrés à l'intérieur des unités sédimentaires et une foliation dans les roches volcaniques. Cette foliation est affectée par un incrément de déformation ( $D_{p+1}$ ). Le batholite de Mistumis est situé directement au sud de la formation d'Anatacau-Pivert (Moukhsil, 2000) et les indices aurifères sont tous situés à moins de 2 km de celui-ci (figure 1.4).

Génétiquement, la mise en place des différents indices peut donc être reliée à la formation des unités volcaniques et sédimentaires, à la mise en place du batholite ou à l'un des incréments de déformation. D'autre part, l'indice Bull, dominé par une zone de stockwerk aurifère, présente une morphologie différente des autres indices. Il peut avoir une genèse différente des autres indices étudiés.

## 1.4 Objectif

Le but de la présente maîtrise est de déterminer à quel(s) évènement(s)

géodynamique(s) les minéralisations aurifères de la propriété Opinaca sont reliées. Afin d'atteindre ce but, un certain nombre d'objectifs et de sous objectifs ont été établis.

1) Déterminer la nature des protolites des roches encaissant la minéralisation.

1.1) Déterminer la nature du contact entre les unités volcaniques et les unités sédimentaires.

2) Caractériser les différents indices aurifères présents sur la propriété.

2.1) Vérifier l'existence d'un lien génétique entre les différents styles de minéralisation.

3) Déterminer l'histoire structurale de la région.

3.1) Établir la chronologie relative entre les minéralisations aurifères, la déformation et le métamorphisme.

4) Établir des guides d'exploration spécifiques à la propriété.

## **1.5 Méthodologie**

### **1.5.1 Travaux de terrain**

L'atteinte de ces objectifs a nécessité des travaux de terrain et des travaux de laboratoire. Les levés géologiques et la cueillette des échantillons se sont échelonnés sur deux étés, soit les étés 2006 et 2007. Ces travaux se sont greffés aux campagnes d'exploration de Ressources d'Arianne Inc. effectuées sur la propriété Opinaca et sur leurs propriétés avoisinantes.

### *1.5.1.1 Cartographie*

Les indices Zone Contact et Chino ont été décapés à la pelle mécanique et lavés par la firme Nord-Fort Inc. à l'été 2006. Ils ont tous deux fait l'objet d'une cartographie de détail à l'échelle 1 : 200 à partir d'une grille de points distancés de 10 m. Les plans de ces cartographies sont présentés en pochette. L'indice Chino a été cartographié à l'été 2006. En 2007, l'indice Zone Contact a été cartographié. Cette même année, une portion de l'indice Chino a été cartographiée à une échelle plus détaillée de 1 : 100. Des mesures structurales ont également été prises sur ces deux indices (annexe II). Une coupe stratigraphique AA' couvrant 180 m a également été réalisée en 2006. Celle-ci est perpendiculaire à la séquence stratigraphique et recoupe l'indice Zone Contact (figure 1.4).

### *1.5.1.2 Cueillette des échantillons*

En tout, deux cent quinze (215) échantillons de roches ont été prélevés sur le terrain et le long de forages. Ces échantillons proviennent des différents indices, de la coupe stratigraphique et d'un peu partout sur la propriété. Les forages effectués en 2006 et en 2007 par Les Ressources d'Arianne Inc. ont été échantillonnés. Il est à noter que douze échantillons ont été prélevés sur l'indice l'Aieul qui n'a pas été étudié spécifiquement lors de ce projet de maîtrise. Les échantillons de terrain ont été prélevés par marteau ou par scie diamantée. Ces échantillons de roches ont un minimum de 10 cm d'épaisseur afin de minimiser l'impact de l'altération de surface lors des traitements analytiques et des

observations microscopiques. La localisation et la description sommaire de l'ensemble de ces échantillons se trouvent à l'annexe I.

## **1.5.2 Travaux de laboratoire**

### *1.5.2.1 Analyses géochimiques*

Les échantillons recueillis ont été préparés pour analyses. Certains échantillons ont été sciés pour la préparation de cent trente-trois (133) lames minces régulières et polies. Soixante-huit (68) échantillons ont été broyés à l'aide d'un broyeur à mâchoires et d'un broyeur en céramique d'alumine. Une partie de ce travail a été fait par Jonathan Lapointe. Par la suite, ces échantillons ont été envoyés au laboratoire ALS Chemex de Val-d'Or pour l'analyse des éléments majeurs par fluorescence X (XRF). Pour les éléments traces et les éléments des Terres Rares (ÉTR), les échantillons ont subi une fusion au borate de lithium suivie d'une digestion à l'acide et d'une analyse par spectrométrie de masse (*ICP-MS*). Pour les éléments volatils, tels que l'arsenic, les échantillons ont été digérés par une attaque à quatre acides et analysés par un spectromètre d'émission atomique (*ICP-AES*). Les certificats d'analyses sont présentés à l'annexe III.

Les analyses géochimiques ont été utilisées pour caractériser les unités encaissantes par différents diagrammes géochimiques discriminants. Les diagrammes multiéléments présentés dans le mémoire sont normalisés par rapport au manteau primitif (McDonough & Sun, 1995). Ces analyses ont également servi à la caractérisation de l'altération affectant les roches encaissantes des différents

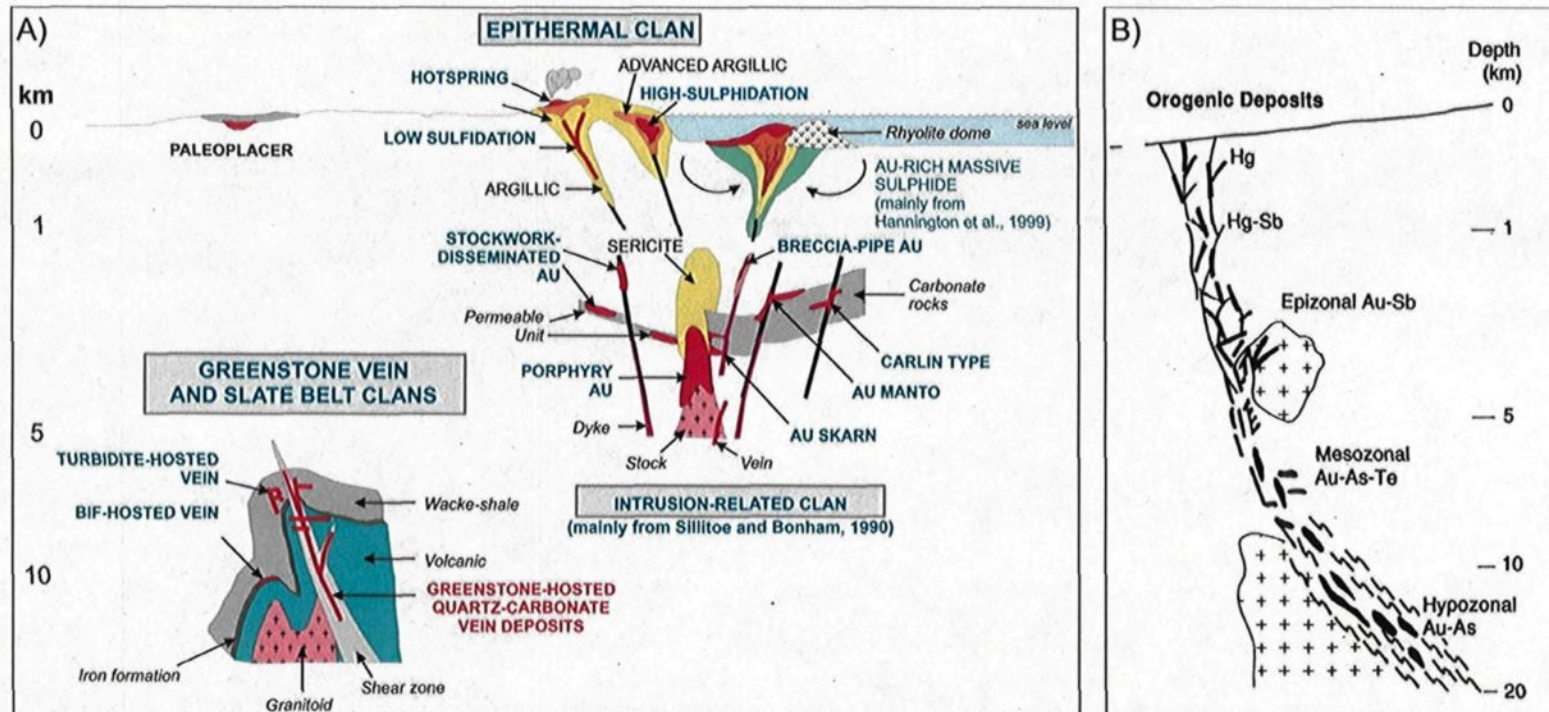
indices. Les méthodes de Grant (1986) et de MacLean et Barrett (1993) ont été utilisées pour cette caractérisation. Les méthodologies spécifiques à ces méthodes sont décrites au chapitre 5.

#### *1.5.2.2 Chimie minérale*

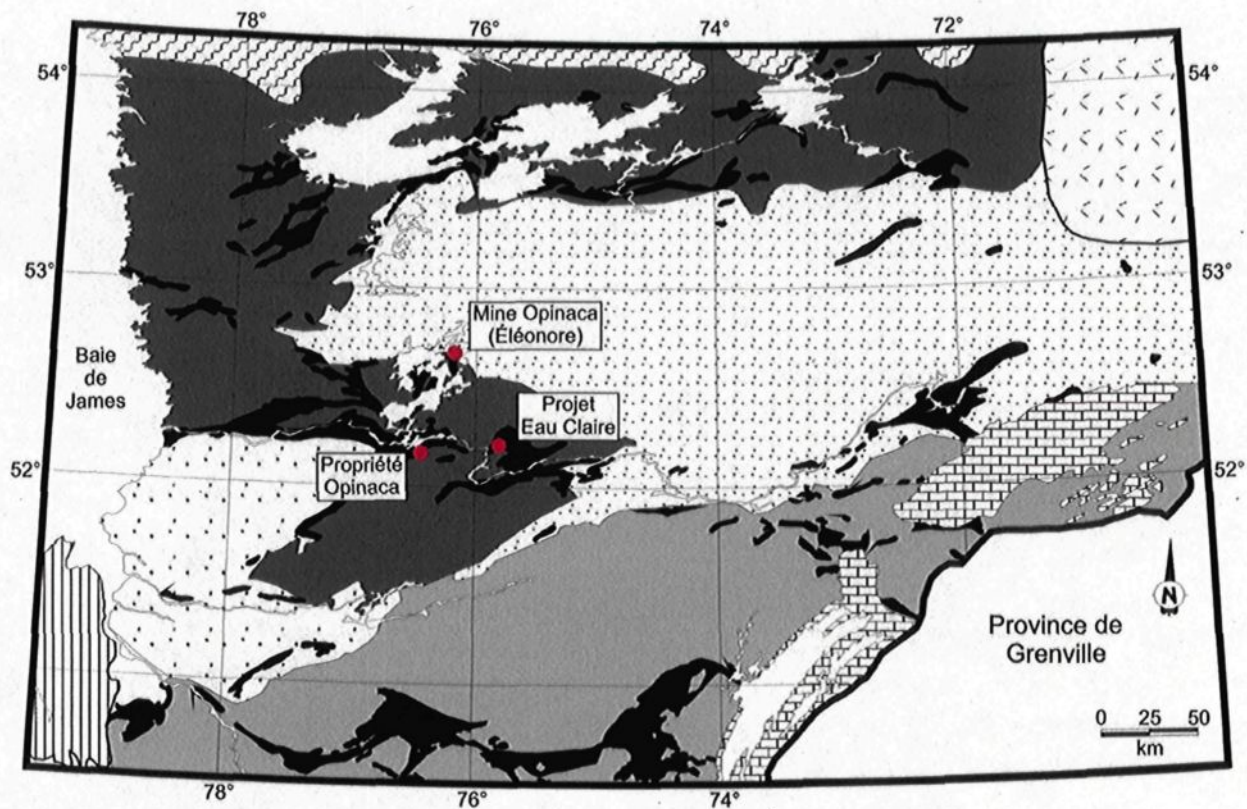
Les observations pétrographiques faites à partir des lames minces ont permis de caractériser la minéralisation et les unités encaissantes. Une caractérisation plus fine de certaines phases minérales a été réalisée à l'aide d'analyses par micro-fluorescence X, par micro-sonde et par ablation laser. L'ensemble des données de chimie minérale est présenté à l'annexe IV.

Les minéraux de la gangue, silicates et carbonates, ont été analysés par micro-fluorescence X au LabMaTer de l'UQAC et par microsonde électronique à l'Université Laval. Deux cartes géochimiques de haute résolution ont aussi été obtenues par micro-sonde. La composition en éléments traces de la pyrite a été quantifiée par ablation laser au LabMaTer de l'UQAC.

Les données recueillies sur le terrain ont été mises en plan avec le logiciel MapInfo. Les différents plans retrouvés en pochette et les figures du mémoire ont été produits à l'aide du logiciel Corel Draw.



**Figure 1.1.** Classifications des gîtes aurifères. A) Différents types de gîtes selon la profondeur de mise en place selon le modèle de Poulsen *et al.* (2000), (tirée de Dubé et Gosselin, 2007). B) Variation du contenu en métaux des gisements orogéniques selon la profondeur de mise en place (tirée de Groves *et al.*, 1998).



**PLATE-FORME DE LA BAIE D'HUDSON**

Paléozoïque

Couverture de  
roches sédimentaires

**PROVINCE DU SUPÉRIEUR**

Protorozoïque

Couverture de  
roches sédimentaires

**Archéen**

Sous-province  
d'Opinaca

Sous-province  
de Némiscau

Sous-province  
de La Grande

Sous-province  
d'Opatica

Sous-province  
de Bienville

Sous-province  
d'Ashuanipi

Ceinture  
volcano-sédimentaire

Figure 1.2. Géologie régionale de la Baie-James (modifiée de Bandyayeya *et al.*, 2010).

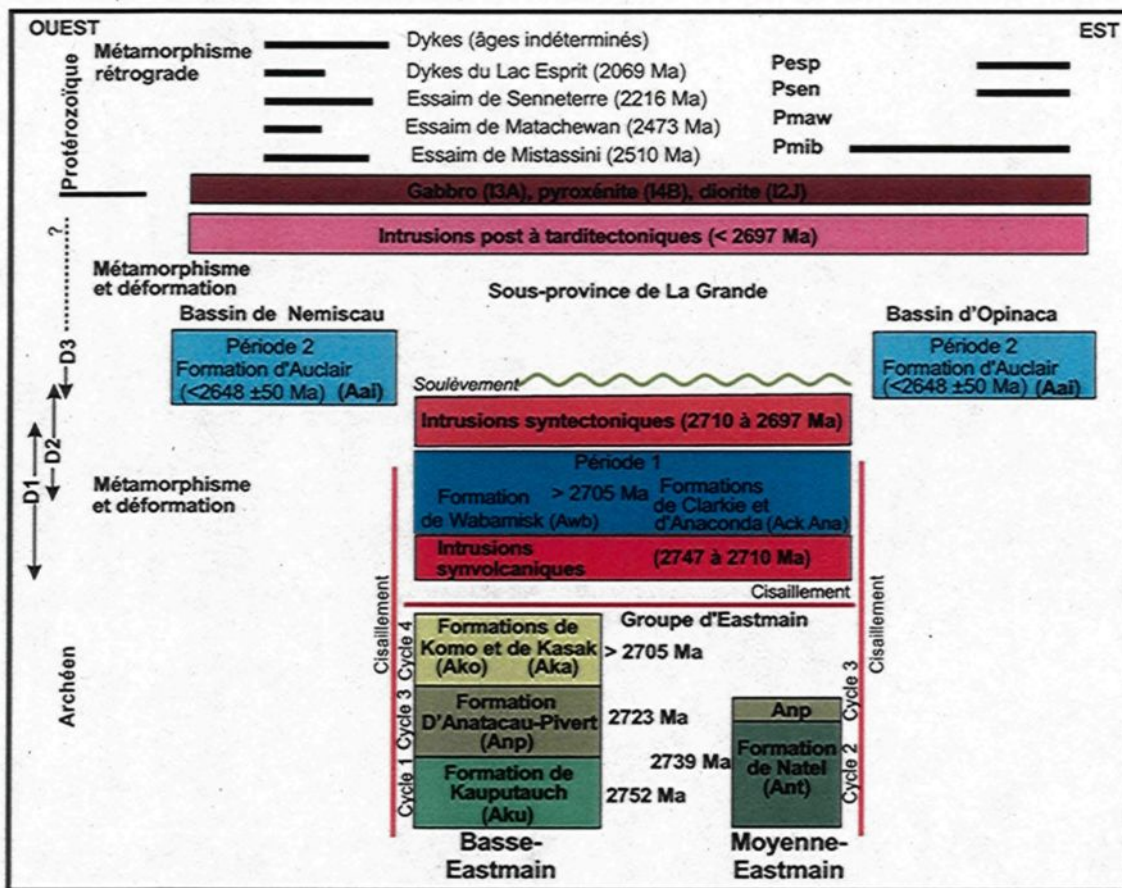
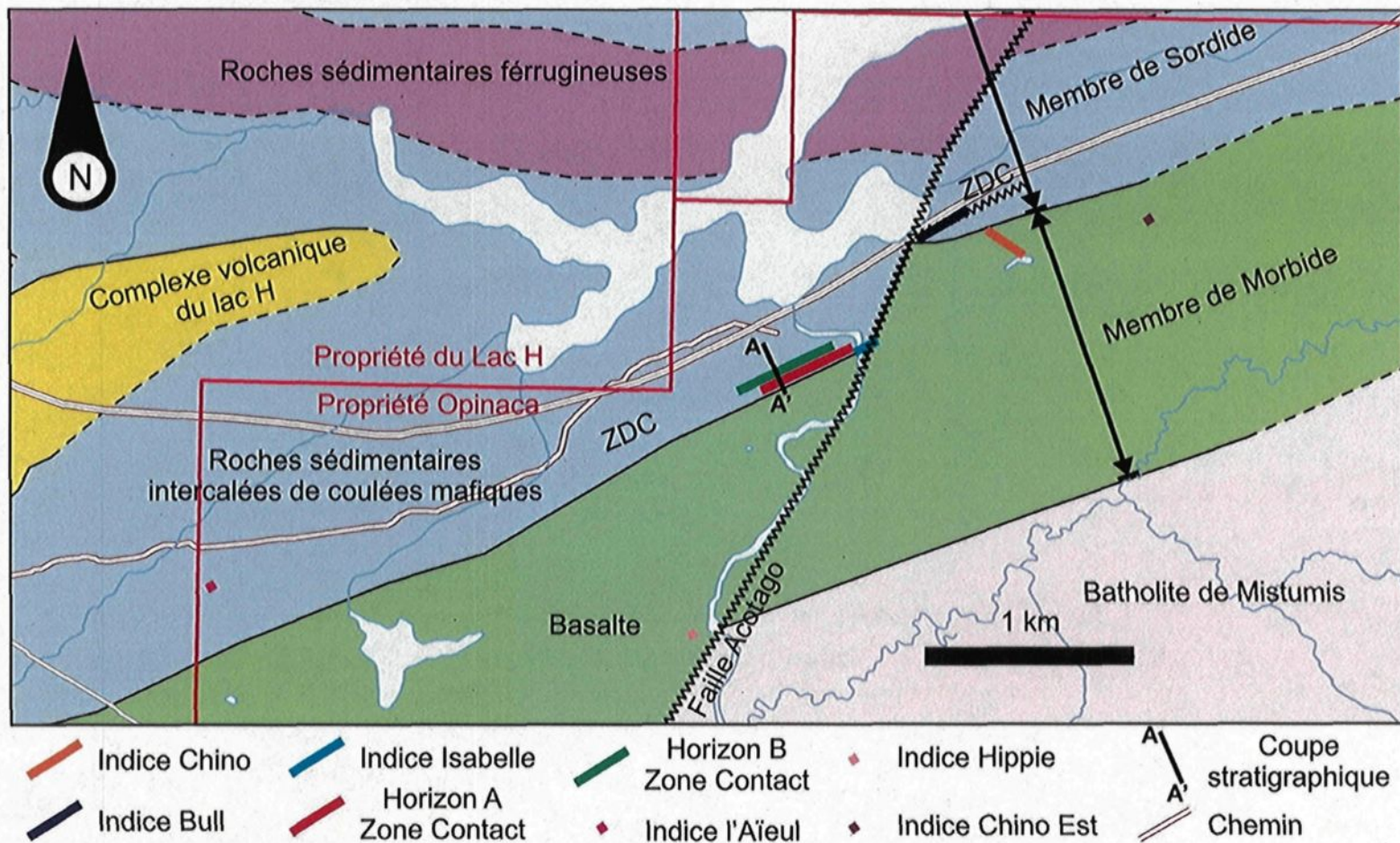


Figure 1.3. Stratigraphie de la Ceinture de roches vertes de la Moyenne et de la Basse Eastmain (tirée de Moukhsil *et al.*, 2003).





**Figure 1.4.** Contexte géologique des indices aurifères étudiés et localisation de la coupe stratigraphique AA'.  
 ZDC : Zone de déformation Contact

## CHAPITRE 2

### CARACTÉRISATION DES UNITÉS LITHOLOGIQUES

Le terrain à l'étude est situé à l'intérieur de la formation d'Anatacau-Pivert qui longe, à cet endroit, le flanc nord-nord-ouest du batholite de Mistumis selon une orientation ENE (figure 1.4). La formation Anatacau-Pivert est formée de roches métavolcaniques mafiques et felsiques et de roches métasédimentaires (Moukhsil *et al.*, 2003). Pour la simplification de la lecture, le préfixe méta- est omis dans la suite du texte. Le terrain peut être séparé en deux domaines lithologiques (figure 1.4).

- **Le Membre de Morbide** est un domaine de roches volcaniques mafiques au sud-sud-est. Ce domaine s'étend du batholite de Mistumis à 1,0 à 1,2 km plus au nord-nord-ouest.
- **Le Membre de Sordide** est un domaine à dominance de roches sédimentaires intercalées de quelques coulées mafiques au nord-nord-ouest du Membre de Morbide.

Les noms Membres de Morbide et de Sordide sont nommés ici de façon informelle afin de créer des subdivisions à l'intérieur de la formation d'Anatacau-Pivert. Les deux membres sont recoupés par une série de dykes mafiques à ultramafiques. Le présent chapitre détaille chacune de ces lithologies du point de vue textural, minéralogique et géochimique.

## **2.1 Le Membre de Morbide**

Le Membre de Morbide occupe la portion sud de la propriété. Il est composé de laves mafiques et correspond à l'unité *Anp1* définie par Moukhsil (2000). Les laves sont massives à coussinées et localement bréchiques. Elles ont une patine d'altération vert foncée à noirâtre et leur surface fraîche est vert moyen à foncé. Localement, une texture gloméroporphyrique, formée de phénocristaux de plagioclase de 0,5 à 2 cm de diamètre, donne un aspect tacheté à la roche. Le faciès coussiné est formé de coussins et de méga-coussins qui sont généralement allongés selon la schistosité principale dans des rapports de 1 : 1 à 1 : 4 (figure 2.1). Des polarités ont été déduites à partir de la forme des coussins. Les relations entre ces polarités et la schistosité principale indiquent toutes un regard structural vers l'ESE.

Au centre de l'unité, des portions plus grenues, où les cristaux d'amphibole peuvent atteindre 1 cm, ont été observées. Ces portions peuvent correspondre soit 1) à des filons couches de gabbro, 2) aux cœurs de coulées possédant une granulométrie plus grossière ou 3) à des sites où la recristallisation métamorphique

des laves basaltiques est plus intense.

Localement, des dykes porphyriques à phénocristaux de quartz et feldspath recourent les basaltes dans la partie méridionale de l'unité. Ils ont une épaisseur variant de 10 cm à 1 m.

### **2.1.1 Caractéristiques pétrographiques**

Les laves sont microgrenues, composées à 87 % d'amphibole avec 7 % d'oxyde de fer en aiguille et 5 % de quartz microgrenu (figure 2.2). Les bordures de coussins observées en lames minces sont composées à 55 % de chlorite avec 35 % de feldspath et 3 % de porphyroblaste d'amphibole partiellement rétrogradé en muscovite et feldspath. Les bordures contiennent également 7 % d'oxyde de fer (figure 2.2)

### **2.1.2 Géochimie**

Les diagrammes d'éléments traces indiquent que ces laves mafiques correspondent à des basaltes d'affinité tholéitique (figure 2.3). Leur profil multiélément plat montre une grande ressemblance avec des basaltes de ride médio-océanique (*MORB*) moderne (figure 2.4).

## **2.2 Le Membre de Sordide**

Le Membre de Sordide se trouve directement au nord du Membre de Morbide. Ce membre est majoritairement composé de roches sédimentaires intercalées de coulées mafiques et de quelques horizons métriques de roches volcanoclastiques

mafiques et felsiques. La dimension des coulées mafiques est d'ordre métrique à plurimétrique. Celles-ci sont visuellement indifférenciables des dykes gabbroïques de type 2c et 3c décrits dans la section 2.3. La coupe stratigraphique AA' de la figure 2.5 montre les différentes lithologies rencontrées le long de la ligne L32W de la grille de ligne de la propriété Opinaca (figure 1.4).

### 2.2.1 Les grès

Le Membre de Sordide est dominé par des lits de grès de couleur gris-beige dont l'épaisseur varie de 10 cm à quelques mètres. Ces lits correspondent à l'unité *anp7* de Moukshil (2000). La grosseur des fragments du grès varie de quelques centaines de microns à quelques centimètres donnant des roches sédimentaires variant du mudstone au grès conglomératique. En général, les lits sont massifs, homogènes et localement granoclassés. Par contre, de nombreuses stratifications obliques et entrecroisées sont observées (figure 2.6 a et b). Les marques d'érosion du sommet d'un lit par la base du lit suivant sont également communes.

Les lits plus grossiers sont plus riches en fragments lithiques et correspondent à des grauwackes lithiques, d'après la classification de Pettijohn *et al.* (1972). Dans les lits plus fins, la matrice de quartz - feldspath - biotite est plus importante et les fragments lithiques sont très rares. Les fragments de quartz et de feldspath sont subanguleux et le feldspath est séricitisé. Ces roches sédimentaires correspondent à des wackes arkosiques submatures et des siltstones (Pettijohn *et al.*, 1972).

Les grès sont injectés de veines de quartz stériles à plusieurs endroits. Ces veines sont localisées le long de failles de faibles envergures. Ces failles sont généralement près des nez de plis qui affectent les grès et elles décalent les lits de quelques dizaines de centimètres.

La caractérisation géochimique de six échantillons de grès a été faite. Cinq d'entre eux ont une composition correspondant à des roches mafiques. Leurs ratios d'éléments traces sont étalés (figure 2.7) et leur profil multiélément est fractionné (figure 2.8). Un seul échantillon de grès de composition felsique a été analysé et son profil en ÉTR est moins fractionné que ceux des grès mafiques. Cependant, ces six échantillons ont été prélevés à proximité ou sur le site de l'indice Zone Contact. Ils proviennent de zones affectées par l'altération hydrothermale et les compositions géochimiques obtenues peuvent ne pas refléter la composition originelle de ces roches.

### **2.2.2 Les conglomérats**

Au moins quatre lits de conglomérats sont présents. Ils se concentrent surtout dans la partie sud du Membre de Sordide. Un de ces lits est appelé le « conglomérat de base », car il est présent directement au contact avec les volcanites du Membre de Morbide. Il suit le contact sur une longueur d'au moins 3 km et son épaisseur varie de 0,3 à 5 m. Les autres lits conglomératiques varient de 0,1 à 3 m en épaisseur. Il s'agit de lits polygéniques avec 80 % de clastes de 2 à 20 cm de diamètre dans une matrice argileuse (figure 2.6 c). Les clastes ont un

allongement marqué parallèle à la schistosité principale selon des facteurs de 1 : 2 à 1 : 15 qui augmente en s'approchant du contact avec les volcanites. La composition des clastes est la suivante : 50 % de roches felsiques porphyriques, 25 % de roches volcaniques mafiques, 15 % de diorites et 10 % de roches sédimentaires.

### **2.2.3 Les lits volcanoclastiques mafiques**

Des lits de tufs fins verts sont intercalés localement avec les roches sédimentaires gris-beige. Sur le terrain, ils sont difficiles à distinguer des coulées mafiques. Leur couleur verte est due à une abondance de chlorite dans leur composition. Les laminations obliques retrouvées dans certains lits témoignent du caractère sédimentaire de cette unité (figure 2.6 d). Au microscope, ces lits sont dominés par une matrice à chlorite – quartz – feldspath et contiennent jusqu'à 10 % de porphyroblastes de grenat et 3 % de minéraux opaques.

### **2.2.4 Les lits volcanoclastiques felsiques**

Des horizons métriques de tufs felsiques sont retrouvés à moins de 100 m du contact avec le Membre de Morbide. La granulométrie varie du lapillus au bloc. Ces horizons sont dominés par les clastes felsiques aphyriques accompagnés de 5 % de clastes de volcanites mafiques (figure 2.6 e). Au microscope, 10 % de cristaux de quartz sont visibles. Ils sont polycristallins avec des textures de recristallisation en jonctions triples. La matrice est composée de quartz fin et de feldspath séricitisé et chloritisé.

#### 2.2.4.1 Géochimie

Quatre analyses ont servi à définir l'affinité géochimique des tufs felsiques. Ils varient de rhyodacite à rhyolite en composition. Ils appartiennent à la suite calco-alcaline (Zr/Y de 18 à 28; figure 2.9) et sont peralumineux. Leur profil multiélément montre un enrichissement en ÉTR légères et moyens et un profil plat pour les ÉTR lourdes (figure 2.10).

#### 2.2.5 Les coulées mafiques

Les coulées mafiques font de 2 à 15 m d'épaisseur. Elles sont vert foncé et finement grenues (figure 2.11 a). Les coulées sont généralement massives avec des horizons amygdalaires près du contact avec les roches sédimentaires. Plus localement, les coulées sont coussinées avec des coussins allongés selon la schistosité principale (figure 2.12).

Les microtextures volcaniques ont été oblitérées par le métamorphisme régional. Les coulées sont composées d'une matrice fine à plagioclase avec 2 % d'ilménite disséminée et 40 % de porphyroblastes d'actinote de 100 à 500  $\mu\text{m}$  (figure 2.11 b).

##### 2.2.5.1 Géochimie

Dix analyses d'échantillons ont été utilisées pour définir les coulées mafiques. Elles correspondent à des basaltes subalcalins et tholéiitiques (figure 2.13). Leur teneur en  $\text{SiO}_2$  varie de 45,9 à 52,0 % et leur teneur en MgO est inférieure à 6,2 % avec un Mg# faible, variant entre 29 à 46. L'augmentation des teneurs en  $\text{SiO}_2$  des



laves s'accompagne d'une diminution des teneurs en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et en  $\text{CaO}$  (figure 2.14).

Du point de vue des éléments traces, les ratios  $\text{Zr/Y}$  sont entre 2,8 et 4,5. Les profils multiéléments sont légèrement fractionnés avec des ratios  $\text{La/Sm}_N$  de 1,3 à 2,6 et des ratios  $\text{La/Lu}_N$  de 3,2 à 5,8 et la pente des ÉTR est relativement constante (figure 2.15).

#### 2.2.5.2 Horizons à grenat

Les coulées mafiques sont spatialement et géochimiquement associées à des horizons riches en grenat (figure 2.11 c). Ces horizons ont des épaisseurs variant de 0,3 à 3 m et peuvent contenir jusqu'à 15 % de grenat. Ils sont soit isolés à l'intérieur de roches sédimentaires ou soit au contact entre les coulées et les roches sédimentaires. Ils sont décrits comme des amphibolites à grenat par Franconi (1978) et correspondent à l'unité *anp2* de Mouhksil (2000).

Ils sont formés de coussins de formes amiboïdes vert foncé avec des couronnes réactionnelles centimétriques vert très foncé à noir. Ces coussins flottent dans une matrice verte, très riche en chlorite, dans laquelle il y a des horizons à grenat ovoïde et des horizons riches en minéraux opaques.

Les coussins sont composés de 25 % de porphyroblastes de chloritoïde de 0,5 à 3 mm de longueur, dont les cristaux sont orientés de façon aléatoire, de 30 % de feldspath, 5 % de biotite et 5 % d'ilménite, répartis dans une matrice de chlorite (figure 2.11 d). Les bordures réactionnelles sont dominées par la biotite

accompagnée de trace de feldspath. La partie externe aux coussins est essentiellement composée de chlorite avec 10 % de biotite. Le grenat, qui forme des bandes plus ou moins continus, a une granulométrie de 0,2 à 1,5 cm et les cristaux sont idio- à épidiomorphes. Les bandes de minéraux opaques varient de 1 à 5 cm en épaisseur. Ils sont dominés par la magnétite avec des quantités variables de pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite et arsénopyrite (figure 2.11 e). L'indice l'Aïeul (8,42 g/t Au) est d'ailleurs associé à un des ces horizons riches en arsénopyrite.

Deux analyses de cœurs de coussins ont été utilisées pour définir ces horizons. La signature géochimique en éléments majeurs est inusitée avec de très faibles teneurs en  $\text{SiO}_2$  (34,5 et 45,4 %) et en MgO (1,1 et 4,7 %) et de très fortes teneurs en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (28,4 et 18,0 %) et  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (26,0 et 20,5 %). Par contre, leur géochimie en éléments traces est très similaire aux coulées mafiques (figure 2.13 et 2.15). Les horizons à grenat sont considérés comme des brèches de coulées reliées aux coulées mafiques, mais ayant subi un lessivage hydrothermal.

### **2.3 Les roches intrusives**

Les dykes présents dans le secteur à l'étude sont principalement de composition mafique. Ils varient de 20 cm à quelques mètres d'épaisseur. Ils sont généralement alignés parallèlement à la fabrique planaire principale. L'ensemble des dykes mafiques peut être divisé en sept types distincts selon leur contenu en éléments traces. Il s'agit des types 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3b et 3c. En affleurement et

sous le microscope, deux groupes de dykes sont distinguables :

- 1) Les dykes gabbroïques correspondant aux types 1, 2c et 3c. Ils sont à patine d'altération vert foncé, de dureté moyenne avec localement des bordures amygdalaires sur quelques centimètres. Leur minéralogie est dominée par l'actinote. Les échantillons observés sous le microscope ont tous subi l'altération hydrothermale et comportent jusqu'à 50 % de carbonate et 10 % de quartz (figure 2.16 a).
- 2) Les dykes magnésiens correspondant aux types 2a et 3a. Ils sont verts à verts pâles et leur dureté est nettement plus faible que celle des gabbros due à la présence de chlorite. Localement, ces dykes magnésiens renferment des enclaves de roches felsiques. Ils comportent 35 % de porphyroblastes d'amphibole (trémolite) dans une matrice à chlorite et feldspath (figure 2.16 b).

Les dykes de type 2b et 3b ont une composition intermédiaire entre les gabbros et les dykes magnésiens. Ils partagent certaines caractéristiques macroscopiques des deux précédents groupes et leur identification, sur le terrain, est difficile.

### **2.3.1 Caractéristiques géochimiques des types d'intrusions**

Les dykes gabbroïques et magnésiens décrits plus haut se distinguent également par leurs teneurs en MgO. Celles des dykes gabbroïques varient de 5,4 à 7,9 % MgO tandis que celles des dykes magnésiens varient de 11,6 % à

18,1 % MgO. Par contre, une subdivision plus fine peut être faite en utilisant les éléments traces et les ÉTR. Les différents types d'intrusions se distinguent sur un diagramme du MgO *versus* La/Yb (figure 2.17) et sur les diagrammes Zr/Y *versus* Nb/Y (figures 2.18, 2.19 et 2.20). Les intrusions peuvent premièrement être divisées en trois types, de 1 à 3. Des subdivisions supplémentaires peuvent être faites pour les dykes de type 2 et 3. Ces subdivisions sont basées sur le Mg# et le contenu en ÉTR légères de ces dykes. Les caractéristiques géochimiques de ces types sont détaillées dans les sections ci-dessus.

Il est à noter que seuls les dykes de type 1 ont des teneurs en Ta supérieures à la limite de quantification et que tous les dykes ont des teneurs en Pb inférieures à cette limite. La limite de quantification est établie à six fois la limite de détection du laboratoire, soit de 0,6 ppm pour le Ta et de 16 ppm pour le Pb (Annexe III). L'ensemble des dykes mafiques montre également de fortes anomalies négatives en Nb et dans une moindre mesure en Zr, Hf et Ti sur leur profil multiélément.

### 2.3.2 Type 1

Trois analyses définissent le type 1. Il s'agit de gabbros subalcalins avec une affinité transitionnelle (figure 2.18). Leurs contenus en SiO<sub>2</sub> varient de 49,0 à 49,7 % et de 5,4 à 6,7 % pour le MgO. Leur ratio Zr/Y varie entre 5,4 et 6,1. Leurs profils en éléments traces sont caractérisés par des anomalies négatives en Rb, Ta, K, Sr, Zr, Hf, Ti et Y. Ce sont les dykes les plus enrichis en éléments traces avec des teneurs en La de 74 à 164 fois supérieures aux valeurs du manteau

primitif (figure 2.21). Ils sont également légèrement plus fractionnés que les autres intrusions ( $La/Lu_N$  de 17,9 à 31,7) avec une anomalie en Eu plus prononcée ( $Eu/Eu^*$  de 0,66 à 0,91).

### 2.3.3 Type 2

Cette famille de dykes comprend trois sous-types distincts, 2a, 2b et 2c. Leur association est basée principalement sur la similarité des rapports d'éléments majeurs et traces, notamment Zr/Y (figure 2.19) et de leurs profils d'éléments traces (figure 2.22).

Le Type 2a a été défini à l'aide de neuf analyses. Selon la norme CIPW, il correspond à des gabbronorites magnésiennes d'affinité tholéitique à transitionnelle (figure 2.19). Mis à part un échantillon, le CS-07, leur composition chimique en éléments majeurs et traces est très constante. Ces dykes ont des teneurs en  $SiO_2$  comprises entre 46,8 et 50,1 % avec de fortes teneurs en MgO (13,2 à 18,1 %) et des Mg# élevés, variant de 71,5 à 78,9. Ils ont également des teneurs en Cr (980 à 1 560 ppm) et en Ni (385 à 532 ppm) élevées. Leur ratio Zr/Y varie de 4,3 à 5,4. Les profils d'éléments traces montrent des anomalies négatives prononcées en Nb et Ti et dans une moindre mesure en Zr, Hf et P. Leurs profils des ÉTR sont fractionnés avec des ratios  $La/Sm_N$  de 2,0 à 2,9 et de  $La/Lu_N$  de 3,4 à 5,7 (figure 2.22). Ils sont également enrichis à 25 fois le manteau primitif pour le lanthane. Les ÉTR lourdes ont des profils plats ( $Gd/Yb_N$  de 1,3 à 1,6).

Les Types 2b et 2c ont été définis avec, respectivement, seulement 1 et 2

analyses. Ces deux types ont des teneurs en silice plus élevées, 50,8 à 55,9 % et des teneurs en MgO plus basses à 9,0 % pour 2b et de 6,9 % pour 2c. Du point de vue des ÉTR, le Type 2b est plus évolué et plus enrichi que le Type 2a et le Type 2c est plus évolué et enrichi que le type 2b (figure 2.22). La faible quantité de données ne permet pas de tirer de lien génétique clair entre les types de dykes 2a, 2b et 2c.

#### 2.3.4 Type 3

Cette famille de dykes comprend également trois sous-types, 3a, 3b, 3c et elle est semblable à la famille de Type 2. Leurs concentrations en ÉTR lourdes sont toutefois généralement plus basses que pour les dykes de type 2. Leur association est également basée sur la similarité de leur ratio Zr/Y (figure 2.20) et leur profil multiélément (figure 2.23).

Les dykes de type 3a ont été définis à l'aide de quatre analyses. Selon la norme CIPW, ces dykes correspondent aussi à des gabbro-norites magnésiennes avec de fortes teneurs en MgO (11,6 à 17,8 %), Cr (960 à 1 330 ppm) et Ni (218 à 611 ppm) ainsi que des teneurs intermédiaires en silice, 48,7 à 51,5 %. Par contre, ils sont d'affinité transitionnelle à calco-alcaline (Zr/Y de 6,2 à 8,2) (figure 2.20). Les profils d'éléments traces montrent des anomalies négatives en Sr, Nb, Ti et légèrement en Zr et Hf. Leurs profils en ÉTR légères sont très semblables à ceux du Type 3a (figure 2.23). Ils sont légèrement plus fractionnés en ÉTR lourdes ( $Gd/Yb_N$  de 1,9 à 2,6) que les dykes du Type 2a. Une différence importante entre

ces dykes et les dykes de Type 2a est que plusieurs éléments chimiques de ces dykes varient de façon colinéaire. Notamment, les quatre analyses de ce type montrent des teneurs en  $\text{SiO}_2$  qui augmentent avec la diminution du MgO. En plus, le Zr augmente avec les concentrations en Y.

Le Type 3b a été défini par quatre analyses. Il est formé de gabbros submagnésiens, transitionnels à calco-alcalins (figure 2.20). Les teneurs en MgO sont entre 9,7 et 10,5 % et les teneurs en  $\text{SiO}_2$  varient de 51,0 à 52,8 %. Ces dykes ont une composition relativement homogène. Ils ont des profils multiéléments comparables à ceux de Type 3a, mais plus enrichis. Le fractionnement des ÉTR légères est également un peu plus prononcé ( $\text{La}/\text{Sm}_N$  de 3,1 à 3,7) (figure 2.23). Ils ont d'ailleurs les mêmes anomalies en Nb, Ti, Zr et Hf dans leurs profils en éléments traces. Ils se positionnent dans le prolongement de la tendance définie par les dykes de Type 3a pour plusieurs ratios d'éléments.

Le type 3c a été défini à l'aide de quatre analyses. Il correspond à des gabbros d'affinité transitionnelle à calco-alcaline (figure 2.20). Leurs contenus en éléments majeurs sont variables avec des teneurs en  $\text{SiO}_2$  de 48,7 à 54,5 % et en MgO de 6,2 à 7,9 %. Leur profil multiélément est semblable à ceux du Type 3b, surtout du côté des ÉTR lourdes (figure 2.23).

### **2.3.5 Xénolites intermédiaires et felsiques**

Des xénolites arrondis sont retrouvés à l'intérieur des gabbronorites magnésiennes (figure 2.24 a, b et c). Ceux-ci sont blancs et localement leur

surface altérée est légèrement rouillée. Ils sont d'aspect massif à rubané. Ils sont principalement composés de feldspath séricitisé et de quartz.

Deux xénolites ont été échantillonnés et analysés. L'un d'eux tombe dans le champ des volcanoclastites felsiques tant au point de vue des éléments majeurs, des éléments traces (figure 2.25) que des ÉTR (figure 2.26). Par contre, le xénolite comporte une plus grande concentration de feldspath en plages plus grossières (1 mm) que les volcanoclastites felsiques observées (figure 2.24 d). L'autre analyse se superpose au champ des grès du Membre de Sordide (figure 2.26).

## 2.4 Particularité du système magmatique magnésien

Cette section est une discussion préliminaire sur les conclusions qu'il est possible de tirer sur les dykes des types 2 et 3.

### 2.4.1 Deux suites évolutives

Tel que décrit dans les sections précédentes, les dykes de type 2a, 2b et 2c forment une famille tholéitique à transitionnelle tandis que ceux de type 3a, 3b et 3c forment une famille transitionnelle à calco-alcaline. Par contre, ces deux familles partagent plusieurs points en commun. Les deux familles possèdent un pôle avec des concentrations élevées en magnésium, nickel et chrome et faibles en silice (les types 2a et 3a), ainsi qu'un pôle avec des concentrations intermédiaires en magnésium, nickel, chrome et silice (les types 2c et 3c, figure 2.27). Les types 2b et 3b ont des valeurs intermédiaires entre les deux pôles. Cette tendance est également présente à l'intérieur même des analyses du



type 3a. Chacune de ces analyses se positionne sur une droite dans le diagramme du MgO *versus* SiO<sub>2</sub> (figure 2.27). Une tendance similaire est également présente pour les ÉTR qui sont moins fractionnés et moins enrichis pour les types 2a et 3a que pour les types 2c et 3c (figure 2.28).

Une tendance au fractionnement pour des dykes d'une même famille magmatique est souvent interprétée comme la différenciation d'un même magma parent, soit par un processus de cristallisation fractionnée ou par assimilation crustale (DePaolo, 1981). Le fractionnement observé pour les familles des types 2 et 3 indique qu'une telle évolution a eu lieu. Ces deux familles ont donc évolué depuis des compositions ultramafiques vers des compositions mafiques. Génétiquement, leur mise en place doit s'étendre sur un laps de temps relativement long, afin de permettre la différenciation de leurs magmas parents respectifs.

#### **2.4.2 Géochimie atypique en éléments traces**

Les analyses en éléments majeurs pour les dykes de type 2a, 3a et 3b montrent des compositions mafiques à ultramafiques avec des teneurs élevées en MgO (figure 2.27), Cr et Ni. Cette signature en éléments majeurs reflète des magmas primitifs, tels que des péridotites et des pyroxénites ou leurs équivalents extrusifs, des komatiites et des basaltes komatiitiques. Ces magmas ont généralement des profils en multiéléments plats ou à pente positive (figure 2.29). Or, les profils en éléments traces des types 2a, 3a, et 3b sont typiques de roches

évoluées, avec des pentes négatives prononcées (figure 2.22 et 2.23). Les dykes magnésiens à l'étude ne sont donc pas des intrusions ultramafiques classiques.

Certaines picrites ont des profils en éléments traces fractionnés dont la pente ressemble à celles des dykes magnésiens à l'étude. Par contre, les picrites possèdent des profils multiéléments linéaires dépourvus d'anomalie majeure tant positive que négative (figure 2.29). Les dykes magnésiens à l'étude sont, quant à eux, caractérisés par des anomalies négatives en Nb, Ti, Zr, Hf et leur concentration en Ta est systématiquement sous la limite de quantification de 0,6 ppm (figure 2.29). Ces éléments correspondent aux éléments à forte liaison atomique (*high field strength elements, HFSE*).

Des anomalies négatives en *HFSE* et un profil en ÉTR fractionné sont généralement typiques des magmas reliés à l'édification d'un arc (Pearce et Norry, 1979). Par contre, ces magmas ont généralement des concentrations en silice élevées et en magnésium, chrome et nickel basses (Winter, 2001), nettement différentes de celles des types 2 et 3.

#### 2.4.2.1 Quantification des anomalies

Les anomalies en éléments traces présentes sur les profils géochimiques des dykes de type 2 et 3 peuvent être caractérisées de façon quantitative. Cette caractérisation est importante afin de pouvoir comparer l'intensité des anomalies des dykes à l'étude avec d'autres types de magmas. Le tableau 2.1 montre les anomalies en Nb et en Zr pour les dykes de type 2 et 3.

Tableau 2.1 : Anomalies en HFSE pour les dykes de type 2 et 3.

Échantillon	Type	Nb/Nb*	Zr/Zr*
CS-07	2a	0,43	1,05
CS-19	2a	0,34	0,71
CS-26	2a	0,34	0,75
CS-29	2a	0,34	0,77
F637-065	2a	0,32	0,81
F637-079	2a	0,33	0,86
ZC-14	2a	0,35	0,98
ZC-33	2a	0,35	0,94
ZC-35	2a	0,32	0,91
F638-133	2b	0,28	0,63
F637-067	2c	0,14	0,48
F637-098	2c	0,20	0,52
CS-13	3a	0,28	0,62
CS-14	3a	0,24	0,57
SW-09	3a	0,20	0,72
ZC-02	3a	0,28	0,93
Chino-05	3b	0,18	0,70
Chino-11	3b	0,16	0,64
Chino-12	3b	0,18	0,70
F637-149	3b	0,18	0,52
F634-170	3c	0,24	0,65
F637-076	3c	0,21	0,62
F637-151	3c	0,18	0,54
ZC-01	3c	0,18	0,80

L'élément à caractériser est comparé aux éléments traces situés de part et d'autre sur un diagramme multiélément. Les formules 2.1 et 2.2 déterminent le ratio entre la valeur normalisée d'un élément (i.e. Nb) et la valeur suggérée par les concentrations normalisées des éléments traces de part et d'autre (i.e. Nb\*) de l'élément anomal (McCuaig *et al.*, 1994). Ainsi une valeur près de 1 indique que

l'élément a une concentration normale, une valeur située en 0 et 1 indique une anomalie négative et une valeur supérieure à 1 indique une anomalie positive.

$$\text{Nb} / \text{Nb}^* = \text{Nb}_N / 10^{\log \text{La}_N + (\log \text{La}_N - \text{Ce}_N)} \quad (2.1)$$

$$\text{Zr} / \text{Zr}^* = \text{Zr}_N / 10^{(\log \text{Nd}_N + \log \text{Sm}_N) / 2} \quad (2.2)$$

### 2.4.3 Teneur élevée en arsenic des dykes

Une autre caractéristique des deux familles de dykes magnésiens à l'étude est leur enrichissement en arsenic. La majorité des analyses de roches fraîches provenant de toutes les lithologies à l'étude confondues a des valeurs en arsenic sous la limite de quantification de 30 ppm. Certaines analyses provenant de lithologies différentes situées à l'intérieur de zones minéralisées ont des valeurs en arsenic de l'ordre de 30 à 500 ppm dont les teneurs les plus élevées ont été retrouvées à l'intérieur de dyke de type 2a. Ces teneurs anormales peuvent être reliées à la présence d'horizon d'arsénopyrite massive et d'arsénopyrite disséminée à l'intérieur des zones d'altération. Deux lithologies ont, par contre, des teneurs en arsenic élevées même pour les échantillons prélevés à l'extérieur des zones minéralisées. Il s'agit des horizons à grenat des coulées mafiques très riches en fer et des dykes de type 3a.

Les deux échantillons prélevés d'un horizon à grenat ont rapporté des valeurs de 83 et 91 ppm As. De l'arsénopyrite a également été observée associée à des

bandes riches en magnétite à l'intérieur de cet horizon. L'indice l'Aïeul, situé à 3 km à l'ouest de la région d'étude est associé à un tel horizon et un échantillon très riche en arsénopyrite a rapporté 8,42 g/t Au (Boulianne, 2007)

En tout, treize analyses géochimiques ont été faites à partir d'échantillons de dykes de types 2a et 3a. Sept de ces dykes sont situés à l'intérieur de zones minéralisées. Leur teneur en arsenic varie de moins de 30 ppm à 550 ppm. Quatre autres dykes sont situés en bordure des zones d'altération associées aux indices Zone Contact et Bull. Ils ont des teneurs en arsenic variant de moins de 30 ppm à 163 ppm. Enfin, deux échantillons, CS-07 et SW-09, ont été prélevés à l'intérieur de dykes situés à plus de 80 m de toutes zones minéralisées connues. Ils ont des teneurs en arsenic anormales de 57 et 78 ppm. Ces analyses montrent que l'enrichissement en arsenic des dykes magnésiens n'est pas dû à l'altération hydrothermale, mais correspond plutôt à une caractéristique intrinsèque du système magmatique.

## **2.5 Synthèse**

En somme, le terrain à l'étude est constitué de deux ensembles lithologiques d'épaisseur kilométrique. Le Membre de Morbide, au sud, principalement composé de basalte et le Membre de Sordide, au nord, composé majoritairement de roches sédimentaires à granulométrie variable intercalées avec des coulées mafiques. Ces deux grands ensembles lithologiques sont recoupés par du magmatisme mafique à ultramafique qui peut être subdivisé en trois types distincts. Sur les trois

types, les types 2 et 3 définissent des suites magmatiques magnésiennes. Ces deux suites ont une géochimie exotique avec des contenus en éléments majeurs qui contrastent avec leurs profils d'éléments traces. Ils possèdent également un enrichissement en arsenic.

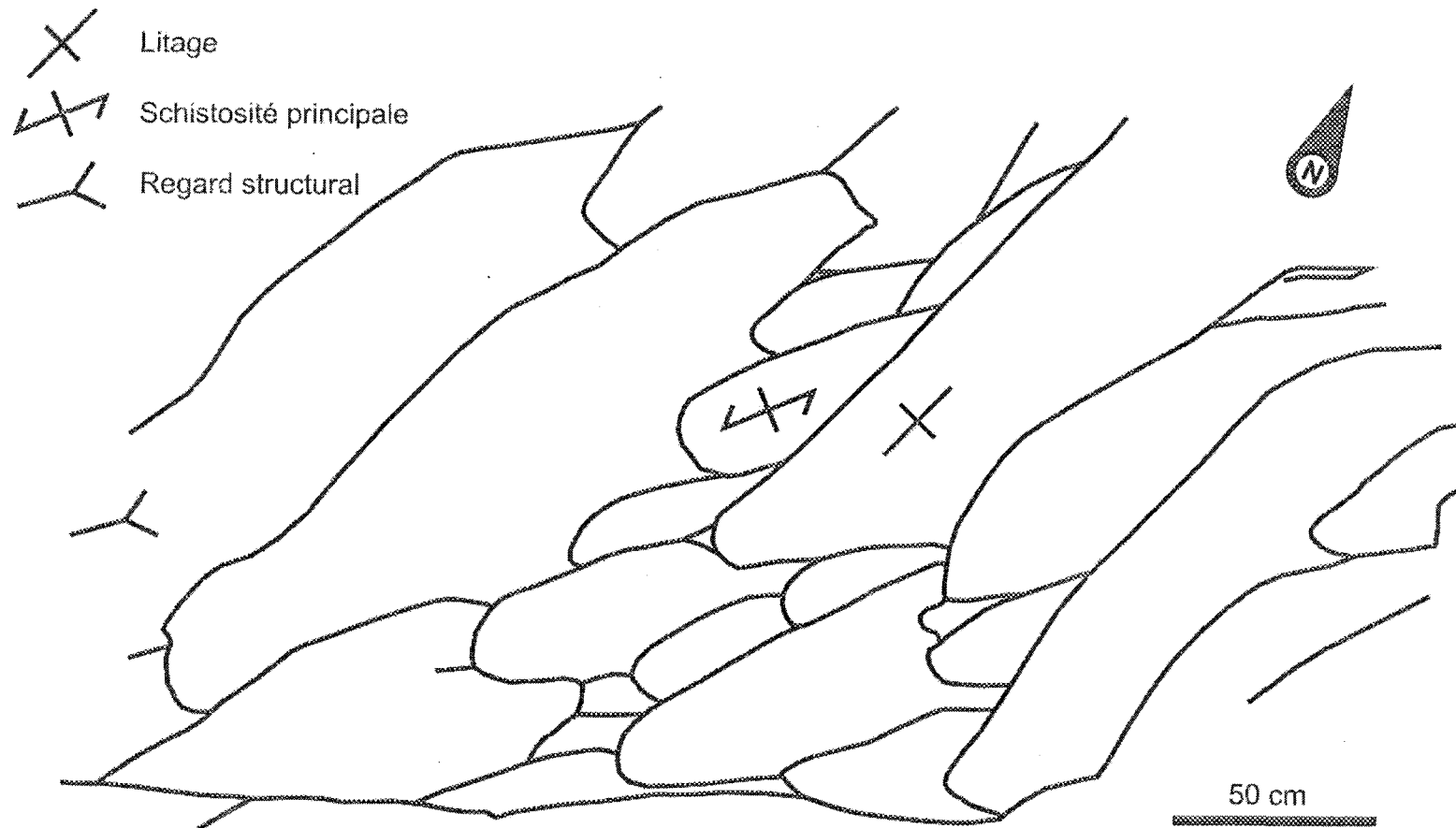
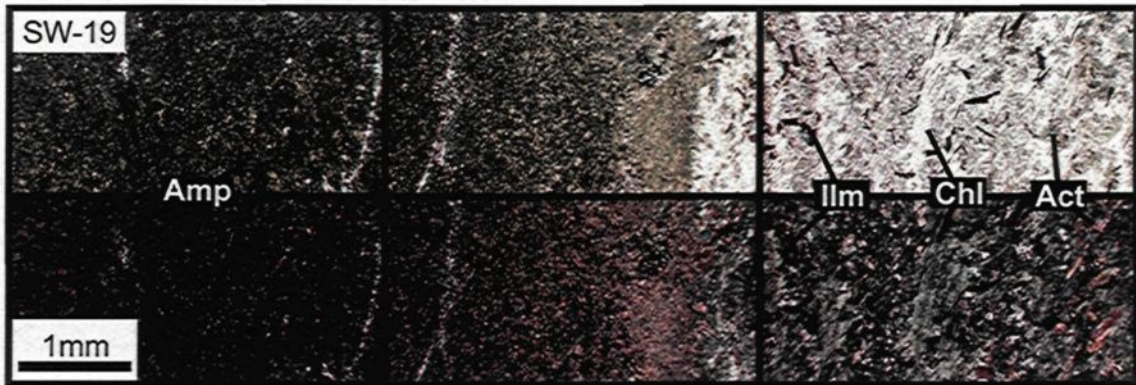
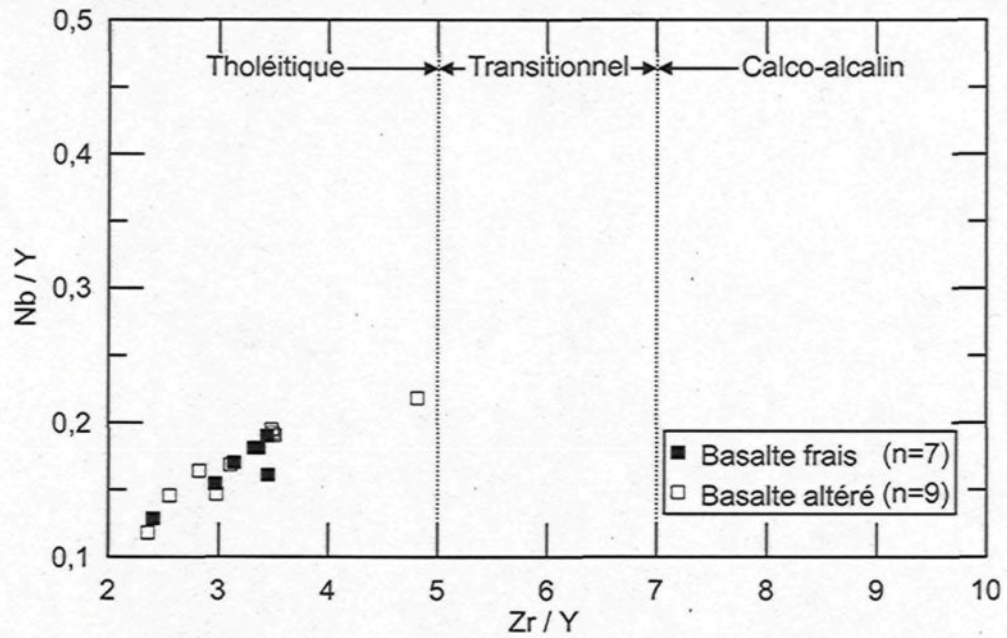


Figure 2.1. Croquis de coussins et de mégacoussins du Membre de Morbide.



**Figure 2.2.** Microphotographies d'un coussin des basaltes du Membre de Morbide. Du cœur, à gauche, vers la bordure, à droite. En lumière naturelle en haut et en lumière polarisée en bas.



**Figure 2.3.** Signature en éléments traces des basaltes du Membre de Morbide.



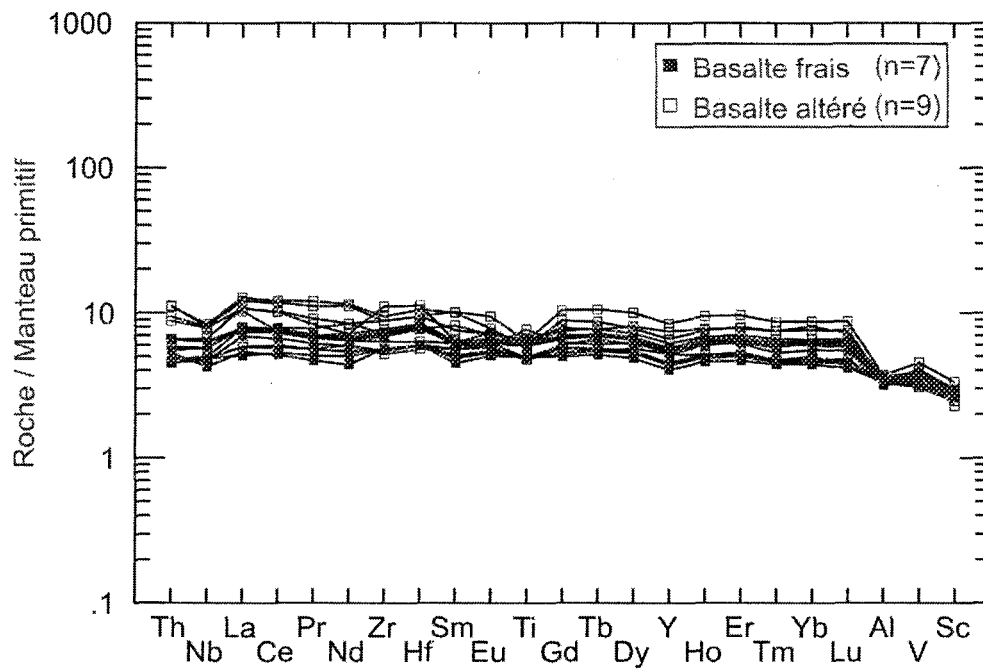
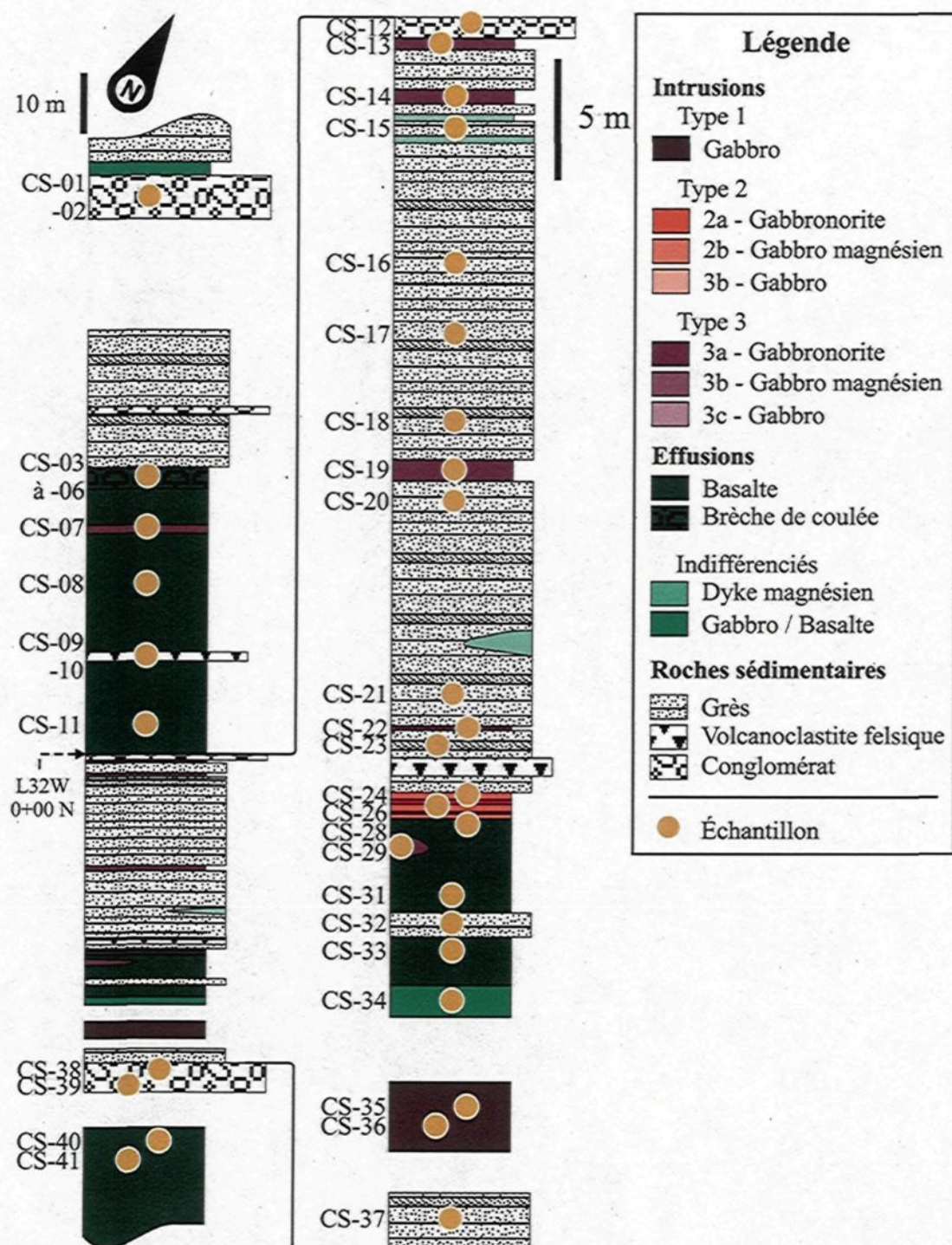
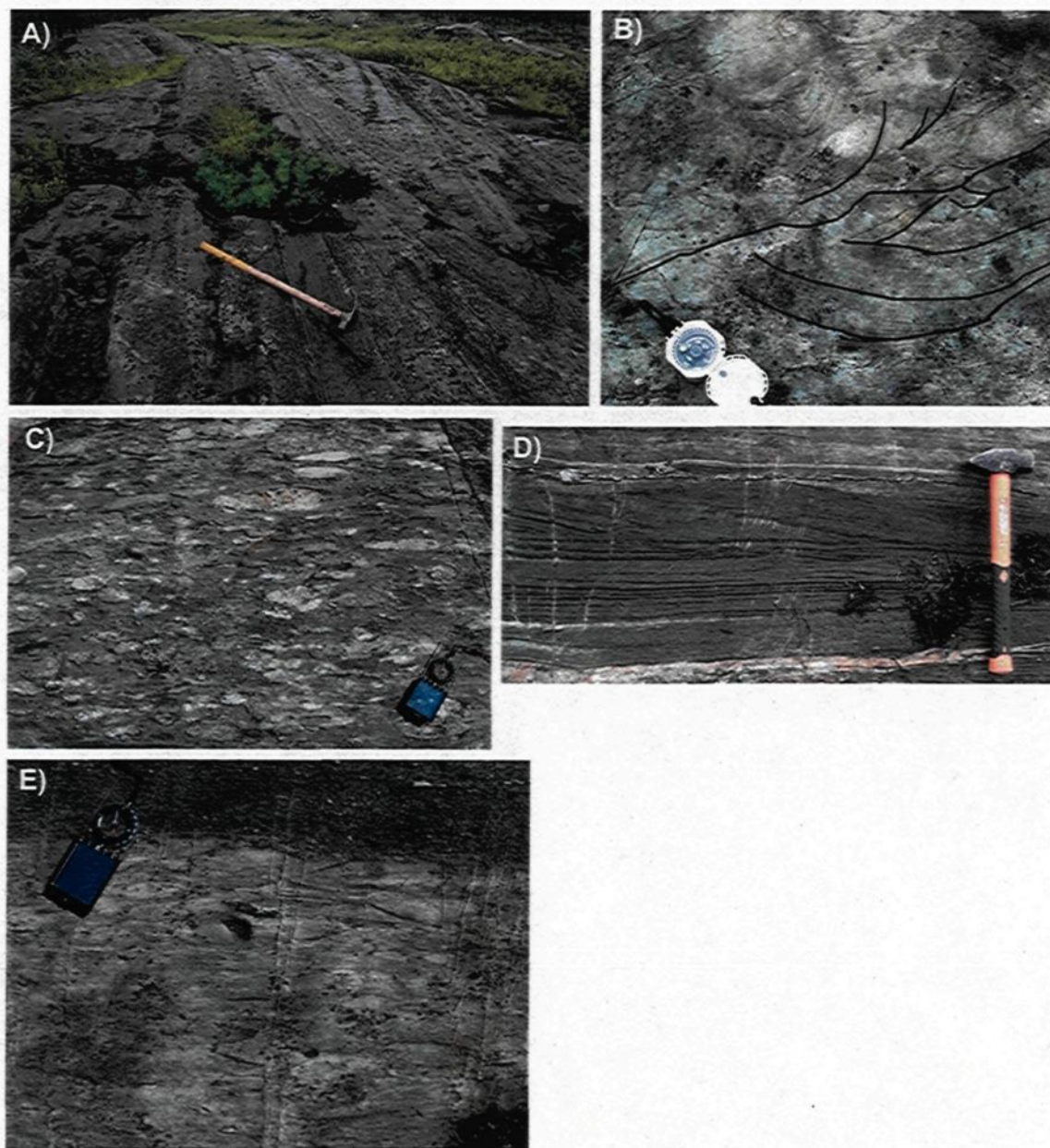


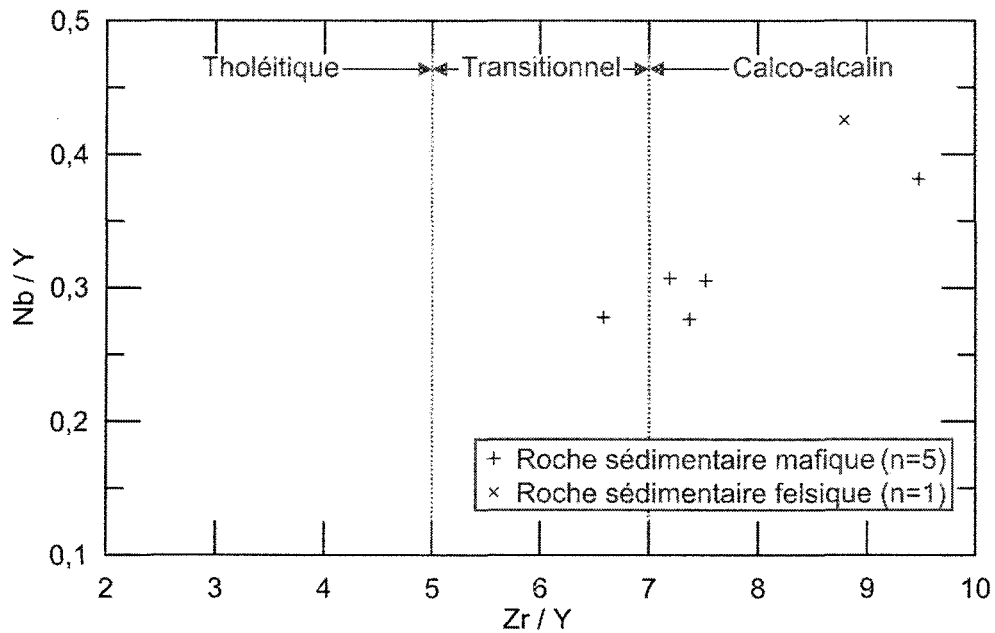
Figure 2.4. Profils multiéléments des basaltes du Membre de Morbide.



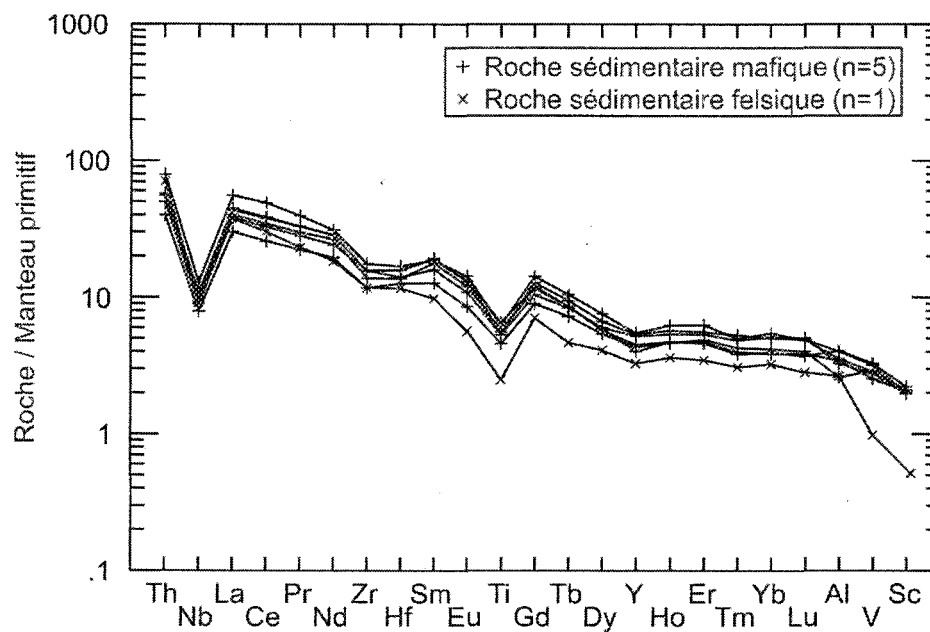
**Figure 2.5.** Coupe stratigraphique du Membre de Sordide et position des échantillons. La position de la coupe est illustrée à la figure 1.4.



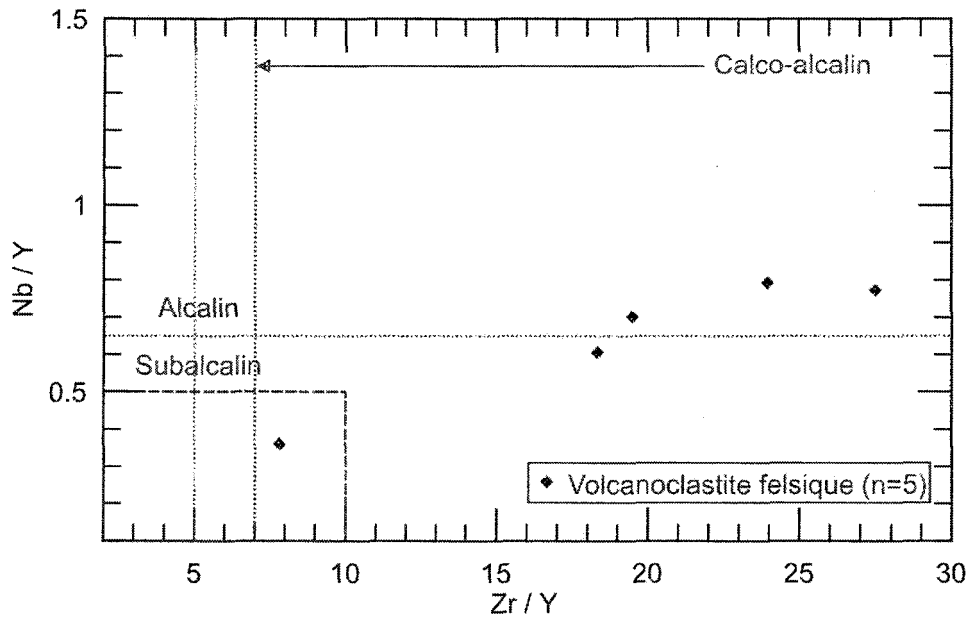
**Figure 2.6.** Photographies des lithologies du Membre de Sordide. A) Aspect général des grès plissés. B) Laminations entrecroisées à l'intérieur des grès. C) Conglomérat polygénique à clastes allongés. D) Horizon de volcanoclastite mafique à laminations obliques. E) Horizon de volcanoclastite felsique. La visée de la boussole indique le Nord.



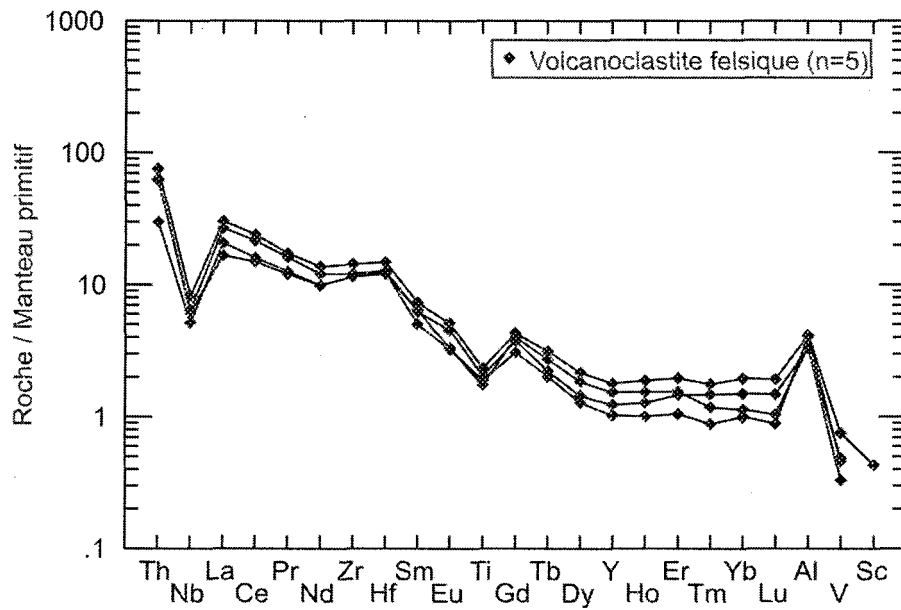
**Figure 2.7.** Signature en éléments traces des roches sédimentaires du Membre de Sordide.



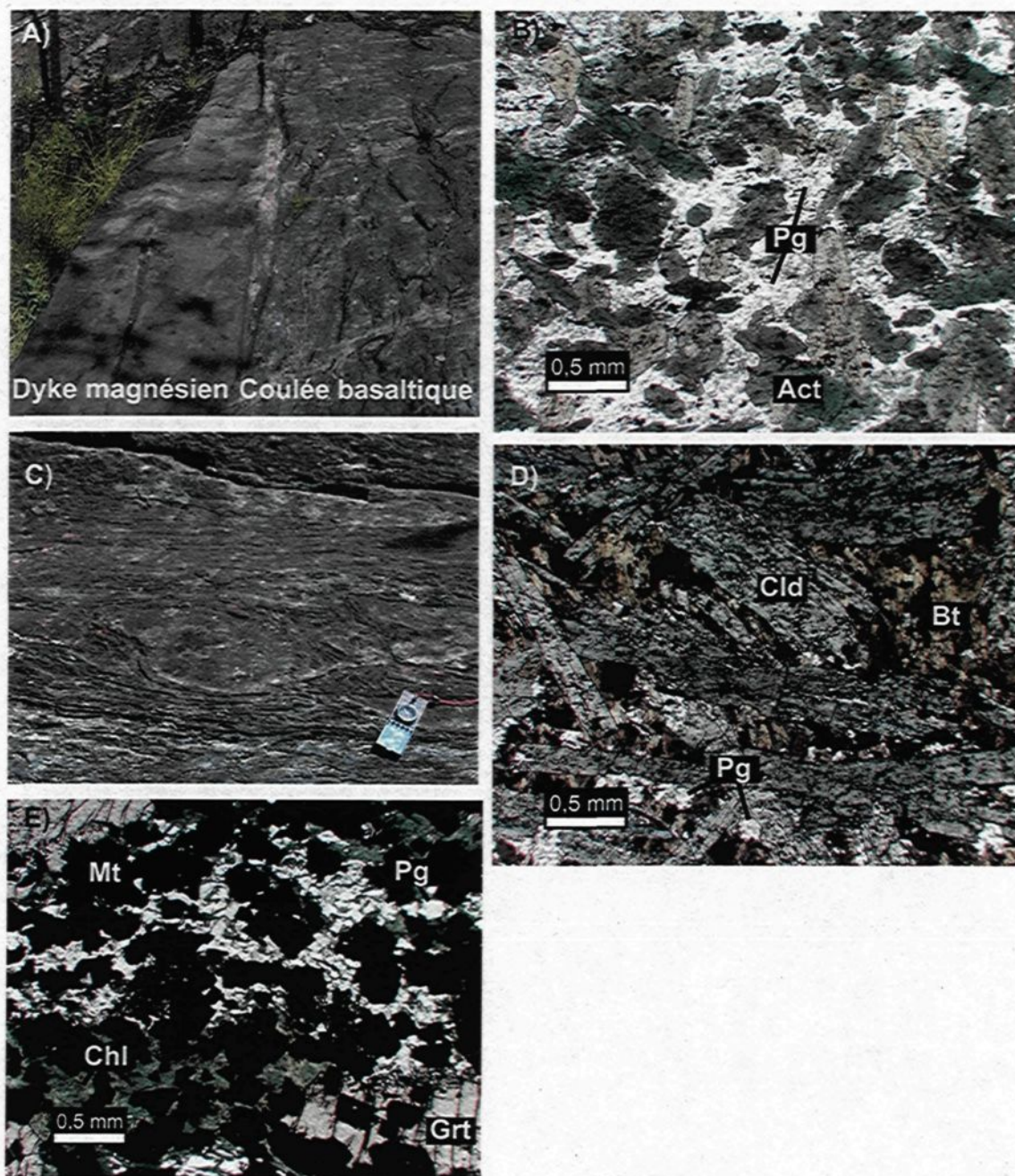
**Figure 2.8.** Profils multiéléments des roches sédimentaires du Membre de Sordide.



**Figure 2.9.** Signature en éléments traces des volcanoclastites felsiques du Membre de Sordide. Le rectangle en pointillé correspond aux cadres des diagrammes Nb/Y versus Zr/Y pour les autres lithologies.



**Figure 2.10.** Profils multiéléments des volcanoclastites felsiques du Membre de Sordide.



**Figure 2.11.** Photos de coulées volcaniques mafiques et de brèches de coulées. A) À gauche : dyke magnésien, à droite : coulée mafique. B) Minéralogie des coulées mafiques en lumière naturelle. C) Affleurement de brèche de coulée. D) Minéralogie des coussins contenus dans les brèches en lumière polarisée. E) Horizon riche en magnétite et grenat à l'intérieur des brèches de coulées en lumière naturelle.

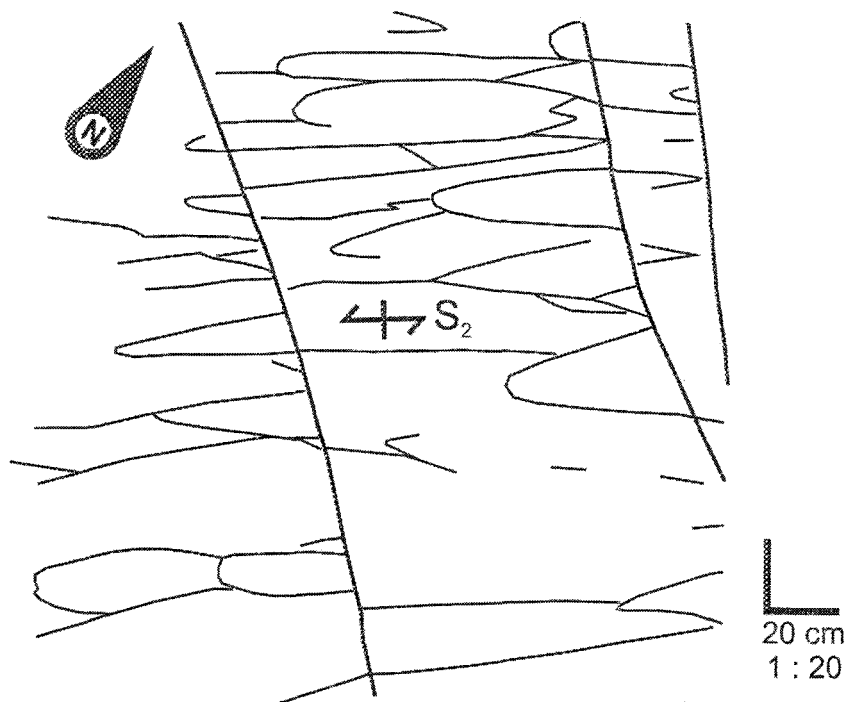


Figure 2.12. Croquis d'un affleurement de coulée mafique coussinée.

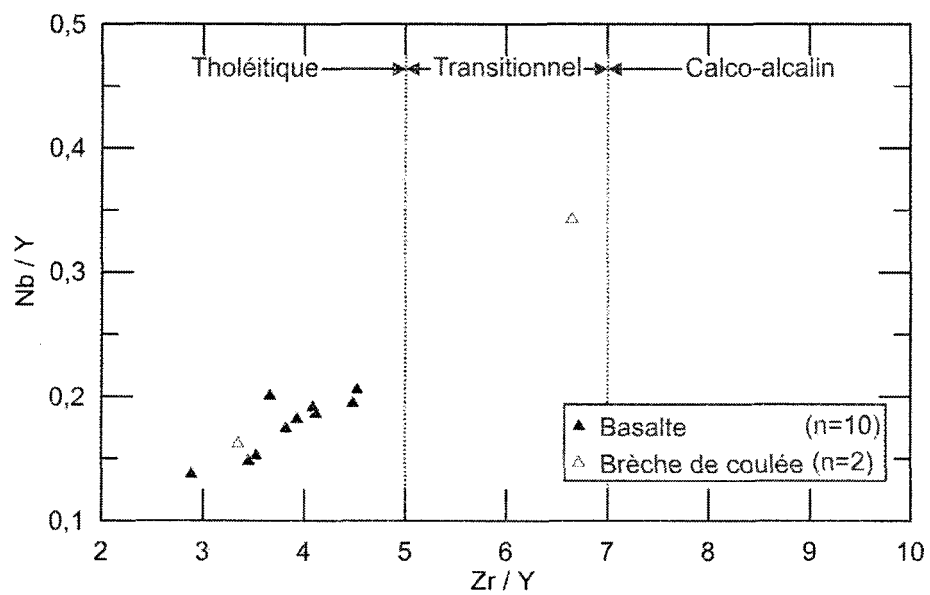
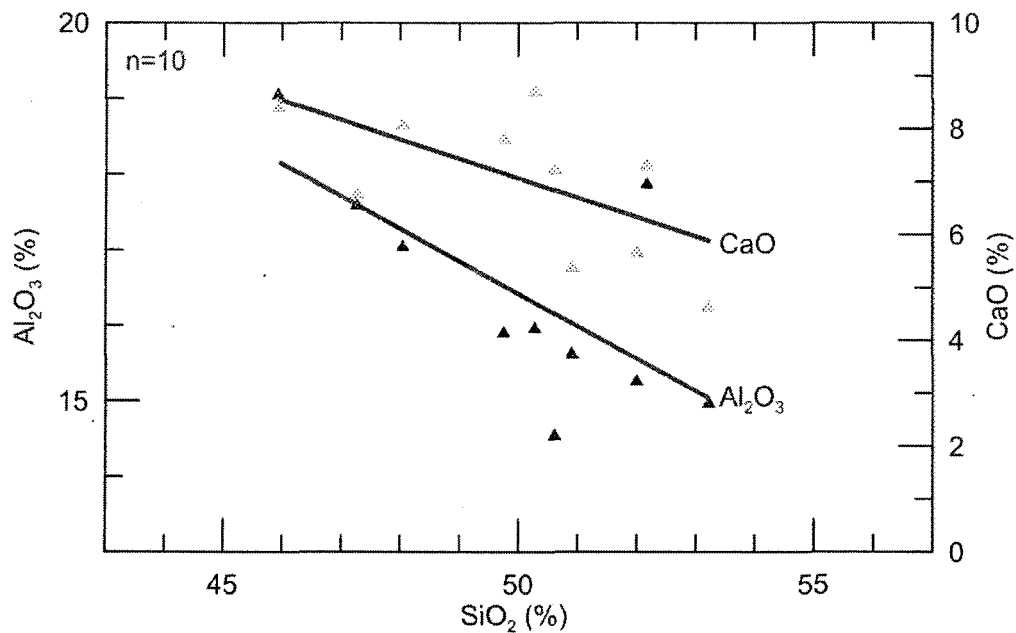
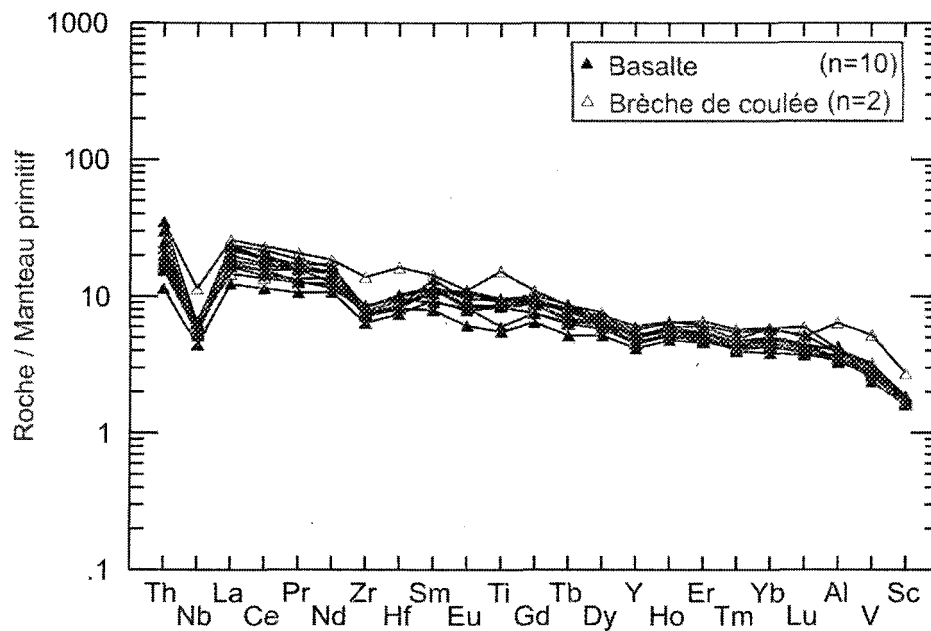


Figure 2.13. Signature en éléments traces des coulées volcaniques mafiques du Membre de Sordide.

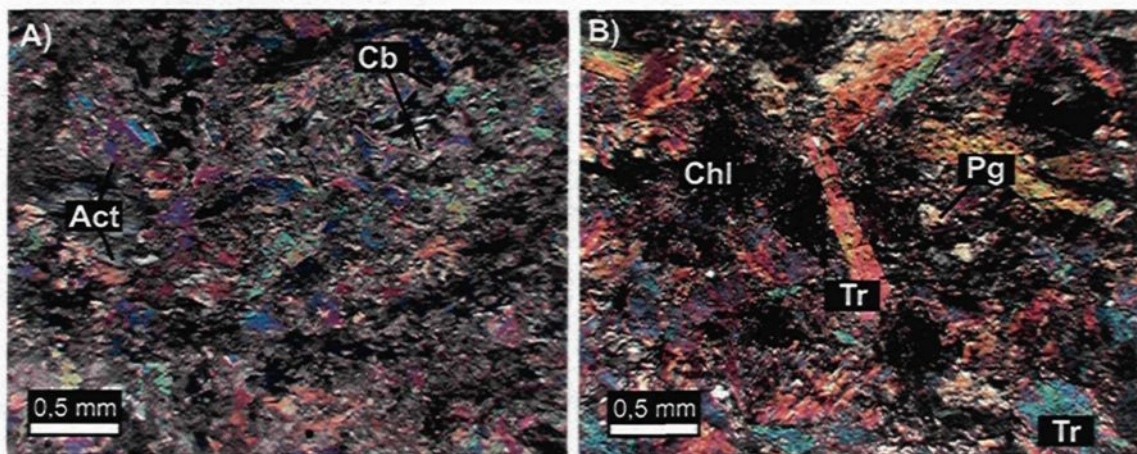


**Figure 2.14.** Diagramme montrant la corrélation entre l'enrichissement en silice et l'appauvrissement en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (triangles noirs) et  $\text{CaO}$  (triangles gris) pour les laves mafiques du Membre de Sordide.

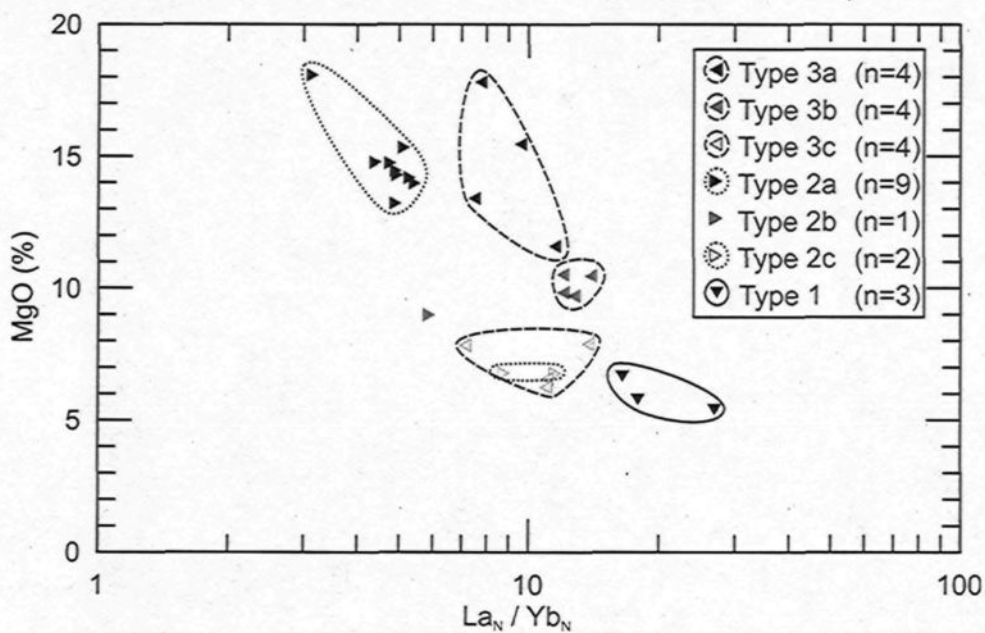


**Figure 2.15.** Profils multiéléments des laves mafiques du Membre de Sordide.





**Figure 2.16.** Microphotographies en lumière polarisée de dykes mafiques A) Gabbro provenant de l'échantillon F637-076. B) Dyke magnésien provenant de l'échantillon CS-13.



**Figure 2.17.** Diagramme du MgO versus  $La_N/Yb_N$  montrant les différentes familles d'intrusions.

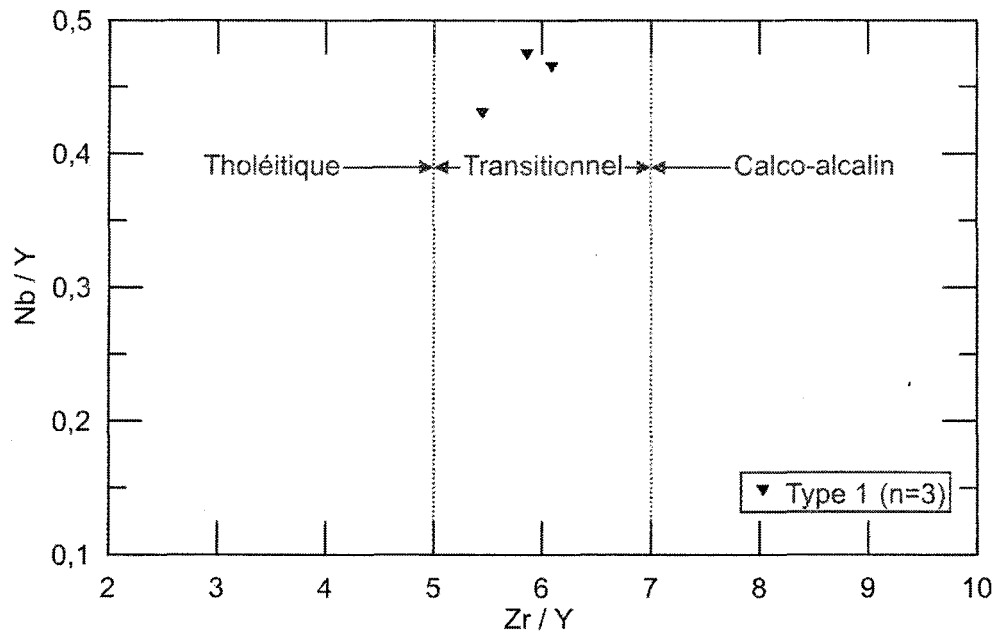


Figure 2.18. Signature en éléments traces des dykes de type 1.

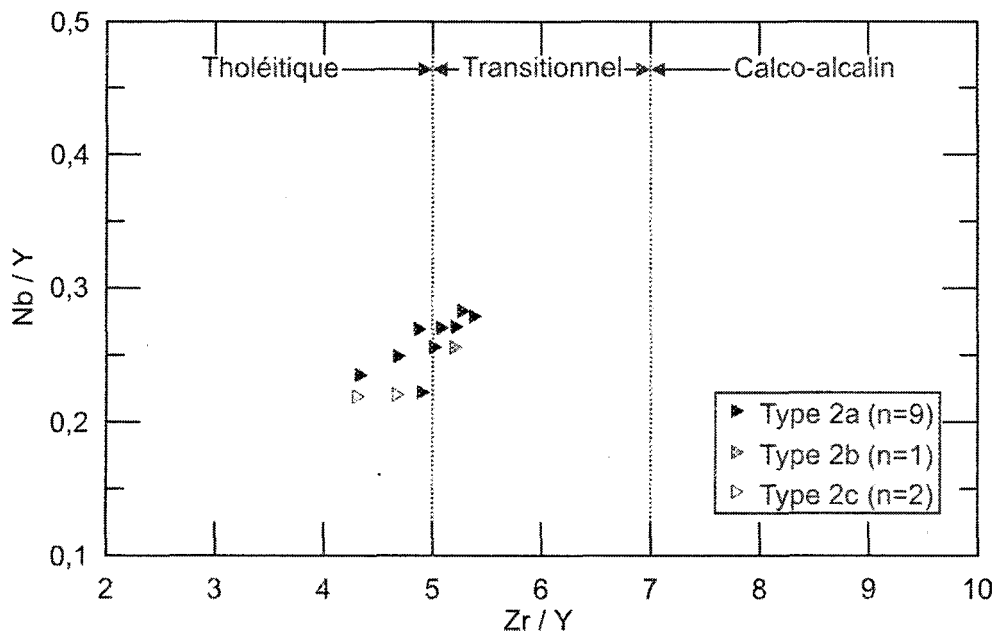


Figure 2.19. Signature en éléments traces des dykes de type 2.

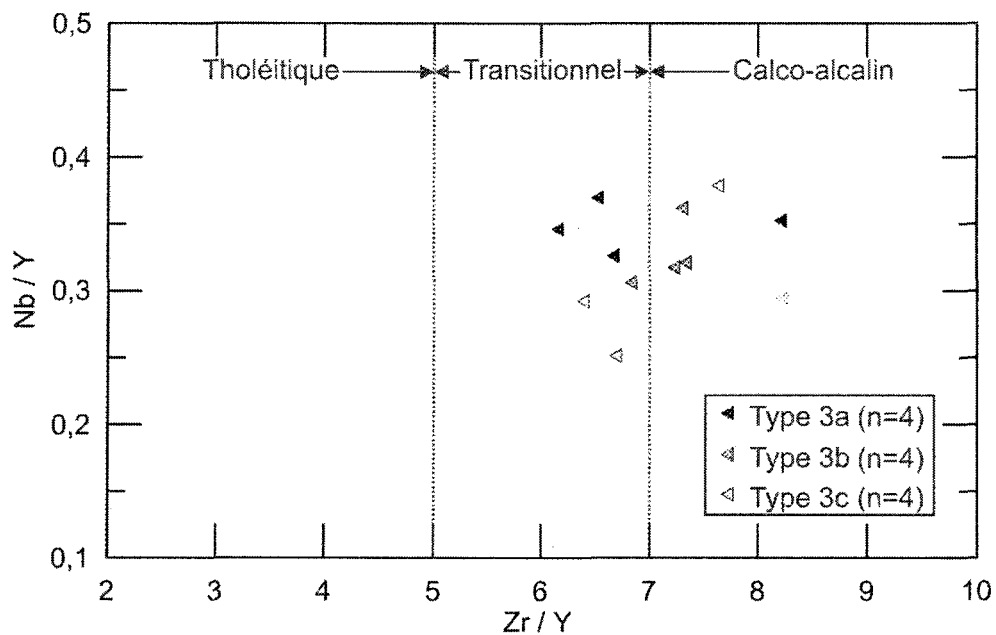


Figure 2.20 Signature en éléments traces des dykes de type 3.

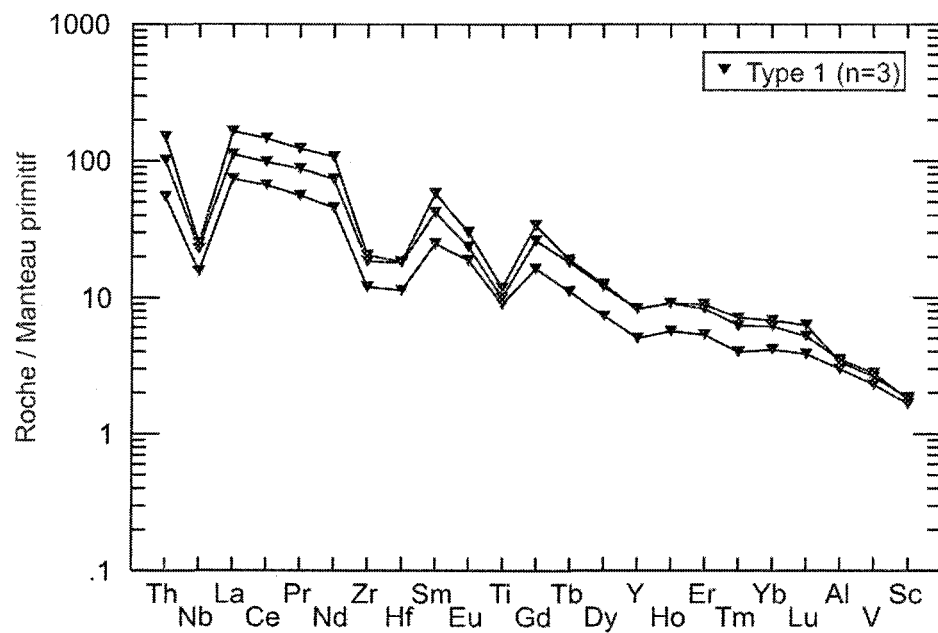


Figure 2.21. Profils multiéléments des dykes de type 1.

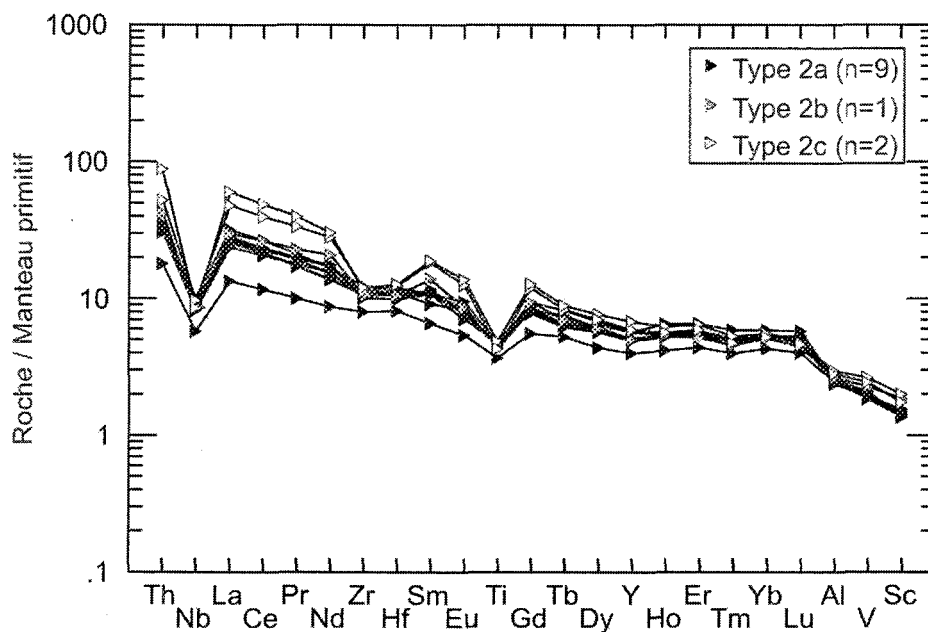


Figure 2.22. Profils multiéléments des dykes de type 2.

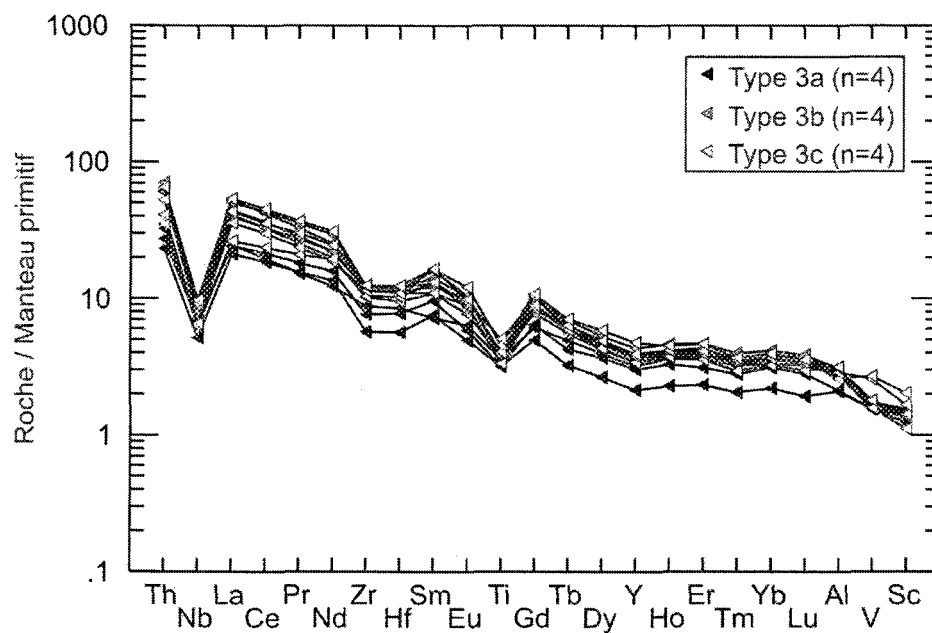
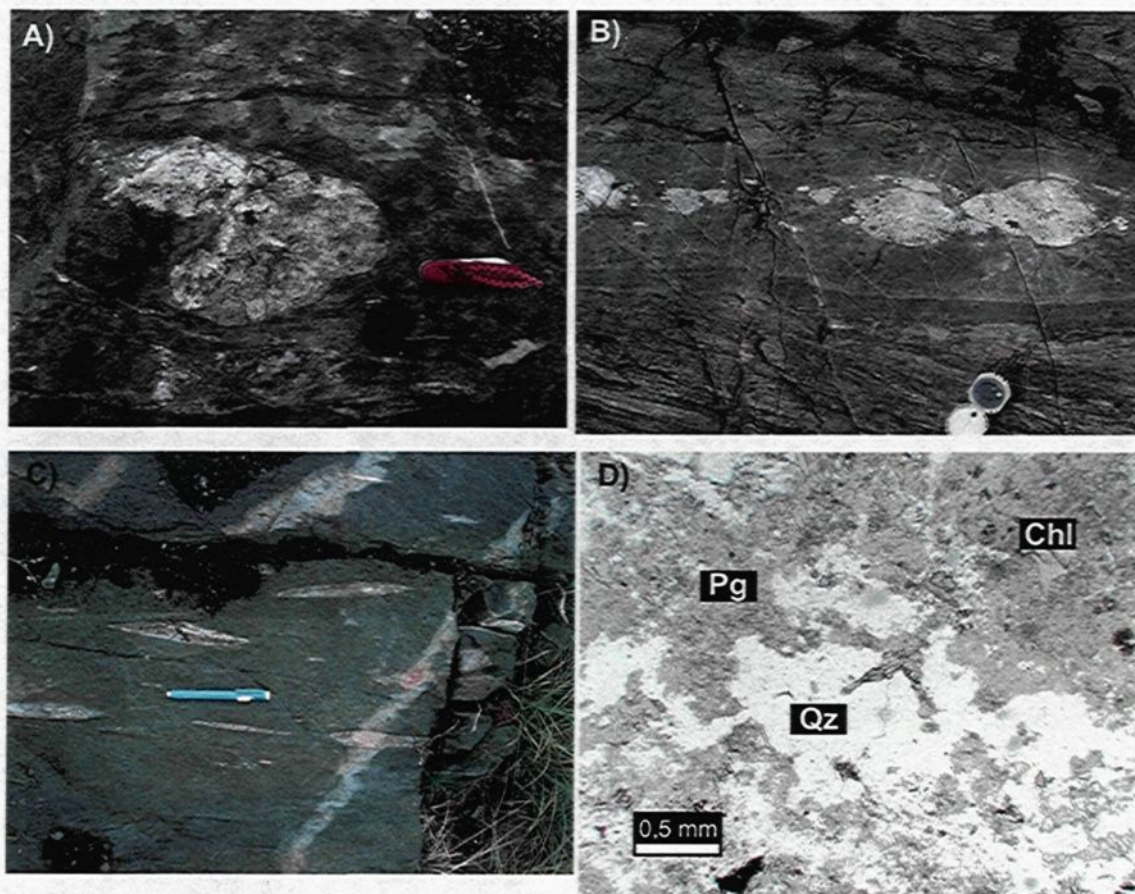
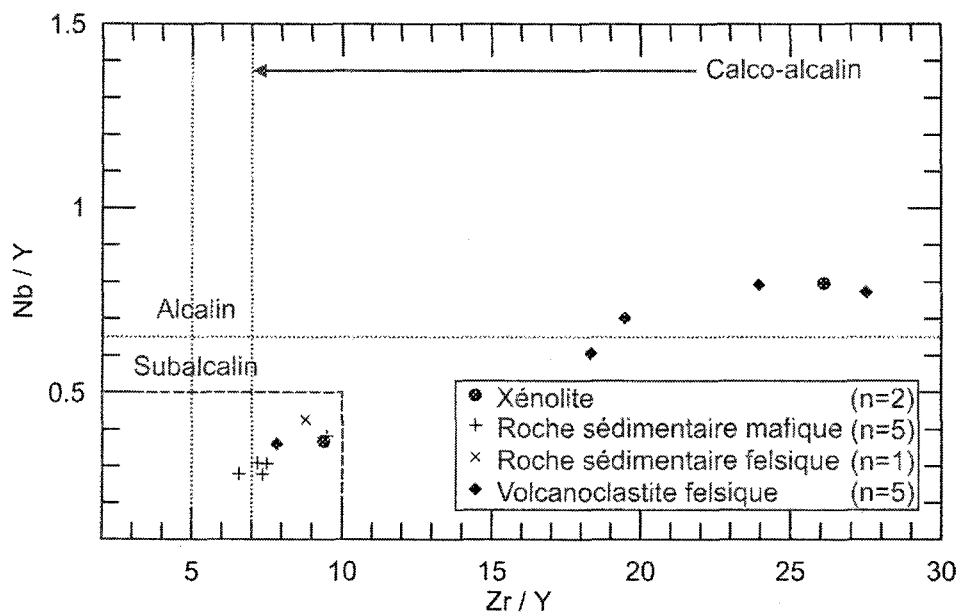


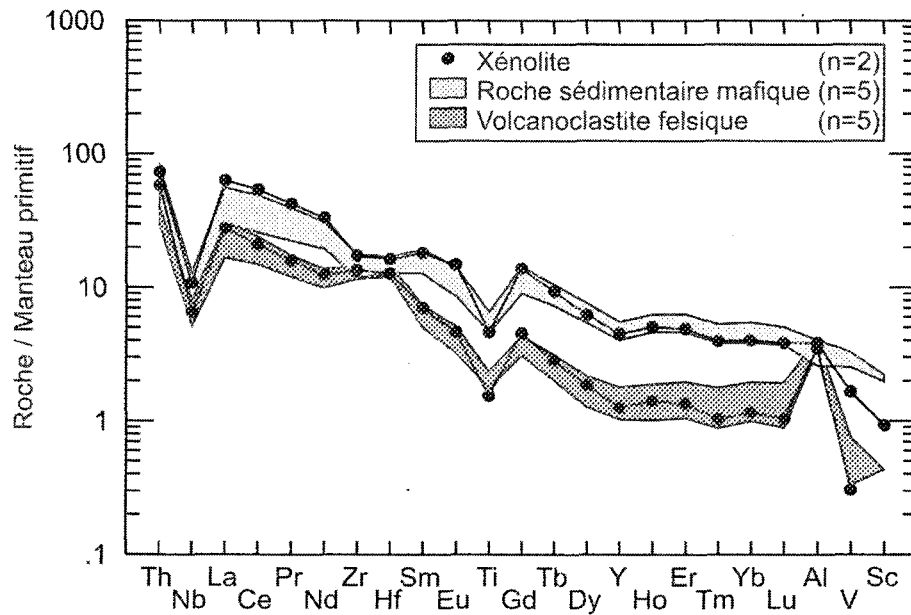
Figure 2.23. Profils multiéléments des dykes de type 3.



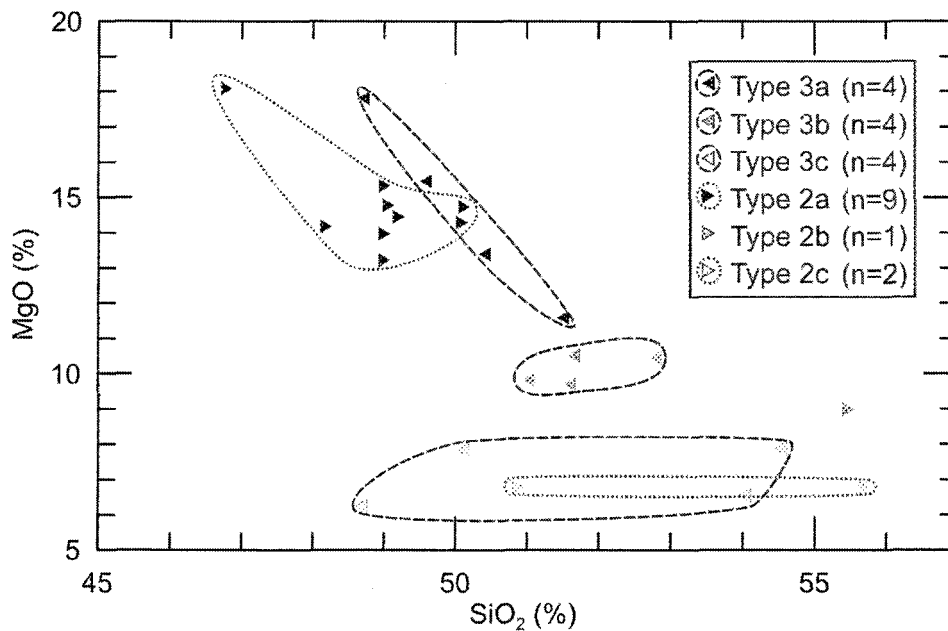
**Figure 2.24.** Photos des xénolites à l'intérieur de dykes magnésiens illustrant plusieurs géométries (A-C). D) Microphotographie en lumière naturelle d'un xénolithe.



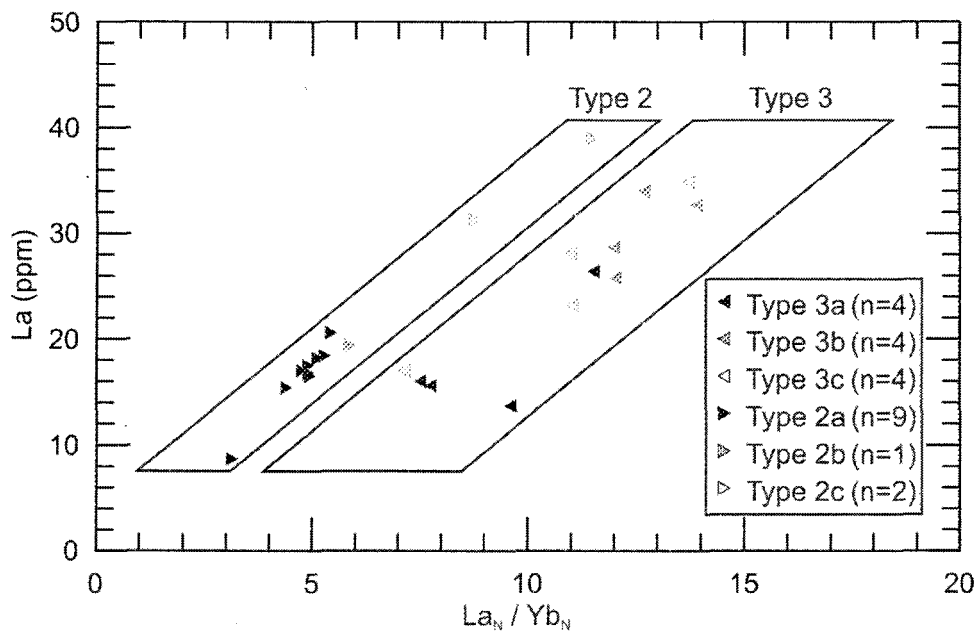
**Figure 2.25.** Signature en éléments traces des xénolithes retrouvés à l'intérieur des dykes magnésiens. Le rectangle en pointillé correspond aux cadres des diagrammes Nb/Y versus Zr/Y pour les autres lithologies.



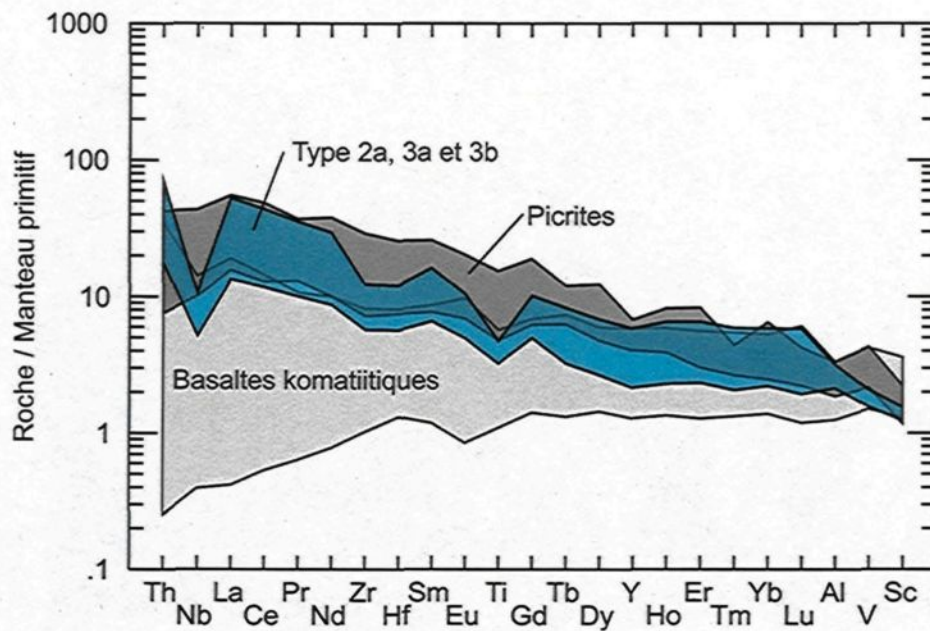
**Figure 2.26.** Profils multiéléments des xénolithes retrouvés à l'intérieur des dykes magnésiens.



**Figure 2.27.** Diagramme du MgO *versus* SiO<sub>2</sub> montrant l'évolution de la composition des dyke de type 2 et 3.



**Figure 2.28.** Diagramme du La *versus* La<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub> montrant le fractionnement des dykes de type 2 et 3.



**Figure 2.29.** Diagramme multiélément montrant les divergences entre la signature des dykes de type 2 et 3, celle des picrites et celle des basaltes komatiitiques (Sarbas et Nohl, 2009).



## **CHAPITRE 3**

# **CARACTÉRISATION DE LA DÉFORMATION ET DU MÉTAMORPHISME**

Ce chapitre fixe le cadre structural du projet à l'aide des éléments structuraux et métamorphiques observés sur le terrain et sous le microscope. Les éléments de déformation ont été regroupés selon quatre évènements  $D_1$  à  $D_4$ . Ce chapitre décrit ces différents incréments de la déformation et l'intensité du métamorphisme. Les principales zones d'anisotropies secondaires qui affectent les roches à l'étude, soit la Zone de déformation Contact et la Faille Acotago, sont décrites. La relation chronologique entre le pic du métamorphisme et la déformation y est également abordée.

### **3.1 Déformation**

La formation d'Anatacau-Pivert est allongée selon une direction ENE, parallèlement au contact avec le batholite de Mistumis. Le grain structural régional

est également parallèle à l'allongement de la formation. Sur le terrain et en lames minces, quatre évènements de déformation distincts ont été identifiés (figure 3.1). L'évènement de déformation principal ( $D_p$ ) est nommé ici  $D_2$ , car des observations démontrent l'existence de déformation antérieure à  $D_p$ . Ces observations sont décrites dans la section 3.1.4.

### 3.1.1 La déformation principale ( $D_2$ )

Sur le terrain à l'étude, l'ensemble des roches est affecté par la déformation principale,  $D_p = D_2$ . Celle-ci est matérialisée par une fabrique planaire  $S_2$  d'orientation  $240^\circ N$  et de pendage abrupt, généralement vers le NNO (figure 3.2). Cette fabrique prend la forme d'un rubanement compositionnel formé d'une alternance de bandes à quartz et de bandes à phyllosilicates, principalement la biotite, à l'intérieur des roches sédimentaires (figure 3.3 a) et d'une alternance de bandes à feldspath et quartz et de bandes à amphibole à l'intérieur des basaltes. Une schistosité pénétrante est également observée à l'intérieur des dykes magnésiens.

Une linéation d'étirement,  $L_\delta$ , à plongée subverticale est visible dans ce plan de schistosité. À l'intérieur des unités sédimentaires, la déformation se matérialise également par des plis  $P_2$  de plan axial  $S_2$  (figure 3.3 b). Ces plis sont droits et à axe vertical, parallèle à la linéation d'étirement  $L_\delta$ . Leur angle d'ouverture est de fermé à ouvert ( $30^\circ$  à  $90^\circ$ ) et ils correspondent à des plis parallèles selon la classification de Ramsay et Hubert (1987). Les plis sont généralement faillés

parallèlement au plan axial, donnant sur le terrain des portions de charnières isolées entre des flancs fortement transposés. Les strates du Membre de Sordide et les dykes encaissés dans celles-ci sont également transposées selon  $S_2$ .

Les coussins, dont la direction du sommet est à faible angle avec  $S_2$ , sont déformés en molaires (figure 3.3 c). Un faible angle entre la direction du sommet des coussins et la schistosité principale suggère que ces coussins sont situés près d'une charnière d'un pli  $P_2$ . Ainsi, l'ensemble de l'empilement de basalte du Membre de Morbide pourrait être plissé par la déformation principale. Par contre, aucune stratification primaire à l'intérieur du Membre de Morbide n'a été observé pour confirmer cette hypothèse.

### 3.1.2 Déformation postérieure ductile ( $D_3$ )

Des éléments structuraux affectant la schistosité principale ( $S_2$ ) sont reconnus dans les secteurs près des zones minéralisées. Les phyllosilicates forment souvent de minces bandes qui définissent la schistosité principale ( $S_2$ ). Par contre, chacun des grains de phyllosilicates à l'intérieur de ces bandes, a une orientation à  $040^\circ\text{N}$  (figure 3.3 a). Un clivage de crénulation  $S_3$  est localement observé à l'intérieur des roches sédimentaires et des horizons de volcanoclastite. Un de ces horizons, au nord de l'indice Zone Contact, contient des porphyroblastes de grenat avec des inclusions d'ilménite alignées. Les inclusions montrent également que les cristaux de grenat ont subi un mouvement de rotation (figure 3.3 d).

Localement, la schistosité principale est plissée par des plis  $P_3$ . Ces plis sont

de petite taille et peuvent ressembler à des plis parasites  $P_2$  en 'Z'. Par contre, leur plan axial est orienté à  $040^\circ\text{N}$ , à angle avec la schistosité principale. Ces plis forment donc une famille distincte. Ils sont subverticaux et varient de serrés à ouverts.

### **3.1.3 Déformation postérieure cassante ( $D_4$ )**

Un évènement de déformation tardif et cassant  $D_4$  est mis en évidence par une série de veines stériles à quartz et carbonate de fer orientée N-S. Ces veines, de 1 à 20 cm de largeur, produisent une altération ocre dans la roche encaissante sur une distance de 0,1 à 2 m. Localement, ces veines forment des « dilatation jogs » montrant une ouverture en transtension dextre (figure 3.4). Les contraintes principales N-S, placées sur la figure afin de créer un mouvement dextre, sont compatibles avec un modèle de mise en place en extension pour ce réseau de veines N-S.

### **3.1.4 Déformation antérieure ( $D_1$ )**

Les évidences d'un évènement de déformation antérieur à l'évènement principal sont très rares. Elles ont presque été totalement oblitérées par  $D_2$ . Cependant, à l'intérieur des grauwackes du Membre de Sordide, le regard structural (Bell, 1981) s'inverse entre l'indice Zone Contact et la Faille Acotago. C'est-à-dire que la polarité au nez de plis est orientée OSO au niveau de l'indice Zone Contact, tandis qu'elle orientée ENE en s'éloignant vers l'est.

À l'indice Chino, les plis  $P_2$  affectent une schistosité observée le long de la

veine Chino. Des horizons reliés à cette veine, notamment de tourmaline, sont plissés également par des plis  $P_2$  (figure 3.3 e et f). Cette schistosité et ces horizons affectés par des plis  $P_2$  démontrent l'existence d'un alignement préférentiel antérieur à la déformation principale  $D_2$  et que cet alignement est à angle avec la schistosité  $S_2$ . Cette schistosité  $S_1$  précoce retrouvée le long de la veine Chino est décrite plus en détail dans la section 4.1.3.

## **3.2 Zones de cisaillement**

### **3.2.1 La Zone de déformation Contact**

La déformation n'est pas homogène sur le terrain d'étude. Elle s'intensifie graduellement en s'approchant du contact entre les roches du Membre de Morbide et celles du Membre de Sordide. Les facteurs d'aplatissement par rapport à  $S_2$  des clastes des différents conglomérats, retrouvés le long de la coupe stratigraphique (figure 1.4), ont été mesurés en plan. Ces facteurs varient de 1 : 2 à 1 : 5 (figure 3.5 a) à plus de 20 m de l'indice Zone Contact et ils sont de 1 : 5 à 1 : 15 au niveau du conglomérat de l'indice Zone Contact (figure 3.5 b). L'intensification de la déformation principale à cet endroit, le développement d'une fabrique mylonitique et le fort boudinage des veines de quartz de cet indice (figure 3.5 d) sont les résultats d'une zone de déformation ductile, nommée ici Zone de déformation Contact (ZDC). Au niveau de l'indice Zone Contact, cette zone de déformation intense est observée sur une épaisseur variant entre 5 et 10 m. À cet endroit, elle est localisée à l'intérieur du Membre de Sordide à environ 10 m du

contact avec le Membre de Morbide.

Tout le long des 200 m que fait l'indice Zone Contact et également le long de l'indice Bull, des ocelli sont présents à l'intérieur des roches sédimentaires, des basaltes et des dykes qui les recourent (figure 3.5 c). Le terme ocelli est utilisé au sens descriptif et n'a aucune implication génétique. Il représente des agrégats sphéroïdes composés d'amphibole et de carbonate grenus (50 à 500  $\mu\text{m}$ ) et dont l'orientation des cristaux est aléatoire. Ces ocelli ont été observés uniquement à l'intérieur de la ZDC. Pour tous les types de roches encaissantes, ils sont dispersés dans une matrice de minéraux très fins (< 50  $\mu\text{m}$ ) et fortement alignés selon  $S_2$ . Des ombres de pression asymétriques ont été observées aux pourtours d'ocelli de carbonate et aux extrémités de certains boudins de veines de l'indice Zone Contact (figure 3.5 d), décrite dans la section 4.2. Ces ombres de pression asymétriques montrent que ces éléments ont subi un mouvement de rotation. Une partie de la déformation à l'origine de la ZDC est donc non coaxiale.

### **3.2.2 La Faille Acotago**

La Faille Acotago décale le contact entre les membres de Morbide et de Sordide de façon senestre avec un rejet apparent de 450 m (figure 1.4 et 3.1). Elle est d'orientation  $020^\circ\text{N}$  avec une épaisseur d'environ 25 m. Elle est localisée en partie le long du lit de la rivière Acotago. Elle peut être tracée sur plus d'un kilomètre et le lit de la rivière Acotago demeure rectiligne sur 8,5 km. Son tracé est également associé à un linéament magnétique qui se prolonge sur plus de 20 km

de façon rectiligne. Les nombreuses fractures retrouvées en forage dénotent le caractère cassant de la faille. Les contraintes principales N-S de l'évènement D<sub>4</sub> concordent avec un mouvement senestre le long de la faille (figure 3.1). Les veines à quartz et carbonate de fer formant des « dilatation jogs » constituent des structures conjuguées à la Faille Acotago. Il est intéressant de noter qu'immédiatement à l'est de la Faille Acotago, la fabrique principale devient à 250°N plutôt qu'à 240°N, telle qu'illustrée à la figure 3.1.

### **3.3 Métamorphisme**

Le métamorphisme a affecté la grande majorité des roches à l'étude. Mis à part le quartz et le feldspath qui est séricitisé à différents niveaux, les minéraux primaires sont rarement observés.

Les minéraux métamorphiques dans les roches mafiques sont surtout l'actinote ou la trémolite accompagnée par des quantités variables de feldspath, de chlorite, de quartz et d'épidote. Bien que ces roches soient majoritairement composées d'amphibole, la présence d'actinote et de chlorite est typique du faciès métamorphique des schistes verts (Winter, 2001).

Les roches sédimentaires sont dominées par le quartz et la biotite. Ces minéraux sont localement accompagnés par l'une des phases accessoires suivantes, soit le grenat, le chloritoïde ou la hornblende. Ces assemblages sont également typiques du faciès métamorphique des schistes verts et de la transition entre le faciès des schistes verts et celui des amphibolites (Spear, 1993; Winter,

2001)

### **3.3.1 Chronologique relative entre le pic du métamorphisme et les évènements de déformation**

Les minéraux associés au métamorphisme sont principalement l'amphibole, les phyllosilicates, le grenat et le chloritoïde. Ces minéraux ont des habitus cristallins différents. L'amphibole (figure 2.11 b et également les figures 3.5 c, 4.3 b, c, 4.4 c, d, 4.5 b, c et 4.12 b plus loin dans le texte) et le chloritoïde (figure 2.11 d) ont cristallisé sans orientation préférentielle, donc lorsque la déformation principale  $D_2$  était terminée. Les phyllosilicates se retrouvent en bandes parallèles à la schistosité  $S_2$ , montrant ainsi qu'ils ont été affectés par la déformation principale  $D_2$ . Les grains individuels de phyllosilicates sont, par contre, orientés de façon parallèle à la schistosité  $S_3$  (figure 3.3 c). Les cristaux de grenat contiennent de nombreuses traînées d'inclusions de quartz. Ces traînées d'inclusions sont majoritairement parallèles à la schistosité  $S_2$ , signifiant que la croissance du porphyroblaste est tardi à post- $D_2$ . À la bordure de certains cristaux de grenat, les traînées d'inclusions se courbent, indiquant que le grenat a subi une période de cristallisation dynamique syn- $D_3$  (figure 3.6). Cette variation dans l'attitude des traînées d'inclusions est également appuyée par une zonation dans la géochimie du grenat (voir section 6.2.2.7). Ces relations montrent donc que le métamorphisme ayant causé la cristallisation des phyllosilicates et du grenat a perduré de tardi- $D_2$  à syn- $D_3$ . L'amphibole et le chloritoïde qui sont orientés



aléatoirement indiquent également un caractère tardif par rapport à la déformation.

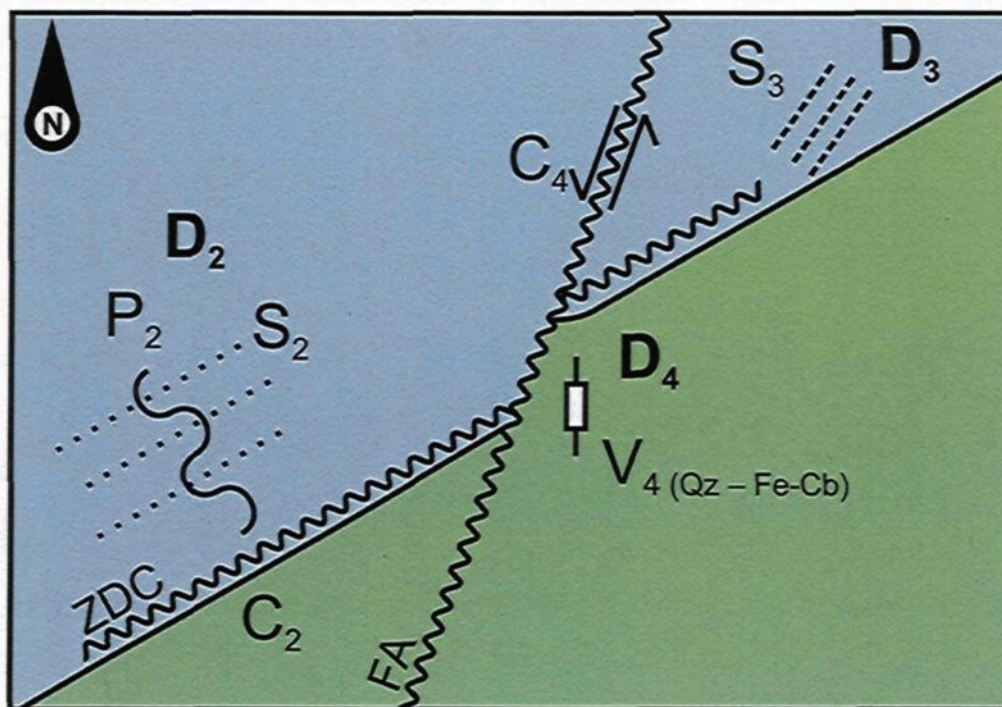
La dernière phase de déformation  $D_4$ , étant fragile et donc produite sous des conditions de pression et de température plus faible, est arrivée après le métamorphisme régional au grade supérieur des schistes verts.

Certains ocelli observés à l'intérieur des roches sédimentaires, au niveau de l'indice Zone Contact, présentent des couronnes réactionnelles (figure 3.7). Ces ocelli sont composés majoritairement d'amphibole et de carbonate. Ils sont disséminés dans une matrice fine et schistosée à biotite – quartz – ilménite. À la bordure des ocelli, les éléments ferro-magnésiens se propagent à l'intérieur de la matrice sur environ 0,5 mm formant une couronne d'amphibole contenant des inclusions d'ilménite. Ce phénomène est accompagné d'une migration du quartz à l'intérieur des ocelli formant une mince bande de quartz polycristallin d'environ 200  $\mu\text{m}$  de largeur. Ce rééquilibrage métamorphique entre des ocelli et leur matrice indique également que le métamorphisme s'est prolongé après la déformation principale à l'origine de l'alignement des minéraux de la matrice.

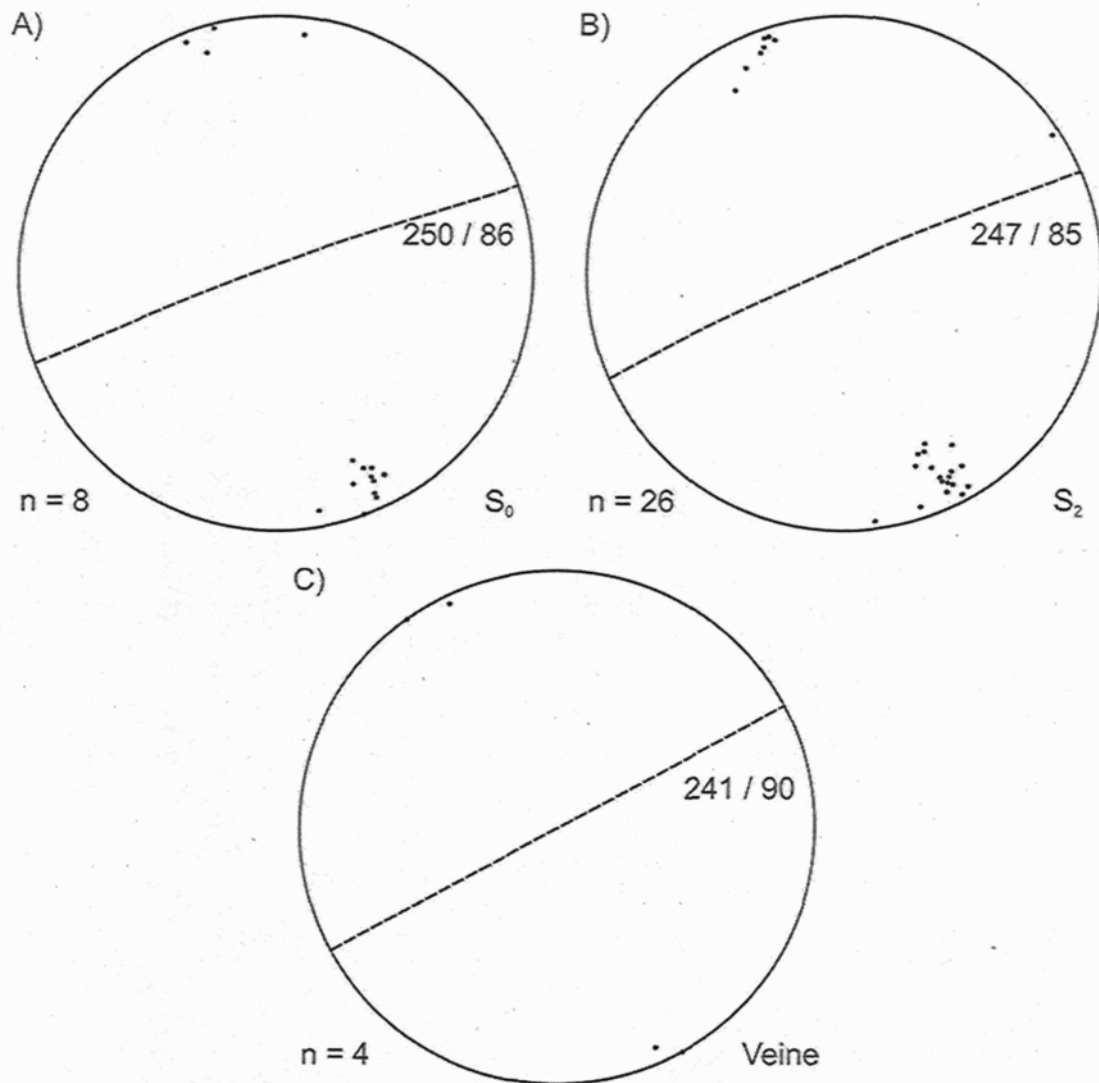
### **3.4 Synthèse**

Le terrain à l'étude a subi une déformation polyphasée (figure 3.8). La déformation débute avec un évènement précoce  $D_1$ , dont les structures sont en grande majorité oblitérées par l'évènement de déformation principal  $D_2$ . La déformation principale est associée à une schistosité orientée à  $240^\circ\text{N}$  et de pendage abrupt, à une linéation d'étirement  $L_6$  et au plissement des roches

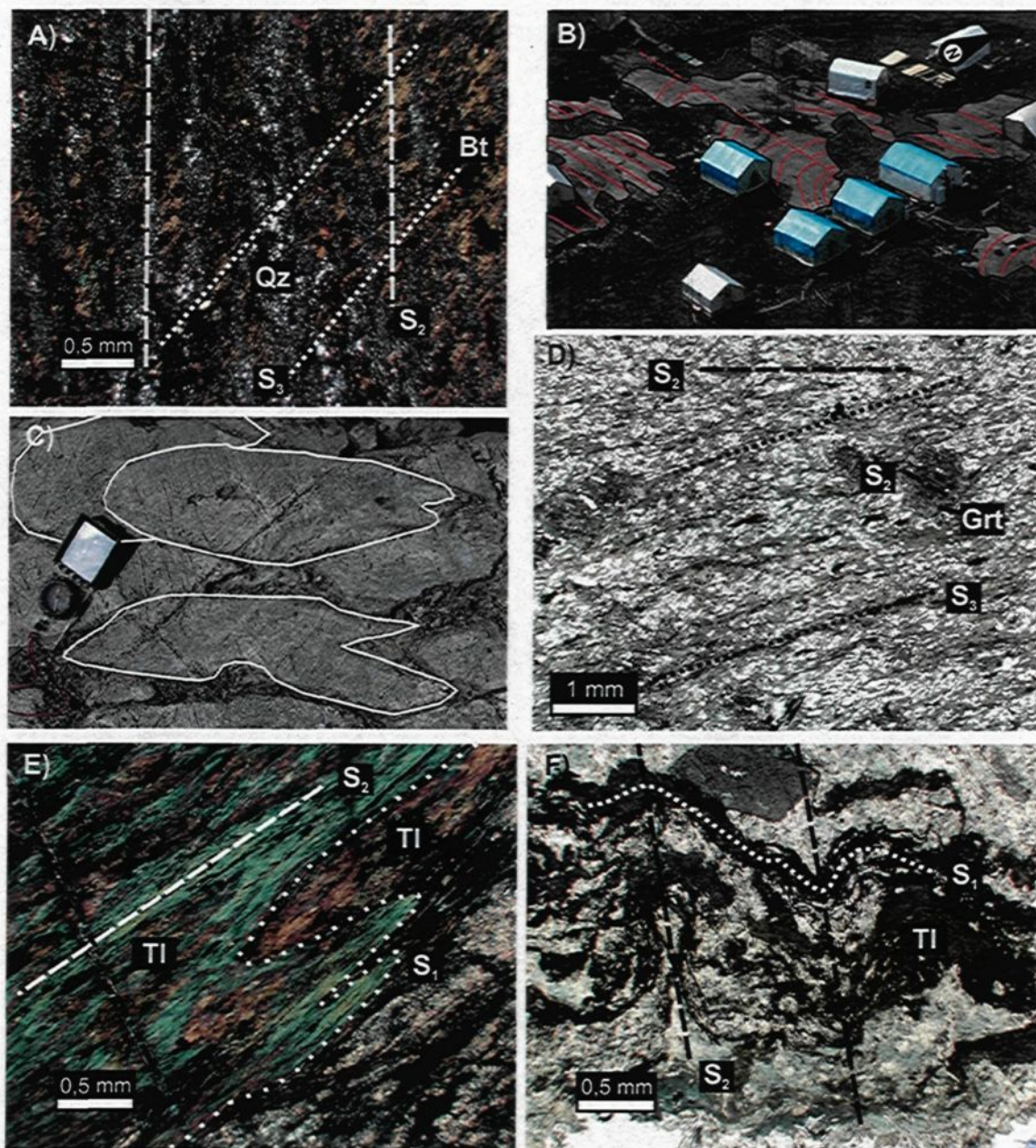
sédimentaires. Cette déformation  $D_2$  est suivie par un réalignement des cristaux de phyllosilicates lors de l'évènement de déformation ductile  $D_3$ . Enfin, un évènement de déformation fragile,  $D_4$ , est associé à la mise en place de veines de quartz – carbonate de fer stériles d'orientation N-S. Un métamorphisme régional du grade supérieur des schistes verts affecte les roches de la région. Ce métamorphisme perdure durant l'ensemble de la déformation ductile (figure 3.8).



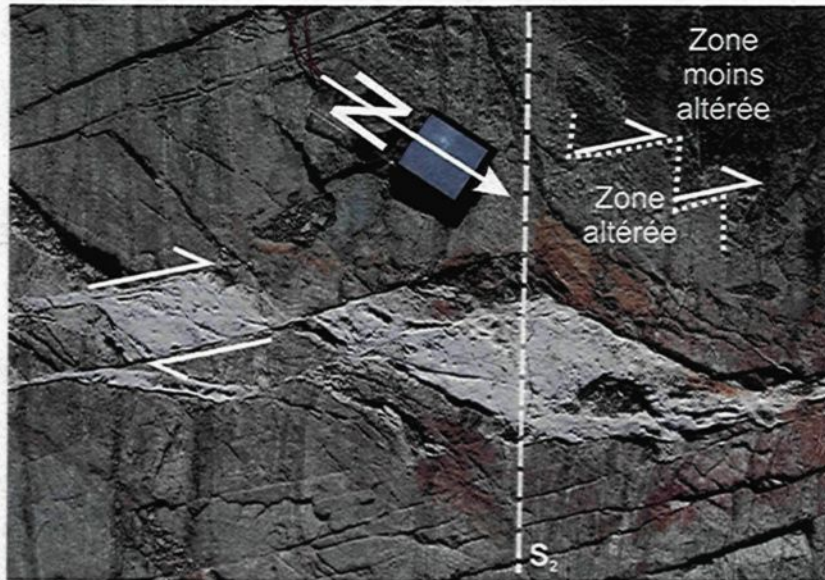
**Figure 3.1.** Représentation schématique des éléments structuraux en lien avec les évènements de déformation ( $D_1$  à  $D_4$ ) présents sur le terrain à l'étude. ZDC : Zone de déformation Contact; FA : Faille Acotago.



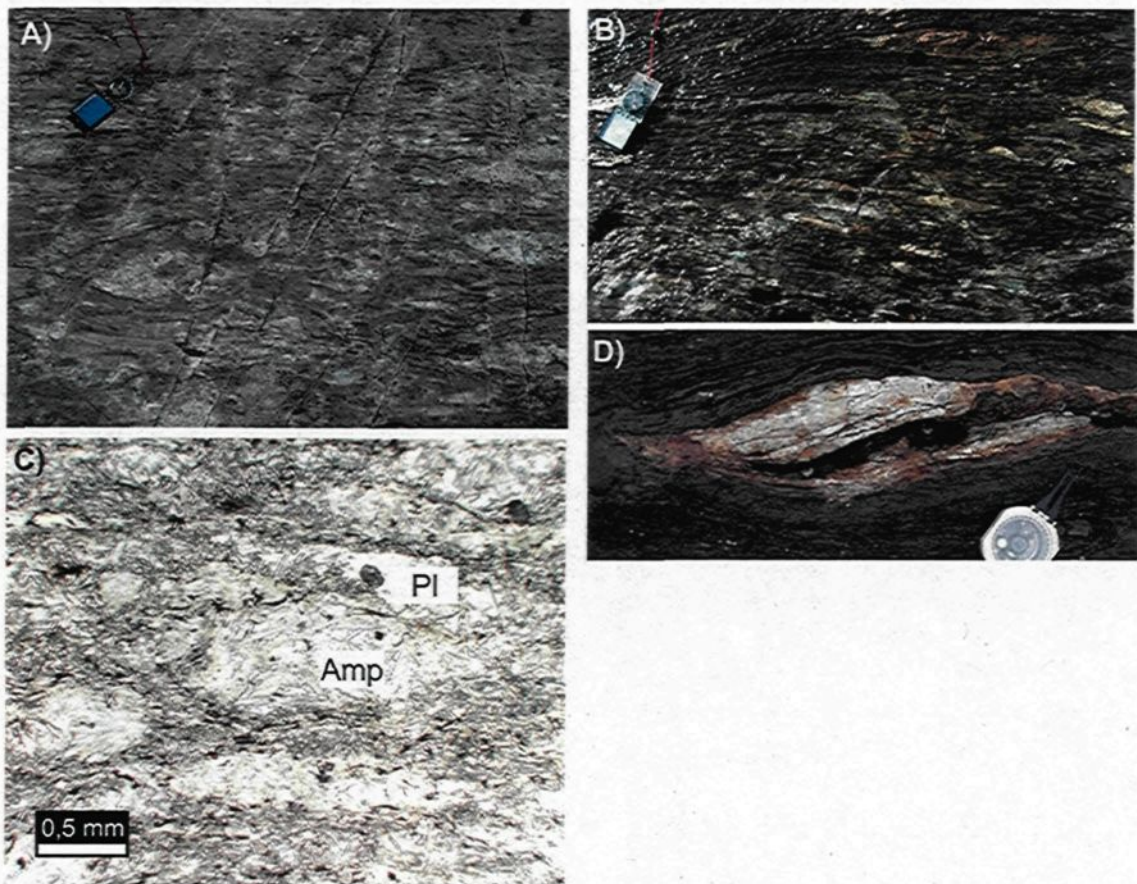
**Figure 3.2.** Stéréonets de l'indice Zone contact. A) Pôles des stratifications primaires. B) Pôles des schistosités principales  $S_2$ . C) Pôles de veines aurifères



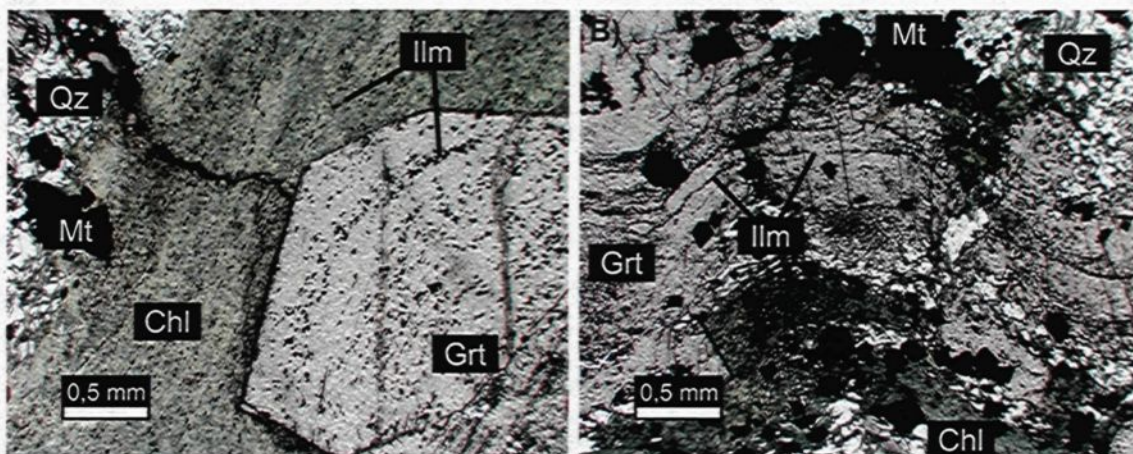
**Figure 3.3.** Photos des éléments de déformation. A) Cristaux de biotite orientés selon  $S_3$  à l'intérieur de bandes orientées selon  $S_2$ . B) Plis  $P_2$  dans les roches sédimentaires. La position du Nord est approximative. C) Coussins déformés en molaire des basaltes du Membre du Morbide présentant un regard structural orienté OSO. D) Clivage  $S_3$  matérialisé par l'alignement des cristaux de chlorite. Le grenat dans la partie supérieure droite a subi un mouvement de rotation  $D_3$ . E et F) Plissement  $P_2$  de la schistosité  $S_1$  dans une bande de tourmaline.



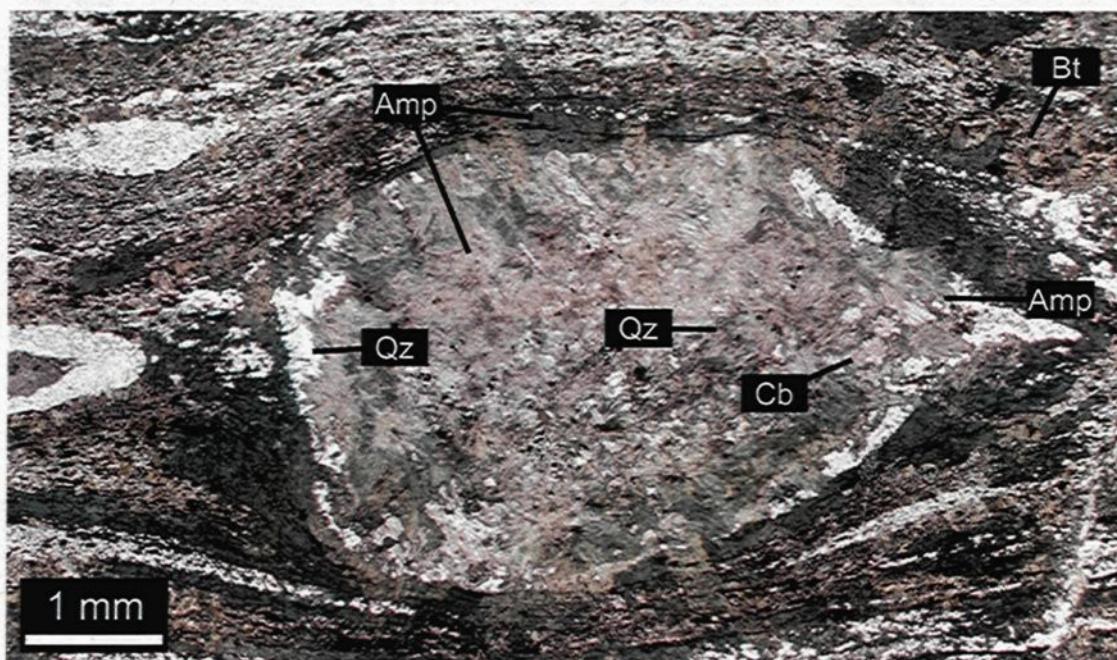
**Figure 3.4.** Veine à quartz et carbonate de fer mise en place pendant l'évènement D<sub>4</sub> cassant.



**Figure 3.5.** Photos de la ZDC. A) Conglomérat à l'extérieur de la ZDC avec un allongement des clastes de 1:2 à 1:5. B) Conglomérat à l'intérieur de la ZDC avec un allongement des clastes de 1:5 à 1:15. C) Dyke de type 2a à ocelli d'amphibole recristallisée à l'intérieur de la ZDC. D) Boudin de veine de quartz aurifère à l'intérieur de la ZDC déformé en sigmoïde, en lumière naturelle.

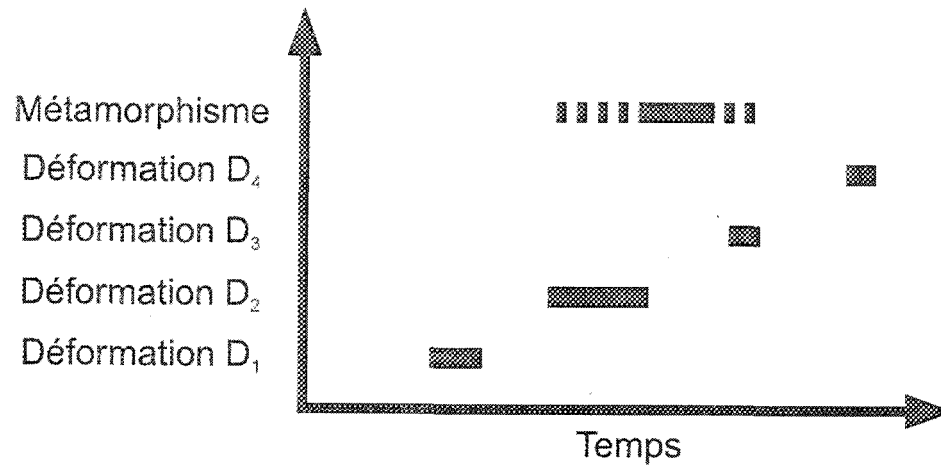


**Figure 3.6.** Microphotographies en lumière naturelle montrant des trainées d'inclusions d'ilménite courbées à l'intérieur de grenat.



**Figure 3.7.** Microphotographie en lumière naturelle d'un claste à amphibole – carbonate à l'intérieur des roches sédimentaires biotitisées.





**Figure 3.8.** Chronologie relative entre les événements de déformation et le métamorphisme.

## CHAPITRE 4

### TYPOLOGIE DES MINÉRALISATIONS

Plusieurs indices aurifères sont retrouvés sur la propriété Opinaca. Quatre sont décrits dans le détail et forment le cœur du mémoire de maîtrise. Il s'agit des indices Chino, Zone Contact, Bull et Isabelle. Ces indices sont tous situés le long du contact volcano-sédimentaire entre le Membre de Morbide et le Membre de Sordide. Ils sont également localisés à proximité de la Faille Acotago (figure 1.4).

#### 4.1 Indice Chino

L'indice Chino a fait l'objet d'une cartographie de détail à l'échelle 1 : 200 sur une zone d'affleurement décapée à l'été 2006. La zone décapée fait un peu moins de 100 m x 100 m. Une portion de 30 x 20 m, dans le nord de la zone, a été cartographiée de façon plus détaillée à l'échelle 1 : 100 (figure 4.1). Le plan de la cartographie de l'indice Chino est présentée en pochette.

L'indice Chino est encaissé à l'intérieur des basaltes du Membre de Morbide,

au sud du contact avec les roches sédimentaires du Membre de Sordide. À cet endroit, le conglomérat de base fait 2,5 m d'épaisseur. L'indice Chino contient une veine aurifère, nommée ici la « Veine Chino, » d'orientation NO-SE avec un pendage d'environ 70° vers le SO. Elle s'étend du contact avec les roches sédimentaires du Membre de Sordide jusqu'à 100 m à l'intérieur des basaltes. La partie centrale de la veine est associée à des valeurs aurifères, en surface, d'environ 10 g/t Au sur 1 m pour une continuité latérale d'environ 65 m. La teneur en or de la veine n'est toutefois pas uniforme. La variation de teneurs s'étend de 0,37 g/t Au sur 1,2 m à 92,9 g/t Au sur 1,4 m. Les extrémités de la veine ont une épaisseur et des teneurs aurifères moindres, de l'ordre de 1 g/t Au sur 0,5 m. Cette veine est fortement plissée et localement boudinée. Ces plis correspondent à des plis  $P_2$ , ayant la schistosité  $S_2$  comme plan axial.

Les deux extrémités de la veine Chino se séparent en plusieurs branches d'épaisseurs moindres. Ces branches sont également plissées et boudinées. Elles partent selon des directions diverses, soit O, NNE, SE et SSO. En s'éloignant de la veine Chino, ces branches deviennent des veinules de tourmaline pauvre en quartz. Ces veinules ont des épaisseurs variant de 1 à 20 mm (figure 4.2).

Une des branches de la veine Chino est à proximité d'une veine subhorizontale d'environ 10 cm d'épaisseur, qui affleure sur 6 m x 12 m, et d'une zone très riche en arsénopyrite qui s'étale sur 1 m x 4 m.

La veine Chino est entourée d'un stockwerk mieux développé du côté sud-ouest de la veine où il peut atteindre une épaisseur de 30 m. Du côté nord-est, le

stockwerk ne dépasse pas 5 m d'épaisseur.

Deux veines de quartz stériles recourent la zone de décapage. Ces dernières sont droites et d'orientation N-S. Elles sont associées à des zones d'ankérisation de l'encaissant, donnant une couleur brun rougeâtre aux basaltes. Elles sont non déformées et par conséquent, tardives dans l'histoire géologique de la région.

#### **4.1.1 Minéralogie des veines**

La veine Chino est principalement formée de quartz granoblastique à 80 % accompagné de 7 % de feldspath, 5 % d'amphibole, 3 % de carbonate et 2 % de tourmaline (figure 4.3 a et b). Des traces de chlorite, de pyrrhotite, de pyrite et d'ilménite sont également présentes. Mis à part le quartz, ces minéraux se retrouvent en grande partie à l'intérieur de rubans de 0,5 à 20 mm de largeur et orientés parallèlement à la veine. Ces rubans ont plusieurs compositions. Les plus communs sont des rubans à amphibole – carbonate (figure 4.3 c). Des rubans de tourmaline ± ilménite sont fréquemment retrouvés à l'éponte des veines (figure 4.3 c). Ces rubans sont semblables aux veinules de tourmaline retrouvées aux extrémités de la veine Chino. Des rubans de feldspath – épidote – tourmaline – pyrrhotite sont également présents à l'intérieur de la veine. Ceux-ci sont fréquemment associés à des grains d'or visible (figure 4.3 d et e).

#### **4.1.2 Altération des roches encaissantes**

Les basaltes qui encaissent l'indice Chino sont progressivement altérés en s'approchant de la minéralisation. L'altération est toutefois beaucoup plus marquée

du côté ouest de la veine que du côté est.

Les basaltes frais ont un assemblage d'amphibole – d'oxydes de fer – quartz. La chlorite et le feldspath sont également présents dans les bordures de trempe des coussins (figure 2.2). À l'intérieur de la zone d'altération, les basaltes sont composés de plages d'amphibole et comportent de 10 à 25 % de carbonate. Le carbonate est interstitiel aux cristaux d'amphibole ou en inclusions dans ceux-ci (figure 4.4 a). La présence d'inclusions de carbonate à l'intérieur de cristaux d'amphibole est une indication que cette altération devait être présente avant la cristallisation de l'amphibole. Cette relation indique que les basaltes ont été altérés avant la venue du métamorphisme régional responsable de la cristallisation de l'amphibole.

En plus de l'altération en carbonate des basaltes, un système de veinules formant un stockwerk est présent au pourtour de la veine. Ce stockwerk est mieux développé du côté ouest de la veine. Il est composé de deux familles de veinules d'aspect différent (figure 4.4 b).

Une première famille est formée de fines veinules de couleur blanche de 0,5 à 3 cm. Elle forme jusqu'à 75 % de la roche. Les veinules blanches sont composées d'un assemblage de quartz – feldspath ± amphibole – biotite (figure 4.4 c). Elles sont plissées et généralement fortement parallélisées à la schistosité  $S_2$ .

Cette famille est recoupée par une deuxième famille de veinules. Ces dernières sont de couleur vert moyen à foncé avec une patine d'altération localement rouge foncé. La couleur rouge est probablement causée par l'oxydation

de carbonate de fer. L'épaisseur des veinules varie de 2 à 10 cm. Elles sont plissées par des plis  $P_2$ . Elles sont principalement composées de carbonate et d'amphibole dans des proportions variables, accompagnés de 1 à 2 % de minéraux opaques (figure 4.4 d). Enfin, ces veinules contiennent également des rubans de quartz granoblastique.

Le stockwerk est caractérisée par des zones submétriques à métriques d'aspect bréchique avec des fragments vert foncé, arrondis et allongés selon la schistosité principale, dans une matrice blanche (figure 4.5 a). Elles correspondent à des zones de forte altération définissant des brèches hydrothermales. Ces brèches sont toutes situées du côté SO de la veine Chino et certaines se butent sur la veine. Elles sont généralement disposées à fort angle avec la veine. Les fragments vert foncé sont très altérés et marqués par un assemblage de carbonate – amphibole (figure 4.5 b). Ces fragments sont disposés dans une matrice blanche à quartz – feldspath  $\pm$  biotite – chlorite (figure 4.5 c).

#### **4.1.3 Relation avec la déformation**

La veine Chino est plissée selon des plis ouverts avec des plans axiaux correspondant à la schistosité  $S_2$ . Elle est aussi localement boudinée.

La veine n'est pas le seul élément déformé sur le décapage. Puisqu'il existe une enveloppe d'altération autour de la veine Chino, la déformation est plus intense aux pourtours de la veine. Cette enveloppe est marquée par un trait noir sur le plan de la cartographie de l'indice Chino en pochette et sur la figure 4.6. Les

secteurs plus déformés sont soulignés par une densité de lignes plus élevée (figure 4.6). Ceux-ci se situent de part et d'autre de la veine Chino. À plus de 30 m de l'indice Chino, les basaltes coussinés sont allongés selon le plan de la schistosité principale. En s'approchant de la veine, la schistosité  $S_2$  devient fortement pénétrante, le rubanement compositionnel est généralisé et les veinules du stockwerk sont soit transposées selon  $S_2$  ou forme des plis  $P_2$ .

Aux abords de la veine, des plis serrés de plan axial  $S_2$  sont observés. Ces plis affectent les deux familles de veinules du stockwerk et également la schistosité préexistante  $S_1$ . Cette schistosité antérieure à la schistosité principale longe la veine Chino de façon parallèle à celle-ci. Le développement préférentiel de cette schistosité en bordure de la veine indique que la veine Chino a subi, du moins, en partie la déformation  $D_1$ . Les traces de la schistosité  $S_1$  forment des plis plus serrés que ceux affectant la veine Chino (figure 4.6). Ce phénomène peut s'expliquer par un contraste de compétence entre les basaltes fortement altérés en carbonate, moins compétents, et la veine de quartz plus compétente (figure 4.7).

#### **4.1.4 Relation avec le magmatisme**

Quatre dykes se trouvent dans le secteur de l'indice Chino, un dyke de type 1 et trois de type 3b. Le dyke de type 1 se trouve au contact entre le conglomérat du Membre de Sordide et les basaltes. Deux dykes de type 3b sont situés à l'extrémité nord-ouest de la veine Chino. L'un longe le lit de conglomérat et le dyke de type 1. L'autre dyke longe plutôt une petite zone de cisaillement orientée NE.

Ce dernier est très démembré et consiste en une multitude de boudins plissés encaissés à l'intérieur des basaltes très déformés et altérés (figure 4.8 a). Le troisième dyke de type 3b est situé au sud-ouest de la veine Chino. Il a une attitude NNE, globalement perpendiculaire à la veine. Toutefois, au niveau de la veine Chino, le dyke forme un pli ouvert qui longe la veine, avec une orientation NO, sur une longueur de plus de 10 m (Plan 1 en pochette).

Les dykes de type 3b sont affectés par l'altération hydrothermale marquée par la séricitisation de leur matrice. Ils sont également recoupés par les veinules du stockwerk (figure 4.8 b). Les plans axiaux des plis qui affectent les trois dykes de type 3b correspondent à la schistosité principale  $S_2$ .

## **4.2 Indice Zone Contact**

L'indice Zone Contact a fait l'objet d'une cartographie de détail à l'échelle 1 : 200 sur une zone d'affleurement décapée à l'été 2006. La zone décapée a une dimension d'environ 30 m x 230 m. La carte géologique produite est présentée sur le plan de la cartographie de l'indice Zone Contact en pochette.

L'indice Zone Contact est encaissé à l'intérieur du Membre de Sordide, à environ 10 m du contact avec les volcanites mafiques du Membre de Morbide et du conglomérat de base. Du sud vers le nord, la séquence de la zone minéralisée est la suivante : 1) le conglomérat de base; 2) une coulée mafique recoupée par un dyke de type 1; 3) un niveau de conglomérat altéré en grenat; et 4) des roches sédimentaires altérées en biotite et en carbonate et localement en grenat. Ces



lithologies sont recoupées par de nombreux dykes magnésiens, principalement de type 2a et également de type 3a.

La minéralisation de l'indice Zone Contact peut être subdivisée en deux horizons spécifiques, A et B, orientés à 240°N, parallèlement à la schistosité  $S_2$  et à pendage abrupt, à 85° vers le NNO (figures 1.4, 4.9 et 4.10). Ces horizons sont parallèles au contact entre les roches sédimentaires et volcaniques en direction et en pendage. Les deux horizons sont distants de 10 à 15 m. Les intersections en forage, le long des trous, pour chacun des horizons sont de l'ordre de 1 à 4 g/t Au sur 1 m.

- L'horizon A est formé d'une veine continue, appelée ici « veine Principale » possédant une largeur maximale de 50 cm.
- L'horizon B est formé d'une série de petits boudins de veines de 5 à 15 cm de largeur et de 10 cm à 1 m de longueur.

#### **4.2.1 Minéralogie des veines**

La veine Principale et les boudins de veines de l'horizon B ont la même composition minéralogique. Elles sont composées de 81 % de quartz granoblastique accompagné de 10 % de feldspath, 3 % de carbonate, 1 % d'amphibole, de chlorite, de biotite et de tourmaline ainsi que 2 % de sulfures, pyrite ± pyrrhotite (figure 4.11 a et b). L'amphibole, le carbonate et la chlorite sont disséminés à l'intérieur du quartz granoblastique. Le feldspath et la tourmaline forment des rubans de 0,1 à 10 mm de large, situés près des épontes des veines

(figure 4.11 b). Des rubans de pyrite sont également localisés aux épontes des veines (figure 4.11 c). À son extrémité est, la veine Principale devient une veinule à tourmaline – ilménite de 1 cm d'épaisseur (figure 4.11 d). À l'ouest de la veine Principale, une zone de 20 m par 5 m très riche en arsénopyrite est présente. Cette zone comporte un niveau d'arsénopyrite massive de 15 cm d'épaisseur.

#### **4.2.2 Altération des roches encaissantes**

Les roches sédimentaires hôtes de la minéralisation ont été affectées par une forte altération en biotite et en carbonate. La biotite, qui forme environ 15 % des roches sédimentaires distales, est plus abondante à l'indice Zone Contact et compte pour 20 à 50 % de la roche (figure 4.12 a). Le carbonate et l'amphibole sont présents sous forme de plages et d'ocelli. Des horizons à grenat sont également présents. Le grenat n'est pas distribué de façon uniforme. Dans la portion est du décapage, il est concentré le long d'un petit horizon de conglomérat. Dans la portion ouest, la zone à grenat est beaucoup plus large et s'étend également aux grès. La zone grenatifère de la partie ouest est spatialement associée à une zone de dissémination d'arsénopyrite d'une dimension de 20 x 5 m.

Les dykes magnésiens de type 2a et 3a présents sur l'indice Zone Contact ont subi certains changements minéralogiques et texturaux. Les dykes magnésiens situés à l'extérieur de l'indice Zone Contact ont une texture massive et une minéralogie à trémolite – chlorite – feldspath. Sur l'indice Zone Contact, les dykes

magnésiens comportent des ocelli allongés selon  $S_2$  (figure 3.5 c). Ces ocelli sont composés d'amphibole décussée et de quartz disposés dans une matrice schistosée à chlorite – amphibole – feldspath. D'autres ont subi des changements minéralogiques encore plus importants. À l'intérieur de ceux-ci, la chlorite de la matrice disparaît au profit de la biotite et du carbonate (figure 4.12 b).

#### **4.2.3 Relations avec la déformation**

À l'indice Zone Contact, les stratifications, les dykes et les veines sont tous subparallèles à la schistosité principale à  $240^\circ\text{N}$ . Il est donc difficile d'établir des relations chronologiques entre ces éléments et la déformation. Certains faits peuvent tout de même être soulignés. Tel que défini précédemment dans la section 3.1.5, la ZDC encaisse l'ensemble de la minéralisation de l'indice Zone Contact. La ZDC est reliée au fort boudinage des veines, de l'allongement prononcé des clastes du conglomérat et de la présence de ocelli allongés à l'intérieur des dykes magnésiens.

#### **4.2.4 Relations avec le magmatisme**

En plus du gabbro de type 1 présent dans la portion sud du décapage, plusieurs dykes de gabbronorite magnésienne à caractère primitif sont observés sur l'indice Zone Contact. Sept (7) échantillons de gabbronorite ont été analysés et la majorité de ces dykes est de type 2a. Un seul dyke fait partie du type 3a.

La veine Principale montre une association spatiale avec les dykes de type 2a. Dans la portion est, cette veine est localisée à l'éponte d'un dyke sur une longueur

de plus de 20 m (figure 4.13 a). Dans la portion ouest, la veine Principale, divisée en deux segments parallèles, est encaissée directement à l'intérieur d'un dyke de type 2a (figure 4.13 b).

L'altération en biotite et en carbonate affecte l'ensemble des roches aux pourtours des veines minéralisées de l'indice Zone Contact. Cependant, deux dykes de gabbronorites magnésiennes ne comportent ni biotite, ni carbonate. Ceux-ci ont une minéralogie identique aux dykes magnésiens non altérés et distaux par rapport aux zones minéralisées connues (figures 2.16 b et 3.5 c). Ces dykes possèdent une minéralogie fraîche à l'intérieur de la zone d'altération. Ceci implique deux possibilités : 1) ils recoupent la zone d'altération, 2) ils sont réfractaires à cette altération hydrothermale.

### **4.3 Indice Isabelle**

L'indice Isabelle est situé dans le prolongement vers l'est de l'indice Zone Contact. Il est situé entre la rivière Acotago et la faille du même nom (figure 1.4). Il n'affleure pas à la surface et il a donc été étudié uniquement par sondages. L'indice Isabelle est recoupé par quatre (4) sondages définissant une zone minéralisée de 60 m de longueur. Le sondage OPI-06-34 contient la meilleure intersection reliée à cet indice (31,44 g/t sur 2,6 m) et les échantillons qui ont servi à définir cet indice proviennent de ce sondage (figures 4.10 et 4.14).

La minéralisation est formée de veines de quartz grisâtres encaissées à l'intérieur des roches sédimentaires. Ces veines sont situées à l'intérieur ou tout

près du conglomérat de base. Par rapport à la minéralisation de l'indice Zone Contact, les veines de l'indice Isabelle sont situées plus près du contact avec les basaltes du Membre de Morbide.

#### **4.3.1 Minéralogie des veines**

La veine aurifère de l'indice Isabelle est formée à 88 % de quartz granoblastique avec 5 % de feldspath, 3 % de carbonate, 2 % de sulfures ainsi que des traces d'ilménite (figure 4.15 a et b). De nombreux points d'or visible à l'œil nu sont également présents. Les sulfures présents sont principalement la pyrite et dans une moindre mesure l'arsénopyrite. Le feldspath et le carbonate forment des rubanements distincts (figure 4.15 b). Les rubans de feldspath sont séricitisés à divers niveaux et certains rubans complètement séricitisés ressortent en fines bandes jaunes sur les échantillons macroscopiques.

#### **4.3.2 Relation avec la déformation**

L'indice Isabelle n'affleurant pas à la surface, les observations structurales sont plutôt limitées. Sous le microscope, certains rubanements sont plissés de façon analogue aux rubanements de tourmaline de l'indice Chino. Les plans axiaux de ces plis sont parallèles à la schistosité principale et correspondent à des plis  $P_2$ .

#### **4.3.3 Relation avec le magmatisme**

La minéralisation de l'indice Isabelle se trouve à l'éponte nord d'un dyke magnésien de type 3c. Plusieurs autres dykes à caractère primitif sont d'ailleurs

présents sur la section de l'indice Isabelle (figures 4.10 et 4.14). Sur cette section, un de ces dykes est spatialement relié à l'Horizon B de l'indice Zone Contact.

#### **4.4 Indice Bull**

L'indice Bull est situé à 25 m au sud de la route Muskeg - Eastmain 1A. Il a été découvert par le sondage 06-OPI-37 et recoupé par 10 sondages en tout. Cet indice a seulement été étudié à l'aide des sondages, principalement le 06-OPI-37 et aucune information de surface n'a été recueillie. Les teneurs aurifères de l'indice Bull sont inférieures aux teneurs des autres indices avec des valeurs variant de 1 à 3 g/t Au. Par contre, la largeur de l'horizon minéralisé est beaucoup plus importante en comparaison aux autres indices, atteignant jusqu'à 13 m d'épaisseur (figures 4.10 et 4.16).

La zone minéralisée est orientée à 240°N parallèlement à la schistosité principale  $S_2$ . Elle fait environ 225 m de longueur et elle est bordée par la Faille Acotago à l'ouest. Elle est située à l'intérieur des roches sédimentaires du Membre de Sordide à environ 50 m au nord du contact avec le Membre de Morbide (figure 1.4, 4.10 et 4.16). Plus spécifiquement, la minéralisation est reliée spatialement à des dykes de gabbro de type 2c et 3c. De plus, l'horizon minéralisé est aussi relié au contact sud d'une unité conglomératique. Il s'agit du deuxième lit de conglomérat à partir du contact avec le Membre de Morbide.

Aux trois précédents indices étudiés, les teneurs aurifères sont uniquement associées aux veines de quartz. À l'indice Bull, les veines de quartz aurifères sont

plus minces, elles atteignent rarement 30 cm d'épaisseur. Tout comme à l'indice Chino, les veines aurifères sont entourées d'un stockwerk de veinules fortement plissées et/ou transposées selon la schistosité principale. Cependant, le stockwerk de l'indice Bull contient 2 % de pyrite disséminée et ce stockwerk est associé à des valeurs aurifères de l'ordre de 1 g/t Au.

#### 4.4.1 Minéralogie de la minéralisation

Les veines sont dominées par du quartz granoblastique accompagné de 5 à 25 % de carbonate et de 1 à 30 % de pyrite disséminée. La concentration de pyrite augmente en approchant des veines et des veinules (figure 4.17 a).

La zone d'altération associée aux veines de l'indice Bull est caractérisée par deux assemblages minéralogiques distincts reconnus à l'échelle microscopique. Le premier assemblage comprend des rubans et des ocelli allongés à amphibole – carbonate  $\pm$  quartz. Les minéraux de cet assemblage ne montrent pas d'orientation préférentielle et possèdent une granulométrie de l'ordre de 50 à 500  $\mu\text{m}$  (figure 4.17 b). En s'approchant du cœur de la zone minéralisée, la proportion d'amphibole diminue au profit du carbonate. Les ocelli se retrouvent dans un deuxième assemblage plus fin et très schistosé composée de feldspath – biotite – quartz – pyrite – ilménite  $\pm$  chlorite – amphibole (figure 4.17 c). Dans les zones à plus fortes teneurs, les ocelli formant le premier assemblage ne sont pas observées, laissant place au deuxième assemblage, largement dominé par le quartz. Les microveinules et les veinules de quartz – carbonate – pyrite sont

également plus abondantes dans les zones plus riches en or (figure 4.17 a).

#### 4.4.2 Relation avec la déformation

Cet indice ayant été étudié seulement par sondage, il est difficile de bien caractériser les relations entre la minéralisation et la déformation. Cependant, quelques observations ont été notées. La zone minéralisée est généralement très schistosée. La schistosité est matérialisée par des bandes de biotite (figure 4.17 c) et d'ilménite alignées. Ailleurs sur la propriété, l'alignement de ces minéraux en bandes est généralement associé à la schistosité principale,  $S_2$ . Par contre, les cristaux individuels de biotite sont disposés à angle par rapport à l'attitude générale des bandes à biotite. Il pourrait s'agir de la trace de la schistosité  $S_3$  (figure 4.17 c). Un réalignement des phyllosilicates selon la schistosité  $S_3$  est visible également à d'autres endroits sur la propriété. Des veinules de quartz – carbonate – pyrite fortement plissées ont également été observées en lames minces. Les plans axiaux de ces veinules sont subparallèles au plan de la schistosité principale (figure 4.17 a). Les ocelli allongées retrouvées dans une matrice très fine et schistosée forment une microtexture mylonitique (figure 4.17 b). Cette microtexture mylonitique est également retrouvée à l'indice Zone Contact. Le site de l'indice Bull pourrait ainsi être dans le prolongement de la Zone de déformation Contact.

#### 4.4.3 Relation avec le magmatisme

Plusieurs dykes mafiques sont présents à l'intérieur et aux abords de la zone



minéralisée de l'indice Bull. Un gabbro de type 2c longe le flanc nord du conglomérat bordant la zone minéralisée (figures 4.10 et 4.16). De plus, la minéralisation est partiellement encaissée dans des gabbros de type 2c et 3c et une gabbronorite magnésienne de type 2a est localisée en plein cœur de la zone. Tous les dykes de type 2a, 2c et 3c présents à l'intérieur de la zone minéralisée ont été affectés par l'altération en biotite – carbonate directement associée aux valeurs aurifères.

#### **4.5 Synthèse**

Les minéralisations aurifères des indices Chino, Zone Contact et Isabelle sont principalement encaissées dans des veines de quartz contenant de nombreux rubanements de diverses compositions. Les principaux rubanements sont composés notamment de feldspath, de tourmaline et de carbonate – amphibole. L'indice Bull comprend également des veines aurifères, mais celles-ci sont plus minces et moins riches en or. Les indices Chino et Bull sont l'hôte de stockwerks précoces fortement déformés par la déformation  $D_2$ . Les indices ont d'ailleurs tous subi la déformation ductile. Une association spatiale avec du magmatisme mafique des types 2 et 3 est également notée pour chacun des indices.

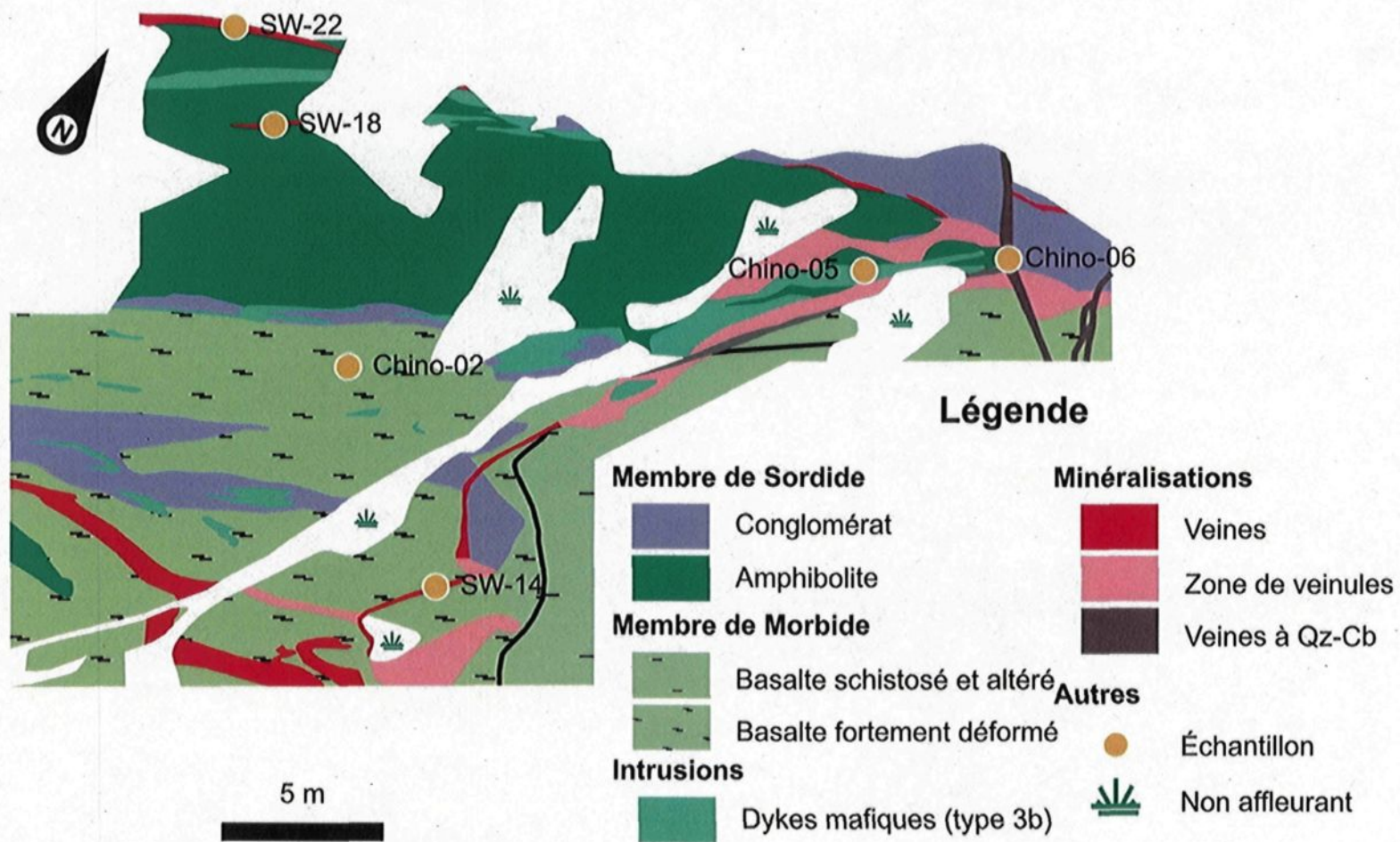
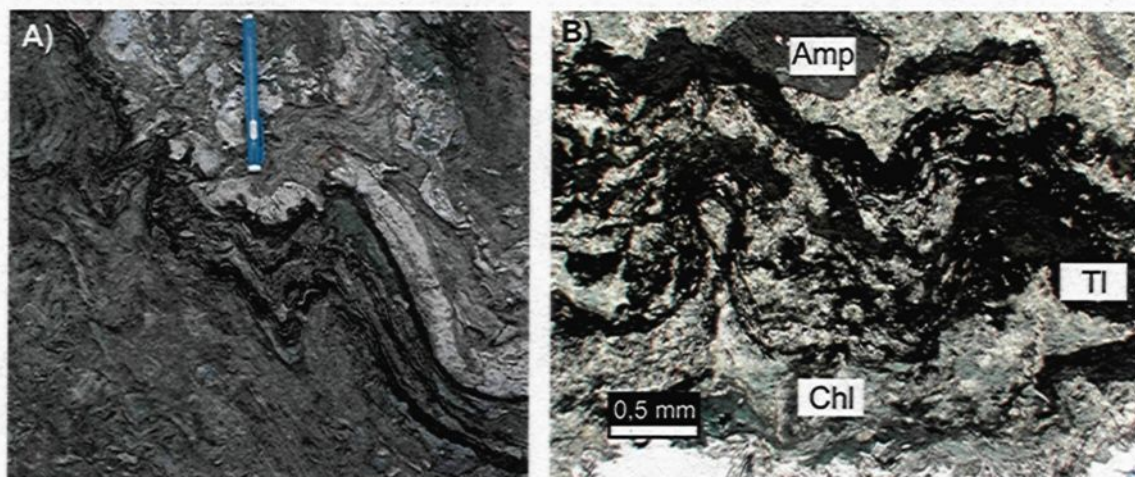
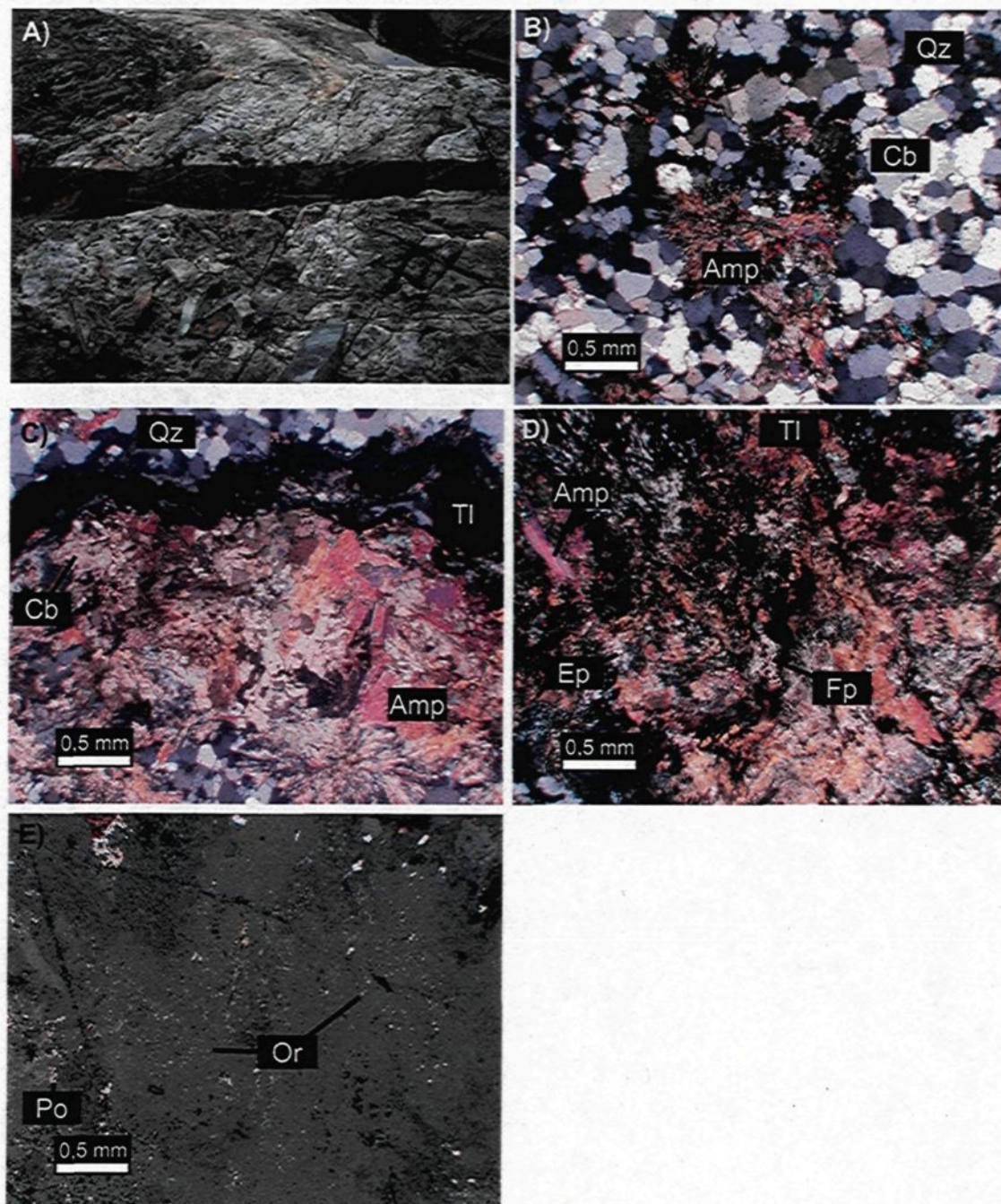


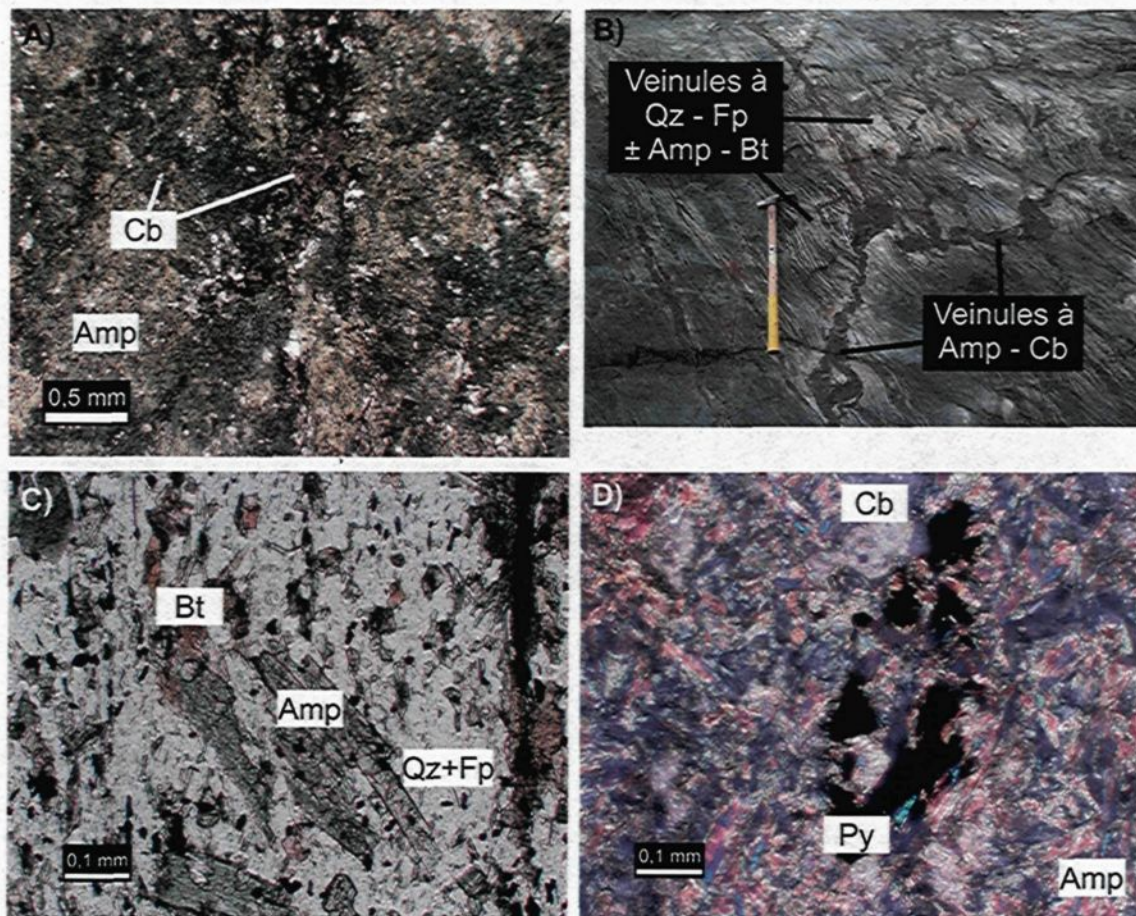
Figure 4.1. Zone cartographiée en détail dans la portion nord de l'indice Chino.



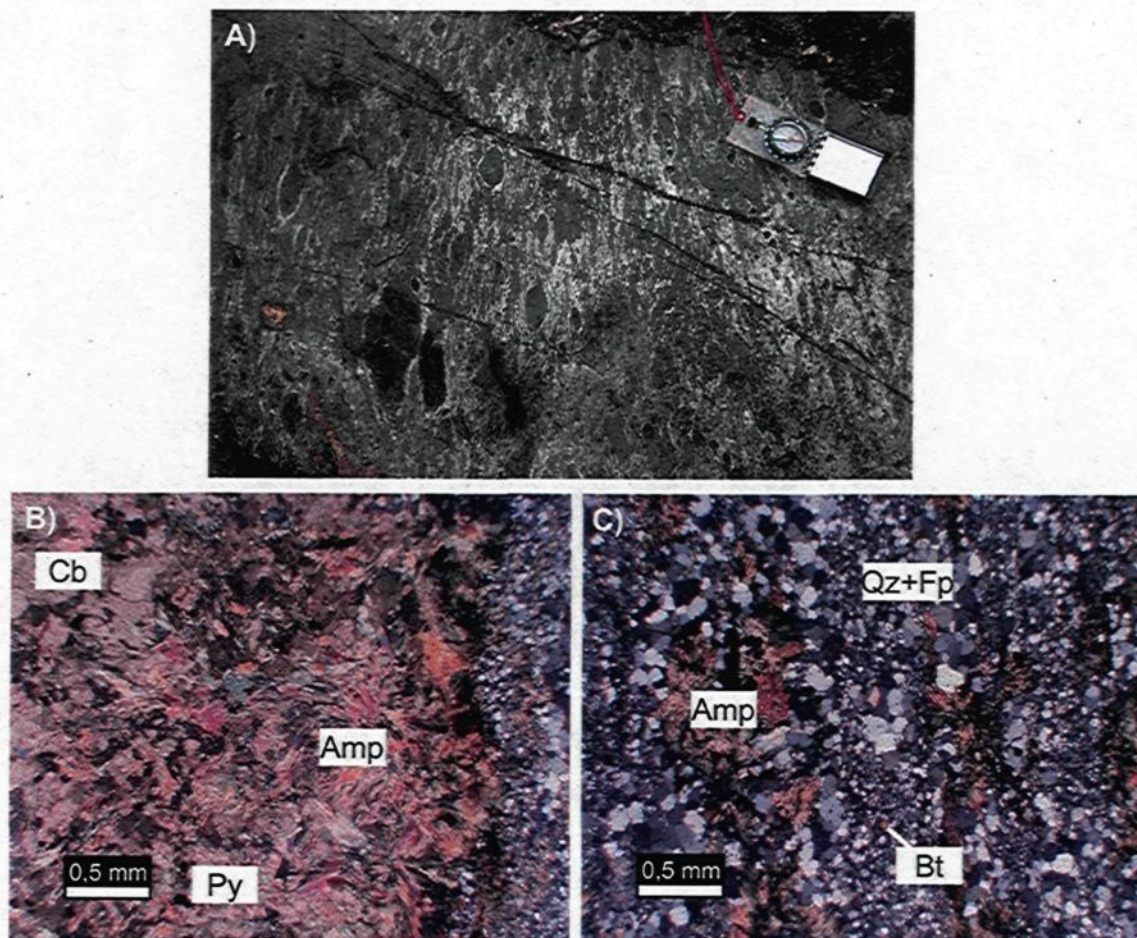
**Figure 4.2.** Veinules de tourmaline aux extrémités de la veines Chino. A) En affleurement. B) En lame mince en lumière naturelle.



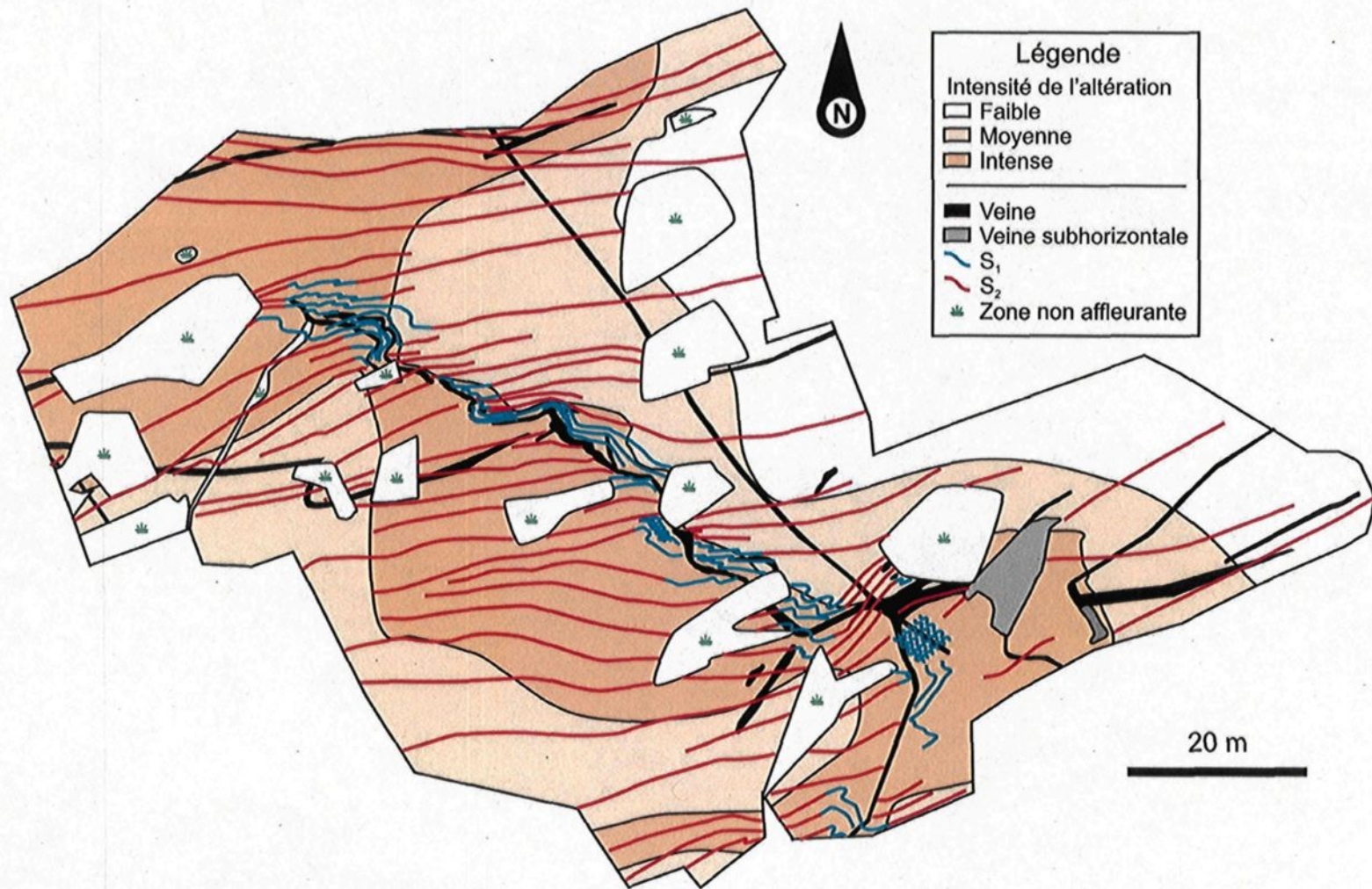
**Figure 4.3.** Photographie et microphotographies de la veine Chino. A) Rainure traversant la veine. B) Quartz granoblastique formant la majorité de la veine en lumière polarisée. C) Bandes à amphibole – carbonate et à tourmaline – ilménite en lumière polarisée. Bande à tourmaline – feldspath – épidote – or – pyrrhotite en lumière polarisée (D) et en lumière réfléchie (E).



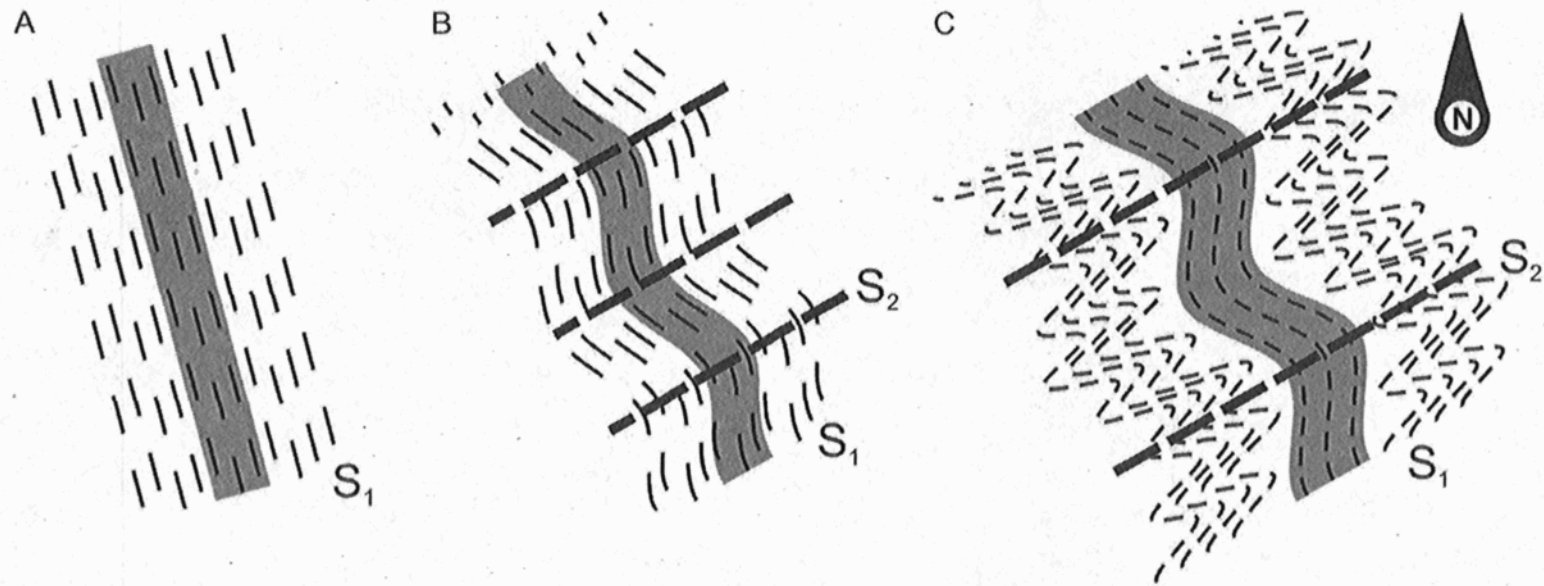
**Figure 4.4.** Photographie et microphotographies de l'altération hydrothermale à l'indice Chino. A) Partie interne d'un coussin altéré avec du carbonate en plage et en inclusions à l'intérieur d'amphibole en lumière naturelle. B) Les deux systèmes de veinules constituant le stockwerk. C) Veinules à quartz – feldspath ± amphibole – biotite en lumière naturelle. D) Veinules à amphibole – carbonate en lumière polarisée.



**Figure 4.5.** Photos des brèches hydrothermales de l'indice Chino. A) Vue en affleurement. B) lame mince d'un fragment en lumière polarisée. C) lame mince de la matrice en lumière polarisée.

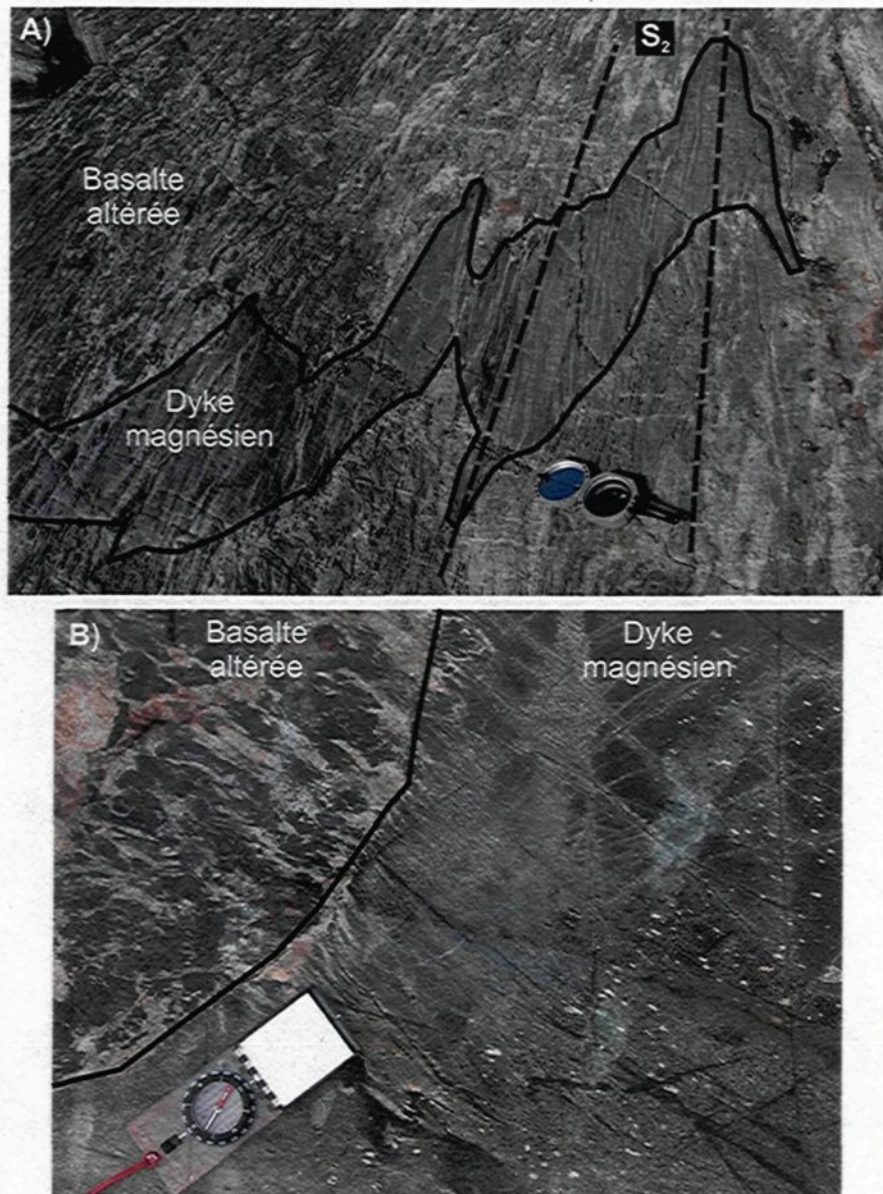


**Figure 4.6.** Trace de la schistosité à l'indice Chino. En rouge la schistosité S<sub>2</sub>, en bleu la schistosité S<sub>1</sub>, les lignes plus serrées représentent les zones où la schistosité est mieux développée.

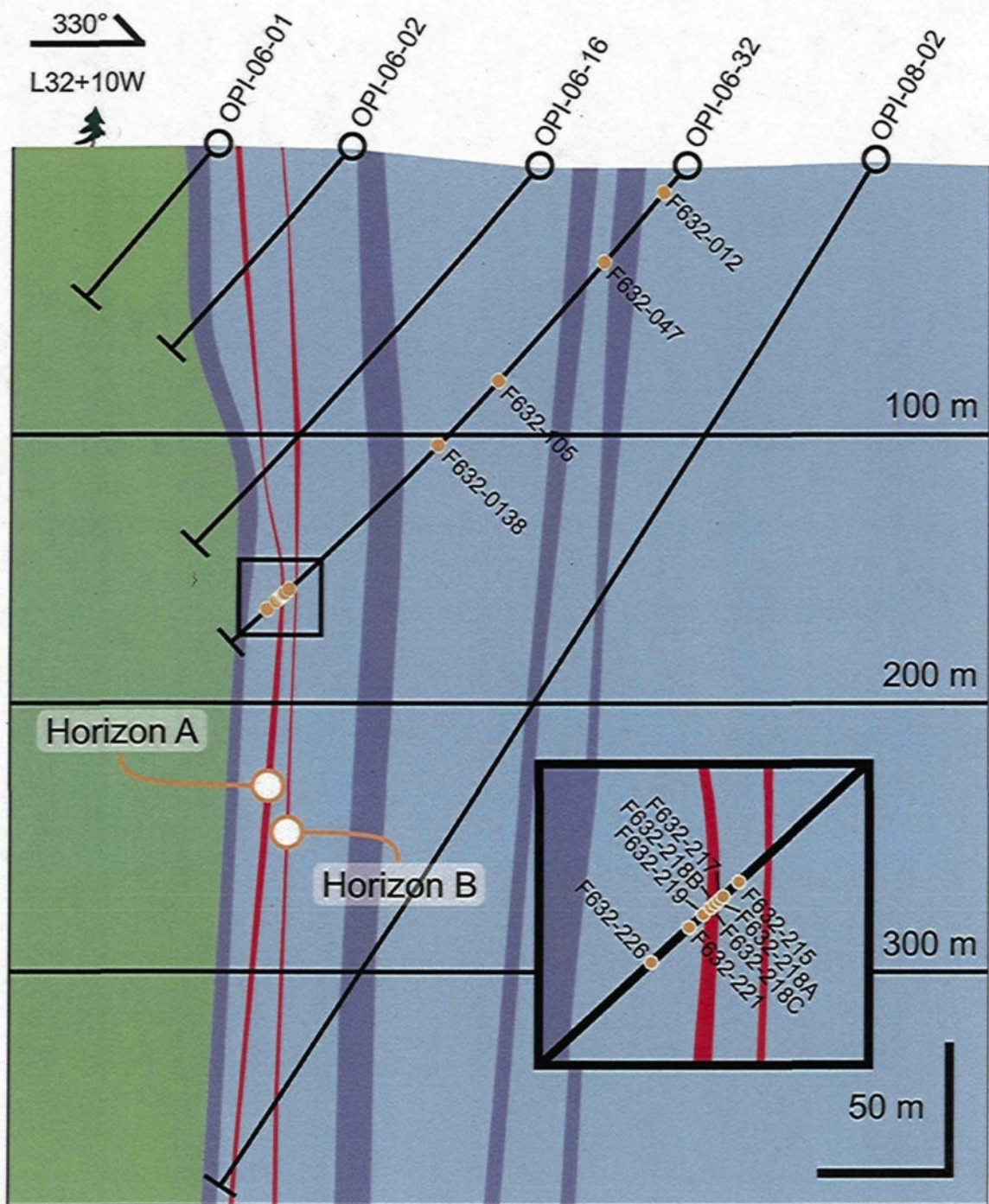


**Figure 4.7.** Schémas représentant la déformation de la veine Chino (en gris) et de la schistosité  $S_1$ . A) La veine et la schistosité  $S_1$  avant la venue de la déformation  $D_2$ . B) Amorces de la déformation  $D_2$  et plissement de la veine ainsi que de la schistosité  $S_1$ . C) Intensification du plissement  $P_2$  dans l'encaissant altéré de la veine.














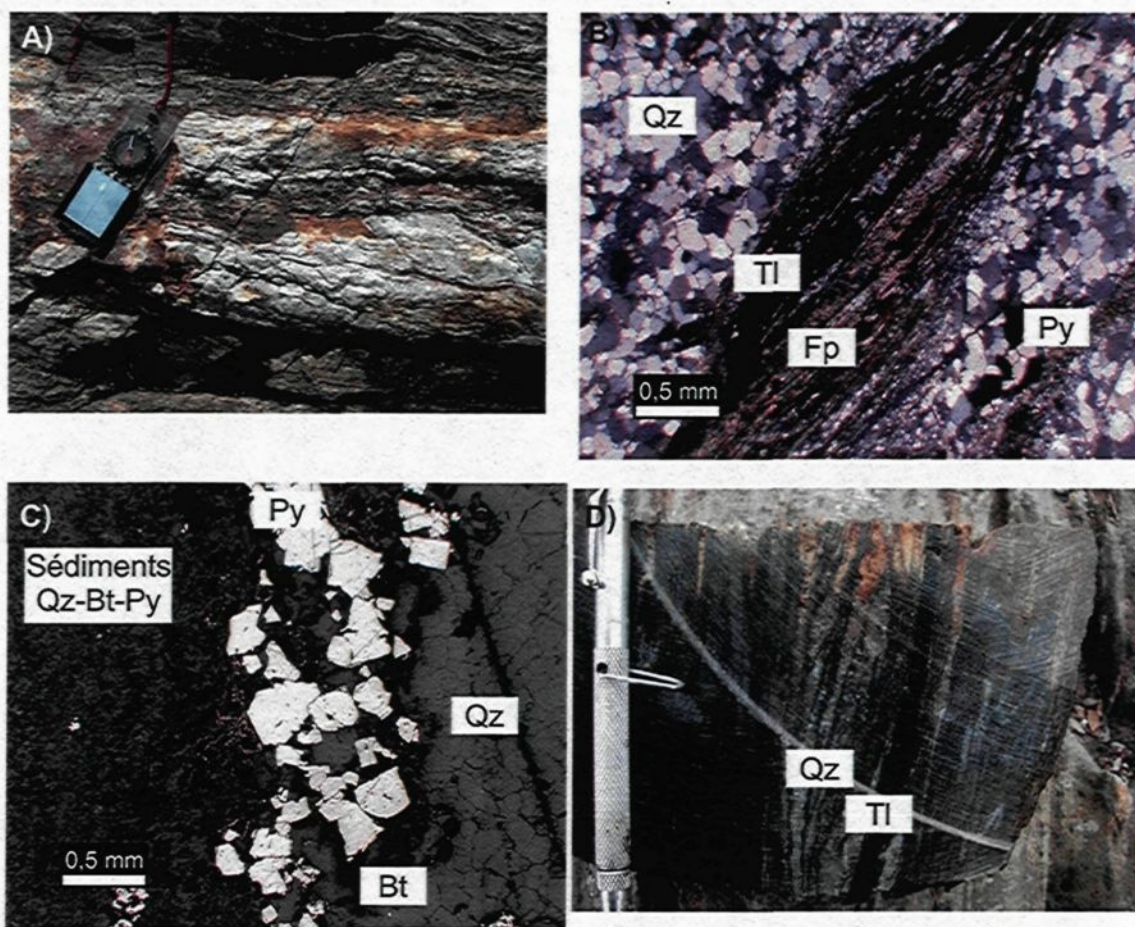
**Figure 4.8.** Dykes de type 3b à l'indice Chino. A) Dyke plissé et démembré ayant  $S_2$  comme plan axial. B) Dyke ayant subi l'altération hydrothermale. L'altération en carbonate blanchâtre pénètre au sein de dyke.



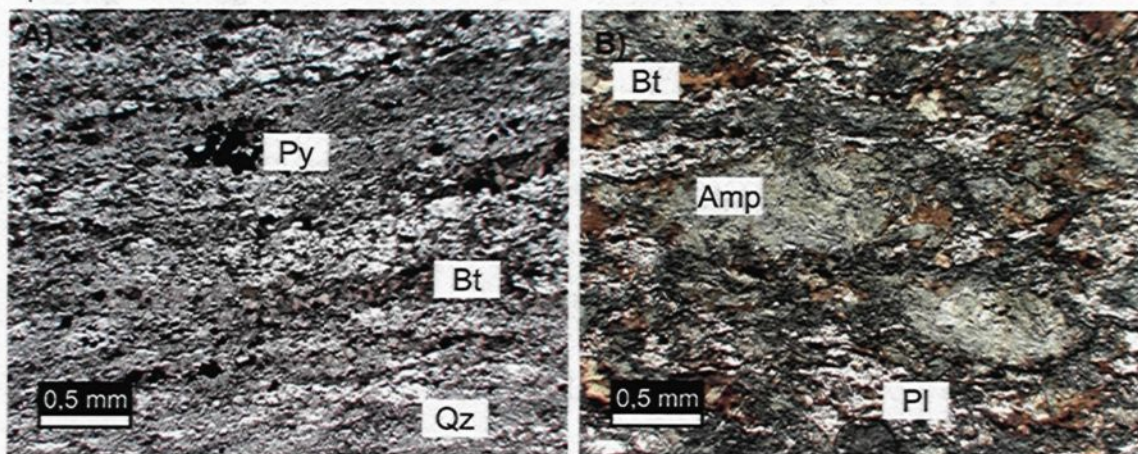
**Figure 4.9.** Section de l'indice Zone Contact au niveau de la ligne L 32+10W. Le carré est un agrandi de la portion minéralisée du forage OPI-06-32. La légende est présentée à la figure 4.10.

 Mort terrain	 Basalte de type <i>MORB</i>	 Zone minéralisée
 Grès	 Gabbro / basalte	 Zone de faille
 Conglomérat	 Gabbro norite magnésienne	 Échantillon

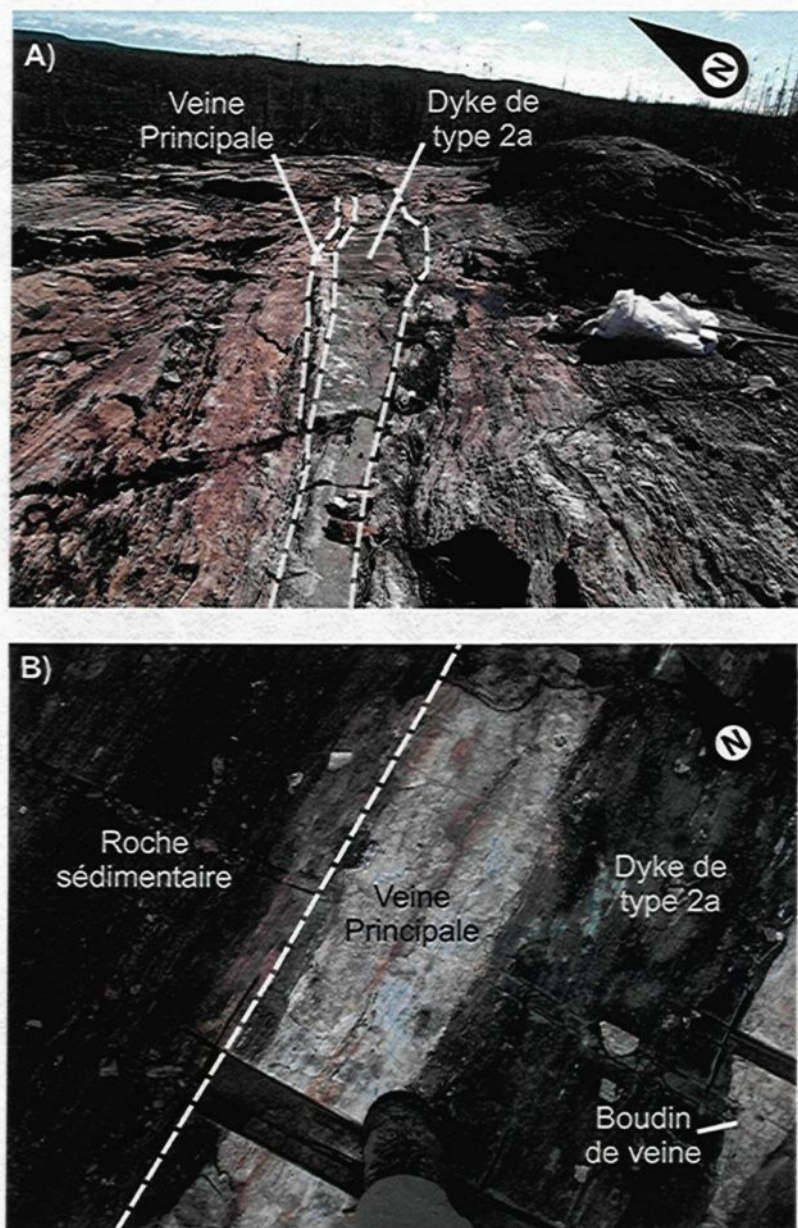
**Figure 4.10.** Légende pour les sections des indices Zone Contact (figure 4.9) et Isabelle (figure 4.14) et pour la vue en plan de l'indice Bull (figure 4.16).



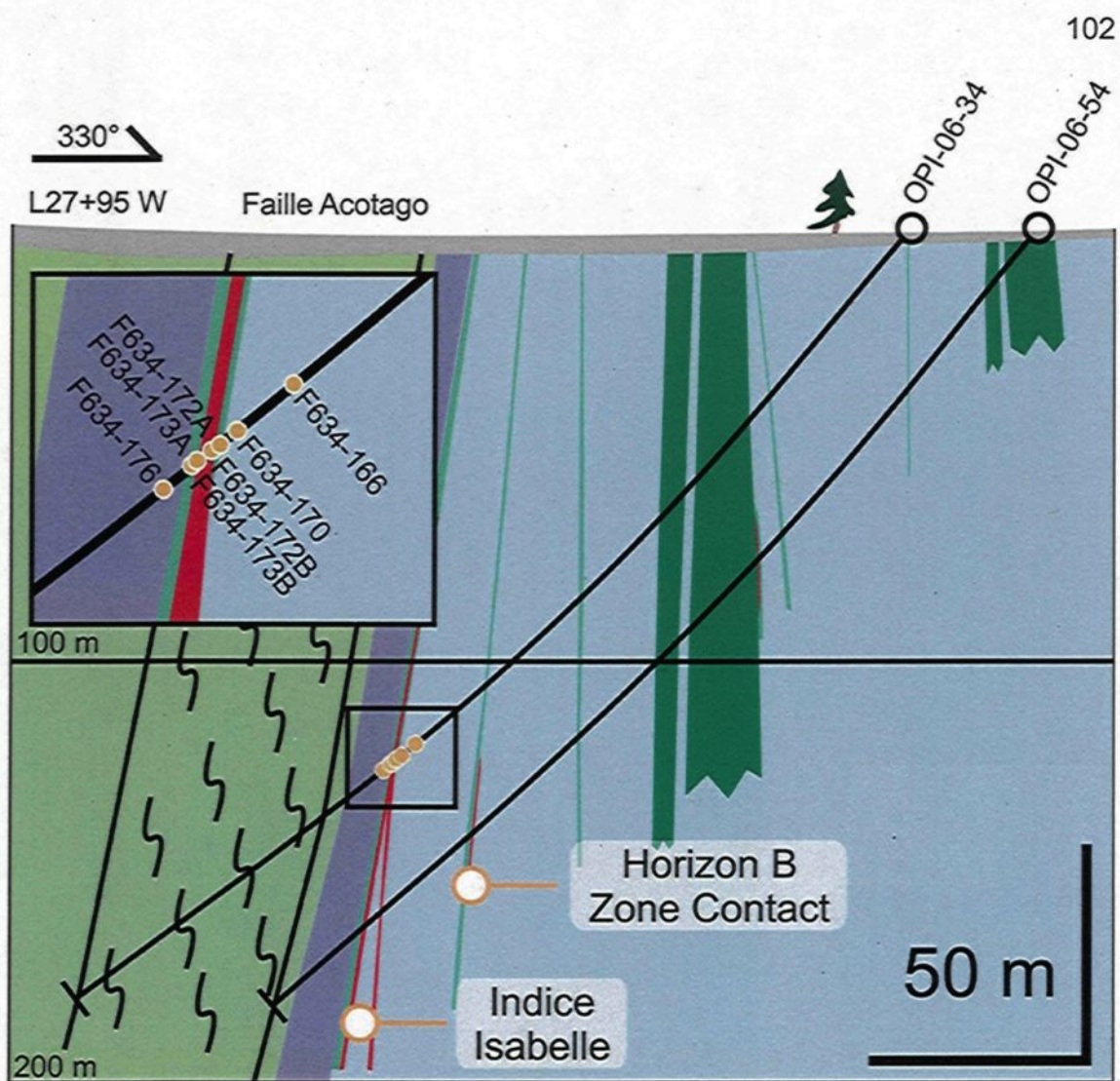
**Figure 4.11.** Photos des veines de l'indice Zone Contact. A) La veine Principale en affleurement. B) Ruban à tourmaline – feldspath séricitisé à l'intérieur de quartz granoblastique en lumière polarisée. C) Ruban riche en pyrite à l'éponte d'une veine en lumière réfléchi. D) Extrémité est de la veine Principale composée de rubans de quartz et d'une veinule de tourmaline.



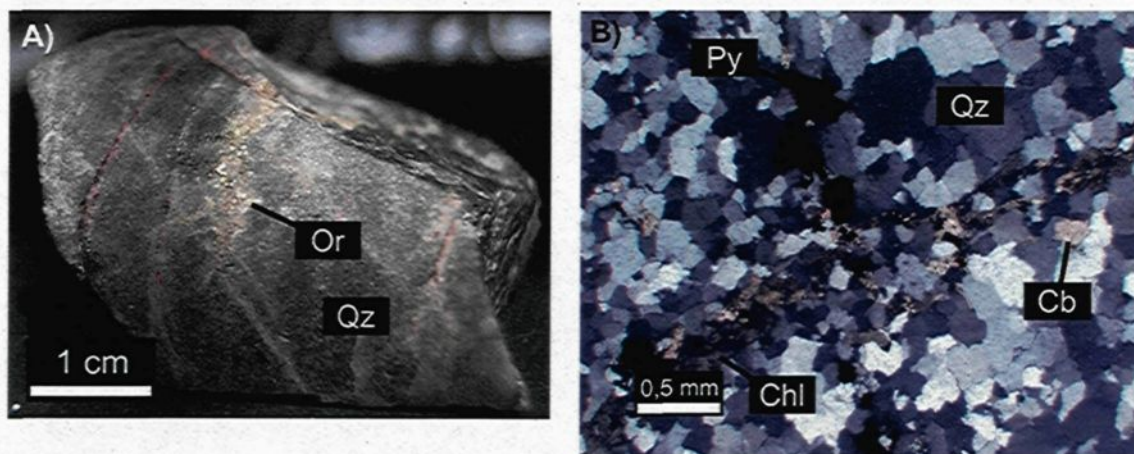
**Figure 4.12.** Microphotographies en lumière naturelle de la minéralogie d'altération à l'indice Zone Contact. A) Roche sédimentaire altérée en biotite. B) Dyke de type 2a à ocelli à amphibole altéré en biotite.



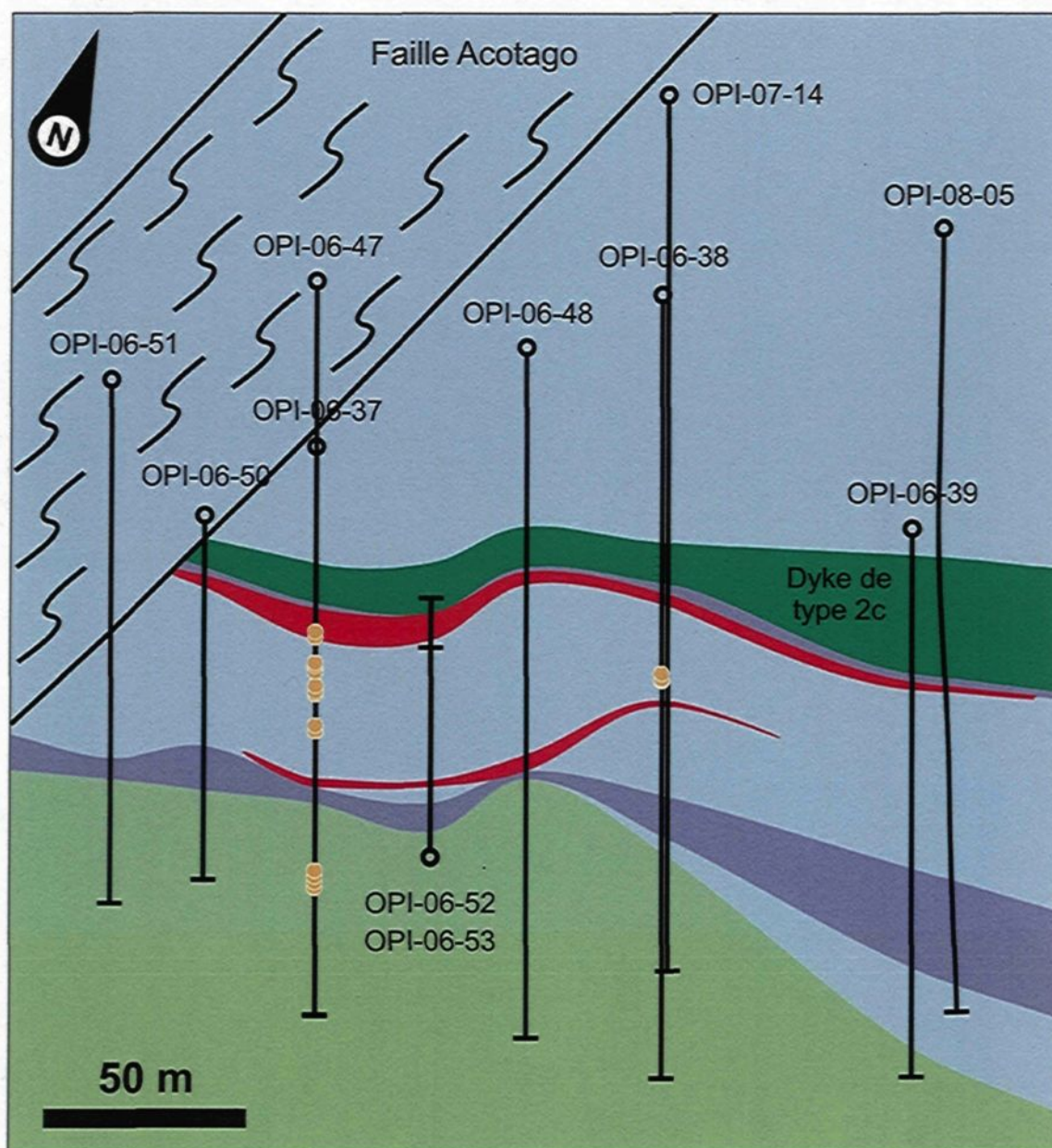
**Figure 4.13.** Photos montrant les relations spatiales entre la minéralisation et les dykes de type 2a à l'indice Zone Contact. A) La veine longe un dyke dans la partie Est de la zone cartographiée. B) La veine principale est encaissée à l'intérieur d'un dyke dans la partie Ouest de la zone cartographiée. Un segment de veine boudinée est également présent dans le dyke. L'orientation du Nord est approximative.



**Figure 4.14.** Section de l'indice Isabelle au niveau de la ligne L 27+95W. Le carré est un agrandi de la portion minéralisée du forage OPI-06-34. La légende est présentée à la figure 4.10.

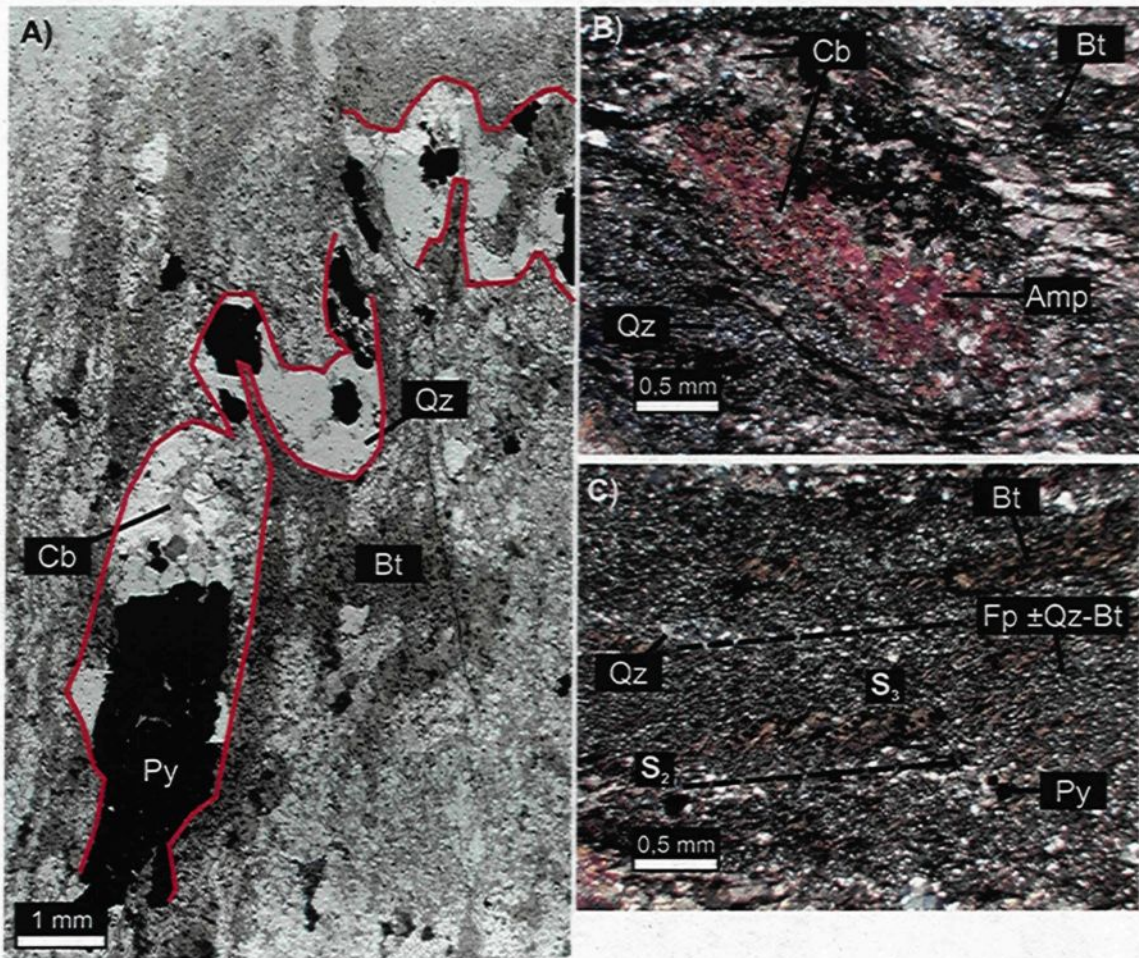


**Figure 4.15.** Photographie et microphotographie de la veine de l'indice Isabelle. A) Échantillon macroscopique de la veine avec de l'or visible. B) Quartz granoblastique avec une bande de chlorite et de carbonate et de la pyrite disséminée en lumière polarisée.



**Figure 4.16.** Vue en plan de l'indice Bull. La projection en surface de la position des échantillons F637-065 à F637-155 provenant du sondage OPI-06-37 et des échantillons F638-133 à F638-135B provenant du sondage OPI-06-38 sont indiquées par les cercles jaunes.





**Figure 4.17.** Microphotographies de l'indice Bull. A) Veinule plissotée de quartz – carbonate – pyrite dans une matrice altérée en biotite en lumière naturelle. B) Assemblage d'altération à amphibole – carbonate en lumière polarisée. C) Assemblage d'altération à feldspath – quartz – biotite – pyrite en lumière polarisée dont les bandes riches en biotite sont alignées selon  $S_2$  et les cristaux de biotite à l'intérieur de ces bandes sont alignés selon  $S_3$ .

## CHAPITRE 5

### ALTÉRATION DES ROCHES ENCAISSANTES

Les lithologies qui encaissent la minéralisation sont altérées à différents degrés. Tel que mentionné dans le chapitre précédent, les roches sédimentaires aux indices Zone Contact et Bull sont altérées en biotite et en carbonate. Les dykes magnésiens observés à ces indices sont biotitisés. Les basaltes encaissant la veine Chino ont été affectés par un stockwerk et ont subi une altération en carbonate.

Il est possible de décrire qualitativement et quantitativement les changements de masse induits par ces altérations à l'aide de diverses méthodes lithogéochimiques. Deux méthodes ont été utilisées dans la présente étude. Il s'agit de la méthode des isocones de Grant (1986) et de celle de MacLean et Barrett (1993). À l'aide de ces méthodes, il est possible de déterminer la mobilité des éléments chimiques durant les processus d'altération. Elles permettent également de vérifier si l'altération est similaire pour l'ensemble des indices étudiés

ou si ces indices ont été affectés par des altérations différentes.

L'altération associée aux indices Chino et Zone Contact a été spécifiquement étudiée. Pour l'indice Chino, six (6) échantillons des basaltes ont été prélevés selon une coupe perpendiculaire à la minéralisation (Plan 1 en pochette). Cette coupe comprend un échantillon, considéré comme frais, situé à plus de 60 m à l'ouest de la zone minéralisée. Les cinq (5) autres sont situés de part et d'autre de la veine Chino. Les profils des ÉTR des basaltes étant tous similaires entre eux (figure 2.4), il est permis de supposer que les basaltes qui encaissent la minéralisation avaient une géochimie relativement homogène avant l'altération. De ce fait, les variations géochimiques entre les basaltes altérés et l'échantillon frais peuvent être considérées comme étant le résultat de l'altération hydrothermale. Ces basaltes constituent donc un bon candidat pour caractériser les processus liés à l'altération.

L'indice Zone Contact est encaissé à l'intérieur de roches sédimentaires ayant une composition originelle beaucoup plus hétérogène que les basaltes. Un calcul de changements de masse sur cette unité refléterait davantage les variations de la composition primaire plutôt que les modifications liées à l'altération. Toutefois, l'indice Zone Contact renferme de nombreux dykes de type 2a. Ces dykes ont une géochimie homogène au point de vue des éléments traces (figure 2.22) et pour la plupart des éléments majeurs (figure 2.17). Huit (8) de ces dykes ont été échantillonnés sur le terrain d'étude dont cinq (5) échantillons proviennent de l'indice Zone Contact, deux (2) de l'indice Bull et un autre (CS-19) est situé à 15 m

au nord de l'indice Zone Contact (figure 2.5). Ce dernier échantillon est le seul situé en dehors des zones minéralisées et il est considéré comme frais.

## 5.1 Méthodologie

La plupart des méthodes d'évaluation des changements de masse se basent sur un ou plusieurs éléments jugés immobiles pendant les processus d'altération. Ces éléments immobiles servent de référentiel pour comparer chacun des échantillons altérés avec un échantillon frais de la même lithologie. Les concentrations des différents éléments immobiles dans les échantillons altérés et dans l'échantillon frais ne sont généralement pas constantes. Par contre, les ratios d'éléments immobiles des échantillons d'une même lithologie qu'ils soient altérés ou non, sont relativement constants. Par exemple, si les éléments Al, Ti et Zr sont jugés immobiles pour une lithologie, les ratios Al/Ti, Al/Zr et Ti/Zr vont être constants pour l'ensemble des échantillons de cette lithologie. Ainsi, si un des échantillons a subi une perte de masse de 50 %, les éléments immobiles seront condensés et leur concentration s'en trouvera augmentée, tandis que leurs ratios demeureront constants (figure 5.1). D'ailleurs, ces trois éléments sont couramment considérés comme des éléments immobiles dans les études de changement de masse (MacLean et Barrett, 1993).

Pour les roches à l'étude, les éléments Al, Ti et Zr ont été comparés entre eux pour les basaltes de l'indice Chino et les dykes de type 2a des indices Zone Contact et Bull afin de vérifier leur caractère immobile (figure 5.2). Sur les

diagrammes binaires de la figure 5.2, seul le ratio  $Zr/TiO_2$  pour les dykes de type 2a forme une droite passant près de l'origine. Pour les autres ratios, soit la droite ne passe pas par l'origine, soit le ratio entre les deux éléments n'est pas constant. Les éléments Al, Ti et Zr sont donc jugés mobiles durant les processus d'altération qui ont affecté les roches à l'étude.

La figure 5.3 montre que les six ÉTR les plus lourdes, Dy, Ho, Er, Tm, Yb et Lu ont tous des ratios constants pour les échantillons de basaltes de l'indice Chino et les dykes de types 2a. Ces six éléments ont été considérés comme immobiles et ont été utilisés pour l'ensemble des calculs de changements de masse.

La méthode des isocones de Grant (1986) est une façon de représenter les changements de masse causés par l'altération de manière qualitative. Elle consiste à mettre en relation dans un diagramme binaire la concentration de chacun des éléments chimiques d'un échantillon frais avec les différentes concentrations d'un échantillon altéré de la même lithologie. Les teneurs des éléments varient énormément d'un élément à l'autre, passant de moins d'un ppm pour certains éléments traces à plus de 50 % pour la silice. Afin de visualiser l'ensemble des éléments chimiques dans un même diagramme, les concentrations des oxydes majeurs ont été transformées en ppm et une représentation de type log-log a été utilisée. Sur un tel diagramme, les éléments immobiles définissent une droite passant par l'origine, appelée isocone. Cette droite permet, entre autres, de vérifier si les éléments définis comme étant immobiles le sont vraiment. La pente de la droite,  $m$ , quantifie le gain ou la perte de masse totale de l'échantillon

altéré. Plus l'échantillon altéré a subi un gain de masse, plus ces éléments immobiles ont été dilués et plus la pente sera faible. En résumé, une pente de 1 signifie que l'échantillon altéré n'a subi aucun changement de masse, une pente supérieure à 1 signifie une perte de masse et inférieure à 1, un gain de masse.

La méthode de MacLean et Barrett (1993) est une méthode de calcul qui permet de quantifier les pertes et les gains de masse pour chacun des éléments. Les calculs se basent sur un ou plusieurs éléments immobiles. Le ratio des éléments immobiles (É.I.) entre l'échantillon altéré et l'échantillon de référence permet de reconstruire la composition de l'échantillon altéré en supprimant l'effet de fermeture des analyses à 100 %. Du même coup, il enlève l'effet de la dilution des éléments immobiles lors d'un gain de masse, discuté plus haut. Le calcul de la composition reconstruite (C.R.) est effectué pour chacun des éléments mobiles (É.M.) selon l'équation suivante :

$$C.R. = (\text{É.I.}_{\text{Frais}} / \text{É.I.}_{\text{Altéré}}) \times \text{É.M.}_{\text{Altéré}} \quad (5.1)$$

Ce calcul permet de comparer directement la composition reconstruite de l'échantillon altéré avec la composition de l'échantillon frais (C.F) selon les deux équations suivantes pour chacun des éléments mobiles :

$$\text{Changement de masse absolu} = C.R. - C.F. \quad (5.2)$$

$$\text{Changement de masse relatif} = C.R. / C.F. \quad (5.3)$$

Le changement de masse absolu donne le gain ou la perte en pourcentage d'oxyde ou en partie par million (ppm), dépendant de l'unité utilisée dans les calculs. Les résultats positifs indiquent des gains de masse et ceux négatifs, des

pertes de masse. Cette méthode fait ressortir les éléments dont le changement de masse est important par rapport à l'ensemble de l'échantillon. Le changement de masse relatif tient compte de l'abondance de l'élément en cause dans l'échantillon de référence. Il fait ressortir les éléments qui ont le plus varié par rapport à leur concentration initiale. Par exemple, si une roche à 50 % SiO<sub>2</sub> et 2 % K<sub>2</sub>O subit une perte de 1 % SiO<sub>2</sub> et un gain de 0,5 % K<sub>2</sub>O de façon absolue, les changements relatifs seront de 0,98 pour le SiO<sub>2</sub> et de 1,25 pour le K<sub>2</sub>O. Les pertes et les gains relatifs peuvent aussi s'exprimer en pourcentage relatif. Dans l'exemple précédent, le gain relatif en SiO<sub>2</sub> est de 2 %, tandis que la perte relative en K<sub>2</sub>O est de 25 %. Afin de mieux représenter les changements de masse de l'ensemble des éléments, seuls les changements de masse relatifs sont présentés dans cette étude.

Tel que mentionné plus haut, ce sont les six ÉTR les plus lourdes, Dy, Ho, Er, Tm, Yb et Lu qui ont été utilisés pour les calculs d'altération. L'immobilité de ces éléments a été validée par les diagrammes de la figure 5.3 ainsi que par les diagrammes de Grant où ceux-ci s'alignent sur une droite passant par l'origine (figures 5.4 et 5.5). Pour les calculs de changement de masse relatif, l'expression  $\frac{É.I. \text{ Frais}}{É.I. \text{ Altéré}}$  a été remplacée par la pente,  $m$ , des isocones des diagrammes de Grant pour donner l'équation suivante :

$$C.R. = m \times \dot{E}.M. \text{ Altéré} \quad (5.4)$$

La composition reconstruite des éléments mobiles de chacun des échantillons altérés a ensuite été insérée dans l'équation 5.3 afin de calculer les changements

de masse relatifs pour tous les éléments.

## **5.2 Les basaltes de l'indice Chino**

À l'indice Chino, les basaltes ont subi des pertes de masse relatives variant de 1 %, pour l'échantillon situé le plus loin de la veine (Chino-14) à 48 % de la masse de l'échantillon, pour celui le plus près (Chino-17). Mis à part l'échantillon Chino-23, l'ensemble des échantillons a subi un gain important en K, s'étalant de 29 % à 1 223 % de façon relative (figure 5.6). Ces échantillons ont aussi subi des gains en Cs et Rb (figure 5.4), des éléments traces chimiquement associés au K. L'ensemble des échantillons a également subi une perte importante en Na, de l'ordre de 34 % à 82 %, ainsi qu'une perte en Sr (figure 5.4) qui lui est chimiquement associé. Les plus fortes pertes en Na sont associées aux échantillons tout juste à l'ouest de la veine Chino (figure 5.6). Ces échantillons ont également été affectés par des pertes dans l'ensemble de leurs éléments majeurs, sauf en K. En résumé, l'indice Chino est caractérisé par une altération potassique exprimée par un enrichissement en K et un lessivage en Na et dans une moindre mesure, pour l'ensemble des constituants majeurs de la roche pour les secteurs les plus altérés.

## **5.3 Les dykes de type 2a de l'indice Zone Contact**

L'étude des changements de masse des dykes de type 2a a permis de définir l'altération aux indices Zone Contact et Bull (figure 5.7). L'échantillon CS-19 a été



utilisé comme échantillon de référence pour les calculs de changements de masse. Il en ressort une forte altération en K, avec des gains de masse relatifs jusqu'à 275 % sur l'indice Zone Contact (CS-26) et 573 % à l'indice Bull (F637-079). Un lessivage du Na est également observé et caractérisé par des pertes de masse relatives jusqu'à 63 % à l'indice Zone Contact (ZC-35) et de 75 % pour l'indice Bull (F637-079) (figure 5.7).

La section 4.2.4 fait mention de deux dykes de gabbronorites magnésiennes avec une minéralogie fraîche à trémolite – chlorite – feldspath et dépourvue de minéraux d'altération tels que la biotite et le carbonate. La géochimie de ces dykes a été investiguée grâce aux échantillons ZC-33 et CS-29.

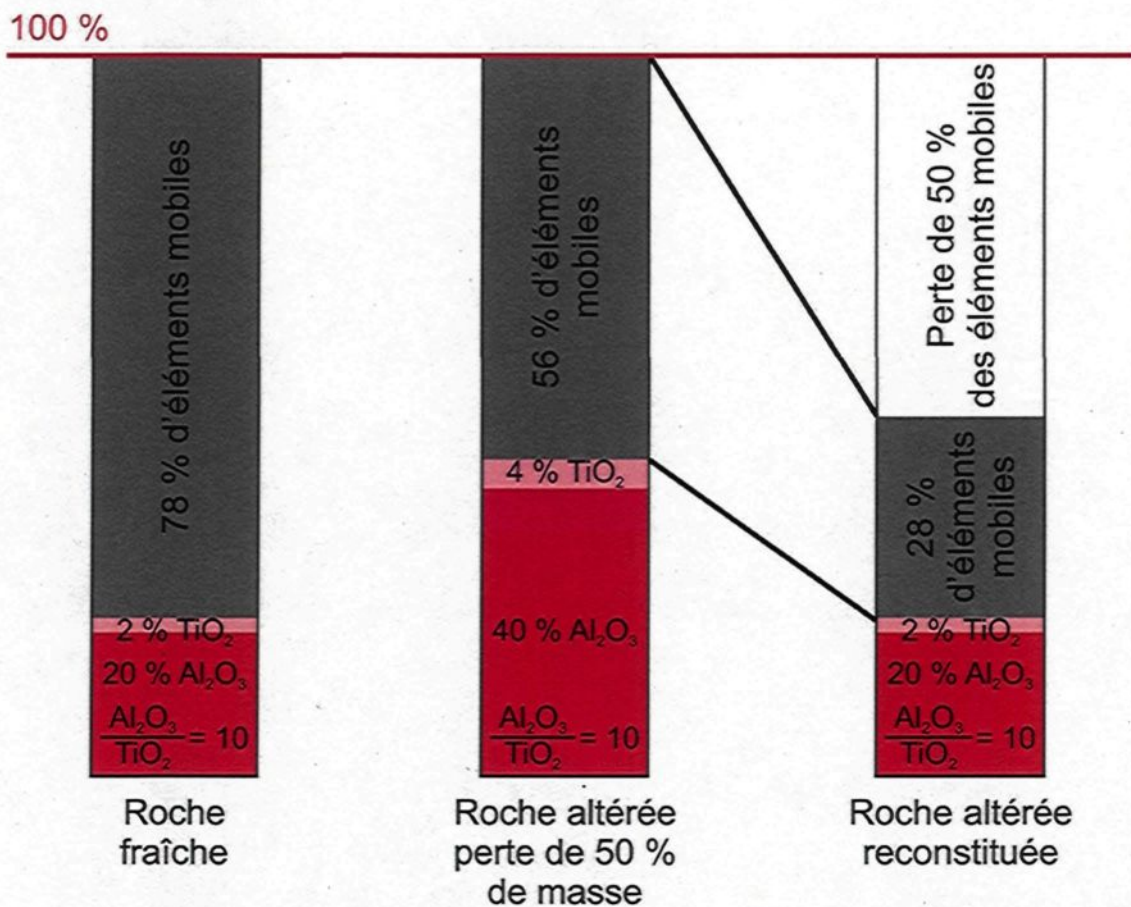
L'échantillon ZC-33 situé sur l'indice Zone Contact a subi des variations de masse très mineure en  $K_2O$  (16 %) et en  $Na_2O$  (1 %) (figure 5.7). Ces changements sont inférieurs à la variation due à la précision analytique. Cet échantillon a d'ailleurs une minéralogie à trémolite – chlorite – plagioclase caractéristique des dykes magnésiens non altérés.

L'échantillon CS-29 est situé à 5 m au sud de la veine Principale de l'indice Zone Contact. Les changements de masse absolus les plus significatifs pour cet échantillon sont un gain relatif en Ca de 31 % et des pertes en  $Na_2O$  et en  $K_2O$  de 43 % et 33 %, respectivement (figure 5.7). Ces changements sont atypiques de l'altération observée à l'indice Zone Contact pour les autres échantillons. Ces changements de masse pourraient être le résultat de variations dans la composition primaire entre ce dyke et le dyke de référence (échantillon CS-19).

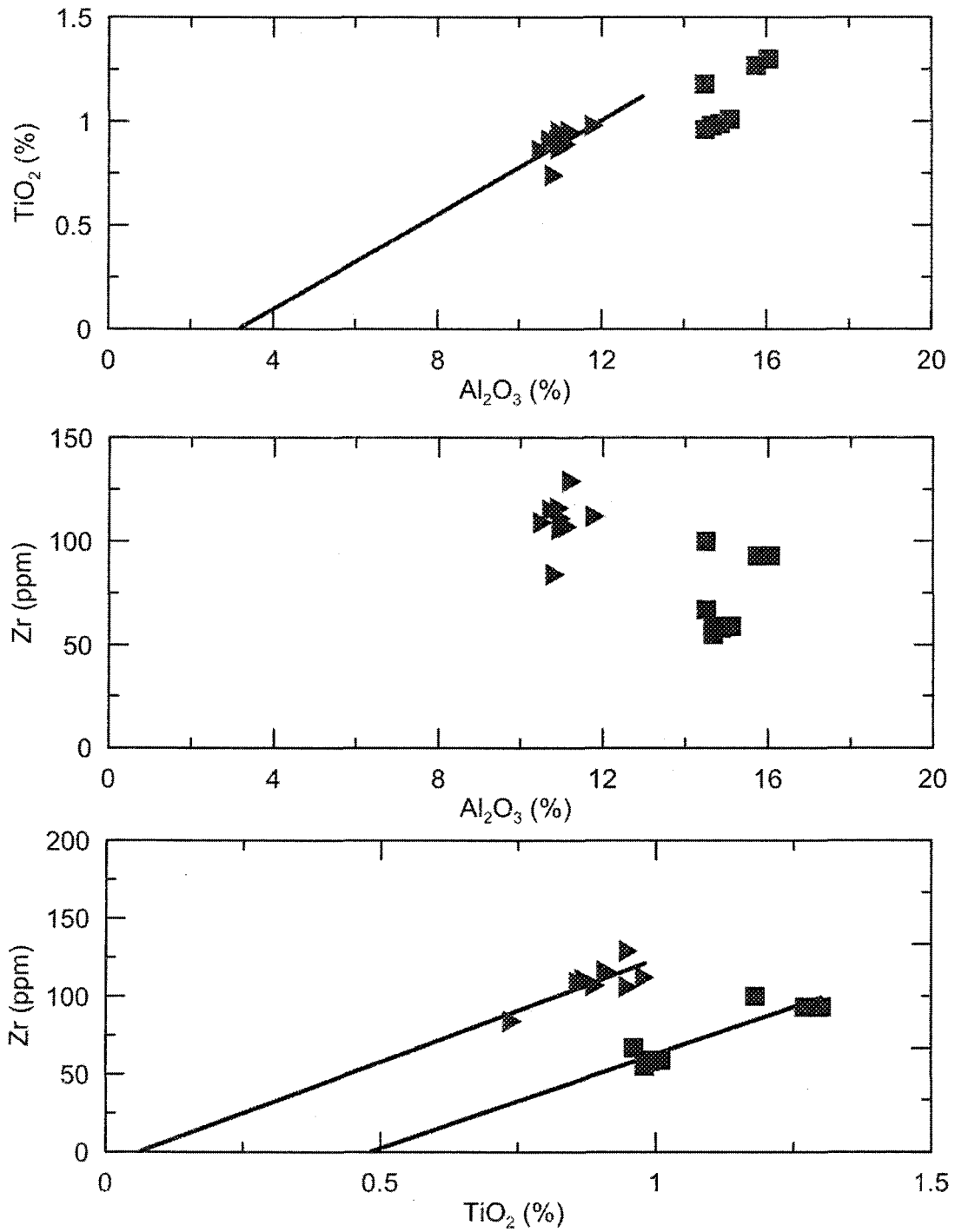
D'ailleurs, l'échantillon CS-19 a la plus faible teneur en CaO de l'ensemble des dykes de type 2a et les calculs font ressortir des gains de masse en Ca pour l'ensemble des échantillons étudiés.

#### **5.4 Synthèse**

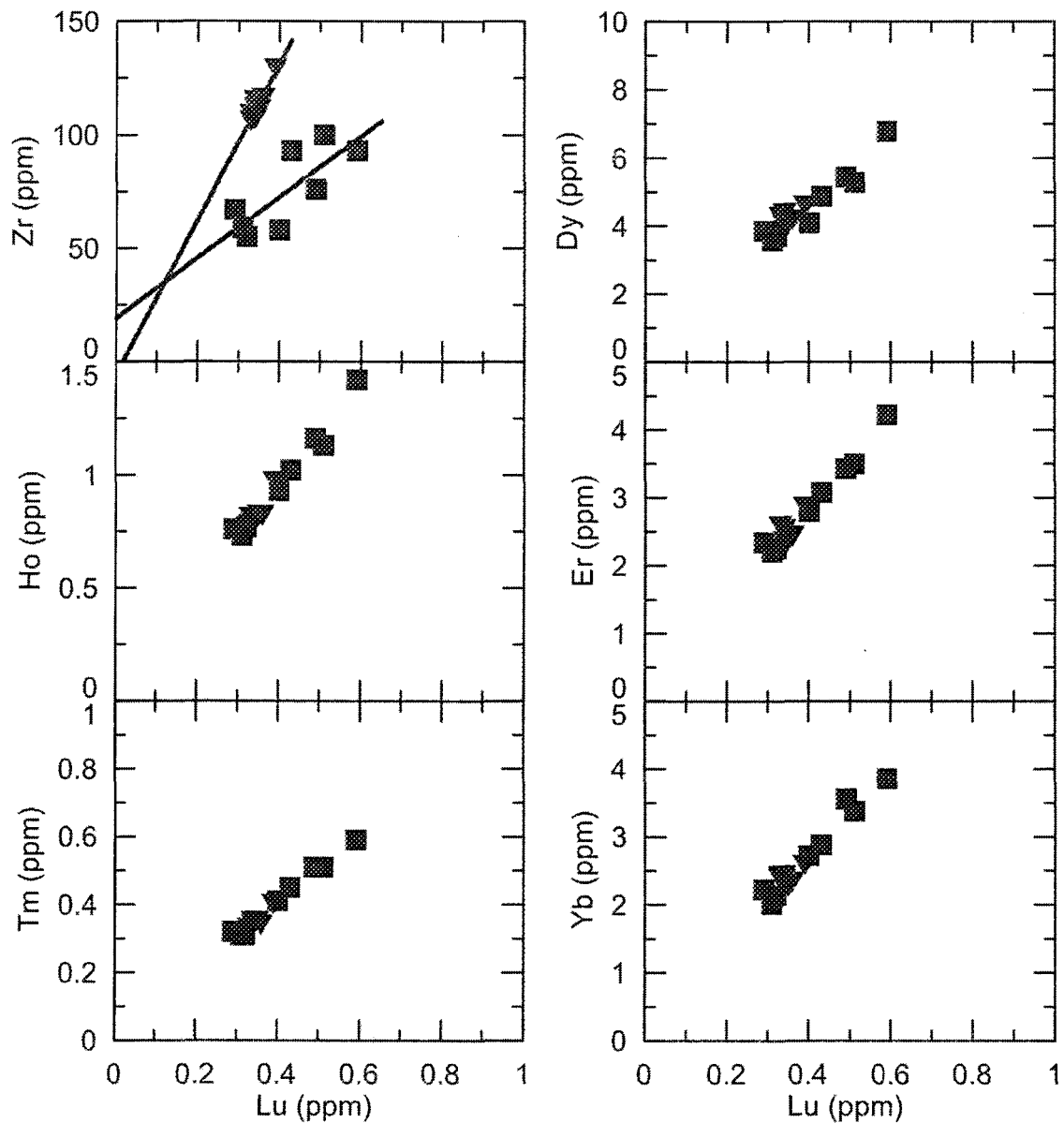
Les changements de masse relatifs pour les échantillons basaltiques de l'indice Chino et pour les dykes de type 2a de l'indice Zone Contact et Bull sont présentés aux figures 5.6 et 5.7. Les trois indices étudiés, du point de vue de leurs altérations, montrent des changements de masse similaires. Ceux-ci se résument en un fort gain en  $K_2O$  accompagné d'une perte en  $Na_2O$ . Ces modifications s'expriment par l'abondance de biotite dans les zones altérées. Un autre type d'altération observée au niveau des quatre indices est la carbonatation de la roche encaissante. Cette altération n'a toutefois pas pu être quantifiée, car le  $CO_2$  présent dans les roches n'a pas été analysé.



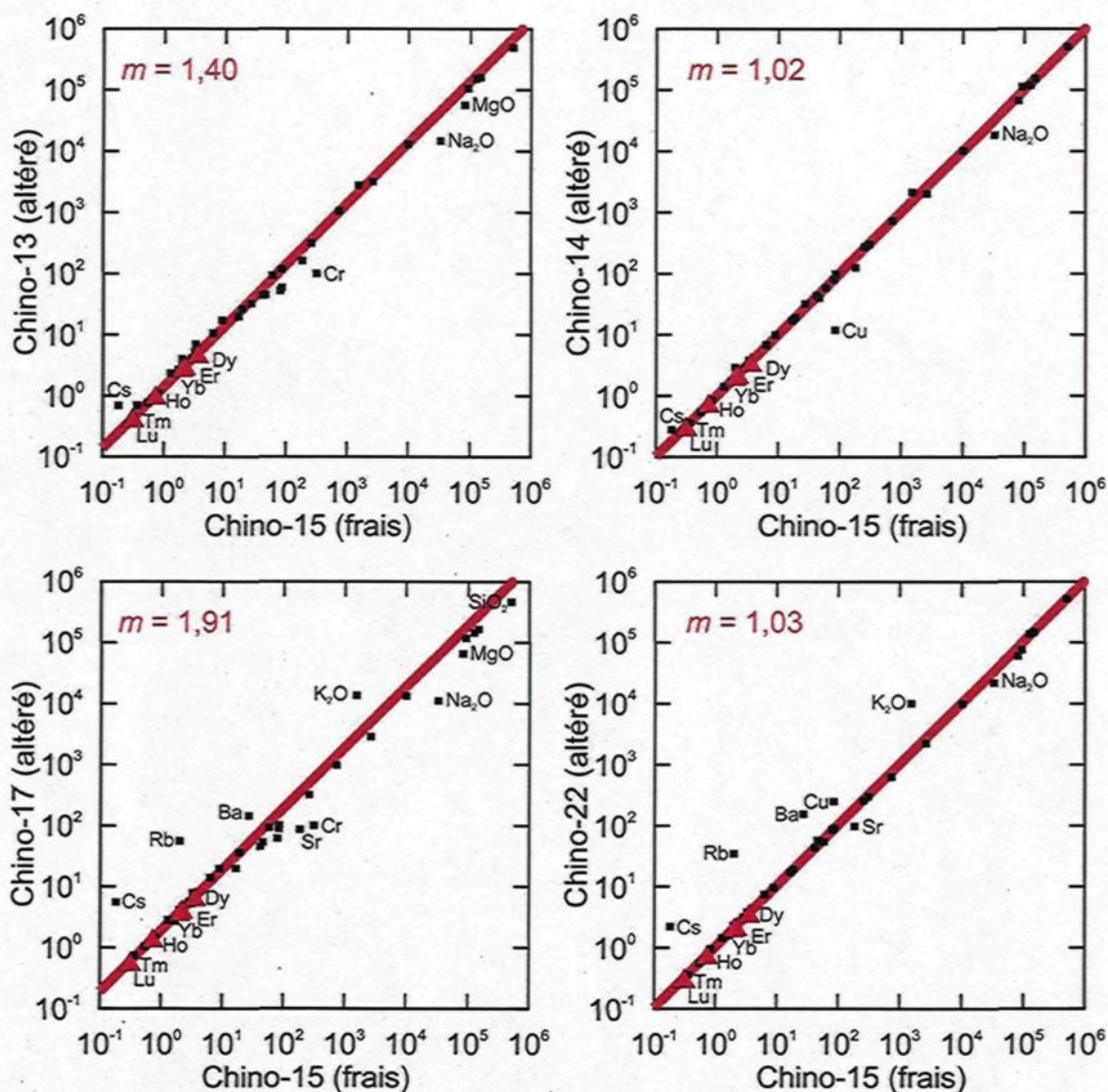
**Figure 5.1.** Comparaison du contenu en éléments mobiles et immobiles d'échantillons frais et altérés.



**Figure 5.2.** Diagrammes binaires mettant en relation les éléments Al, Ti et Zr des basaltes de l'indice Chino (carrés) et des dykes de type 2a (triangles).



**Figure 5.3.** Diagrammes de Zr et des Terres Rares lourdes *versus* Lu montrant l'immobilité des Terres Rares lourdes pour les basaltes de l'indice Chino (carrés) et des dykes de type 2a (triangles).



**Figure 5.4.** Diagrammes d'altération selon la méthode de Grant (1986) pour les basaltes de l'indice Chino. La ligne rouge représente l'isocone obtenu à l'aide des Terres Rares lourdes (triangles rouges). La pente de l'isocone est indiquée en haut à gauche de chaque diagramme. Les éléments et oxydes divergeant de la droite sont identifiés. Ils représentent les éléments mobiles. En général, le  $K_2O$ , Rb, Cs et Ba ont subi un gain de masse tandis que le  $Na_2O$  a subi une perte de masse.

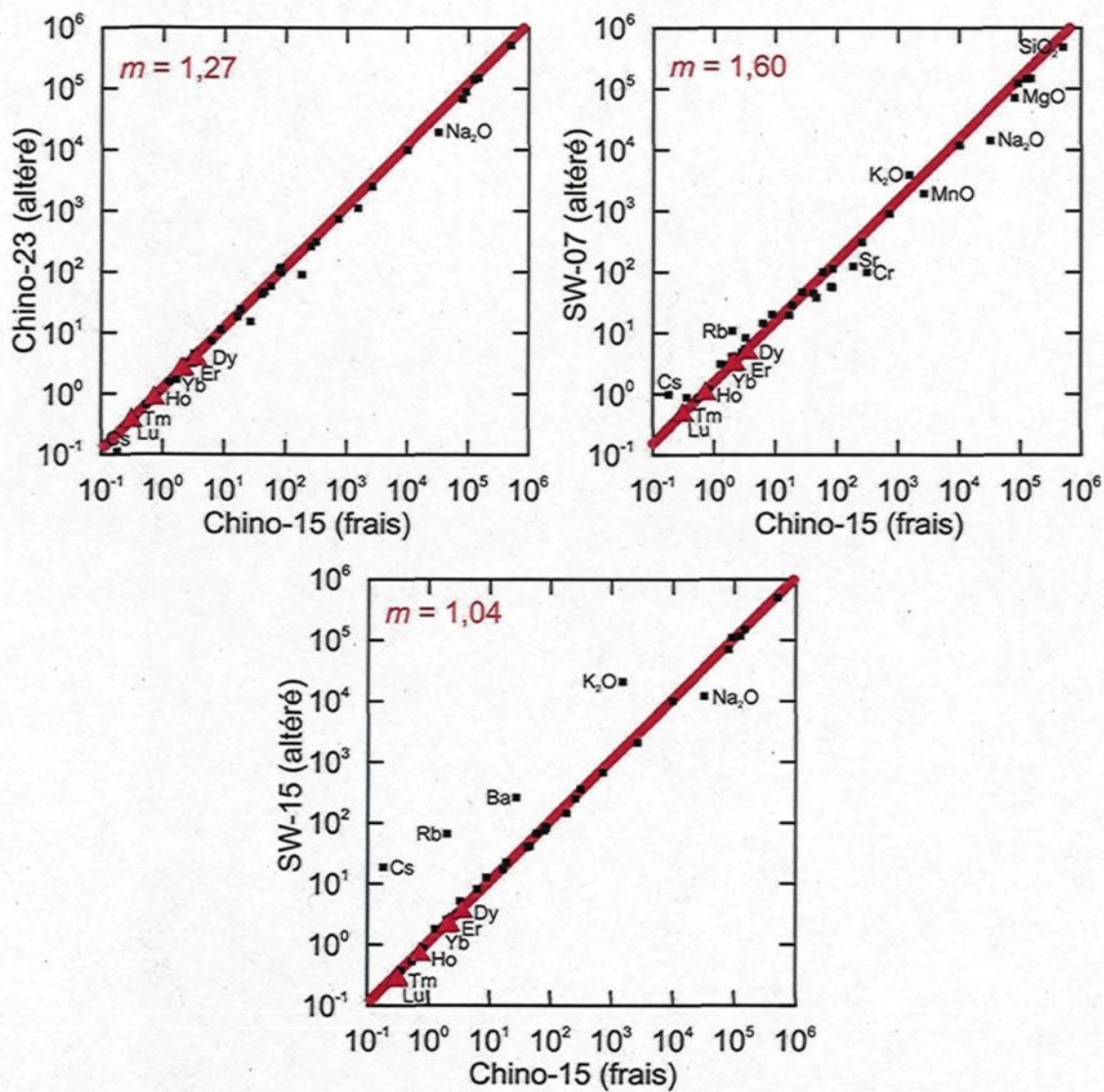
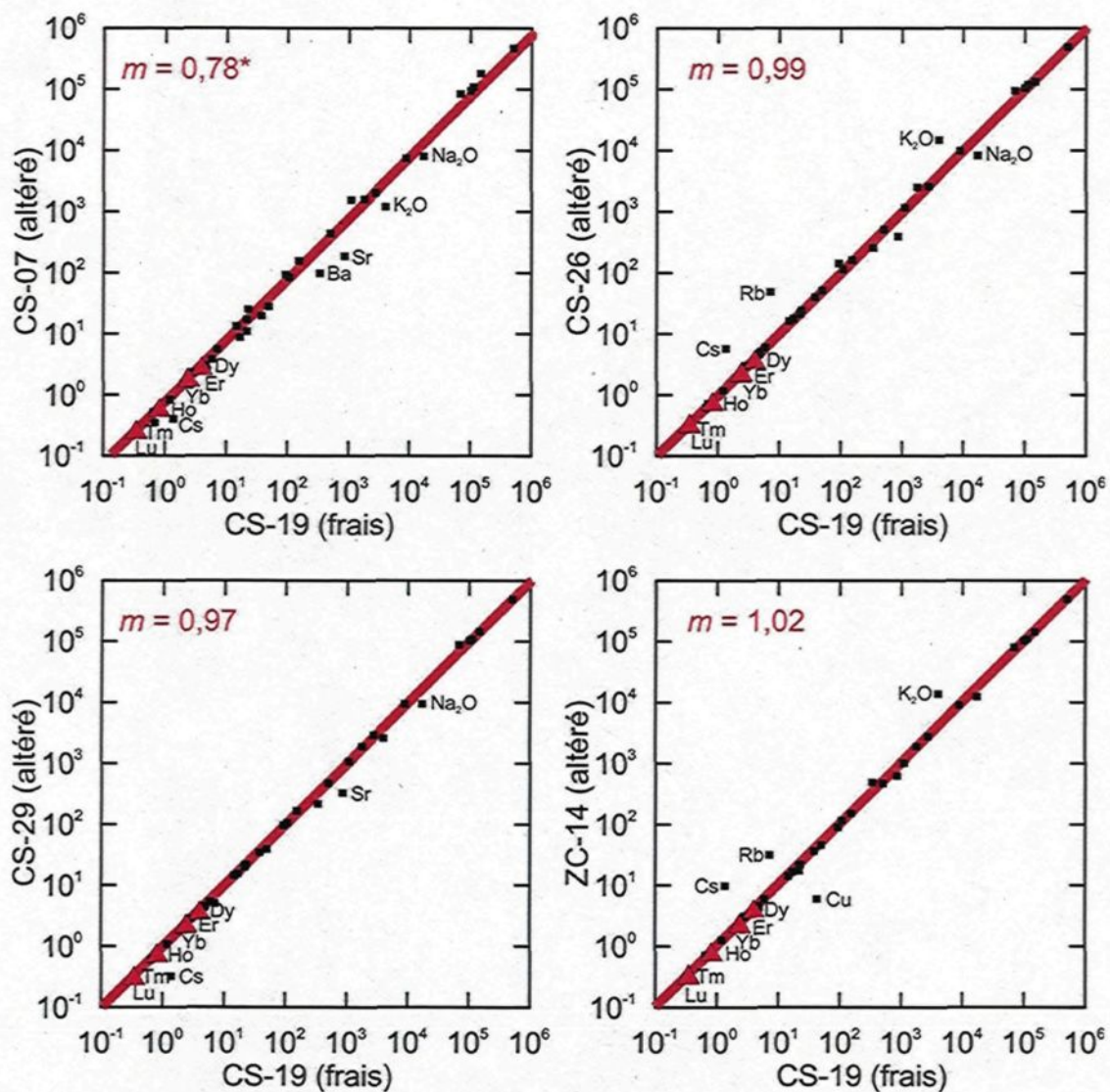


Figure 5.4 (suite).



**Figure 5.5.** Diagrammes d'altération selon la méthode de Grant (1986) pour les dykes de type 2a des indices Zone Contact et Bull. La ligne rouge représente l'isocone obtenu à l'aide des Terres Rares lourdes (triangles rouges). La pente de l'isocone est indiquée en haut à gauche de chaque diagramme. Les éléments et oxydes divergeant de la droite sont identifiés. Ils représentent les éléments mobiles. En général, le  $K_2O$ , Rb, Cs et Ba ont subi un gain de masse tandis que le  $Na_2O$  et Sr ont subi une perte de masse. \* Le changement de masse apparent peut s'expliquer par une signature géochimique plus primitive pour l'échantillon CS-07 que les autres échantillons de dyke de type 2a.



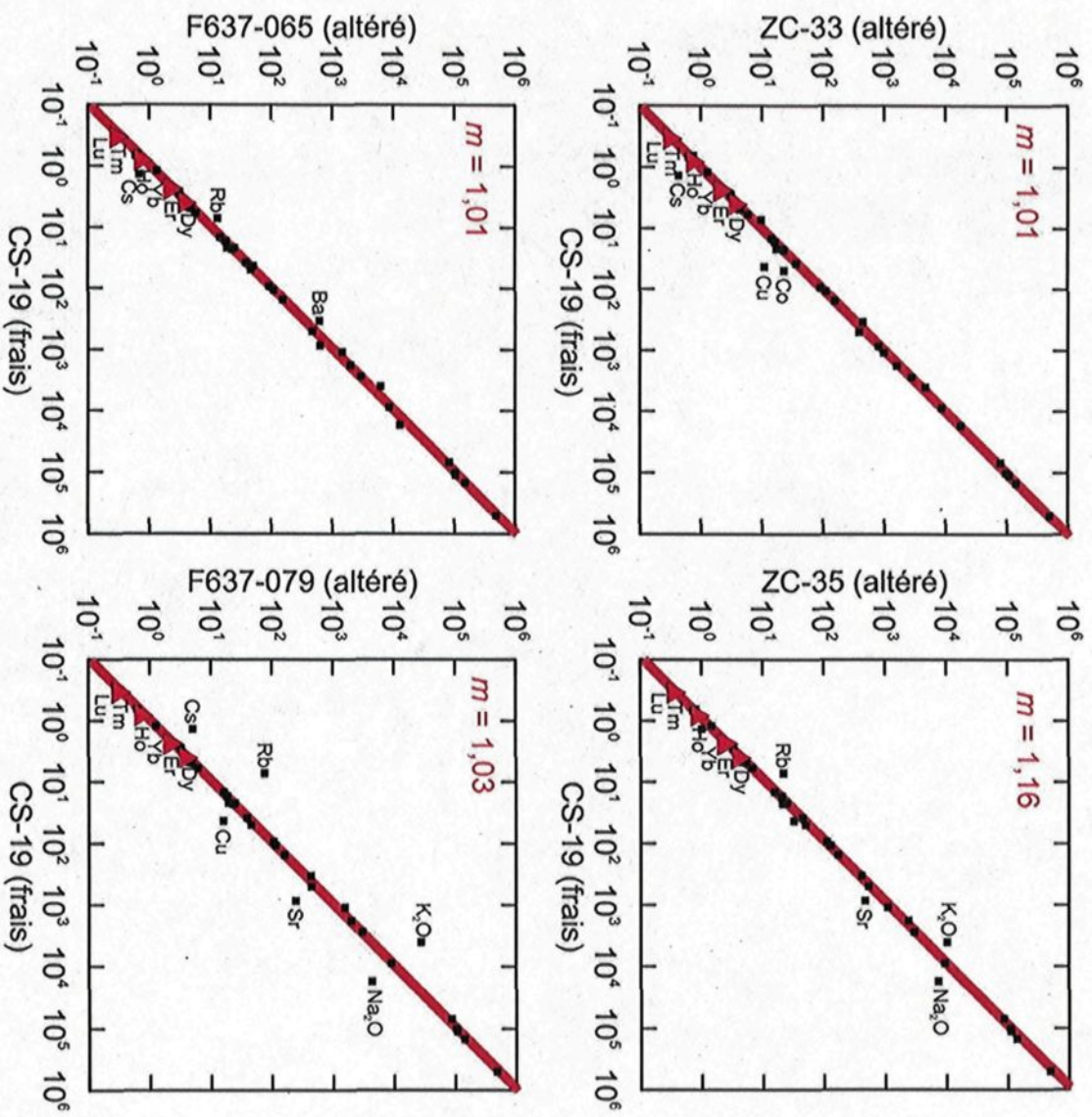
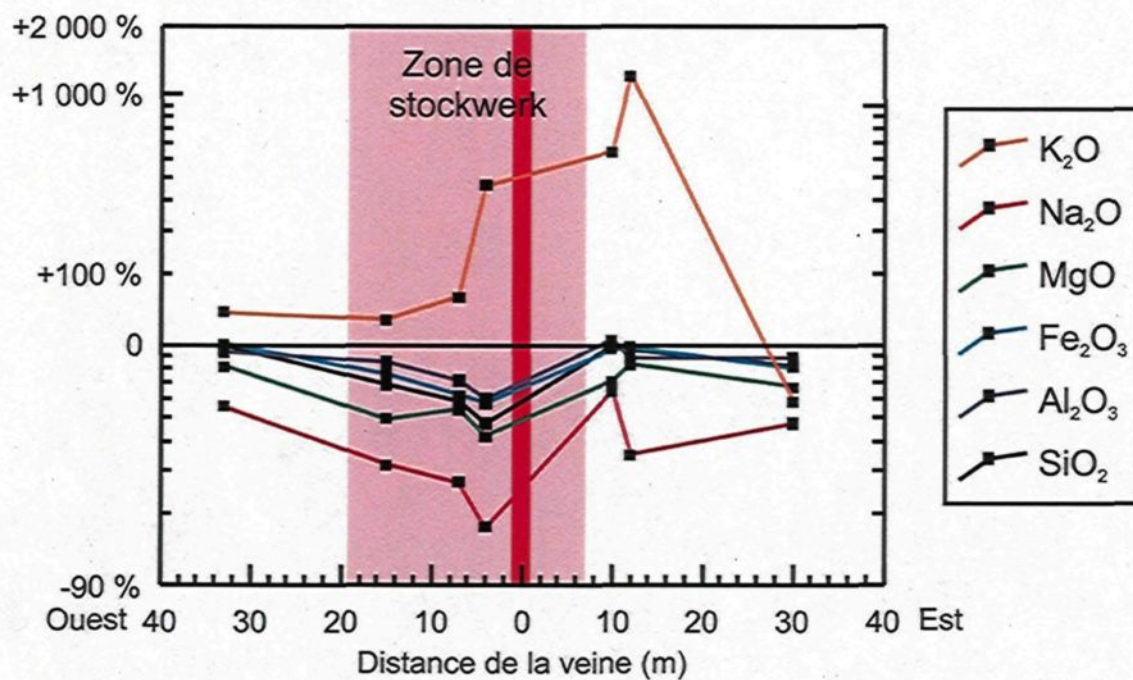
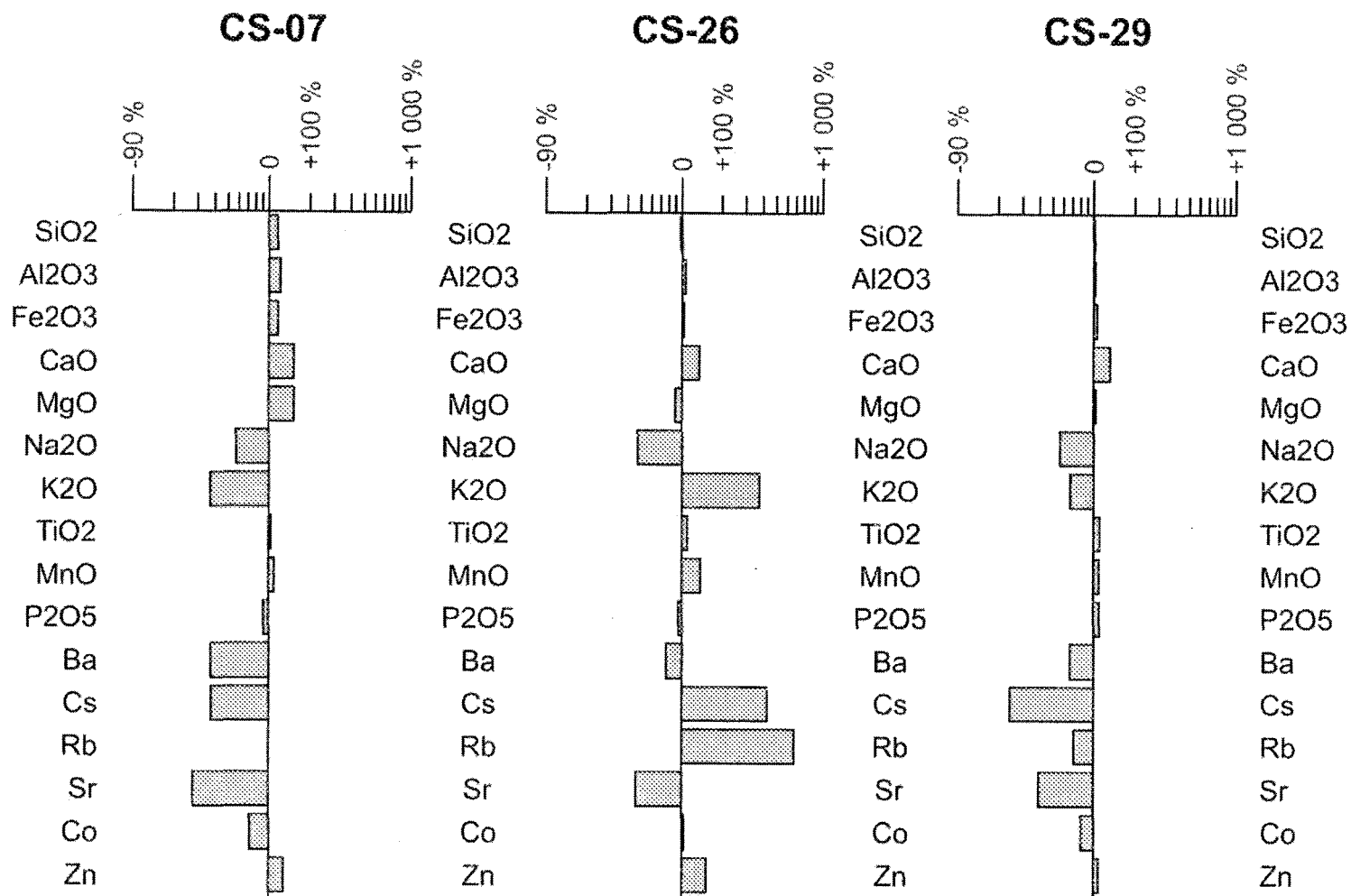


Figure 5.5 (suite).



**Figure 5.6.** Coupe transversale à la minéralisation montrant la variation des gains et des pertes de masses relatives pour les principaux oxydes majeurs à l'indice Chino. D'ouest en est, les points correspondent aux échantillons Chino-14, Chino-13, SW-07, Chino-17, Chino-22, SW-15 et Chino-23 localisés sur le plan de la cartographie de l'indice Chino en pochette.



**Figure 5.7.** Changements de masse relatifs des échantillon de dykes de type 2a. Les échantillons sont localisés sur la coupe stratigraphique (figure 2.5), sur la vue en plan de l'indice Bull (figure 4.16) et sur le plan de la cartographie de l'indice Zone Contact en pochette.

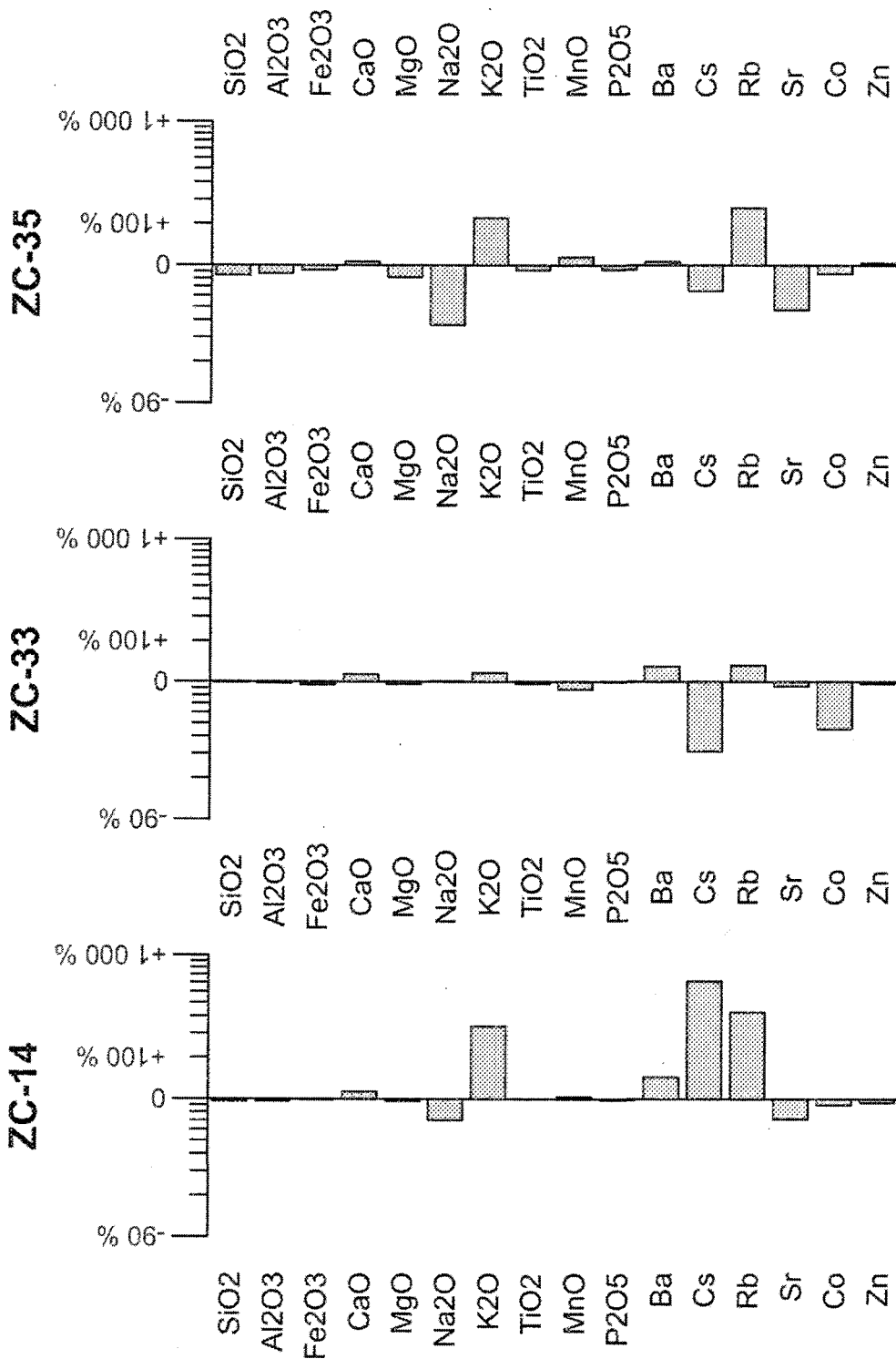


Figure 5.7 (suite).

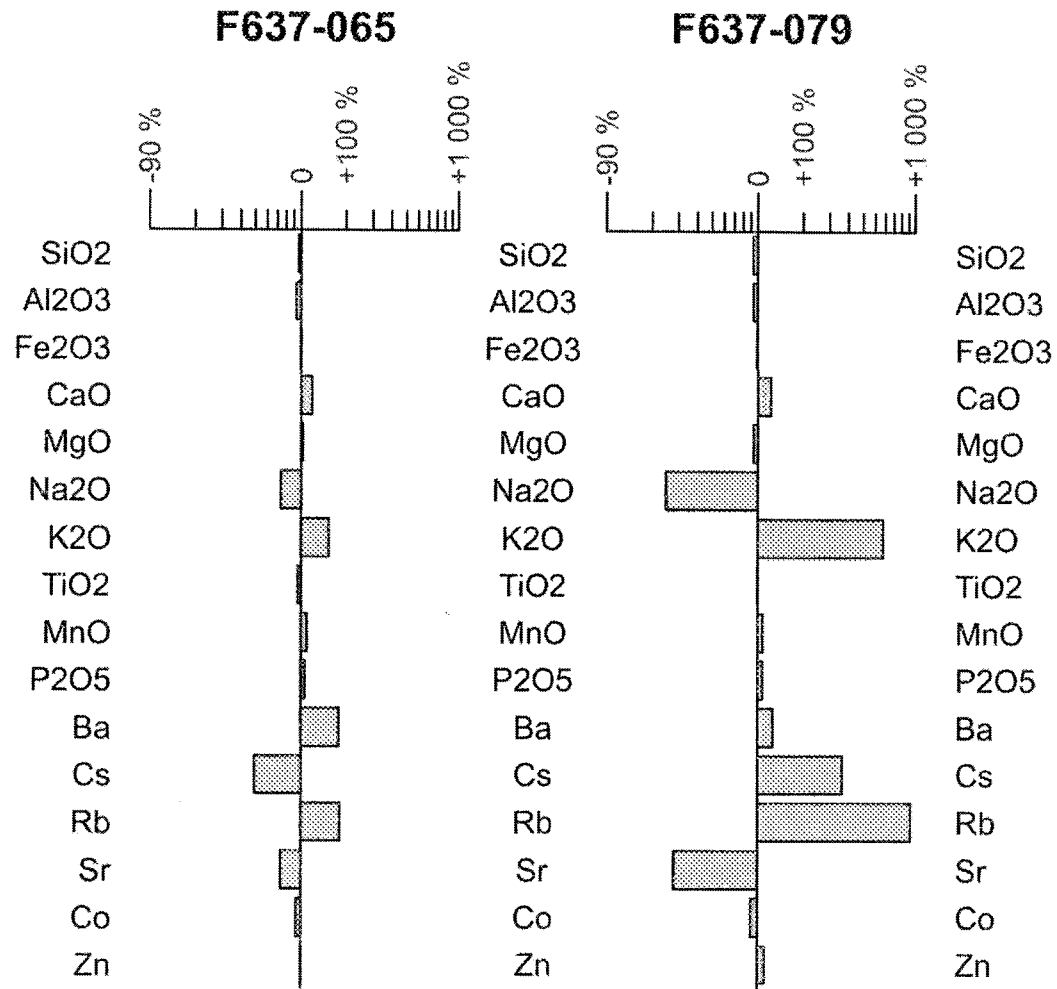


Figure 5.7 (suite).

## CHAPITRE 6

### CHIMIE MINÉRALE

La chimie minérale a été quantifiée en utilisant trois méthodes : la micro-fluorescence X (micro-XRF), la microsonde et l'ablation laser couplée à un spectromètre de masse (LA-ICP-MS).

La micro-fluorescence X du laboratoire LabMaTer de l'UQAC a été utilisée afin de caractériser les phases minérales à géochimie variable, telles que l'amphibole, le carbonate et la tourmaline.

La microsonde de l'Université Laval a aussi été utilisée pour caractériser ces phases, mais également pour l'identification de certaines phases moins bien cristallisées, telles que l'ilménite, le rutile, la titanite et l'épidote. Le grenat et la biotite ont été analysés afin d'obtenir des couples biotite – grenat pour le calcul d'un géothermomètre. Deux cartographies chimiques à haute résolution ont aussi été réalisées dans des zones de sulfures à l'intérieur des zones minéralisées.

Enfin, le LA-ICP-MS a été utilisé afin de caractériser le contenu en éléments

traces des sulfures. Initialement, la pyrite et l'arsénopyrite devaient être analysées. Par contre, dû à des contraintes techniques, seule la pyrite a été analysée et en moins grand nombre que prévu initialement. Le présent chapitre détaille l'ensemble des analyses effectuées sur les minéraux.

## **6.1 Analyses par micro-fluorescence X**

### **6.1.1 Méthodologie et limitations**

Le micro-XRF permet de générer des données semi-quantitatives qui traduisent l'abondance des différents éléments détectés en pourcentages atomiques (% at). Pour chaque analyse, la sommation des pourcentages des éléments détectés est obligatoirement à 100 % et ce même si certains éléments présents dans la phase minérale analysée n'ont pas été détectés. Par exemple, les teneurs des éléments obtenus d'une analyse par micro-XRF sur un cristal de tourmaline de type dravite, contenant 13,0 % at  $\text{BO}_3$  et 17,4 % at OH, sont bonifiées de 30,4 % dû au fait que le bore et les groupements OH n'ont pu être détectés. Ainsi, pour la même tourmaline, la teneur en silice réelle est de 26,1 % at  $\text{SiO}_2$ , tandis que la teneur obtenue par micro-XRF est de 37,5 % at  $\text{SiO}_2$ . Afin d'avoir des analyses incluant le bore et les groupements OH, ceux-ci sont ajoutés aux analyses pour être normalisés à 100 %. Pour obtenir une formule stœchiométrique, les pourcentages normalisés sont divisés par le nombre de cations compris dans la formule chimique du minéral en question.

Certains problèmes analytiques ont été rencontrés lors des analyses au micro-

XRF. Les analyses ont été effectuées sur des lames minces conventionnelles. Par conséquent, une portion de la silice détectée par le micro-XRF provient de la lame de verre sous l'échantillon. Le pourcentage de  $\text{SiO}_2$  est donc surévalué dans certaines analyses.

Le deuxième problème rencontré lors des analyses micro-XRF concerne les éléments légers tels que le sodium. Le micro-XRF a une faible sensibilité pour cet élément. Par exemple, la plus haute teneur en  $\text{Na}_2\text{O}$  obtenue est de 50,37 % et correspond à un signal d'une intensité de 18,23 coups par seconde (cps). À titre comparatif, dans le même échantillon, une concentration en  $\text{CaO}$  de 40,67 % correspond à 1 491,27 cps. Une faible intensité du signal pour le  $\text{Na}_2\text{O}$  engendre donc une imprécision non négligeable sur la mesure. Pour cette raison, les analyses de  $\text{Na}_2\text{O}$  provenant de micro-XRF sont considérées comme étant d'ordre qualitatif et non quantitatif.

### **6.1.2 Présentation des résultats**

En tout, soixante-treize analyses ont été exécutées sur quatre lames minces. La composition de trois minéraux a été analysée : le carbonate (30), l'amphibole (35) et la tourmaline (8). Les lames minces utilisées proviennent de l'indice Bull à l'intérieur de la zone minéralisée (F0637-076), de l'extrémité de la veine principale de l'indice Zone Contact (SW-02), de l'extrémité de la veine Chino (SW-14B) et d'une veine de quartz aurifère de l'indice Chino (SW-18B). Ces échantillons sont tous situés à l'intérieur des zones minéralisées.



### 6.1.2.1 Le carbonate

Sur les trente analyses de carbonate effectuées, vingt sont considérées comme fiables et sont présentées dans le tableau 6.1. Seules les analyses dont la somme des teneurs en Na, Mg, Ca, Fe et Mn forment plus de 90 % du total de l'analyse ont été considérées. Les analyses dont les teneurs en soufre sont supérieures à 1,0 % ont également été rejetées. Une teneur élevée en soufre indique la présence de sulfure dans la plage analysée et le résultat de l'analyse est donc biaisé. Une analyse dont la teneur en  $\text{Na}_2\text{O}$  est de 50,37 % a été rejetée dû au problème analytique concernant le sodium discuté plus haut et au fait qu'un carbonate avec une telle composition serait soluble dans l'air.

Tableau 6.1 : Analyses de carbonate par micro-XRF

Echantillon	F637-076	SW-02B	SW-18B
<i>n</i>	6	4	10
Minéral	Calcite	Dolomite	Calcite
Cations			
Na	0,1	0,1	0,1
Mg	0,1	0,9	0,1
Ca	1,7	0,9	1,8
Fe	0,0	0,0	0,0
Mn	0,0	0,0	0,0

Analyses basées sur 6 oxygènes

Seules les moyennes des compositions sont présentées ici, étant donné que les variations de composition à l'intérieur d'un même échantillon sont mineures. Les carbonates liés aux zones minéralisées sont donc la calcite et la

dolomite (figure 6.1).

#### 6.1.2.2 L'amphibole

Seulement dix-sept des trente-cinq analyses d'amphibole effectuées sont considérées comme étant fiables. Les moyennes des différentes familles présentes dans chaque lame mince sont présentées dans le tableau 6.2. Les analyses dont la teneur en certains éléments s'éloigne à plus de 10 % de la teneur stœchiométrique théorique maximale d'une amphibole ont été rejetées. Par exemple, une amphibole peut contenir un maximum de deux cations de calcium et huit de silicium pour des teneurs atomiques de respectivement 13,3 % et 53,3 %. Toutes les analyses avec des teneurs supérieures à 14,7 % at CaO ou à 58,7 % at SiO<sub>2</sub> ont été rejetées. En plus, deux analyses ont été rejetées, car elles ont des teneurs en soufre de plus de 1,0 % at.

Tableau 6.2 : Analyses de l'amphibole par micro-XRF

Échantillon	F637-076	SW-14B	SW-18B
<i>n</i>	8	7	2
Minéral	Trémolite	Magnésio-hornblende	Trémolite
Cations			
Na	0,35	0,80	0,40
Ca	1,60	1,68	1,40
Mg	4,95	2,28	4,08
Fe	0,24	0,98	0,29
Mn	0,02	0,06	0,02
Al	0,18	1,49	0,30
Si	7,62	7,22	8,48

Analyses basées sur 23 oxygènes

Les analyses ont révélé deux types d'amphiboles (figures 6.2 et 6.3). Un premier type est très riche en magnésium et correspond à la trémolite. Toutefois, deux des analyses de ce groupe sont plutôt des magnésio-hornblendes très riches en magnésium qui se localisent tout près du champ de la trémolite. Elles proviennent des indices Bull et Chino. Le deuxième type est moins riche en magnésium avec des Mg# de 70 comparativement à 95 pour le premier type (figure 6.3). Il est aussi plus riche en aluminium et correspond à la magnésio-hornblende. Enfin, une analyse tombe dans le champ de l'actinote, elle est légèrement plus riche en silice avec une composition similaire à la magnésio-hornblende.

#### 6.1.2.3 *La tourmaline*

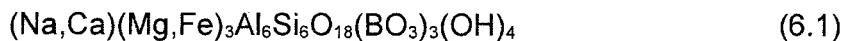
La grande majorité de la tourmaline observée en lames minces est disposée en plages massives dont les cristaux individuels sont indistinguables (figures 3.3 e, f et 4.2). Le but des analyses par micro-XRF était de confirmer que ces plages de minéraux étaient bien de la tourmaline. Huit analyses ont été réalisées sur deux échantillons. Les moyennes des concentrations pour chaque lame mince sont présentées dans le tableau 6.3. Ces résultats ont été obtenus après avoir ajouté des groupements  $\text{BO}_3$  et OH tel que mentionné plus haut.

Tableau 6.3 : Analyses de la  
tourmaline par micro-XRF

Echantillon	SW-02B	SW-14B
<i>n</i>	3	5
Cations		
Na	1,04	0,87
Ca	0,19	0,49
K	0,02	0,01
Mg	3,00	2,64
Fe	0,57	0,54
Ti	0,20	0,18
Al	3,05	3,23
Si	7,66	8,02

Analyses basées sur 29 oxygènes

L'équation 6.1 représente la formule stœchiométrique générale de la tourmaline. Selon cette formule, il devrait y avoir la même proportion d'aluminium que de silice. Or, les analyses par micro-XRF révèlent que les concentrations en silice sont plus de deux fois supérieures à celles en aluminium. Ces analyses ne permettent donc pas de conclure d'une manière définitive que les plages de minéraux brun verdâtre observées aux extrémités des veines aurifères correspondent à de la tourmaline.



## 6.2 Analyses par microsonde

### 6.2.1 Méthodologie et limitations

La microsonde électronique est un appareil analytique de plus haute précision et résolution que le micro-XRF. Les résultats d'analyse obtenus indiquent

directement les quantités d'un élément donné en pourcentage atomique sans avoir à normaliser les résultats. Pour reprendre l'exemple de la tourmaline, même si les 13,0 % at de  $\text{BO}_3$  et les 17,4 % at de OH ne sont pas détectés, la teneur obtenue en  $\text{SiO}_2$  est conforme à la valeur théorique, soit de 26,1 % at  $\text{SiO}_2$ . Ainsi, pour obtenir les formules stœchiométriques, les teneurs atomiques obtenues par microsonde sont directement divisées par le nombre de cations présents dans la phase minérale en question.

### **6.2.2 Présentation des résultats**

En tout, cent quarante-six analyses ont été effectuées pour caractériser neuf minéraux. Des analyses de carbonate et de tourmaline ont été pratiquées sur les mêmes sites qu'au micro-XRF pour valider les données précédemment obtenues. Deux cartographies à haute résolution ont aussi été effectuées. Les analyses ont été réalisées sur six lames minces. Quatre lames minces proviennent de zones minéralisées, l'une provient de l'extrémité est de la veine principale de l'indice Zone Contact (SW-02B), une autre provient d'une zone d'injection de veinules de quartz également sur l'indice Zone Contact (ZC-09A) et deux lames minces proviennent d'une veine aurifère de l'indice Chino (SW-18 A et B). Ces dernières ont fait l'objet de cartographies à haute résolution. De plus, deux zones avec un assemblage à grenat – biotite ont été analysées pour le calcul de géothermomètres. Il s'agit des lames F703-053B et ZC-31.

### 6.2.2.1 Le carbonate

Dix-neuf analyses de carbonate ont été effectuées. Les six analyses provenant de la lame SW-02B ont été réalisées sur des sites précédemment analysés par micro-XRF. Pour l'échantillon SW-18B, le carbonate situé à l'éponte de la veine a été analysés par micro-XRF. Les analyses par microsonde de cet échantillon visaient plutôt le carbonate à l'intérieur de la veine de quartz. Les compositions moyennes par types de carbonates et par lames minces sont montrées au tableau 6.4.

Tableau 6.4 : Analyses de carbonates par microsonde

Echantillon	SW-02B	SW-18B	ZC-09A	ZC-09A
<i>n</i>	6	3	7	3
Minéral	Dolomite	Calcite	Calcite	Fe-Dolomite
Cations				
Mg	0,85	0,00	0,07	0,56
Ca	1,04	1,99	1,85	1,01
Mn	0,02	0,00	0,02	0,01
Fe	0,09	0,01	0,06	0,42

Analyses basées sur 6 oxygènes

Les sites analysés par microsonde et par micro-XRF sur la lame SW-02B obtiennent des compositions similaires et par conséquent, les mêmes noms de minéraux sont obtenus (figure 6.1). Les analyses montrent que le carbonate à l'intérieur de la veine et celui à l'éponte sont également de compositions similaires.

### 6.2.2.2 La tourmaline

Les analyses de la tourmaline par microsonde proviennent de deux lames minces. Une série de trois analyses a été effectuée sur la lame mince SW-02B aux mêmes sites que les analyses au micro-XRF. Le tableau 6.5 montre les moyennes des compositions obtenues.

Tableau 6.5 : Analyses de la  
tourmaline par microsonde

Echantillon	SW-02B	ZC-09A
<i>n</i>	3	6
Minéral	Dravite	Dravite
Cations		
Na	0,74	0,66
Ca	0,07	0,11
K	0,01	0,09
Mg	1,68	1,72
Fe	1,07	1,18
Cr	0,02	0,03
Ti	0,05	0,06
Al	6,11	6,16
Si	6,24	5,99

Analyses basées sur 29 oxygènes

Les compositions obtenues pour les deux échantillons sont similaires. Contrairement aux analyses faites par micro-XRF, les compositions obtenues par microsonde respectent la stœchiométrie théorique de la tourmaline avec six atomes d'aluminium et six autres de silicium. La tourmaline analysée a des compositions intermédiaires entre les pôles magnésien (dravite) et ferrifère (schorl) avec une plus grande proportion de magnésium.

### 6.2.2.3 L'amphibole

L'amphibole a été étudiée par microsonde à partir d'une seule lame mince, la lame ZC-09A. Seize analyses ont été faites sur cette lame. Il s'agit d'amphibole issue de la recristallisation métamorphique d'une zone d'altération. Les compositions moyennes des différentes classes d'amphibole sont présentées au tableau 6.6.

Tableau 6.6 : Analyses de l'amphibole par microsonde

Echantillon	ZC-09A	ZC-09A	ZC-09A	ZC-09A
<i>n</i>	2	13	3	3
Minéral	Pôle tschermakite	Moyenne	Pôle actinote	Cummingtonite
Cations				
Na	0,33	0,16	0,03	0,07
Ca	1,91	1,79	1,81	0,54
K	0,07	0,02	0,00	0,01
Mg	2,01	3,12	3,92	3,58
Fe	2,10	1,71	1,26	2,64
Al	2,65	1,14	0,14	0,38
Si	6,34	7,26	7,87	7,76

Analyses basées sur 23 oxygènes

Les analyses révèlent que l'amphibole a des compositions variées qui se regroupent à l'intérieur de deux classes (figures 6.2 et 6.3). Une première classe de treize analyses est formée d'amphibole dont la composition varie de ferrotschermakite à magnésio-hornblende à actinote. Une deuxième classe d'amphibole, avec des faibles teneurs en calcium et en aluminium, correspond à la cummingtonite.



#### 6.2.2.4 L'épidote

L'épidote a été observée uniquement dans les zones les plus riches des veines minéralisées. Elles se distribuent surtout en plages mal cristallisées dans les zones riches en sulfures. Douze analyses provenant de l'échantillon SW-18 ont permis de confirmer la présence d'épidote dont la composition chimique est constante. Une moyenne de ces analyses est présentée au tableau 6.7.

Tableau 6.7 : Analyses de l'épidote par microsonde

Echantillon	SW-18
<i>n</i>	12
Minéral	Épidote
Cations	
Ca	1,93
Mg	0,02
Fe	0,64
Al	2,29
Si	2,99

Analyses basées sur 12 oxygènes

#### 6.2.2.5 Le chloritoïde

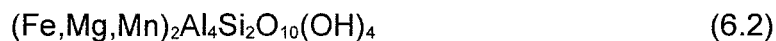
Le chloritoïde a été observé en lames minces à l'intérieur des roches sédimentaires du Membre de Sordide. Du point de vue métamorphique, ce minéral est très important, car il se forme à des températures restreintes, entre 500 et 600 °C (Winter, 2001). Sa présence contraint donc la température du métamorphisme. Afin de s'assurer que les minéraux identifiés en lames minces

sont bel et bien du chloritoïde, des analyses à la microsonde ont été pratiquées. Le tableau 6.8 montre que les minéraux analysés satisfont l'équation 6.2 et qu'il s'agit bien de chloritoïde.

Tableau 6.8 : Analyses de chloritoïde par microsonde

Echantillon	F703-053B	ZC-31
<i>n</i>	5	11
Minéral	Chloritoïde	Chloritoïde
Cations		
Mg	0,07	0,16
Fe	1,89	1,82
Al	3,96	4,01
Si	2,04	1,99

Analyses basées sur 12 oxygènes



#### 6.2.2.6 La chlorite

Les analyses par microsonde de chlorite proviennent d'une seule lame mince (F703-053B). Les compositions sont similaires et varient du champ de la corundophilite à celui du clinochlore (figure 6.4). Le tableau 6.9 montre la moyenne des compositions de la chlorite.

Tableau 6.9 : Analyses de la chlorite par microsonde

Echantillon	F703-053B
<i>n</i>	13
Minéral	Chlorite
Cations	
Na	0,02
Mg	1,11
Fe	7,66
Al	6,01
Si	5,06

Analyses basées sur 28 oxygènes

#### 6.2.2.7 Le plagioclase

Les analyses par microsonde de plagioclase proviennent de deux lames minces. Une lame mince située à l'extérieur des zones minéralisées (F703-053B) et une autre située au site de l'indice Chino (SW-18B). Le plagioclase provenant de l'échantillon distal à la minéralisation correspond à l'albite tandis que l'albite et l'oligoclase sont retrouvés dans l'échantillon provenant de l'indice Chino. Le tableau 6.10 montre la moyenne des compositions du plagioclase.

Tableau 6.10 : Analyses de plagioclase par microsonde

Echantillon	F703-053B	SW-18B	SW-18B
<i>n</i>	2	1	1
Minéral	Albite	Albite	Oligoclase
Cations			
Si	2,94	3,02	2,94
Al	1,05	0,96	1,01
Ca	0,05	0,00	0,11
Na	0,94	1,01	0,88
K	0,00	0,00	0,02

Analyses basées sur 8 oxygènes

#### 6.2.2.8 Le grenat

Le grenat a été analysé afin d'obtenir des couples biotite – grenat pour calculer des géothermomètres. Pour ce faire, la lame mince ZC-31 a été utilisée. Le grenat a également été analysé pour vérifier la présence de zonalité à l'intérieur des cristaux. Trente-et-une analyses de grenat ont été effectuées dont dix-huit analyses proviennent de la lame ZC-31 et treize de la lame F703-053B. Les résultats d'analyses sont présentés au tableau 6.11.

L'ensemble des analyses de grenat correspondent à la composition de l'almandin (figure 6.5). Les cristaux de grenat provenant de l'indice Zone Contact, tout juste au nord de la zone minéralisée, présentent une zonalité où le cœur est plus riche en manganèse et appauvri en fer.

Tableau 6.11 : Analyses de grenat par microsonde

Échantillon <i>n</i>	F703-053B			ZC-31		
	1	1	11	4	2	12
Minéral	Almandin Cœur	Almandin Milieu	Almandin Bordure	Almandin Cœur	Almandin Milieu	Almandin Bordure
Cations						
Ca	0,07	0,08	0,09	0,17	0,07	0,08
Mg	0,05	0,05	0,05	0,07	0,10	0,10
Fe	2,76	2,78	2,78	2,25	2,66	2,77
Mn	0,13	0,14	0,12	0,51	0,18	0,07
Al	2,04	2,03	2,02	2,00	1,99	2,01
Si	2,96	2,96	2,96	2,99	2,99	2,97

Analyses basées sur 12 oxygènes

#### 6.2.2.9 La biotite

La biotite analysée provient des mêmes lames minces que le grenat. Par contre, seule la lame ZC-31 contient des couples grenat – biotite dont les cristaux sont en contact (figure 6.6). Les analyses proviennent de plages de cristaux de biotite formées de cristaux individuels généralement inférieurs à 100 µm. En raison de la petite taille de ces cristaux, la présence de zonalité dans la biotite n'a pas pu être vérifiée. Le tableau 6.12 présente les résultats d'analyses

Tableau 6.12 : Analyses de biotite par microsonde

Echantillon	F703-053B	ZC-31
<i>n</i>	4	21
Minéral	Biotite	Biotite
Cations		
K	0,95	0,89
Na	0,01	0,01
Mg	0,26	0,49
Fe	1,99	1,88
Cr	0,00	0,02
Ti	0,10	0,09
Al	1,86	1,84
Si	2,63	2,61

Analyses basées sur 12 oxygènes

La formule générale de la biotite (équation 6.3) est composée d'un atome d'aluminium, trois de silicium et un total de trois de fer ou de magnésium. Les proportions analysées sont légèrement différentes. Les analyses donnent des teneurs en Al plus élevées et des teneurs en Si et en Fe plus basses que la stœchiométrie théorique de la biotite. Ces minéraux pourraient être de la sidérophyllite (équation 6.4).



#### 6.2.2.10 Géothermomètres biotite – grenat

Les analyses à la microsonde sur des couples grenat – biotite, présentés au tableau 6.13, permettent de contraindre la température du pic métamorphique. Dix couples grenat – biotite ont été analysés dans un échantillon de roches

sédimentaires avec un assemblage quartz – biotite – grenat – chloritoïde (ZC-31, figure 6.6). Les points d'analyses ont été effectués près des bordures de grains de grenat hypidioblastiques en contact avec des plages de biotite idio- à hypidioblastiques. Ces analyses ont été traitées selon huit géothermomètres différents se basant sur l'échange Fe-Mg entre les deux espèces minérales (figure 6.7).

Tableau 6.13 : Composition des couples grenat – biotite

Grenat				Biotite			
Fe	Mn	Mg	Ca	Ti	Alvi	Fe	Mg
5,60	0,13	0,21	0,17	0,19	0,88	3,85	1,05
5,55	0,13	0,22	0,15	0,17	0,89	3,73	0,95
5,53	0,13	0,21	0,16	0,18	0,88	3,66	0,97
5,54	0,15	0,2	0,16	0,22	0,81	3,77	0,95
5,56	0,13	0,2	0,17	0,19	0,96	3,65	0,91
5,53	0,14	0,22	0,19	0,21	0,85	3,72	0,95
5,53	0,13	0,11	0,18	0,21	1,02	3,57	0,89
5,54	0,14	0,22	0,20	0,16	0,92	3,73	0,93
5,51	0,14	0,21	0,18	0,18	0,85	3,75	0,99
5,56	0,13	0,22	0,18	0,19	0,85	3,77	0,96

Un couple biotite – grenat a donné des températures fortement éloignées des autres couples et il a été ignoré dans le traitement des résultats. Il est symbolisé par des + sur la figure 6.7. Sept des huit géothermomètres donnent des résultats similaires. Par contre, le géothermomètre de Dasguta *et al.* (1991) donne des températures de 100 à 150 °C inférieures aux autres géothermomètres. Le calcul de la température moyenne ne tient pas compte des données résultants de ce

géothermomètre. Une pression de 5 kbar a été utilisée pour les calculs. Cette pression correspond au gradient géothermique moyen pour des températures entre 500 à 600 °C. À cette pression, la température moyenne des neuf couples biotite – grenat pour les sept équations retenues est de  $529 \pm 21$  °C. Cette température correspond au faciès supérieur des schistes verts et concorde avec les assemblages métamorphiques décrits dans la section 3.2.

Dû au caractère isobarique de la réaction d'échange Fe-Mg entre le grenat et la biotite, la pression affecte peu les températures obtenues. Ainsi la température moyenne des calculs passe à 517 °C avec une pression de 1 kbar et à 544 °C à une pression de 10 kbar. Ces deux extrêmes de températures demeurent à l'intérieur de l'intervalle d'un écart-type de  $529 \pm 21$  °C.

#### *6.2.2.11 Les cartographies à haute résolution*

Deux cartographies chimiques ont été effectuées sur l'échantillon SW-18, une provenant de la lame mince SW-18A et l'autre de SW-18B, dans le but de documenter les associations minérales en lien avec l'or.

La cartographie chimique de la lame SW-18A couvre un secteur de  $512 \times 512$   $\mu\text{m}$  à une résolution d'un point d'analyse par micromètre (figure 6.8). Elle est centrée sur un grain de pyrite autour duquel plusieurs micrograins de chalcopyrite sont présents. La cartographie a permis d'identifier une plage d'épidote qui entoure le grain de pyrite et qui contient la majorité des grains de chalcopyrite. Cette plage d'épidote est associée à quelques micrograins de



scheelite.

La cartographie de la lame SW-18B s'étend sur un secteur de 256 x 256  $\mu\text{m}$  à une résolution d'un point d'analyse par 0,5  $\mu\text{m}$  (figure 6.9). Elle est centrée sur des micrograins d'or disséminés dans un rubanement dominé par le plagioclase. Des grains d'amphibole, de pyrite et de chalcoppyrite sont également présents. La cartographie ne montre pas de lien entre l'or et une phase minérale en particulier.

Une image en mode électrons rétro-diffusés (*Back Scattered Electron; BSE*) a aussi été acquise d'un grain d'ilménite (figure 6.10). Cette image montre la présence d'exsolutions le long des plans de clivage de l'ilménite. Les exsolutions sont de deux natures, le rutile, en vert sur la figure 6.10 et la titanite, en bleu. Les portions en rouge sont des reliquats d'ilménite. De tels cristaux d'ilménite, avec une texture d'exsolution, sont principalement localisées dans les portions les plus riches des zones minéralisées et à l'intérieur des horizons de tourmaline.

### **6.3 Analyses par ablation au laser**

Les analyses par ablation laser permettent d'obtenir la composition en éléments traces de différents minéraux. Seule la composition de la pyrite a été étudiée aux sites des indices Zone Contact et Chino. En tout, cinquante-huit analyses ont été réalisées sur sept échantillons. Là où l'abondance de la pyrite le permet, au moins trois points d'analyses ont été effectués par site d'analyses (3 mm x 3 mm) afin de vérifier la précision des analyses. À l'indice Chino, la veine Chino (Chino-16A) et une veine tardive stérile (Chino-06) ont été étudiées. Sur

l'indice Zone Contact, les échantillons proviennent de la veine principale (ZC-08 et ZC-13A), d'un boudin de veine de quartz aurifère de l'horizon B (ZC-23A) et de zones d'injection de veinules de quartz – pyrite (ZC-11B et ZC-25). La pyrite analysée provient autant de l'intérieur des veines et des veinules, de bandes riches en sulfures situées directement aux bordures des veines et des épontes.

Pour chacune des ablations, vingt-huit éléments ont été analysés. Par contre, seuls les éléments, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Au, Hg, Pb et Bi ont été considérés dans l'étude géochimique de la pyrite.

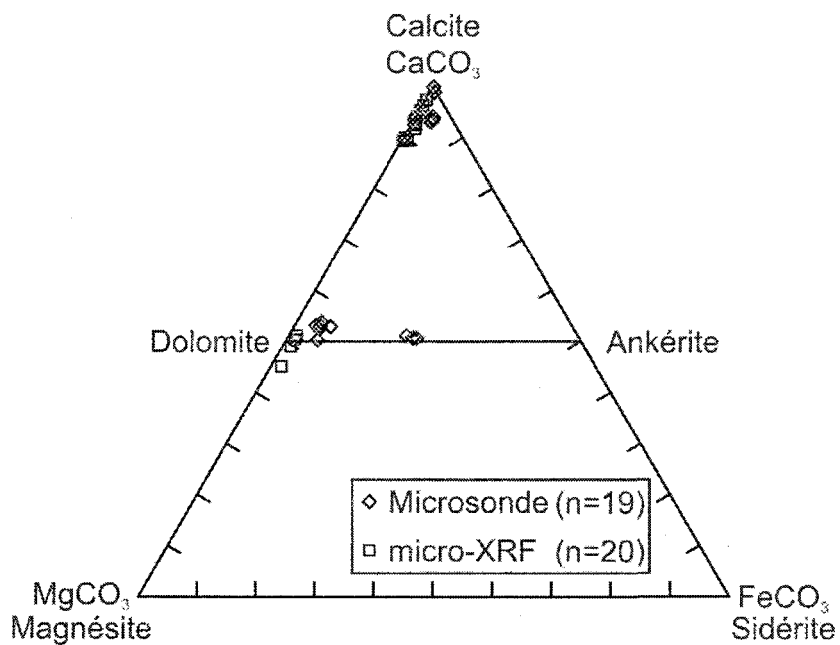
L'ensemble des résultats d'analyses est présenté à l'annexe IV. Ceux-ci ont été classés par indices, par échantillons, par type d'encaissant, par habitus cristallin de la pyrite et selon leur teneur aurifère. Les analyses de pyrite provenant d'un même échantillon ont une signature relativement homogène (figure 6.11). Deux analyses font toutefois exception. Le point #3 de la lame Chino-06 a des concentrations en Cu, Mo, Ag, Sn et Au d'un à deux ordres de magnitude supérieurs aux autres analyses de cette lame. Le point #1 de la lame ZC-23A a des concentrations en Ag et Au de trois à quatre ordres de magnitude supérieurs aux concentrations des autres points d'analyses sur la lame. En subdivisant les analyses selon leur contenu en or, une signature géochimique de la pyrite aurifère se détache. En effet, la pyrite aurifère est également enrichie en Ag, As, Sb et Pb en comparaison à la pyrite stérile (figure 6.12). Cette signature de la pyrite aurifère est commune pour la pyrite provenant autant de l'indice Chino que de l'indice Zone Contact.

Les échantillons ont aussi été subdivisés selon l'habitus cristallin des grains de pyrite analysés, soit : 1) massif, 2) avec une multitude d'inclusions, 3) très fracturées, 4) massif avec une portion fracturée ou avec de nombreuses inclusions. La pyrite massive et celle comportant une multitude d'inclusions représentent la grande majorité de la pyrite retrouvée aux deux indices. La comparaison de ces deux groupes indique que la pyrite à inclusions est plus riche en or (figure 6.12). En effet, tous les grains de pyrite dont la teneur en or est supérieure à 0,7 ppm comportent des inclusions. Une seule exception à cette règle est l'analyse #1 de la lame ZC-23A (figure 6.11), dont les teneurs en Au et en Ag qui sont respectivement de 3224 ppm et 1230 ppm, sont les plus élevées de l'ensemble des analyses. La nature exacte de ces inclusions est inconnue. Les profils des signaux analytiques qui enregistrent les coups par seconde par rapport au temps, en milliseconde, montrent que certaines inclusions renferment d'importantes teneurs aurifères (figure 6.13). Par contre, l'or détecté par ces analyses n'est pas seulement contenu dans ces inclusions. En effet, les profils des signaux analytiques de l'or forment des plateaux qui indiquent que les valeurs en or obtenues se retrouvent à l'intérieur même de la structure de la pyrite (figure 6.13).

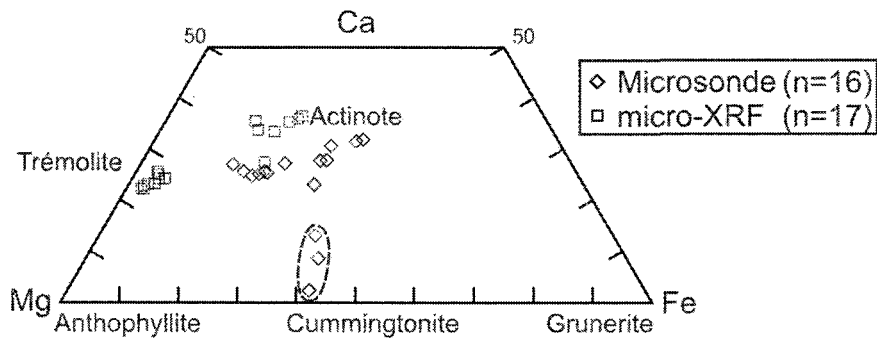
#### **6.4 Synthèse**

Les analyses chimiques sur différents minéraux ont permis d'éclaircir certains points.

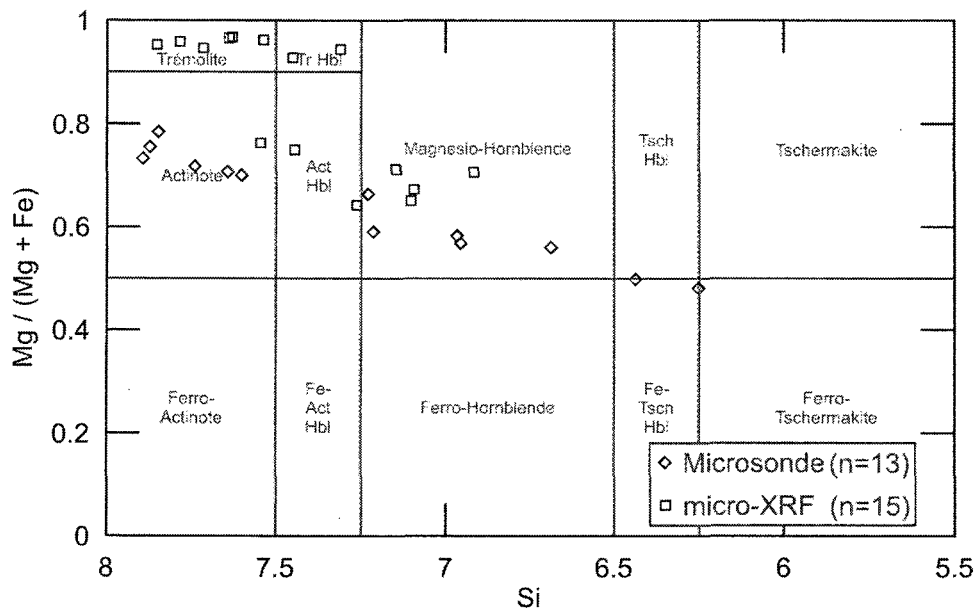
- Le carbonate des zones minéralisées correspond à de la calcite et de la dolomite. Les veinules noires formant les extrémités des veines aurifères sont bel et bien formées de tourmaline. Ces veinules de tourmaline ainsi que les rubanements des veines aurifères contiennent une dissémination d'ilménite comportant des exsolutions de rutile – titanite
- Les calculs de géothermomètres ont permis de déterminer avec précision la température du pic de métamorphisme qui est de  $529 \pm 21$  °C à 5 kbar.
- Les analyses par ablation au laser montrent que la pyrite provenant des zones minéralisées des indices Zone Contact et Chino, a une composition similaire et qu'elle est enrichie en Au, Ag, As, Sb, Pb. Ces analyses ont révélé également que la pyrite ayant un contenu aurifère significatif comportent de nombreuses inclusions.



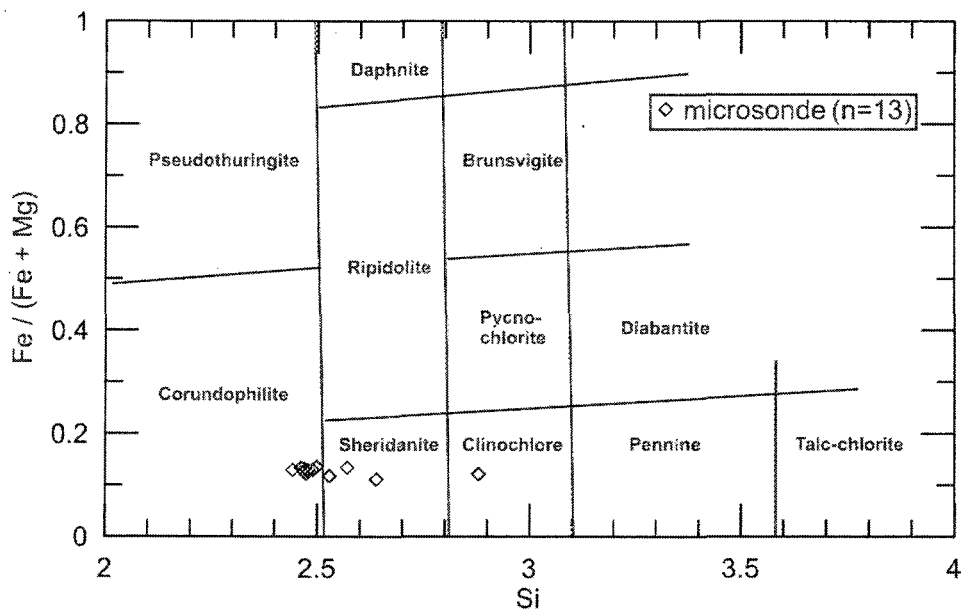
**Figure 6.1.** Composition des carbonates analysés au micro-XRF et à la microsonde.



**Figure 6.2.** Composition de l'ensemble des amphiboles analysées au micro-XRF et à la microsonde. La zone en tireté correspond aux analyses de cummingtonite.



**Figure 6.3.** Composition des amphiboles calciques analysées au micro-XRF et à la microsonde. Le diagramme exclut deux analyses micro-XRF de trémolites dont les valeurs stœchiométriques en silice sont de 8,32 et 8,63.



**Figure 6.4.** Composition des chlorites analysées à la microsonde selon la classification de Hey (1954).

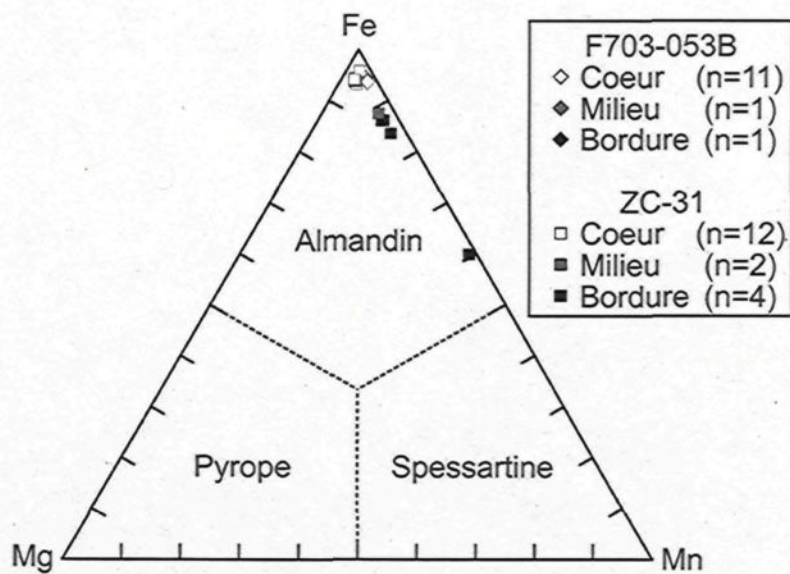


Figure 6.5. Composition des grenats analysés à la microsonde

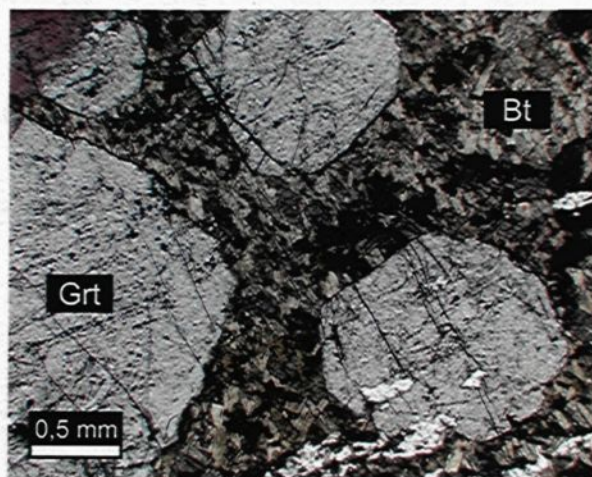
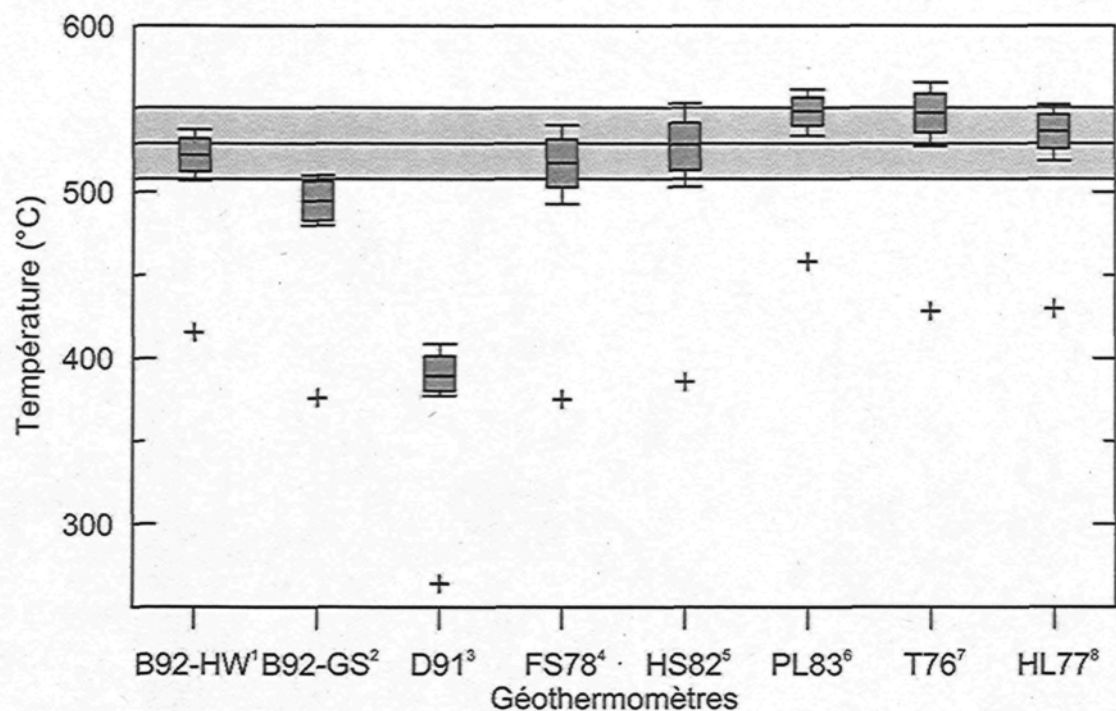
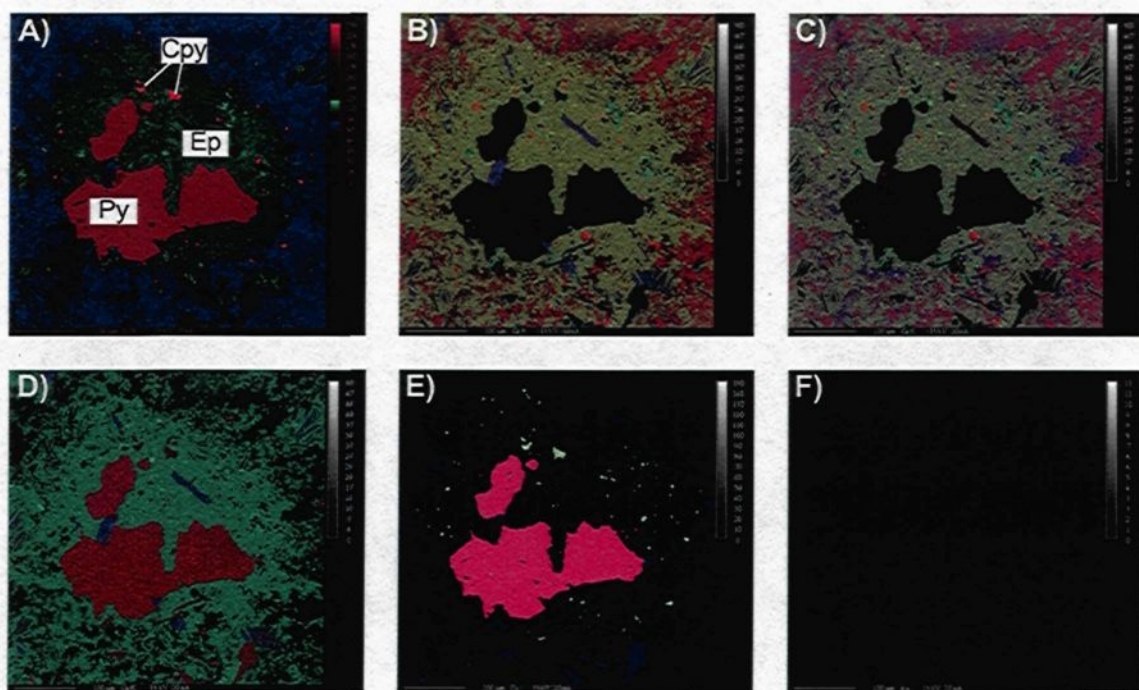


Figure 6.6. Microphotographie en lumière naturelle de l'assemblage grenat - biotite.

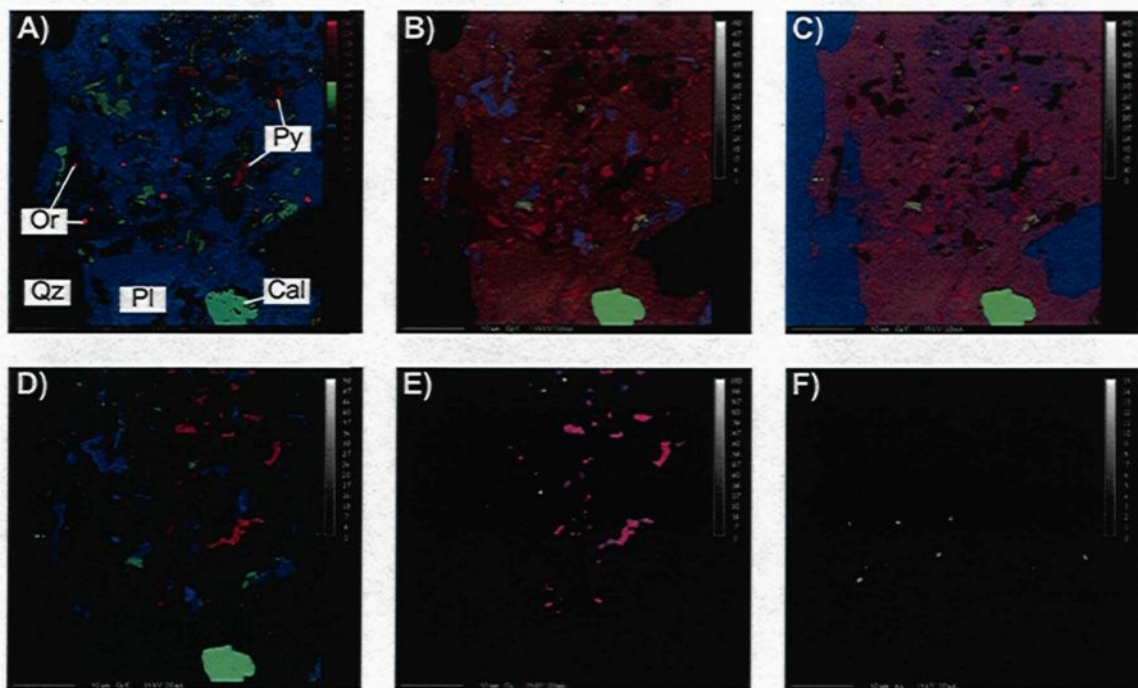


**Figure 6.7.** Boîtes à moustaches des géothermomètres des couples grenat – biotite calculés à partir de huit méthodes différentes. La zone gris pâle représente la moyenne des températures obtenues  $\pm$  un écart-type ( $529 \pm 21$  °C). Les + représentent les valeurs nettement inférieures obtenues avec un des couples grenat – biotite. <sup>1</sup>Bhattacharya *et al.*, 1992 selon les paramètres de Hackler et Wood (1989). <sup>2</sup>Bhattacharya *et al.*, 1992 selon les paramètres de Ganguly et Saxena, (1984). <sup>3</sup>Dasguta *et al.*, 1991. <sup>4</sup>Ferry et Spear, 1978. <sup>5</sup>Hodges et Spear, 1982. <sup>6</sup>Perchuk et Lavrenteva, 1983. <sup>7</sup>Thompson, 1976. <sup>8</sup>Holdaway et Lee, 1977.

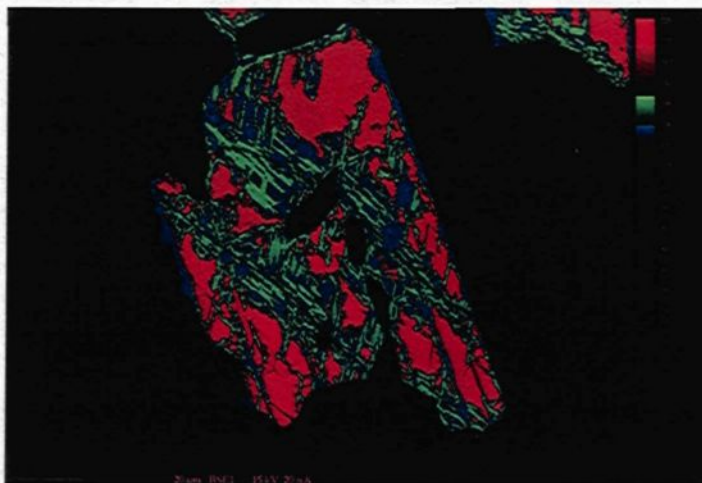




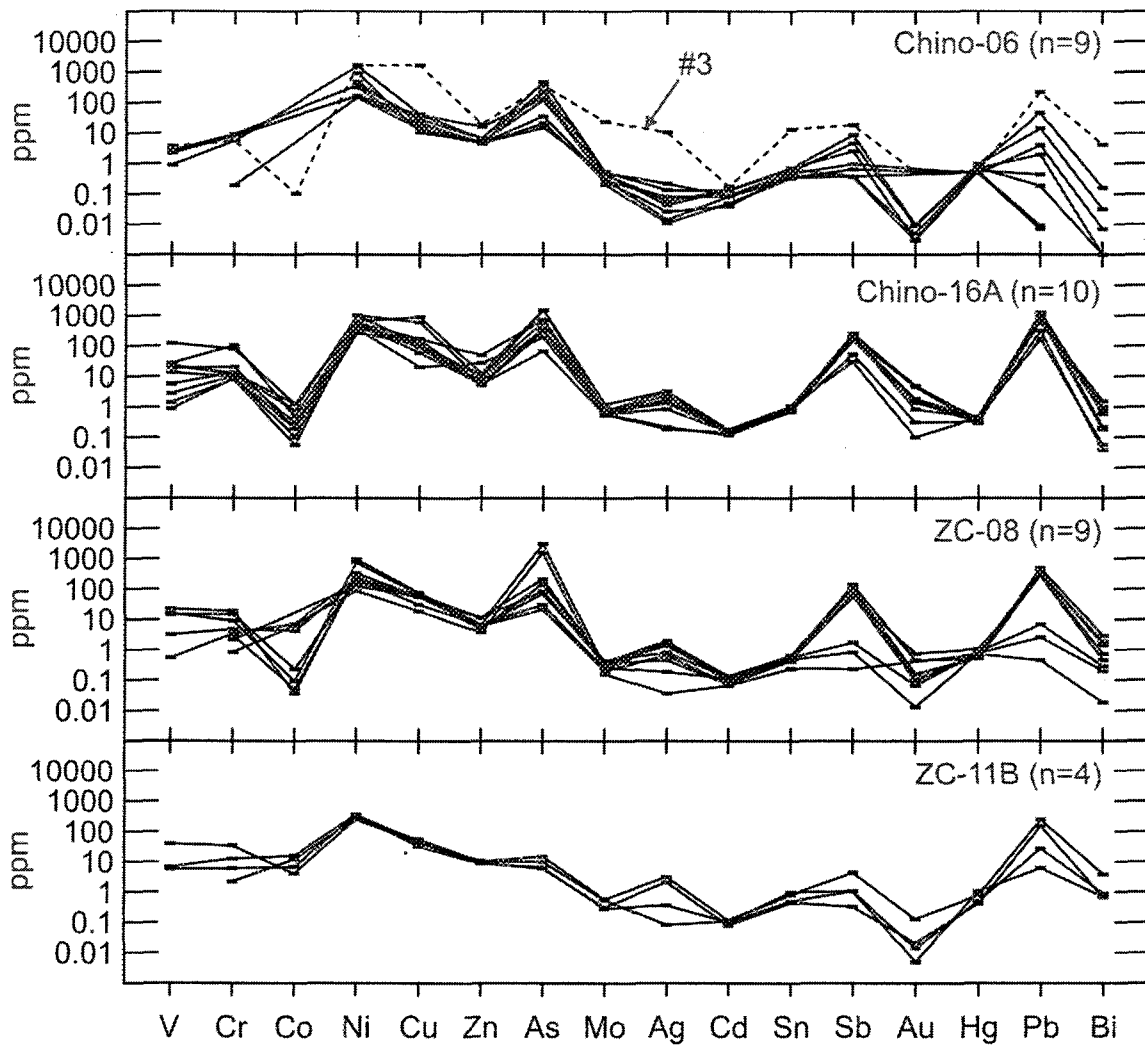
**Figure 6.8.** Cartographie à haute résolution et en fausses couleurs par microsonde montrant l'association pyrite – chalcopyrite – épidoite dans les zones à hautes teneurs aurifères de l'indice Chino (éch. SW-18A). A) Cartographie de la densité par électrons rétrodiffusés accentuée par des teintes de bleu (basses valeurs), de vert (moyennes valeurs) et de rouge (hautes valeurs). B) Cartographie du Mg en bleu, du Ca en vert et de Al en rouge. C) Cartographie du Si en bleu, du Ca en vert et de Al en rouge. D) Cartographie du Mg en bleu, du Ca en vert et du Fe en rouge. E) Cartographie du Fe en bleu, du Cu en vert et du S en rouge. F) Cartographie de l'or indiquant l'absence de grains d'or libre.



**Figure 6.9.** Cartographie à haute résolution et en fausses couleurs par microsonde de grains de pyrite, de chalcopryrite et d'or disséminés à l'intérieur de plage de quartz et de plagioclase à l'indice Chino (éch. SW-18B). A) Cartographie de la densité par électrons rétrodiffusés accentuée par des teintes de bleu (basses valeurs), de vert (moyennes valeurs) et de rouge (hautes valeurs). B) Cartographie du Mg en bleu, du Ca en vert et de Al en rouge. C) Cartographie du Si en bleu, du Ca en vert et de Al en rouge. D) Cartographie du Mg en bleu, du Ca en vert et du Fe en rouge. E) Cartographie du Fe en bleu, du Cu en vert et du S en rouge. F) Cartographie de l'or indiquant la présence de grains d'or libres



**Figure 6.10.** Image en fausses couleurs de la densité par électrons rétrodiffusés obtenue par microsonde d'un grain d'ilménite, en rouge comportant des exsolutions de rutile en vert et de titanite en bleu (éch. SV-05). La destruction de l'ilménite est typiquement observée dans les zones les plus riches en or



**Figure 6.11.** Profils métalliques des pyrites de différents échantillons provenant des indices Chino et Zone Contact.

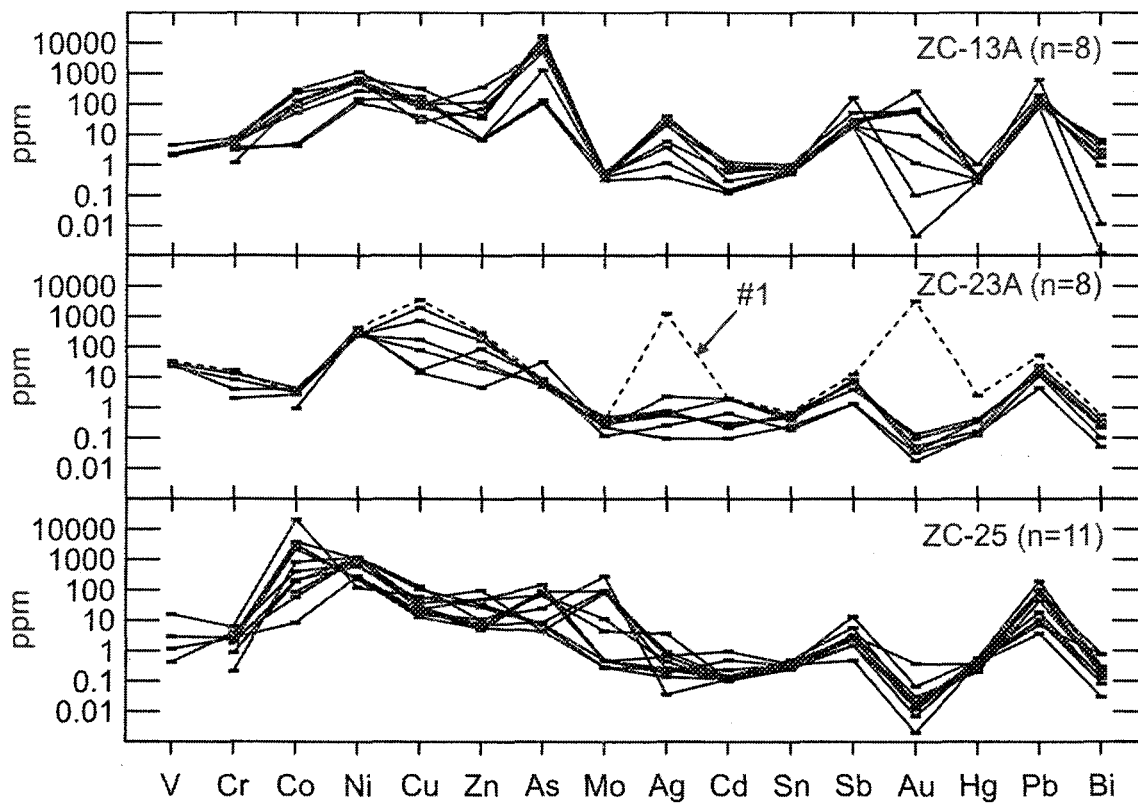
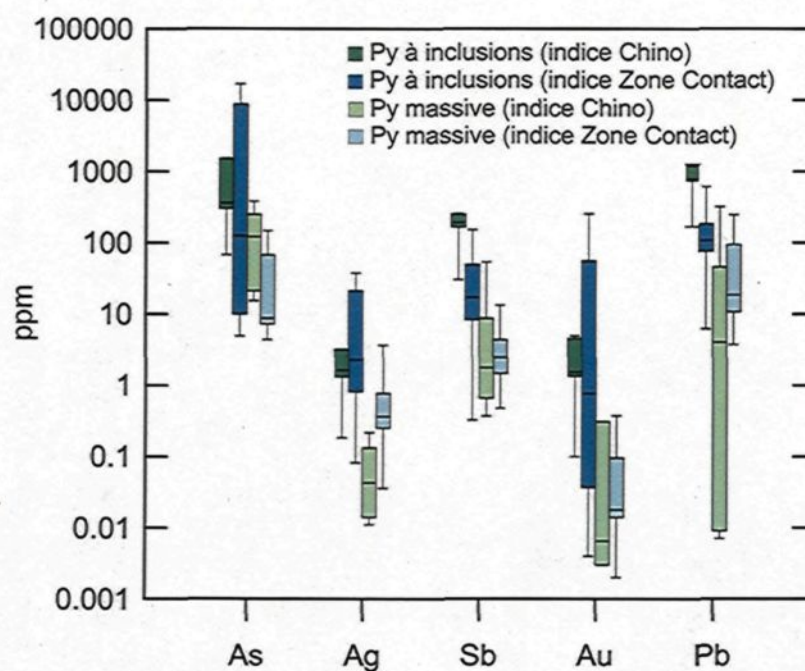
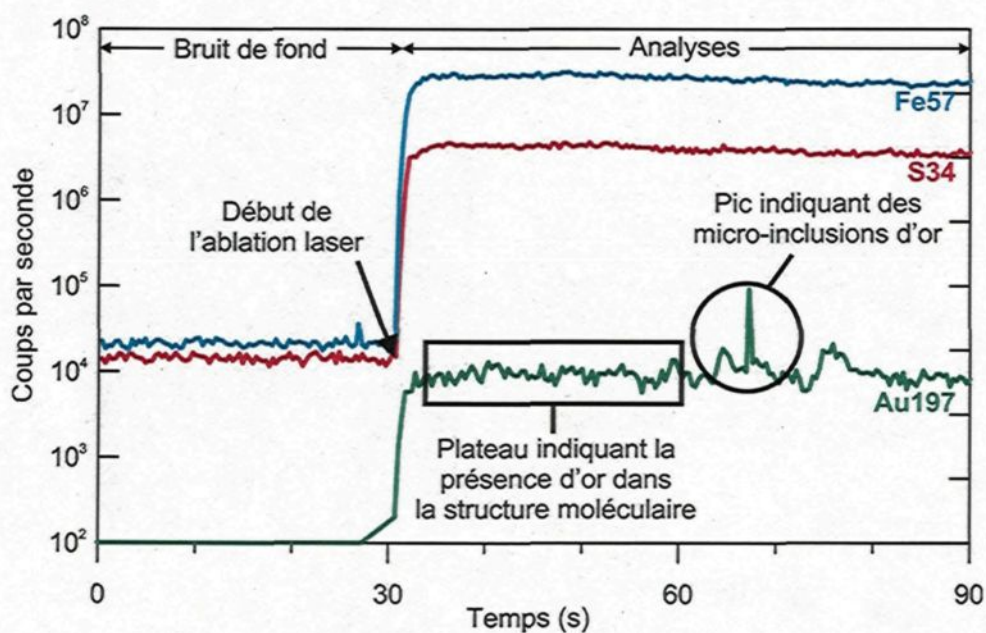


Figure 6.11 (suite).



**Figure 6.12.** Composition en éléments traces de pyrites classées selon leur provenance et leur habitus cristallin.



**Figure 6.13.** Exemple d'un profil analytique au LA-ICP-MS (Chino-16A, point #3).

## **CHAPITRE 7**

### **DISCUSSION**

#### **7.1 Synchronisme de la minéralisation**

Les zones minéralisées du secteur à l'étude possèdent des caractéristiques très différentes d'une zone à l'autre. D'un point de vue lithologique, la veine Chino est encaissée par des basaltes tandis que les autres indices sont encaissés par des roches sédimentaires. Les veines à l'indice Zone Contact sont fortement boudinées, alors que la veine Chino est plissée. Les indices Bull et Chino comportent tous deux des stockwerks tandis que ce type d'altération est absent sur l'indice Zone Contact et Isabelle. De plus, le stockwerk de l'indice Bull est aurifère et celui de l'indice Chino est généralement stérile. Étant donné ces différences dans le style des minéralisations, il est primordial de déterminer si celles-ci se sont formées de façon contemporaine ou si elles sont reliées à plusieurs événements minéralisateurs.

### 7.1.1 Déformation des veines

Si les minéralisations sont cogénétiques, elles devraient avoir subi les mêmes évènements de déformation. Or, les veines à l'indice Zone Contact sont boudinées et celles de l'indice Chino sont plissées. Par contre, cette différence dans le style structural des veines est compatible avec la direction du raccourcissement associé à la déformation principale  $D_2$ .

Sur l'indice Zone Contact, les veines ont été boudinées et transposées selon le plan d'aplatissement de la déformation principale qui correspond à la schistosité  $S_2$ . Les plans axiaux définis par les plis de la veine Chino sont également parallèles à la schistosité  $S_2$ . Les veines des deux indices ont donc été affectées par la déformation  $D_2$ .

La principale différence entre ces deux indices est l'orientation originelle des veines déformées. Tel que montré à la figure 7.1, un objet planaire compétent, telle qu'une veine de quartz, qui est à l'origine à faible angle avec la direction du raccourcissement sera plissé pendant la déformation. À l'inverse, si cet objet est, à l'origine, à fort angle avec la direction du raccourcissement, il sera alors boudiné. Par analogie, les veines retrouvées à l'indice Zone Contact devaient être à l'origine à fort angle avec la direction du raccourcissement qui a induit la schistosité  $S_2$ , tandis que la veine Chino était subparallèle à la direction du raccourcissement. Lors de la déformation et tel que montré à la figure 7.1, les veines de l'indice Zone Contact se font paralléliser et boudiner selon le plan d'aplatissement  $S_2$  tandis que la veine Chino se fait plisser en plis  $P_2$ , tel qu'observé sur le terrain. Par



conséquent, malgré leur style structural contrastant, les veines des indices Zone Contact et Chino ont toutes deux enregistrées l'évènement de déformation  $D_2$ .

#### *7.1.1.1 Chronologie de la déformation et de la minéralisation*

Tel que décrit dans la section 4.1.3, la schistosité  $S_1$  s'est développée le long de la veine Chino (figure 4.6). Cette relation indique que la veine a subi, du moins en partie, la déformation  $D_1$ . En considérant les minéralisations aux différents indices comme étant synchrones, il est possible de positionner celles-ci relativement aux quatre évènements de déformation répertoriés. Ainsi, la figure 7.2 montre la fenêtre de possibilité pour la mise en place de ces minéralisations. Cette fenêtre couvre l'ensemble de l'évènement de déformation  $D_1$ . Des pointillés indiquent que la minéralisation peut s'être mise en place avant la déformation, car aucune observation ne contraint un âge relatif maximal pour les minéralisations. Les pointillés se prolongent également à l'évènement de déformation  $D_2$ , car la présence de la schistosité  $S_1$  le long de la veine Chino constitue la seule évidence de la mise en place précoce des veines aurifères. Par contre, de nombreuses observations, telles que le boudinage et le plissement des veines, confirment qu'elles ont subi la majorité de l'évènement de déformation  $D_2$ .

#### **7.1.2 Minéralogie et texture des veines et des stockwerks**

Des veines de quartz sont retrouvées à chacun des quatre indices et deux de ces indices sont les hôtes de réseaux de veinules de quartz – carbonate. Aux indices Zone Contact, Chino et Isabelle, les veines de quartz contiennent

l'essentiel de la minéralisation. La composition de ces veines reflète donc en partie la composition du fluide hydrothermal à l'origine des minéralisations. Par contre, les différentes textures retrouvées à l'intérieur des veines sont liées à leurs processus de mise en place, mais aussi aux processus subséquents de déformation. Si la minéralogie et les textures des veines sont similaires pour l'ensemble des indices étudiés, il est justifié de supposer que le fluide hydrothermal et le processus de mise en place à l'origine de ces veines sont les mêmes et que les minéralisations sont cogénétiques.

Les différentes minéralogies des veines des quatre indices étudiés, telles que décrit dans le chapitre 4 sont résumées à la figure 7.3. Les veines minéralisées de ces quatre indices sont dominées par le quartz avec des concentrations modales de plus de 80 %. Dans l'ensemble de ces veines, le quartz possède une texture saccharoïde en grains de 50 à 300 µm avec des jonctions de grains triples.

Outre le quartz, des quantités variables de carbonate, de feldspath séricitisé, d'amphibole, de chlorite, de tourmaline, de biotite, d'oxydes et de sulfures sont présentes dans ces veines. À l'indice Bull, les veines ont une minéralogie plus simple à quartz – carbonate – pyrite. Par contre, ces veines ont une importance moindre par rapport à la minéralisation, plutôt dominée par un stockwerk aurifère. Pour les veines des autres indices, leur minéralogie est comparable avec une dominance de quartz, de feldspath séricitisé, de carbonate et de chlorite. Ces minéraux ont également un pourcentage modal similaire à chacun des trois indices (figure 7.3).

Les minéraux composant les veines forment deux textures : localement en dissémination à l'intérieur du quartz saccharoïde et principalement en rubanements mono- ou pluriminéraux. Ces rubanements montrent des compositions variables, mais cette texture est commune aux veines des indices Zone Contact, Isabelle et Chino. De plus, les extrémités des veines Principale de l'indice Zone Contact et de la veine Chino sont caractérisées par des veinules centimétriques de tourmaline. Aux deux indices, la tourmaline est massive et elle est distribuée en cristaux extrêmement fins. Ces veinules de tourmaline localisées sur les deux indices comprennent de l'ilménite finement disséminée.

Du point de vue minéralogique et textural, les veines des indices Zone Contact, Isabelle et Chino sont très semblables. Les veines de l'indice Bull se différencient légèrement par l'absence de certains minéraux et une plus grande proportion de pyrite, jusqu'à 30 %.

Le stockwerk de l'indice Bull peut être comparé à celui retrouvé sur l'indice Chino. Bien que le stockwerk à l'indice Chino ne soit pas associé à des teneurs anormales en or, les stockwerks des deux indices partagent des minéralogies de veinules similaires.

À l'indice Chino, deux systèmes de veinules sont présents. Un premier à quartz – feldspath  $\pm$  amphibole – biotite et un autre à carbonate – amphibole  $\pm$  quartz. Dans les portions distales de l'indice Bull, des bandes à amphibole – carbonate  $\pm$  quartz sont présentes. Celles-ci ont des textures similaires au deuxième réseau de veinules mentionné ci-haut. Au cœur de la zone minéralisée

de l'indice Bull, le quartz domine l'assemblage d'altération qui est également formée de feldspath – biotite – pyrite – ilménite  $\pm$  chlorite – amphibole. Cet assemblage d'altération est similaire aux veinules blanches de l'indice Chino à quartz- feldspath  $\pm$  amphibole – biotite. La plus grande proportion de biotite à l'indice Bull est probablement causée par la plus grande concentration de potassium dans les roches sédimentaires encaissantes.

### **7.1.3 Altérations des lithologies encaissantes**

L'altération est l'empreinte laissée par le fluide hydrothermal dans la roche encaissant la minéralisation. Le type d'altération est influencé par trois principaux facteurs : la composition de la roche encaissante, la signature du fluide hydrothermal et le ratio eau/roche (Henley et Ellis, 1983). Si les minéralisations sont cogénétiques, la signature des fluides hydrothermaux à l'origine des différents indices devrait être similaire.

L'étude quantitative de l'altération a porté principalement sur les roches encaissantes des indices Chino et Zone Contact. Il en ressort que les roches sédimentaires retrouvées à l'indice Zone Contact aussi bien que les basaltes de l'indice Chino sont caractérisés par une forte altération potassique associée à une perte en sodium. Le seul échantillon étudié provenant de l'indice Bull illustre un profil d'altération très similaire aux échantillons des deux autres indices.

Du point de vue minéralogique, l'altération potassique est caractérisée par une abondance de biotite et par la séricitisation des plagioclases. Ces deux

assemblages d'altération potassique sont présents sur les quatre indices étudiés. De plus, l'altération en carbonate est également commune à l'ensemble des indices.

Les roches encaissantes des quatre indices ont donc été affectées par le même type d'altération. Par conséquent, la signature du fluide hydrothermal relié aux minéralisations est vraisemblablement la même pour tous les indices.

#### **7.1.4 Géochimie de la pyrite**

La pyrite est commune à l'ensemble des zones minéralisées étudiées. Les analyses *LA-ICP-MS* ont démontré qu'elle est intimement reliée à l'or. En effet, l'or en association avec la pyrite est soit à l'intérieur de sa structure cristalline, soit en micro-inclusions disséminées dans ce minéral. Les données obtenues par *LA-ICP-MS* ont également permis de déterminer que la pyrite poreuse et contenant de nombreuses inclusions est liée à des teneurs aurifères élevées. Celle-ci a également une signature en éléments traces la distinguant des autres types de pyrite. La signature de cette pyrite est similaire pour les indices Zone Contact et Chino (figure 7.4). De plus, cette pyrite à micro-inclusions est présente sur les quatre indices étudiés.

#### **7.1.5 Synthèse**

Une étude plus approfondie des indices de la propriété Opinaca a permis de démontrer que les différences apparentes entre les indices étudiés représentent des variations d'un même grand système. En effet, l'étude de la déformation a

démonstré que les indices Chino et Zone Contact ont été affectés par le même épisode de déformation principale  $D_2$ . De plus, les veines des indices Chino, Zone Contact et Isabelle ainsi que les veinules composant les stockwerks des indices Chino et Bull sont similaires au point de vue minéralogique et textural. Les indices du secteur à l'étude ont tous été affectés par une altération potassique et une carbonatation. Toutes ces caractéristiques communes entre les quatre indices à l'étude permettent d'interpréter que les minéralisations aurifères de la propriété Opinaca sont cogénétiques.

## **7.2 Les liens entre le magmatisme magnésien et la minéralisation**

Le système magmatique magnésien est formé des dykes de type 2 et 3 (défini dans la section 2.3.6). Il est spatialement associé aux veines aurifères des quatre indices étudiés. Tel que décrit dans les diverses sections *Relations avec le magmatisme* du chapitre 4 (4.1.4, 4.2.4, 4.3.3 et 4.4.3), les veines des quatre indices se situent, en tout ou en partie, en bordure des dykes du système magnésien ou directement encaissées à l'intérieur de ceux-ci. Voici un résumé de ces relations.

- À l'indice Isabelle, la veine aurifère est localisée à l'éponte d'un dyke de type 3c et de nombreux dykes de gabbronorite se trouvent dans le secteur.
- À l'indice Bull, la minéralisation est partiellement encaissée à l'intérieur de dykes de type 2a, 2c et 3c.
- À l'indice Chino, plusieurs dykes de type 3b sont présents. L'un d'eux longe

la veine Chino sur une longueur de 10 m dans la portion centrale de l'indice. À cet endroit, ce dyke est localisé à la charnière d'un pli  $P_2$  affectant également la veine. La veine Chino est d'ailleurs plissée et boudinée sur l'ensemble de sa longueur. Plus au nord, un autre dyke de type 3b est fortement plissé et boudiné. La schistosité  $S_2$  se confond aux plans axiaux autant des plis affectant la veine que des plis affectant les dykes de type 3b (figure 4.8 a).

- À l'indice Zone Contact, plusieurs dykes de gabbronorites sont présents. Ceux-ci sont principalement de type 2a, mais des dykes de type 3a et 3c sont également observés. La veine Principale est d'ailleurs soit à l'intérieur, soit à l'éponte d'un dyke de type 2a sur la majorité de sa longueur (figure 4.13 a et b).

Dans les relations discutées jusqu'à maintenant, les dykes possèdent un assemblage d'altération caractérisé par la présence de biotite et de carbonate. Cependant, à 3 m au sud de la veine Principale de l'indice Zone Contact, un dyke de type 2a recoupe la zone d'altération (figure 3.5 c). Celui-ci est composé d'une minéralogie « fraîche » à trémolite – chlorite – feldspath. De plus, un deuxième échantillon prélevé à l'intérieur de la zone d'altération de l'indice Zone Contact montre une minéralogie « fraîche ». Celui-ci provient d'un dyke de type 2a situé plus à l'ouest, à l'intérieur de roches sédimentaires fortement altérées. La zone d'altération associée à l'indice Zone Contact est donc recoupée par deux dykes magnésiens de type 2a possédant les mêmes caractéristiques minéralogiques et

géochimiques que les dykes magnésiens situés en dehors des zones minéralisées.

### 7.2.1 La chronologie relative entre les dykes et la minéralisation

Les relations entre les veines, les dykes de type 3b et la déformation observés à l'indice Chino démontrent qu'en plus de l'association spatiale qui existe entre les dykes magnésiens et la minéralisation, ceux-ci partagent également un style structural commun. Ces relations impliquent que la mise en place des dykes et de la minéralisation ne peut être postérieure à la déformation  $D_2$ .

Les veines minéralisées encaissées à l'intérieur de dykes magnésiens indiquent que ces dykes sont précoces par rapport à la minéralisation. De plus, les dykes magnésiens observés à l'intérieur des zones minéralisées sont généralement altérés en biotite et en carbonate. Ce phénomène indique que ces dykes sont précoces par rapport au système hydrothermal responsable de la mise en place des assemblages d'altération hydrothermale et de la minéralisation. Cette relation implique qu'au moins une partie du système magmatique magnésien de la propriété Opinaca s'est mis en place avant le système minéralisateur. Toutefois, certains de ces dykes localisés au cœur de la zone d'altération de l'indice Zone Contact ne sont pas affectés par l'altération. Cette relation peut être expliquée de deux manières.

- Premièrement, les dykes à minéralogie « fraîche » ont été réfractaires à l'altération. En effet, ceux-ci pourraient avoir été moins réceptifs aux fluides



hydrothermaux et auraient pu préserver leur minéralogie d'origine.

- Deuxièmement, ces dykes recoupent la zone d'altération et sont postérieurs à la circulation des fluides hydrothermaux associés aux minéralisations.

D'autre part, la différenciation chimique des dykes faisant partie du système magmatique magnésien implique une mise en place des dykes s'échelonnant sur une longue période de temps. Ce phénomène indique donc que les dykes auraient pu amorcer leur mise en place de façon précoce à la minéralisation, pour ensuite s'introduire pendant et même après l'altération des roches encaissantes.

### **7.3 Distribution à l'échelle régionale du magmatisme magnésien**

Le système magmatique magnésien de la propriété Opinaca a une signature géochimique très particulière. Toutefois, de nombreux équivalents sont retrouvés à la Baie-James.

#### **7.3.1 Données du Sigéom**

Afin de vérifier si le système magmatique magnésien de la propriété Opinaca a des équivalents à l'échelle régionale, la banque de données Sigéom du Ministère des ressources naturelles et de la faune du Québec (MRNF) a été investiguée. La recherche s'est limitée aux analyses de roches volcaniques ou intrusives, incluant leurs équivalents métamorphiques, comportant plus de 10 % MgO et situées sur les feuillets SNRC 33B, 33C, 33F et 33G (Groupes 1, 2a, 2b et « indifférencié » sur la figure 7.5). Ces feuillets couvrent un territoire de 72 000 km<sup>2</sup> englobant la majeure partie des ceintures de roches vertes de la Sous-province de La Grande.

### 7.3.1.1 Méthodologie

Trois cent quarante (340) échantillons de la banque de données Sigéom correspondent aux critères énumérés ci-haut. De ces échantillons, seuls ceux avec une somme des concentrations des éléments majeurs supérieure à 95 % et comprenant l'analyse des éléments traces et des ÉTR ont été pris en considération. Les méthodes d'analyse retenues pour les éléments traces sont l'activation neutronique et la spectrométrie de masse. Au final, cent quatre (104) échantillons ont été retenus. Ils sont listés à l'annexe V.

Ces analyses se divisent en trois groupes selon leur contenu en éléments traces et en ÉTR. Le Groupe 1, formé de vingt-deux (22) échantillons, est composé de roches d'affinité komatiitique avec des profils multiéléments plats ou à pente légèrement positive (figure 7.6). Les quatre-vingt-deux (82) analyses qui restent forment le Groupe 2. Ils montrent des profils multiéléments fractionnés qui se disposent parallèlement aux profils des dykes magnésiens de la propriété Opinaca. Le Groupe 2 se subdivise en deux sous-groupes :

- Le Groupe 2a est très pauvre en potassium ( $\leq 0,25$  %  $K_2O$ ), il est formé de trente-cinq (35) échantillons (figures 7.7 et 7.8).
- Le Groupe 2b a des teneurs en potassium allant de faibles à moyennes (0,45 à 3,6 %  $K_2O$ ) et il est formé de quarante-sept (47) échantillons (figure 7.7 et 7.9).

En ne tenant pas compte du K, les analyses des Groupes 2a et 2b sont très similaires et certains échantillons des deux groupes font partie de la même

intrusion (Bandyayera *et al.*, 2010). Les échantillons du Groupe 2 sont d'affinité tholéiitique à transitionnelle et tout comme les dykes de type 2 et 3 de la propriété Opinaca, ils possèdent des anomalies négatives marquées en HFSE.

D'ailleurs, leur composition est globalement très similaire aux dykes de types 2a, 3a et 3b. Les profils d'éléments traces et des ÉTR des dykes de la propriété se superposent à ceux des échantillons du Groupe 2 (figures 7.8 et 7.9). De plus, certaines analyses du Groupe 2 montrent un enrichissement en arsenic semblable aux dykes de la propriété Opinaca. En effet, dix-neuf (19) des quatre-vingt-dix (90) analyses d'arsenic effectuées sur les roches du Groupe 2 ont rapporté des résultats supérieurs à 50 ppm, dont cinq (5) supérieurs à 1 000 ppm (figure 7.10). Enfin, cette signature géochimique commune démontre que les échantillons formant le Groupe 2 et les dykes de types 2 et 3 font partie d'un même ensemble magmatique magnésien.

Bandyayera *et al.* (2010) ont répertorié une vingtaine d'intrusions ultramafiques qu'ils ont regroupées sous l'unité « Intrusion ultramafique de Giard ». Ces intrusions ont des dimensions hectométriques à kilométriques. Elles correspondent à des pyroxénites et des péridotites massives, localement litées avec des cumulats d'orthopyroxène, de clinopyroxène et d'olivine. Ces intrusions ont subi le métamorphisme régional et la bordure de certaines intrusions est métasomatisée avec des zones riches en micas et en tourmaline. La plus volumineuse des intrusions répertoriées par Bandyayera *et al.* (2010) comporte des cristaux de phlogopite de taille centimétrique. Les autres rapports de

cartographie du MRNF font rarement mention des analyses appartenant au Groupe 2, car elles proviennent souvent d'unités d'étendue mineure non représentées sur les cartographies à grandes échelles produites par le MRNF. Bandyayera et Fliszár (2007) font toutefois mention de la présence de plusieurs blocs de roches ultramafiques en bordure du Réservoir Opinaca et plus précisément d'une intrusion d'envergure qui correspond à une péridotite massive et grossièrement grenue avec des cumulats d'olivine et d'orthopyroxène. L'échantillon prélevé par le MRNF, à l'intérieur de cette unité, appartient au Groupe 2a.

Du point de vue de leur distribution spatiale, la majorité des échantillons du Groupe 2 est située à l'intérieur des paragneiss du Groupe de Laguiche (figure 7.5). Une portion moindre se retrouve à l'intérieur des ceintures de roches vertes. Toutefois, de nombreux échantillons de la banque de données du Sigéom, provenant de la ceinture de roches vertes de La Grande, ont des teneurs en MgO supérieures à 10 %, mais leurs éléments traces n'ont pas été analysés. Il est donc impossible de subdiviser ces derniers à l'intérieur des Groupes 1 ou 2.

### **7.3.2 Les dykes magnésiens et ultramafiques du lac Ewart**

À 60 km au sud du réservoir LG-3, près du lac Ewart, une série de dykes magnésiens et ultramafiques sont présents (figure 7.5). Ces dykes sont encaissés à l'intérieur des paragneiss du Groupe de Laguiche qui, à cet endroit, sont également recoupés par des intrusions granitiques et mafiques. Les dykes

magnésiens et ultramafiques possèdent des épaisseurs pouvant atteindre près de 100 m. LaFlèche *et al.* (2004) ont subdivisé les dykes magnésiens et ultramafiques selon une analyse en composante principale. Les dykes magnésiens ont des teneurs en MgO, en Cr et en Ni généralement plus basses que les dykes ultramafiques et sont légèrement plus enrichis en ÉTR. Par contre, leurs profils en ÉTR et en éléments traces sont subparallèles et similaires (figure 7.11). Par conséquent, ces deux familles ont été regroupées sous un même nom dans la présente étude, soit le système magmatique magnésien du lac Ewart (SMMLE). Ces roches ont des teneurs élevées en MgO (21,4 % à 34,1 %), en Cr (974 à 1 938 ppm) et en Ni (623 à 1 452 ppm). Tout comme les dykes de la propriété Opinaca et ceux du Groupe 2 de la banque de données du Sigéom, ces dykes ont des profils d'éléments traces fractionnés marqués par des anomalies négatives prononcées en *HFSE* (LaFlèche *et al.*, 2004).

De plus, un des dykes du SMMLE a fait l'objet de prospection pour son contenu en or. Trente-huit (38) échantillons de rainures ont été prélevés à l'intérieur de ce dyke. Les analyses de ces échantillons montrent un contenu anormal en or et en arsenic avec des valeurs moyennes de 84 ppb Au et de 472 ppm As et des valeurs maximales de 362 ppb Au et 1 036 ppm As. (LaFlèche *et al.*, 2006).

Le SMMLE se trouve à l'intérieur d'un corridor tectonique de plus de 5 km de largeur. Ce corridor est orienté à 310°N et il fait contraste avec le grain tectonique régional d'orientation E-O. Les unités à l'intérieur de ce corridor ont été

parallélisées à celui-ci, incluant les dykes du SMMLE (LaFlèche *et al.*, 2004). Le dyke ayant fait l'objet de prospection aurifère est, quant à lui, situé à la charnière d'un pli plongeant vers le NE (LaFlèche *et al.*, 2006). Ces dykes ont donc subi la déformation régionale. Des observations sous le microscope montrent que les dykes du SMMLE ont également été affectés par une forte recristallisation métamorphique (LaFlèche *et al.*, 2004).

### **7.3.3 Synthèse : définition de l'Essaim magnésien de la Baie-James**

La comparaison entre les dykes de type 2 et 3 de la propriété Opinaca, les analyses de roches de Groupe 2 de la banque de données du Sigéom et les dykes du SMMLE, montrent qu'ils sont tous apparentés. En effet, du point de vue géochimique, les trois ensembles présentent des profils très similaires et comportent des enrichissements en arsenic. De plus, les dykes du SMMLE ont un contenu en or fortement anomal. Les dykes de la propriété Opinaca et ceux du SMMLE sont précoces par rapport à l'évènement de déformation principale et au pic métamorphique régional. Ces roches ont donc plusieurs points communs et sont interprétées comme faisant partie d'un seul et même système magmatique, appelé ici : l'Essaim magnésien de la Baie-James (EMBJ).

## **7.4 Affiliation magmatique des dykes de l'EMBJ**

Tel que démontré dans la section précédente, les dykes de types 2 et 3 de la propriété Opinaca font partie d'un ensemble magmatique magnésien et fractionné présent sur l'ensemble du territoire de la Baie-James. La signature géochimique

caractéristique du système, c'est-à-dire des profils multiéléments fractionnés et des anomalies négatives prononcées en *HFSE*, indique que ces roches ne correspondent pas à des komatiites ou à des picrites. Cette section compare donc la signature géochimique de l'EMBJ avec la signature des principaux magmas archéens riches en magnésium et appauvris en *HFSE*. Le tableau 7.1 présente les principales caractéristiques de ces types de roches.

#### **7.4.1 Méthodologie**

Ces analyses proviennent de la base de données de Georoc (Sarbas et Nohl, 2009). Cette base de données contient, à ce jour, les analyses d'un peu moins de 12 000 échantillons provenant de l'ensemble des cratons archéens. Plus de 5 000 de ces échantillons ont une caractérisation complète de leurs éléments majeurs et des ÉTR. Un premier tri a permis d'identifier environ 500 échantillons caractérisés par une anomalie en Nb et en Ti. Ensuite, les roches sédimentaires, les laves felsiques et les intrusions felsiques ont été retranchés. Les échantillons ont, par la suite, été classés selon leur nature lithologique et comparés au système magmatique magnésien de la Baie-James.

**Tableau 7.1 : Comparaison entre différents types de roches riches en MgO et appauvries en HFSE**

Lithologie	Dykes de type 2 <i>n</i> = 12	Dykes de type 3 <i>n</i> = 12	Boninite <sup>1</sup> <i>n</i> = 65	SHMB <sup>2</sup> <i>n</i> = 33	Shoshonite <sup>3</sup> <i>n</i> = 7	Lamprophyre <sup>4</sup> shoshonitique <i>n</i> = 104
Texture	Massive	Massive		Spinifex (rare)		Phénocristaux
SiO <sub>2</sub> (%)	46,8-55,7 (50,2)	48,7-54,5 (51,2)	<b>37,9-62,7 (51,2)</b>	<b>46,7-66,2 (52,6)</b>	<b>48,6-53,7 (50,8)</b>	<b>39,9-66,0 (52,3)</b>
TiO <sub>2</sub> (%)	0,74-0,98 (0,9)	0,64-1,02 (0,76)	0,14-0,64 (0,33)	<b>0,35-1,97 (0,80)</b>	<b>0,68-1,17 (0,87)</b>	<b>0,35-1,65 (0,71)</b>
MgO (%)	6,8-18,1 (13,0)	6,3-17,8 (10,6)	<b>3,1-25,5 (14,0)</b>	<b>2,76-21,6 (8,9)</b>	2,8-11,8 (7,8)	<b>1,4-24,2 (7,7)</b>
Mg#	52,2-78,9 (69,6)	54,8-78,6 (68,5)	<b>48,6-82,2 (69,8)</b>	<b>40,0-76,3 (57,2)</b>	37,9-69,3 (57,9)	<b>41,9-82,9 (64,5)</b>
K <sub>2</sub> O (%)	0,12-2,77 (0,93)	0,11-2,58 (1,38)	<b>0,01-1,37 (0,48)</b>	<b>0,01-3,38 (0,54)</b>	2,27-3,58 (2,74)	<b>0,03-5,6 (2,12)</b>
Cr (ppm)	530-1 570 (1 079)	400-1330 (717)	<b>74-2 765 (1 267)</b>	<b>32-2 731 (695)</b>	<b>66-1 325 (697)</b>	<b>12-1 164 (446)</b>
Ni (ppm)	88-532 (381)	53-611 (235)	<b>68-1 184 (486)</b>	<b>48-614 (187)</b>	25-288 (159)	<b>20-1 058 (149)</b>
(La/Yb) <sub>n</sub>	3,1-11,5 (5,8)	7,1-13,9 (10,8)	0,2-5,9 (1,6)	0,7-8,1 (2,2)	<b>5,5-17,5 (10,4)</b>	<b>1,34-88,5 (24,3)</b>
Nb/Nb*	0,14-0,43 (0,31)	0,16-0,28 (0,21)	0,14-0,96 (0,46) <sup>6</sup>	0,28-1,07 (0,70)	<b>0,26-0,33 (0,30)</b>	<b>0,04-0,84 (0,20)<sup>5</sup></b>
Zr/Zr*	0,48-1,05 (0,78)	0,52-0,93 (0,67)	0,21-1,41 (0,93)	0,85-1,81 (1,02)	0,30-0,53 (0,39)	<b>0,09-1,46 (0,54)</b>

Les nombres indiqués correspondent aux minimum – maximum (moyenne) pour chacun des paramètres. Les nombres en gras représentent les valeurs qui sont similaires aux dykes de type 2 et 3. <sup>1</sup> Kerrich *et al.*, 1998, Shchipansky *et al.*, 1999, Manikyamba *et al.*, 2005, Smithies *et al.*, 2005, Srivastava, 2006. <sup>2</sup> Arndt et Jenner, 1986, Sun *et al.*, 1989, Hollings et Kerrich, 1999a, Hollings et Kerrich, 1999b. <sup>3</sup> Dostal et Mueller, 1992. <sup>4</sup> Wyman et Kerrich, 1989; Wyman et Kerrich, 1993; Taylor *et al.*, 1994, Wyman *et al.*, 1995, Hattori *et al.*, 1996. <sup>5</sup> Exclut quatre échantillons supérieurs à 1,1. <sup>6</sup> Exclut deux échantillons supérieurs à 1,2.



Quatre lithologies ont des signatures géochimiques, à première vue, semblables aux dykes magnésiens de la Baie-James (tableau 7,1). Il s'agit des boninites, des *siliceous high magnesian basalts (SHMB)*, des shoshonites et des lamprophyres shoshonitiques et/ou calco-alcalins. À l'intérieur de ces quatre grands groupes, les échantillons associés à des études spécifiques ont été choisis. Seules les études avec un nombre d'échantillons supérieurs à cinq ont été retenues. Ces études sont listées au bas du tableau 7.1 et les échantillons utilisés dans la comparaison sont listés à l'annexe V. Il est à noter que trois échantillons de l'étude de Wyman et Kerrich (1989) ont été ignorés, car ils possèdent des teneurs en silice très basses (23,2 %, 24,8 % et 35,4 %) et des profils en éléments traces qui diffèrent fortement des autres dykes de l'étude.

#### **7.4.2 Les boninites**

Les boninites sont des roches d'âge principalement phanérozoïque, mais quelques exemples archéens sont bien documentés. Les boninites phanérozoïques sont considérées comme étant le produit de la fusion partielle, à faible pression, d'un prisme mantélique (*mantle wedge*) appauvri par un ou plusieurs épisodes antérieurs d'extraction de magmas basaltiques ou andésitiques (Sun et Nesbitt, 1978; Hickey et Frey, 1982; Crawford *et al.*, 1989; Fallon et Danyushevsky, 2000; Smithies, *et al.*, 2004). Le contexte géodynamique des boninites archéennes est toutefois moins bien compris. Smithies *et al.* (2004) ont regroupé des boninites archéennes sous le terme « *second-stage melt* » selon leur

similarité géochimique avec les boninites modernes et sans considération génétique. Celles-ci sont retrouvées à l'intérieur de plusieurs ceintures archéennes, dont celles de l'Abitibi et de l'Opatoca.

Les boninites archéennes possèdent de très basses teneurs en  $\text{TiO}_2$ . Leur teneur en  $\text{TiO}_2$  est généralement deux à trois fois inférieure aux dykes de gabbronorite de la propriété Opinaca (figure 7.12). Elles ont aussi de fortes anomalies négatives en Nb et Ti. Par contre, les teneurs en Zr (figure 7.13) et Hf normalisées se trouvent généralement sur la courbe de fractionnement. La plupart des boninites ont un ratio  $\text{La/Yb}_N$  inférieur à 1 (pente positive). Toutefois, des boninites archéennes du craton Indien central montrent un fractionnement et une anomalie en Ti plus marqués, ainsi que des valeurs en Ti plus élevées (Srivastava, 2006). Néanmoins, les teneurs en  $\text{TiO}_2$  et les ratios  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de ces boninites demeurent inférieurs à ceux de l'EMBJ (figure 7.12).

#### **7.4.3 Les « *siliceous high magnesian basalts* » (SHMB)**

Les SHMB sont généralement interprétés comme étant le produit d'un magma komatiitique qui a subi de la contamination crustale et de la cristallisation fractionnée (« AFC process » Depaolo, 1981; Wilson, 1989) lors de la remontée du magma à travers la croûte continentale (Arndt et Jenner, 1986; Sun *et al.*, 1989; Hollings et Kerrich 1999a; Hollings *et al.*, 1999). La signature géochimique de la croûte continentale, composée de roches sédimentaires et d'intrusions intermédiaires à felsiques, est généralement fractionnée et possède des anomalies

négatives importantes en *HFSE*. Lors de leur remontée, les magmas komatiitiques chauds peuvent digérer les roches composant la croûte. La contamination par ces roches enrichit le magma en ÉTR lourdes ce qui contribue à son fractionnement. Afin que la température du magma ne chute pas, la contamination crustale est alors accompagnée de cristallisation fractionnée. La cristallisation de certaines phases, telles que les pyroxènes, incorpore une plus grande quantité d'ÉTR lourdes que d'ÉTR légères dans leur structure cristalline. Ce qui a pour effet d'augmenter davantage le fractionnement du magma résiduel (Rollinson, 1993).

Les *SHMB* ont des fractionnements variables avec des ratios  $La/Yb_N$  variant de 0,7 à 8,1. Les échantillons dont les profils en ÉTR sont le plus fractionnés ont des pentes similaires ou légèrement inférieures à celles de l'EMBJ (figure 7.14). Ces échantillons ont d'ailleurs des anomalies négatives en Nb et Ti plus prononcées que les échantillons moins fractionnés. Cependant, aucun des échantillons compilés ne montre une anomalie négative en Zr (figure 7.14) ou en Hf.

Les dykes magnésiens de la propriété Opinaca contiennent des fragments de roches encaissantes, notamment des fragments de roches sédimentaires et des fragments de tufs felsiques (figure 2.24). La présence de ces fragments suggère que ces dykes ont subi une certaine contamination par des roches plus felsiques. Les profils en ÉTR des dykes sont parallèles aux profils des roches sédimentaires du Membre de Sordide analysées et leurs anomalies en *HFSE* sont semblables. Les profils des roches sédimentaires sont toutefois légèrement plus enrichis. La grande similarité entre les profils ÉTR, couplée avec la présence de xénolites à

l'intérieur des dykes, indique que le magma de ces derniers comporte une composante de contamination crustale.

#### **7.4.4 Les lamprophyres calco-alcalins (ou shoshonitiques)**

Les lamprophyres forment une grande famille magmatique retrouvée généralement sous forme de dykes ou de petites intrusions porphyriques comportant des phénocristaux et/ou des xénocristaux mafiques, de mica ou d'amphibole. Les lamprophyres calco-alcalins sont une subdivision de cette famille et le terme « lamprophyre shoshonitique » est utilisé comme un synonyme (Wyman et Kerrich, 1993; Taylor *et al.*, 1994).

La mise en place de magma lamprophyrique est intimement liée aux phénomènes de subduction. Les lamprophyres calco-alcalins phanérozoïques se mettent en place principalement dans des contextes de post-collision ou de subduction oblique (Wyman et Kerrich, 1989). Dans le cas du craton du Supérieur, les lamprophyres calco-alcalins répertoriés ont été interprétés comme étant associés à l'orogène Kéronéen (Wyman et Kerrich, 1993).

Un lien empirique a, depuis longtemps, été dénoté entre les lamprophyres et les minéralisations aurifères dans les terranes archéennes (Perring *et al.*, 1989; Robert *et al.*, 2005). Dans les années 1980 et 1990, un débat a eu lieu dans la littérature scientifique sur la nature de la relation entre les lamprophyres calco-alcalins et les gisements d'or orogénique. Des relations spatio-temporelles ont été établies entre les lamprophyres calco-alcalins et les gisements d'or orogéniques

d'âge Tertiaire à Archéen. À l'Archéen, cette association est bien documentée pour les gisements d'or de la Province du Supérieur et du Yilgarn en Australie. Pour ces gisements, des relations de recoupement où les dykes et les veines aurifères se recoupent l'un et l'autre, ont été observées. Des datations isotopiques effectuées sur les lamprophyres et sur la minéralisation montrent également que les deux sont contemporains (Haliberg, 1985; McNeil et Kerrich, 1986; Rock *et al.*, 1987, 1988; Wyman et Kerrich, 1988; Rock et Groves, 1988). Wyman *et al.* (1995) ont également dénoté que ces dykes montrent un enrichissement en métaux précieux. À l'instar des minéralisations orogéniques, les lamprophyres calco-alcalins sont également en association spatiale avec des failles d'envergure crustales. Taylor *et al.* (1994) proposent toutefois que les liens entre lamprophyres calco-alcalins, minéralisations orogéniques et failles crustales ne sont pas génétiques. Les gisements d'or et les dykes se mettant en place pendant les périodes orogéniques responsables de l'édification d'arcs volcaniques. Les failles crustales qui accommodent la déformation durant ces phases de construction sont interprétées comme étant des conduits servant autant à focaliser l'infiltration de fluides hydrothermaux aurifères qu'à permettre la remontée de magma profond, tel que les lamprophyres. (Taylor *et al.*, 1994).

Les phénocristaux et les xénocristaux de ces dykes les distinguent bien des dykes présents sur la propriété Opinaca. Cependant, il n'est pas exclu que les dykes de la propriété contenaient de tels phénocristaux et que ceux-ci aient été détruits par les épisodes de déformation et de métamorphisme subséquents. Cette

modification peut se traduire par un rééquilibrage métamorphique des phénocristaux avec la matrice résultant en une granulométrie plus homogène et une texture massive. D'ailleurs Bandyayera *et al.* (2010) font mention dans leur rapport que la phase péridotitique de l'une des intrusions du Giard est riche en cristaux de phlogopite centimétriques. Cette intrusion comporte des échantillons faisant partie du Groupe 2a et du Groupe 2b.

Les lamprophyres calco-alcalins archéens ont un contenu en  $\text{SiO}_2$  plus bas, un  $\text{Mg\#}$  plus élevé et des concentrations en Co, Cr et Ni plus élevées que leurs équivalents phanérozoïques (Wyman et Kerrich, 1993). Leurs teneurs en  $\text{SiO}_2$ , en  $\text{K}_2\text{O}$  et en MgO sont aussi très variables. Par contre, leurs teneurs en  $\text{SiO}_2$  et en  $\text{K}_2\text{O}$  chevauchent celles des dykes de l'EMBJ, tandis que certains échantillons de l'EMBJ ont des teneurs en MgO plus élevées que l'ensemble des lamprophyres calco-alcalins répertoriés (figure 7.15 et 7.16). Du point de vue de leurs éléments traces, les lamprophyres calco-alcalins sont caractérisés par un enrichissement en éléments à large rayon ionique, en anglais « *large ion lithophile elements* » (*LILE*), ainsi qu'en certains éléments compatibles (Co, Cr et Ni). Ils sont appauvris en *HFSE* causant des anomalies négatives prononcées en Nb, Ti, Zr et Hf. Les amplitudes de ces anomalies sont très similaires à celles observées pour l'EMBJ (figure 7.17 et 7.18). L'enrichissement en *LILE* de lamprophyres est accompagné d'un fort fractionnement avec des ratios  $\text{La/Yb}_N$  allant de 6,6 à 56, généralement plus élevés que ceux caractérisant les échantillons de l'EMBJ.

#### 7.4.5 Les shoshonites

Les shoshonites sont principalement définies par leur contenu en éléments majeurs caractérisé par des teneurs très élevées en  $K_2O$ . La composition de ce type de roche varie de plus de 2,0 %  $K_2O$  pour une teneur en silice de 50 %, à plus de 4,0 %  $K_2O$  pour une teneur en silice de 63 % (figure 7.19). Les shoshonites modernes se retrouvent en contexte orogénique, loin de la fosse de subduction (Morrisson, 1980).

Les échantillons du Groupe 2a de la banque de données du Sigéom ont des teneurs en  $K_2O$  très basses, de moins de 0,25 %. À l'intérieur d'un même corps intrusif, des échantillons du groupe 2a (< 0,25  $K_2O$ ) et du groupe 2b (0,25 % à 3,53 %  $K_2O$ ) sont présents (Bandyayera *et al.*, 2010). En considérant le corps intrusif dans son ensemble, celui-ci ne peut faire partie de la famille des shoshonites.

Cependant, du point de vue des éléments traces, les shoshonites et l'EMBJ possèdent plusieurs caractéristiques communes. En effet, leurs profils d'éléments traces sont très similaires avec des anomalies en Nb, Zr, Hf et Ti d'intensités semblables (figure 7.20).

#### 7.4.6 Synthèse

Sur plusieurs diagrammes géochimiques, le champ du EMBJ se trouve à la jonction des quatre types de magmas discutés. Certains diagrammes permettent toutefois de tirer des conclusions plus spécifiques.

Tout d'abord, pour une teneur en aluminium équivalente, les roches de l'EMBJ sont systématiquement plus riches en titane que les boninites. De plus, pour les analyses de l'EMBJ, il existe une corrélation entre le titane et l'aluminium et cette corrélation est absente chez les boninites (figure 7.12). Étant donné qu'une teneur très basse en  $\text{TiO}_2$  est caractéristique des magmas boninitiques, l'EMBJ ne peut pas faire partie de cette famille.

Pour ce qui est des shoshonites, celles-ci sont définies par une teneur élevée en éléments alcalins, dont le potassium. Pour l'ensemble des dykes magnésiens de la propriété Opinaca, y compris les dykes qui ont subi une altération potassique, la somme des teneurs en  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{K}_2\text{O}$  ne dépasse pas 4 %. La majorité des analyses du Groupe 2b du MRNF sont également sous la barre des 4 % et ceux du groupe 2a ont des teneurs en alcalins très basses, en particulier pour le potassium. L'EMBJ ne peut donc pas être qualifié de shoshonite. Par contre, les profils multiéléments des échantillons de l'EMBJ et des shoshonites archéennes répertoriées sont très similaires (figure 7.20).

Il est difficile de départager l'appartenance de l'EMBJ à l'un ou l'autre des deux familles magmatiques restantes. Les xénolites retrouvés à l'intérieur des dykes magnésiens de la propriété Opinaca démontrent que ceux-ci ont subi de la contamination crustale à l'image des *SHMB*. Par contre, les basses teneurs en  $\text{SiO}_2$  de l'EMBJ limitent la contamination par une croûte continentale plus riche en silice. Les analyses de l'EMBJ montrent d'ailleurs un fractionnement plus important que la majorité des *SHMB* répertoriés pour une même teneur en silice.



Quant aux lamprophyres calco-alcalins, ceux-ci montrent un fractionnement plus important que l'EMBJ. Aucun phénocrystal n'a été observé à l'intérieur des dykes de la propriété Opinaca. Par contre, la présence de cristaux centimétriques de phlogopite est mentionnée pour au moins une intrusion cartographiée par le MRNF (Bandyayera *et al.*, 2010)

À l'image des lamprophyres calco-alcalins, certains dykes de l'EMBJ ont un enrichissement en arsenic. En plus des teneurs en arsenic élevées, les dykes magnésiens du lac Ewart ont des teneurs en or fortement anormales.

Les dykes de la propriété Opinaca et ceux du lac Éwart sont spatialement liés à des zones de déformation, ce qui est une autre caractéristique des lamprophyres. En effet, les dykes magnésiens de la propriété Opinaca sont centrés sur la Zone de déformation Contact, tandis que ceux du lac Ewart se situent dans un corridor de déformation de plus de 5 km de largeur (La Flèche *et al.*, 2004).

Il n'a pas été possible de classer, hors de tout doute, l'EMBJ dans l'une ou l'autre des familles magmatiques. Cependant, certaines conclusions ressortent de cette comparaison.

- l'EMBJ forme une famille magmatique exotique présente à la Baie-James autant à l'intérieur des ceintures de roches vertes de la Sous-province de La Grande qu'à l'intérieur des paragneiss du Groupe de Laguiche de la Sous-province d'Opinaca.
- Ces roches ont subi une certaine contamination crustale.

- Elles sont spatialement associées à des zones de déformation.
- Elles sont localement caractérisées par un contenu anomal en métaux.

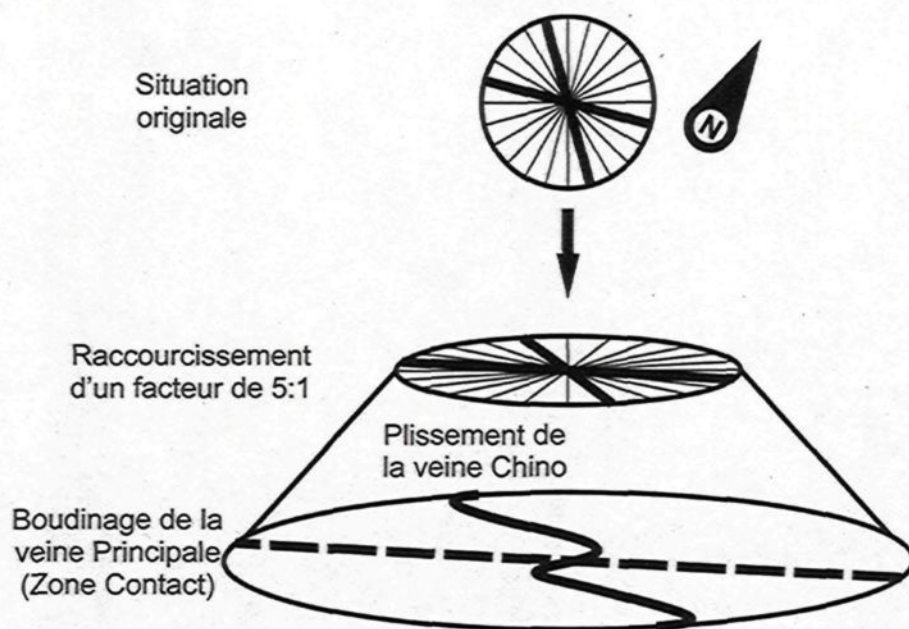
Peu importe l'origine de l'enrichissement en ÉTR légères et en *LILE* ainsi que des anomalies négatives en *HFSE*, les teneurs élevées en Mg, Ni Cr de ces échantillons témoignent d'une origine profonde. Cette source profonde pour l'EMBJ implique que les zones de déformation et les failles qui leur sont spatialement associées et qui ont agi comme conduit pour la remontée de ces magmas, peuvent être interprétées comme des structures d'envergure crustale.

## **7.5 Implication du système magmatique magnésien sur les minéralisations**

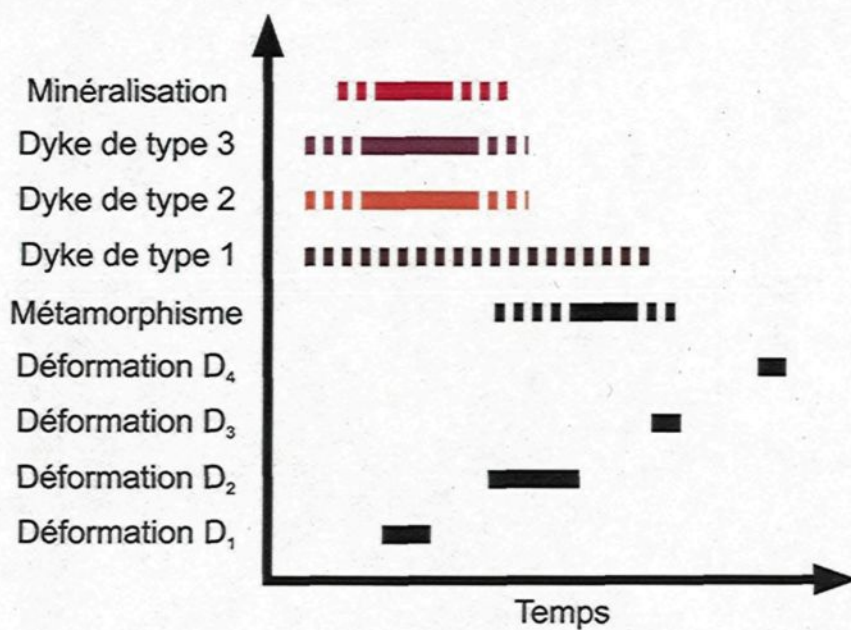
En considérant les dykes magnésiens de la propriété Opinaca comme faisant partie d'un ensemble de dykes magnésiens d'origine mantélique, enrichis en métaux et spatialement associés à des zones de déformation, il est possible de tirer quelques conclusions par rapport aux minéralisations aurifères de la propriété Opinaca. En effet, ces minéralisations sont également spatialement associées à une zone de déformation, la ZDC, du moins pour les indices Zone Contact, Isabelle et Bull. À l'image des lamprophyres, les fluides hydrothermaux auraient pu emprunter les mêmes conduits que le magma à l'origine de l'emplacement des dykes.

Enfin, les minéralisations aurifères à l'étude sont spatialement associées à une autre structure, la Faille Acotago (figure 1.4). Le mouvement senestre le long de

cette faille est interprété comme tardif par rapport aux minéralisations. Par contre, il est possible que cette structure existe préalablement au décrochement senestre. L'intersection de la ZDC et la Faille Acotago peut ainsi avoir créé des zones de plus faibles contraintes, focalisant la remontée du magma et des fluides hydrothermaux porteurs de métaux dans ce secteur.



**Figure 7.1.** Schéma montrant le plissement de la veine Chino et le boudinage de la veine Principale de l'indice Zone Contact par un raccourcissement commun.



**Figure 7.2.** Chronologie relative de la minéralisation, du magmatisme, du métamorphisme et de la déformation sur le terrain à l'étude.

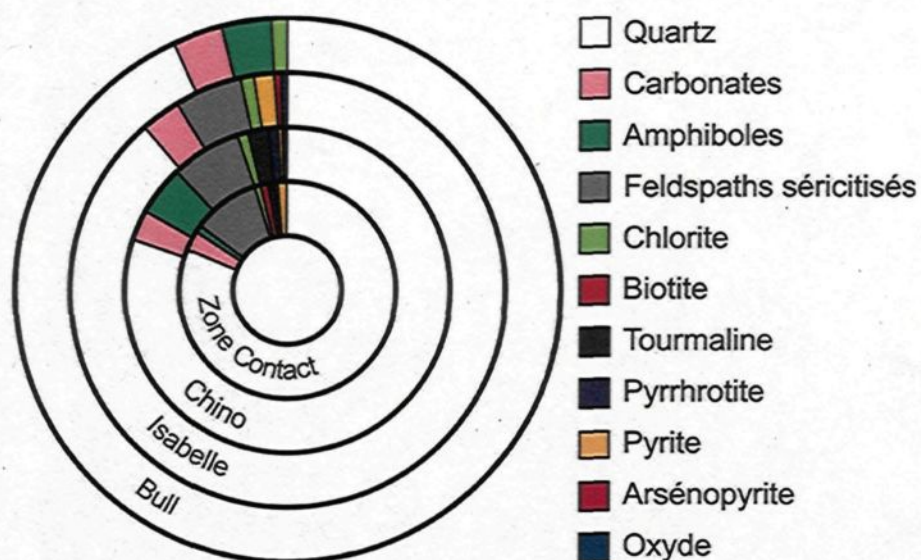


Figure 7.3. Minéralogie des veines des différents indices.

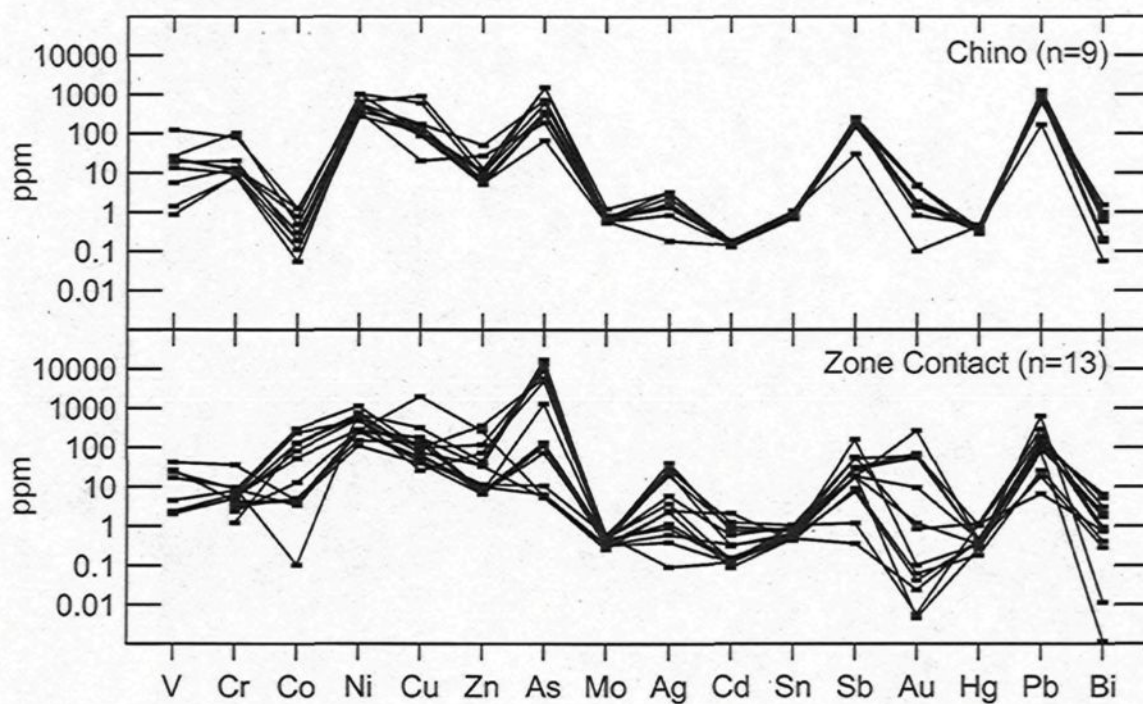
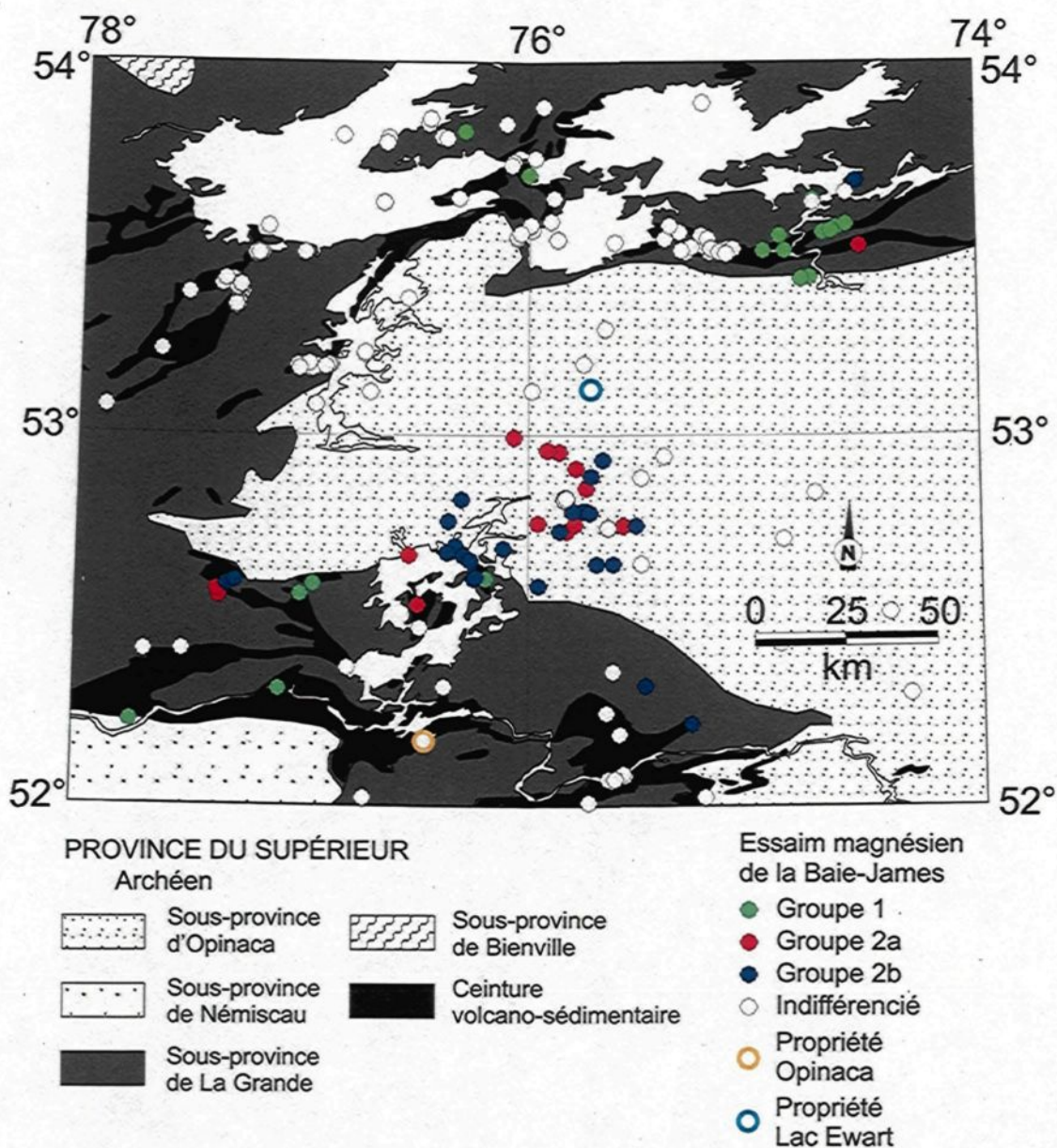
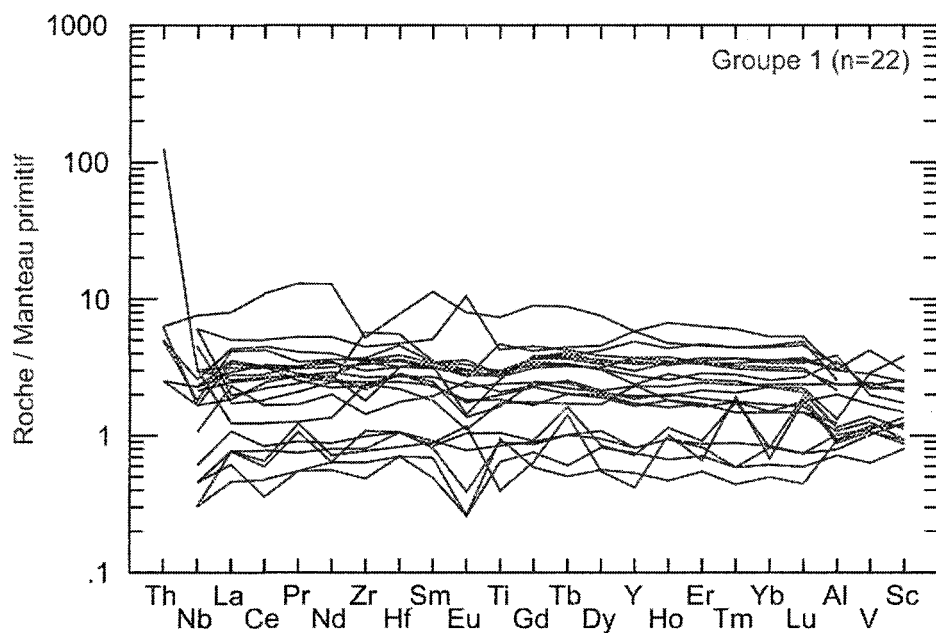


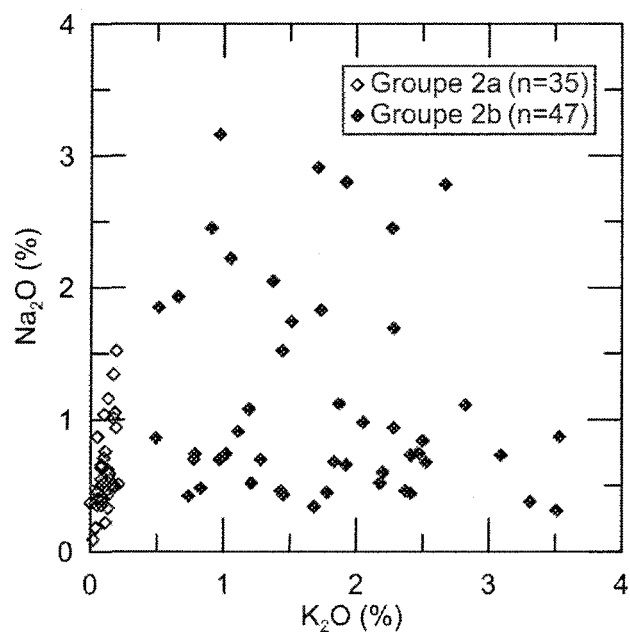
Figure 7.4. Comparaison entre la signature en éléments traces des pyrites à micro inclusions des indices Chino et Zone Contact.



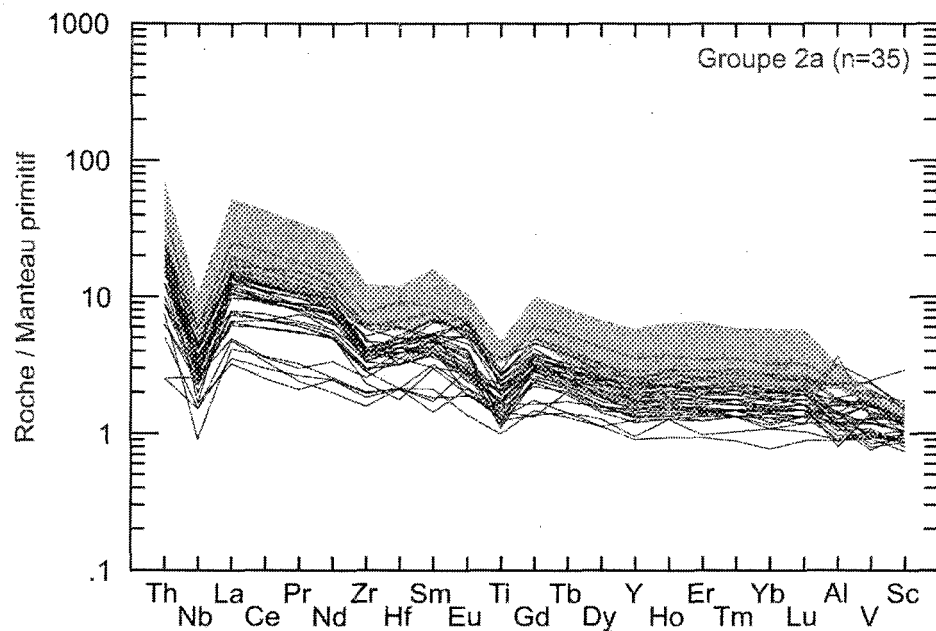
**Figure 7.5.** Localisation des échantillons de l'Essaim magnésien de la Baie-James (modifiée de Bandyayera *et al.*, 2010). Les données des Groupes 1 (points verts), 2a (points rouges) et 2b (points bleus) ainsi que les données indifférencié (points blancs) proviennent de la base de données Sigéom.



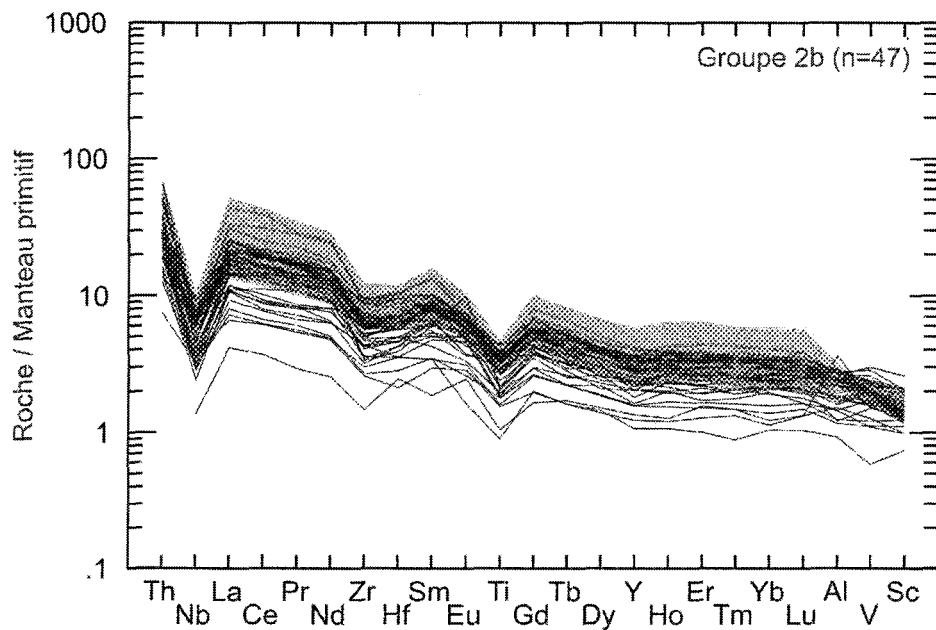
**Figure 7.6.** Signature en éléments traces des analyses du Groupe 1 tirées du Sigéom.



**Figure 7.7.** Diagramme  $\text{Na}_2\text{O}$  versus  $\text{K}_2\text{O}$  des analyses des Groupes 2a et 2b.

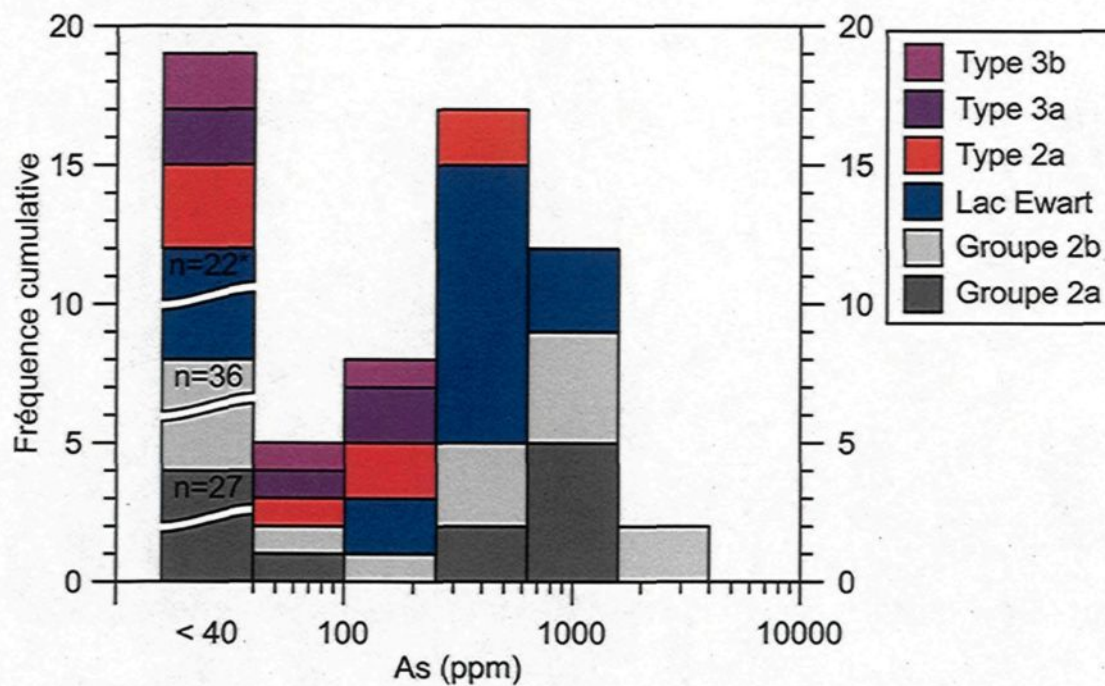


**Figure 7.8.** Signature en éléments traces des analyses du Groupe 2a tirées du Sigéom (lignes noires) et des dykes de type 2a, 3a et 3b (zone grise).

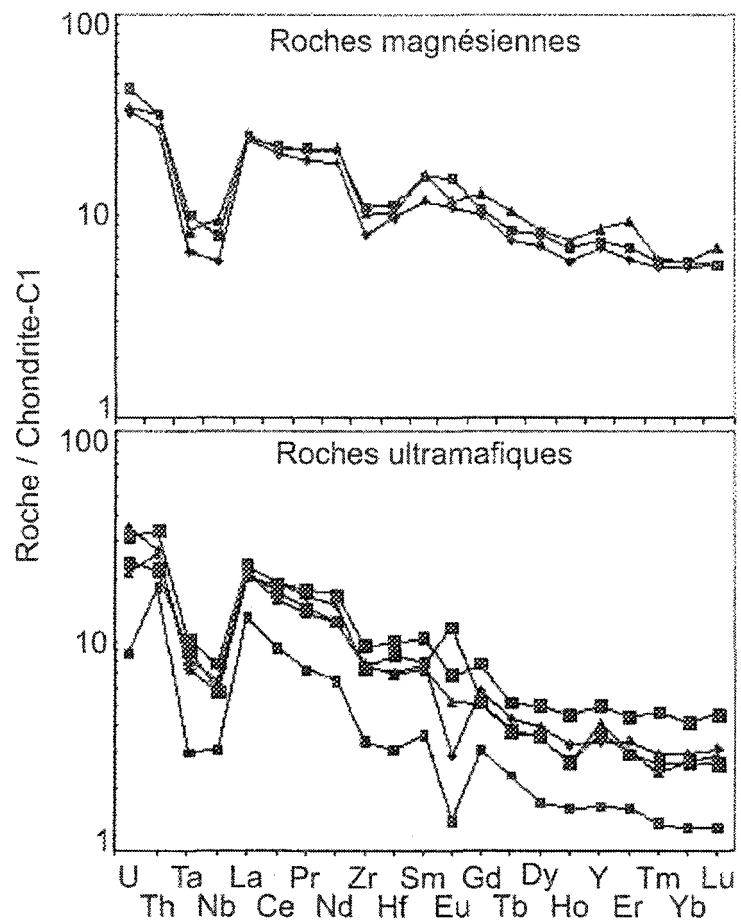


**Figure 7.9.** Signature en éléments traces des analyses du Groupe 2b tirées du Sigéom (lignes noires) et des dykes de type 2a, 3a, 3b (zone grise).

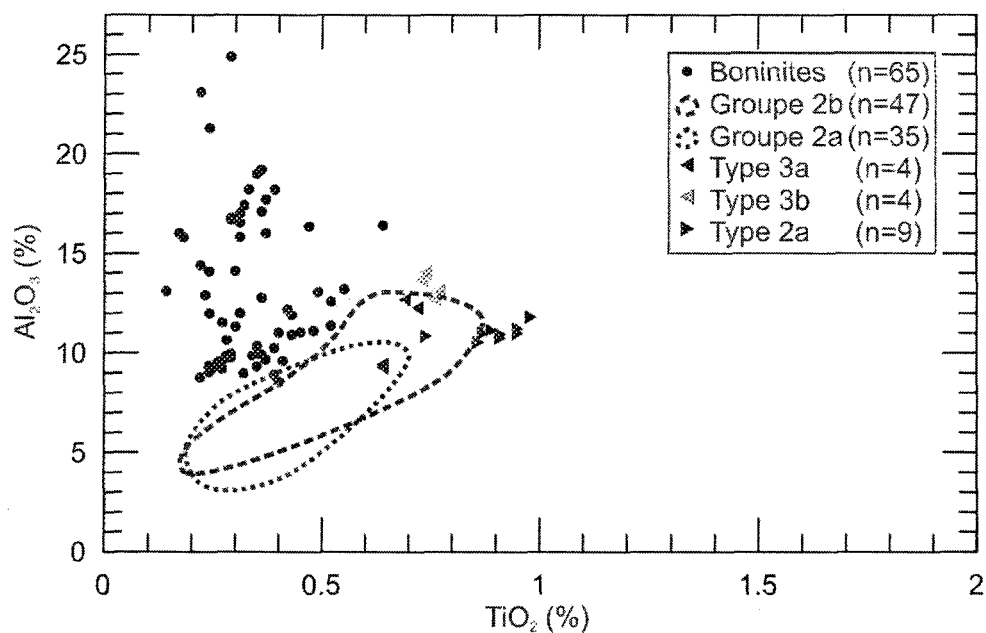




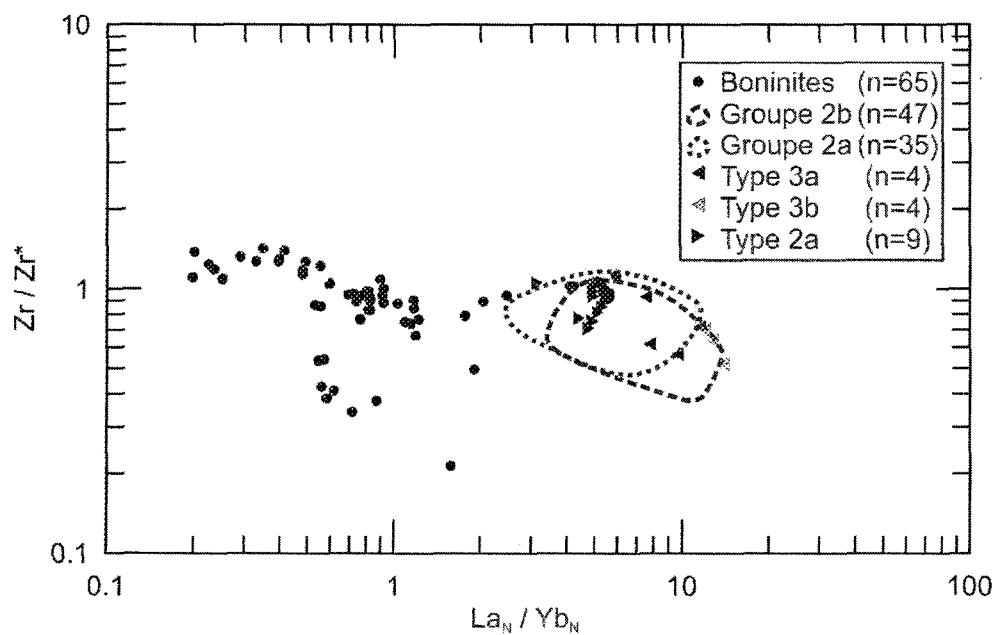
**Figure 7.10.** Histogramme des teneurs en arsenic d'analyses de l'Essaim magnésien de la Baie-James provenant de diverses sources. La colonne de gauche représente quatre-vingt-douze (92) analyses de moins de 40 ppm As ou sous la limite de détection. \* La limite de détection de As pour les analyses provenant du lac Ewart est ~ 150 ppm.



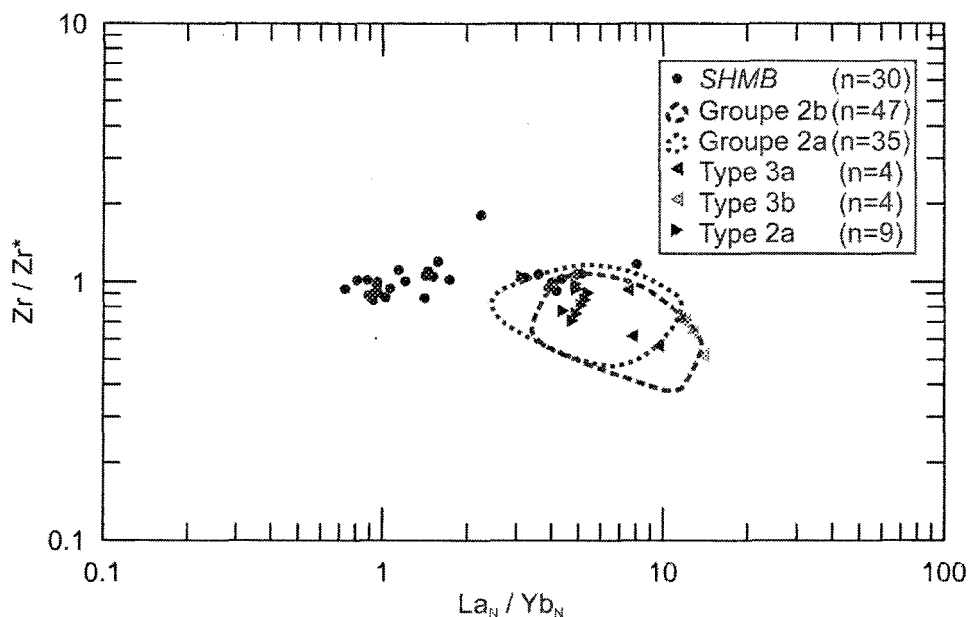
**Figure 7.11.** Diagrammes multiéléments des dykes magnésiens du lac Ewart (modifiée de LaFlèche *et al.*, 2004).



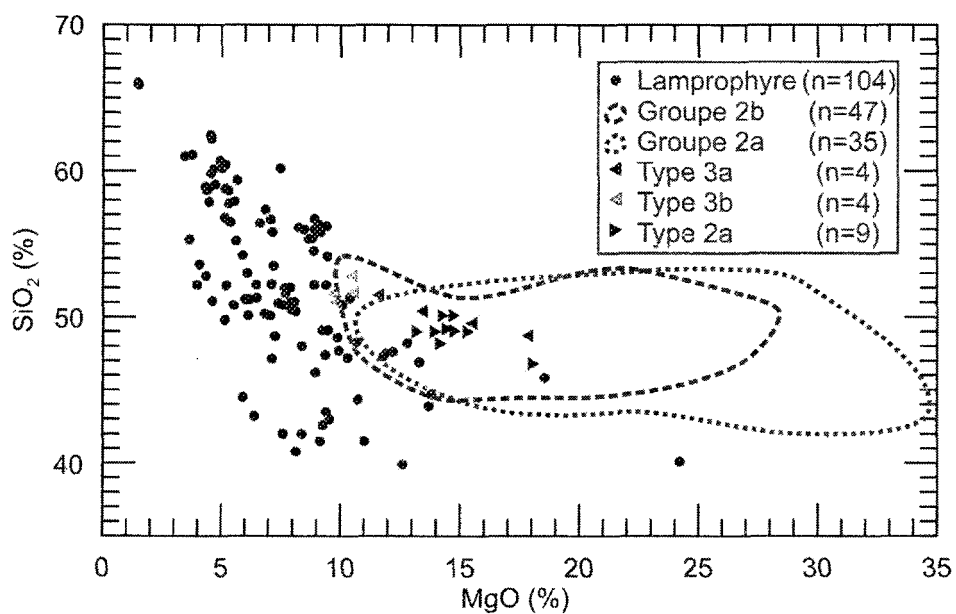
**Figure 7.12.** Diagramme  $\text{Al}_2\text{O}_3$  versus  $\text{TiO}_2$  montrant les teneurs en  $\text{TiO}_2$  inférieures des boninites archéennes comparativement aux analyses de l'EMBJ.



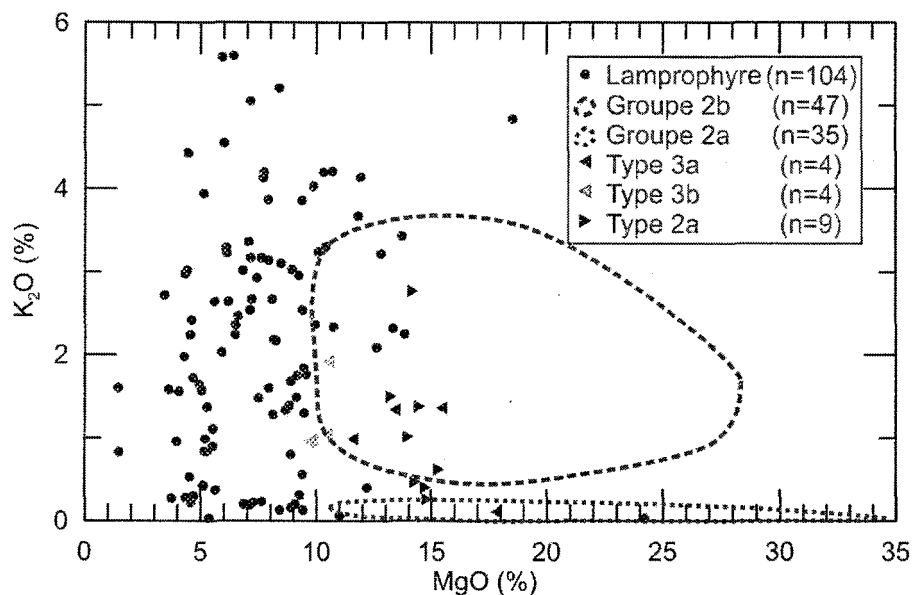
**Figure 7.13.** Diagramme de l'anomalie en Zr, calculée selon l'équation 2.2, versus  $\text{La}_N/\text{Yb}_N$  pour les boninites archéennes et les analyses de l'EMBJ.



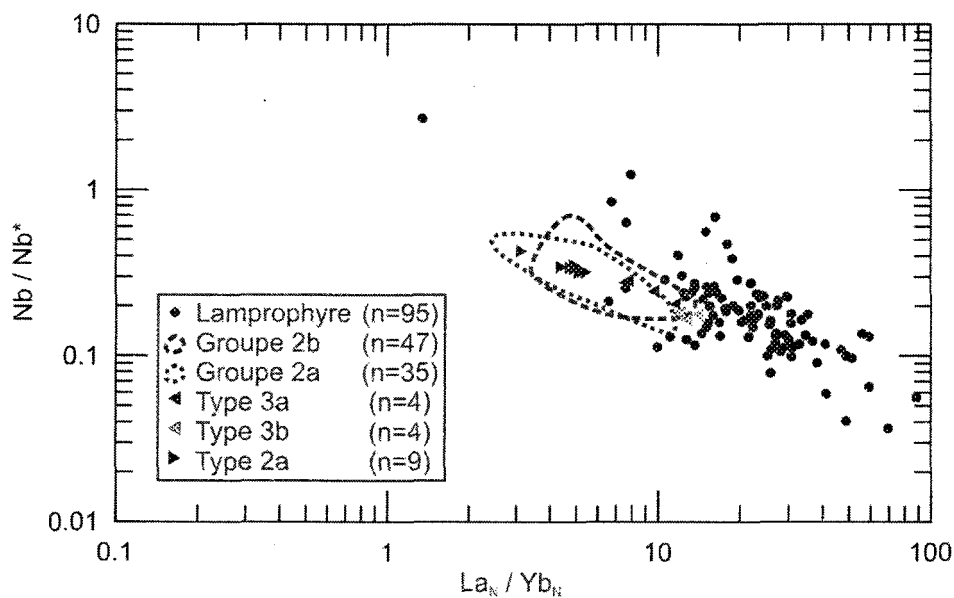
**Figure 7.14.** Diagramme de l'anomalie en Zr, calculée selon l'équation 2.2, versus  $La_N/Yb_N$  pour les SHMB et les analyses de l'EMBJ. Les analyses en La ou Yb de trois des échantillons de SHMB ne sont pas disponibles.



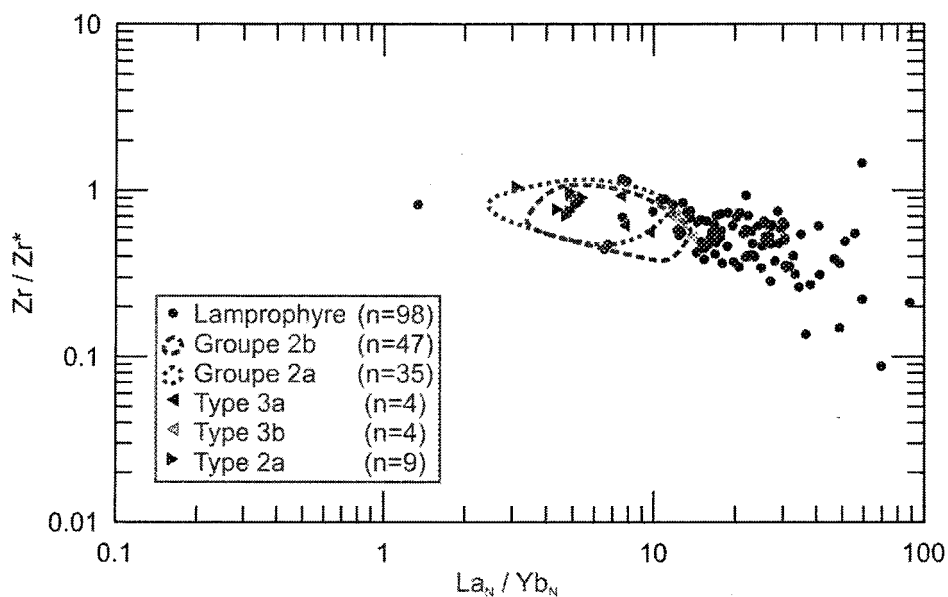
**Figure 7.15.** Diagramme  $SiO_2$  versus  $MgO$  pour les lamprophyres et les analyses de l'EMBJ.



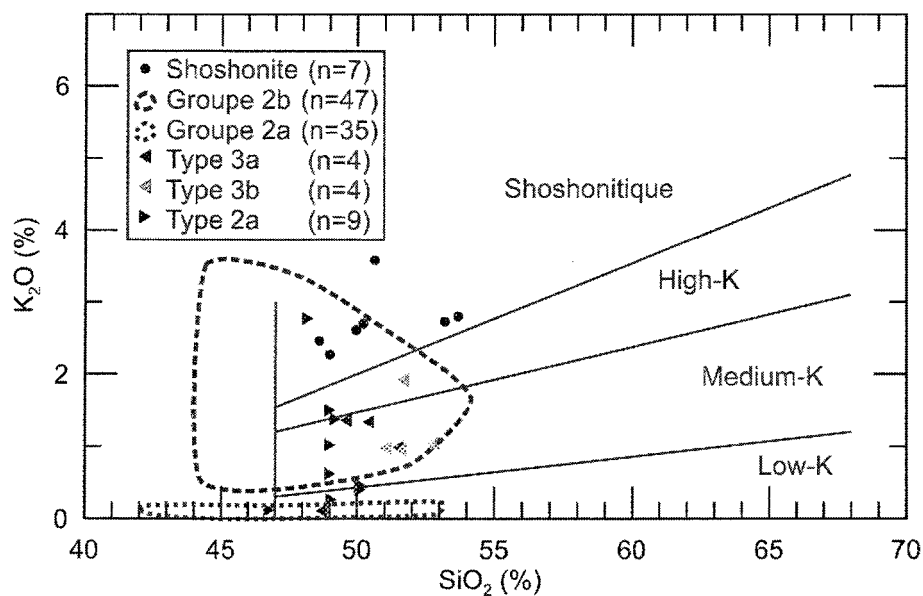
**Figure 7.16.** Diagramme  $K_2O$  versus  $MgO$  pour les lamprophyres et les analyses de l'EMBJ.



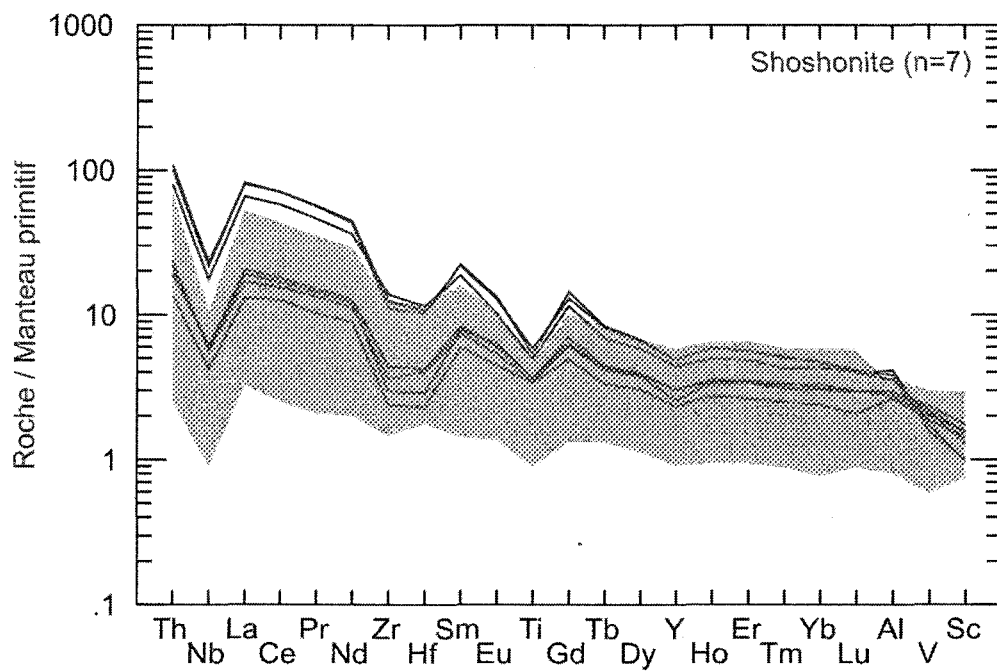
**Figure 7.17.** Diagramme de l'anomalie en Nb, calculée selon l'équation 2.1, versus  $La_N / Yb_N$  pour les lamprophyres calco-alcalins archéens et les analyses de l'EMBJ. Les analyses en La, Nb ou Yb de neuf des échantillons de lamprophyres ne sont pas disponibles.



**Figure 7.18.** Diagramme de l'anomalie en Zr, calculée selon l'équation 2.2, versus  $La_N/Yb_N$  pour les lamprophyres calco-alkalins archéens et les analyses de l'EMBJ. Les analyses en La, Nd, Sm, Yb ou Zr de six des échantillons de lamprophyres ne sont pas disponibles.



**Figure 7.19.** Diagramme  $K_2O$  versus  $SiO_2$  pour les shoshonites et les analyses de l'EMBJ.



**Figure 7.20.** Signature en éléments traces des analyses des shoshonites archéennes (lignes noires) et des échantillons de l'EMBJ (zone grise) montrant une très grande similarité.

## CHAPITRE 8

### CONCLUSIONS

Le chapitre 1 a permis d'exposer la problématique concernant les minéralisations aurifères à l'intérieur de ceintures de roches vertes archéennes déformées et métamorphisées. Le cadre géologique se devrait d'être bien caractérisé afin de pouvoir établir la chronologie entre la minéralisation et les différents événements géologiques. Pour ce faire, les objectifs spécifiques suivants avaient été retenus.

1) Déterminer la nature des protolites des roches encaissant la minéralisation.

1.1) Déterminer la nature du contact entre les unités volcaniques et les unités sédimentaires.

2) Déterminer l'histoire structurale de la région.

2.1) Établir la chronologie relative entre les minéralisations aurifères, la déformation et le métamorphisme.



3) Caractériser les différents indices aurifères présents sur la propriété.

3.1) Vérifier l'existence d'un lien génétique entre les différents styles de minéralisations.

4) Établir des guides d'exploration spécifiques à la propriété.

## **8.1 Nature des protolites des roches encaissant la minéralisation**

Au chapitre 2, les observations pétrographiques faites sur le terrain et au microscope couplées aux analyses géochimiques ont permis de définir le cadre stratigraphique du secteur à l'étude. Les principales conclusions sont les suivantes.

1) Le sud du secteur est couvert par des basaltes dont le profil en ÉTR est similaire aux *MORB* modernes.

2) Le nord du secteur est couvert par une séquence de roches sédimentaires de siltstone à conglomérat avec quelques lits de volcanoclastites mafiques et felsiques.

3) L'ensemble de ces lithologies est recoupé par quatre types de dykes mafiques à ultramafiques.

4) Les dykes de type 2 et type 3 forment une famille d'intrusions exotiques. La comparaison de la géochimie de ces dykes avec celle de nombreux échantillons répartis sur l'ensemble du territoire de la Baie-James a permis d'établir que ces dykes font partie d'un ensemble d'intrusions magnésiennes défini dans cette étude sous le nom de l'Essaim magnésien de la Baie-

James (EMBJ).

## 8.2 L'histoire structurale de la région

Au chapitre 3, les observations et les mesures effectuées sur le terrain ainsi qu'au microscope ont permis de définir le cadre structural de l'étude. De plus, les observations au microscope couplées avec la chimie de certaines phases minérales ont permis de définir l'intensité du métamorphisme ayant affecté les roches à l'étude. Il a également été possible de situer le pic du métamorphisme relativement aux différents évènements de déformation préalablement établis. Les principales conclusions en relation avec l'histoire structurale de la région sont les suivantes.

- 1) Un évènement de déformation précoce ( $D_1$ ) a affecté l'ensemble des roches archéennes du secteur. Cet évènement a été reconnu, notamment, le long de la veine Chino. Une inversion du regard structural à l'intérieur des roches sédimentaires est une autre manifestation de cet évènement de déformation.
- 2) L'évènement de déformation principal est donc nommé  $D_2$ . Il est associé à des plis fermés à ouverts affectant les roches sédimentaires et une foliation à l'intérieur des basaltes. La plupart des contacts entre les lithologies ont été transposés parallèlement à la schistosité principale  $S_2$ .
- 3) Un évènement de déformation ductile subséquent ( $D_3$ ) a permis la formation de petits plis fermés et le réalignement des cristaux de phyllosilicates à

angle avec la fabrique principale  $S_2$ .

- 4) Un évènement tardif cassant ( $D_4$ ) est associé à la mise en place de veines de quartz – carbonate de fer stériles. Il est également relié au mouvement tardif le long de la Faille Acotago.
- 5) Le pic du métamorphisme a été interprété comme étant au faciès supérieur des schistes verts et tardif par rapport à l'évènement de déformation principale.

### **8.3 Caractérisation des minéralisations aurifères**

Au chapitre 4, chacun des indices a été décrit dans le détail. Ces observations couplées aux observations décrites au chapitre 3 sur la déformation, du chapitre 5 sur l'altération hydrothermale et du chapitre 6 sur la chimie de la pyrite ont permis d'établir les relations chronologiques suivantes.

- 1) Les minéralisations aurifères étudiées sont synchrones
- 2) Elles ont subi la déformation principale et au moins en partie l'évènement de déformation antérieur  $D_1$ .
- 3) Elles ont subi le métamorphisme régional.
- 4) Elles sont associées à la mise en place des dykes magnésiens de type 2 et de type 3 définis au chapitre 2.

### **8.4 Vecteurs d'exploration**

La discussion du chapitre 7 a permis la définition de l'EMBJ. Cet essaim

partage certaines caractéristiques avec les lamprophyres calco-alcalins et les *Silicious High Magnesium Basalt*. Ces intrusions possèdent les caractéristiques particulières suivantes.

- 1) Elles possèdent un contenu anomal en or et en arsenic.
- 2) Elles sont reliées à des zones de déformation d'envergure crustale.
- 3) Elles possèdent une composante de contamination crustale.

Sur le terrain à l'étude, les minéralisations montrent une relation spatiale avec des dykes appartenant à l'EMBJ. À l'image des lamprophyres calco-alcalins, cette relation peut être seulement spatiale. Les magmas et les fluides hydrothermaux auraient pu emprunter des conduits communs lors de leur remontée. Cette relation peut ainsi être utilisée comme vecteur d'exploration à l'échelle de la Baie-James pour cerner des secteurs susceptibles d'être favorables pour des minéralisations aurifères. Une attention particulière devrait être portée aux secteurs comportant les points suivants :

- 1) La présence d'intrusions mafiques de l'EMBJ.
- 2) La présence d'une faille ou d'une intersection de failles ou de linéaments pouvant être interprétés comme des failles.
- 3) Une altération potassique affectant les intrusions de l'EMBJ et/ou les roches des environs.

Cette étude a permis de caractériser les minéralisations aurifères de la propriété Opinaca ainsi que leur environnement géologique. Elle a également permis de définir un ensemble magmatique magnésien, l'EMBJ, présent sur

l'ensemble du territoire de la Baie-James. Cet ensemble magmatique est d'ailleurs spatialement relié à des zones de déformation majeures, dont la ZDC située sur la propriété. L'EMBJ est également spatialement associé aux minéralisations aurifères présentes aux quatre indices étudiés.

## RÉFÉRENCE

- Arndt, C.J. et Jenner, G.A. 1986. Crustally contaminated komatiites and basalts from Kambalda, Western Australia. *Chemical geology* 56: 229-255.
- Bambic, P. et Tremblay, N. 1998. Opinaca property : summer 1998 mapping and geologic reconnaissance. Rapport statutaire déposé au Ministère des ressources naturelles, Québec, GM 56347, 148 p.
- Bandyayera, D. et Fliszar, A. 2007. Géologie de la région de la Baie Kasipasikatch (SNRC 33C09) et du lac Janin (SNRC 33C16). Ministère des ressources naturelles et de la faune, Québec, RP 2007-05, 15 p.
- Bandyayera, D., Rhéaume, P., Maurice, C., Bédard, É., Morfin, S. et Sawyer, E.W. 2010. Synthèse géologique du secteur du réservoir Opinaca, Baie-James. Ministère des ressources naturelles et de la faune, Québec, RG 2010-02, 46 p.
- Bell, A. M. 1981. Vergence : a evaluation. *Journal of structural geology*, 3: 197-202.
- Bhattacharya, A., Mohantf, L., Maji, A., Sen, S.K. et Raith, M. 1992. Non-ideal mixing in the phlogopite-annite binary: constraints from experimental data on Mg-Fe partitioning and a reformulation of the biotite-garnet geothermometer. *Contributions to mineralogy and petrology*, 111: 87-93.
- Boulianne, D. 2007. Rapport des travaux de 2006, propriété Opinaca. Rapport statutaire déposé au ministère des ressources naturelles, Québec, GM 63436, 461 p.
- Card, K.D., 1990. A review of the Superior Province of the Canadian Shield, a product of Archean accretion. *Precambrian research* 48: 99-156.
- Crawford, A.J., Falloon, T.J. et Green, D.H. 1989. Classification, petrogenesis and tectonic setting of boninites. In: *Boninites*, Crawford, A.J. (ed), Unwin-Hyman, London, pp 1-49
- Daigneault, R. 1998. Sommaire des observations Projet Opinaca. Rapport statutaire déposé au Ministère des ressources naturelles, Québec, GM 56347, 148 p.
- Dasguta, S., Sengupta, P., Guha, D. et Fukuoka, M. 1991. A refined garnet-biotite Fe-Mg exchange geothermometer and its application in amphibolites and granulites. *Contributions to mineralogy and petrology* 109: 130-137.
- DePaolo, D.J., 1981. Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallization. *Earth and planetary science letters*, 53: 189-202.
- Dostal, J. et Mueller, W. 1992. Archean shoshonites from the Abitibi greenstone belt, Chibougamau (Québec, Canada): geochemistry and tectonic setting. *Journal of volcanology and geothermal research*, 53: 145-165
- Dubé, B, Gosselin, P. 2007. Greenstone—hosted quartz—carbonate vein deposits. *In: Mineral deposits of Canada: A synthesis of major deposit—types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods,*

- Goodfellow W.D. (ed) Geological association of Canada, Mineral deposits division, Special publication 5, pp. 49-73.
- Falloon, T.J. et Danyushevsky, L.V. 2000. Melting of refractory mantle at 1.5, 2 and 2.5 GPa under anhydrous and H<sub>2</sub>O-undersaturated conditions: implications for the petrogenesis of high-ca boninites and the influence of subduction components on mantle melting. *Journal Petrology* 41:257–283.
- Franconi, A. 1978. La bande volcanosédimentaire de la rivière Eastmain inférieure – rapport géologique final, DPV 574, 184 p.
- Ferry, J.M. et Spear, F.S. 1978. Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. *Contributions to mineralogy and petrology* 66: 113-117.
- Ganguly, J. et Saxena, S.K. 1984. Mixing properties of aluminosilicate garnets: constraints from natural and experimental data, and application to geothermo-barometry. *American mineralogist* 69: 88-97.
- Gauthier, M. 2000. Styles et repartition des gîtes métallifères du territoire de la Baie-James (Québec). *Chronique de la recherche minière* 539: 17-61.
- Gosselin, P. et Dubé, B. 2005. Gold deposits of the world : distribution, geological parameters and gold content. Geological survey of Canada, Open file 4895, 271 p.
- Grant, J.A. 1986. The isocon diagram: a simple solution to Gresen's equation for metasomatic alteration. *Economic geology* 81: 1976-1982.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G. et Robert, F. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationships to other gold deposit types. *Ore geology reviews* 13: 7-27.
- Hackler, R.T. et Wood, B.J., 1989. Experimental determination of Fe and Mg exchange between garnet and olivine and estimation of Fe-Mg garnet mixing properties. *American mineralogist* 74: 994-999.
- Hallberg, J.A., 1985. Geology and mineral deposits of the Leonora-Laverton area, northeastern Yilgarn block, Western Australia. Australia, Hesperian Press, Perth, 140 p.
- Hattori, K.H., Hart, S.R. et Shimizu, N., 1996. Melt and source mantle composition in the late Archean: a study of strontium and neodymium isotope and trace elements in clinopyroxenes from shoshonitic alkaline rocks ; *Geochimica et cosmochimica acta*, 60: 4551-4562.
- Henley, R.W. et Ellis, A.J., 1983. Geothermal systems ancient and modern: A geochemical review. *Earth-science reviews*, 19: 1-50.
- Hickey, R. L, Frey, F. A. 1982. Geochemical characteristics of boninite series volcanics; implications for their source. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46: 2099-2116.
- Hodges, K.V. et Spear, F.S. 1982. Geothermometry, geobarometry and the Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> triple point at Mt Mooslanke, New Hampshire. *American Mineralogist* 67: 1118-1134.
- Holdaway, M. J. et Lee, S. M. 1977. Fe-Mg cordierite stability in high-grade pelitic

- rocks based on experimental, theoretical, and natural observations. *Contributions to mineralogy and petrology*, 63: 175-198.
- Hollings, P. et Kerrich, R. 1999a. Trace element systematics of ultramafic and mafic volcanic rocks from the 3 Ga North Caribou greenstone belt, northwestern Superior province. *Precambrian research*, 93: 257-279.
- Hollings, P. et Kerrich, R., 1999b. Komatiite-basalt-rhyolite volcanic associations in northern Superior province greenstone belts; significance of plume-arc interaction in the generation of the proto continental Superior province, *Lithos* 46: 137-161.
- Hollings, P., Wyman, D. et Kerrich, R. 1999. Komatiite-basalt-rhyolite volcanic associations in Northern Superior province greenstone belts: significance of plume-arc interaction in the generation of the proto continental Superior province. *Lithos* 46: 137-161.
- Hickey, R.L. et Frey, R.A. 1982. Geochemical characteristics of boninite series volcanics: implications for their source. *Geochimica Cosmochimica Acta* 46:2099-2115
- Kerrich, R., Wyman, D.A., Fan, J. et Bleeker, W., 1998. Boninite series; low Ti-tholeiite associations from the 2.7 Ga Abitibi greenstone belt ; *Earth and planetary science letters*, 164: 303-316.
- LaFlèche, M.R., Bergeron, M. et Boussicaut, B. 2004. Rapport géologique et géophysique de la propriété lac Ewart (LG3) Baie-James, Qc. Rapport statutaire déposé au Ministère des ressources naturelles, GM 61670, 99 p.
- LaFlèche, M.R., Bergeron, M. et Bussièrès, Y., 2006. Étude géophysique et géochimique d'une péridotite aurifère de la propriété lac Ewart de Ressources minière pro-or inc. LG3, Québec. Rapport statutaire déposé au Ministère des ressources naturelles et de la faune, GM 62933, 66 p.
- MacLean, W.H. et Barrett, T.J. 1993. Lithogeochemical techniques using immobile elements. *Journal of geochemical exploration*, 48: 109-133.
- Manikyamba, C., Naqvi, S.M., Subba Rao, D.V., Ram Mohan, M., Khanna, T.C., Rao, T.G. et Reddy, G.L.N., 2005. Boninites from the Neoarchaen Gadwal greenstone belt, Eastern Dharwar craton, India: implications for Archaean subduction processes ; *Earth and planetary science letters*, 230: 65-83.
- McCuaig, T.C., Kerrich, R. et Xie, Q., 1994. Phosphorus and high field strength element anomalies in Archean high-magnesian magmas as possible indicators of source mineralogy and depth. *Earth and planetary science letters*, 124: 221-239.
- McDonough, W.F. et Sun, S.-S. 1995. The composition of the Earth. *Chemical geology*, 120: 223-253.
- McNeil, A.M. et Kerrich, R., 1986. Archean lamprophyre dikes and gold mineralization, Matheson, Ontario: The conjunction of LILE-enriched magmas, deep crustal structures and gold concentration. *Canadian journal of Earth sciences*, 23: 324-343.
- Morrison, G.W., 1980. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association. *Lithos*, 13: 97-108.



- Moukhsil, A. 2000. Géologie de la région des lacs Pivert, anatacau, Kauputauchechun et Wapamisk, Ministère des ressources naturelles, RG 2000-04, 48 p.
- Moukhsil, A., Legault, M., Boily, M., Doyon, J., Sawyer, E. et Davis, D.W. 2003. Synthèse géologique et métallogénique de la ceinture de roches vertes de la Moyenne et de la Basse-Eastmain (Baie-James). Ministère de ressources naturelles, ET 2002-06, 57 p.
- Muir, T.L. 2002. The Hemlo gold deposit, Ontario, Canada : principal deposit characteristics and constraints on mineralization. *Ore geology reviews*, 21: 1-66.
- Pearce, J.A. et Norry, M.J. 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to mineralogy and petrology*, 69: 33-47.
- Perchuk, L.L. et Lavrenteva, I.V. 1983. Experimental investigation of exchange equilibria in the system cordierite-garnet-biotite. Dans: *Kinetics and equilibrium in mineral reactions*. Éditeur: Saxena, S.K. Springer Berlin, Heidelberg, New York, pp. 199-239.
- Perring, C.S., Barley, M.E., Cassidy, K.F., Groves, D.I., McNaughton, N.J., Rock, N.M.S., Bettaney, L.F., Golding, S.E., et Hallberg, J.A., 1989. The association of linear orogenic belts, mantle-crustal magmatism, and Archean gold mineralization in the eastern Yilgarn block of Western Australia. *Economic geology monograph* 6: 571-584.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. et Siever, R. 1972. *Sand and sandstone*. Springer-Verlag, New-York, 618 p.
- Poulsen, K.H., Robert, F. et Dubé, B. 2000. Geological classification of Canadian gold deposits. *Geological Survey of Canada, Bulletin*, 540, 106 p.
- Ramsay, J.G. et Hubert, M.I. 1987. *The techniques of modern structural geology; volume 2 : folds and fractures*. Academic Press, London, 700 p.
- Ridley, J., Groves, D.I. et Knight, J.T. 2000. Gold deposits in amphibolite and granulite facies terranes of the Archean Yilgarn craton, western Australia : Evidence and implications of synmetamorphic minealization. *In: Metamorphosed and metamorphogenic ore deposits*, P.G. Spry, B. Marshall, et F.M. Vokes (eds), *Reviews in economic geology* 11, pp. 265-289.
- Robert, F. et Poulsen, K.H. 2001. Vein formation and deformation in greenstone gold deposits. *Dans Structural Controls on Ore Genesis*. Édité par J.P. Richards et R.M. Tosdal, *Reviews in economic geology* 14: 111-155.
- Robert, F., Poulsen, K.H., Cassidy, K.F. et Hodgson, C.J. 2005. Gold Metallogeny of the Superior and Yilgarn Cratons, *Economic geology*, 100th anniversary volume: 1001-1033.
- Rock, N.M.S. et Groves, D.I., 1988. Do lamprophyres carry gold as well as diamonds?, *Nature*, 332: 253-255.
- Rock, N.M.S., Duller, P., Haszeldine, R.S. et Groves, D.I., 1987. Lamprophyres as potential gold exploration targets. *University of Western Australia geology department and extention publication*, 11: 271-286.

- Rock, N.M.S., Gaskarth, J.W., Henney, P.J. et Shand, P., 1988. Late Caledonian dike-swarms of northern Britain: some preliminary petrogenetic and tectonic implications of their province-wide distribution and chemical variation, *Canadian mineralogist*, 26: 3-22.
- Rollinson, H., 1993. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Prentice hall, Harlow, 352 p.
- Sarbas, B. et Nohl, U., 2009. The GEOROC database – A decade of «online geochemistry», *Geochemica et cosmochimica acta*, 73: A1158.
- Shchipansky, A.A., Samsonov, A.V., Borina, M.M., Slabunov, A.I. et Bibikova, E.V. ; High-Mg, low-Ti quartz amphibolites of greenstone belts from northern Karelia - metamorphosed Archean analogues of boninites? ; *Doklady Earth sciences*, 365: 817-820.
- Smithies, R.H., Champion, D.C., van Kranendonk, M.J., Howard, H.M. et Hickman A.H. , 2005. Modern-style subduction processes in the Mesoarchean: geochemical evidence from the 3.12 Ga Whundo intra-oceanic arc. *Earth and planetary science letters*, 231: 221-237.
- Smithies, R.H., David, C.C. et Sun S.-S., 2004. The case for Archean boninites. *Contributions to mineralogy and petrology*, 147: 705-721.
- Spear, F.S., 1993. *Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths*. Mineralogical society of America, Monograph 1, Washington D.C., 799 p.
- Srivastava, R.K., 2006. Geochemistry and petrogenesis of Neoarchean high-Mg low-Ti mafic igneous rocks in an intracratonic setting, Central India craton: evidence for boninite magmatism, *Geochemical journal*, 40: 15-31.
- Sun, S.-S. et Nesbitt, R.W. 1978. Geochemical regularities and genetic significance of ophiolitic basalts. *Geology* 6:689–693
- Sun, S.-S., Nesbitt, R.W. et McCulloch, M.T. 1989. Geochemistry and petrogenesis of Archean and early Proterozoic siliceous high-magnesian basalts. In :Crawford, A.J. (ed) *Boninites*. Unwin-Hyman, London, pp 148-173.
- Taylor, W.R., Rock, N.M.S., Groves, D.I., Perring, C.S. et Golding, S.D. 1994. Geochemistry of Archean shoshonitic lamprophyres from Yilgarn block, Western Australia: Au abundance and association with gold mineralization, *Applied geochemistry* 9 : 197-222.
- Thompson, A.B. 1976. Mineral reactions in polytic rocks II. Calculation of some P-T-X (Fe-Mg) phase reactions. *American journal of sciences* 276: 425-454.
- Wilson, M., 1989. *Igneous petrogenesis; a global tectonic approach*. Unwin Hyman, London, 466 p.
- Winter, J.D. 2001. *An introduction to igneous and metamorphic petrology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 697 p.
- Wyman, D.A. et Kerrich, R. 1988, Alkaline magmatism, major structures, and gold deposits; implications for greenstone belt gold metallogeny, *Economic geology*, 83: 454-461.
- Wyman, D.A. et Kerrich, R. 1989. Archean lamprophyre dykes of the Superior province, Canada : distribution, petrology, and geochemical characteristics.

Journal of geophysical research 94: 4667-4696.

Wyman, D.A. et Kerrich, R. 1993. Archean shoshonitic lamprophyres of the Abitibi subprovince, Canada: Petrogenesis, age, and tectonic setting, *Journal of petrology* 34: 1067-1109.

Wyman, D.A., Kerrich, R., et Sun, M., 1995. Noble metal abundances of late Archean (2.7 Ga) accretion-related shoshonitic lamprophyres, Superior province, Canada. *Geochimica et cosmochimica acta*, 59: 47-57.

## **ANNEXE I**

### **LOCALISATION ET DESCRIPTION SOMMAIRE DES ÉCHANTILLONS RECUEILLIS**

Échantillon	UTM NAD83 Zone 18		Description	Lame mince			Analyse géochimique
	Estant m	Nordant m		Couverte 30 µm	Polie 30 µm	Polie 100 µm	
CHINO-01	401284	5781333	Conglomérat minéralisé avec yeux de qz dans la matrice	X			
CHINO-02	401308	5781342	Amphibolite à grenat avec tr asp				
CHINO-03	401294	5781338	Gabbro de type 1, rubanné et près de l'éch. CHINO-01				X
CHINO-04	401289	5781340	Amphibolite avec texture "léopard"				
CHINO-05	401323	5781358	Dyke de type 3b à amygdules	X			X
CHINO-06	401326	5781350	Veine qz avec amphibole et 2%py fine (éch. 39114 de la rainure C2)	X		X	
CHINO-07	401323	5781330	Veine Chino de la rainure C15 partie Est	X		X	
CHINO-08	401320	5781327	Veine Chino de la rainure C15 partie Centre-Est	X		X	
CHINO-09	401320	5781325	Veine Chino de la rainure C15 partie Centre-Ouest				
CHINO-10	401319	5781324	Veine Chino de la rainure C15 partie Ouest				
CHINO-11	401322	5781310	Dyke de type 3b en contact au Sud de la veine Chino au niveau de la rainure C16	X			X
CHINO-12	401316	5781310	Dyke de type 3b altéré	X			X
CHINO-13	401313	5781312	Basalte altéré en stockwerck avec 1%py à 5m à Ouest de l'éch. CHINO-12	X		X	X
CHINO-14	401301	5781302	Basalte peu déformé avec localement bordures de coussins visible				X
CHINO-15	401272	5781296	Basalte coussiné frais à 5m de la limite Ouest du décapage				X
CHINO-16	401338	5781301	Veine Chino à l'extrémité Est de la rainure C20, près de la veine en nez de pli	X		X	
CHINO-17	401329	5781316	Basalte altéré en stockwerck à 4m à l'Ouest de l'éch. CHINO-16	X			X
CHINO-18	401387	5781292	Asp semi-massive de l'éch. 18771 de la rainure C35			X	
CHINO-19	401386	5781293	Veine qz fin avec asp et py au niveau des éch. 18769 et 18773	X		X	

Échantillon	UTM NAD83 Zone 18		Description	Lame mince			Analyse géochimique
	Estant m	Nordant m		Couverte 30 µm	Polie 30 µm	Polie 100 µm	
CHINO-20	401380	5781301	Veine subhorizontale qz avec asp grossière (éch. 18760 de la rainure C34)	X		X	
CHINO-21	401359	5781274	Veine de qz avec 2%asp grossière et fine avec 1%py (ch. 39493 de la rainure C28)	X		X	
CHINO-22	401331	5781331	Basalte altéré en stockwerck à l'Est de la veine Chino, près de la rainure C6	X			X
CHINO-23	401355	5781338	Basalte +/- frais à 4m de la limite Est du décapage				X
CS-01	400186	5780781	Claste dioritique dans un lit de conglomérat				
CS-02	400184	5780786	Claste felsique dans un lit de conglomérat				
CS-03	400209	5780742	Rubanement de chlorite et grenat dans la brèche de coulée				
CS-04	400209	5780741	Cœur et bordure de pseudo coussin dans la brèche de coulée				
CS-05	400208	5780742	Horizon fortement magnétique grenatifère dans la brèche de coulée				
CS-06	400209	5780742	Partie massive dans la brèche de coulée				X
CS-07	400212	5780735	Dyke de type 2a				X
CS-08	400217	5780728	Coulée basaltique massive	X			X
CS-09	400223	5780717	Horizon de tuf à lapillis et à blocs felsiques et 10% mafique				X
CS-10	400223	5780717	Claste felsique du tuf				X
CS-11	400227	5780710	Coulée basaltique massive				X
CS-12	400231	5780704	Conglomérat pour voir la matrice				
CS-13	400231	5780702	Dyke de type 3a	X			X
CS-14	400233	5780700	Dyke de type 3a				X
CS-15	400233	5780699	Grès altéré				X
CS-16	400236	5780695	Grès altéré avec 1%grenat et légèrement magnétique	X			X
CS-17	400238	5780690	Grès altéré avec 5%grenat	X			X

Échantillon	UTM NAD83 Zone 18			Lame mince			
	Estant	Nordant	Description	Couverte	Polie	Polie	Analyse
	m	m		30 µm	30 µm	100 µm	
CS-18	400239	5780689	Grès altéré avec tr grenat		X		X
CS-19	400240	5780687	Dyke de type 2a				X
CS-20	400241	5780685	Grès altéré				
CS-21	400245	5780678	Grès magnétique	X			
CS-22	400246	5780678	Horizon un peu rouillé de 15 cm avec veinules de qz-py				
CS-23	400247	5780676	Grès magnétique				
CS-24	400247	5780675	Dyke de gabbronorite				
CS-25	400247	5780675	Branche de la veine principale de 20cm				
CS-26	400247	5780675	Dyke de type 2a				X
CS-27	400247	5780674	Branche de la veine principale de 12cm				
CS-28	400248	5780674	Coulée basaltique très légèrement magnétique	X			X
CS-29	400243	5780671	Dyke de type 2a qui se pince à 5m à l'ouest de la coupe	X			X
CS-30	400248	5780673	Coulée basaltique très légèrement magnétique				
CS-31	400249	5780672	Coulée basaltique très légèrement magnétique				X
CS-32	400250	5780670	Coulée basaltique très légèrement magnétique	X			
CS-33	400250	5780669	Coulée basaltique massive				X
CS-34	400251	5780668	Coulée basaltique rubanée				
CS-35	400253	5780665	Dyke de type 1				X
CS-36	400254	5780663	Dyke de type 1				
CS-37	400255	5780661	Grès felsique				X
CS-38	400257	5780657	Conglomérat de base pour voir la matrice				
CS-39	400257	5780657	Claste minéralisé dans le conglomérat de base	X		X	
CS-40	400262	5780648	Coulée basaltique rubanée				X
CS-41	400263	5780648	Amphibolite à grenat				
LA-01	397764	5779364	Basalte frais	X			
LA-02	397751	5779379	M16 rubané	X			

Échantillon	UTM NAD83 Zone 18		Description	Lame mince			Analyse géochimique
	Estant m	Nordant m		Couverte 30 µm	Polie 30 µm	Polie 100 µm	
LA-03	397601	5779583	Coulé basaltique				
LA-04	397570	5779602	Dyke de gabbronorite				
LA-05	397509	5779635	Veine de qz boudinée de 5x15cm avec 2%py et 1%asp aux épontes				
LA-06	397509	5779629	Dyke de gabbronorite au sud de la veine de l'éch. LA-05				
LA-07	397493	5779633	Veine de qz avec stringer py aux épontes asp dans la veine (éch. 39034)				
LA-08	397464	5779610	Veine de qz avec 2%py et asp avec py aux épontes (éch. 39038)				
LA-09	397451	5779605	Petite veine de qz avec py et beaucoup asp dans l'éponte (éch. 39042)				
LA-10	397451	5779605	Éponte de la veine de l'éch. LA-09				
LA-11	397474	5779614	Brèche de coulée basaltique aux contact avec le congloméra				
LA-12	397474	5779619	Lit de conglomérat à 5m au nord de LA-11				
SV-01	402031	5781436	Horizon d'asp massive fine de 5 cm sur Chino Est (5 g/t Au)				X
SV-02	397435	5779589	Horizon à gros grenat tr asp semble au contact entre l'amphibolite et le conglomérat				
SV-03	397446	5779615	Horizon à gros grenat avec asp (blocs)				
SV-04	401071	5781344	Veine de qz de 15cm avec asp au épontes dans la ligne électrique (8 g/t Au)	X			X
SV-05	401565	5781362	Amphibolite avec 1%asp, éch. 39170				
SV-06	401575	5781342	Veine de qz avec asp et son éponte avec asp éch. 18786?				X
SV-07	401921	5781546	Veine de qz boudinée orange de 40cm, éch. 18789				X
SV-08	401976	5781520	Tuf felsique (Chino Est)				X
SV-09	401989	5781487	Tuf felsique (Chino Est)	X			
SV-10	401292	5781474	tuf felsique (Chino)	X			X



Échantillon	UTM NAD83 Zone 18		Description	Lame mince			Analyse géochimique
	Estant	Nordant		Couverte	Polie	Polie	
	m	m		30 µm	30 µm	100 µm	
SV-11	400271	5780631	Amphibolite rubanée				
SV-12	400292	5780629	Amphibolite avec texture "léopard"				
SV-13	400385	5780552	Dyke de gabbronorite				
SV-14	400385	5780552	Xénolite felsique à l'intérieur du dyke de gabbronorite (SV-13)				
SV-15	400385	5780552	Amphibolite légèrement rubannée encaissant le dyke de gabbronorite (SV-13)				
SV-16	400432	5780611	Basalte coussinée frais				
SV-17	400483	5780657	Basalte coussinée très frais				
SV-18	397496	5779624	Bloc de l'indice l'Aieul, veine de qz à 37g/t	X	X	X	
SW-01	400214	5780779	Volcanoclastite mafique avec lamination obliques	X			
SW-02	400333	5780720	Extrémité Est de la veine contact, horizon de tourmaline		X		
SW-03	400338	5780704	Coulée basaltique à amygdule sur contact au sud de la veine principale				X
SW-04	400339	5780698	Dyke de type 1 épidotisé dans la partie sud de la Zone Contact				X
SW-05	400243	5780923	Grès au niveau du campement	X			
SW-06	399893	5780795	Contact entre deux coulées basaltiques				
SW-07	401337	5781302	Coussin fortement métasomatisé à l'indice Chino	X			X
SW-08	400386	5780551	Xénolite felsique à l'intérieur d'un dyke de type 3a (SW-09)	X			X
SW-09	400378	5780548	Dyke de type 3a	X			X
SW-10	400384	5780552	Basalte altéré à 200 m au sud de la Zone Contact		X		X
SW-11	401338	5781303	Veinule à amphibole – carbonate du stockwerk de l'indice Chino	X			
SW-12	401310	5781332	Sulfure semi-massif de asp-py	X		X	
SW-13	401286	5781322	Zone de brèche hydrothermal				

Échantillon	UTM NAD83 Zone 18		Description	Lame mince			Analyse géochimique
	Estant m	Nordant m		Couverte 30 µm	Polie 30 µm	Polie 100 µm	
SW-14	401310	5781337	Fin de la veine Chino avec deux horizons à tourmaline		X		
SW-15	401320	5781342	Coeur de coussin moyennement métasomatisé	X			X
SW-16	401320	5781343	Double bordures de coussin altérées	X			
SW-17	401381	5781285	Horizon de tourmaline plissé à l'extrémité Sud-Est de Chino	X			
SW-18	401303	5781350	Veine de qz semblable à Zone Contact sur Chino		X		
SW-19	401352	5781339	Bordure de coussin frais	X			
SW-20	401319	5781315	Zone de brèche hydrothermal	X			
SW-21	401370	5781298	Zone de brèche hydrothermal, partie verte	X			
SW-22	401300	5781360	Veine de 3 g/t sur Chino, au nord				
ZC-01	400336	5780720	Dyke de type 3c	X			X
ZC-02	400336	5780719	Dyke de type 3a	X			X
ZC-03	400333	5780705	Veine de qz de 3cm et son éponte		X		
ZC-04	400329	5780705	Boudin de veine de 7x40cm et son éponte		X		
ZC-05	400326	5780705	Boudin de veine de qz de 10x15cm		X		
ZC-06	400325	5780705	Boudin de veine de qz de 7x15cm + un peu d'éponte		X		
ZC-07	400328	5780700	Veine plus continue (moins boudinée) de 6cm avec éponte		X		
ZC-08	400326	5780714	Veine principale 20cm avec niveau pyriteux aux épontes (éch. 18780)	X		X	
ZC-09	400324	5780710	Injection de qz-chlorite (éch. 18781)	X	X		
ZC-10	400316	5780712	Grès altéré	X			X
ZC-11	400317	5780711	Horizon de veinules qz-py	X	X	X	
ZC-12	400316	5780711	Grès altéré	X			
ZC-13	400317	5780709	Veine principale 20cm (éch. 18782)	X	X	X	
ZC-14	400317	5780708	Dyke de type 2a en contact avec la veine	X			X
ZC-15	400317	5780707	Xénolite dans le dyke de type 2a. l'éch. est orienté 63°/90°				

UTM NAD83 Zone 18				Lame mince			
Échantillon	Estant m	Nordant m	Description	Couverte	Polie	Polie	Analyse
				30 µm	30 µm	100 µm	géochimique
ZC-16	400313	5780702	Conglomérat grenatifère		X		
ZC-17	400311	5780699	Amphibolite altéré avec amigdules	X			
ZC-18	400311	5780698	Coulée basaltique altéré				X
ZC-19	400308	5780701	Veine de qz-chlorite de 10cm au sud d'un dyke de gabbronorite (éch. 18783)	X			
ZC-20	400304	5780701	Injection de qz-chlorite	X			
ZC-21	400305	5780703	Boudin de veine de qz de 0,2x1m (même veine que ZC-06)		X		
ZC-22	400286	5780699	Injection de qz-chlorite le long de la veine principale				
ZC-23	400270	5780686	Boudin de veine de qz de 20x5cm (567g/t)	X		X	
ZC-24	400248	5780681	Veine principale et son éponte sud				
ZC-25	400248	5780682	Horizon de veinules qz-py	X	X	X	
ZC-26	400248	5780683	Dyke de gabbronorite				
ZC-27	400248	5780671	Veine de qz gris fin en contact avec veine qz clair et biotite grossière (éch. 18790)				
ZC-28	400206	5780663	Limite Ouest de la veine principale (5cm) encaissé dans les sédiments grenatifères				
ZC-29	400206	5780662	Xénolite felsique à l'intérieur d'un dyke de gabbronorite	X			X
ZC-30	400206	5780661	Grès dont l'unité prend de la puissance vers l'Ouest		X		X
ZC-31	400206	5780664	Grès grenatifère (éponte nord)		X		
ZC-32	400206	5780665	Unité à gros grenat et à stringer asp				
ZC-33	400202	5780664	Dyke de type 2a	X			X
ZC-34	400202	5780666	Niveau asp massive à semi-massive dans le grès à grenat			X	
ZC-35	400207	5780663	Dyke de type 2a				X

Échantillon	Coordonnées		Description	Lame mince			Analyse géochimique
	Position m	Sondage		Couverte 30 µm	Polie 30 µm	Polie 100 µm	
F609-59A	59,4	OPI-06-09	Veinules de qz avec py aux épontes, 4,7g/t	X		X	
F609-59B	59,5	OPI-06-09	Veinules de qz avec py aux épontes, 4,7g/t	X		X	
F609-65A	65	OPI-06-09	Veinules de qz avec py aux épontes, 3,8g/t				
F609-65B	65,3	OPI-06-09	Veinules de qz avec py aux épontes, 3,8g/t				
F609-66	66	OPI-06-09	2%asp dans l'encaissant				
F610-40	40,9	OPI-06-10	Encaissant supérieur de la veine				
F610-41A	41,2	OPI-06-10	Veine de qz 15cm avec 3%py, 3,4g/t				
F610-41B	41,6	OPI-06-10	Encaissant inférieur de la veine				
F610-42	42,9	OPI-06-10	Dyke de gabbronorite				
F613-33	33	OPI-06-13	Basalte frais				X
F613-155	155,5	OPI-06-13	Basalte frais à la fin du trou				X
F623-190	190	OPI-06-23	Basalte frais, granulo fine tacheté blanc et vert				X
F623-199	199,5	OPI-06-23	Basalte aphanitique				X
F629-95	95,5	OPI-06-29	Basalte frais avec foliation développée				X
F632-012	12	OPI-06-32	Amphibolite finement grenu				
F632-047	47	OPI-06-32	Amphibolite finement grenu				
F632-105	105	OPI-06-32	Amphibolite altéré avec amigdules				
F632-138	138	OPI-06-32	Coulée basaltique à texture léopard	X			X
F632-215	215	OPI-06-32	Grès fortement altéré				
F632-217	217,9	OPI-06-32	Veine de qz avec str asp				
F632-218A	218,1	OPI-06-32	Encaissant avec asp				
F632-218B	218,3	OPI-06-32	Veine de qz avec po				

Échantillon	Coordonnées		Description	Lame mince			Analyse géochimique
	Position m	Sondage		Couverte 30 µm	Polie 30 µm	Polie 100 µm	
F632-218C	218,9	OPI-06-32	Veine de qz-chl avec po aux épontes				
F632-219	219,2	OPI-06-32	Encaissant avec po finement disséminé				
F632-221	221	OPI-06-32	Coulée basaltique				X
F632-221B	221,5	OPI-06-32	Amphibolite peu altéré entre 2 zone altéré				
F632-226	226	OPI-06-32	Amphibolite à amygdule avec veinules				
F633-105	105,4	OPI-06-33	Grès par la faille Acotago05,6m				
F633-116	116,2	OPI-06-33	Veine à épidote-feldspath-hématite				
F633-122	122,4	OPI-06-33	Basalte altéré par le faille Acotago				X
F634-166	59,4	OPI-06-34	Grès amphibolitisé				
F634-170	170,9	OPI-06-34	Dyke de type 3c altéré				X
F634-172A	172,3	OPI-06-34	Veine de qz gris foncé avec 5%py et or visible	X		X	
F634-172B	172,4	OPI-06-34	Veine de qz gris foncé avec 3%py et séricite	X		X	
F634-173A	173	OPI-06-34	Veine de qz grise avec py-séricite				
F634-173B	173,4	OPI-06-34	Amphibolite avec 1%py				
F634-176	176,5	OPI-06-34	Conglomérat altéré avec 1%py				
F637-065	65	OPI-06-37	Dyke de type 2a				X
F637-067	67	OPI-06-37	Dyke de type 2c avec fine py disséminé				X
F637-076	76	OPI-06-37	Dyke de type 3c à l'intérieur de la zone minéralisé Bull		X		X
F637-077	77	OPI-06-37	Éponte de veine 1g/t		X		
F637-079	79	OPI-06-37	Dyke de type 2a à l'intérieur de la zone minéralisé Bull				X
F637-84	84	OPI-06-37	Zone minéralisée de l'indice Bull	X		X	
F637-86	86	OPI-06-37	Zone minéralisée de l'indice Bull	X		X	

Échantillon	Coordonnées		Description	Lame mince			Analyse géochimique
	Position m	Sondage		Couverte 30 µm	Polie 30 µm	Polie 100 µm	
F637-087	87	OPI-06-37	Zone minéralisée de l'indice Bull à 9 g/t	X		X	
F637-098	98	OPI-06-37	Dyke de type 2c altéré sans veinules	X			X
F637-100	100	OPI-06-37	Amphibolite fortement veinulé	X			
F637-149	149	OPI-06-37	Dyke de type 3b				X
F637-151	151,9	OPI-06-37	Dyke de type 3c altéré				X
F637-153	153,2	OPI-06-37	Veine de qz 60 cm avec py-po				
F637-155	155,4	OPI-06-37	Basalte altéré				X
F638-133	133	OPI-06-38	Dyke de type 2b à 2,5m de la veine aurifère				X
F638-135A	135	OPI-06-38	Grès amphibolitisé				
F638-135B	135,5	OPI-06-38	Veine de qz-cb-chlorite avec point d'or visible				
F640-015	15	OPI-06-40	Amphibolite				
F643-065	65	OPI-06-43	Amphibolite avant la veine Chino				
F643-077	77	OPI-06-43	Veine Chino de 4g/t				
F643-079	79	OPI-06-43	Plusieurs petit ech. De la veine Chino à 12 g/t				
F643-088	88	OPI-06-43	Amphibolite après la veine Chino				
F703-050	50	OPI-07-03	Amphibolite avec 50% grenat	X			
F703-053A	53	OPI-07-03	Brèche de coulée basaltique avec pseudo-coussin	X			X
F703-053B	53,5	OPI-07-03	Bande à grenat – magnétite – sulfure à l'intérieur de la brèche de coulée basaltique		X		
F703-054	54	OPI-07-03	Couronne de réaction entre pseudo coussin et matrice dans la brèche de coulée		X		
F703-056	56	OPI-07-03	Veine avec amas de po-cpy dans la brèche de coulée				

## **ANNEXE II**

### **LISTE DES MESURES STRUCTURALES**

**ANNEXE II-A**

**MESURES STRUCTURALES**

**À L'INDICE CHINO**



**Schistosité principale, Sp à l'indice Chino**

X*	Y*	Direction	Pendage	Unité
m	m	°	°	
6 m O	84 m S	035	88	Basalte
6 m O	85 m S	068	80	Basalte
7 m O	78 m S	230	89	Basalte
7 m O	80 m S	067	85	Basalte
9 m O	10 m S	072	90	Basalte
12 m O	6 m S	074	89	Conglomérat
15 m O	74 m S	214	84	Basalte
17 m O	63 m S	281	61	Basalte
21 m O	6 m S	092	83	Conglomérat
21 m O	71 m S	129	55	Basalte
24 m O	74 m S	078	77	Basalte
30 m O	10 m S	262	89	Basalte
31 m O	65 m S	073	71	Basalte
33 m O	8 m S	066	83	Grès
33 m O	53 m S	081	85	Basalte
34 m O	8 m S	063	86	Dyke mafique
34 m O	33 m S	250	86	Basalte
35 m O	40 m S	090	89	Basalte
36 m O	51 m S	076	83	Basalte
44 m O	46 m S	062	90	Basalte
47 m O	35 m S	279	86	Basalte
50 m O	5 m S	074	86	Basalte
55 m O	30 m S	246	83	Basalte
57 m O	31 m S	240	87	Basalte
58 m O	19 m S	235	83	Basalte
65 m O	0 m N	076	88	Basalte

\* Selon la grille locale de l'indice Chino

**Veines à l'indice Chino**

X*	Y*	Direction	Pendage
m E	m	°	°
10 m O	79 m S	149	57
11 m O	72 m S	073	49
22 m O	92 m S	215	88
28 m O	55 m S	016	88
28 m O	56 m S	139	79
28 m O	57 m S	236	87
37 m O	40 m S	080	76
40 m O	37 m S	069	88
41 m O	37 m S	061	89
44 m O	37 m S	083	88
46 m O	34 m S	093	81
46 m O	35 m S	240	78
48 m O	31 m S	145	86
52 m O	22 m S	231	84

**Linéation d'étirement, Lé à l'indice Chino**

X*	Y*	Direction	Plongée
m	m	°	°
25 m O	77 m S	208	49
29 m O	50 m S	206	51
30 m O	59 m S	253	59
30 m O	60 m S	212	51

\* Selon la grille locale de l'indice Chino

**ANNEXE II-B**

**MESURES STRUCTURALES**

**À L'INDICE ZONE CONTACT**

**Litage, S0 à l'indice Zone Contact**

X*	Y*	Direction	Pendage	Unité
m	m	°	°	
64 m E	15,3 m S	246	79	Grès à grenat
64 m E	11,2 m S	242	83	Conglomérat à grenat
88 m E	15,5 m S	246	86	Grès à grenat
131 m E	13 m S	068	88	Grès
134 m E	14,2 m S	250	82	Grès à grenat
154 m E	13,4 m S	246	87	Grès
158 m E	11,2 m S	075	89	Grès
186 m E	15,4 m S	250	90	Conglomérat
190 m E	13 m S	248	76	Grès
192 m E	11,5 m S	260	86	Grès
194 m E	11,8 m S	245	83	Grès
202 m E	11,2 m S	245	82	Grès à grenat
210 m E	4 m S	244	80	Grès
218 m E	6,5 m S	096	86	Grès
221 m E	18 m S	072	84	Conglomérat

**Schistosité principale, Sp à l'indice Zone Contact**

X*	Y*	Direction	Pendage	Unité
m	m	°	°	
57 m E	13,5 m S	242	82	Dyke mafique
64 m E	14,7 m S	245	86	Dyke mafique
87 m E	17,8 m S	246	74	Dyke mafique
116 m E	17,9 m S	59	79	Amphibolite
116 m E	13,7 m S	252	87	Grès
130 m E	19,8 m S	242	88	Amphibolite
134 m E	19,7 m S	240	87	Amphibolite
168 m E	14,6 m S	245	83	Grès
174 m E	14,5 m S	246	79	Grès
176 m E	26 m S	072	88	Amphibolite
176 m E	10,8 m S	245	72	Grès
177 m E	22 m S	064	83	Amphibolite
178 m E	13,6 m S	250	77	Grès
181 m E	26 m S	071	88	Amphibolite
182 m E	12 m S	238	76	Grès
183 m E	25 m S	263	88	Amphibolite
188 m E	13,5 m S	248	74	Grès
190 m E	18 m S	245	82	Amphibolite

\* Selon la grille locale de l'indice Zone Contact

**Schistosité principale, Sp (suite)**

X*	Y*	Direction	Pendage	Unité
m	m	°	°	
190 m E	14,7 m S	239	82	Grès
192 m E	18,1 m S	069	85	Amphibolite
200 m E	14,1 m S	146	88	Amphibolite
202 m E	18,8 m S	070	86	Amphibolite
204 m E	25,2 m S	073	87	Amphibolite
204 m E	16,5 m S	243	83	Conglomérat
204 m E	11 m S	244	84	Dyke mafique
221 m E	4,7 m S	243	85	Grès

**Veines à l'indice Zone Contact**

X*	Y*	Direction	Pendage
m	m	°	°
158 m E	16,3 m S	241	90
176 m E	22,5 m S	064	88
179 m E	15 m S	054	90
198 m E	17,7 m S	246	86

**Linéation d'étirement, Lé à l'indice Zone Contact**

X*	Y*	Direction	Plongée
m	m	°	°
103 m E	22 m S	276	77
130 m E	24 m S	199	59
147 m E	12 m S	029	84
169 m E	13 m S	238	84
178 m E	25 m S	271	81
193 m E	7 m S	233	83

\* Selon la grille locale de l'indice Zone Contact

## **ANNEXE III**

### **CERTIFICATS DES ANALYSES DE ROCHE TOTALE DES ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS**



# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Branksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2G1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

À: RESSOURCES D ARIANNE INC.  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 1  
Finalisée date: 9-SEPT-2007  
Compte: RESARI

## CERTIFICAT VO07085881

Projet: OPINACA

Bon de commande #:

Ce rapport s'applique aux 44 échantillons de pulpe soumis à notre laboratoire de Val d'Or,  
QC, Canada le 3-AOÛT-2007.

Les résultats sont transmis à:

BERNARD LAPOINTE

## PRÉPARATION ÉCHANTILLONS

CODE ALS	DESCRIPTION
WEI-21	Poids échantillon reçu
LOG-24	Entrée pulpe - Reçu sans code barre

## PROCÉDURES ANALYTIQUES

CODE ALS	DESCRIPTION	INSTRUMENT
ME-XRF06	Roche totale - XRF	XRF
GA-GRA06	Perte par calcination pour ME-XRF06	WST-SIM
ME-MS81	Fusion 38 éléments ICP-MS	ICP-MS
ME-ICP61	33 éléments, quatre acides ICP-AES	ICP-AES

*Sébastien*

À: RESSOURCES D ARIANNE INC.  
ATTN: BERNARD LAPOINTE  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Ce rapport est final et remplace tout autre rapport préliminaire portant ce numéro de certificat. Les résultats s'appliquent aux échantillons soumis. Toutes les pages de ce rapport ont été vérifiées et approuvées avant publication.

Signature:

*Lawrence Ng*  
Lawrence Ng, Laboratory Manager - Vancouver



# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Téléphoneur: 604 984 0218 www.alschemex.com

A: RESSOURCES D ARIANNE INC.

30, RUE RACINE EST

SUITE 160

CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 2 - B

Nombre total de pages: 3 (A - F)

Finalisée date: 9-SEPT-2007

Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07085881

Description de bordillon	Méthode élément unité L.D.	ME-KRF06	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
		Totale %	Ag ppm	Ba ppm	Ce ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Dy ppm	Er ppm	Eu ppm	Ga ppm	Gd ppm	Hf ppm	Ho ppm	
Chino-03		99.78	<1	166.0	111.0	54.9	330	2.85	17	4.92	2.32	2.89	18.7	8.91	3.2	0.84
Chino-05		99.88	<1	253	60.9	39.8	750	2.47	5	3.23	1.88	1.57	16.1	4.57	3.2	0.82
Chino-11		99.78	<1	172.5	70.6	41.1	620	3.29	5	3.57	2.04	1.58	18.3	5.35	3.4	0.89
Chino-12		99.89	<1	138.0	55.1	35.2	570	2.29	6	2.85	1.65	1.19	13.5	4.26	2.7	0.85
Chino-13		99.70	<1	32.4	17.2	50.9	100	0.69	67	4.67	3.08	1.10	19.9	4.11	2.7	1.02
Chino-14		99.65	<1	32.1	10.0	42.7	300	0.28	14	3.56	2.26	0.84	17.2	2.88	1.7	0.76
Chino-15		99.79	<1	27.2	8.9	53.3	310	0.16	92	3.58	2.20	0.82	16.8	2.87	1.7	0.73
Chino-23		99.79	<1	15.2	11.2	53.4	310	0.09	137	4.08	2.79	0.89	18.2	3.27	1.7	0.83
Chino-24		99.81	<1	158.0	64.6	41.1	660	2.69	<5	3.49	2.03	1.51	18.0	5.26	3.3	0.87
Chino-25		99.44	<1	458	56.0	81.5	150	4.72	963	4.45	2.80	1.27	18.4	5.66	4.8	0.85
ZC-01		99.92	<1	758	50.2	28.4	400	8.69	69	3.92	1.56	1.37	17.2	4.60	3.1	0.56
ZC-02		99.47	<1	398	32.9	49.1	960	1.74	<5	2.86	1.57	0.98	14.8	3.33	2.4	0.54
ZC-14		99.85	<1	489	36.5	51.3	1010	9.86	7	4.18	2.43	1.28	14.1	4.54	3.1	0.82
ZC-18		99.90	<1	133.0	36.2	55.1	160	2.02	56	4.60	2.42	1.65	22.5	5.60	2.8	0.86
ZC-29		99.87	<1	682	90.4	27.4	50	4.82	49	4.17	2.14	2.28	20.8	7.61	4.6	0.75
ZC-30		98.84	<1	517	82.2	40.5	510	10.56	71	5.12	2.75	2.21	24.6	7.77	4.8	0.83
ZC-33		98.95	<1	445	36.4	27.8	960	0.43	11	4.12	2.44	1.28	14.4	4.43	3.1	0.82
ZC-36		99.98	<1	413	44.6	62.4	1100	1.02	37	4.58	2.86	1.46	15.7	5.10	3.4	0.97
F613-33		99.79	<1	39.8	13.0	43.6	60	0.08	75	4.40	2.69	0.95	17.0	3.63	2.3	0.81
F613-155		99.84	<1	19.8	8.6	48.7	150	0.10	107	3.29	2.04	0.78	17.0	2.73	1.7	0.69
F623-190		99.75	<1	47.2	12.6	45.8	60	0.06	100	4.49	2.85	0.99	17.9	3.62	2.3	0.85
F623-199		99.86	<1	22.7	13.0	47.8	60	0.05	92	4.55	2.81	1.33	18.5	3.78	2.3	0.86
F629-95		99.87	<1	20.2	12.2	50.5	10	0.07	131	4.61	2.93	1.13	19.2	3.69	2.2	1.00
F632-221		99.81	<1	8.8	32.9	49.9	160	0.10	87	4.56	2.26	1.63	20.7	5.14	2.4	0.81
F633-122		99.88	<1	13.0	17.0	54.8	60	2.31	14	4.43	2.77	1.01	19.0	3.66	2.4	0.86
F634-170		99.89	<1	369	39.6	56.6	480	9.28	47	3.28	1.73	1.45	16.9	4.83	2.9	0.82
F637-148		99.54	<1	602	72.8	46.3	620	3.31	66	3.14	1.73	1.61	16.8	5.50	3.2	0.60
F637-151		99.72	<1	311	76.1	34.4	420	5.99	53	3.32	1.81	1.52	17.8	5.66	3.5	0.62
F637-165		99.96	<1	70.2	13.2	57.3	80	1.14	179	5.44	3.43	1.09	20.6	4.28	2.2	1.16
F638-133		99.81	<1	409	44.5	41.5	530	1.92	38	4.07	2.26	1.34	15.4	5.14	3.0	0.80
CS-08		99.81	<1	35.8	18.1	50.9	170	0.04	68	3.91	2.07	1.21	20.7	4.08	2.1	0.76
CS-11		99.81	<1	240	25.8	56.9	70	1.94	114	3.47	2.02	0.94	21.0	3.51	2.3	0.71
CS-13		99.74	<1	14.1	36.0	35.0	1330	0.18	<5	2.50	1.36	0.90	11.7	3.49	2.2	0.49
CS-14		99.86	<1	299	31.0	42.0	970	3.44	<5	1.79	1.02	0.76	8.4	2.70	1.6	0.36
CS-19		99.89	<1	336	58.3	54.3	1090	1.36	44	3.01	2.36	1.20	14.6	4.72	2.8	0.61
CS-26		99.84	<1	256	39.4	55.7	1170	5.73	<5	3.87	2.28	1.18	15.2	4.53	3.0	0.79
CS-28		99.83	<1	516	30.6	48.2	170	9.55	97	4.58	2.33	1.47	21.8	5.18	2.4	0.86
CS-29		99.89	<1	217	34.8	45.0	1070	0.32	<5	3.84	2.28	1.08	14.4	4.24	2.6	0.78
CS-31		99.75	<1	190.0	23.8	58.7	230	1.62	43	4.92	2.70	1.27	22.7	5.04	2.3	0.97
CS-33		99.88	<1	36.2	28.4	49.7	170	0.21	79	4.10	2.10	1.33	20.0	4.73	2.3	0.78





# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

A RESSOURCES D ARIANNE INC.

30, RUE RACINE EST

SUITE 160

CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 2 - C

Nombre total de pages: 3 (A - F)

Finalisée date: 9-SEPT-2007

Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07085881

Description échantillon	Méthode élément unités L.S.	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
		Li	Lu	Nb	Nb	Nd	Ni	Pb	Pr	Rb	Sm	Sr	Sr	Ta	Tb	Th
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
China-03	47.8	0.28	<2	10.2	58.7	249	33	14.15	16.8	10.10	1	173.5	0.4	1.10	4.36	
China-05	26.7	0.26	<2	5.3	27.5	191	15	7.15	61.5	4.94	1	116.5	0.2	0.84	5.18	
China-11	34.0	0.28	<2	5.7	31.8	178	10	8.28	43.4	5.76	1	137.5	0.2	0.69	5.60	
China-12	25.8	0.22	<2	4.7	24.7	143	12	6.42	36.6	4.41	1	129.0	0.2	0.55	4.78	
China-13	7.0	0.43	<2	5.2	10.6	59	14	2.33	4.0	3.09	1	163.0	0.2	0.77	0.70	
China-14	3.8	0.31	<2	3.2	6.8	82	16	1.42	2.9	2.08	1	128.5	0.1	0.54	0.36	
China-15	3.3	0.31	<2	3.2	6.3	82	9	1.29	2.0	1.88	1	164.5	0.1	0.54	0.36	
China-23	4.5	0.40	<2	3.1	7.4	113	10	1.56	1.0	2.29	1	89.8	0.1	0.65	0.36	
China-24	31.1	0.27	<2	5.6	28.6	171	11	7.53	42.7	5.13	1	150.0	0.2	0.67	5.77	
China-25	27.5	0.40	2	8.6	22.7	1030	74	6.17	59.5	4.40	18	256	0.5	0.78	7.19	
ZC-01	23.2	0.20	<2	4.3	23.3	105	18	5.99	80.1	4.46	1	626	0.1	0.59	3.26	
ZC-02	16.0	0.22	<2	4.5	15.3	389	11	3.88	38.9	2.93	1	138.5	0.2	0.49	2.17	
ZC-14	16.8	0.26	<2	6.0	17.2	483	13	4.34	31.4	3.72	1	623	0.2	0.72	2.61	
ZC-18	15.4	0.28	<2	4.1	20.3	107	9	4.71	21.4	4.58	1	219	0.1	0.86	1.95	
ZC-29	41.0	0.26	<2	7.1	41.5	27	17	10.75	39.5	7.34	2	654	0.3	0.92	5.82	
ZC-30	36.0	0.33	<2	8.5	38.8	103	17	10.00	65.3	7.64	2	193.0	0.4	1.04	6.30	
ZC-33	18.5	0.35	<2	5.9	17.3	390	9	4.40	8.7	3.72	1	801	0.2	0.75	2.46	
ZC-35	20.6	0.38	<2	6.7	21.9	555	8	5.34	21.7	4.43	2	488	0.3	0.81	2.79	
F813-33	5.1	0.37	<2	4.2	8.4	55	5	1.80	4.1	2.53	1	167.5	0.1	0.69	0.53	
F813-155	3.5	0.28	<2	2.8	5.5	70	5	1.19	3.2	1.82	<1	123.5	0.1	0.51	0.42	
F623-190	4.8	0.40	<2	4.2	8.2	55	<5	1.76	1.6	2.40	1	128.0	0.1	0.66	0.52	
F623-199	5.0	0.39	<2	4.2	8.5	55	<5	1.79	1.3	2.52	1	112.0	0.1	0.70	0.53	
F628-85	5.1	0.42	<2	3.8	8.1	39	<5	1.70	2.1	2.50	1	105.0	0.1	0.71	0.44	
F632-221	13.9	0.25	<2	3.8	18.6	95	<5	4.28	0.4	4.27	1	236	0.1	0.80	1.58	
F633-122	7.0	0.42	33	4.4	9.0	56	<5	2.11	3.8	2.61	1	47.5	0.2	0.69	0.52	
F634-176	17.9	0.23	<2	4.1	24.2	105	<5	5.23	51.3	5.37	1	141.5	0.2	0.59	2.77	
F637-149	32.7	0.23	<2	5.9	36.8	248	<5	8.85	28.0	6.53	1	639	0.4	0.60	4.82	
F637-151	34.9	0.24	<2	6.4	38.8	130	10	9.34	43.6	6.68	1	312	0.4	0.63	5.19	
F637-155	5.2	0.40	<2	3.8	10.6	66	<5	1.99	4.9	3.32	1	110.5	0.2	0.76	0.45	
F638-133	19.4	0.30	<2	5.5	26.1	131	<5	5.01	23.1	5.64	1	418	0.4	0.68	3.36	
CS-08	8.0	0.26	<2	2.9	13.4	113	<5	2.69	0.7	3.79	1	345	0.2	0.62	0.91	
CS-11	11.5	0.30	<2	3.7	14.4	103	<5	3.25	19.4	3.22	1	283	0.2	0.51	2.37	
CS-13	15.6	0.19	<2	4.5	19.8	482	<5	4.59	2.7	3.50	1	45.3	0.3	0.42	2.57	
CS-14	13.7	0.13	<2	3.4	16.9	434	<5	3.94	35.8	3.07	1	247	0.2	0.32	1.84	
CS-19	17.0	0.34	<2	5.9	21.9	504	<5	4.90	7.2	4.77	1	654	0.4	0.64	2.53	
CS-26	17.5	0.34	<2	6.0	22.0	508	<5	5.03	48.1	4.61	2	380	0.4	0.62	2.60	
CS-28	15.0	0.30	<2	3.4	21.2	103	<5	4.36	48.3	5.40	1	422	0.2	0.75	1.48	
CS-29	15.4	0.33	<2	5.4	19.7	463	<5	4.48	5.0	4.39	1	326	0.3	0.61	2.44	
CS-31	10.7	0.35	<2	3.8	17.1	164	<5	3.40	31.2	4.78	1	170.0	0.2	0.76	1.23	
CS-33	11.8	0.26	<2	3.5	18.9	98	<5	3.91	2.1	4.67	1	234	0.2	0.68	1.78	



# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

À: RESSOURCES D ARIANNE INC.

30, RUE RACINE EST

SUITE 160

CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 2 - D

Nombre total de pages: 3 (A - F)

Finalisée date: 9-SEPT-2007

Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07085881

Méthode élément unité L.O.	ME-MSB1	ME-MS61	ME-MS31	ME-MS81	ME-MS01	ME-MSB1	ME-MS31	ME-MS81	ME-MS61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61
	Ti ppm 0.5	Tm ppm 0.01	U ppm 0.05	V ppm 5	W ppm 1	Y ppm 0.5	Yb ppm 0.03	Zn ppm 5	Zr ppm 2	Ag ppm 0.5	Al % 0.01	As ppm 5	Ba ppm 10	Ba ppm 0.5	Bi ppm 2
Chino-03	<0.5	0.27	0.61	204	4	21.5	1.82	180	126	<0.5	7.25	24	140	0.8	<2
Chino-06	<0.5	0.24	1.30	158	2	16.5	1.63	104	121	<0.5	7.03	17	240	0.8	<2
Chino-11	<0.5	0.27	1.26	155	2	18.6	1.82	105	127	<0.5	7.18	96	150	0.8	<2
Chino-12	<0.5	0.23	1.12	129	2	14.8	1.46	89	107	<0.5	7.44	116	150	0.6	<2
Chino-13	<0.5	0.45	0.17	337	2	26.7	2.88	132	93	<0.5	8.24	33	30	<0.5	<2
Chino-14	<0.5	0.32	0.08	281	2	19.0	2.10	106	59	<0.5	8.19	29	30	<0.5	<2
Chino-15	<0.5	0.31	0.08	282	2	18.8	2.01	98	59	<0.5	7.73	10	20	<0.5	<2
Chino-23	<0.5	0.41	0.08	282	4	24.1	2.72	105	58	<0.5	7.89	<5	10	<0.5	<2
Chino-24	<0.5	0.26	1.30	154	3	17.5	1.73	108	125	<0.5	7.80	124	140	0.6	<2
Chino-26	<0.5	0.42	1.90	200	3	24.5	2.74	122	185						
ZC-01	<0.5	0.20	0.99	144	2	14.6	1.43	78	120	<0.5	7.03	7	570	1.0	<2
ZC-02	<0.5	0.22	0.55	137	2	13.8	1.45	93	92	<0.5	6.89	<5	320	0.7	<2
ZC-14	<0.5	0.34	0.67	162	6	21.5	2.33	102	116	<0.5	5.95	29	430	1.2	<2
ZC-18	<0.5	0.31	0.38	246	2	21.3	1.99	166	87	<0.5	8.36	153	130	0.6	<2
ZC-09	<0.5	0.27	1.60	146	9	19.3	1.77	101	161	<0.5	8.21	11	620	1.2	<2
ZC-30	<0.5	0.34	1.95	277	23	23.6	2.40	132	185	<0.5	9.92	375	470	3.2	<2
ZC-33	<0.5	0.35	0.63	160	3	21.8	2.27	100	111	<0.5	6.01	312	410	1.1	<2
ZC-35	<0.5	0.40	0.74	182	10	24.7	2.58	121	129	<0.5	5.88	436	380	1.4	<2
F613-33	<0.5	0.35	0.13	288	2	22.1	2.45	109	76	<0.5	7.75	<5	40	<0.5	<2
F613-155	<0.5	0.30	0.10	278	4	17.4	1.95	81	80	<0.5	8.30	<5	20	<0.5	<2
F623-190	<0.5	0.41	0.13	301	2	23.2	2.68	101	77	<0.5	8.06	<5	50	<0.5	<2
F623-199	<0.5	0.41	0.13	305	2	23.2	2.66	111	78	<0.5	7.87	<5	20	<0.5	<2
F629-95	<0.5	0.43	0.11	310	2	24.6	2.76	110	73	<0.5	7.75	<5	20	<0.5	<2
F632-221	<0.5	0.27	0.29	227	2	19.2	1.69	148	79	<0.5	8.23	141	10	0.5	<2
F633-122	<0.5	0.40	0.18	319	3	23.1	2.71	95	81	<0.5	7.02	16	10	0.8	<2
F634-170	<0.5	0.24	0.95	233	2	16.3	1.62	126	108	<0.5	6.06	5	350	2.0	<2
F637-149	<0.5	0.23	1.34	154	2	16.3	1.60	115	119	<0.5	6.73	<5	580	0.9	<2
F637-151	0.5	0.25	1.46	163	2	16.9	1.73	121	129	<0.5	7.12	5	300	0.8	<2
F637-155	<0.5	0.51	0.11	389	<1	32.2	3.56	127	76	<0.5	7.36	<5	70	<0.5	<2
F638-133	<0.5	0.31	0.92	200	1	21.5	2.25	97	112	<0.5	6.08	<5	380	1.3	<2
CS-08	<0.5	0.28	0.17	228	1	19.4	1.88	101	67	<0.5	8.54	29	30	0.5	<2
CS-11	<0.5	0.29	0.50	227	1	17.0	2.12	137	81	<0.5	8.73	8	240	<0.5	<2
CS-13	<0.5	0.19	0.82	138	3	13.0	1.37	136	80	<0.5	4.98	145	10	0.6	<2
CS-14	<0.5	0.14	0.45	97	3	9.2	0.97	70	80	<0.5	3.09	163	340	0.9	<2
CS-19	<0.5	0.34	0.66	170	1	21.9	2.43	102	107	<0.5	5.82	<5	330	1.2	<2
CS-26	<0.5	0.35	0.72	180	8	21.2	2.43	152	112	<0.5	6.29	550	240	1.1	<2
CS-28	<0.5	0.32	0.31	249	2	22.1	2.21	195	78	<0.5	8.00	37	490	1.1	<2
CS-29	<0.5	0.33	0.84	179	2	21.1	2.38	102	106	<0.5	5.70	180	200	0.7	<2
CS-31	<0.5	0.37	0.23	249	2	26.0	2.49	147	75	<0.5	6.80	157	180	0.7	<2
CS-33	<0.5	0.29	0.41	220	<1	19.9	1.92	170	76	<0.5	7.91	36	30	0.6	<2



# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

À: RESSOURCES D ARIANNE INC.  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 2 - E  
Nombre total de pages: 3 (A - F)  
Finalisée date: 9-SEPT-2007  
Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07085881

Description échantillon	Méthode élément unité L.D.	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61
		Ca %	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Ga ppm	K %	Lo ppm	Mg %	Mn ppm	Mo ppm	Nb %	Ni ppm	P ppm
Chino-03		7.75	<0.5	44	245	14	9.38	20	0.45	40	3.42	1555	<1	0.69	232	2000
Chino-06		6.15	<0.5	35	556	3	6.35	20	1.62	20	6.31	1330	1	0.67	181	1520
Chino-11		6.32	<0.5	32	391	3	5.90	20	0.60	30	5.68	1160	<1	1.73	154	1580
Chino-12		6.51	<0.5	35	422	2	5.67	20	0.78	20	5.67	1135	<1	1.78	154	1540
Chino-13		6.97	<0.5	45	69	59	10.10	20	0.21	<10	3.17	2120	<1	1.09	52	440
Chino-14		7.65	<0.5	40	217	12	8.20	20	0.17	<10	3.95	1505	<1	1.36	81	310
Chino-15		8.08	<0.5	46	205	64	6.30	10	0.11	<10	4.67	1800	<1	2.41	80	310
Chino-23		6.12	<0.5	47	216	118	0.58	20	0.09	<10	3.95	1790	<1	1.60	108	330
Chino-24		6.63	<0.5	36	428	2	5.85	20	0.79	20	5.84	1170	<1	1.81	161	1580
Chino-25																
ZC-01		4.99	<0.5	24	265	58	4.69	20	2.07	10	3.79	812	<1	1.31	97	1220
ZC-02		5.50	<0.5	42	584	3	6.04	10	1.17	10	6.08	1100	<1	0.44	374	1070
ZC-14		5.16	<0.5	46	625	6	6.57	10	1.09	10	6.02	1280	<1	0.91	469	1250
ZC-18		6.33	<0.5	49	146	43	10.05	20	0.59	10	2.77	1500	<1	1.93	112	690
ZC-29		3.22	<0.5	24	35	45	5.81	20	1.16	20	2.66	1100	<1	2.48	22	2060
ZC-30		1.66	<0.5	43	434	86	11.00	20	2.56	20	2.01	2500	1	1.71	98	2570
ZC-13		5.42	<0.5	23	670	11	6.73	10	0.39	10	8.43	1180	<1	1.31	395	1320
ZC-35		5.88	<0.5	50	696	32	7.49	10	0.86	10	8.18	1685	<1	0.57	532	1450
F613-33		7.21	<0.5	41	42	75	8.50	20	0.13	<10	3.69	1780	<1	1.96	52	460
F613-155		6.15	<0.5	45	116	104	8.56	20	0.16	<10	5.03	1430	<1	1.77	68	310
F623-190		6.95	<0.5	46	45	102	0.42	20	0.14	<10	4.73	1640	<1	1.67	51	430
F623-199		7.03	<0.5	44	44	86	9.04	20	0.12	<10	4.02	1760	<1	1.99	52	410
F624-95		6.54	<0.5	46	5	162	10.35	20	0.13	<10	3.62	1645	<1	1.44	34	380
F632-221		4.18	<0.5	49	127	93	10.50	20	0.06	10	3.74	1305	<1	2.35	101	660
F633-122		0.69	<0.5	57	56	13	7.67	20	0.07	10	9.64	840	26	0.62	58	440
F634-170		5.57	<0.5	50	367	75	8.86	20	1.22	10	4.81	1310	<1	0.39	104	1730
F637-149		5.26	<0.5	42	424	67	6.26	20	0.91	30	6.40	1240	<1	1.47	243	1840
F637-151		5.06	<0.5	31	277	54	5.89	20	1.11	30	4.82	1360	<1	1.15	129	1580
F637-155		2.96	<0.5	53	56	179	12.10	20	0.12	<10	3.14	1780	<1	1.51	65	1050
F638-133		4.66	<0.5	37	377	40	6.84	20	0.73	10	5.38	1105	<1	1.32	125	1060
CS-08		6.20	<0.5	50	127	75	9.87	20	0.05	<10	3.46	1410	<1	1.99	115	508
CS-11		4.73	<0.5	52	57	125	11.35	20	0.59	10	2.77	1555	<1	2.28	103	430
CS-13		6.11	<0.5	34	609	2	6.48	10	0.09	10	10.85	1595	<1	0.20	502	1280
CS-14		7.53	<0.5	54	830	<1	6.46	10	1.15	10	0.63	1415	<1	0.26	611	1260
CS-19		4.82	<0.5	50	742	43	8.89	10	0.30	10	9.15	1315	<1	1.31	502	1260
CS-25		6.36	<0.5	51	734	3	6.95	20	1.22	10	7.98	1770	<1	0.62	505	1180
CS-28		3.85	<0.5	48	135	112	10.45	20	1.98	10	3.14	1960	<1	1.82	100	690
CS-29		6.06	<0.5	38	776	1	7.09	10	0.22	10	9.09	1415	<1	0.74	473	1390
CS-31		5.71	<0.5	56	183	48	10.60	20	1.02	<10	2.41	2190	<1	1.57	176	880
CS-33		3.36	<0.5	49	147	86	11.05	20	0.09	10	3.17	1615	<1	2.53	102	660



**ALS Chemex**  
EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.  
212 Brookbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0216 www.alschemex.com

A: RESSOURCES D'ARIANNE INC.  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 2 - F  
Nombre total de pages: 3 (A - F)  
Finalisée date: 9-SEPT-2007  
Compte: RESARI

Projet: OPINACA

**CERTIFICAT D'ANALYSE VO07085881**

Description échantillon	Méthode élément unité L.D.	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61
		Pb ppm	S %	Sh ppm	Se ppm	Sr ppm	Ta ppm	Ti %	Tl ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Zn ppm
Chino-03	3	0.03	<5	27	175	<20	0.93	10	<10	188	<10	184	
Chino-05	3	<0.01	<5	24	126	<20	0.34	<10	<10	144	<10	101	
Chino-11	<2	0.01	<5	22	147	<20	0.36	<10	<10	143	<10	101	
Chino-12	<2	0.01	<5	22	160	<20	0.34	<10	<10	139	<10	98	
Chino-13	<2	0.33	<5	44	176	<20	0.67	<10	<10	311	<10	119	
Chino-14	7	0.01	<5	44	139	<20	0.66	<10	<10	274	<10	99	
Chino-15	<2	0.03	<5	42	200	<20	0.53	10	10	259	<10	85	
Chino-23	<2	0.07	<5	43	103	<20	0.54	<10	<10	261	<10	98	
Chino-24	<2	0.01	<5	22	162	<20	0.35	<10	<10	144	<10	102	
Chino-25													
ZC-01	9	0.03	<5	18	660	<20	0.37	<10	<10	129	<10	70	
ZC-02	7	<0.01	6	20	150	<20	0.27	<10	<10	127	<10	82	
ZC-14	4	0.01	<5	22	677	<20	0.47	<10	<10	151	<10	89	
ZC-18	6	0.03	<5	27	255	<20	1.00	10	<10	235	<10	141	
ZC-29	8	0.03	<5	15	700	<20	0.51	<10	<10	136	10	93	
ZC-30	9	1.00	5	32	200	<20	0.66	10	<10	262	20	116	
ZC-33	3	<0.01	<5	23	895	<20	0.47	<10	<10	155	<10	91	
ZC-35	3	0.04	<5	22	499	<20	0.51	<10	<10	170	<10	111	
F613-33	<2	0.03	<5	44	179	<20	0.66	<10	<10	290	<10	95	
F613-155	6	0.05	<5	43	142	<20	0.50	<10	<10	264	<10	71	
F623-190	<2	0.02	<5	46	152	<20	0.68	10	<10	301	10	96	
F623-198	<2	0.02	<5	46	127	<20	0.66	<10	<10	269	<10	97	
F626-65	<2	0.08	<5	48	124	<20	0.68	<10	<10	317	<10	107	
F632-221	8	0.02	8	29	265	<20	1.02	<10	<10	235	<10	137	
F633-122	<2	0.14	<5	37	43	<20	0.74	<10	<10	315	<10	88	
F634-170	<2	0.11	7	33	150	<20	0.67	<10	<10	221	<10	117	
F637-149	4	0.01	<5	22	568	<20	0.42	<10	<10	140	<10	109	
F637-151	10	0.01	<5	23	346	<20	0.45	<10	<10	147	<10	114	
F637-155	<2	0.24	<5	48	114	<20	0.74	<10	<10	334	<10	115	
F638-133	<2	0.01	<5	30	442	<20	0.60	<10	<10	185	<10	87	
CS-08	<2	0.01	<5	27	369	<20	0.97	<10	<10	220	<10	153	
CS-11	<2	<0.01	<5	27	358	<20	0.64	<10	<10	216	<10	120	
CS-13	<2	<0.01	6	23	49	<20	0.20	<10	<10	128	<10	133	
CS-14	<2	<0.01	5	22	381	<20	0.30	<10	<10	128	<10	90	
CS-19	2	<0.01	5	23	923	<20	0.48	<10	<10	153	<10	93	
CS-26	<2	0.03	6	24	427	<20	0.61	<10	<10	162	10	141	
CS-28	<2	0.11	7	28	489	<20	1.10	<10	<10	233	<10	142	
CS-29	<2	<0.01	7	22	351	<20	0.53	<10	<10	166	<10	97	
CS-31	<2	<0.01	7	27	190	<20	1.01	<10	<10	244	<10	144	
CS-33	<2	0.04	<5	27	263	<20	1.01	<10	<10	212	<10	145	







# ALS Chemex

**EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE**  
ALS Canada Ltd

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Telephone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

A: RESSOURCES D ARIANNE INC.  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 3 - D  
Nombre total de pages: 3 (A - F)  
Finalisée date: 9-SEPT-2007  
Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07085881

Méthode d'échantillonnage L.D.	ME-MS81	NE-MS81	SE-MS81	TE-MS81	ME-MS81	SE-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-ICP61	NE-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61
	Si ppm	Tm ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Y ppm	Yb ppm	Zn ppm	Zr ppm	Ag ppm	Al %	As ppm	Ba ppm	Be ppm	Bi ppm	
Description échantillon	0.5	0.01	0.05	5	1	0.5	0.03	5	2	0.5	0.01	5	10	0.5	2	
CS-36	<0.5	0.42	2.10	238	1	35.3	2.89	154	215	<0.5	8.07	21	500	1.1	<2	
CS-37	<0.5	0.21	1.10	84	1	14.1	1.43	85	124	<0.5	5.92	<5	170	0.5	<2	
CS-40	<0.5	0.32	0.34	263	1	21.3	2.14	118	78	<0.5	8.89	58	140	0.7	<2	
CS-86										<0.5	6.48	68	280	2.9	<2	



# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0216 www.alschemex.com

À RESSOURCES D ARIANNE INC.  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 3 - E  
Nombre total de pages: 3 (A - F)  
Finalisée date: 9-SEPT-2007  
Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07085881

Description échantillon	Méthode éléments unifiés L.D.	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61
		Cx %	Cl ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Ga ppm	K %	La ppm	Mg %	Mo ppm	Ni ppm	Nb %	Pb ppm	P ppm
CS-35		5.80	<0.5	53	259	84	8.01	20	0.30	50	3.29	1135	<1	2.75	274	3930
CS-37		0.92	<0.5	20	33	14	5.37	10	0.43	20	1.02	830	<1	1.14	40	370
CS-40		5.06	<0.5	63	226	43	6.28	20	0.48	10	1.51	1865	<1	2.32	138	750
CS-66		0.72	<0.5	44	63	59	6.39	10	2.56	30	0.88	299	144	0.35	99	470





# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

A: RESSOURCES D ARIANNE INC.  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 3 - F  
Nombre total de pages: 3 (A - F)  
Finalisée date: 8-SEPT-2007  
Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07085881

Description échantillon	Méthode élément unités L.A.	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	
		Pb ppm	S %	Sb ppm	Sc ppm	Sr ppm	Th ppm	Ti %	Tl ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Zn ppm
		2	0.01	5	1	1	20	0.01	10	10	1	10	
CS-35		6	0.02	<5	29	719	20	1.27	<10	<10	229	<10	137
CS-37		4	0.06	<5	9	198	<20	0.29	<10	<10	80	<10	80
CS-40		<2	<0.01	<5	29	328	<20	0.96	<10	<10	253	<10	105
CS-66		26	5.56	10	13	77	<20	0.37	<10	40	156	<10	62



## ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

À: RESSOURCES D ARIANNE INC.  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 1  
Finalisée date: 6-FEVR-2008  
Compte: RESARI

### CERTIFICAT VO07132445

Projet: OPINACA

Bon de commande #:

Ce rapport s'applique aux 31 échantillons de pulpe soumis à notre laboratoire de Val d'Or, QC, Canada le 9-NOV-2007.

Les résultats sont transmis à:

BERNARD LAPOINTE

SEBASTIEN VIGNEAU

### PRÉPARATION ÉCHANTILLONS

CODE ALS	DESCRIPTION
WEI-21	Poids échantillon reçu
LOG-24	Entrée pulpe - Reçu sans code barre

### PROCÉDURES ANALYTIQUES

CODE ALS	DESCRIPTION	INSTRUMENT
ME-XRF06	Roche totale - XRF	XRF
OA-GRA06	Perte par calcination pour ME-XRF06	WST-SIM
ME-MS81	Fusion 38 éléments ICP-MS	ICP-MS
ME-ICP61	33 éléments, quatre acides ICP-AES	ICP-AES

À: RESSOURCES D ARIANNE INC.  
ATTN: BERNARD LAPOINTE  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Ce rapport est final et remplace tout autre rapport préliminaire portant ce numéro de certificat. Les résultats s'appliquent aux échantillons soumis. Toutes les pages de ce rapport ont été vérifiées et approuvées avant publication.

Signature:

Colin Ramshaw, Vancouver Laboratory Manager



# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

À: RESSOURCES D ARIANNE INC.  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 2 - A  
Nombre total de pages: 2 (A - F)  
Finalisée date: 6-FEVR-2008  
Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07132445

Description échantillon	Méthode élément unités L.D.	WEI-21	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
		Poids reçu	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	Cr2O3	TiO2	MnO	P2O5	SrO	BaO	LOI
		kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
CHINO-17		0.10	45.01	16.05	14.20	11.48	6.36	1.08	1.32	0.02	1.30	0.28	0.095	0.01	0.02	2.10
CHINO-22		0.09	51.78	14.67	13.55	7.48	5.88	2.17	0.99	0.04	0.98	0.22	0.062	0.01	0.03	1.96
CHINO-26		<0.02	54.16	14.82	12.14	6.73	4.38	2.61	1.53	0.02	0.92	0.14	0.158	0.03	0.06	1.52
CHINO-27		0.04	70.85	14.73	2.61	0.36	2.38	4.39	2.20	<0.01	0.37	0.01	0.069	0.01	0.06	1.97
CS-06		0.10	45.38	18.02	20.50	3.52	4.71	1.72	0.27	0.04	1.93	0.31	0.154	0.02	0.01	3.15
CS-07		Not Recvd														
CS-09		0.08	66.13	18.41	3.27	2.76	1.05	4.39	2.11	<0.01	0.47	0.02	0.079	0.03	0.09	0.85
CS-10		0.08	72.24	14.95	1.69	2.00	0.59	5.81	0.76	<0.01	0.35	0.02	0.076	0.03	0.03	1.15
CS-15		0.09	56.00	15.25	10.22	3.73	4.11	1.20	3.67	0.10	1.12	0.09	0.519	0.03	0.14	2.08
CS-16		0.09	51.59	18.01	14.05	3.70	2.09	1.30	4.36	0.11	1.31	0.25	0.538	0.03	0.12	1.69
CS-17		0.06	51.02	14.45	21.06	1.54	2.99	0.23	3.84	0.06	1.07	0.42	0.635	<0.01	0.10	1.56
CS-18		0.07	54.29	15.69	11.07	3.17	4.54	0.83	4.36	0.05	1.12	3.17	0.446	0.01	0.12	3.07
CS-22		0.09	46.78	10.95	9.57	8.42	18.09	0.80	0.12	0.23	0.74	0.16	0.203	0.02	0.01	3.93
SV-08		0.09	72.02	18.15	0.54	1.43	0.32	1.58	3.65	<0.01	0.38	0.01	0.078	0.01	0.07	1.74
SV-10		0.04	70.95	14.73	2.53	0.36	2.32	4.30	2.16	<0.01	0.41	0.01	0.068	0.01	0.05	2.01
ZC-10		0.07	50.32	11.54	9.27	7.57	6.98	0.81	2.75	0.05	0.92	0.13	0.229	0.04	0.08	8.26
SW-03		0.10	50.61	14.56	14.95	7.26	5.84	3.01	0.28	0.03	1.85	0.20	0.121	0.03	0.03	1.12
SW-04		0.08	48.16	14.96	13.59	7.62	6.66	3.94	0.18	0.05	2.01	0.20	0.523	0.13	0.03	0.73
SW-07		0.09	46.85	14.50	14.17	11.98	6.96	1.39	0.38	0.02	1.18	0.19	0.088	0.01	0.01	1.96
SW-08		0.08	70.42	15.55	1.71	2.48	1.73	5.25	0.73	<0.01	0.31	0.03	0.076	0.02	0.02	1.53
SW-09		0.09	51.50	12.69	8.80	8.74	11.59	2.19	0.99	0.13	0.69	0.17	0.340	0.01	0.02	2.00
SW-10		0.13	50.00	16.46	15.47	7.16	4.39	1.94	1.09	0.01	1.55	0.26	0.058	0.01	0.03	1.53
SW-15		0.08	47.69	14.50	11.18	10.50	6.67	1.14	1.99	0.04	0.96	0.20	0.064	0.02	0.04	4.79
SW-25		<0.02														
F632-138		0.08	45.93	19.07	15.76	8.44	4.38	3.34	0.31	0.01	1.21	0.19	0.095	0.05	0.01	1.18
F637-067		0.07	55.69	13.03	12.27	5.65	6.77	2.38	0.64	0.07	0.88	0.17	0.241	0.03	0.05	1.59
F637-065		0.09	49.01	10.54	10.39	8.29	15.33	1.29	0.62	0.15	0.86	0.20	0.296	0.06	0.08	2.95
F637-075		0.09	48.68	12.75	8.74	8.62	6.25	2.20	2.46	0.05	0.92	0.14	0.411	0.07	0.12	7.66
F637-079		0.09	48.18	10.76	10.54	8.70	14.18	0.44	2.77	0.16	0.91	0.20	0.304	0.02	0.05	2.75
F637-088		0.10	50.87	12.46	11.26	9.24	6.78	2.95	1.02	0.09	0.97	0.20	0.504	0.06	0.05	3.51
F703-053A		0.10	34.53	28.42	26.00	0.16	1.12	2.49	1.19	0.07	3.07	0.20	0.031	0.03	0.03	2.52



# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

À: RESSOURCES D ARIANNE INC.

30, RUE RACINE EST

SUITE 160

CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 2 - B

Nombre total de pages: 2 (A - F)

Finalisée date: 6-FEVR-2008

Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07132445

Description échantillon	Méthode élément unités L.D.	ME-XRF06	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
		Total %	Ag ppm	Ba ppm	Ca ppm	Co ppm	Cr ppm	Cs ppm	Cu ppm	Dy ppm	Er ppm	Eu ppm	Ga ppm	Gd ppm	Hf ppm	Ho ppm
CHINO-17		99.32	<1	143.5	19.7	59.6	100	5.66	84	6.76	4.22	1.46	19.9	6.67	2.7	1.42
CHINO-22		99.83	<1	156.5	9.7	64.4	300	2.22	238	3.68	2.24	0.96	17.4	3.12	1.6	0.77
CHINO-26		99.31	1	439	52.5	80.7	150	4.62	1120	4.44	2.67	1.29	18.6	4.92	4.3	0.89
CHINO-27		100.00	<1	376	30.6	6.5	30	0.96	5	0.96	0.63	0.67	19.1	1.96	3.1	0.18
CS-06		99.73	<1	51.0	22.8	59.3	250	0.87	19	4.67	2.88	1.63	22.0	4.81	2.6	0.95
CS-07																
CS-09		99.77	<1	735	46.2	10.2	50	4.09	8	1.46	0.86	0.79	24.8	2.33	4.2	0.28
CS-10		99.71	<1	234	25.0	3.9	20	2.11	30	1.24	0.68	0.51	13.0	2.17	3.4	0.23
CS-15		98.24	<1	1235	57.9	41.1	660	9.11	9	3.89	2.07	1.87	19.6	6.34	3.9	0.70
CS-16		99.84	<1	956	63.4	47.4	710	12.15	145	3.96	2.02	2.03	22.7	6.54	4.5	0.70
CS-17		99.88	<1	857	54.9	70.5	390	11.45	86	4.06	2.34	1.69	18.9	5.68	4.0	0.80
CS-18		99.86	<1	1000	64.2	47.5	420	14.50	54	4.50	2.44	2.03	21.5	6.66	4.5	0.86
CS-22		99.91	<1	98.4	19.6	33.0	1660	0.40	<5	2.94	1.92	0.83	13.3	3.02	2.3	0.62
SV-08		99.98	<1	575	26.9	3.3	40	11.70	<5	0.66	0.46	0.50	25.8	1.67	3.5	0.16
SV-10		99.92	<1	414	36.1	6.9	30	1.14	5	0.97	0.64	0.70	20.1	2.05	3.6	0.19
ZC-10		99.95	<1	648	43.1	37.5	350	9.84	44	3.64	2.14	1.32	16.7	4.88	3.6	0.69
SW-03		99.90	<1	98.3	26.1	47.8	160	0.26	77	4.19	2.18	1.48	20.1	4.82	2.9	0.77
SW-04		99.88	<1	152.0	164.0	48.8	300	1.01	55	8.14	3.52	3.64	19.4	14.25	5.1	1.35
SW-07		99.68	<1	47.0	20.3	41.9	100	0.99	53	5.28	3.53	1.21	19.6	4.82	3.0	1.13
SW-08		99.85	<1	134.5	35.0	5.5	10	0.89	87	1.25	0.59	0.71	17.3	2.45	3.6	0.21
SW-09		99.86	<1	196.0	55.0	43.5	970	1.35	5	3.12	1.73	1.35	16.0	4.94	3.4	0.58
SW-10		99.96	<1	196.0	12.6	57.8	160	1.33	391	4.24	2.74	0.91	23.6	3.40	3.2	0.90
SW-15		99.78	<1	261	12.7	45.7	350	18.65	83	3.85	2.34	0.87	17.2	3.16	1.8	0.76
SW-25																
F632-138		99.99	<1	72.3	32.2	61.7	100	0.54	6	4.31	2.41	1.27	25.7	4.06	2.7	0.82
F637-067		99.43	<1	435	82.2	53.9	600	0.84	81	4.73	2.59	1.94	18.7	6.60	3.5	0.84
F637-065		99.97	<1	606	38.8	52.5	1450	0.68	45	4.27	2.58	1.33	14.5	4.47	3.1	0.81
F637-076		99.27	<1	975	59.5	34.5	510	7.28	63	3.95	2.03	1.87	17.9	5.84	3.5	0.67
F637-079		99.77	<1	433	39.1	56.7	1670	5.08	19	4.36	2.53	1.29	16.2	4.34	3.3	0.81
F637-098		99.97	<1	391	66.6	45.8	820	3.10	62	5.17	2.82	2.12	17.9	6.95	3.6	0.93
F703-053A		99.95	<1	197.0	38.8	73.8	610	6.57	<5	5.15	2.63	1.70	40.8	5.96	4.6	0.89



# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brooksbank Avenue

North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

A: RESSOURCES D ARIANNE INC.

30, RUE RACINE EST

SUITE 160

CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 2 - C

Nombre total de pages: 2 (A - F)

Finalisée date: 6-FEVR-2008

Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07132445

Description échantillon	Méthode élément unités L.B.	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	
		La ppm	Lu ppm	Mo ppm	Nb ppm	Nd ppm	Ni ppm	Pb ppm	Pr ppm	Rb ppm	Sm ppm	Sr ppm	Sr ppm	Ta ppm	Tb ppm	Th ppm
		0.5	0.01	2	0.2	0.1	5	5	0.03	0.2	0.03	1	0.1	0.1	0.05	
CHINO-17		7.9	0.59	<2	5.3	14.0	66	<5	2.83	56.0	4.14	1	86.5	0.4	1.05	0.75
CHINO-22		3.8	0.32	<2	3.2	7.5	84	<5	1.44	34.9	2.29	1	98.4	0.2	0.56	0.36
CHINO-26		26.5	0.39	2	8.4	24.8	1230	81	6.15	60.3	4.92	19	249	0.6	0.76	7.11
CHINO-27		15.0	0.08	<2	4.0	14.2	15	<5	3.56	48.8	2.46	1	119.5	0.3	0.22	5.15
CS-06		9.5	0.40	4	4.0	15.4	191	8	3.19	9.8	4.13	1	136.5	0.2	0.82	1.27
CS-07																
CS-09		19.6	0.13	2	5.4	17.2	38	7	4.40	53.4	2.98	1	275	0.4	0.31	6.00
CS-10		10.8	0.07	<2	4.0	12.4	10	7	3.05	20.0	2.62	1	303	0.3	0.27	4.94
CS-15		25.9	0.26	<2	5.9	33.2	81	22	7.58	116.0	7.26	1	330	0.4	0.85	3.99
CS-15		28.1	0.25	<2	6.6	35.7	117	18	8.36	139.5	7.75	1	323	0.4	0.85	4.40
CS-17		24.8	0.34	<2	6.2	30.3	148	10	7.15	120.5	6.51	1	82.5	0.4	0.83	3.97
CS-18		28.8	0.33	<2	7.1	35.5	95	12	8.37	146.5	7.82	1	193.5	0.4	0.94	4.58
CS-22		8.7	0.27	<2	3.8	10.9	490	<5	2.55	5.6	2.68	1	186.0	0.2	0.52	1.43
SV-08		13.4	0.06	<2	3.4	12.4	15	<5	3.20	85.2	2.04	<1	160.0	0.2	0.20	2.38
SV-10		17.4	0.10	<2	4.2	15.1	18	5	4.10	50.3	2.53	<1	127.5	0.3	0.22	5.01
ZC-10		19.5	0.27	<2	5.2	24.3	72	12	5.67	90.1	5.19	1	338	0.3	0.72	3.17
SW-03		10.8	0.27	<2	3.8	18.4	111	<5	3.95	5.2	4.77	1	265	0.2	0.77	1.31
SW-04		72.1	0.42	<2	15.3	82.0	239	7	22.2	2.7	17.05	1	1085	0.7	1.80	8.01
SW-07		8.3	0.51	2	5.5	14.4	72	<5	3.05	10.8	4.07	1	124.0	0.4	0.86	0.88
SW-08		18.0	0.07	<2	4.3	15.5	7	<5	4.05	29.1	2.84	1	217	0.4	0.28	4.64
SW-09		26.4	0.23	<2	5.5	27.7	214	<5	6.91	47.3	5.26	1	130.0	0.3	0.59	5.00
SW-10		6.7	0.44	<2	5.3	9.0	48	<5	1.77	47.7	2.60	1	137.0	0.3	0.60	0.89
SW-15		5.1	0.29	<2	3.3	8.1	77	5	1.79	65.0	2.51	1	144.0	0.2	0.53	0.38
SW-25																
F632-128		15.1	0.28	<2	4.2	15.7	107	5	3.98	5.7	3.66	2	460	0.2	0.64	2.78
F637-067		39.0	0.32	<2	5.6	37.8	147	12	10.10	16.7	7.45	2	275	0.3	0.82	7.02
F637-065		18.2	0.33	<2	5.9	19.0	483	5	4.84	13.2	4.36	2	634	0.4	0.85	2.57
F637-076		28.1	0.24	<2	6.0	30.7	61	8	7.62	63.7	6.65	1	715	0.3	0.70	4.19
F637-079		18.4	0.34	<2	6.1	19.2	498	<5	4.85	75.8	4.33	1	244	0.4	0.93	2.81
F637-088		31.3	0.31	<2	6.4	35.0	102	8	8.49	36.1	7.68	1	955	0.3	0.88	4.16
F703-063A		16.7	0.34	<2	7.5	23.1	138	10	5.22	43.4	5.82	1	349	0.4	0.84	2.77



# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

A: RESSOURCES D ARIANNE INC.  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Projet: OPINACA

Page: 2 - D  
Nombre total de pages: 2 (A - F)  
Finalisée date: 6-FEVR-2008  
Compte: RESARI

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07132445

Description échantillon	Méthode élément unités L.D.	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-ICP81	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61
		Ti ppm 0.5	Tm ppm 0.01	U ppm 0.05	V ppm 5	W ppm 1	Y ppm 0.5	Yb ppm 0.03	Zn ppm 5	Zr ppm 2	Ag ppm 0.5	Al % 0.01	As ppm 5	Ba ppm 10	Be ppm 0.5	Bi ppm 2	
CHINO-17		<0.5	0.59	0.16	334	5	36.4	3.86	113	93	<0.5	8.08	47	130	<0.5	<2	
CHINO-22		<0.5	0.31	0.09	256	4	19.5	2.14	101	55	<0.5	8.06	71	160	<0.5	<2	
CHINO-28		<0.5	0.39	1.64	182	4	24.6	2.63	131	161							
CHINO-27		<0.5	0.09	1.02	36	2	5.2	0.63	26	113	<0.5	7.50	<5	410	0.6	<2	
CS-08		<0.5	0.39	0.23	250	5	24.5	2.57	187	82	<0.5	9.14	91	50	0.5	<2	
CS-07																	
CS-09		<0.5	0.12	1.31	72	2	7.7	0.86	64	150	<0.5	8.58	<5	710	1.1	<2	
CS-10		<0.5	0.08	1.11	31	1	6.6	0.50	33	121	<0.5	7.53	9	210	0.5	<2	
CS-15		<0.5	0.27	1.10	223	3	19.3	1.70	130	145	0.5	8.27	7	1190	1.7	<2	
CS-16		0.5	0.26	1.44	262	2	17.3	1.74	135	164	<0.5	9.62	<5	920	2.7	4	
CS-17		<0.5	0.33	1.16	216	1	22.4	2.25	134	165	0.7	7.78	51	870	1.4	<2	
CS-18		0.5	0.36	1.23	233	8	23.1	2.22	115	166	0.5	8.40	9	670	1.5	<2	
CS-22		<0.5	0.27	0.35	161	4	17.1	1.89	97	84	<0.5	6.19	78	70	0.6	<2	
SV-08		<0.5	0.06	0.63	44	3	4.4	0.44	13	121	<0.5	8.76	5	550	0.7	<2	
SV-10		<0.5	0.10	0.98	41	3	5.3	0.66	26	127	<0.5	7.86	<5	420	0.7	<2	
ZC-10		<0.5	0.29	0.85	230	10	18.7	1.84	98	123	<0.5	6.60	5	630	1.5	<2	
SW-03		<0.5	0.29	0.23	212	2	19.4	1.88	148	87	0.5	8.44	36	100	0.6	<2	
SW-04		<0.5	0.48	1.34	200	7	35.6	2.98	131	194	0.9	8.53	8	160	1.4	<2	
SW-07		<0.5	0.51	0.16	305	6	28.6	3.38	116	100	0.5	8.47	15	50	<0.5	<2	
SW-08		<0.5	0.07	0.90	25	1	5.4	0.51	30	141	0.6	7.74	<5	130	1.5	<2	
SW-09		<0.5	0.23	1.07	136	1	16.6	1.56	99	128	0.6	7.48	57	160	<0.5	<2	
SW-10		<0.5	0.39	0.29	366	16	24.3	2.93	137	117	<0.5	8.98	<5	180	<0.5	<2	
SW-15		<0.5	0.32	0.09	321	1	22.5	2.22	102	67	0.7	7.70	7	250	<0.5	<2	
SW-25											<0.5	6.60	75	320	2.8	<2	
F632-138		<0.5	0.29	0.52	265	1	22.9	2.21	152	90	<0.5	9.71	<5	60	0.6	<2	
F637-067		<0.5	0.32	1.43	282	2	25.4	2.31	115	119	<0.5	7.36	<5	410	1.2	<2	
F637-065		<0.5	0.32	0.60	239	5	25.1	2.42	108	109	<0.5	5.99	<5	570	1.3	2	
F637-078		<0.5	0.25	1.21	266	20	20.5	1.74	84	131	<0.5	7.31	36	950	2.1	<2	
F637-079		<0.5	0.35	0.65	260	10	24.5	2.37	139	115	0.6	6.57	85	370	1.3	<2	
F637-099		<0.5	0.36	1.21	278	5	29.2	2.43	105	126	0.5	7.12	<5	350	1.5	<2	
F703-053A		<0.5	0.33	0.46	573	2	21.8	2.57	257	145	0.5	14.45	83	180	1.2	<2	



# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brookbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

A: RESSOURCES D ARIANNE INC.  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 2 - E  
Nombre total de pages: 2 (A - F)  
Finalisée date: 6-FEVR-2008  
Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07132445

Description échantillon	Méthode élément unités L.D.	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61
		Ca %	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Ga ppm	K %	La ppm	Mg %	Mn ppm	Mo ppm	Na %	Ni ppm	P ppm
CHINO-17		7.76	<0.5	53	75	87	9.43	20	0.95	<10	3.55	1960	<1	0.68	62	420
CHINO-22		5.08	<0.5	58	231	250	8.94	20	0.79	<10	3.25	1595	<1	1.58	85	320
CHINO-26																
CHINO-27		0.28	<0.5	6	20	3	1.82	20	1.73	10	1.31	115	1	3.12	19	370
CS-06		2.47	<0.5	63	233	15	13.35	30	0.17	10	2.60	2190	<1	1.27	186	670
CS-07																
CS-09		1.90	<0.5	7	27	5	2.11	30	1.62	10	0.51	154	<1	3.09	28	399
CS-10		1.48	<0.5	3	16	26	1.13	10	0.59	10	0.30	141	<1	4.23	11	390
CS-15		2.67	<0.5	38	565	9	7.01	20	3.04	20	2.59	715	1	0.87	74	2310
CS-16		2.74	<0.5	45	628	129	9.77	20	3.78	20	1.55	1880	1	0.99	112	2780
CS-17		1.14	<0.5	67	374	72	15.30	20	3.25	20	1.70	2660	1	0.15	141	2840
CS-18		2.32	<0.5	46	370	58	8.43	20	3.89	30	2.70	1345	<1	0.60	92	1920
CS-22		5.93	<0.5	28	1150	<1	6.42	10	0.08	10	11.05	1145	<1	0.56	440	840
SV-08		1.01	<0.5	1	9	<1	0.39	20	2.89	10	0.14	64	1	1.14	7	390
SV-10		0.29	<0.5	6	20	3	1.87	20	1.80	20	1.35	118	<1	3.27	19	390
ZC-10		5.45	<0.5	32	242	44	6.31	20	2.95	20	4.19	951	1	0.62	68	1020
SW-03		5.41	<0.5	46	126	71	10.40	20	0.22	10	3.57	1555	<1	2.44	100	590
SW-04		5.51	<0.5	45	235	64	9.21	20	0.15	80	4.01	1465	1	3.13	213	2820
SW-07		8.75	<0.5	38	65	56	9.72	20	0.32	<10	4.25	1415	3	1.16	58	450
SW-08		1.82	0.5	4	8	88	1.15	20	0.56	20	0.94	230	1	3.79	5	380
SW-09		6.48	<0.5	30	539	1	6.09	20	0.86	30	7.20	1280	1	1.73	210	1520
SW-10		5.11	<0.5	43	62	504	10.40	20	0.91	<10	2.53	1890	1	1.45	53	290
SW-15		7.03	<0.5	42	180	86	7.03	20	1.60	<10	3.68	1400	<1	0.84	76	290
SW-25		0.77	<0.5	45	62	58	6.93	20	2.55	30	0.90	334	166	0.30	97	510
F632-138		5.79	<0.5	51	50	5	10.20	30	0.20	10	2.35	1385	1	2.50	101	430
F637-067		4.04	<0.5	46	319	84	8.32	20	0.53	30	4.01	1285	1	1.78	138	1070
F637-065		5.90	<0.5	47	585	51	8.93	10	0.52	20	9.25	1460	<1	0.99	471	1320
F637-076		6.39	<0.5	27	245	66	5.99	20	2.15	20	3.72	1020	<1	1.67	55	1830
F637-079		5.92	<0.5	46	585	18	6.62	20	2.32	10	8.19	1410	<1	0.33	444	1300
F637-058		6.52	<0.5	37	377	67	7.40	20	0.89	20	3.94	1440	<1	2.29	88	2240
F703-053A		0.13	<0.5	58	386	1	17.15	40	0.93	<10	0.52	1390	<1	1.79	131	160



# ALS Chemex

EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE

ALS Canada Ltd.

212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

À: RESSOURCES D ARIANNE INC.  
30, RUE RACINE EST  
SUITE 160  
CHICOUTIMI QC G7H 1P5

Page: 2 - F  
Nombre total de pages: 2 (A - F)  
Finalisée date: 6-FEVR-2008  
Compte: RESARI

Projet: OPINACA

## CERTIFICAT D'ANALYSE VO07132445

Description échantillon	Méthode élément unités L.D.	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	ME-ICP61	
		Pb ppm	S %	Sb ppm	Sc ppm	Sr ppm	Th ppm	Ti %	Ti ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Zn ppm
CHINO-17		<2	0.83	8	46	88	<20	0.62	<10	<10	320	<10	101
CHINO-22		2	0.56	<5	44	110	<20	0.53	<10	<10	268	<10	92
CHINO-26													
CHINO-27		<2	0.02	<5	5	127	<20	0.21	<10	20	40	<10	18
CS-06		<2	0.02	<5	30	150	<20	1.06	<10	<10	264	<10	187
CS-07													
CS-09		<2	<0.01	<5	7	265	<20	0.27	<10	20	62	<10	47
CS-10		<2	0.03	<5	5	289	<20	0.18	<10	30	27	<10	24
CS-15		9	0.01	<5	33	337	<20	0.64	<10	<10	207	<10	117
CS-16		8	0.02	<5	36	334	<20	0.78	<10	<10	266	10	135
CS-17		2	0.02	<5	32	86	<20	0.62	<10	<10	227	10	135
CS-18		6	0.16	<5	32	197	<20	0.67	<10	<10	234	10	108
CS-22		<2	<0.01	5	25	179	<20	0.25	<10	<10	156	10	93
SV-08		<2	<0.01	5	4	146	<20	0.20	<10	<10	38	<10	<2
SV-10		<2	0.01	<5	5	133	<20	0.22	<10	20	40	<10	18
ZC-10		4	<0.01	<5	34	367	<20	0.53	<10	<10	236	10	91
SW-03		<2	0.01	<5	27	317	<20	1.12	<10	10	221	<10	147
SW-04		5	0.01	<5	30	1350	<20	1.17	<10	<10	215	<10	129
SW-07		<2	0.32	7	45	113	<20	0.66	<10	10	306	<10	113
SW-08		<2	0.01	<5	2	224	<20	0.17	<10	20	25	<10	18
SW-09		<2	<0.01	<5	25	161	<20	0.34	<10	10	143	<10	90
SW-10		<2	0.50	<5	54	141	<20	0.87	<10	10	372	<10	101
SW-15		<2	0.02	<5	40	136	<20	0.54	<10	10	251	<10	83
SW-25		36	5.67	<5	13	80	<20	0.37	10	40	164	<10	70
F632-138		<2	0.01	5	26	468	<20	0.63	<10	20	195	<10	128
F637-067		<2	0.25	<5	32	288	<20	0.48	<10	<10	216	<10	97
F637-065		<2	0.01	<5	23	594	<20	0.42	<10	<10	154	<10	94
F637-076		3	0.19	5	27	690	<20	0.55	<10	<10	211	20	79
F637-079		<2	0.02	<5	23	240	<20	0.48	<10	<10	161	10	106
F637-098		4	0.01	<5	28	643	<20	0.55	<10	10	199	10	83
F703-053A		<2	0.01	<5	44	332	<20	1.73	<10	10	426	<10	203



**ANNEXE IV**

**ANALYSES DE GÉOCHIMIE MINÉRALE**

**ANNEXE IV-A**

**ANALYSES PAR MICRO FLUORESCENCE X**

Analyses du carbonate basées sur 6 oxygènes

<b>Minéral Calcite</b>						
<b>Éch. F637-076</b>						
<b>Point</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>	<b>#5</b>	<b>#6</b>
<b>% poids</b>						
<b>Na2O</b>	6,38	8,29	9,98	5,63	5,75	6,48
<b>MgO</b>	6,53	5,94	6,01	2,84	4,08	3,07
<b>Al2O3</b>	0,64	0,96	0,68	0,39	0,89	0,30
<b>SiO2</b>	5,60	4,90	5,14	2,44	2,28	0,97
<b>P2O5</b>						
<b>SO3</b>	0,47	0,40	0,36	0,33	0,32	0,59
<b>K2O</b>	0,58	0,53	0,41	0,28	0,43	0,44
<b>CaO</b>	78,27	77,45	75,75	86,43	84,65	86,09
<b>TiO2</b>	0,08	0,10	0,07	0,02	0,07	0,02
<b>MnO</b>	0,26	0,40	0,26	0,68	0,64	0,65
<b>Fe2O3</b>	0,74	0,73	1,06	0,62	0,57	1,06
<b>Au2O3</b>	0,30	0,12	0,13	0,21	0,15	0,17
<b>SrO</b>	0,14	0,20	0,14	0,13	0,18	0,16
<b>Cations</b>						
<b>Na</b>	0,12	0,16	0,19	0,11	0,11	0,12
<b>Mg</b>	0,19	0,18	0,18	0,08	0,12	0,09
<b>Ca</b>	1,67	1,65	1,62	1,80	1,76	1,77
<b>Fe</b>	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
<b>Mn</b>	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01

**Analyses du carbonate basées sur 6 oxygènes**

<b>Minéral Calcite</b>							
<b>Éch. SW-18B</b>							
<b>Point</b>	<b>#7</b>	<b>#8</b>	<b>#9</b>	<b>#10</b>	<b>#11</b>	<b>#12</b>	<b>#13</b>
<b>% poids</b>							
<b>Na2O</b>	6,59	6,54	5,82	6,70	6,01	6,06	6,06
<b>MgO</b>	1,51	2,26	3,91	4,21	4,33	1,49	1,49
<b>Al2O3</b>	1,27	0,46	1,23	1,04	1,00	2,38	2,38
<b>SiO2</b>	1,94	2,50	7,45	1,55	1,40	5,39	5,39
<b>P2O5</b>			1,96				
<b>SO3</b>	0,31	0,44	1,18	0,60	4,12	0,37	0,37
<b>K2O</b>	0,55	0,68	0,48		0,50	0,65	0,65
<b>CaO</b>	86,55	85,33	75,00	82,20	78,12	82,32	82,32
<b>TiO2</b>	0,03	0,09	0,06	0,23	0,04	0,09	0,09
<b>MnO</b>	0,16	0,55	0,67	0,98	1,21	0,35	0,35
<b>Fe2O3</b>	0,62	0,60	1,90	2,09	2,87	0,40	0,40
<b>Au2O3</b>	0,27	0,30	0,23	0,27	0,23	0,32	0,32
<b>SrO</b>	0,20	0,26	0,10	0,13	0,16	0,18	0,18
<b>Cations</b>							
<b>Na</b>	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,09
<b>Mg</b>	0,04	0,07	0,13	0,12	0,13	0,05	0,08
<b>Ca</b>	1,82	1,80	1,73	1,72	1,71	1,82	1,82
<b>Fe</b>	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00
<b>Mn</b>	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01

Analyses du carbonate basées sur 6 oxygènes

Minéral Calcite				Dolomite			
Éch. SW-18B				SW-02			
Point	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20
<b>% poids</b>							
Na <sub>2</sub> O	3,90	7,62	4,95	5,87	3,67	5,65	4,17
MgO	5,89	3,46	12,67	35,94	35,09	32,48	32,95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,02	1,38	3,05	1,97	5,17	4,43	6,14
SiO <sub>2</sub>	4,86	1,75	35,37	7,76	2,26	3,62	3,70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,20	2,21	1,36				
SO <sub>3</sub>	0,28	0,34	0,41	0,28	0,49	0,38	0,28
K <sub>2</sub> O	0,56	0,43	0,32	0,18	0,26	0,27	0,23
CaO	77,21	80,79	36,96	42,45	48,19	48,60	47,78
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,06	0,07	0,03	0,05	0,04	0,06
MnO	1,15	1,15	0,34	0,63	0,70	0,70	0,71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,59	0,54	4,36	4,74	3,80	3,63	3,76
Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,17	0,17	0,08	0,08	0,22	0,11	0,13
SrO	0,13	0,11	0,07	0,06	0,09	0,07	0,08
<b>Cations</b>							
Na	0,08	0,15	0,15	0,11	0,06	0,10	0,08
Mg	0,18	0,10	0,12	1,00	0,96	0,90	0,92
Ca	1,70	1,73	1,69	0,85	0,94	0,97	0,96
Fe	0,02	0,00	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03
Mn	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

Analyses de l'amphibole basées sur 23 oxygènes

Minéral	Actinote	Magnésio-hornblende							
	Éch. SW-14B	F637-076				SW-14B			
Point	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9
<b>% poids</b>									
Na <sub>2</sub> O	5,30	5,00	3,03	6,01	5,35	4,89	3,99	4,66	4,87
MgO	9,67	23,69	22,61	9,43	10,10	8,18	8,02	8,86	10,79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,36	2,08	2,82	16,58	16,77	16,19	15,98	15,58	11,85
SiO <sub>2</sub>	47,19	52,51	52,64	41,75	43,04	42,13	43,02	42,47	46,74
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>									
SO <sub>3</sub>	0,10	0,12	0,51	0,15	0,13	0,16	0,15	0,15	0,13
K <sub>2</sub> O	0,34	0,08	0,08	0,44	0,24	0,40	0,32	0,35	0,30
CaO	9,75	10,59	10,89	9,34	7,48	9,83	9,99	10,03	10,22
TiO <sub>2</sub>	0,79	0,12	0,10	0,22	0,24	0,22	0,21	0,23	0,17
MnO	0,39	0,17	0,20	0,40	0,33	0,49	0,54	0,50	0,51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,93	5,58	7,02	15,55	16,21	17,37	17,67	17,07	14,31
Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,12	0,04	0,06	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06
SrO	0,06	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Cations</b>									
Na	0,82	0,68	0,42	0,97	0,86	0,80	0,65	0,75	0,75
Ca	1,67	1,58	1,65	1,66	1,33	1,78	1,81	1,80	1,75
Mg	2,30	4,92	4,77	2,33	2,50	2,06	2,02	2,21	2,56
Fe	0,72	0,29	0,37	0,97	1,01	1,10	1,12	1,07	0,86
Mn	0,05	0,02	0,02	0,06	0,05	0,07	0,08	0,07	0,07
Al	1,35	0,17	0,24	1,62	1,64	1,61	1,59	1,53	1,11
Si	7,54	7,31	7,45	6,92	7,15	7,10	7,26	7,09	7,45

Analyses de l'amphibole basées sur 23 oxygènes

Minéral Trémolite							SW-18B	
Éch. F637-076								
Point	#10	#11	#12	#13	#14	#15	#16	#17
<b>% poids</b>								
Na <sub>2</sub> O	2,06	3,91	1,35	2,59	2,12	1,11	3,53	2,22
MgO	25,89	24,98	22,75	25,09	24,07	23,03	19,15	19,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,28	1,40	3,08	1,73	2,10	3,45	3,50	3,56
SiO <sub>2</sub>	56,24	55,14	56,40	56,00	56,52	55,14	58,10	60,60
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>								
SO <sub>3</sub>	0,12	0,13	0,03	0,08	0,10	0,12	0,19	0,17
K <sub>2</sub> O	0,11	0,07	0,11	0,08	0,26	0,17	0,11	0,18
CaO	10,68	10,28	11,44	10,66	10,49	11,32	9,24	9,07
TiO <sub>2</sub>	0,03	0,03	0,17	0,07	0,06	0,25	0,08	0,06
MnO	0,11	0,12	0,12	0,13	0,11	0,15	0,18	0,13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,43	3,92	4,50	3,53	4,13	5,19	5,85	4,82
Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03
SrO	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01
<b>Cations</b>								
Na	0,27	0,52	0,18	0,34	0,28	0,15	0,49	0,31
Ca	1,55	1,50	1,71	1,56	1,55	1,70	1,42	1,38
Mg	5,23	5,09	4,72	5,10	4,94	4,80	4,09	4,06
Fe	0,18	0,20	0,24	0,18	0,21	0,27	0,31	0,26
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Al	0,10	0,11	0,25	0,14	0,17	0,28	0,30	0,30
Si	7,63	7,54	7,85	7,64	7,79	7,72	8,32	8,63

Analyses de tourmaline basées sur 29 oxygènes

Minéral Tourmaline				SW-14B				
Éch. SW-02								
Point	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
<b>% poids</b>								
Na <sub>2</sub> O	5,77	6,54	5,33	3,12	4,12	6,40	5,17	5,62
MgO	11,70	10,81	10,54	9,09	10,33	7,11	10,76	10,92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,76	29,35	26,98	29,71	30,89	27,56	31,10	30,22
SiO <sub>2</sub>	42,08	42,28	41,34	47,27	43,94	43,20	43,26	40,78
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>								
SO <sub>3</sub>	0,15	0,39	5,00	0,06	0,07	0,14	0,03	0,15
K <sub>2</sub> O	0,15	0,23	0,14	0,06	0,03	0,06	0,02	0,06
CaO	1,09	1,02	0,84	2,17	1,20	6,88	0,99	1,18
TiO <sub>2</sub>	1,88	1,68	0,79	1,38	0,72	1,89	0,51	2,11
MnO	0,07	0,04	0,05	0,06	0,06	0,10	0,04	0,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,26	7,58	8,88	6,98	8,56	6,58	8,07	8,76
Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,02	0,05
SrO	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02	0,03	0,02	0,05
<b>Cations</b>								
Na	1,02	1,16	0,95	0,55	0,74	1,13	0,92	1,00
Ca	0,21	0,20	0,17	0,43	0,24	1,34	0,19	0,23
K	0,02	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
Mg	3,17	2,94	2,89	2,48	2,84	1,93	2,94	3,00
Fe	0,56	0,52	0,62	0,48	0,59	0,45	0,56	0,61
Ti	0,26	0,23	0,11	0,19	0,10	0,26	0,07	0,29
Al	3,08	3,15	2,93	3,20	3,36	2,96	3,36	3,28
Si	7,65	7,71	7,61	8,64	8,11	7,88	7,94	7,52



**ANNEXE IV-B**

**ANALYSES PAR MICROSONDE**



Analyses de l'amphibole basées sur 23 oxygènes

Minéral Ferro-tschermakite			Magnésio-hornblende				
Éch. ZC-09A			ZC-09A				
Point	#10	#11	#12	#13	#14	#2	#9
<b>% poids</b>							
SiO2	41,35	42,96	48,81	46,72	46,92	48,99	44,61
TiO2	0,28	0,04	0,02	0,09	0,06	0,04	0,13
Al2O3	15,24	14,68	7,05	9,18	8,88	6,27	11,81
V2O3	0,36	0	0,18	0	0,27	0	0,08
Cr2O3	0,09	0,05	0	0,04	0,08	0	0,02
MgO	8,79	9,16	13,51	11,94	12,35	14,86	10,88
CaO	11,89	11,75	9,55	11,3	11,35	11,68	11,96
MnO	0,24	0,27	0,32	0,29	0,22	0,22	0,24
FeO	16,91	16,42	16,71	16,18	15,78	13,4	15,25
NiO	0,03	0,03	0	0	0,03	0	0,01
Na2O	1,13	1,16	0,61	0,84	0,83	0,66	0,92
K2O	0,39	0,34	0,11	0,19	0,15	0,08	0,22
H2O	1,89	1,95	1,99	1,99	1,95	2,03	1,96
F	0,18	0,09	0,08	0,05	0,14	0	0,08
Cl	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0	0,02
<b>Total</b>	<b>98,77</b>	<b>98,9</b>	<b>98,94</b>	<b>98,81</b>	<b>99,01</b>	<b>98,21</b>	<b>98,16</b>
<b>Cations</b>							
Si	6,25	6,44	7,21	6,96	6,97	7,23	6,69
Ti	0,03	0,01	0	0,01	0,01	0	0,02
Al	2,72	2,59	1,23	1,61	1,55	1,09	2,09
V	0,04	0	0,02	0	0,03	0	0,01
Cr	0,01	0,01	0	0	0,01	0	0
Mg	1,98	2,04	2,98	2,65	2,73	3,27	2,43
Ca	1,93	1,89	1,51	1,8	1,81	1,85	1,92
Mn	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Fe	2,14	2,06	2,07	2,02	1,96	1,65	1,91
Ni	0	0	0	0	0	0	0
Na	0,33	0,34	0,17	0,24	0,24	0,19	0,27
K	0,08	0,06	0,02	0,04	0,03	0,02	0,04
H2O	0	0	0	0	0	0	0
F	-0,08	-0,04	-0,03	-0,02	-0,06	0	-0,04
Cl	0	0	0	0	0	0	0



Analyses de la biotite basées sur 22 oxygènes

<b>Minéral Biotite</b>									
<b>Éch. ZC-31</b>									
<b>Point</b>	<b>#10</b>	<b>#11</b>	<b>#12</b>	<b>#13</b>	<b>#14</b>	<b>#15</b>	<b>#16</b>	<b>#17</b>	<b>#18</b>
<b>% poids</b>									
<b>SiO2</b>	32,57	32,68	32,12	32,61	32,79	32,91	32,13	32,32	32,21
<b>TiO2</b>	1,6	1,69	1,34	1,76	1,74	1,22	1,32	1,51	1,56
<b>Al2O3</b>	19,6	18,85	18,91	20,22	18,89	19,36	19,29	18,73	19,25
<b>Cr2O3</b>	0,33	0,2	0,14	0,34	0,47	0,2	0,24	0,4	0,38
<b>MgO</b>	3,79	3,97	4,41	3,72	3,93	3,91	3,85	4,06	4,01
<b>CaO</b>	0,06	0,01	0,01	0,05	0,02	0,04	0,02	0,05	0,02
<b>MnO</b>	0,04	0,06	0,03	0,05	0,08	0,03	0,07	0,04	0,06
<b>FeO</b>	27,1	27,57	28,14	26,67	27,92	27,33	27,43	27,53	27,93
<b>NiO</b>	0,02	0,04	0,04	0,02	0	0,01	0,03	0	0,01
<b>Na2O</b>	0,11	0,03	0,01	0,06	0,03	0,04	0,06	0,01	0,06
<b>K2O</b>	8,85	9,36	8,36	8,85	8,98	9,18	9,14	8,7	8,94
<b>H2O</b>	3,62	3,71	3,66	3,66	3,61	3,71	3,65	3,68	3,63
<b>F</b>	0,2	0	0,04	0,17	0,24	0	0,05	0	0,16
<b>Cl</b>	0,05	0,06	0,04	0,06	0,06	0,07	0,06	0,04	0,06
<b>Total</b>	<b>97,94</b>	<b>98,23</b>	<b>97,24</b>	<b>98,2</b>	<b>98,77</b>	<b>98</b>	<b>97,32</b>	<b>97,06</b>	<b>98,28</b>
<b>Cations</b>									
<b>Si</b>	5,24	5,27	5,22	5,21	5,26	5,29	5,22	5,26	5,2
<b>Ti</b>	0,19	0,21	0,16	0,21	0,21	0,15	0,16	0,18	0,19
<b>Al</b>	3,72	3,58	3,62	3,81	3,57	3,67	3,7	3,59	3,66
<b>Cr</b>	0,04	0,03	0,02	0,04	0,06	0,03	0,03	0,05	0,05
<b>Mg</b>	0,91	0,95	1,07	0,89	0,94	0,94	0,93	0,99	0,96
<b>Ca</b>	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0
<b>Mn</b>	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01
<b>Fe</b>	3,65	3,72	3,83	3,57	3,74	3,68	3,73	3,75	3,77
<b>Ni</b>	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0
<b>Na</b>	0,03	0,01	0	0,02	0,01	0,01	0,02	0	0,02
<b>K</b>	1,82	1,92	1,73	1,8	1,84	1,88	1,9	1,81	1,84
<b>H2O</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>F</b>	-0,09	0	-0,02	-0,07	-0,1	0	-0,02	0	-0,07
<b>Cl</b>	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01



**Analyses du carbonate basées sur 6 oxygène**

<b>Minéral Calcite</b>							
<b>Éch. ZC-09A</b>							
<b>Point</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#6</b>	<b>#8</b>	<b>#9</b>	<b>#10</b>
<b>% poids</b>							
<b>MgCO3</b>	2,98	3,22	3,68	3,25	2,91	3,13	3,21
<b>CaCO3</b>	89,67	91,27	89,45	90,95	90,41	90,43	91,08
<b>MnCO3</b>	1,32	1,33	1,11	1,25	1,1	1,25	1,08
<b>FeCO3</b>	2,73	2,88	3,06	2,96	2,88	2,9	3,03
<b>ZnCO3</b>	0	0,07	0,02	0	0	0,02	0
<b>BaCO3</b>	0	0,07	0	0,01	0	0,1	0
<b>PbCO3</b>	0,01	0,02	0,01	0,03	0	0	0,04
<b>Total</b>	<b>96,71</b>	<b>98,85</b>	<b>97,33</b>	<b>98,45</b>	<b>97,31</b>	<b>97,83</b>	<b>98,44</b>
<b>Cations</b>							
<b>Mg</b>	0,07	0,08	0,09	0,08	0,07	0,08	0,08
<b>Ca</b>	1,85	1,85	1,84	1,85	1,86	1,85	1,85
<b>Mn</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Fe</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Zn</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ba</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Pb</b>	0	0	0	0	0	0	0

Analyses du carbonate basées sur 6 oxygène

Minéral Calcite				Dolomite		
Éch. SW-18B				SW-18B		
Point	#11	#12	#13	#1	#2	#3
<b>% poids</b>						
<b>MgCO<sub>3</sub></b>	0	0	0,26	42,72	41,18	42,61
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	96,06	96,26	92,02	48,22	52,68	52,19
<b>MnCO<sub>3</sub></b>	0,01	0	0	0,83	0,87	0,59
<b>FeCO<sub>3</sub></b>	0,15	0,14	0,79	5,08	4,11	3,49
<b>ZnCO<sub>3</sub></b>	0	0,01	0	0,1	0	0
<b>BaCO<sub>3</sub></b>	0,07	0,08	0,08	0,04	0,06	0,1
<b>PbCO<sub>3</sub></b>	0,01	0,06	0,08	0	0	0
<b>Total</b>	96,3	96,56	93,23	96,98	98,9	98,98
<b>Cations</b>						
<b>Mg</b>	0	0	0,01	0,97	0,92	0,95
<b>Ca</b>	2	2	1,98	0,93	1	0,98
<b>Mn</b>	0	0	0	0,01	0,01	0,01
<b>Fe</b>	0	0	0,02	0,08	0,07	0,06
<b>Zn</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Ba</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Pb</b>	0	0	0	0	0	0



Analyses du carbonate basées sur 6 oxygène

Minéral	Dolomite			Fe-dolomite		
	Éch. SW-18B			ZC-09A		
Point	#4	#5	#6	#4	#5	#7
<b>% poids</b>						
<b>MgCO<sub>3</sub></b>	41,51	40,29	41,81	27,07	28,52	27,69
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	51,74	52,02	50,88	50,13	50,64	50,11
<b>MnCO<sub>3</sub></b>	0,92	0,83	0,74	0,78	0,76	0,68
<b>FeCO<sub>3</sub></b>	4,31	6,08	4,39	21,79	19,87	21,05
<b>ZnCO<sub>3</sub></b>	0,01	0,02	0	0,02	0	0
<b>BaCO<sub>3</sub></b>	0,07	0,08	0	0,07	0	0,08
<b>PbCO<sub>3</sub></b>	0	0,04	0,01	0	0,03	0,05
<b>Total</b>	<b>98,57</b>	<b>99,35</b>	<b>97,83</b>	<b>99,85</b>	<b>99,82</b>	<b>99,66</b>
<b>Cations</b>						
<b>Mg</b>	0,93	0,9	0,95	0,63	0,66	0,65
<b>Ca</b>	0,98	0,98	0,97	0,99	0,99	0,98
<b>Mn</b>	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Fe</b>	0,07	0,1	0,07	0,37	0,34	0,36
<b>Zn</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Ba</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Pb</b>	0	0	0	0	0	0









Analyses de l'épidote basées sur 12 oxygènes

Minéral Epidote						
Éch. SW-18A						
Point	#1	#2	#3	#4	#5	#6
<b>% poids</b>						
SiO2	37,72	37,55	38,14	38,35	37,69	37,74
TiO2	0,02	0,03	0	0,02	0,07	0,03
Al2O3	24,14	23,51	26,45	25,28	24,32	25,4
Cr2O3	0,05	0	0	0	0,01	0
MgO	0,01	0,01	0	0,01	0	0,04
CaO	23,01	21,61	23,14	23,21	21,92	22,76
MnO	0	0,04	0,06	0,04	0,05	0,14
FeO	10,08	10,8	8,13	9,71	10,38	9,21
NiO	0	0,01	0,03	0	0	0
Na2O	0	0,02	0	0	0,02	0
K2O	0	0	0	0,01	0	0,02
<b>Total</b>	<b>95,02</b>	<b>93,58</b>	<b>95,95</b>	<b>96,63</b>	<b>94,45</b>	<b>95,33</b>
<b>Cations</b>						
Si	2,99	3,02	2,96	2,98	3	2,97
Ti	0	0	0	0	0	0
Al	2,26	2,23	2,42	2,31	2,28	2,35
Cr	0	0	0	0	0	0
Mg	0	0	0	0	0	0
Ca	1,96	1,87	1,92	1,93	1,87	1,92
Mn	0	0	0	0	0	0,01
Fe	0,67	0,73	0,53	0,63	0,69	0,61
Ni	0	0	0	0	0	0
Na	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0

Analyses de l'épidote basées sur 12 oxygènes

Minéral Epidote						
Éch. SW-18A						
Point	#7	#8	#9	#10	#11	#12
<b>% poids</b>						
SiO <sub>2</sub>	37,63	39,19	36,22	38,04	37,84	37,55
TiO <sub>2</sub>	0,07	0	0	0,1	0,04	0,09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,29	22,52	23,87	25,2	24,66	25,34
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0	0,09	0	0	0
MgO	0	0,09	1,76	0,24	0,01	0,01
CaO	23,43	22,45	22,49	23,34	23,04	23,36
MnO	0,01	0,01	0,03	0,07	0,07	0,09
FeO	10,09	10,47	6,91	10,09	10,47	9,46
NiO	0,01	0,04	0	0	0,02	0
Na <sub>2</sub> O	0	0,02	0,04	0	0,01	0,01
K <sub>2</sub> O	0	0	0,05	0,01	0	0
<b>Total</b>	<b>95,54</b>	<b>94,79</b>	<b>91,46</b>	<b>97,08</b>	<b>96,15</b>	<b>95,91</b>
<b>Cations</b>						
Si	2,97	3,11	2,95	2,95	2,97	2,94
Ti	0	0	0	0,01	0	0,01
Al	2,26	2,11	2,29	2,31	2,28	2,34
Cr	0	0	0,01	0	0	0
Mg	0	0,01	0,21	0,03	0	0
Ca	1,98	1,91	1,96	1,94	1,94	1,96
Mn	0	0	0	0	0	0,01
Fe	0,67	0,69	0,47	0,65	0,69	0,62
Ni	0	0	0	0	0	0
Na	0	0	0,01	0	0	0
K	0	0	0,01	0	0	0

Analyses du grenat basées sur 24 oxygènes

Minéral Almandin							
Éch. F703-053B							
Position	Coeur	Milieu	Bordure				
Point	#19	#20	#21	#22	#23	#24	#25
<b>% poids</b>							
SiO <sub>2</sub>	35,68	35,49	35,37	35,34	34,96	36,06	35,72
TiO <sub>2</sub>	0,01	0	0,01	0,03	0,04	0,02	0
ZrO <sub>2</sub>	0,06	0,01	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,89	20,63	20,79	20,71	20,73	20,74	20,74
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	0	0	0,01	0	0,05	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0
MgO	0,42	0,42	0,38	0,38	0,39	0,43	0,44
CaO	0,81	0,88	1,03	0,95	0,96	1,05	0,9
MnO	1,89	1,91	1,57	1,65	1,69	1,64	1,59
FeO	39,9	39,85	39,99	40,27	40,13	40,17	40,47
Na <sub>2</sub> O	0	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02
<b>Total</b>	<b>99,69</b>	<b>99,2</b>	<b>99,2</b>	<b>99,36</b>	<b>98,96</b>	<b>100,2</b>	<b>99,91</b>
<b>Cations</b>							
Si	5,91	5,92	5,89	5,89	5,86	5,94	5,91
Ti	0	0	0	0	0,01	0	0
Zr	0,01	0	0	0	0	0	0
Al	4,08	4,05	4,08	4,07	4,09	4,03	4,05
Cr	0,01	0	0	0	0	0,01	0
Fe <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Mg	0,1	0,1	0,1	0,09	0,1	0,11	0,11
Ca	0,14	0,16	0,19	0,17	0,17	0,19	0,16
Mn	0,27	0,27	0,22	0,23	0,24	0,23	0,22
Fe <sup>2+</sup>	5,53	5,56	5,57	5,61	5,62	5,54	5,6
Na	0	0,01	0,01	0	0,01	0	0,01



Analyses du grenat basées sur 24 oxygènes

<b>Minéral</b>						
<b>Éch. F703-053B</b>						
<b>Position Bordure</b>						
<b>Point</b>	<b>#26</b>	<b>#27</b>	<b>#28</b>	<b>#29</b>	<b>#30</b>	<b>#31</b>
<b>% poids</b>						
<b>SiO2</b>	36,3	36,23	35,71	36,19	35,59	36,54
<b>TiO2</b>	0,03	0,12	0,04	0,1	0,01	0
<b>ZrO2</b>	0,01	0	0	0,04	0	0
<b>Al2O3</b>	20,74	20,84	20,78	20,62	20,65	20,6
<b>Cr2O3</b>	0,05	0,06	0,06	0,1	0	0,09
<b>Fe2O3</b>	0	0	0	0	0	0,14
<b>MgO</b>	0,4	0,41	0,39	0,43	0,42	0,41
<b>CaO</b>	0,95	1,02	0,93	0,99	0,95	0,84
<b>MnO</b>	1,62	1,61	1,96	1,95	1,93	1,99
<b>FeO</b>	40,06	40,27	40,21	40,34	39,91	40,13
<b>Na2O</b>	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02
<b>Total</b>	100,2	100,57	100,08	100,78	99,49	100,75
<b>Cations</b>						
<b>Si</b>	5,97	5,94	5,91	5,94	5,92	5,99
<b>Ti</b>	0	0,01	0,01	0,01	0	0
<b>Zr</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Al</b>	4,02	4,03	4,05	3,99	4,05	3,98
<b>Cr</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01
<b>Fe3+</b>	0	0	0	0	0	0,02
<b>Mg</b>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Ca</b>	0,17	0,18	0,17	0,18	0,17	0,15
<b>Mn</b>	0,23	0,22	0,27	0,27	0,27	0,28
<b>Fe2+</b>	5,51	5,53	5,56	5,54	5,55	5,5
<b>Na</b>	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01

Analyses du grenat basées sur 24 oxygènes

Minéral									
Éch. ZC-31									
Position	Coeur				Milieu		Bordure		
	Point	#1	#7	#10	#16	#2	#9	#3	#4
<b>% poids</b>									
SiO <sub>2</sub>	36,32	36,11	36,57	36,22	36,16	36,83	35,72	36,46	36,29
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,09	0,12	0	0	0,08	0	0	0,07
ZrO <sub>2</sub>	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,1	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,62	20,78	20,63	20,54	20,77	20,52	20,7	20,61	20,79
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,24	0,08	0	0,22	0,17	0,16	0,12	0,13	0,1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0,16	0	0,05	0
MgO	0,7	0,64	0,28	0,64	0,92	0,67	0,83	0,84	0,89
CaO	1,15	1,18	3,99	1,29	0,33	1,27	0,94	0,92	0,88
MnO	4,53	4,68	14,54	5,7	1,11	4,03	0,95	0,93	0,95
FeO	36,19	36,34	22,68	35,23	40,63	36,91	40,46	40,31	40,56
Na <sub>2</sub> O	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0	0,02	0,01	0,02
<b>Total</b>	<b>99,81</b>	<b>99,92</b>	<b>98,83</b>	<b>99,87</b>	<b>100,13</b>	<b>100,67</b>	<b>99,75</b>	<b>100,36</b>	<b>100,55</b>
<b>Cations</b>									
Si	5,98	5,95	6,02	5,97	5,95	6,01	5,91	5,98	5,94
Ti	0,01	0,01	0,02	0	0	0,01	0	0	0,01
Zr	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0
Al	4	4,03	4	3,99	4,03	3,95	4,04	3,98	4,01
Cr	0,03	0,01	0	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
Fe <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0,02	0	0,01	0
Mg	0,17	0,16	0,07	0,16	0,23	0,16	0,21	0,21	0,22
Ca	0,2	0,21	0,7	0,23	0,06	0,22	0,17	0,16	0,15
Mn	0,63	0,65	2,03	0,8	0,15	0,56	0,13	0,13	0,13
Fe <sup>2+</sup>	4,98	5	3,12	4,85	5,59	5,04	5,6	5,53	5,55
Na	0,01	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0	0,01

Analyses du grenat basées sur 24 oxygènes

<b>Minéral</b>									
Éch. ZC-31									
Position Bordure									
Point	#6	#8	#11	#12	#13	#14	#15	#17	#18
<b>% poids</b>									
SiO2	35,67	36,17	35,93	36,6	36,21	36,41	35,5	36,33	35,55
TiO2	0,09	0,07	0	0,02	0,04	0,06	0	0	0
ZrO2	0	0	0,01	0,2	0	0	0,06	0	0
Al2O3	20,79	20,55	20,89	20,46	20,54	20,6	20,74	20,86	20,91
Cr2O3	0,19	0,15	0,08	0,34	0,23	0,19	0,09	0,05	0,05
Fe2O3	0	0	0	0,06	0,01	0	0	0	0
MgO	0,79	0,83	0,9	0,9	0,87	0,45	0,89	0,87	0,87
CaO	0,9	0,97	1,07	0,7	0,78	1,02	1,14	1	1,03
MnO	1,07	0,95	1	1,27	1,14	0,96	0,97	1,02	0,95
FeO	40,03	40,37	40,2	40	40,64	40,12	39,95	40,16	40,14
Na2O	0,03	0,02	0,03	0	0,01	0,01	0	0,02	0
<b>Total</b>	<b>99,55</b>	<b>100,08</b>	<b>100,12</b>	<b>100,56</b>	<b>100,47</b>	<b>99,8</b>	<b>99,34</b>	<b>100,3</b>	<b>99,5</b>
<b>Cations</b>									
Si	5,9	5,95	5,91	5,99	5,94	6	5,89	5,96	5,89
Ti	0,01	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0	0
Zr	0	0	0	0,02	0	0	0,01	0	0
Al	4,06	3,99	4,05	3,95	3,98	4	4,06	4,03	4,08
Cr	0,03	0,02	0,01	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
Fe3+	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0
Mg	0,2	0,2	0,22	0,22	0,21	0,11	0,22	0,21	0,22
Ca	0,16	0,17	0,19	0,12	0,14	0,18	0,2	0,18	0,18
Mn	0,15	0,13	0,14	0,18	0,16	0,13	0,14	0,14	0,13
Fe2+	5,54	5,56	5,53	5,47	5,58	5,53	5,54	5,51	5,56
Na	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0,01	0

Analyses du plagioclase basées sur 8 oxygènes

Minéral Albite			Oligoclase	
Éch. F703-053B			SW-18B	SW-18B
Point	#1	#2	#1	#3
<b>% poids</b>				
SiO <sub>2</sub>	69,6	65,99	67,99	67,56
TiO <sub>2</sub>	0	0	0,02	0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,01	21,07	18,43	19,61
MgO	0,05	0	0,01	0,06
CaO	0,53	1,52	0,09	2,34
MnO	0	0	0,08	0
FeO	0,64	0,27	0,07	0,88
SrO	0,1	0,47	0,05	0,13
BaO	0	0,03	0	0
Na <sub>2</sub> O	11,4	10,92	11,76	10,4
K <sub>2</sub> O	0,03	0,06	0,03	0,3
<b>Total</b>	<b>102,37</b>	<b>100,34</b>	<b>98,51</b>	<b>101,44</b>
<b>Cations</b>				
Si	2,98	2,9	3,02	2,94
Ti	0	0	0	0,01
Al	1,01	1,09	0,96	1,01
Mg	0	0	0	0
Ca	0,02	0,07	0	0,11
Mn	0	0	0	0
Fe	0,02	0,01	0	0,03
Sr	0	0,01	0	0
Ba	0	0	0	0
Na	0,95	0,93	1,01	0,88
K	0	0	0	0,02

Analyses de la tourmaline basées sur 29 oxygènes

Minéral Dravite				ZC-09A					
Éch. SW-02									
Point	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#4	#5	#6
<b>% poids</b>									
SiO <sub>2</sub>	35,41	35,45	40,93	36,41	35,66	35,74	35,58	35,44	36,27
TiO <sub>2</sub>	0,37	0,41	0,3	0,43	0,52	0,36	0,51	0,56	0,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,51	31,09	30,19	31,01	31,21	31,86	31,36	30,96	31,22
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,22	0,23	0,11	0,18	0,37	0,35	0,14	0,06	0,16
MnO	0,05	0,05	0	0,01	0	0	0	0,03	0,05
FeO	8,08	8,43	6,34	7,38	7,71	6,99	9,95	8,88	9,7
MgO	6,82	7,39	5,91	6,66	7,53	7,35	6,74	6,58	6,46
CaO	0,35	0,39	0,4	1,52	0,6	0,37	0,37	0,38	0,29
NiO	0,02	0,02	0,02	0,03	0,1	0,09	0,06	0,03	0,05
Na <sub>2</sub> O	2,22	2,05	2,55	1,75	2,04	2,27	2,05	2,01	2,18
K <sub>2</sub> O	0,01	0,14	0,05	0,43	0,23	0,02	0,72	0,54	0,58
<b>Total*</b>	<b>85,04</b>	<b>85,67</b>	<b>86,8</b>	<b>85,81</b>	<b>85,97</b>	<b>85,41</b>	<b>87,48</b>	<b>85,47</b>	<b>87,45</b>
<b>Cations</b>									
Si	5,99	5,95	6,79	6,13	5,96	5,99	5,88	5,99	6
Ti	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,06	0,07	0,06
Al	6,28	6,15	5,91	6,15	6,15	6,29	6,11	6,17	6,09
Cr	0,03	0,03	0,01	0,02	0,05	0,05	0,02	0,01	0,02
Mn	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0,01
Fe	1,14	1,18	0,88	1,04	1,08	0,98	1,38	1,26	1,34
Mg	1,72	1,85	1,46	1,67	1,88	1,84	1,66	1,66	1,59
Ca	0,06	0,07	0,07	0,27	0,11	0,07	0,07	0,07	0,05
Ni	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0	0,01
Na	0,73	0,67	0,82	0,57	0,66	0,74	0,66	0,66	0,7
K	0	0,03	0,01	0,09	0,05	0,01	0,15	0,12	0,12
B**	3	3	3	3	3	3	3	3	3
OH**	4	4	4	4	4	4	4	4	4

\* Ne tient pas compte des groupements BO<sub>3</sub> et OH non analysés.

\*\* Valeurs assumées selon la stœchiométrie de la tourmaline.

**ANNEXE IV-C**

**ANALYSES PAR ABLATION AU LASER**

## Éch. Chino-16A

Point	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	L.D.
<b>57Fe</b>	60,11	66,66	59,95	61,23	60,63	62,89	61,2	61,69	65,4	63,59	0,001
<b>ppm</b>											
<b>51V</b>	5,5	123,6	2,7	26,6	0,9	1,4	22,6	22,5	18,6	13,3	0,3
<b>52Cr</b>	13,3	80,8	10,1	104,5	8,4	7,9	12,6	11,6	20,4	9,6	0,2
<b>55Mn</b>	5,20	402,4	1,60	80,37	3,42	2,21	63,50	56,44	107,2	185,1	0,08
<b>59Co</b>	0,30	1,25	0,10	0,48	0,11	0,06	1,25	0,79	0,19	0,19	0,02
<b>60Ni</b>	368,5	577,6	510,6	514,0	274,3	506,9	664,2	1022	998,3	355,9	0,5
<b>65Cu</b>	157,3	174,1	60,0	112,6	114,7	89,2	908,7	611,7	112,2	20,4	0,5
<b>66Zn</b>	6,5	50,5	5,8	9,7	5,5	5,1	12,7	8,0	11,2	27,5	0,3
<b>71Ga</b>	0,37	5,31	0,35	1,32	0,42	0,40	1,23	1,02	1,27	1,16	0,03
<b>72Ge</b>	4,3	5,8	5,5	6,5	7,2	7,3	8,2	7,7	9,5	10,4	0,1
<b>75As</b>	303,4	726,3	382,2	361,6	67,6	300,4	1518	1537	602,9	190,9	0,1
<b>82Se</b>	110,1	147,1	74,8	87,0	55,5	76,0	160,8	113,5	101,8	37,5	0,7
<b>98Mo</b>	0,65	0,84	0,59	0,67	0,54	0,58	1,22	0,71	0,68	0,58	0,06
<b>107Ag</b>	2,382	1,415	0,217	1,320	1,729	0,845	3,205	3,207	1,632	0,184	0,008
<b>111Cd</b>	0,13	0,18	0,12	0,17	0,14	0,15	0,18	0,13	0,15	0,14	0,03
<b>115In</b>	0,035	0,074	0,023	0,032	0,023	0,019	0,029	0,015	0,020	0,018	0,005
<b>118Sn</b>	0,81	1,04	0,74	0,87	0,77	0,71	0,69	0,69	0,75	1,06	0,04
<b>121Sb</b>	252,6	200,0	53,50	165,3	193,7	150,3	189,1	256,5	226,0	30,32	0,01
<b>197Au</b>	4,947	0,826	0,312	1,604	4,539	1,546	1,834	1,485	1,353	0,100	0,002
<b>202Hg</b>	0,38	0,45	0,32	0,31	0,28	0,39	0,44	0,32	0,47	0,44	0,03
<b>208Pb</b>	1263	626,3	319,2	791,2	1043	789,0	744,3	1209	1149	169,5	0,008
<b>209Bi</b>	0,829	1,531	0,038	0,630	0,217	0,181	1,011	0,764	0,588	0,057	0,0002

## Éch. Chino-06

Point	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	L.D.
%										
<b>57Fe</b>	49,36	47,75	50,23	54,64	52,94	54,53	56,05	51,70	51,46	0,001
ppm										
<b>51V</b>	0,9	2,8	3,8					2,2	2,7	0,2
<b>52Cr</b>	5,7	8,5	5,5				0,2	8,3	9,4	0,2
<b>55Mn</b>	2,5	2,7	61,7		0,5		1,0	3,3	29,7	0,1
<b>59Co</b>			0,10							0,04
<b>60Ni</b>	1550	164,8	1689	313,6	480,5	924,3	146,2	169,8	372,0	0,7
<b>65Cu</b>	42,2	40,5	1709	14,9	22,6	10,6	13,5	20,2	30,0	0,7
<b>66Zn</b>	6,8	16,6	19,9	4,8	4,8	5,3	4,6	4,9	6,7	0,3
<b>71Ga</b>	0,34	0,44	1,74	0,25	0,32	0,26	0,38	0,58	1,21	0,03
<b>72Ge</b>	6,6	7,8	8,6	6,9	8,6	8,1	9,9	12,4	12,4	0,1
<b>75As</b>	469,6	138,8	367,2	213,7	36,6	121,0	21,2	15,4	250,3	0,2
<b>82Se</b>	106	25	41	47	54	81	29	17	60	1
<b>98Mo</b>	0,50	0,45	23,82	0,20	0,28	0,31	0,27	0,46	0,54	0,06
<b>107Ag</b>	0,22	0,06	10,58	0,01	0,08	0,01	0,03	0,04	0,13	0,01
<b>111Cd</b>	0,09	0,14	0,18	0,05	0,08	0,08	0,04	0,14	0,13	0,04
<b>115In</b>	0,023	0,032	0,068				0,007	0,015	0,017	0,007
<b>118Sn</b>	0,53	0,63	13,30	0,34	0,41	0,33	0,46	0,70	0,69	0,04
<b>121Sb</b>	4,73	0,38	18,53		0,37	0,66	0,97	2,56	8,70	0,02
<b>197Au</b>	0,009	0,005	0,519		0,003			0,003	0,010	0,003
<b>202Hg</b>	0,70	0,71	0,58	0,52	0,59	0,48	0,48	0,95	0,90	0,07
<b>208Pb</b>	1,979	0,183	220,4	0,009	0,433	0,007	3,994	14,25	45,56	0,005
<b>209Bi</b>	0,001	0,001	4,142				0,007	0,031	0,159	0,0002



## Éch. ZC-08

Point	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	L.D.
57Fe	50,25	50,62	47,31	45,66	47,79	47,83	52,73	52,59	52,48	0,001
%										
51V			15,8	0,5		3,2	14,3		22,3	0,2
52Cr		2,2	9,0	3,5	0,8	4,9	14,7	3,0	18,9	0,2
55Mn	16,5	5,2	2,2	3,3	0,6	19,7	35,1	1,4	67,5	0,1
59Co			0,09	7,22	6,49	4,35	0,23	0,05	0,04	0,04
60Ni	946,6	125,3	742,9	209,0	86,9	161,4	191,4	238,9	331,1	0,7
65Cu	75,9	54,9	66,1	30,8	18,7	61,4	66,7	64,7	56,4	0,7
66Zn	6,9	6,3	6,7	6,7	3,8	5,7	11,4	4,9	11,2	0,3
71Ga	0,67	0,40	0,48	0,46	0,21	0,53	1,66	0,40	1,96	0,03
72Ge	5,9	6,9	9,0	8,6	5,2	9,4	10,7	10,4	11,5	0,1
75As	30,2	20,9	68,5	3091	1581	69,9	212,9	145,7	83,1	0,2
82Se	60	38	54	16	14	17	53	39	39	1
98Mo	0,22	0,20	0,43	0,26	0,16	0,35	0,34	0,40	0,40	0,06
107Ag	1,76	0,65	0,81	0,18	0,04	0,46	1,39	1,98	1,82	0,01
111Cd	0,09	0,08	0,12	0,12	0,07	0,07	0,11	0,09	0,14	0,04
115In			0,023	0,011	0,004	0,017	0,016	0,017	0,019	0,006
118Sn	0,42	0,45	0,62	0,46	0,24	0,55	0,65	0,60	0,65	0,04
121Sb	139,6	63,08	53,21	0,85	0,23	1,75	92,53	114,8	114,9	0,02
197Au	0,451	0,096	0,769	0,013		0,067	0,106	0,153	0,162	0,003
202Hg	0,52	0,80	1,06	0,79	0,72	0,86	0,61	0,58	0,55	0,08
208Pb	493,1	275,8	278,7	2,570	0,447	6,962	369,6	393,1	291,4	0,007
209Bi	2,906	0,444	0,717	0,200	0,018	0,282	1,416	1,452	1,882	0,0002

Éch. ZC-11B	ZC-13A					L.D.						
	#1	#2	#3	#4	#5							
Point %	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	L.D.			
57Fe	53,24	52,08	57,70	56,34	55,14	53,47	53,88	54,52	56,41	59,07	56,15	0,001
ppm												
51V		39,6	5,8	6,8		2,2	4,2				1,9	0,2
52Cr	2,2	34,0	6,0	12,7	2,9	5,9	7,4	5,5	1,1	5,1	4,7	0,2
55Mn	1,4	7,6	3,4	7,8	13,65	3,25	6,09	5,74	38,78	4,69	56,46	0,09
59Co	12,04	4,06	6,73	15,58	4,71	226,8	286,0	50,20	124,6	118,4	77,54	0,03
60Ni	245,7	244,2	333,9	352,3	143,5	462,9	1097	268,9	671,5	565,1	511,0	0,6
65Cu	42,7	54,6	31,9	47,1	37,6	71,6	92,6	167,8	306,0	90,7	24,5	0,6
66Zn	9,3	10,6	8,8	10,2	6,1	32,4	111,8	6,9	41,6	344,8	68,1	0,3
71Ga	0,32	2,96	0,83	0,89	0,26	0,53	0,83	0,62	0,35	0,60	0,74	0,03
72Ge	6,8	9,5	8,1	13,1	4,9	7,4	7,3	8,1	7,5	10,9	9,7	0,1
75As	5,9	9,9	6,5	15,1	102,1	12740	8837	1259	16730	5700	4889	0,2
82Se	36	50	40	51	45,2	19,2	23,8	31,4	33,9	25,6	18,9	0,9
98Mo	0,31	0,53	0,28	0,57	0,29	0,44	0,54	0,38	0,37	0,47	0,42	0,06
107Ag	2,102	0,082	0,365	3,146	0,35	37,76	18,11	1,05	21,44	26,87	5,46	0,01
111Cd	0,08	0,11	0,10	0,12	0,11	0,70	0,86	0,14	0,28	1,13	0,53	0,03
115In		0,054		0,026	0,012	0,139	0,147	0,013	0,023	0,065	0,016	0,006
118Sn	0,44	0,96	0,49	0,78	0,47	0,68	0,74	0,57	0,60	0,95	0,86	0,04
121Sb	0,33	1,08	1,07	4,36	17,85	16,96	25,78	16,52	29,00	49,67	17,19	0,02
197Au	0,021	0,005	0,014	0,128	0,004	254,3	52,23	1,082	65,47	56,22	8,805	0,002
202Hg	0,41	1,04	0,49	0,77	0,24	0,40	0,39	0,31	0,38	0,95	0,43	0,06
208Pb	150,1	6,177	27,26	246,8	75,33	608,0	131,6	135,7	92,17	184,0	97,02	0,008
209Bi	0,681	0,686	0,895	3,842	0,001	0,010	4,792	0,855	2,028	2,851	1,611	0,0002

## Éch. ZC-23A

Point	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	L.D.
57Fe	60,66	54,82	57,71	62,13	59,23	60,31	56,23	0,001
%								
51V	32,6	27,5	22,2	25,1				0,2
52Cr	16,4	12,9	8,2	4,0			2,0	0,2
55Mn	393,1	78,15	1081	92,69	26,19	59,12	15,21	0,09
59Co	2,79	4,37	3,13	4,04	3,41	0,96	2,69	0,04
60Ni	430,3	240,6	231,6	251,1	412,5	363,4	252,5	0,7
65Cu	3518	77,7	172,5	1934	14,0	17,0	720,9	0,8
66Zn	300,4	20,0	31,5	249,9	4,6	86,6	163,0	0,4
71Ga	1,91	2,01	2,22	2,12	0,25	0,37	2,50	0,03
72Ge	11,0	10,9	8,6	9,0	8,1	6,1	14,0	0,2
75As	8,2	5,9	4,9	5,3	31,5	8,7	7,8	0,2
82Se	43	39	34	27	28	28	37	2
98Mo	0,42	0,49	0,31	0,23	0,23	0,12	0,40	0,06
107Ag	1230	0,77	0,55	2,28	0,10	0,26	0,64	0,01
111Cd	2,01	0,22	0,30	1,95	0,10	0,65	1,86	0,05
115In	0,042	0,025	0,015	0,021		0,010	0,039	0,006
118Sn	0,70	0,64	0,48	0,39	0,26	0,19	0,54	0,04
121Sb	12,40	6,35	7,02	8,30	1,31	1,34	3,87	0,02
197Au	3224	0,096	0,037	0,055	0,018	0,033	0,136	0,003
202Hg	2,51	0,33	0,35	0,16	0,14	0,12	0,42	0,06
208Pb	52,08	14,28	17,17	24,35	4,401	11,19	12,57	0,005
209Bi	0,553	0,219	0,260	0,369	0,050	0,101	0,245	0,0002

## Éch. ZC-25

Point	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	L.D.
57Fe	54,14	53,39	52,34	53,46	52,81	51,31	50,16	50,19	47,90	52,76	50,24	0,001
%												
51V				0,4					15,8	1,2	2,9	0,2
52Cr	0,2		1,8	4,0	2,5	0,9	1,9	2,7	6,2	2,6	2,7	0,2
55Mn	280,7	7,5	338,7	2231	43,7	0,7	211,3	2,5	9632	11,8	64,5	0,1
59Co	838,7	86,33	213,1	406,0	57,91	189,7	2226	3876	20890	8,34	3095	0,04
60Ni	1186	1117	607,7	712,2	1124	1190	240,6	1064	122,5	288,0	229,0	0,6
65Cu	131,7	24,8	50,1	27,5	38,0	23,0	15,8	104,8	59,8	20,1	12,8	0,6
66Zn	9,9	4,9	97,7	7,2	48,7	48,7	11,2	34,1	27,9	6,4	5,6	0,3
71Ga	0,24	0,23	0,41	0,43	0,30	0,33	0,62	0,34	1,52	0,98	0,68	0,03
72Ge	4,9	4,8	7,2	8,6	7,1	8,2	8,6	8,8	8,3	10,1	9,5	0,1
75As	67,6	89,3	4,4	8,5	65,3	148,3	24,7	7,7	7,3	92,7	4,5	0,2
82Se	51	52	49	53	51	50	47	48	50	51	44	1
98Mo	11,43	91,12	79,41	95,16	4,46	0,47	281,7	0,48	0,28	0,46	0,29	0,05
107Ag	0,434	0,252	0,676	0,927	3,669	0,184	0,036	0,257	0,264	0,647	0,135	0,008
111Cd	0,10	0,11	0,95	0,14	0,11	0,49	0,12	0,23	0,14	0,12	0,12	0,03
115In	0,006		0,014	0,016	0,005	0,008	0,010	0,031	0,032	0,016		0,005
118Sn	0,31	0,25	0,37	0,44	0,31	0,33	0,35	0,36	0,50	0,37	0,41	0,03
121Sb	3,31	1,51	2,91	2,46	3,10	2,34	0,48	1,47	5,73	13,33	2,44	0,01
197Au	0,031	0,017	0,012	0,012	0,374	0,015	0,002	0,007	0,018	0,068	0,021	0,002
202Hg	0,20	0,25	0,36	0,56	0,35	0,49	0,40	0,49	0,47	0,50	0,39	0,06
208Pb	43,80	78,85	102,2	193,4	69,45	18,56	3,706	10,23	6,977	94,08	10,68	0,005
209Bi	0,213	0,156	0,221	0,295	0,289	0,124	0,030	0,081	0,748	0,767	0,130	0,0002

**ANNEXE V**

**LISTE DES ÉCHANTILLONS PROVENANT DE BANQUES DE  
DONNÉES EXTERNES**

Échantillon	Numéro d'échantillon unique	Échantillon	Numéro d'échantillon unique
<b>Groupe 1</b>			
238470	2000024753	928088	2009050869
810896	2000024724	928206	2009050872
866905	2000026660	928220	2009050868
866955	2000026656	928390	2009050874
866958	2000026646	928430	2009050876
866959	2000026659	928431	2009050861
867078	2000026660	928700	2009050873
904715	2007038047	928735	2009050893
904778	2007038088	928736	2009050894
906595	2007038045	928993	2009050896
928061	2009050866	931724	2006046404
<b>Groupe 2a</b>			
904779	2007038089	905967	2008035223
904862	2007038068	905973	2008035230
905866	2008046509	906010	2008046510
905870	2008035205	906023	2008046508
905872	2008035207	906026	2008046542
905887	2008046504	906041	2008046533
905888	2008046505	906042	2008046534
905890	2008046502	906049	2008035234
905939	2008046507	906055	2008046547
905953	2008035211	906056	2008046548
905954	2008035212	906066	2008046511
905955	2008035213	906068	2008046527
905956	2008035214	906149	2008046530
905957	2008035215	906302	2006046303
905958	2008035217	906663	2007040558
905960	2008035221	928099	2009050840
905961	2008035222	931532	2006046322
905962	2008035237		

Échantillon	Numéro d'échantillon unique	Échantillon	Numéro d'échantillon unique
<b>Groupe 2b</b>			
904680	2007040829	906048	2008035233
904912	2007040813	906050	2008035235
905835	2008046524	906051	2008035236
905836	2008046526	906060	2008046544
905859	2008035203	906061	2008046545
905860	2008035201	906062	2008046546
905861	2008035202	906063	2008046537
905869	2008035204	906064	2008046543
905871	2008035206	906065	2008046564
905918	2008046529	906151	2008039042
905949	2008035216	906184	2008046528
905950	2008035209	906186	2008046521
905951	2008035210	906199	2008046549
905959	2008035220	906230	2006046402
905966	2008035219	906237	2006046314
905968	2008035224	928242	2009050844
905969	2008035228	931519	2006046336
905970	2008035226	931760	2006046419
905971	2008035227	931766	2006046417
905972	2008035229	931777	2006046418
905997	2008046531	931943	2006046307
906025	2008046535	931954	2006046324
906046	2008035231	932000	2006046420
906047	2008035232		

Échantillon	Numéro d'échantillon unique	Échantillon	Numéro d'échantillon unique
<b>Shoshonite</b>			
s JW-10	189675	s JW-7	189679
s JW-11	189676	s JW-8	189674
s JW-5	189677	s JW-9	189680
s JW-6	189678		

### **SHMB**

s 331/337	31258-331/337	s MU95-15	169405
s 331/338	31258-331/338	s MU95-16	169661
s 331/339	31258-331/339	s MU95-17	169403
s 331/477	182814	s MU95-18	169662
s 331/626	182815	s MU95-20	169406
s 331/628	182816	s MU95-21	169663
s 4329	182817	s MU95-27	169402
s CD339 256,6 M	29944-CD339 256,6 M	s MU95-28	169664
s CD339 495,6 M	166869	s MU96-2	169665
s CD339 591,8 M	29944-CD339 591,8 M	s NDC87-01E	169412
s CD339 795,6 M	166875	s NDC87-06A	169411
s CD399W3 1001M F	166887	s NDC87-15C	169413
s CD399W3 1001M I	166888	s RL95-18A	169409
s CD399W3 1001M M	166889	s RL95-18B	169410
s KA1	29952-KA1	s RL95-19	169408
s KD330 854,0 FT	166878	s RL95-23	169407
s MU95-1	169404		

### **Boninite**

s 174438	184861	s 97/212	268350
s 174440	184862	s 97/214	268351
s 174441	184863	s 97/240	268354
s 174453	184864	s 97/308	268357
s 174456	184865	s 97/340	268358
s 180232	184866	s 97/378	268360
s 97/160	268339	s 97/381	268361
s 97/162	268341	s A3-50	156199
s 97/177	268343	s G1	184787
s 97/202	268347	s G10	184794
s 97/207	268348	s G14	184795



Échantillon	Numéro d'échantillon unique	Échantillon	Numéro d'échantillon unique
<b>Boninite (suite)</b>			
s G16	184796	s KC533J	156208
s G17	184797	s KC533K	156205
s G18	184798	s KC533N	156206
s G2	184788	s KC533Q	156207
s G20	184799	s KH-126/1	196812
s G21	184800	s KH-130	196813
s G22	184801	s N-320	196814
s G23	184802	s N-325/1	196815
s G24	184803	s N-326	196816
s G26	184804	s N-334/1	196817
s G3	184789	s N-335	196819
s G4	184790	s NC-33	156201
s G41	184805	s PM1	156191
s G42	184806	s PM2	156193
s G44	184807	s PM3	156192
s G45	184808	s PM4	156194
s G5	184791	s PM5	156196
s G7	184792	s PM6	156195
s G8	184793	s WV-135	156198
s KC506A2	156204	s WV-79	156197
s KC506D	156202	s WV-87	156200
s KC506E	156203		
<b>Lamprophyre</b>			
s 1006-4	156414	s 16932	166113
s 106681	166112	s 47119	166110
s 108834	166118	s 47121	166111
s 108838	166120	s 731-32	156415
s 108845	166117	s 731-36	156416
s 108846	166116	s 8004	166091
s 108847	166119	s 801-5	156417
s 11693	166089	s 8012	166092
s 11707A	166088	s 8019	166090
s 14096	166095	s 85A	30678-85A
s 14616	166114	s 909-20	156413
s 15295	166115	s 9730	166093

Échantillon	Numéro d'échantillon unique	Échantillon	Numéro d'échantillon unique
<b>Lamprophyre (suite)</b>			
s 9731	166094	s PL-3	30670-PL-3
s A1	32461-A1	s PL-4	30670-PL-4
s A3B	182481	s PM-S2	171983
s AD	182472	s RE-7	30672-RE-7
s AD-2	32458-AD-2	s RE-9	171974
s AD-3	182474	s S1R	182490
s B3	182487	s S8	32463-S8
s BA	32462-BA	s SH-2	30659-SH-2
s BB	182486	s SH-5	171992
s BC	32462-BC	s SH-6	171993
s BEA	32465-BEA	s SH-7	171994
s BL-1	171970	s V1	182502
s BL-2	171971	s V3	182503
s BL-3	171972	s VC	182504
s CA12	32466-CA12	s Z15976	166102
s CB-3	171979	s Z18444	166081
s CB-4	171980	s Z18451	166080
s CB-7	171981	s Z18470	166085
s CP-96	171982	s Z18471	166086
s CP7-L	171985	s Z18493	166103
s CR1	182497	s Z18496	166096
s DI-1	171976	s Z18500	166097
s DI-4	171978	s Z19019	166084
s GR-1	30678-GR-1	s Z19027	166107
s GR-3	171998	s Z27928	166104
s H-11	32459-H-11	s Z27932	166099
s H-11-A	182476	s Z27944	166100
s LE	171988	s Z27949	166101
s MA-1	30678-MA-1	s Z27962	166083
s MAC-1	182477	s Z27969	166087
s MAC-B	32460-MAC-B	s Z32680	166098
s MB-3	182493	s Z32699	166108
s MU-A	28522-MU-A	s Z36408	166079
s MU-B	182501	s Z36412	166078
s PD	30676-PD	s Z36413	166077
s PL-2	30670-PL-2	s Z36414	166076

Échantillon	Numéro d'échantillon unique	Échantillon	Numéro d'échantillon unique
<b>Lamprophyre (suite)</b>			
s Z36417	166075	s Z40001	166082
s Z36436	166074	s Z40013	166105
s Z36437	166072	s Z40014	166106
s Z36438	166073	s Z40016	166109