

Titre: Pétrologie et géochimie du gisement d'or Golden Pond East Caso-Berardi, Abitibi, Québec, Canada
Title:

Auteur: Catherine Verrault
Author:

Date: 1989

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Verrault, C. (1989). Pétrologie et géochimie du gisement d'or Golden Pond East Caso-Berardi, Abitibi, Québec, Canada [Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal]. PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/58290/>
Citation:

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/58290/>
PolyPublie URL:

**Directeurs de
recherche:**
Advisors:

Programme: Non spécifié
Program:

UNIVERSITE DE MONTREAL

PETROLOGIE ET GEOCHIMIE DU GISEMENT D'OR GOLDEN POND EAST,
CASA-BERARDI, ABITIBI, QUEBEC, CANADA

par

Catherine VERRAULT

DEPARTEMENT DE GENIE MINERAL

ECOLE POLYTECHNIQUE

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION
DU GRADE DE MAITRE ES SCIENCES APPLIQUEES (M.Sc.A.)

JANVIER 1989

c Catherine Verrault

Permission has been granted to the National Library of Canada to microfilm this thesis and to lend or sell copies of the film.

The author (copyright owner) has reserved other publication rights, and neither the thesis nor extensive extracts from it may be printed or otherwise reproduced without his/her written permission.

L'autorisation a été accordée à la Bibliothèque nationale du Canada de microfilmer cette thèse et de prêter ou de vendre des exemplaires du film.

L'auteur (titulaire du droit d'auteur) se réserve les autres droits de publication; ni la thèse ni de longs extraits de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation écrite.

ISBN 0-315-49015-2

UNIVERSITE DE MONTREAL

ECOLE POLYTECHNIQUE

Ce mémoire intitulé:

PETROLOGIE ET GEOCHIMIE DU GISEMENT D'OR GOLDEN POND EAST,
CASA-BERARDI, ABITIBI, QUEBEC, CANADA

présenté par: Catherine Verrault

en vue de l'obtention du grade de: M.Sc.A.

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de:

M. Guy Valiquette , Ph.D., président

M. Guy Perrault , Ph.D.

M. Paul Golightly , Ph.D.

SOMMAIRE

Le gisement d'or Golden Pond East, propriété des compagnies INCO et Golden Knight, est situé dans le canton de Casa-Berardi à 150 km au nord de Rouyn Noranda en Abitibi. Ce gîte aurifère contenant 2,79 Mt de minerai à une teneur de 0.25 oz/t.c., est localisé dans des zones de cisaillement subverticales de direction EW à NW-SE recoupant les roches volcaniques et sédimentaires archéennes de la Séquence de Golden Pond. Le gisement est immédiatement bordé au nord par la faille de Casa-Berardi, structure régionale majeure subverticale de direction EW contenue dans une unité de sédiments graphitiques.

La Séquence de Golden Pond est constituée d'un empilement de sédiments fins, de conglomérats, de pyroclastites, de basaltes et d'andésites d'affinité calco-alcaline. Le métamorphisme régional au grade de schistes verts entraîne l'albitisation des plagioclases, la disparition des minéraux ferro-magnésiens primaires tels les pyroxènes au profit de la chlorite, de l'épidote, du carbonate et la transformation des ilméno-magnétites en rutile et sphène.

L'altération hydrothermale est caractérisée principalement par la disparition de la chlorite et de l'épidote accompagnée d'une séricitisation, d'une ankéritisation, d'une pyritisation et d'une arsénopyritisation intenses des roches encaissantes. L'effet jumelé de l'altération et de la déformation annihile le caractère primaire de ces roches et il les transforme en schistes à muscovite, ankérite et chlorite.

Les variations chimiques causées par l'altération hydrothermale se résument principalement par un ajout de K_2O , CaO et probable-

ment de S et de CO_2 ainsi que par un lessivage du Na_2O reflétant la déstabilisation de l'albite au profit de la muscovite. Un apport extérieur en SiO_2 est nécessaire pour former les veines de quartz minéralisées.

La minéralisation aurifère est accompagnée d'un enrichissement important en arsenic, argent, antimoine et tungstène. Le processus de minéralisation entraîne aussi un appauvrissement en terres rares légères comparativement aux terres rares lourdes.

L'étude de la distribution de l'or indique que le bruit de fond en or des roches entourant le gisement est d'au plus 13 ppb. La présence de halos d'enrichissement en or englobant les zones minéralisées a été reconnue. En général, ces halos de gîte ont une étendue comparable de chaque côté des zones minéralisées (soit environ de 25 à 50 m de chaque côté). La population représentative de ces halos est caractérisée par une médiane à environ 100 ppb.

ABSTRACT

The Golden Pond East ore deposit, property of INCO and Golden Knight, is located in Casa-Berardi township at 150 km north of Rouyn-Noranda, Abitibi. This gold deposit contains 2,79 Mt of ore grading 0.25 oz/short ton; it is located in EW to NW-SE subvertical shear zones cutting the volcanic and sedimentary archean rocks of the Golden Pond Sequence. The ore deposit is limited on the north side by Casa-Berardi Fault, a major EW subvertical structural feature which is contained inside a unit of graphitic sediments.

The Golden Pond Sequence is formed of fine sediments, conglomerates, pyroclastic rocks, basalts and andesites of calcalkaline affinity. Greenschist facies regional metamorphism has transformed the original mineral assemblages: plagioclases were transformed into albite, primary ferro-magnesian minerals like pyroxenes into chlorite, epidote and carbonate, and ilmeno-magnetite into rutile and sphene.

Hydrothermal alteration entails at least the following mineral transformations: disappearance of chlorite and epidote with sericitization, ankeritization, pyritization and arsenopyritization of the host rocks. Metasomatism and deformation obliterate any primary textures and the host rocks are transformed into muscovite, ankerite and chlorite schists.

Chemical variations caused by hydrothermal alteration entail additions of K_2O , CaO and probably, S and CO_2 , and loss of Na_2O linked with the destabilization of albite against muscovite. Addition of SiO_2 is indispensable to explain the presence of mineralized quartz veins.

The Golden Pond East ore is enriched in gold, arsenic, silver, antimony and tungsten. Gold mineralization may also have caused a greater leaching of the light rare earths relatively to the heavy ones.

The study of gold distribution shows that the background gold abundance of the Golden Pond East Sequence is at the most, 13 ppb. The mineralized zones of the Golden Pond East deposit are envelopped by an orebody halo with a median at approximately 100 ppb. Orebody halos are symmetrical on both sides of the mineralized zones. They are between 25 and 40 m wide on each side of the deposit.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier mon directeur de recherche Guy Perrault et mon co-directeur Pierre Trudel qui ont su me consacrer de nombreuses heures pour la bonne marche de ce projet de maîtrise malgré leurs nombreux engagements. Leurs conseils et leur grande expérience ont été grandement appréciés. Je tiens aussi à les remercier pour leur soutien financier tout au long de ce projet.

Je tiens également à remercier l'équipe de la compagnie INCO et plus particulièrement MM. Hannu Virtanen, Jorma Hannila, J. Sauerbrei, Jean-Yves Cloutier et Paul Golightly pour leur aide indispensable lors de mon séjour à Golden Pond. Je dois souligner la contribution monétaire de cette société pour avoir défrayé une grande partie des coûts encourus ainsi que de m'avoir fourni un emploi pendant la saison estivale 1986.

Un merci sincère est également destiné à tout le personnel des laboratoires d'INCO à Copper Cliff et à Sheridan Park. Je tiens aussi à remercier tout le personnel du département qui m'a accordé une aide précieuse: l'équipe du laboratoire de Géochimie Analytique de l'École Polytechnique: Victor Kubat, Christian Dallaire, Jean-Luc Bastien ainsi que Hélène Dugas; Gaston Gélinas et Louis Eyrard pour les lames minces; André Lacombe pour ses dessins de grande qualité et Paul Samson pour l'aide à la microsonde électronique.

Finalement, je ne voudrais pas oublier mes collègues étudiants qui ont pu contribuer de près ou de loin à ce travail, particulièrement par des échanges d'idées et de points de vue sur les gîtes aurifères et

sur le traitement de données géostatistiques.

A tous, un gros merci!

TABLE DES MATIERES

Attestation	ii
Titre	iii
Sommaire	iv
Abstract	vi
Remerciements	viii
Table des Matières	x
Liste des Tableaux	xii
Liste des Figures	xiii
Liste des Annexes	xvi
Introduction	1
CHAPITRE 1 - HISTORIQUE DE LA PROPRIETE GOLDEN POND	3
1.1 Situation géographique	3
1.2 Travaux antérieurs	3
1.3 Travaux effectués par INCO	4
CHAPITRE 2 - GEOLOGIE REGIONALE	7
2.1 Ceinture volcano-sédimentaire de l'Abitibi	7
2.2 Bande volcano-sédimentaire du nord	10
2.3 Sillon Harricana-Turgeon	12
CHAPITRE 3 - GEOLOGIE DU GISEMENT D'OR GOLDEN POND EAST	17
3.1 Séquence stratigraphique	17
3.2 Description structurale	23
3.3 Minéralisation	24
3.4 Altération	26
CHAPITRE 4 - PETROGRAPHIE DE LA SEQUENCE DE GOLDEN POND	27
4.1 Méthode d'échantillonnage	27
4.2 Sédiments de l'unité 2	28
4.2.1 Sédiments fins (unité 2a)	29
4.2.2 Formation de fer (unité 2b)	32
4.2.3 Conglomérats polymictes	33

4.3	Sédiments et volcanites de l'unité 3	36
4.3.1	Laves	37
4.3.2	Pyroclastites	42
4.3.3	Sédiments fins	45
4.3.4	Schistes à muscovite, ankérite et chlorite	47
4.4	Sédiments graphitiques et exhalite de l'unité 4	51
4.4.1	Sédiments graphitiques	51
4.4.2	Exhalite	54
4.5	Sédiments fins de l'unité 5	54
4.6	Minéragraphie du minerai	55
4.6.1	La pyrite	55
4.6.2	L'arsénopyrite	57
4.6.3	L'or	59
4.6.4	Les autres sulfures	61
4.7	Résumé	61
CHAPITRE 5 - GEOCHIMIE DES ROCHES ENCAISSANTES ET DE LA ZONE MINERALISEE		65
5.1	Généralités	65
5.2	Géochimie des éléments majeurs et de quelques éléments mineurs	66
5.2.1	Diagramme $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2	67
5.2.2	Diagramme AFM	70
5.2.3	Diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y	71
5.2.4	Diagramme TiO_2 vs SiO_2	73
5.2.5	Diagramme Al_2O_3 vs SiO_2	75
5.2.6	Diagramme FeO_{tot} vs SiO_2	77
5.2.7	Diagramme MgO vs SiO_2	79
5.2.8	Diagramme MnO vs SiO_2	80
5.2.9	Diagramme CaO vs SiO_2	80
5.2.10	Diagramme Na_2O vs SiO_2	82
5.2.11	Diagramme K_2O vs SiO_2	82
5.2.12	Résumé	84
5.3	Géochimie des éléments traces et des terres rares	85
CHAPITRE 6 - DISTRIBUTION DE L'OR		94
6.1	Travaux antérieurs	94
6.2	Méthode d'analyse	95
6.3	Traitement statistique des résultats analytiques	96
6.4	Mise en carte des résultats	105
CHAPITRE 7 - CONCLUSIONS		111
BIBLIOGRAPHIE		114
ANNEXES		119

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1	Séquence stratigraphique de Golden Pond	19
Tableau 4.1	Composition modale (%) représentative des sédiments de l'unité 2	30
Tableau 4.2	Composition modale (%) représentative des volcanites de l'unité 3	39
Tableau 4.3	Composition modale (%) représentative des sédiments et des schistes de l'unité 3	46
Tableau 4.4	Composition modale (%) représentative des sédiments de l'unité 4	53
Tableau 4.5	Caractéristiques des minéraux opaques	56
Tableau 5.1	Comparaison du contenu en TiO_2 (%) entre les roches de l'unité 3 et les schistes minéralisés .	75
Tableau 5.2	Analyses moyennes des éléments traces et des terres rares et enrichissements relatifs	87
Tableau 6.1	Comparaison des résultats analytiques obtenus par absorption atomique et par AANI	97
Tableau 6.2	Caractéristiques des populations aurifères (ppb) .	100

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1:	Carte géologique de la ceinture archéenne de l'Abitibi	8
Figure 2.2:	Séquence stratigraphique schématisée de la bande volcano-sédimentaire nord de l'Abitibi . . .	11
Figure 2.3:	Géologie du sillon Harricana-Turgeon	13
Figure 3.1:	Géologie locale autour des 3 gisements de Golden Pond	18
Figure 3.2:	Géologie du niveau 100 à Golden Pond East	21
Figure 3.3:	Géologie de la section 14 800 E	22
Figure 4.1:	Siltstone (unité 2a)	31
Figure 4.2:	Formation de fer au faciès oxyde (unité 2b) . . .	31
Figures 4.3a et 4.3b:	Conglomérat polymicte lithique (unité 2c)	35
Figure 4.4:	Lave mafique aphanitique à texture interstitielle.	40
Figure 4.5:	Lave mafique aphanitique altérée	40
Figure 4.6:	Lave mafique gloméroporphyrique	41
Figure 4.7:	Tuf à lapilli	41
Figure 4.8:	Classification des chlorites	43
Figure 4.9:	Schiste à muscovite, ankérite et chlorite	49
Figure 4.10:	Schiste à séricite, graphite et carbonate	49
Figure 4.11:	Cas extrême de pyrite à texture graphique avec du quartz	58
Figure 4.12:	Grain d'or coincé entre des cristaux de pyrite et d'arsénopyrite et gouttelettes d'or incluses dans ces sulfures	58
Figure 4.13:	Gouttelettes d'or incluses dans un cristal de pyrite poecilitique	60

Figure 5.1:	Diagramme $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2	69
	(Légende des figures 5.1 à 5.11)	68
Figure 5.2:	Diagramme AFM	69
Figure 5.3:	Diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y	72
Figure 5.4:	Diagramme TiO_2 vs SiO_2	74
Figure 5.5:	Diagramme Al_2O_3 vs SiO_2	74
Figure 5.6:	Diagramme FeO_{tot} vs SiO_2	78
Figure 5.7:	Diagramme MgO vs SiO_2	78
Figure 5.8:	Diagramme MnO vs SiO_2	81
Figure 5.9:	Diagramme CaO vs SiO_2	81
Figure 5.10:	Diagramme Na_2O vs SiO_2	83
Figure 5.11:	Diagramme K_2O vs SiO_2	83
Figure 5.12:	Diagramme montrant les facteurs d'enrichissement relatif pour les éléments traces	88
Figure 5.13:	Patrons de terres rares des siltstones non minéralisés	91
Figure 5.14:	Patrons de terres rares des schistes à muscovite, ankérite et chlorite minéralisés	92
Figure 6.1:	Comparaison des résultats analytiques obtenus par absorption atomique et par AANI	98
Figure 6.2:	Diagramme de probabilité-fréquence cumulée de la section 15 100 E	101
Figure 6.3:	Diagramme de probabilité-fréquence cumulée de la section 14 960 E	103
Figure 6.4:	Diagramme de probabilité-fréquence cumulée de la section 14 800 E	104
Figure 6.5:	Contour des halos de gîte et des zones minéralisées de la section 15 100 E	106
Figure 6.6:	Contour des halos de gîte et de la zone minéralisée de la section 14 960 E	108

Figure 6.7: Contour du halo de gîte et des zones minéralisées
de la section 14 800 E 109

Figure en annexe 1

Figure 1a: Localisation des trous de forage échantillonnés . 125

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1:	Localisation des échantillons	119
Annexe 2:	Analyses diverses	126
	Liste des abréviations	127
Annexe 2a:	Analyses des minéraux à la microsonde	128
Annexe 2b:	Analyses chimiques des éléments majeurs	147
Annexe 2c:	Analyses des éléments traces et des terres rares	157
Annexe 2d:	Analyses des terres rares normalisées aux chondrites	159
	Valeurs de la chondrite de Leedy	161
Annexe 3:	Méthodes d'analyses	162
Annexe 4:	Méthode d'analyse par activation neutronique instrumentale	165

INTRODUCTION

Situé dans la partie nord du canton de Casa-Berardi, le gisement d'or Golden Pond East est localisé dans la ceinture volcano-sédimentaire nord de l'Abitibi. L'exploration aurifère a été très limitée dans cette région jusqu'aux années '80. La découverte par INCO en 1981 d'indices d'or prometteurs en bordure d'une faille majeure, la faille de Casa-Berardi, relance l'exploration dans cette région. Depuis, de nombreuses campagnes de forage ont été entreprises par plusieurs compagnies le long de la faille de Casa-Berardi. La découverte de nombreux indices en bordure de la faille, dont les zones Golden Pond East, Golden Pond Main et Golden Pond West principalement, indique que la faille de Casa-Berardi a probablement une importance économique comparable aux failles de Porcupine-Destor et de Larder Lake-Cadillac et que cette région deviendra, nous espérons, dans un futur rapproché un second axe Rouyn-Val-d'Or.

Comme l'intérêt pour la région de Casa-Berardi est récent et que ce mémoire est sans doute le premier consacré à ce sujet, nous avons opté, de concert avec le personnel de la compagnie INCO, pour une étude couvrant plusieurs champs d'intérêt. Les objectifs fixés pour ce travail sur le gisement Golden Pond East sont donc:

- Une recherche portant sur les travaux antérieurs effectués dans la région de Casa-Berardi.

- Une caractérisation pétrographique des différentes unités composant la Séquence de Golden Pond et du minerai.
- La détermination des changements minéralogiques et géochimiques causés par l'altération hydrothermale.
- La détermination des apports et des pertes en éléments traces et terres rares occasionnés par la minéralisation aurifère.
- L'étude statistique de la distribution de l'or autour du gîte et la caractérisation des différentes populations aurifères.

Ce mémoire n'est qu'un premier aperçu des caractéristiques géologiques du gisement Golden Pond East et il n'a pas la prétention d'être la clé à toutes les énigmes rencontrées sur cette propriété. Une étude structurale approfondie pourrait, entre autres, lever de nombreuses ambiguïtés.

CHAPITRE 1

HISTORIQUE DE LA PROPRIETE GOLDEN POND

1.1 Situation géographique:

Le gisement Golden Pond East fait partie d'un ensemble de 3 zones aurifères appelé Golden Pond situé dans le coin nord-ouest du canton de Casa-Berardi en Abitibi, à 150 km au nord de Rouyn-Noranda. Ce gisement fait partie d'un groupe de 882 claims contigus, propriétés des compagnies Inco et Golden Knight, s'étendant du canton de Bradette en Ontario aux cantons de Puiseaux et d'Estrées au Québec.

1.2 Travaux antérieurs:

La région de Casa-Berardi étant recouverte de marais et d'épais dépôts glaciaires, la prospection par méthodes traditionnelles y a été assez restreinte. Plusieurs relevés géophysiques aéroportés ont été effectués au cours des années mais peu de travaux sur le terrain y ont été réalisés jusqu'à 1980.

En 1957, Mc Intyre Porcupine Mines Ltée fore 4 trous dans le coin nord-est du canton de Casa-Berardi, au sud du lac Germain et y effectue un relevé magnétique en 1959 (Remick, 1969). La même année, Moneta Porcupine Mines Ltée fore 7 trous dans la partie nord du même canton et y découvre une zone graphitique à pyrite et des analyses

révèlent la présence d'or en traces dans deux de ces trous (Remick, 1961). Un relevé aéroporté magnétique et électromagnétique complète les travaux.

En 1961, Wawagosic Syndicate effectue des relevés gravimétriques et magnétiques au NE du canton de Dieppe et au NW du canton de Casa-Berardi le long d'une formation de fer (Pegg, 1961). Un relevé géochimique d'humus exécuté en 1980 par la compagnie J. Descarreaux et Associés pour le compte du Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, indique la présence d'une forte anomalie dans le nord du canton de Casa-Berardi, où se trouve aujourd'hui le gisement de Golden Pond, ainsi qu'une autre zone anormale au centre du canton de Dieppe (Beaumier, 1984).

1.3 Travaux effectués par Inco:

Lors d'un forage de routine sur une anomalie électromagnétique en avril 1981, Inco découvre la zone aurifère de Golden Pond. En effet, le trou de la découverte montrait une intersection de 0.368 oz/t.c. sur 22.1 pieds (Tintor, 1986). Une campagne de forage au diamant (17 trous) entreprise jusqu'au mois d'août 1983 définit 2 zones anormales en or se situant de chaque côté d'une faille graphitique. En octobre 1983, Inco s'associe à Golden Knight dans une proportion de 60%-40% respectivement (Sauerbrei, 1986), ce qui lui permet d'approfondir l'exploration de Golden Pond.

A partir de décembre 1983, un programme de 11 trous de forage de mort-terrain débute autour de la zone aurifère (Sauerbrei et al.,

1987). Des résultats positifs pousseront la compagnie à prolonger son programme d'échantillonnage de till pour trouver des cibles de forage au diamant à l'ouest et à l'est de Golden Pond. De décembre 1983 au mois de juillet 1984, un total de 2 861 m ou 91 trous de forage de mort-terrain sont exécutés (Sauerbrei et al., 1987). Deux trous anomaux, sis à 2,5 km à l'est de Golden Pond, définissent la zone de Golden Pond East tandis que 3 autres situés à 1 km à l'ouest représentent Golden Pond West (Sauerbrei, 1986). En juillet 1984, le premier trou de forage au diamant dans la zone confirme la présence du gisement de Golden Pond East. Suite à la découverte des trois zones aurifères de Golden Pond, la fièvre de l'or s'empare des prospecteurs et, de 1984 à 1985, plus de 21 000 claims sont acquis par diverses compagnies dans la région de Casa-Berardi (Northern Miner, 30 nov. 1987).

Après une campagne de forage au diamant positive, Inco donne le feu vert au programme d'exploration sous-terrain de Golden Pond East en septembre 1985. Une rampe de 740 m de long, atteignant le niveau 100, fut construite puis 886 m de galeries ainsi que 3 monteries furent creusés permettant le forage de 5 500 m de carottes jusqu'au mois de septembre 1986 (Sauerbrei, 1986).

A son tour, un programme d'exploration sous-terrain à Golden Pond West est annoncé le 16 février 1987. Une rampe permettra l'accès au niveau 200 où l'on prévoit effectuer 12 500 m de forage jusqu'en juillet 1988. Puis, dans un deuxième temps, la rampe sera prolongée jusqu'au niveau 300 où l'on creusera 3 000 m de galeries le long des zones ouest et centrale et d'où 43 000 m de forage seront réalisés (Northern Miner, 23 fév. 1987).

Au mois d'avril 1987, Inco et Golden Knight confirment la mise en production de Golden Pond East pour le mois d'août 1988 (La Presse, 23 avril 1987). Entre-temps, la compagnie entreprend la construction en juin 1987 d'une usine de traitement du minerai qui permettra la production de 60 000 onces d'or par année pour s'élever à 85 000 onces dès 1991. Les réserves totales estimées pour les trois zones s'élèvent à 10 millions de tonnes avec une teneur moyenne de 0.22 oz/t.c. d'or, soit environ 68 tonnes métriques d'or. Golden Pond East est la plus riche avec une teneur de 0.25 oz/t.c. pour 2,79 millions de tonnes. La zone centrale a des réserves de 2,97 millions de tonnes à 0.22 oz/t.c. tandis que Golden Pond West suit avec une teneur moyenne de 0.19 oz/t.c. mais pour un tonnage important de 4,2 millions de tonnes (Northern Miner, 23 fév. 1987).

CHAPITRE 2

GEOLOGIE REGIONALE

2.1 Ceinture volcano-sédimentaire de l'Abitibi:

La ceinture de roches vertes de l'Abitibi est située dans la partie sud-est de la province tectonique du Supérieur au Canada. Avec ses 700 km de long et ses 200 km de large, cette bande archéenne d'orientation est-ouest, est la plus étendue de cette province. Elle est âgée d'environ 2,7 milliards d'années (Ludden et al., 1986). Elle est bordée à l'ouest par la zone de gneiss de Kapuskasing et au sud-est par la province du Grenville, toutes deux d'âge protérozoïque, et elle est limitée au nord par la sous-province archéenne d'Opatika.

Elle se compose de volcanites mafiques à felsiques, d'intrusions contemporaines et de sédiments clastiques et chimiques plissés et métamorphisés aux schistes verts lors de l'orogénèse kénoréenne (ca 2600 Ma). Des intrusions post-orogéniques granitiques la recoupent (Goodwin et Ridler, 1970) (fig. 2.1).

Plusieurs zones de cisaillement d'orientation EW ont été reconnues principalement dans le sud de l'Abitibi, les plus importantes étant les failles de Larder Lake-Cadillac (LC) et Porcupine-Destor (PD). Deux écoles de pensée s'opposent quant au rôle qu'ont joué ces deux grandes failles dans l'évolution de l'Abitibi. Se basant sur l'étude du Groupe de Blake River près de Rouyn-Noranda, Hubert et al.

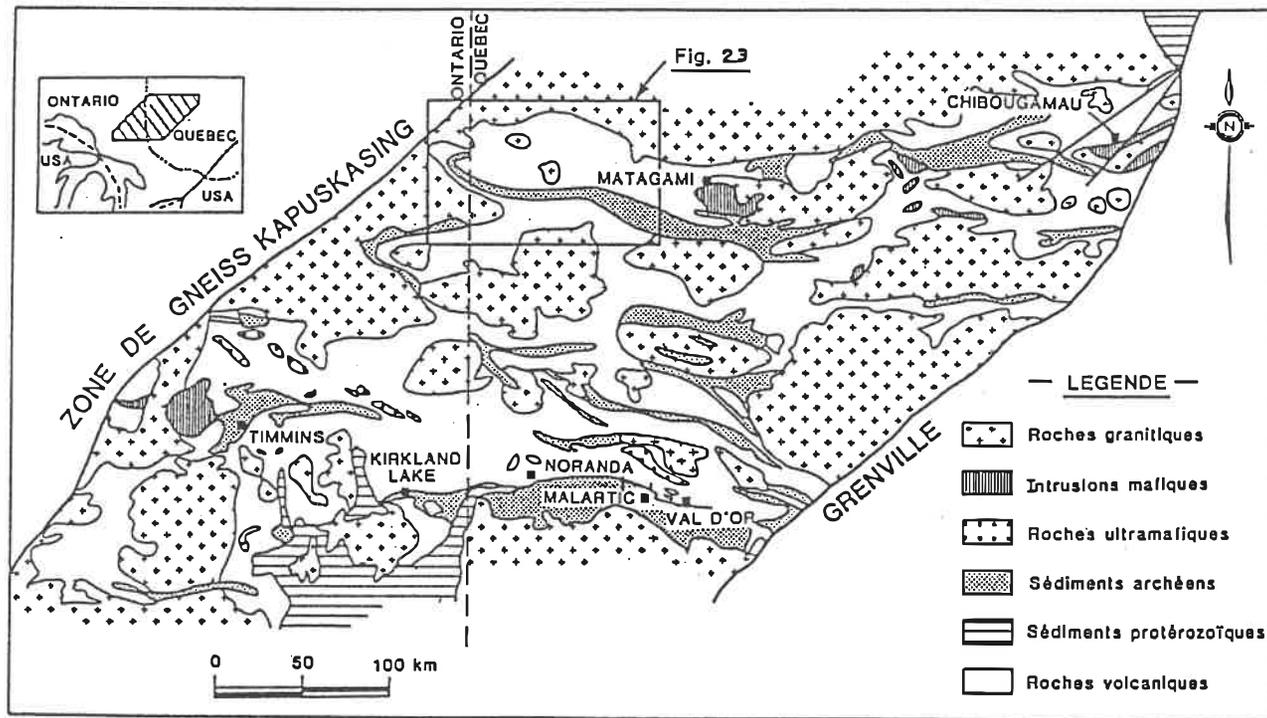


Figure 2.1: Carte géologique de la ceinture archéenne de l'Abitibi (Modifiée d'après Goodwin et Ridler, 1970)

(1984) proposent que les failles de LC et PD ont été le lieu d'un décrochement majeur. Lors du premier évènement de déformation, un décrochement senestre le long de ces deux failles aurait entraîné la formation de plis d'orientation NW-SE de faible plongée, de failles normales d'orientation SW-NE et de failles de chevauchement NW-SE. Un deuxième épisode de déformation résultant d'une compression nord-sud, donne naissance à des axes de plis d'orientation E-W. La superposition des deux déformations sur les plis de première génération leur donne un patron en Z. Lors de cet évènement, les failles de LC et PD ont probablement joué de façon inverse. Par contre, Dimroth et al. (1983) suggèrent qu'un évènement de compression nord-sud est suffisant pour former des plis d'orientation EW et NW-SE. Les failles de LC et PD, déjà présentes lors du volcanisme, sont alors soumises à une composante majeure de chevauchement.

On reconnaît dans la ceinture de l'Abitibi deux bandes volcano-sédimentaires séparées par une zone centrale composée de granites gneissiques (fig. 2.1). Ces bandes volcaniques représentent probablement deux environnements géologiques différents. La zone volcanique du sud est formée de plaines volcaniques d'affinités komatiitique et tholéitique, associées avec des complexes volcaniques submergés de composition bimodale (Ludden et Hubert, 1986; Dimroth et al., 1982), mis en place dans un environnement de rift. Par contre, la bande nord serait typique d'un volcanisme de type andéen (Ludden et al., 1986; Ludden et Hubert, 1986). En effet, elle serait formée de complexes volcaniques émergés d'affinité calco-alcaline montrant une évolution

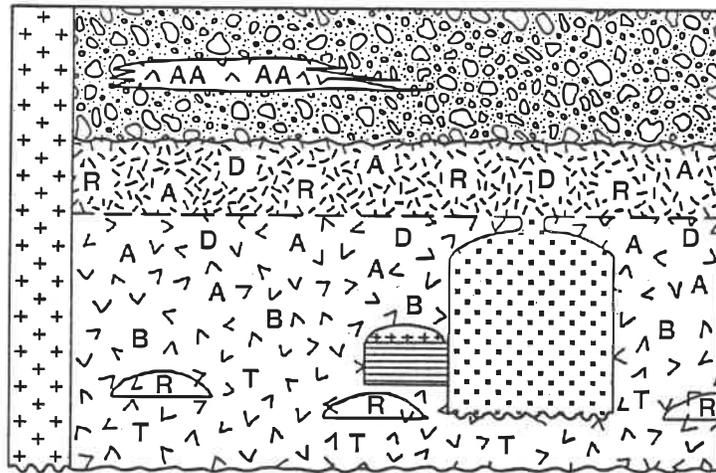
complète de basalte à rhyolite, ainsi que de plutons comagmatiques de composition variant de tonalite à granodiorite.

2.2 Bande volcano-sédimentaire du nord:

Ludden et al. (1986) ont établi une séquence stratigraphique sommaire (fig. 2.2) basée principalement sur la région de Chibougamau, pour cette bande dans laquelle est situé le gisement d'or de Golden Pond East. On y reconnaît, entre autres, 4 cycles volcaniques.

A la base, le cycle I se compose de basaltes tholéitiques interdigités avec des quantités mineures de rhyolite. Ceci est surmonté par des coulées sous-marines massives calco-alcalines de basaltes, d'andésites et de dacites. Egalement d'affinité calco-alcaline, le troisième cycle, fortement pyroclastique et probablement subaérien, varie en composition d'andésite à rhyolite. Finalement, quelques lentilles d'andésites alcalines s'intercalent dans des sédiments immatures riches en fragments de roches volcaniques.

On retrouve deux types d'intrusions pré- à syn-tectoniques: les complexes lités mafiques et anorthositiques ainsi que les tonalites et granodiorites. Selon Ludden et al. (1984a), les complexes anorthositiques stratifiés du lac Doré et de la rivière Bell représentent l'équivalent plutonique et différencié du magma ayant produit les laves du cycle I. Par contre, les plutons syn-volcaniques diapiriques de composition variant de tonalite à granodiorite, seraient comagmatiques avec les volcanites du cycle 3 (Ludden et al., 1986). Finalement,



— LEGENDE —

ROCHES SEDIMENTAIRES

 Sédiments immatures, grauwackes

ROCHES PLUTONIQUES

 Monzonites quartzifères, granodiorites

 Tonalites, granodiorites

 Complexes lites mafiques et anorthositiques, granophyres

ROCHES VOLCANIQUES

 Principalement pyroclastiques

 Massives, surtout sous-marines

AA Andésites alcalines

R Rhyolites

B-A-D Basaltes, andésites et dacites calc-alcalins

T Basaltes tholéiitiques

Figure 2.2: Séquence stratigraphique schématisée de la bande volcano-sédimentaire nord de l'Abitibi (D'après Ludden *et al.*, 1986)

l'empilement volcano-sédimentaire est recoupé par des intrusions granodioritiques post-orogéniques non métamorphisées.

Bien que moins bien connue que la bande volcanique du sud, la partie nord de l'Abitibi a été probablement aussi le site d'intenses cisaillements. En effet, Daigneault et Allard (1986) ont reconnu plusieurs zones de cisaillement d'orientation EW dans la région de Chibougamau. Elles sont probablement comparables, de même que la faille de Casa-Berardi, aux failles de Larder Lake-Cadillac et Porcupine-Destor du point de vue structural et métallogénique.

2.3 Sillon Harricana-Turgeon:

Situé dans la ceinture volcanique nord de l'Abitibi, le sillon Harricana-Turgeon s'étend à l'ouest de Matagami et au nord de Joutel. D'une superficie de 8000 km², il est limité au nord et au nord-ouest par les gneiss de la sous-province de Quetico et au sud par le pluton de Mistawak (fig. 2.3). Comme pour le reste de l'Abitibi, le grain tectonique est d'orientation EW et le métamorphisme s'élève aux schistes verts sauf en bordure des intrusions où il atteint le faciès amphibolite (Remick, 1969).

Deux bandes de sédiments détritiques et immatures y sont reconnues: le Groupe de Matagami au nord et le Groupe de Taibi au sud. Toutes les deux sont composées principalement de conglomérats et de grauwackes mais le Groupe de Taibi se distingue par la présence de nombreuses formations de fer (Lacroix, 1986b). Le sillon Harricana-Turgeon est caractérisé en grande partie par un volcanisme de type

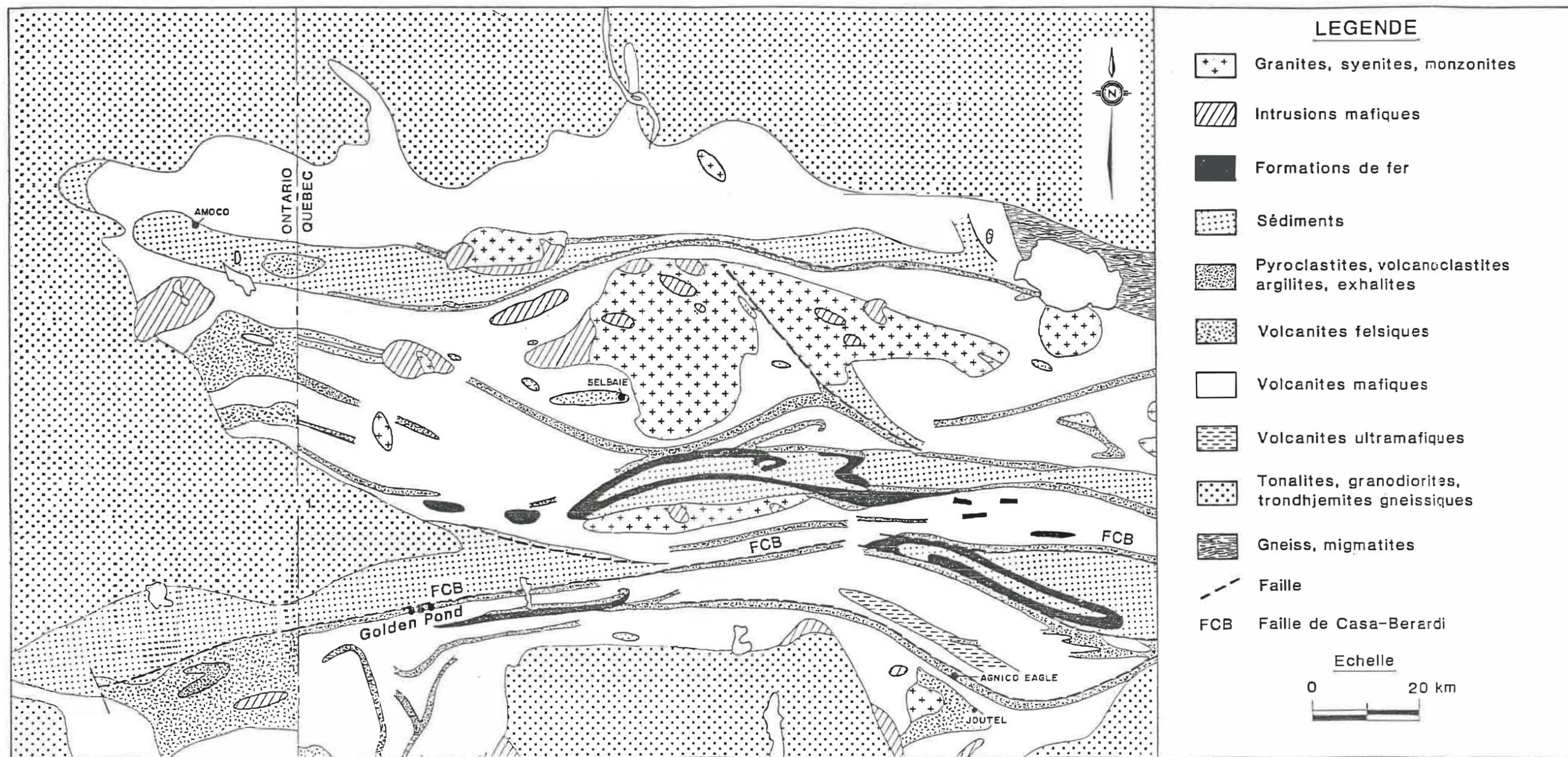


Figure 2.3 – Géologie du sillon Harricana-Turgeon. (Modifié d'après Lacroix, 1986b)

complexe central. En effet, les laves montrent une forte différenciation. Leur composition varie de basalte à rhyolite et plusieurs niveaux de pyroclastites sont connus. Un second type de volcanisme a été reconnu uniquement dans les collines de Cartwright, au nord de Joutel. Le volcanisme de plaine sous-marine y est défini par des coulées komatiitiques et basaltiques de 10 à 100 m d'épaisseur, interstratifiées avec des niveaux de tufs chertoux (Lacroix, 1986a).

Deux types d'intrusions sont reconnus dans le sillon Harricana-Turgeon. Une première suite de plutons pré-orogéniques d'affinité potassique est probablement comagmatique avec les complexes volcaniques qui les surmontent. Situé au sud de Matagami, le complexe lité syn-volcanique de la rivière Bell se démarque par sa composition variant de mafique à anorthositique. Une seconde suite d'affinité potassique recoupe l'ensemble de l'empilement volcano-sédimentaire. Ces intrusions sont sûrement post-orogéniques car elles ne sont pas déformées et elles n'ont pas été affectées par le métamorphisme régional.

Deux réseaux de failles traversent la région. Le premier est orienté EW et le second, d'orientation NW-SE, est disposé en échelon par rapport aux failles EW (fig. 2.3). Toutes les failles du sillon sont caractérisées par un niveau graphiteux et elles sont situées de préférence au contact des roches volcaniques et des sédiments (Lacroix, 1986b). Elles ont probablement été le lieu d'un important décrochement horizontal. En effet, un tel mouvement le long de la faille de Casa-Berardi permettrait la reconstitution en une seule bande du Groupe de Taïbi, maintenant séparé en trois segments. De plus, les volcanites

coussinées comprises entre les deux parties de ce groupe situées à l'est de la région, sont fortement déformées.

La disposition en échelon des failles NW-SE par rapport aux failles EW, de même que l'orientation NW-SE des axes de plis P1 de faible plongée, suggèrent qu'un important mouvement de cisaillement senestre a affecté contemporanément les deux réseaux de failles lors d'une compression régionale orientée NE-SW. Les linéations d'étirement fortement plongeantes en bordure des failles indiquent que ces dernières ont joué de façon inverse. Ce deuxième épisode de compression se reflète par des plis P2 d'orientation EW et de faible plongée. La superposition de ces deux événements de déformation produit un patron de plis en Z particulièrement observable dans les formations de fer (fig. 2.3) (Lacroix, 1987). Ces structures sont recoupées par des plis en kinks et des clivages de crénulation orientés NNW-SSE et NW-SE.

Trois types de minéralisation sont reconnus dans le sillon Harricana-Turgeon (Remick, 1969). Premièrement, on retrouve des amas de sulfures massifs pouvant contenir de la pyrrhotine, de la pyrite, de la chalcopryrite, de la sphalérite, de la bornite, de l'or et de l'argent en petites concentrations. Les gisements exhalatifs polymétalliques du lac Matagami et des Mines Selbaie en sont des exemples. Deuxièmement, plusieurs formations de fer à spécularite et magnétite sont connues dans la partie sud du sillon mais, malheureusement, elles ne sont pas particulièrement aurifères. Finalement, les gisements aurifères sont divisés en deux groupes par Lacroix (1986b). Le premier groupe, caractérisé par une faible signature géophysique, est défini par des veines aurifères recoupant des intrusions tant syn-volcaniques

que post-orogéniques. Pour l'instant, on ne connaît pas encore de gîtes de ce type de grand intérêt économique. Le deuxième groupe est caractérisé par des veines aurifères recoupant les sédiments et les volcanites en bordure des failles graphitiques décrites précédemment. Ce type de minéralisation est sûrement le plus important du sillon par son potentiel minéral, avec, entre autres, les gisements d'Amoco, d'Agnico-Eagle et de Golden Pond.

CHAPITRE 3

GEOLOGIE DU GISEMENT D'OR GOLDEN POND EAST

3.1 Séquence stratigraphique:

Le gisement d'or Golden Pond East ainsi que les zones centrale et ouest, sont localisés de part et d'autre de la faille de Casa-Berardi. Tous trois font partie d'un ensemble de roches volcaniques et sédimentaires d'orientation EW à ENE et de pendage abrupt vers le sud à vertical. Déterminée d'après des granoclasses visibles dans les sédiments, la polarité est dirigée vers le nord (Pattison et al., 1986).

La stratigraphie de cette région est basée principalement sur les environs immédiats de Golden Pond East (fig. 3.1). La Séquence de Golden Pond (nom informel) est délimitée au nord et au sud par des formations de fer, excellents horizons-repère visibles sur plusieurs kilomètres. Cette séquence montre une épaisseur apparente d'environ 1 à 2 km et se compose de volcanites mafiques, de roches pyroclastiques, de sédiments clastiques immatures de granulométrie fine à grossière, parfois graphitiques et de sédiments chimiques (Sauerbrei, 1986). A cause du manque total d'affleurements et de la forme complexe de ces unités, il est encore difficile de déterminer leur extension latérale sur plus de 1 à 2 km.

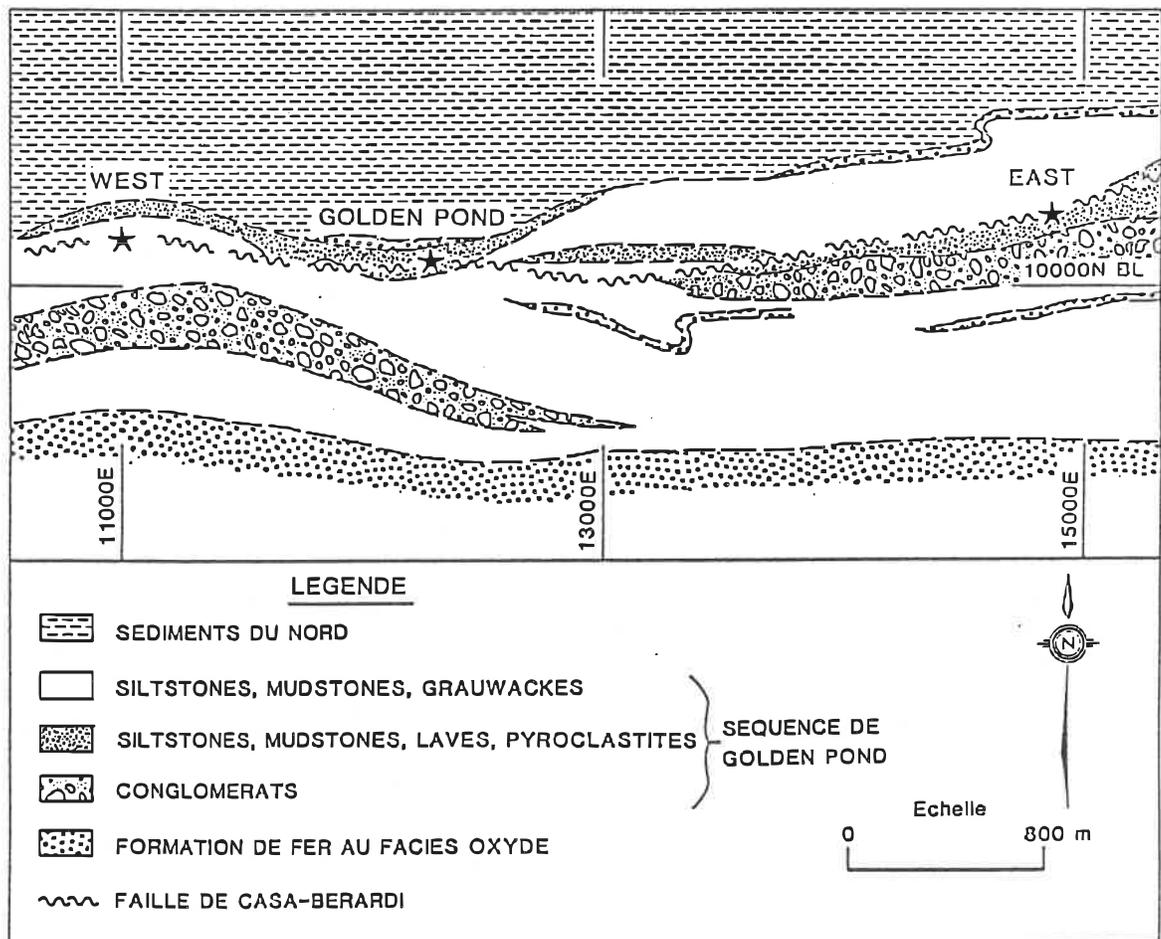


Figure 3.1: Géologie locale autour des trois gisements de Golden Pond (Modifié d'après Pattison et al., 1986)

Les caractéristiques des différentes unités composant la séquence stratigraphique sont définies au tableau 3.1.

TABLEAU 3.1
SEQUENCE STRATIGRAPHIQUE
DE GOLDEN POND

	UNITE	DESCRIPTION
Sommet	Unité 7	Grès feldspathiques, siltstones, mudstones.
	Unité 6	Formation de fer du nord.
	Unité 5	Siltstones gréseux, siltstones et mudstones.
	Unité 4	Exhalite, mudstones et siltstones graphitiques.
	Unité 3	Unité complexe de siltstones, mudstones, pyroclastites, laves mafiques massives et coussinées interdigités.
	Unité 2c	Conglomérats polymictes.
	Unité 2b	Formation de fer.
	Unité 2a	Siltstones gréseux, siltstones et mudstones.
Base	Unité 1	Formation de fer du sud.

Les sédiments rencontrés dans les unités 7, 5 et 2a sont composés de siltstones gréseux, de siltstones et de mudstones montrant un litage pauvre à bien développé. Un granoclassement normal est visible à quelques endroits et il s'agirait d'unités de turbidites (Pattison et al., 1986). Ces sédiments représentent probablement des fragments de roches volcaniques remaniés provenant des complexes volcaniques adjacents. L'unité 7 se démarque des autres par la présence

de grès feldspathiques. Les conglomérats de l'unité 2c sont massifs et ne présentent pas de granoclassement. Ils ne sont pas triés, la granulométrie des fragments pouvant varier de 1 à 50 cm. Ces conglomérats sont formés de fragments arrondis de roches volcaniques et sédimentaires inclus dans moins de 10% de matrice argileuse.

Les deux formations de fer délimitant la Séquence de Golden Pond (unités 1 et 6) sont composées de lits de magnétite et de chert interstratifiés avec des mudstones riches en chlorite ferrugineuse. Une autre formation de fer de moindre importance (unité 2b) se situe à l'intérieur de la Séquence de Golden Pond; de forme lenticulaire et discontinue, elle montre une variation latérale de faciès, passant de sulfure à silicate-oxyde.

L'unité 4 est très importante car elle est le site de la faille de Casa-Berardi (figs. 3.2 et 3.3). De quelques mètres de large seulement, elle est formée de siltstones-mudstones graphitiques et d'une exhalite riche en pyrite nodulaire et laminée. La faille y est restreinte à une mince zone bréchique de 1 à 2 m de large de "fault gouge".

Finalement, les trois grandes zones de minéralisation aurifère de la propriété Golden Pond se retrouvent dans l'unité 3 (fig. 3.1). Cette unité se démarque tant par son importance économique que par sa complexité. De grands blocs composés de laves mafiques massives et coussinées et de roches pyroclastiques variant en granulométrie de tuf à brèche pyroclastique, sont entourés par des sédiments fins épicyclastiques (fig. 3.2 et 3.3). En général, le contact entre ces deux types de roches est graduel mais il est fortement obscurci par la carbonati-

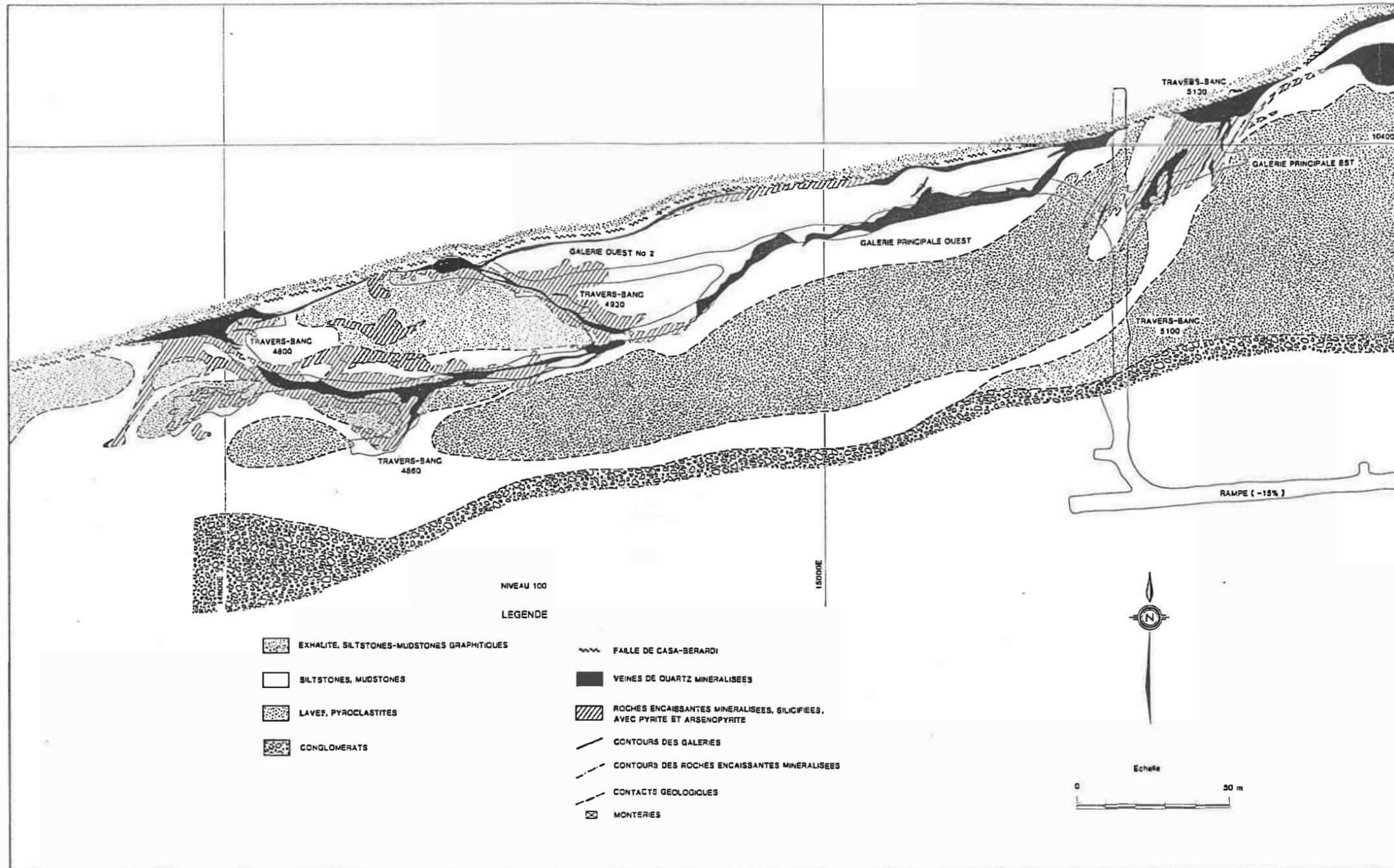


Figure 3.2 - Géologie du niveau 100 à Golden Pond East. (Modifié d'après Sauerbret, 1986)

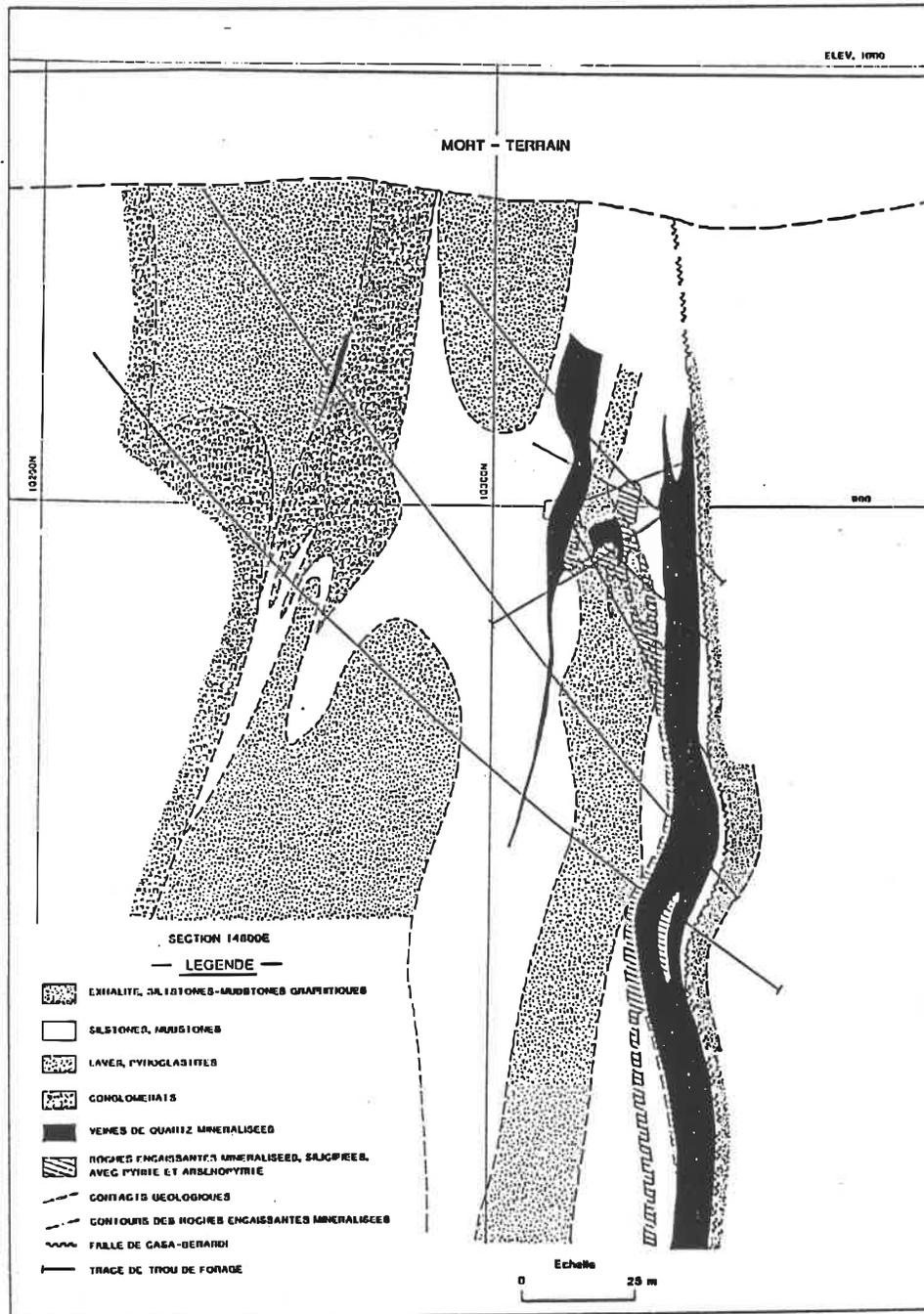


Figure 3.3 - Géologie de la section 14800E à Golden Pond East (Modifié d'après Sauorbrei, 1986)

sation, la séricitisation et la déformation accompagnant la minéralisation.

3.2 Description structurale:

La faille de Casa-Berardi a été reconnue par forage sur une distance de 6 km. Elle est confinée à une unité d'exhalite et de sédiments graphitiques, excellent conducteur électromagnétique s'étendant sur plus de 30 km. La faille montre une orientation variant de EW à ENE et un pendage subvertical. En général, elle est subparallèle à la stratification mais localement, elle recoupe les lithologies avec un angle faible (fig. 3.1, 3.2 et 3.3). Elle est d'importance capitale en exploration car tous les sites aurifères potentiels de la propriété sont situés à l'intérieur d'un périmètre de 300 m de large de chaque côté de la faille.

Les différentes unités de la Séquence de Golden Pond présentent une stratification orientée EW à N75°E, fortement pentée vers le sud ou subverticale. Le sommet stratigraphique est dirigé vers le nord. Une première schistosité est très bien développée, particulièrement dans les unités incompetentes de siltstones et mudstones. De même direction que la stratification, elle est, par contre, moins fortement inclinée. Une deuxième schistosité, non-pénétrative, s'exprime par une crénulation de F1, principalement visible près de la faille. Les linéations d'étirement définies par les fragments déformés des conglomérats et des pyroclastites, indiquent une forte plongée variant de verticale à 60° vers l'est. L'attitude des schistosités et des linéa-

tions observées suggère un évènement de compression NS. Le ratio X:Y:Z de ces fragments est d'environ 5-10:2:1 (Pattison et al., 1986).

Maurice Rive (1985) place un axe anticlinal EW le long de la formation de fer à la base de la Séquence de Golden Pond (unité 1). Ceci expliquerait la polarité dirigée vers le sud définie par Pierre Pilote (1987) lors de ses travaux de cartographie des collines de Dieppe situées au sud de la propriété Golden Pond, contraire à celle observée par Pattison et al. (1986). De plus, de nombreux plis parasites visibles à Golden Pond East sont invariablement en S (vue en coupe vers l'ouest), ce qui place la Séquence de Golden Pond sur le flanc nord de l'anticlinal. Ces plis parasites sont légèrement flexurés dans les unités compétentes mais peuvent devenir isoclinaux dans les siltstones et les mudstones près de la faille de Casa-Berardi.

3.3 Minéralisation:

Les zones minéralisées se retrouvent principalement le long de zones de cisaillement à l'intérieur des sédiments de l'unité 3, près de ou au contact des blocs de pyroclastites et de laves (fig. 3.2 et 3.3) (Sauerbrei, 1986). Deux types de minéralisation aurifère économique sont reconnus: à l'intérieur de veines de quartz-ankérite-pyrite-arsénopyrite déformées et dans les roches encaissantes altérées riches en pyrite et en arsénopyrite disséminées. Evidemment, ces deux types de minéralisation sont intimement reliés, les veines aurifères étant toujours bordées de roches altérées et minéralisées en proportion

variable. La largeur des veines aurifères varie de 1 cm à plus de 10 m. Elles sont simples ou peuvent former un stockwork.

Les systèmes de veines minéralisées ont tendance à être parallèles à la faille de Casa-Berardi ou aux contacts volcano-sédimentaire d'orientation NW-SE, excepté dans la partie est du gisement où ils sont orientés vers le NE (figs. 3.2 et 3.3). Ces systèmes sont constitués de veines de cisaillement subverticales, à texture bréchique et rubannée, recoupées par des veines de quartz d'extension à faible pendage vers le nord et disposées en échelon (Golightly, 1986). A plusieurs endroits le long des deux galeries ouest, les veines verticales sont bordées au sud par une zone de cisaillement parallèle. La direction des stries qui y sont observées de même que le sens de la rotation de la foliation de part et d'autre des veines indiquent un mouvement oblique, le côté nord ayant glissé vers le haut et vers la droite (Golightly, 1986).

La mise en place des veines minéralisées est sûrement pré à syn-tectonique. En effet, elles sont plissées lorsqu'elles recoupent la foliation et boudinées lorsqu'elles sont parallèles (Pattison et al., 1986). La nature discordante des veines aurifères et des zones d'altération associées (figs. 3.2 et 3.3) confèrent à la minéralisation aurifère un caractère épigénétique. Pattison et al. (1986) croient que la relation angulaire entre la stratification et les zones minéralisées a été atténuée par l'évènement de compression régional. Une autre série de veines non minéralisées et non déformées, probablement post-tectonique, composée de quartz et de calcite, recoupe les veines minéralisées de même que la stratification et la foliation.

3.4 Altération:

L'ensemble des roches composant la Séquence de Golden Pond a été soumis à un métamorphisme régional de grade schistes verts. L'assemblage minéralogique typique rencontré dans toutes les unités est de quartz-albite-calcite-mica blanc-chlorite-sphène-rutile. La présence de zones de cisaillement à l'intérieur de l'unité 3 a favorisé le passage de fluides minéralisateurs entraînant une altération des roches encaissantes. L'étendue des zones altérées est grandement variable et ne semble pas montrer de corrélation directe avec l'épaisseur des veines minéralisées (Pattison et al., 1986).

Les modifications minéralogiques observées se traduisent principalement par la cristallisation de l'ankérite au détriment de la calcite, par un accroissement du contenu en micas blancs de même que par l'apparition de pyrite et d'arsénopyrite disséminées. On ne sait pour l'instant si la carbonatation et la séricitisation sont antérieures ou contemporaines à la minéralisation aurifère. Une revue détaillée des changements minéralogiques et chimiques est incluse dans les deux prochains chapitres.

CHAPITRE 4

PETROGRAPHIE DE LA SEQUENCE DE GOLDEN POND

4.1 Méthode d'échantillonnage:

Dans le but de mieux définir la séquence stratigraphique caractéristique du gisement Golden Pond East, une étude pétrographique détaillée a été réalisée à partir de 100 lames minces et de 30 lames minces polies (voir annexe 1 pour la localisation des échantillons). A cause de l'absence d'affleurement, tous les échantillons, sauf 3, proviennent de carottes de sondage. L'échantillonnage a été effectué le long de sections perpendiculaires à la stratification et à la zone minéralisée. Toutes les lithologies composant la Séquence de Golden Pond sont représentées par au moins une dizaine de lames minces, exception faite des sédiments de l'unité 5.

En premier lieu, le trou de forage 72 907 (sections 14 900-14 920 E) a été échantillonné systématiquement à plusieurs endroits. Débutant dans une formation de fer (unité 2b) et se terminant par les sédiments de l'unité 5, ce trou de 754,30 m de long offre une excellente coupe à travers la Séquence de Golden Pond. Puis, l'échantillonnage a été complété principalement le long des sections 14 800-14 820 E (trous de forage 71 735, 71 742, 71 747 et 71 769) et de la section 14 960 E (trous de forage 72 928 et 72 935).

Tel que mentionné auparavant, la Séquence de Golden Pond se compose, du sud vers le nord, des sédiments de l'unité 2 (sédiments fins, conglomérats et formation de fer), suivi des laves, des pyroclastites et des sédiments fins de l'unité 3 puis des sédiments graphitiques et de l'exhalite de l'unité 4. Finalement, le tout est coiffé des sédiments fins de l'unité 5 (tableau 3.1).

Chacune de ces lithologies est décrite au point de vue mégascopique et microscopique dans les sections suivantes. A la fin de ce chapitre, une section est consacrée à la minéragraphie. De plus, quelques analyses de minéraux à la microsonde viennent étoffer les descriptions pétrographiques. L'interprétation des résultats de ces analyses est basée sur la compilation effectuée par Deer et al. (1962, 1964 et 1966).

4.2 Sédiments de l'unité 2:

L'unité 2, d'une épaisseur apparente moyenne de 1 km, est formée d'une bande de grauwackes, de siltstones et de mudstones (unité 2a) contenant de minces lentilles discontinues de formation de fer au faciès oxyde (unité 2b) et d'une bande d'environ 200 m de large de conglomérats polymictes (unité 2c). Au sud du gisement de Golden Pond East, l'unité 2 se termine invariablement par ces conglomérats.

4.2.1 Sédiments fins (unité 2a):

En forage, les sédiments de l'unité 2a montrent une variation de granulométrie de grauwacke à mudstone. Les lits, d'une épaisseur variant de quelques millimètres à 1 m, peuvent être granoclassés. Les grauwackes et les siltstones gris verdâtre sont composés de quartz, de feldspaths et de chlorite. Ils contiennent fréquemment de fines lamines (épaisseur variant de moins de 0,5 mm à 1,5 cm) de mudstones de couleur gris noir, composés de phyllosilicates.

Dix échantillons représentatifs de cette unité ont été étudiés au microscope (tableau 4.1). Selon la classification modifiée des roches terrigènes de Folk (50% et plus de particules > 2 mm --> conglomérat, 50% et plus de particules comprises entre 1/16 et 2 mm --> grès) (Lajoie, 1988) et l'échelle granulométrique de Wentworth (1922) (d > 2 mm --> gravier, 1/16 < d < 2 mm --> sable, 1/256 < d < 1/16 mm --> silt, d < 1/256 mm --> argile), ces échantillons montrent une variation de siltstones gréseux à mudstones. L'étude pétrographique nous révèle que le terme de terrain "grauwacke" ne peut s'appliquer à aucune des lames minces décrites; en effet, selon la définition de Pettijohn (1975) et la classification des grès de Williams et al. (1982), la trop faible proportion de grains de la grosseur des sables (maximum observé 27%) de même que l'absence de fragments lithiques indiquent plutôt qu'il s'agit de siltstones gréseux.

Le siltstone typique (fig. 4.1) se compose en moyenne de 75% de grains de quartz microcristallin, de 5 à 10% de carbonate limpide et xénomorphe ($d_m = 0,06$ mm) et de 15 à 20% de chlorite et de séricite

TABLEAU 4.1
COMPOSITION MODALE (%) REPRESENTATIVE
DES SEDIMENTS DE L'UNITE 2

	Siltstone (2a)	Siltstone Gréseux (2a)	Mudstone (2a)	Formation de fer (2b)	Conglomé- rat (2c)
Quartz (+Alb. polyg.)	75	60	30-35	30-50	55-65
Plag.	tr-2	15	tr	0	5-10
Carb.	5-10	5-10	2-5	5-10	5
Chlor.	5-15	5-15	5-15	20-25	10
Mica blanc	5-15	5-15	40-55	tr	10-20
Epidote	0	0	0	0	tr
Rutile+ Sphène	0	0	0	0	tr-1
Magnéti- te	tr	tr	tr	15-40	tr-3
Pyrite	0	0	0	0-tr	0-tr
TEXTURE	laminé et/ou gra- noclassé	laminé et/ou gra- noclassé 18% fract. gréseuse 80% plag. 20% qtz	laminé	laminée	14% matri- ce, frgs. étirés, mal triés 85% séd. 15% volc.

Alb. polyg. = Albite polygonale, Plag. = Plagioclase, Carb. = Carbonate, fract. = fraction, frgs. = fragments, séd. = sédimentaire, volc. = volcanique.

National Library
of Canada

Canadian Theses Service

Bibliothèque nationale
du Canada

Service des thèses canadiennes

NOTICE

AVIS

THE QUALITY OF THIS MICROFICHE
IS HEAVILY DEPENDENT UPON THE
QUALITY OF THE THESIS SUBMITTED
FOR MICROFILMING.

UNFORTUNATELY THE COLOURED
ILLUSTRATIONS OF THIS THESIS
CAN ONLY YIELD DIFFERENT TONES
OF GREY.

LA QUALITE DE CETTE MICROFICHE
DEPEND GRANDEMENT DE LA QUALITE DE LA
THESE SOUMISE AU MICROFILMAGE.

MALHEUREUSEMENT, LES DIFFERENTES
ILLUSTRATIONS EN COULEURS DE CETTE
THESE NE PEUVENT DONNER QUE DES
TEINTES DE GRIS.

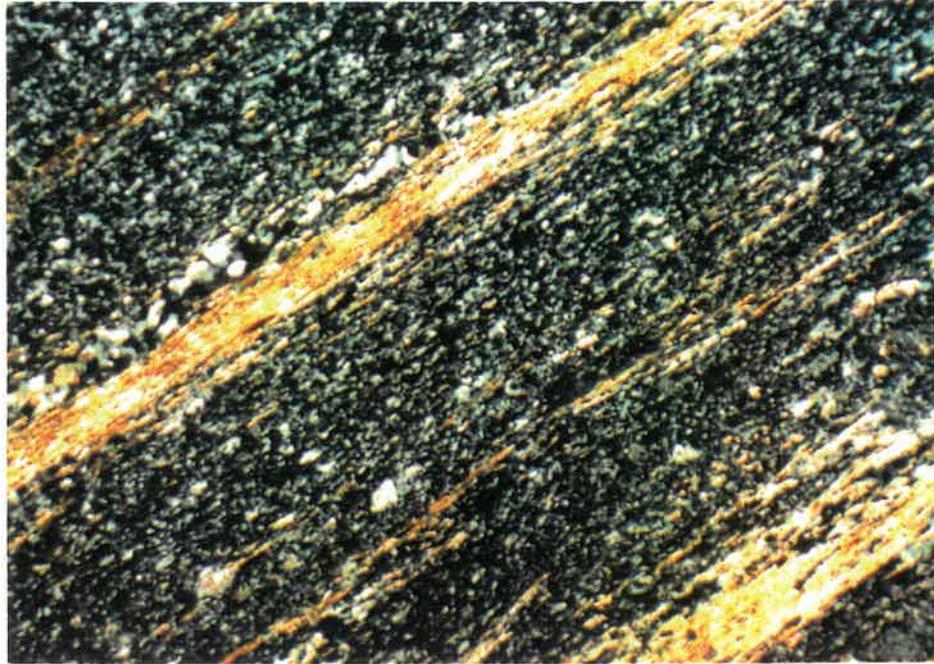


Figure 4.1: Siltstone (unité 2a) composé de quartz microcristallin, de chlorite, de carbonates et de séricite concentrée en lamines (éch. C860666, 31,25X, L.P.).

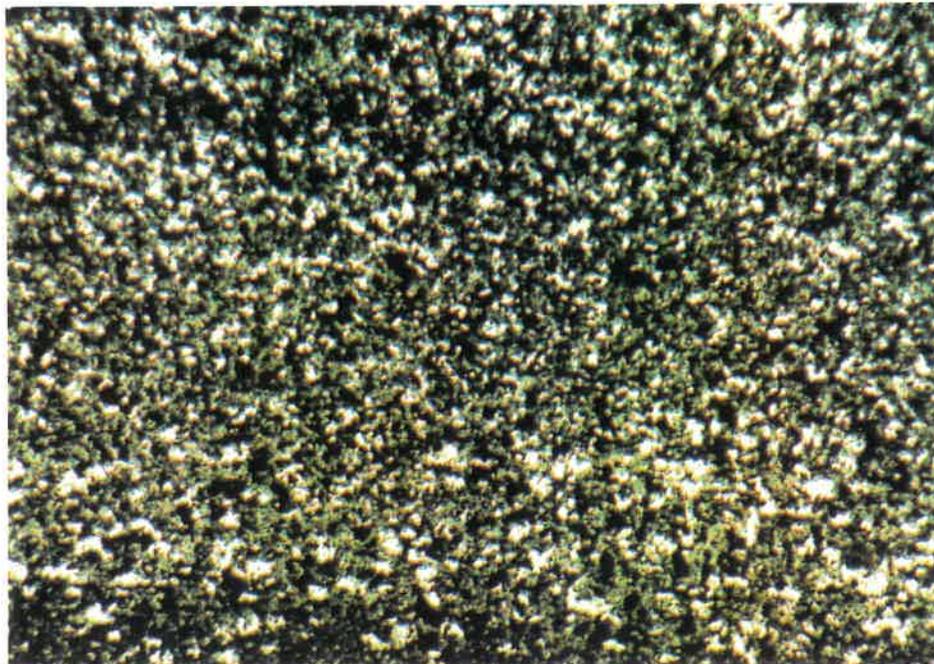


Figure 4.2: Formation de fer au faciès oxyde (unité 2b). Détail d'un lit riche en chlorite et en magnétite (éch. C860664, 31,25X, L.N.).

(mica blanc en fines paillettes; Deer et al., 1966) foliées, la proportion entre ces deux phyllosilicates pouvant grandement varier. La chlorite et les micas montrent en général une dispersion homogène mais il arrive que les micas se concentrent en minces lamines (épaisseur $< 50 \mu\text{m}$) ce qui représente probablement des lamines de mudstone. Dans quelques échantillons, la quantité de séricite et de chlorite augmente jusqu'à 50% et d'après la classification des pélites (Blatt et al., 1980), il s'agit alors de mudstones (fraction argileuse comprise entre 1/3 et 2/3 du volume total de la roche).

Certains siltstones peuvent devenir gréseux avec un pourcentage de particules comprises entre 1/16 et 2 mm, pouvant atteindre 27% avec une moyenne de 18%. La taille moyenne de ces grains sub-arrondis à arrondis est de 0,1 mm ($1/16 \text{ mm} < d < 0,6 \text{ mm}$). Ces particules à tri moyen, se composent à plus de 80% de plagioclases, de grains de quartz monominéraliques et quelquefois, de minéraux opaques. Les plagioclases montrent une légère damouritisation, altération en séricite caractéristique des plagioclases et des feldspaths potassiques (Roubault, 1982).

4.2.2 Formation de fer (unité 2b):

En forage, la formation de fer de l'unité 2b est formée de lits de mudstones chloritiques vert foncé riches en magnétite microscopique alternant avec des lits de siltstones gris verdâtre composés de quartz et de carbonates de fer. L'épaisseur de ces lits varie de 0,2 mm à 1,5 cm. De nombreuses veinules de quartz et de carbonates de quelques millimètres de large, disposées parallèlement à la stratifica-

tion, peuvent contenir de minuscules cubes de pyrite ($d_m = 0,3 \text{ mm}$) en traces.

Tous les échantillons étudiés au microscope montrent une composition et une texture rigoureusement semblables (tableau 4.1). Cette formation de fer au faciès oxyde montre une alternance de bandes riches en quartz microgranulaire avec une quantité mineure de carbonates (5 à 10%) et de bandes composées de chlorite et de quartz (fig. 4.2). La chlorite, d'un vert profond en lumière naturelle et bleutée en lumière polarisée, se présente sous forme de fines paillettes hypidiomorphes peu foliées. Les grains de magnétite hypidiomorphes ($d_m = 0,02 \text{ mm}$) sont disséminés à travers toute la roche avec une certaine préférence pour les lits chloritiques où ils peuvent totaliser facilement plus de 50%. Pour les dix lames minces étudiées, le pourcentage global de magnétite varie de 15 à 40 % avec une moyenne de 25%.

Des veinules parallèles à la stratification et fréquemment bordées de chlorite dépourvue d'oxydes, sont composées de quartz polygonal, de carbonate et d'une quantité négligeable de mica blanc, et contiennent quelques cubes de pyrite d'une dimension moyenne de 0,1 mm.

4.2.3 Conglomérats polymictes (unité 2c):

Les conglomérats polymictes lithiques de couleur gris verdâtre, contiennent moins de 10% de matrice argileuse vert foncé. La dimension des fragments arrondis de tri pauvre varie de 0,5 cm à 25 cm et ces fragments sont fortement étirés parallèlement à S1. La plus grande partie des fragments est d'origine sédimentaire (siltstones,

mudstones, siltstones gréseux et chert) mais de nombreux fragments de laves de composition intermédiaire ont aussi été observés.

Le pourcentage de matrice en lames minces est très difficile à estimer à cause de la superposition du métamorphisme et de la déformation sur la texture et la composition originales. Le pourcentage moyen de matrice observée dans 12 échantillons est de 14% mais il peut fréquemment ne pas dépasser 10% du volume total (tableau 4.1). Cette matrice argileuse se compose principalement de séricite et de chlorite (bleu foncé en lumière polarisée) ($d_m < 0,01 \text{ mm}$) extrêmement bien foliées, de quartz microcristallin et de quelques grains de quartz plus grossier ($d_{max} = 1,7 \text{ mm}$) à extinction ondulante. La matrice forme un fin feutrage micacé coincé entre les fragments lithiques moulés les uns sur les autres (fig. 4.3a et 4.3b).

Les fragments mal triés ($2 \text{ mm} < d < 5 \text{ cm}$) et très étirés de ce conglomérat sont surtout d'origine sédimentaire, les fragments volcaniques comptant pour seulement 15%, au maximum, du total. Les fragments de roches sédimentaires les plus fréquents sont les siltstones et les mudstones composés de séricite, de chlorite, de quartz microcristallin et de carbonates, ainsi que les siltstones gréseux contenant de 10 à 35% de cristaux gréseux sub-arrondis de plagioclases et de quartz (40% et 60% respectivement) d'une dimension moyenne de 0,15 mm; quelques fragments de chert (quartz microcristallin) et de shale sont aussi visibles.

Tous les fragments de roches volcaniques montrent une texture glomérophyrique où les phénocristaux de plagioclases hypidiomorphes

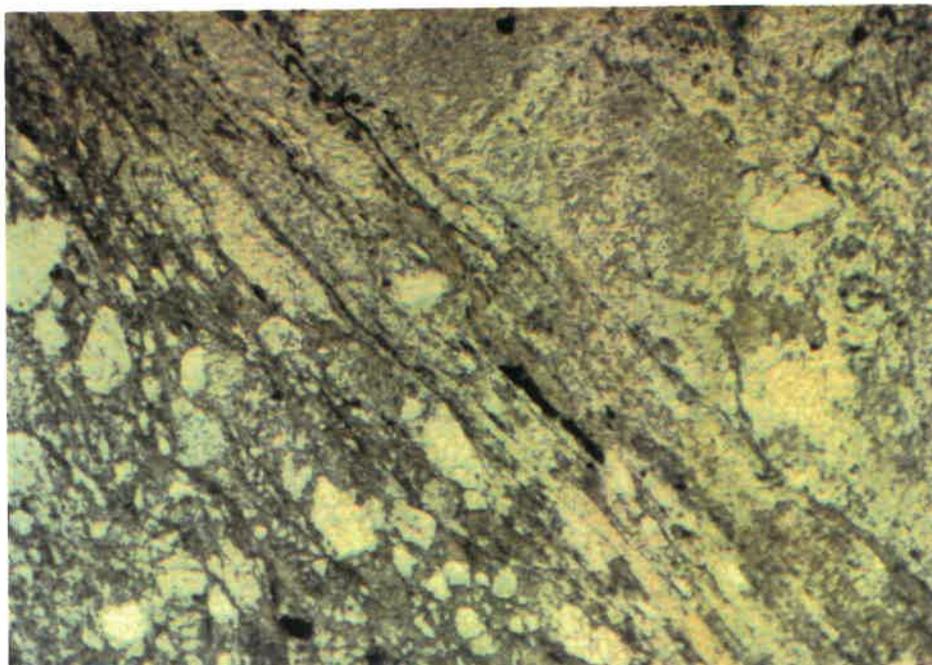


Figure 4.3a: Conglomérat polymicte lithique. Contact micacé entre un fragment de siltstone gréseux (à gauche) et un fragment de lave glomérophyrique à droite (éch. CB606B1, 31,25X, L.N.).

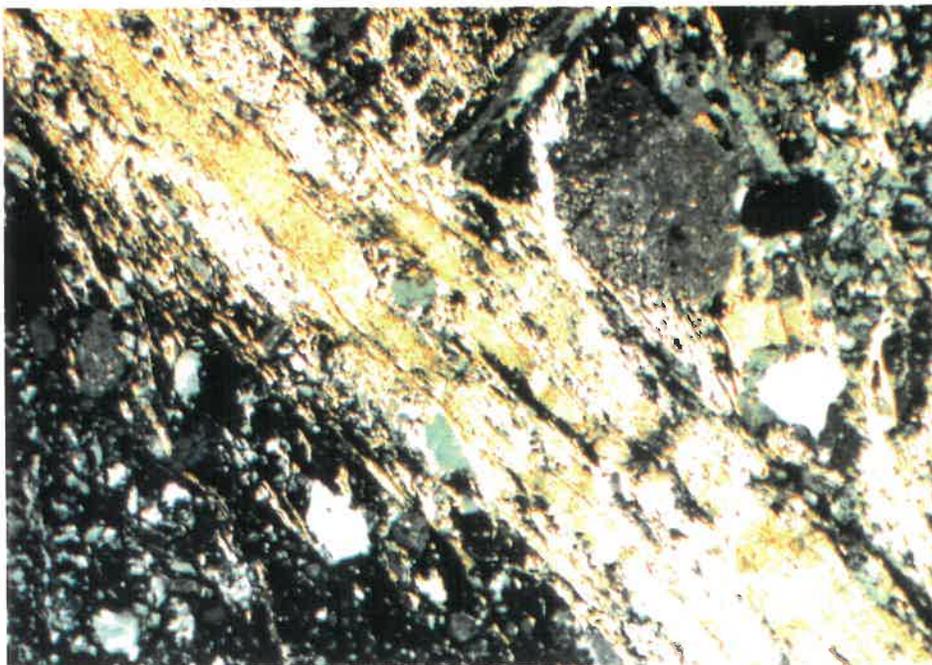


Figure 4.3b: Idem à figure 4.3a (éch. CB606B1, 31,25X, L.P.).

($d_m = 1$ mm), et quelques rares cristaux de quartz xénomorphe ($d_m = 0,4$ mm), reposent dans une matrice recristallisée de quartz et d'albite polygonaux, de chlorite, de séricite et d'épidote.

La foliation définie par les micas à l'intérieur des fragments lithiques de même que celle définie par les micas de la matrice sont toutes les deux parallèles à l'élongation des fragments ce qui démontre que le métamorphisme est contemporain ou postérieur à l'évènement principal de déformation (D1).

4.3 Sédiments et volcanites de l'unité 3:

L'unité 3 est sans contredit l'unité la plus complexe de la Séquence de Golden Pond. En effet, les diverses lithologies la composant ne se présentent pas sous forme de lits continus mais montrent plutôt un patron complexe d'interdigitation: de grands blocs de laves et de pyroclastites y sont entourés de sédiments fins. De grandes zones de cisaillement par lesquelles ont circulé les fluides minéralisateurs, se concentrent dans les sédiments incompetentes et le long des contacts entre les roches volcaniques et les roches sédimentaires. L'altération et la déformation qui en résultent obscurcissent la nature première de la roche encaissante et la transforment en schiste à muscovite, ankérite et chlorite.

4.3.1 Laves:

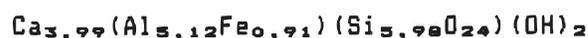
En carottes de sondage, des laves mafiques coussinées de même que des coulées massives aphanitiques et porphyriques ont été reconnues. Les laves mafiques aphanitiques chloritisées sont d'une belle couleur verdâtre et contiennent de 5 à 20% de carbonates de fer à grains très fins ($0,1 \text{ mm} < d < 1 \text{ mm}$, $d_m = 0,5 \text{ mm}$). Les laves porphyriques contiennent de 5 à 20% de phénocristaux hypidiomorphes à xénomorphes, de dimension moyenne égale à 2 mm ($0,2 < d < 5 \text{ mm}$), de plagioclases blanc verdâtre baignant dans une matrice aphanitique chloritique. L'altération hydrothermale est marquée par l'apparition de séricite et la roche prend une couleur kaki.

Les 15 échantillons étudiés en lames minces représentent divers degrés d'altération. Il est intéressant de noter qu'aucun de ces échantillons ne présente, à part les phénocristaux de plagioclases, de reliques de minéraux mafiques primaires caractéristiques des basaltes ou des andésites tels les pyroxènes, l'olivine et les amphiboles. L'assemblage minéralogique est typique d'un métamorphisme aux schistes verts (albite + chlorite + épidote + carbonate + sphène + rutile + mica blanc) malgré l'absence d'actinote. On peut quand même affirmer qu'il s'agit de laves mafiques (basalte ou andésite) à cause de l'absence de phénocristaux de quartz et du fort contenu en chlorite (jusqu'à 38%).

Les laves aphanitiques "fraîches" (granulométrie moyenne = $0,1 \text{ mm}$) montrant une texture interstitielle, de même que la matrice des laves porphyriques, sont composées en moyenne de 40 à 45% de microlites de plagioclases mâclés hypidiomorphes ($d_m = 0,15 \text{ mm}$) faiblement altérés

en carbonate, mica blanc, épidote et albite non mâclée. Les interstices entre les microlites sont remplis par 25% de chlorite, 10% de clinzoisite brunâtre en lumière naturelle (% Fe_2O_3 compris entre 5 et 10%; Deer et al., 1962), 10% d'albite polygonale, 5 à 10% de carbonates, 2% de séricite et finalement, de magnétite et de minéraux de titane tels le sphène et le rutile (tableau 4.2) (fig. 4.4).

La clinzoisite ($d_{100} = 0,06$ mm, $d_{001} = 0,1$ mm), dont la composition est



(Annexe 2a, analyse CVep1), est d'aspect trouble et forme des amas granuleux qui s'altèrent généralement en carbonate. Le rutile se présente sous forme de fines aiguilles noirâtres et le sphène, cristal jaune-brun à fort relief, devient blanc laiteux en lumière réfléchie. Ces deux minéraux de titane résultent probablement du métamorphisme des ilméno-magnétites. La chlorite, faiblement jaunâtre en lumière naturelle, forme un fin feutrage de paillettes microcristallines. Avec l'accroissement de l'altération, la séricite et l'ankérite (Mg:Fe \leq 4; Deer et al., 1966) de composition



(Annexe 2a, analyse CVca8), se développent aux dépens de l'épidote et de la chlorite tandis que l'albite et le quartz polygonaux remplacent les microlites de plagioclase (fig. 4.5). De plus, la foliation, qui était inexistante, peut devenir prononcée.

Les laves porphyriques ont, en moyenne, de 20 à 25% de phénocristaux d'albite mâclés à texture gloméroporphyrique (fig. 4.6) (tableau 4.2). La composition moyenne de ces plagioclases est de

TABLEAU 4.2
COMPOSITION MODALE (%) REPRESENTATIVE
DES VOLCANITES DE L'UNITE 3

	Lave aphanit.	Lave porphy.	Tuf à cendres	Tuf à lapilli
Albite + quartz polygonaux	5-10	1-3	35	30-40
Plagioclase	40-45	45	tr	5-15
Chlorite	25	25	25-30	25-35
Epidote	10	15	20	10-20
Carbonate	5-10	7	15	10
Mica blanc	tr-2	tr-1	tr	tr-1
Rutile + Sphène	tr-3	tr-5	tr-2	tr-2
Magnétite	tr	tr	tr-1	tr
Pyrite	0-tr	0-tr	0-tr	0-tr
TEXTURE	matrice intersti- tielle	gloméro- porphy. 20-25% phéno. de plag. 1,2 mm	massif ou schis- teux	2 à 60% lapilli étirés

Lave aphan. = Lave aphanitique, Lave porphy. = Lave porphyrique,
gloméroporphy. = gloméroporphyrique, phéno. de plag. = phénocristaux
de plagioclase.

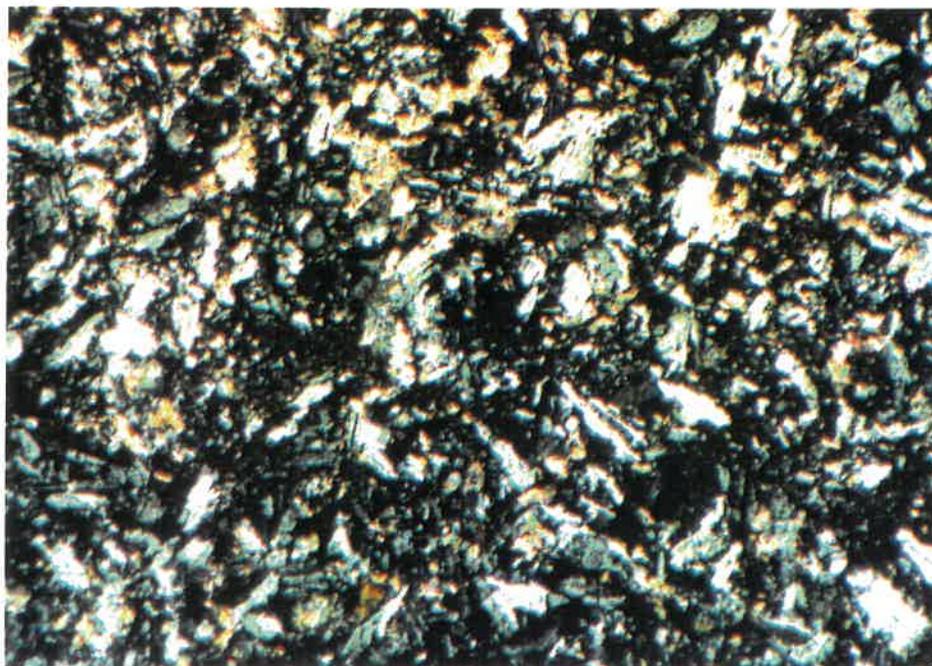


Figure 4.4: Lave mafique aphanitique à texture interstitielle. Interstices entre les microlites de plagioclases remplis de chlorite, de clinozoisite, de carbonates, de rutile et de leucoxène (éch. C860705, 31,25X, L.P.).



Figure 4.5: Lave mafique aphanitique altérée. Cristallisation de carbonates et de séricite aux dépens des plagioclases, de la chlorite et de la clinozoisite (éch. C860723, 31,25X, L.P.).

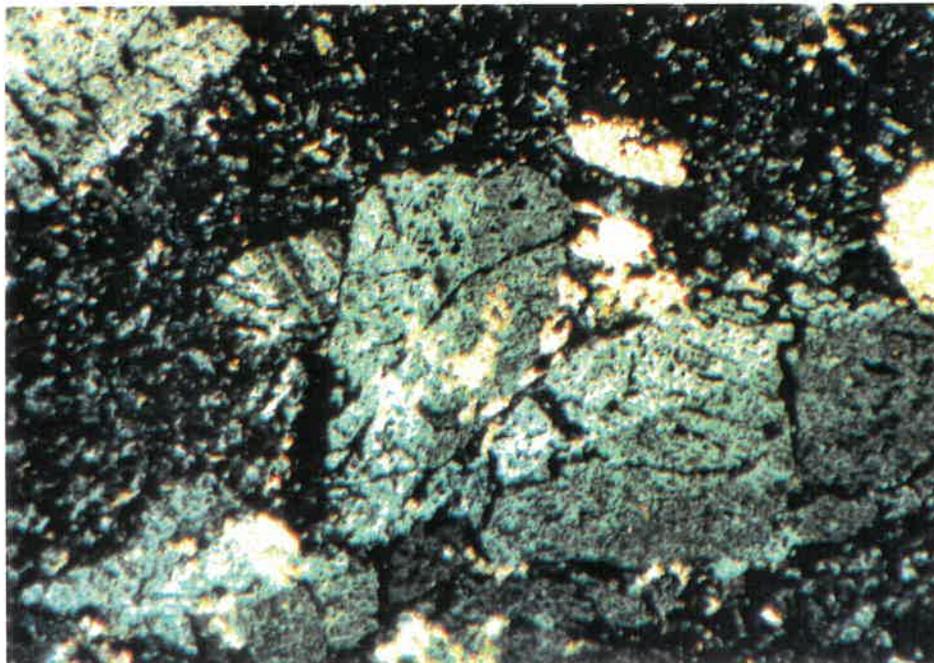


Figure 4.6: Lave mafique gloméroporphyrique. Phénocristaux d'albite fracturés et légèrement carbonatisés baignant dans une matrice de microlites de plagioclases, de chlorite et de clinozoïsite (éch. CB60715, 31,25X, L.P.).

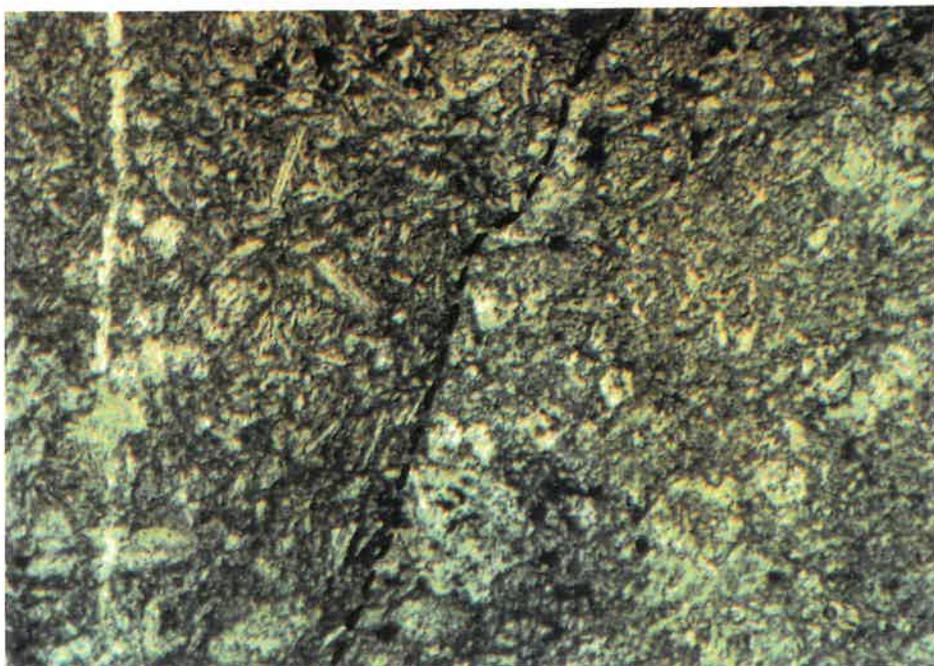
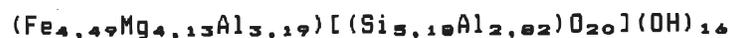


Figure 4.7: Tuf à lapilli. Détail d'un fragment de lave mafique aphanitique riche en microlites de plagioclases (à gauche) baignant dans une matrice composée de chlorite, de quartz et d'albite microcristallins, d'épidote et de carbonates (éch. CB60704, 31,25X, L.N.).

Ab = 96,9%, An = 2,4%, Or = 0,7% (Annexe 2a, analyses CVp11, CVp12, CVp13). Les phénocristaux hypidiomorphes à xénomorphes d'albite ont une dimension moyenne égale à 1,2 mm ($0,3 < d < 5,5$ mm). Ils sont bourrés de cristaux de clinozoisite ($d_m = 0,06$ mm) et sont très fréquemment fracturés. Ces cassures sont généralement remplies de ripidolite (fig. 4.8) verdâtre en lumière polarisée. La composition moyenne de cette chlorite est



(Annexe 2a, analyses CVc12, CVc13, CVc14). Avec l'altération hydrothermale, le plagioclase est remplacé à divers degrés par du quartz, de la séricite et du carbonate.

Un échantillon de basalte chloritisé et déformé est caractérisé par la présence de nombreuses amygdules étirées (22%) enrobées dans une matrice d'albite, de séricite et de chlorite fortement foliées. Les amygdules, d'une dimension moyenne de 0,8 mm, sont remplies principalement de quartz polygonal et quelques fois de carbonate et de chlorite.

4.3.2 Pyroclastites:

Selon les classifications de Fisher (1961, 1966), les pyroclastites de l'unité 3 sont formées de tufs, de tufs à lapilli et de brèches tuffacées, la dimension des fragments pyroclastiques variant de cendre ($d < 2$ mm) à bombe ($d > 64$ mm). Les tufs sont formées d'une matrice chloritisée d'un vert prononcé pouvant contenir jusqu'à 3% de cristaux arrondis de quartz et de plagioclase ($d_m = 0,2$ mm). Les tufs

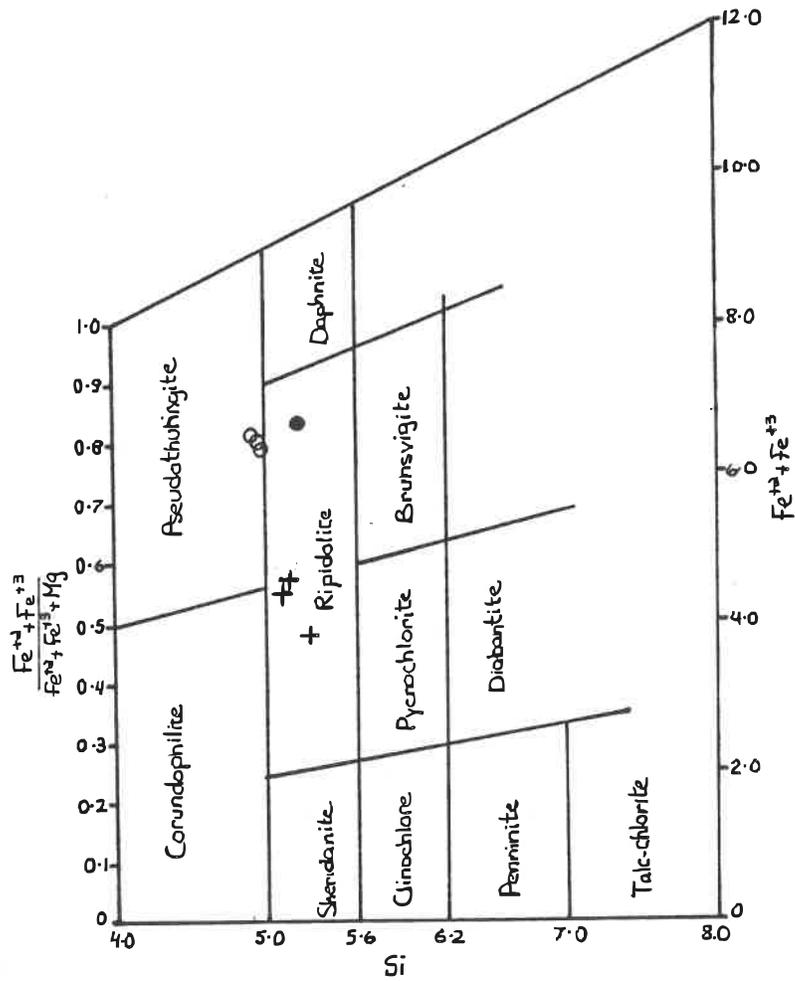


Figure 4.B: Classification des chlorites d'après Hey (1954)

- + Chlorites provenant de l'altération des phénocristaux de plagioclase dans les laves porphyriques de l'unité 3
- Chlorites provenant de schistes à muscovite, ankérite et chlorite non minéralisés
- o Chlorites provenant de schistes à muscovite, ankérite et chlorite minéralisés

à lapilli et les brèches tuffacées contiennent jusqu'à 60% de fragments de roches volcaniques vert blanchâtre arrondis et étirés ($2 \text{ mm} < d < 30 \text{ cm}$), de composition feldspathique.

Au microscope, on remarque que la matrice cendreuse de ces pyroclastites est formée à 35% d'albite et de quartz microcristallins, de fines paillettes de chlorite (25 à 30%) verdâtre en lumière polarisée, légèrement foliées, d'amas granuleux de cristaux xénomorphes ($d_m = 0,2 \text{ mm}$) de clinozoïsite (20%), de carbonate (15%) et finalement, de magnétite et de rutile disséminés ($d_{max} = 0,07 \text{ mm}$, $d_m = 0,01 \text{ mm}$) (tableau 4.2). Les microlites de plagioclase γ sont extrêmement rares.

Le contenu en fragments de roches et en phénocristaux de plagioclase et de quartz est grandement variable (2 à 60%). La composition et la texture interne des fragments étirés ($d_m = 4 \text{ cm}$) de lave mafique sont semblables à celles caractéristiques des coulées de lave retrouvées dans l'unité 3 (voir section 4.3.1) (fig. 4.7). De plus, on peut retrouver jusqu'à 5% de fragments ($d_m = 0,5 \text{ mm}$) de plagioclase hypidiomorphes et de quartz polycristallin parfaitement arrondis, isolés dans la matrice. Quelques sphérolites ($d_m = 4 \text{ mm}$) sont visibles dans quelques échantillons; ils ont été altérés en quartz, carbonate, épidote et séricite lors du métamorphisme. Ils sont composés d'un coeur de quartz avec de l'épidote et de la séricite disposées radialement et sont bordés de carbonate.

L'altération hydrothermale entraîne le développement de la séricite et des carbonates jusqu'à un point où la détermination de la nature de la roche devient problématique. Dans le cas des tufs à lapilli et des brèches tuffacées, la présence de minéraux opaques et de

rutile uniquement dans la matrice facilite le partage entre les fragments de roches et la fraction cendreuse.

4.3.3 Sédiments fins:

Les sédiments fins de l'unité 3 ressemblent en tous points aux sédiments de l'unité 2a (voir section 4.2.1). Les 6 échantillons étudiés, dont 3 situés à l'ouest du gisement Golden Pond East, montrent une variation de granulométrie de mudstone à siltstone gréseux. Les siltstones sont composés en moyenne de 65% de quartz microcristallin, de 15 à 20% de fines paillettes de séricite et de chlorite en proportion variable, de 10 à 20% de carbonate, de magnétite et de rutile (traces à 5%) (tableau 4.3).

Les mudstones se caractérisent par un contenu plus élevé en séricite et en chlorite (tableau 4.3). Une analyse à la microsonde révèle que le mica blanc est en fait de la muscovite (Deer et al., 1964) dont la formule est



(Annexe 2a, analyse CVmil). Les carbonates que l'on retrouve dans ces sédiments varient en composition de calcite magnésienne



(Annexe 2a, analyse CVcal) à ankérite



(Annexe 2a, analyse CVca3).

La fraction gréseuse peut atteindre 40% pour certains siltstones (moyenne 32%) (tableau 4.3). Cette fraction se compose principale-

TABLEAU 4.3

COMPOSITION MODALE (%) REPRESENTATIVE
DES SEDIMENTS ET DES SCHISTES DE L'UNITE 3

	Siltstone	Siltstone Gréseux	Mudstone	Schiste à musc., anké. et chlorite
Quartz (+ Albite polygonale)	65	50-60	50	25-30
Plagioclase	tr	10-15	tr	0-tr
Mica blanc	5-15	5-10	30-35	25-30
Chlorite	5-15	5-10	10-15	tr-6
Carbonate	10-20	10	5	35-40
Magnétite	tr-1	tr-2	tr-2	0-tr
Rutile + Sphène	tr-1	tr-1	tr-1	tr-2
Pyrite	0-tr	0-tr	0-tr	tr-10
Arsénopyrite	0	0	0	tr-10
TEXTURE	Laminé et/ou gra- noclassé	Laminé et/ou gra- noclassé 32% fract. gréseuse 55-75% plag. 25-45% quartz	Laminé	Schisteux

musc. = muscovite, anké = ankérite, fract. = fraction

ment de cristaux sub-arrondis de plagioclase (55 à 75%) et de quartz à extinction ondulante. Ces cristaux ont une dimension moyenne de 0,15 mm (maximum 0,9 mm).

La muscovite et la chlorite sont en général bien foliées et parfois, une deuxième schistosité crénule la première. Quelques veinules de calcite dont la composition est



(Annexe 2a, analyse CVca2) recouper la première foliation mais semble antérieures ou contemporaines à S2.

4.3.4 Schistes à muscovite, ankérite et chlorite:

L'altération hydrothermale et la déformation le long de zones de cisaillement oblitèrent totalement le caractère premier des roches encaissantes. L'assemblage minéralogique chlorite + albite + épidote + mica blanc + calcite + sphène + rutile typique des schistes verts, devient séricite + ankérite + chlorite + quartz ± rutile ± fuschite ± tourmaline. L'étendue des zones altérées de part et d'autre des zones de cisaillement est grandement variable mais semble correspondre aux halos de minéralisation contenant plus de 100 ppb d'or (Pattison et al., 1986).

Le développement de la muscovite et de l'ankérite confère à la roche une couleur beige kaki en mégascopie. Jusqu'à 10% de petits cristaux d'ankérite ($d < 0,1$ mm à $d < 0,5$ mm, $d_m = 0,2$ mm) sont parfois visibles. La foliation définie par les micas est extrêmement bien développée et devient parfois ondulée et même crénulée. Quelques

veinules de quartz et de carbonate de fer s'étendent parallèlement à la première schistosité.

La pyrite et l'arsénoxyrite retrouvées en traces dans les schistes non minéralisés, peuvent facilement atteindre 10% dans les échantillons minéralisés. Ces sulfures, d'une dimension moyenne de 1,5 mm, sont disséminés dans les veines de quartz-ankérite de même que dans les roches encaissantes sur une distance de quelques mètres en bordure de ces veines.

Au microscope, les schistes, minéralisés ou non, sont composés en moyenne de 35 à 40% d'ankérite d'aspect trouble, dont la composition moyenne est



(Annexe 2a, analyses CVca4, CVca7), de 25 à 30% de muscovite (maximum 67%) formant des amas de fibres flexueuses ($d_m = 0,08 \text{ mm}$), de chlorite bleutée en lumière polarisée (maximum 6%) et finalement, de quartz (albite?) polygonal (tableau 4.3). Le contenu total en pyrite et arsénoxyrite varie de trace dans les échantillons non minéralisés à 10% dans les schistes minéralisés. Les phyllosilicates sont fortement foliés et peuvent montrer une crénulation importante (fig. 4.9).

La composition moyenne des cristaux de muscovite analysés (Annexe 2a, analyses CVmi2 à CVmi7 inclusivement) est



ce qui respecte la formule générale de la muscovite



(Deer et al., 1964), à part un léger déficit dans le site X, qui est occupé par le potassium et le sodium.

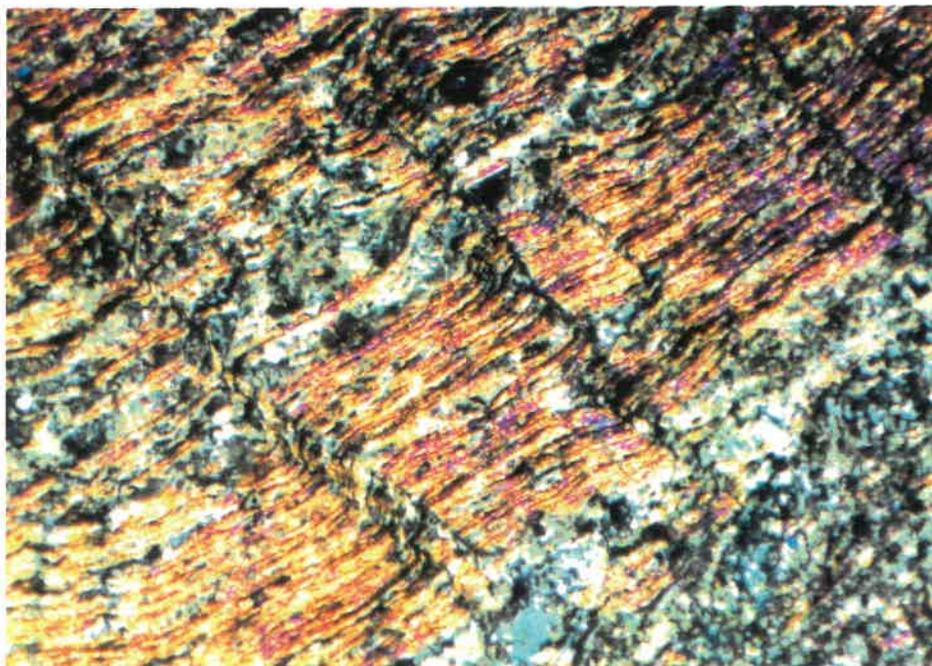


Figure 4.9: Schiste à muscovite, ankérite et chlorite fortement folié et crénulé (éch. CB60732, 31,25X, L.P.).

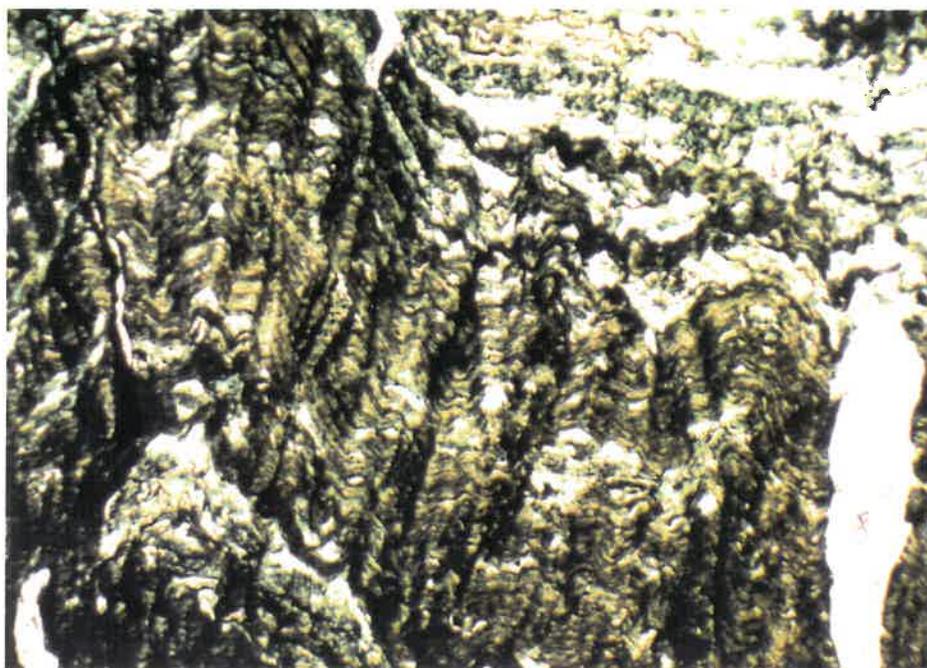


Figure 4.10: Schiste à séricite, graphite et carbonate extrêmement crénulé. Remarquez la limpidité de la veine de quartz recoupant la foliation (à droite) comparativement aux bandes de quartz et de carbonate (en haut, à droite) (éch. CB60738, 31,25X, L.N.).

Selon la classification de Hey (1954), la totalité des analyses de chlorite provenant des schistes minéralisés tombe dans le champ de la pseudothuringite (Annexe 2a, analyses CVc15, CVc16, CVc17) tandis qu'une chlorite provenant d'un schiste non minéralisé a une composition de ripidolite (Annexe 2a, analyse CVc11) (fig. 4.8). La composition moyenne des pseudothuringites est



tandis que celle de la ripidolite diffère par un enrichissement en silice:



Les veines de quartz et d'ankérite de composition moyenne



(Annexe 2a, analyses CVca5, CVca6 et CVca9) sont disposées parallèlement à la foliation principale. Généralement à extinction ondulante, le quartz composant ces veines montre une texture cataclasée et le contact entre les cristaux de quartz est souvent engrené. Le long des zones de cisaillement, la roche hôte exhibe une texture bréchique.

L'arsénopyrite et la pyrite (traces à 10%) disséminées dans le schiste et dans les veines, recourent parfois la première schistosité. La pyrite se présente sous forme de grains xénomorphes parfois fortement poecilitiques ($d_m = 0,2$ mm) tandis que l'arsénopyrite est invariablement hypidiomorphe ($d_m = 0,1$ mm). La section 4.6 contient une description plus détaillée des sulfures.

4.4 Sédiments graphitiques et exhalite de l'unité 4:

L'unité 4 est très importante au point de vue de l'exploration car elle est le site de la faille de Casa-Berardi et tous les sites aurifères potentiels de la propriété Golden Pond sont situés dans un périmètre de 300 m de large de chaque côté de cette faille. Cette unité restreinte à quelques mètres de large seulement, se démarque par une signature géophysique caractéristique. Le fort contenu en graphite de ces sédiments de même que la présence de lits de pyrite massive rendent facile l'identification de cette unité en carottes de sondage. L'unité 4 est formée de lits de sédiments graphitiques interstratifiés avec des lits d'exhalite riche en pyrite.

4.4.1 Sédiments graphitiques:

Les siltstones et les mudstones, de couleur gris foncé, contiennent de nombreuses lamines (épaisseur moyenne = 0,1 mm, épaisseur maximale = 0,5 cm) très noires, graphiteuses, fortement crénulées et même d'aspect désordonné. Le contenu apparent en graphite de ces roches varie de 5 à 50% pouvant même atteindre plus de 80% dans les zones de "fault gouge". La pyrite (traces à 40%), qui est probablement d'origine syngénétique, se présente sous forme de petits cubes ($0,1 \text{ mm} < d < 3 \text{ mm}$) ou de masses framboïdales ($d_m = 2 \text{ mm}$) disséminés le long des lamines. De fines veinules de quartz blanc (épaisseur variant de 0,1 à 2 mm) disposées parallèlement aux lamines, représentent proba-

blement de minces lits de chert recristallisé. Finalement, une autre série de veinules de quartz recoupe la schistosité.

Au microscope, ces sédiments ont l'air de schistes à séricite, graphite et carbonate. Ils se composent en moyenne de 40% de séricite et de graphite, de 35% de quartz microcristallin ou polygonal, de 18% de carbonate et finalement de 7% de pyrite hypidiomorphe à xénomorphe ($d_m = 0,1 \text{ mm}$) (tableau 4.4). De fines veinules de quartz et de carbonates limpides recourent les deux schistosités.

Les micas et le graphite définissent une schistosité extrêmement bien développée et fortement crénulée par un deuxième événement de déformation (fig. 4.10). Ces bandes micacées alternent avec des bandes de quartz microcristallin et de carbonate. La pyrite est disséminée selon un patron parallèle à la foliation tant dans les bandes micacées que dans les bandes de quartz et carbonate. Le contenu en graphite est très difficile à évaluer car il se présente toujours intimement lié dans la structure des micas et, de plus, il recouvre les grains de quartz et de carbonate d'un film sale.

Si l'on considère que la séricite et le graphite représentent la fraction argileuse et que le quartz microcristallin représente la fraction silteuse, on observe une variation de la nature du protolithe de mudstone à siltstone. Quelques échantillons contiennent une fraction gréseuse (traces à 7%) ($1/16 < d < 1,8 \text{ mm}$, $d_m = 0,15 \text{ mm}$). Cette fraction est principalement composée de cristaux de quartz sub-angulaires à sub-arrondis et de quelques grains de plagioclase.

TABLEAU 4.4
 COMPOSITION MODALE (%) REPRESENTATIVE
 DES SEDIMENTS DE L'UNITE 4

	Siltstone Graphitiq.	Mudstone Graphitiq.	Chert
Quartz	60-65	30-45	35-95
Mica blanc + graphite	20-30	35-45	0
Chlorite	0	0	tr-1
Carbonate	10	10-20	tr-1
Pyrite	tr-1	tr-2	tr-35
TEXTURE	schisteux et crénu- lé	schisteux et crénu- lé	massif

graphitiq. = graphitique

4.4.2 Exhalite:

L'exhalite est composée d'un chert de couleur gris bleuté en mégascopie. Elle contient de la pyrite disséminée se présentant sous forme de masses framboïdales ($d_m = 0,5$ cm), de petits cubes ($d_m = 2$ mm) ou, tout simplement, sous forme xénomorphe. La pyrite peut parfois former des lits massifs de quelques dizaines de centimètres d'épaisseur.

Le chert typique en lames minces est composé de 60 à 95% de quartz polygonal \pm équigranulaire ($d_m = 0,7$ mm), avec quelques grains de carbonate et de chlorite fréquemment concentrés en bandes (tableau 4.4). Dans les 6 échantillons étudiés au microscope, le contenu en pyrite varie de traces à 35%. La pyrite hypidiomorphe ou xénomorphe ($d_m = 0,07$ mm), forme des horizons de cristaux disséminés avec la chlorite.

4.5 Sédiments fins de l'unité 5:

L'unité 5 ayant une largeur apparente de 400 m sur le terrain, représente le sommet de la Séquence de Golden Pond. Elle montre une granulométrie variant de mudstone à siltstone gréseux. Elle est formée de lits parfois granoclassés. Les siltstones gris verdâtre, sont fréquemment interstratifiés avec de fines lamines de mudstones gris foncé. Le contenu en pyrite dépasse rarement les traces mais à la base de l'unité, en bordure de la faille, il peut atteindre 50%.

Au microscope, les sédiments de cette unité sont rigoureusement semblables aux sédiments de l'unité 2a (section 4.2.1) (tableau 4.1). Le siltstone typique se compose de fines paillettes de chlorite et de séricite à répartition homogène, de quartz microcristallin et de carbonate. Quelques échantillons ont une fraction gréseuse (moyenne 10%) composée principalement de cristaux de plagioclase et de quartz sub-arrondis ($0,16 < d < 0,6 \text{ mm}$, $d_m = 0,14 \text{ mm}$).

4.6 Minéragraphie du minerai:

La quantité de minéraux opaques observés dans les 30 lames minces polies provenant de la zone minéralisée varie de 10 à 45%. La pyrite et l'arsénopyrite sont les principaux sulfures observés et on retrouve en traces de l'or, de la chalcopyrite, de la pyrrhotine et de la sphalérite (tableau 4.5). La quantité de pyrite par rapport à l'arsénopyrite varie grandement d'un échantillon à l'autre. Les minéraux opaques sont disséminés dans les veines de quartz et d'ankérite et dans les schistes à muscovite, ankérite et chlorite bordant ces veines.

4.6.1 La pyrite:

La pyrite est formée de cristaux hypidiomorphes à xénomorphes ($0,01 < d < 5 \text{ mm}$, $d_m = 1 \text{ mm}$) disséminés dans la roche encaissante et dans les veines minéralisées et plus particulièrement en bordure de celles-ci. Les cristaux, à bordure très régulière, sont parfois craquelés selon un patron cubique. La pyrite qui est légèrement à moyen-

TABLEAU 4.5

CARACTERISTIQUES DES MINERAUX OPAQUES

MINERAL	%	FORME	TAILLE mm	TEXTURE	INCLUSIONS
Pyrite	30 à 75	xénomorphe à hypidio- morphe	0,01 à 5	-disséminée -poecilitique -graphique	chalco., pyrrhot., sphal., or, arséno., gangue
Arsénopyrite	25 à 70	idiomorphe	0,01 à 3,5	-disséminée	pyrrhot., chalco., or, gangue
Or	tr	xénomorphe	0,001 à 2	-inclusions dans py. et arséno. -libre dans veine -dans fract. et au cont. de py. et arséno.	-
Sphalérite	tr	xénomorphe	0,01 à 0,05	-inclusions dans py. -filet entre grains de py	-
Pyrrhotine	tr	xénomorphe	0,01 à 0,05	-inclusions dans py. et arséno.	-
Chalcopyrite	tr	xénomorphe	0,01 à	-inclusions dans py. et arséno. -cont. avec carb. dans gangue	-

Les % indiqués ne concernent que les opaques. Les minéraux opaques comptent pour 1 à 10% des schistes minéralisés.
cont. = contact, fract. = fractures, carb. = carbonates.

nement poecilitique, contient des inclusions d'illite, de carbonates, de chlorite et de quartz. La pyrite renferme aussi quelques inclusions de forme variée de chalcopryrite, d'arsénopyrite, de pyrrhotine et de sphalérite.

A plusieurs endroits dans les veines minéralisées, la pyrite forme des amas xénomorphes et montre une texture graphique avec le quartz (fig. 4.11). Comme ces masses informes de pyrite graphique moulent les cristaux d'arsénopyrite de même que les cristaux de pyrite hypidiomorphes, elles sont donc de cristallisation postérieure ou elles représentent une recristallisation de la pyrite "primaire".

Les analyses à la microsonde révèlent une composition variant de FeS_2 à $\text{Fe}_{1,01}\text{As}_{0,02}\text{S}_2$ (Annexe 2a, analyses CVpy1 à CVpy 17). Aucune différence significative de composition entre la pyrite "primaire" et la pyrite à texture graphique n'est observée.

4.6.2 L'arsénopyrite:

L'arsénopyrite se présente invariablement en cristaux losangiques idiomorphes ($0,01 < d < 3,5 \text{ mm}$, $d_{\text{m}} = 0,5 \text{ mm}$). En général moins grossier que la pyrite, ce sulfure est parfois craquelé et peut contenir des inclusions de quartz, de carbonates, de pyrrhotine, de chalcopryrite et d'or. La croissance de l'arsénopyrite est probablement antérieure à contemporaine à la pyrite hypidiomorphe. En effet, ces cristaux sont très fréquemment englobés en partie dans les plus grandes plages de pyrite. Le contact entre ces deux sulfures est toujours très net; il ne semble pas y avoir de réaction entre les deux. Les analyses

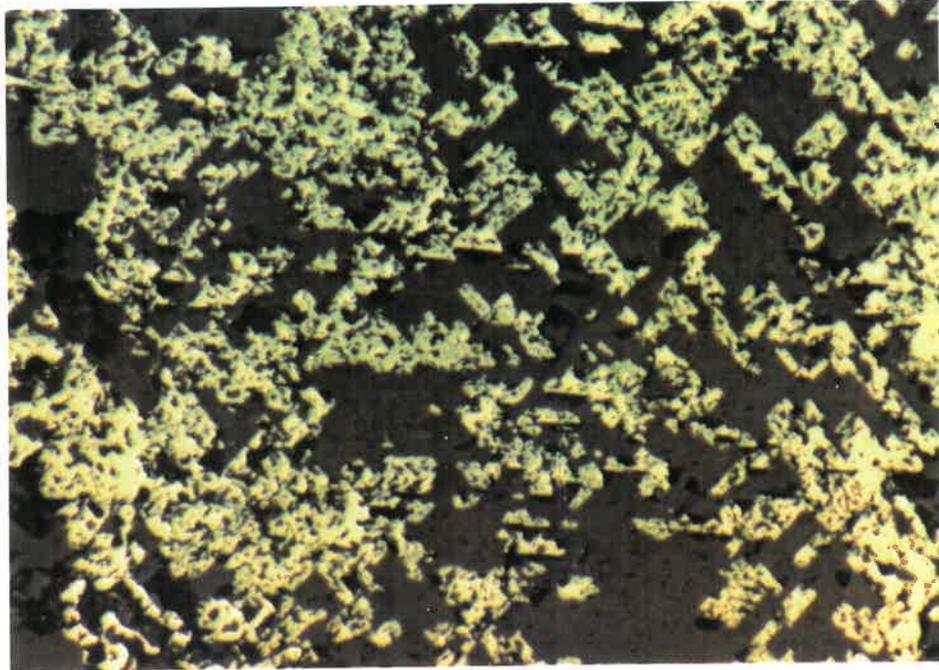


Figure 4.11: Cas extrême de pyrite à texture graphique avec le quartz (éch. CB60880, 100X, L.R.).

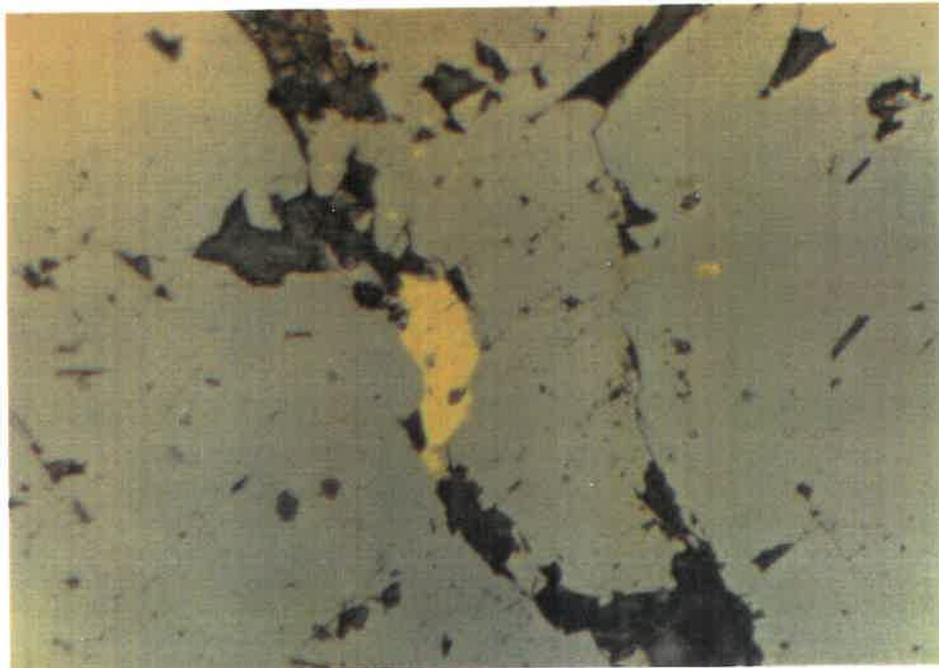


Figure 4.12: Grain d'or (0,05 mm de long) coincé entre un cristal de pyrite au centre et un cristal d'arsénopyrite à gauche. Remarquez la multitude de gouttelettes d'or ($d < 0,0025$ mm) incluses dans la pyrite et les trois inclusions d'or dans les cristaux d'arsénopyrite à gauche et à droite (éch. CB60886, 500X, L.R.).

à la microsonde montrent une composition variant de $\text{FeAs}_{0,95}\text{S}_{1,12}$ à $\text{FeAs}_{0,94}\text{S}_{1,09}$ (Annexe 2a, analyses CVas1 à CVas15).

4.6.3 L'or:

L'or se présente sous plusieurs formes dans le minerai du gisement Golden Pond East. Premièrement, d'une granulométrie variant de quelques microns à 2 mm, on le retrouve à l'état libre dans les veines de quartz + ankérite. Les sulfures de fer étant des lieux de prédilection pour la précipitation de l'or, ce dernier se dépose au contact de l'arsénopyrite et de la pyrite ou il forme de minces filets remplissant les fractures de ces sulfures (fig. 4.12). L'or se présente fréquemment sous forme de gouttelettes ($d < 0,0025$ à $d < 0,03$ mm) à l'intérieur des cristaux de pyrite poecilitique (fig. 4.12 et 4.13). Par contre, ce phénomène est rarement observé dans les cristaux d'arsénopyrite et de pyrite graphique.

Les analyses à la microsonde donnent un pourcentage poids moyen de 86% Au 14% Ag (Annexe 2a, analyses CVau1 à CVau6). Les analyses des pyrites et des arsénopyrites n'ont pas révélé d'or en solution solide ou sous forme sub-microscopique. Bien que l'or se retrouve rarement inclus dans l'arsénopyrite, il y a un lien évident entre la minéralisation aurifère et le contenu en arsénopyrite. En effet, dès qu'on s'éloigne des zones contenant de l'arsénopyrite, le contenu en or diminue considérablement.

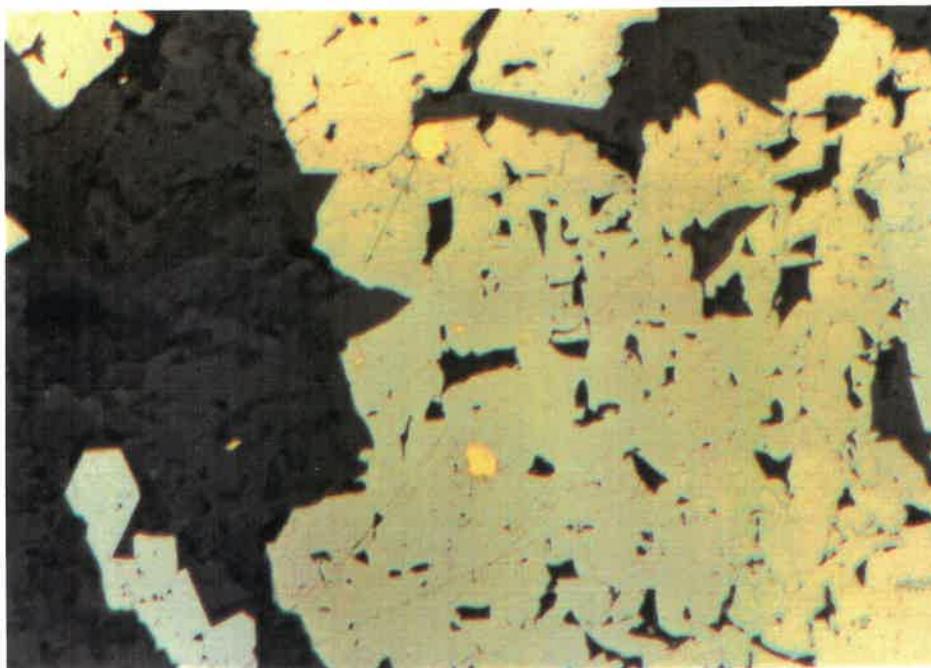


Figure 4.13: Gouttelettes d'or ($d_{max} = 0,03$ mm) incluses dans un cristal de pyrite poecilitique (inclusions de gangue). Remarquez le minuscule grain d'or libre dans le quartz à gauche (éch. C860895, 200X, L.R.).

4.6.4 Les autres sulfures:

Les autres sulfures sont la pyrrhotine, la chalcoppyrite et la sphalérite. Ces sulfures accessoires ($d_m = 0,03$ mm) sont généralement inclus dans les cristaux de pyrite poecilitique et d'arsénopyrite. La chalcoppyrite peut se présenter dans la gangue invariablement en contact avec des carbonates et la sphalérite peut former un ciment entre des grains de pyrite.

4.7 Résumé:

La Séquence stratigraphique de Golden Pond se compose, de la base au sommet, des sédiments fins, de la formation de fer au faciès oxyde et des conglomérats de l'unité 2, puis des laves, des pyroclastiques et des sédiments fins de l'unité 3, des sédiments graphitiques et de l'exhalite de l'unité 4 et, finalement, des sédiments fins de l'unité 5. La minéralisation aurifère est confinée à des zones de cisaillement localisées dans les sédiments fins de l'unité 3 et au contact de ces derniers avec les volcanites.

L'unité 2a' est formée de lits millimétriques à métriques de siltstones gréseux, de siltstones et de mudstones laminés et parfois granoclassés. Ces sédiments sont composés de quartz, de plagioclases, de séricite et de chlorite. La fraction gréseuse des siltstones gréseux compte pour environ 18% du volume des échantillons et se compose à 80% de plagioclases et à 20% de quartz.

La formation de fer au faciès oxyde (unité 2b) forme des lits minces et discontinus interstratifiés avec les sédiments de l'unité 2a. Elle est formée de bandes de siltstones alternant avec des bandes de mudstones riches en chlorite et en magnétite.

Les conglomérats polymictes lithiques de l'unité 2c ont en général moins de 10% de matrice argileuse composée de séricite et de chlorite. Les fragments mal triés de ce conglomérat sont composés à plus de 85% de fragments de roches sédimentaires: siltstone, siltstone gréseux, mudstone, shale et chert. On retrouve moins de 15% de fragments de laves porphyriques. Les fragments sont généralement très étirés parallèlement à S1.

Les laves aphanitiques de l'unité 3 montrent une texture interstitielle où les interstices entre les microlites de plagioclases sont remplis principalement par de la chlorite, du carbonate, de l'épidote et de l'albite polygonale. L'absence de minéraux ferro-magnésiens primaires et d'actinote dans ces laves mafiques peut s'expliquer par la transformation complète des clinopyroxènes en chlorite, carbonate et épidote lors du métamorphisme (Gélinas et al., 1977). Les laves porphyriques ont de 20 à 25% de phénocristaux gloméroporphyriques d'albite bourrés de clinozoisite et de chlorite.

Les pyroclastites de l'unité 3 montrent une variation de granulométrie de tufs à brèches tuffacées en passant par tufs à lapilli. La matrice de ces roches est principalement composée de chlorite, d'épidote, d'albite et de quartz microcristallins. On retrouve jusqu'à 60% de fragments de roches volcaniques de même que quelques sphérolites

ainsi que quelques cristaux de plagioclase et quelques fragments isolés de quartz polycristallin.

Les sédiments fins de l'unité 3 se composent de siltstones gréseux, de siltstones et de mudstones laminés. La minéralogie de ces sédiments se résume à quartz + chlorite + muscovite + ankérite + magnétite ± plagioclase. Les siltstones gréseux ont, en moyenne, 32% de particules gréseuses se composant à 55-75% de plagioclase et à 25-45% de quartz. La schistosité est bien développée et parfois crénulée.

Les sédiments de l'unité 4 se composent de siltstones et de mudstones laminés extrêmement riches en graphite. Ils contiennent jusqu'à 40% de pyrite syngénétique. La schistosité visible dans ces sédiments est très fortement crénulée et même d'aspect désordonné. Le chert de cette unité est évidemment principalement composé de quartz et le contenu en pyrite peut y atteindre 35%. Finalement, l'unité 5 est formée de siltstones gréseux, de siltstones et de mudstones laminés et parfois granoclassés ressemblant énormément aux sédiments de l'unité 2a.

L'altération hydrothermale accompagnant la minéralisation aurifère entraîne une séricitisation et une ankéritisation très prononcées des roches de l'unité 3 ce qui les transforment en schistes à muscovite, ankérite et, accessoirement, chlorite. Les changements minéralogiques principaux observés se résument bien aux deux équations suivantes tirées de Kerrich et Fyfe (1981):



Chlorite + Epidote + 6 SiO₂ + 24 CO₂ + 10 K⁺ -->

Muscovite + Ankérite + 10 H⁺

L'albite est séricitisée tandis que l'épidote et la chlorite contenues dans les plagioclases et dans la matrice se transforment en séricite et en ankérite. L'ankéritisation semble assez étendue; tous les carbonates de trame de l'unité 3 étudiés à la microsonde sont de l'ankérite.

La séricitisation et la carbonatation intenses en bordure des zones de cisaillement indiquent un apport en potassium et un accroissement de l'activité du CO₂ couplé à la destruction des minéraux ferro-magnésiens (Colvine et al., 1984; Kerrich et Fyfe, 1981; Boyle, 1979). La pyritisation et l'arsénopyritisation, observées dans les roches encaissantes en bordure des veines minéralisées, peuvent être le résultat d'une réduction des oxydes de fer et d'une remobilisation du fer contenu dans les minéraux ferro-magnésiens combinées à un apport en soufre et en arsenic par le fluide hydrothermal (Boyle, 1979).

Les veines minéralisées se composent principalement de quartz, d'ankérite, de pyrite et d'arsénopyrite disséminées. Les autres minéraux opaques composant le minerai sont l'or et en quantité très minime, la chalcopryrite, la sphalérite et la pyrrhotine. L'or (pourcentage poids Au = 86%, Ag = 14%) se présente sous forme libre dans les veines, en inclusions dans la pyrite et l'arsénopyrite de même qu'au contact et/ou dans les fractures de ces sulfures.

Les schistes ont une foliation très prononcée parfois crénelée et montrent souvent une texture bréchique en bordure des zones de cisaillement.

CHAPITRE 5

GEOCHIMIE DES ROCHES ENCAISSANTES ET DE LA ZONE MINERALISEE

5.1 Généralités:

Dans le but de caractériser chimiquement chaque lithologie formant la Séquence de Golden Pond, quarante échantillons ont été soumis à des analyses d'éléments majeurs. Le choix des échantillons est basé sur l'absence de veines et de minéralisation ainsi que sur une altération minime, exception faite des échantillons de schistes minéralisés. Les analyses d'éléments majeurs et mineurs (As, Ni, Co, Cr, Zr, Nb, Y, Sr, Rb et Ba) ont été effectuées par les laboratoires de INCO à Sheridan Park en Ontario (Résultats à l'annexe 2b) (pour les méthodes d'analyse, voir annexe 3).

La répartition des quarante échantillons s'effectue comme suit: 3 siltstones gréseux et siltstones (unité 2a), 2 conglomérats (unité 2c), 2 siltstones et mudstones graphitiques (unité 4), 1 siltstone (unité 5) et finalement, représentant l'unité 3, 6 siltstones et siltstones gréseux, 7 pyroclastites, 6 laves porphyriques, 4 laves aphanitiques, 5 schistes à muscovite, ankérite et chlorite non minéralisés et 4 schistes à muscovite, ankérite et chlorite minéralisés.

Puis, pour compléter l'étude des effets de la minéralisation sur les roches encaissantes, une comparaison géochimique entre 5 silt-

stones "frais" et 5 schistes minéralisés provenant de l'unité 3, a été réalisée à l'aide d'analyses d'éléments mineurs et de terres rares (annexes 2c et 2d). Ces analyses ont été effectuées par le laboratoire de géochimie de l'École Polytechnique et les analyses d'argent par le laboratoire Bondar-Clegg (Annexe 3, méthodes d'analyse) (Annexe 4, méthode d'analyse par activation neutronique instrumentale).

5.2 Géochimie des éléments majeurs et de quelques éléments mineurs:

Cette section est consacrée au traitement des analyses d'éléments majeurs et traces réalisées par INCO (Annexe 2b). Comme l'intensité de l'altération est assez importante pour tous les échantillons analysés (P.A.F. minimum = 3,79 %, P.A.F. maximum = 16,69 %), l'interprétation des résultats doit se faire avec précaution. Une caractérisation chimique qualitative des différentes lithologies et de l'altération est tout de même possible.

Les analyses d'éléments majeurs ont été traitées à l'aide de diagrammes binaires de type Harker (oxyde vs SiO_2) (figs. 5.1, 5.4 à 5.11 inclusivement). L'altération complique parfois fortement l'identification des sédiments fins, des laves aphanitiques et des tufs à cendres sur le terrain. Le but de cet exercice était donc, en partie, de définir des caractéristiques propres aux sédiments et aux volcanites et c'est pourquoi les sédiments ont été inclus dans les différents diagrammes au même titre que les volcanites.

A première vue, deux points ressortent de l'observation de tous les diagrammes binaires. Premièrement, les volcanites forment un

amas de points distinct du groupe de sédiments. En effet, le contenu en silice des volcanites ne montre pas de différenciation importante (de 49,59 à 57,50%) (exception faite du schiste à chlorite RX089312 avec 43,57% SiO_2 qui est un cas spécial comme nous allons le voir plus loin) tandis que les sédiments ont un contenu en silice beaucoup plus élevé (de 61,19 à 73,30%).

Deuxièmement, la situation des quatre échantillons de schistes minéralisés par rapport aux groupes des volcanites et des sédiments, indique que deux de ces schistes se rapprochent des volcanites par leur contenu en silice et en titane tandis que les deux autres se rapprochent des sédiments. Les zones de cisaillement porteuses de minéralisation se trouvant dans les sédiments de l'unité 3 et au contact entre ces sédiments et les volcanites, il est normal que certains schistes soient d'origine sédimentaire tandis que d'autres soient d'origine volcanique.

5.2.1 Diagramme $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 :

Le diagramme $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 (fig. 5.1) montre que tous les échantillons tombent dans le champ subalcalin à l'exception d'un schiste à muscovite, ankérite et chlorite non minéralisé (49,59% SiO_2). Le fort contenu en potassium et en éléments volatils de ce schiste (Annexe 2b, analyse RX089033) indique une altération importante en séricite plutôt qu'une affinité alcaline. Les schistes minéralisés montrent un contenu en alcalis semblable à celui de leur groupe. Le contenu en

Légende des figures 5.1 à 5.11 inclusivement

- * Schistes à muscovite, ankérite et chlorite minéralisés (unité 3)
- ▽ Schistes à muscovite, ankérite et chlorite non minéralisés (unité 3)
- Pyroclastites (unité 3)
- Laves porphyriques (unité 3)
- △ Laves aphanitiques (unité 3)
- Siltstones et siltstones gréseux (unité 3)
- Siltstones et siltstones gréseux (unité 2a)
- ▼ Conglomérats (unité 2c)
- Siltstones et mudstones graphitiques (unité 4)
- ▲ Siltstone (unité 5)

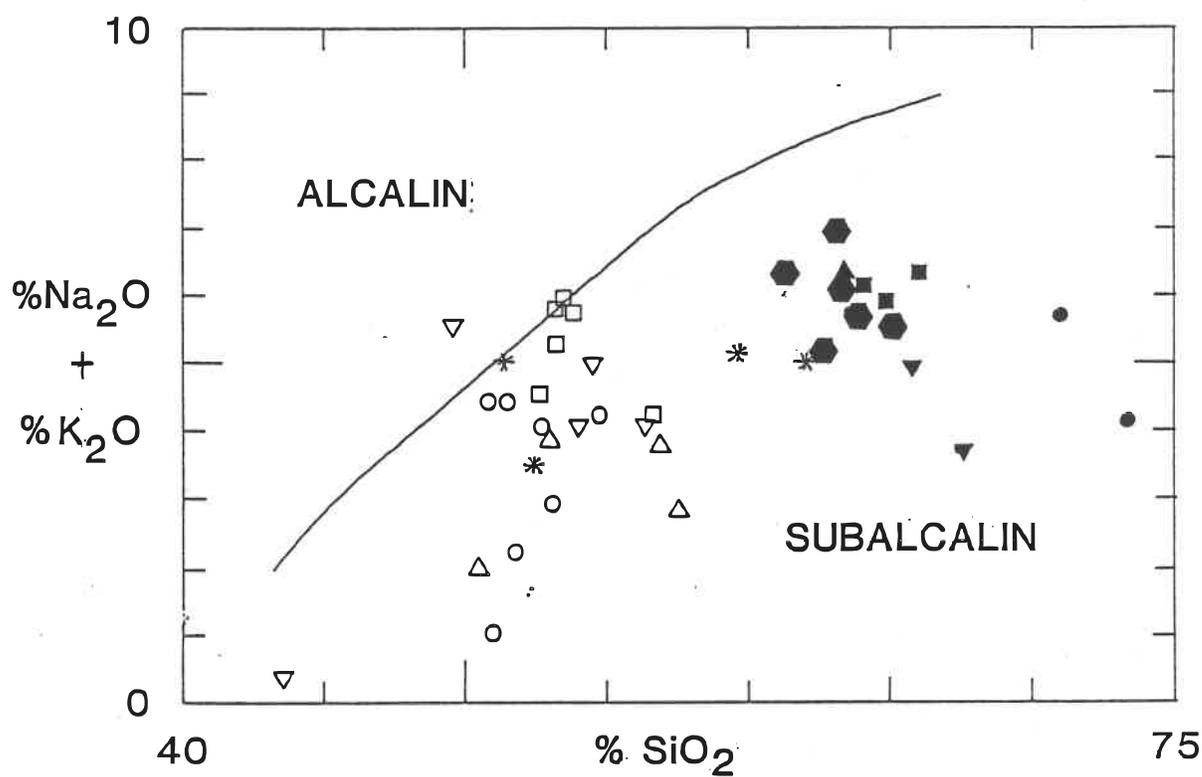


Figure 5.1: Diagramme $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 . Division d'après MacDonald et Katsura, 1964. Légende en page 68

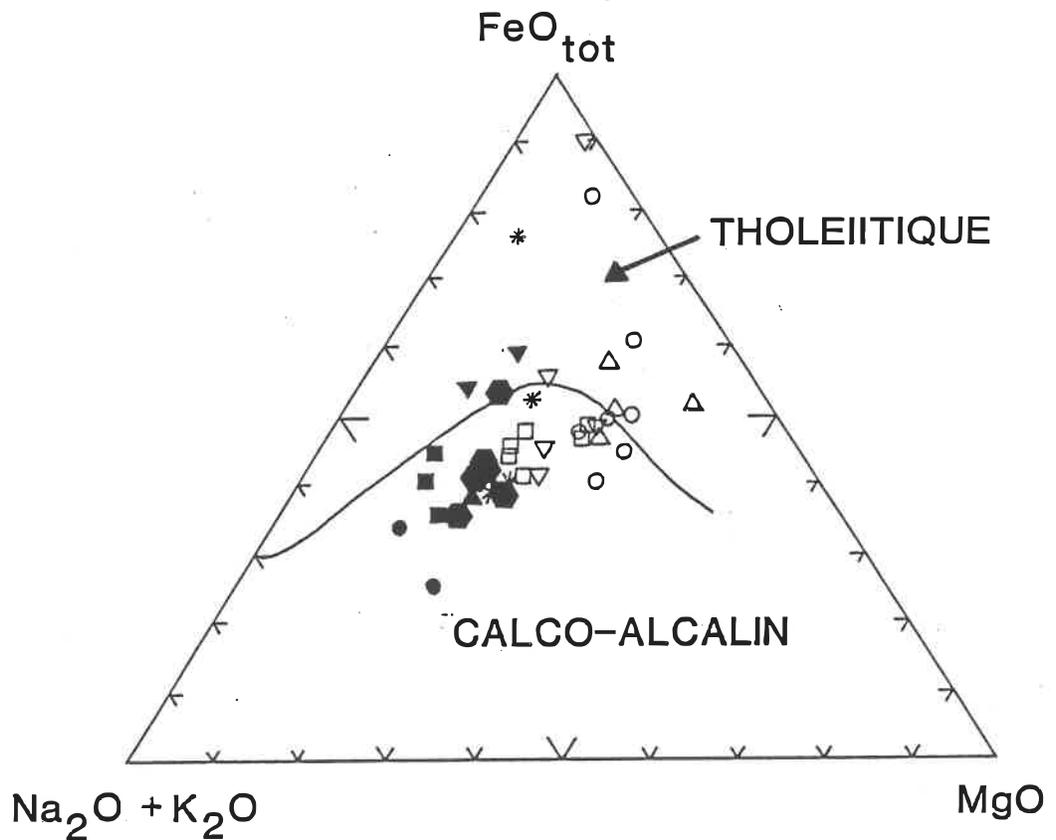


Figure 5.2: Diagramme AFM. Division d'après Irvine et Baragar, 1971. Légende en page 68

alcalis des sédiments est assez constant et montre un léger enrichissement par rapport aux volcanites.

Les volcanites étant de nature subalcaline, la classification employée pour nommer ces roches est basée sur le contenu en SiO_2 (Gélinas et al., 1977). La majeure partie de ces volcanites sont donc de composition basaltique ($< 54\% \text{SiO}_2$) tandis que 4 échantillons ont une composition andésitique ($54\% < \text{SiO}_2 < 62\%$).

5.2.2 Diagramme AFM:

Le diagramme AFM (fig. 5.2) indique que les roches formant la Séquence de Golden Pond font partie d'une suite calco-alcaline à la limite avec le champ tholéiitique. Les roches volcaniques et les schistes non minéralisés ne montrent pas vraiment de différenciation magmatique. Sur ce diagramme, les sédiments montrent encore un léger enrichissement en alcalis comparativement aux volcanites.

Le schiste minéralisé (RX089306), le tuf à cendres séricitisé et chloritisé RX089313 ($50,94\% \text{SiO}_2$) et le schiste à chlorite RX089312 ($43,57\% \text{SiO}_2$) se démarquent fortement du reste de la suite chimique par leur position dans le champ tholéiitique. Dans le cas du schiste minéralisé, le fort pourcentage de fer s'explique par un contenu élevé en pyrite et en arsénopyrite. Les deux autres échantillons pourraient avoir une affinité tholéiitique mais le rapport fer/magnésium est tout de même anormalement élevé (environ 6 pour le tuf et 12 pour le schiste à chlorite). En effet, les analyses des unités tholéiitiques des Groupes de Kinojévis et de Blake River près de Rouyn-Noranda en Abitibi

(Gélinas et al., 1977), révèlent un rapport fer/magnésium plus petit que 3. S'il s'agit de volcanites tholéitiques, le fort contenu en fer pourrait s'expliquer par un apport de ce métal lors de l'altération. Une autre explication serait que ces roches représentent plutôt des sédiments riches en fer composés de chlorite ferrugineuse et d'ankérite, se déposant entre deux cycles d'activité volcanique. La deuxième hypothèse semble la plus probable et nous verrons pourquoi dans les sections suivantes.

5.2.3 Diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y:

Comme la majorité des analyses montrent un contenu en éléments volatils élevé, l'emploi du diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y (Winchester et Floyd, 1977) (fig. 5.3) permet de vérifier la nomenclature des volcanites basée sur le contenu en SiO_2 et en alcalis. Les éléments composant ce diagramme étant considérés comme immobiles, ils ne devraient donc pas réagir au phénomène d'altération. Le choix de ces éléments immobiles est basé sur le fait que le zirconium de même que le niobium sont habituellement enrichis dans les laves alcalines. En plus d'être un indice d'alcalinité, le rapport Zr/TiO_2 est un indice de différenciation, le contenu en titane diminuant pour les laves plus évoluées (Winchester et Floyd, 1977).

Toutes les roches volcaniques analysées ont des rapports Zr/TiO_2 et Nb/Y faibles. Elles se situent toutes dans le champ subalcalin et ont une composition à la limite entre basalte et andésite. Les laves porphyriques ont un rapport Zr/TiO_2 légèrement plus élevé que

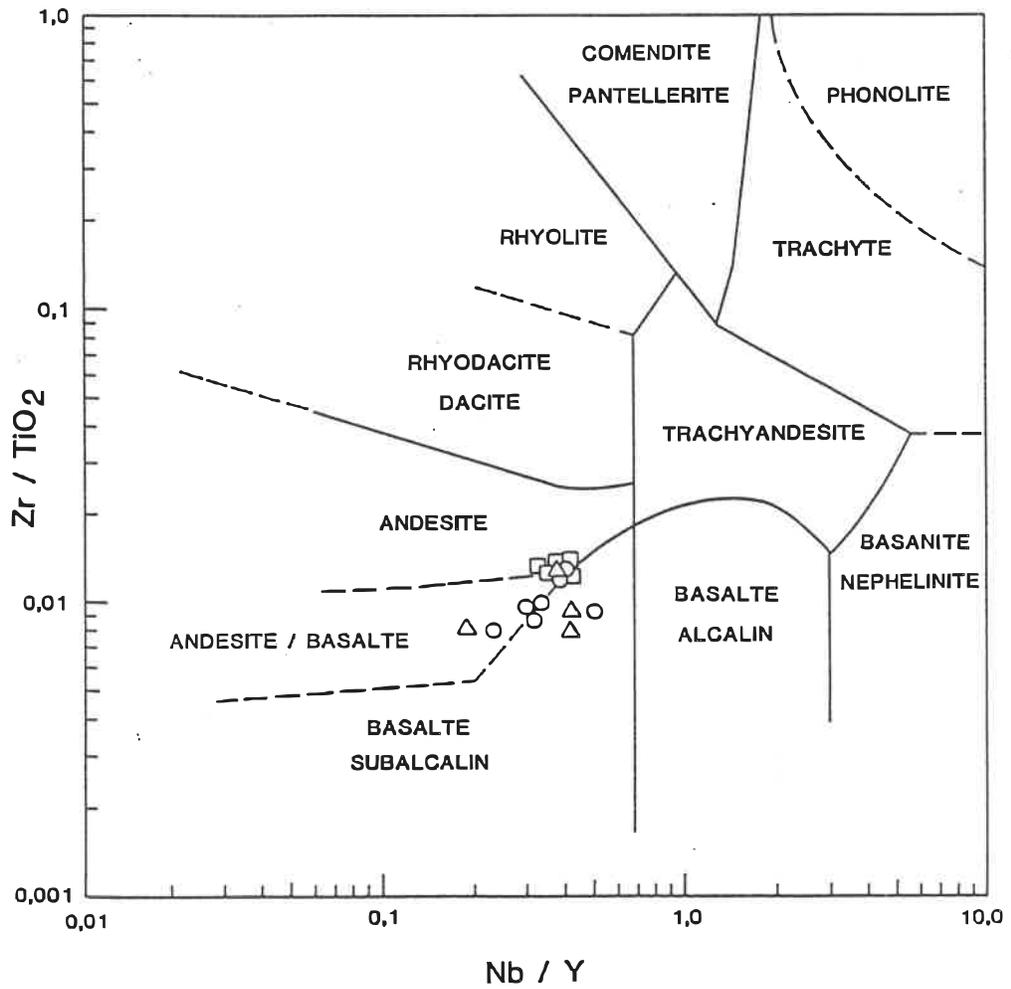


Figure 5.3: Diagramme Zr/TiO_2 vs Nb/Y . D'après Winchester et Floyd, 1977. Légende en page 68

les autres volcanites à cause de la forte concentration de plagioclases comparativement aux minéraux ferro-magnésiens. Mais tout de même, ce rapport ne varie pas assez pour que l'on y voit l'effet d'une différenciation magmatique. Ce diagramme concorde donc parfaitement avec les observations et la nomenclature définies aux sections 5.2.1 et 5.2.2.

5.2.4 Diagramme TiO_2 vs SiO_2 :

La tendance générale de ce diagramme (fig. 5.4) montre un appauvrissement en titane avec un enrichissement en silice ce qui est tout à fait normal, le titane se concentrant préférentiellement dans les roches mafiques. Les sédiments montrent donc un appauvrissement en TiO_2 par rapport aux volcanites et ceci est encore plus prononcé pour les sédiments graphitiques. Les laves porphyriques sont les volcanites qui montrent le contenu en titane le plus constant. Le schiste à chlorite RX089312 (43,57% SiO_2) et le tuf à cendre RX089313 (50,94% SiO_2) se démarquent par leur contenu élevé en titane ce qui témoigne de leur composition très mafique. Les variations visibles, qui ne sont pas reliées à un changement du contenu en silice, sont particulièrement marquées dans les schistes et les pyroclastites, reflétant probablement la nature première de ces roches. Il ne semble pas y avoir de relation directe entre le contenu en titane et l'altération.

Les schistes minéralisés 031 (51,04% SiO_2 , 0,79% TiO_2) et 306 (52,45% SiO_2 , 0,94% TiO_2) ont une composition semblable aux volcanites tandis que les échantillons 307 (59,45% SiO_2 , 0,66% TiO_2) et 308 (61,81% SiO_2 , 0,64% TiO_2) sont semblables aux siltstones de l'unité 3

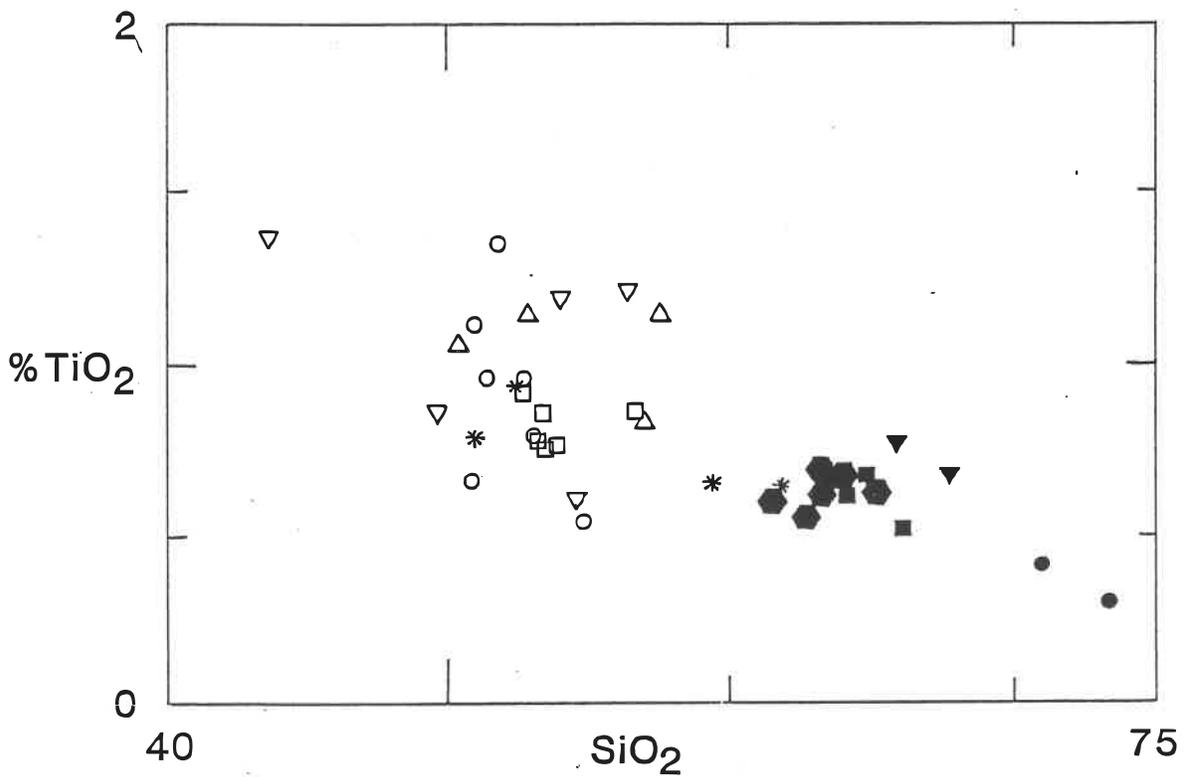


Figure 5.4: Diagramme TiO_2 vs SiO_2 . Légende en page 68

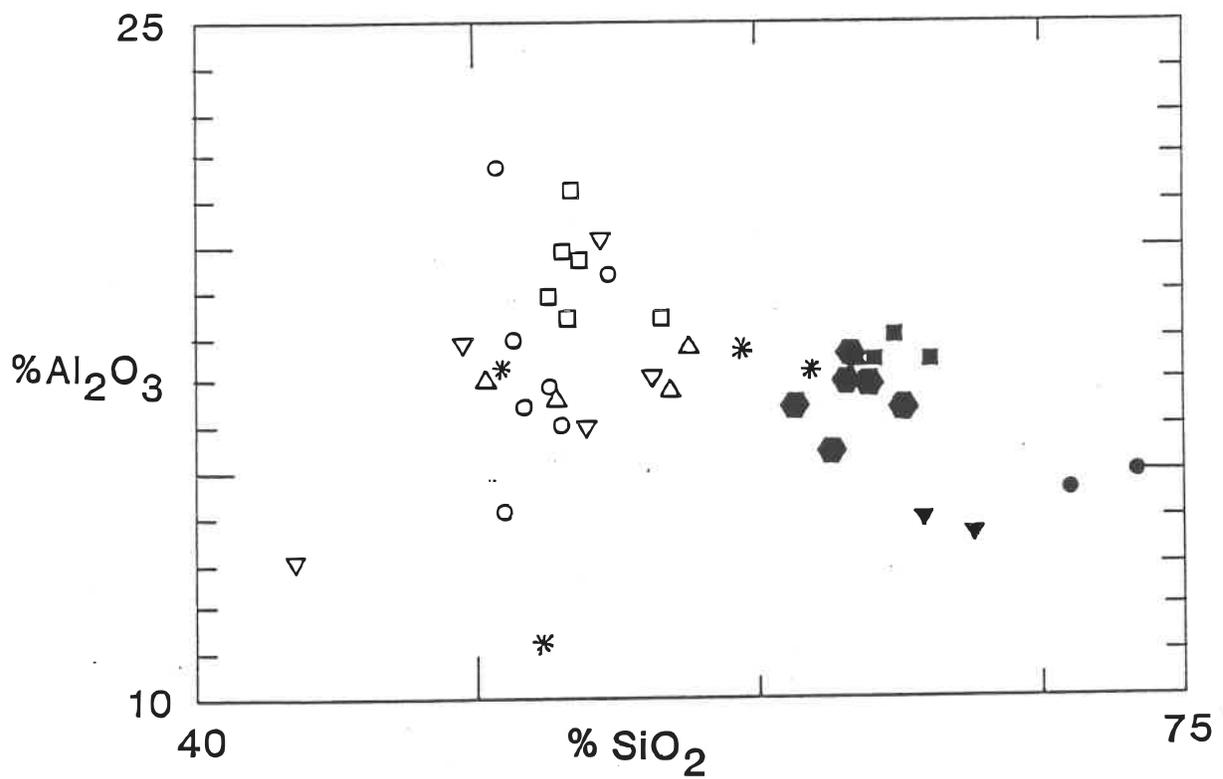


Figure 5.5: Diagramme Al_2O_3 vs SiO_2 . Légende en page 68

(tableau 5.1). Le titane étant considéré comme un élément immobile, cela confirme que les schistes 031 et 306 ont une nature volcanique tandis que les échantillons 307 et 308 sont d'origine sédimentaire. La différence du contenu en SiO_2 entre ces échantillons n'est donc pas due à une silicification ou à une désilicification.

TABLEAU 5.1

COMPARAISON DU CONTENU EN TiO_2 (%)
ENTRE LES ROCHES DE L'UNITE 3
ET LES SCHISTES MINERALISES

Lithologies	x	n	Schistes min.	% TiO_2	% SiO_2
Laves porp.	0,83	6	RX089031	0,79	51,04
Laves aphan.	1,05	4	RX089306	0,94	52,45
Pyroclastites (RX089313 non inclus)	0,88	6	RX089307	0,66	59,45
Siltstones	0,62	6	RX089308	0,64	61,81

5.2.5 Diagramme Al_2O_3 vs SiO_2 :

Le diagramme Al_2O_3 vs SiO_2 (fig. 5.5) montre lui aussi un appauvrissement du contenu en alumine avec un accroissement de la silice. Les sédiments sont donc moins riches que les laves et c'est particulièrement le cas des conglomérats et des sédiments graphitiques. Les laves porphyriques ont un contenu en aluminium plus élevé que les

autres volcanites ce qui reflète une plus grande concentration de plagioclases dans ces roches.

Irvine et Baragar (1971) ont remarqué que les basaltes et les andésites calco-alkalines ont généralement un contenu en Al_2O_3 situé entre 16 et 20% tandis que les basaltes et les andésites tholéitiques montrent un pourcentage d'alumine situé entre 12 et 16%. Toutes les volcanites analysées dans le cadre de ce travail ont donc une affinité calco-alkaline à l'exception du schiste à chlorite RX089312 (43,57% SiO_2) et du tuf à cendres RX089313 (50,94% SiO_2) qui, par leur faible contenu en alumine, ont plutôt une affinité tholéitique. Cette remarque concorde avec ce qui a été observé dans le diagramme AFM (section 5.2.2).

Le contenu en Al_2O_3 ne semble pas être affecté par le processus d'altération. En effet, les échantillons de schistes minéralisés, à part le schiste RX089306, ne montrent pas de variation du contenu en alumine comparativement à leur groupe respectif. Le fort contenu en sulfures du schiste minéralisé RX089306 entraîne une dilution des divers éléments comparativement au fer et au soufre. Le contenu en alumine ne change donc pas avec l'altération et il y a plutôt remobilisation de l'aluminium, qui était inclus dans les feldspaths et les différents minéraux ferro-magnésiens, dans la structure de la séricite principalement.

5.2.6 Diagramme FeO_{tot} vs SiO_2 :

Ce diagramme (fig. 5.6) ne montre qu'un léger appauvrissement du contenu en fer avec un accroissement du contenu en silice sauf pour les sédiments graphitiques où le phénomène est beaucoup plus marqué. Le contenu en fer est assez constant pour les laves, les pyroclastites et les schistes non minéralisés à l'exception du schiste à chlorite qui est extrêmement riche.

Le fer et le magnésium libérés par la destruction des minéraux ferro-magnésiens lors du processus d'altération, se recombinaient avec le CO_2 contenu dans le fluide hydrothermal pour former l'ankérite et avec le soufre pour former la pyrite et l'arsénopyrite. A cause de l'effet de dilution, le schiste minéralisé RX089306 (52,45% SiO_2), contenant 13,20 ppm d'or et 8,84% d'arsenic, se démarque des autres schistes et des volcanites par un contenu en fer de 15,94%. Par contre, les trois autres schistes minéralisés ne montrent pas de différence notable avec les roches volcaniques et les sédiments respectivement et il n'y a donc pas d'apport extérieur en fer.

Le schiste à chlorite RX089312 (43,57% SiO_2) et le tuf à cendres RX089313 (50,94% SiO_2) se démarquent par leur contenu en fer anormalement élevé (24,43% et 17,50% respectivement) ce qui n'est pas habituel pour des volcanites tholéiitiques: soit que le rapport Fe/Mg a été modifié par un ajout de fer et de CO_2 lors du processus d'altération, mais cela contredit ce qui a été observé dans le cas des schistes minéralisés, soit que ces échantillons représentent une bande de

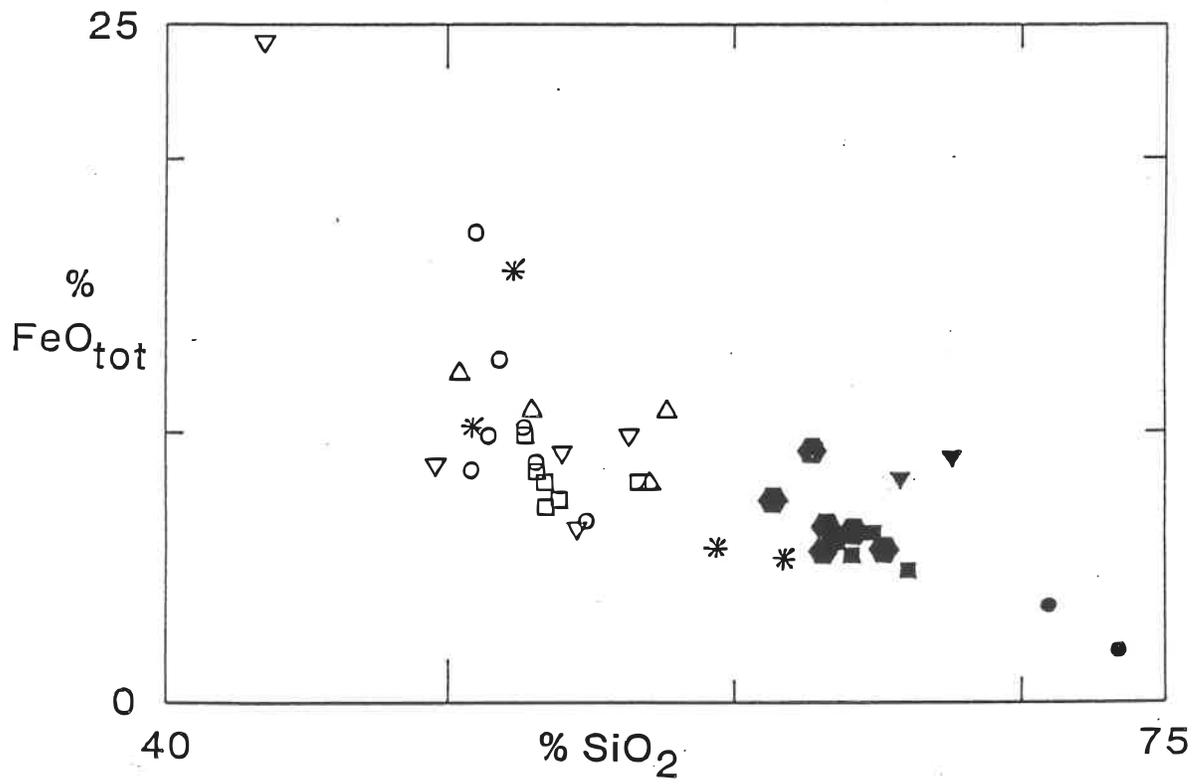


Figure 5.6: Diagramme FeO_{tot} vs SiO₂. Légende en page 68

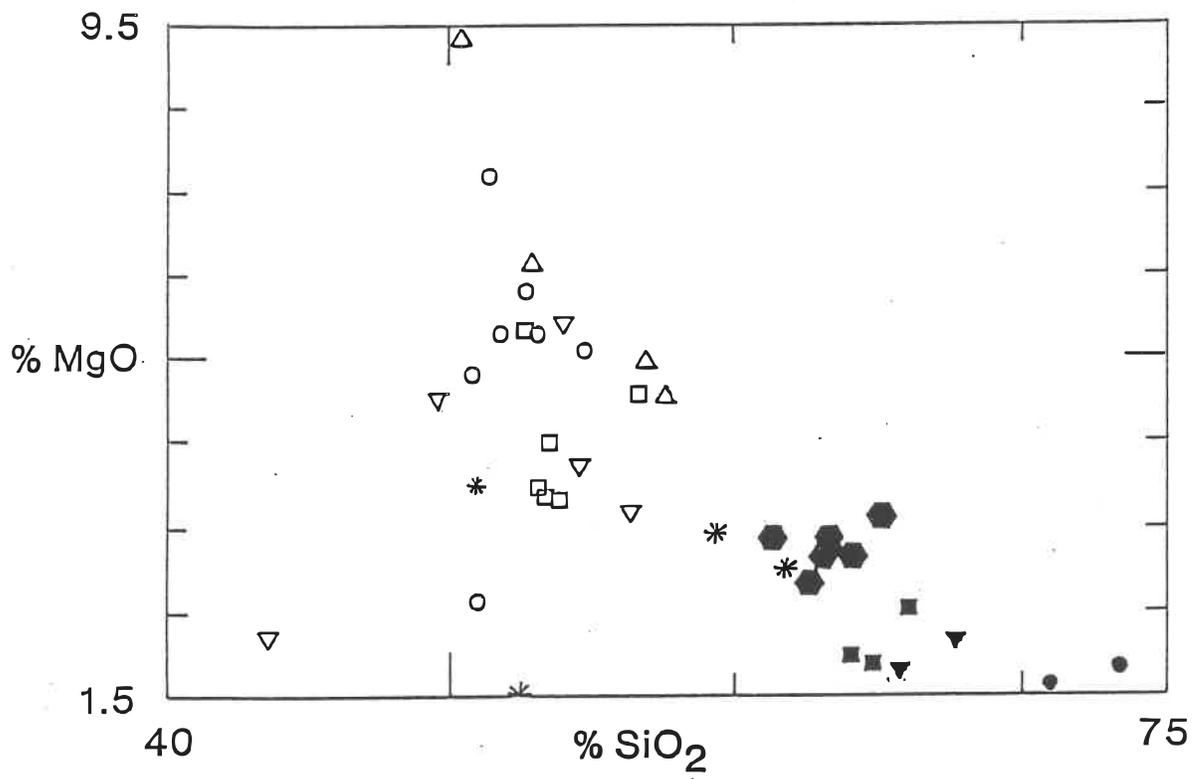


Figure 5.7: Diagramme MgO vs SiO₂. Légende en page 68

sédiments ferrugineux ou une formation de fer au faciès silicate-carbonate ayant un rapport Fe/Mg primaire élevé.

5.2.7 Diagramme MgO vs SiO₂:

La tendance général montrée par ce diagramme (fig. 5.7) est un appauvrissement prononcé du magnésium accompagné d'un enrichissement en silice. Les volcanites sont beaucoup plus riche en MgO que les sédiments et pour la première fois, les sédiments de l'unité 3 se détachent nettement des roches sédimentaires des unités 2 et 4. Le schiste RX089312 (43,57% SiO₂) et le tuf RX089313 (50,94% SiO₂) montrent un comportement contraire à celui observé sur le diagramme FeO_{tot} vs SiO₂ ce qui était prévisible.

Aucune relation entre l'intensité de l'altération et le contenu en magnésium n'a pu être établie pour les roches non minéralisées. A cause de son contenu très élevé en fer, le schiste minéralisé RX089306 montre un appauvrissement très marqué en magnésium. Le schiste RX089031 (51,04% SiO₂) montre une perte en MgO notable comparative-ment à la moyenne des volcanites mais les deux autres schistes minéralisés ne montrent pas de composition différente par rapport aux sédiments de l'unité 3. Le contenu en chlorite étant beaucoup plus élevé chez les volcanites, il est probable que seulement une partie du magnésium a pu être accommodée dans la structure de l'ankérite tandis que le reste a été lessivé.

5.2.8 Diagramme MnO vs SiO₂:

En général, le contenu en MnO de tous les échantillons est assez constant (fig. 5.8). On peut tout de même noter que les schistes minéralisés montrent un léger enrichissement par rapport à leur groupe respectif et que le schiste à chlorite (RX089312) et le tuf à cendres (RX089313) ont un contenu en manganèse extrêmement élevé par rapport au reste.

5.2.9 Diagramme CaO vs SiO₂:

La tendance générale de ce diagramme (fig. 5.9) est un appauvrissement en calcium avec une augmentation du contenu en silice, les sédiments étant moins riches en CaO que les roches volcaniques. Les échantillons de schistes minéralisés, à l'exception du schiste RX089306, montrent un accroissement important du contenu en calcium par rapport à leur groupe respectif. Donc, une partie du calcium serait fournie par les solutions hydrothermales tandis que le reste proviendrait de la destruction des feldspaths et de l'épidote. Le schiste non minéralisé RX089033, le schiste à chlorite RX089312 et le tuf à cendres RX089313 montrent un contenu élevé en calcium qui est directement relié à un fort contenu en carbonates. Quant à la pyroclastite RX089320 (53,00% SiO₂), son fort contenu en calcium est lié à un pourcentage élevé d'épidote (25%).

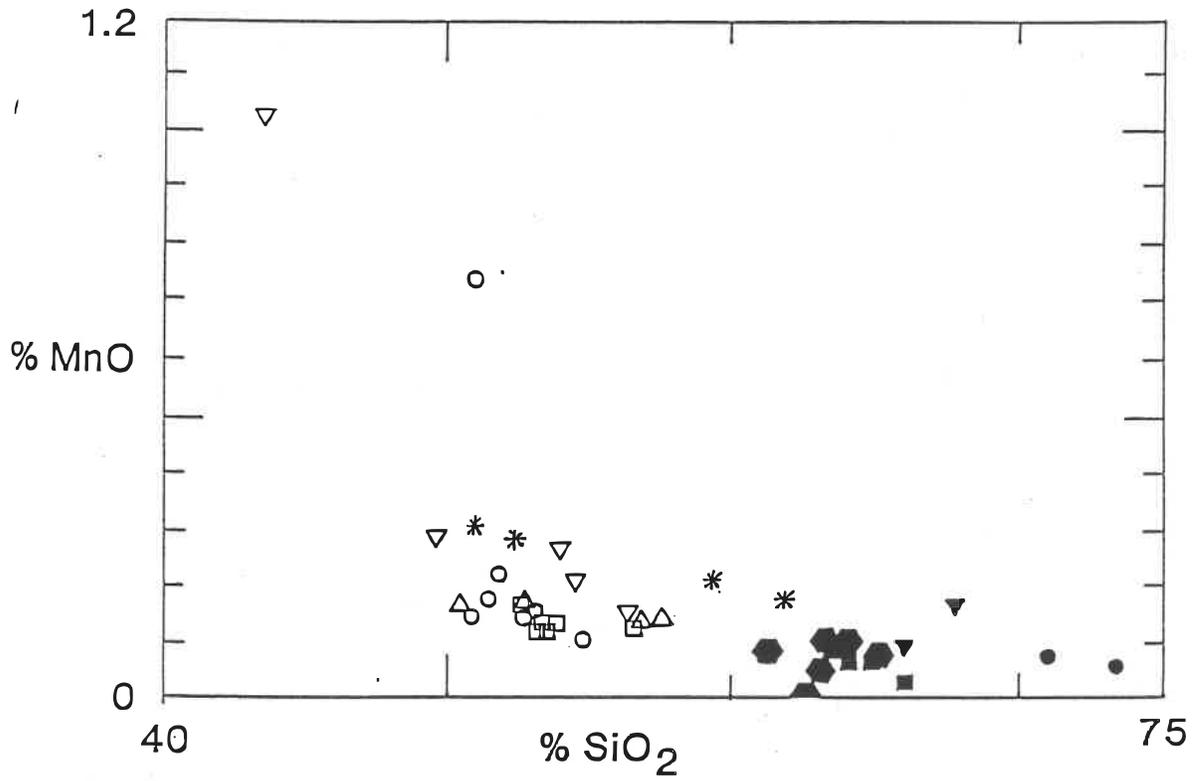


Figure 5.8: Diagramme MnO vs SiO₂. Légende en page 68

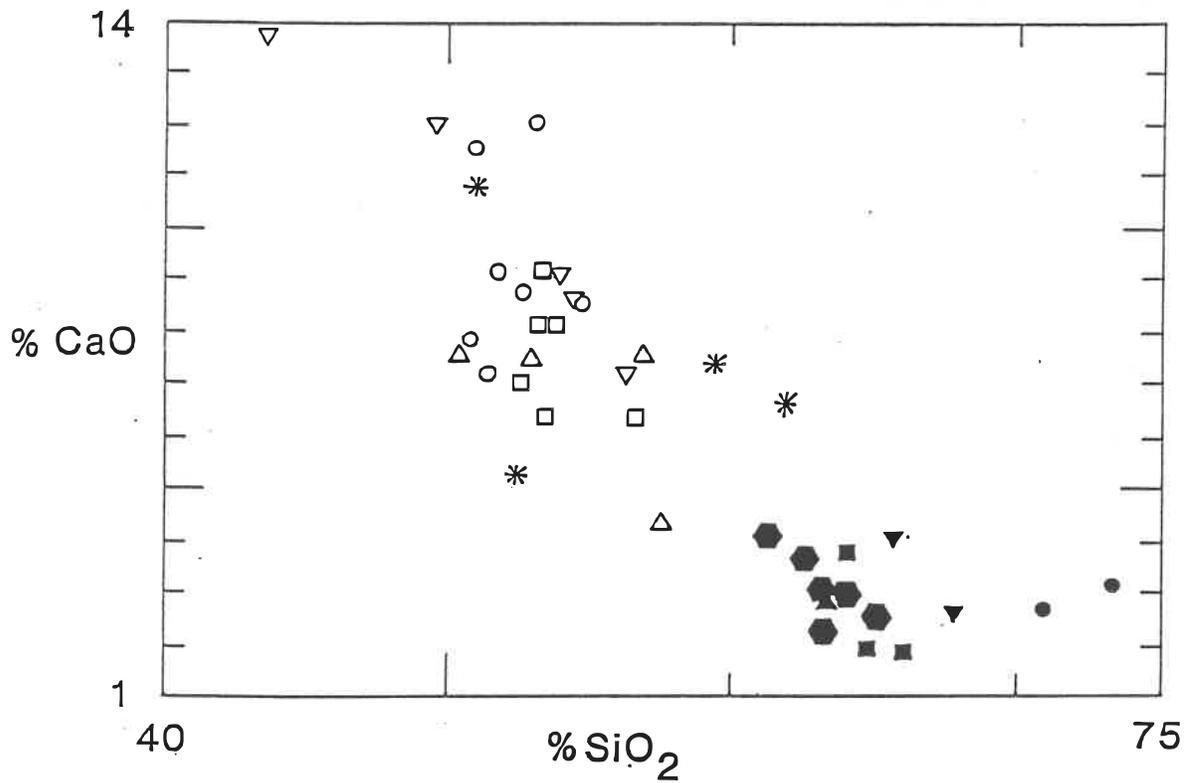


Figure 5.9: Diagramme CaO vs SiO₂. Légende en page 68

5.2.10 Diagramme Na_2O vs SiO_2 :

L'examen de ce diagramme (fig. 5.10) nous révèle que le sodium a un comportement grandement variable en fonction de l'altération. On peut tout de même voir que les laves porphyriques sont enrichies par rapport aux autres laves ce qui reflète un contenu en plagioclases élevé. De plus, les sédiments graphitiques sont beaucoup moins riches en Na_2O comparativement aux autres sédiments. Il est important de remarquer que le contenu en sodium du schiste à chlorite RX089312 (43,57% SiO_2) et du tuf à cendres RX089313 (50,94% SiO_2) est en deçà de la limite analytique. Finalement, les schistes minéralisés sont fortement appauvris en sodium ce qui indique qu'il y a eu lessivage du sodium lors de la minéralisation (altération des plagioclases en séricite).

5.2.11 Diagramme K_2O vs SiO_2 :

En comparant ce diagramme (fig. 5.11) avec celui de Na_2O vs SiO_2 , on remarque que les échantillons ayant un pourcentage faible de sodium ont un contenu en K_2O élevé et vice versa. La corrélation inverse entre ces deux éléments reflète le processus de séricitisation de l'albite i.e. un apport de potassium et un lessivage du sodium. Le contenu primaire en potassium des roches encaissantes étant assez faible, un apport extérieur est nécessaire pour expliquer la forte séricitisation caractéristique de l'altération à Casa-Berardi. Il est

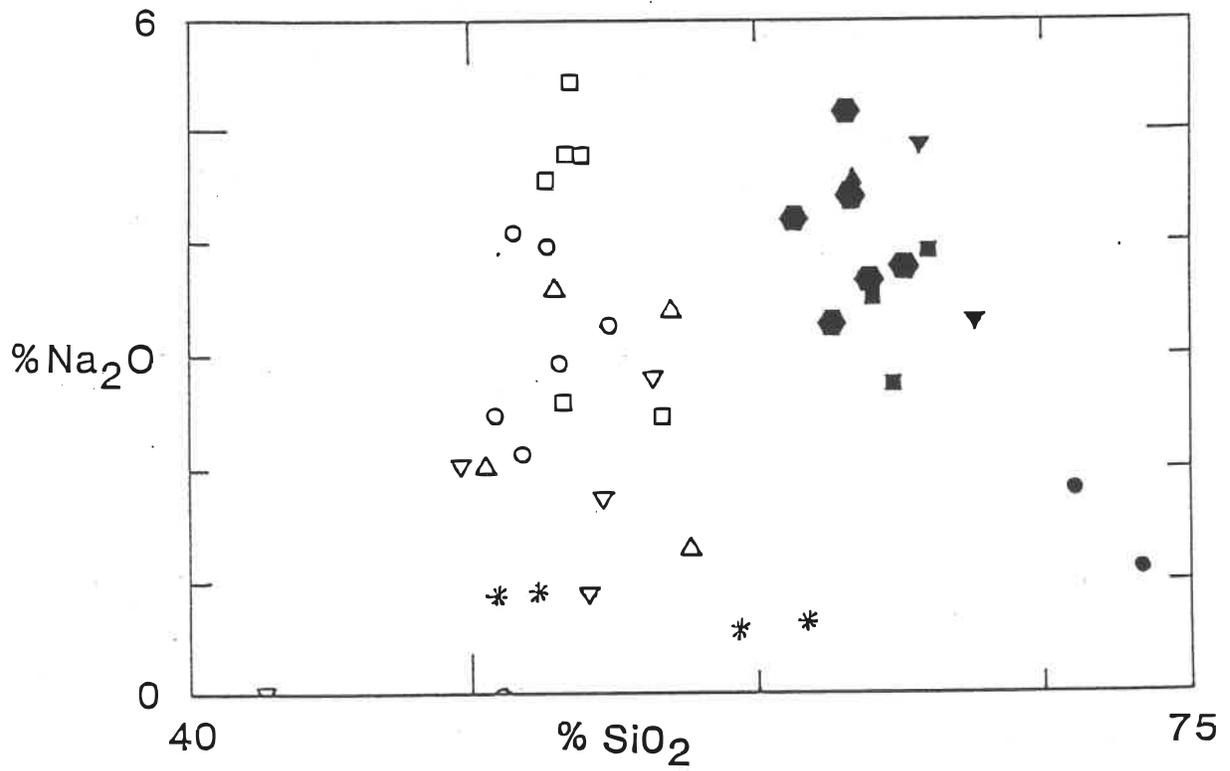


Figure 5.10: Diagramme Na_2O vs SiO_2 . Légende en page 68

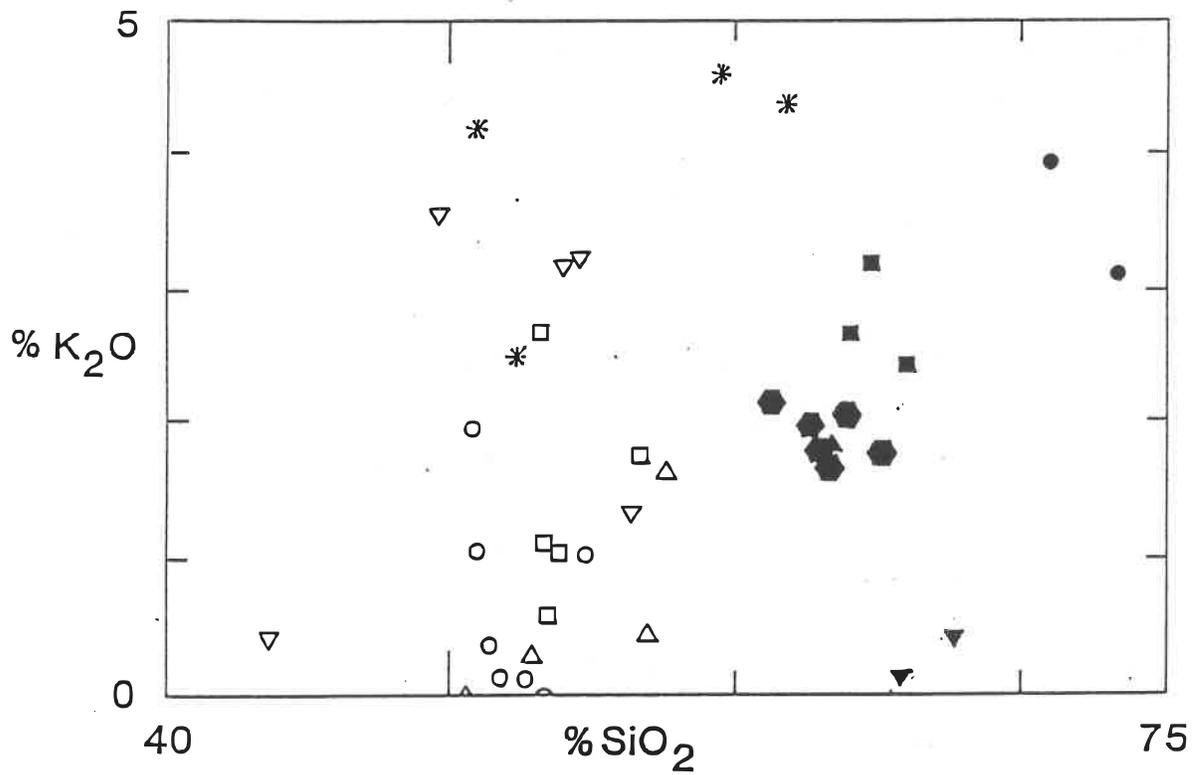


Figure 5.11: Diagramme K_2O vs SiO_2 . Légende en page 68

donc normal que les schistes minéralisés montrent sur ce diagramme un enrichissement important en potassium.

Le schiste à chlorite RX089312 (43,57% SiO₂) et le tuf à cendres RX089313 (50,94% SiO₂) n'ont pratiquement pas de sodium et de potassium. L'absence de ces deux éléments indique donc qu'il n'y avait pas de plagioclases au départ et c'est pourquoi on doit abandonner l'hypothèse qu'ils représentent des laves tholéitiques altérées. Il s'agit donc vraisemblablement d'échantillons provenant d'une formation de fer au faciès silicate-carbonate.

5.2.12 Résumé:

La Séquence de Golden Pond fait partie d'une série calco-alcaline. Les volcanites ne montrent pas de différenciation magmatique notable (% SiO₂ variant de 49,59 à 57,50) et ont une composition variant de basalte à andésite.

Au point de vue chimique, les volcanites se différencient des sédiments par un contenu plus élevé en titane, aluminium, fer, magnésium et calcium et par un contenu en silice et en potassium moins élevé ce qui reflète bien l'enrichissement en feldspaths et en quartz au détriment des minéraux ferro-magnésiens dans les roches sédimentaires (tableaux 4.1, 4.2, 4.3 et 4.4).

L'ankéritisation, la séricitisation, la pyritisation et l'arsénopyritisation intenses observées en bordure des veines minéralisées à Golden Pond East se traduisent par un lessivage du sodium, par un apport aux roches encaissantes de calcium, de potassium, de manganèse

et probablement de CO_2 et de soufre par le fluide minéralisateur aurifère ainsi que par une réduction des oxydes de fer. Le contenu en fer, titane et aluminium n'est pas influencé ce qui indique une remobilisation complète de ces éléments dans la structure de l'ankérite, de la muscovite, du rutile, de la pyrite et de l'arsénopyrite. Les volcanites semblent montrer un lessivage partiel du magnésium lors de l'altération tandis que les sédiments ne montrent pas de changement significatif.

Une désilicification des roches encaissantes ne semble pas caractéristique à Casa-Berardi contrairement à ce que Pattison et al. (1986) avaient noté. En se basant sur le contenu en titane des différents échantillons de schistes minéralisés, la variation du contenu en silice reflète plutôt une nature lithologique différente. Un apport extérieur en silice est donc à envisager pour expliquer la formation des veines de quartz minéralisées.

Les échantillons RX089312 et RX089313 se démarquent par leur fort contenu fer, titane, calcium et manganèse et par leur faible contenu en aluminium, magnésium, potassium et sodium. L'absence de ces deux derniers éléments de même qu'un rapport Fe/Mg anormalement élevé indiquent qu'il s'agit de deux échantillons de sédiments ferrugineux et non de laves ou de pyroclastites altérées d'affinité tholéiitique.

5.3 Géochimie des éléments traces et des terres rares:

Dans le but de déterminer les enrichissements et les pertes en terres rares et en éléments traces occasionnés par l'altération hydro-

thermale et la minéralisation, cinq échantillons de schistes minéralisés ainsi que cinq échantillons de siltstones non altérés provenant de l'unité 3 ont été analysés (Annexe 1, localisation des échantillons) (Annexe 3, méthodes analytiques) (Annexe 4, méthode d'analyse par activation neutronique instrumentale). Comme la majeure partie de la minéralisation se trouve dans les sédiments fins de l'unité 3, les siltstones frais ont été analysés de préférence aux roches volcaniques. Les résultats d'analyses sont inclus en annexes 2c et 2d. Le calcul du facteur d'enrichissement relatif a été effectué en divisant la moyenne obtenue pour un élément X dans les schistes minéralisés par la moyenne de cet élément dans les siltstones non minéralisés (tableau 5.2).

Les résultats obtenus pour les éléments traces et transposés sur un diagramme d'enrichissement (fig. 5.12), montrent que l'or, l'arsenic, l'argent et l'antimoine sont fortement enrichis tandis que le tungstène est moyennement enrichi. Ce phénomène a été observé dans plusieurs autres gîtes d'or archéens dont Giant et Campbell à Yellowknife ainsi qu'aux mines Dome et Hollinger (Kerrich, 1983).

Il est important de noter qu'au départ les dix échantillons ont été analysés pour certains éléments par absorption atomique et qu'alors l'argent ne montrait pas d'enrichissement, contrairement à ce que Pattison et al. (1986) avaient observé. Les analyses ont été reprises par pyro-analyse et un enrichissement important en argent (57 fois) a alors été observé. L'argent est donc inclus en majeure partie dans la structure de l'or (qui est enrichi 465 fois) ce qui concorde avec la composition de l'or définie à la microsonde (% poids Au = 86%, % poids Ag = 14%) (voir annexe 2a). Comme la méthode d'absorption

TABLEAU 5.2

ANALYSES DES ELEMENTS TRACES ET TERRES RARES
MOYENNES ET FACTEURS D'ENRICHISSEMENT RELATIF*

	SCHISTES MINERALISES		SILTSTONES NON MINERALISES		FACT. ENRI.
Au (ppm)	5.11 ±	4.37	0.011 ±	0.01	464.55
Ag (ppm)	4.48 ±	6.45	0.079 ±	0.019	56.71
As (ppm)	7732.00 ±	380.02	56.00 ±	51.11	138.07
Sb (ppm)	13.32 ±	8.53	1.36 ±	0.88	9.79
Cd (ppm)	5.52 ±	0.52	5.08 ±	0.63	1.09
Co (ppm)	25.18 ±	6.64	23.46 ±	3.26	1.07
Cu (ppm)	58.00 ±	16.70	44.40 ±	6.80	1.31
Ni (ppm)	46.60 ±	15.36	77.60 ±	11.20	0.60
Pb (ppm)	11.60 ±	2.94	7.60 ±	3.93	1.53
Zn (ppm)	80.80 ±	32.39	103.00 ±	12.03	0.78
Ba (ppm)	327.00 ±	75.83	424.60 ±	91.83	0.77
Rb (ppm)	88.40 ±	28.99	70.60 ±	12.01	1.25
Sr (ppm)	169.20 ±	45.74	183.00 ±	19.57	0.92
Be (ppm)	2.20 ±	0.68	2.66 ±	0.92	0.83
Li (ppm)	7.82 ±	2.71	37.00 ±	6.26	0.21
Mn (ppm)	1866.80 ±	528.62	1035.60 ±	419.53	1.80
Cs (ppm)	2.20 ±	0.64	2.46 ±	0.53	0.89
Sc (ppm)	31.46 ±	14.18	18.92 ±	2.97	1.66
Cr (ppm)	62.60 ±	41.04	91.60 ±	24.15	0.68
Hf (ppm)	2.56 ±	0.90	3.04 ±	0.58	0.84
Ta (ppm)	0.36 ±	0.21	0.34 ±	0.05	1.06
W (ppm)	50.80 ±	38.11	18.40 ±	15.05	2.76
Th (ppm)	0.78 ±	0.56	2.82 ±	1.06	0.28
U (ppm)	0.42 ±	0.38	0.80 ±	0.30	0.53
V (ppm)	249.80 ±	128.54	132.40 ±	24.39	1.89
La (ppm)	11.32 ±	2.79	19.14 ±	5.37	0.59
Ce (ppm)	24.22 ±	8.44	38.40 ±	10.23	0.63
Nd (ppm)	12.60 ±	4.32	16.08 ±	3.65	0.78
Sm (ppm)	3.34 ±	1.10	3.60 ±	0.59	0.93
Eu (ppm)	0.84 ±	0.18	0.88 ±	0.12	0.95
Gd (ppm)	2.00 ±	2.45	-	-	-
Tb (ppm)	0.58 ±	0.20	0.42 ±	0.04	1.38
Ho (ppm)	-	-	0.64 ±	0.10	-
Tm (ppm)	0.34 ±	0.10	0.28 ±	0.12	1.21
Yb (ppm)	2.44 ±	1.09	1.42 ±	0.15	1.72
Lu (ppm)	0.40 ±	0.20	0.22 ±	0.04	1.82

* Facteur d'enrichissement relatif = moyenne schistes minéra. / moyenne siltstones non min. Analyses réalisées à l'Ecole Polytechnique.

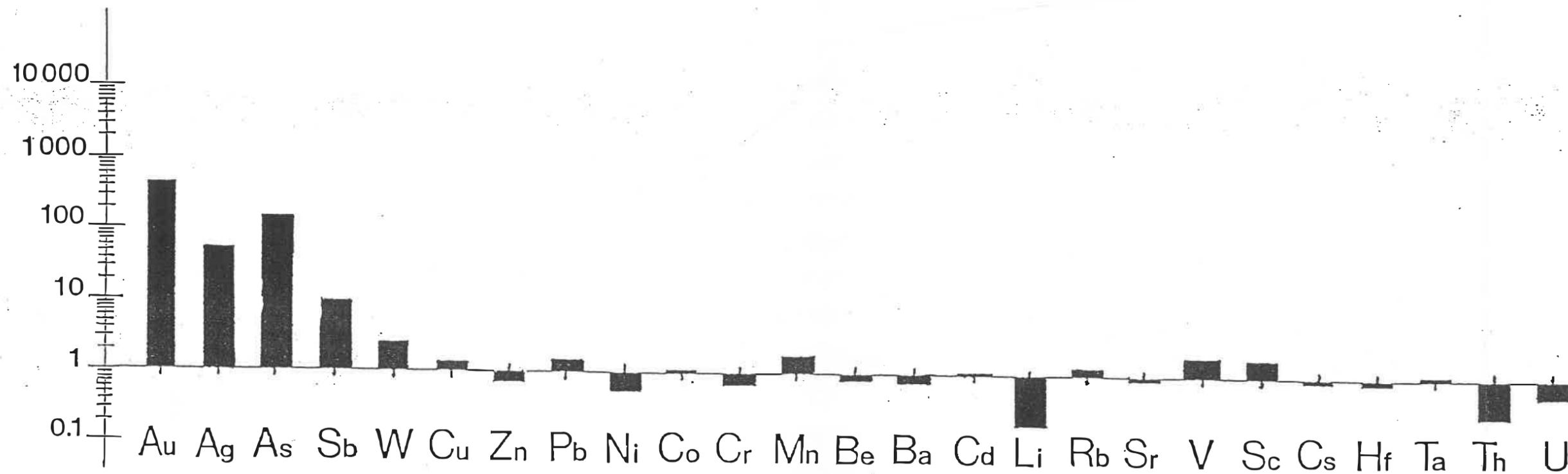


Figure 5.12: Diagramme d'enrichissement et de perte relatifs des éléments traces. Les enrichissements et les pertes sont définis d'après la moyenne obtenue pour les schistes minéralisés divisée par la moyenne obtenue pour les siltstones non minéralisés (unité 3)

atomique ne permet pas une dilution totale de l'or, il était donc normal de ne pas obtenir d'enrichissement en argent dans les schistes minéralisés par cette méthode.

Le bruit de fond en argent des sédiments non minéralisés (79 ppb) est comparable au bruit de fond déterminé pour les grauwackes des Groupes de Kewagama et de Cadillac (80 ppb) en Abitibi tandis que le contenu en or est légèrement plus élevé (11 ppb) comparativement à ces grauwackes (2 ppb) (Kerrich, 1983).

Le cuivre, le plomb et le cobalt montrent un faible enrichissement tandis que le nickel, le zinc et le chrome sont faiblement appauvris. Coïncidant avec ce qui avait été observé dans le diagramme MnO vs SiO₂ (fig. 5.8), le manganèse est légèrement enrichi dans la zone minéralisée.

Parmi les autres éléments traces, on remarque que le vanadium et le scandium sont légèrement enrichis tandis que le lithium, le thorium et l'uranium sont fortement appauvris. Le contenu en Be, Ba, Cd, Rb, Sr, Cs, Hf et Ta des schistes minéralisés ne change pas beaucoup par rapport aux siltstones frais. Le rubidium est légèrement enrichi ce qui reflète probablement l'enrichissement en potassium, ces deux éléments ayant un comportement semblable (Kerrich, 1983; Boyle, 1979). Le strontium est faiblement appauvri tandis que le calcium est enrichi (voir section 5.2.9) ce qui est surprenant sachant que ces deux éléments ont habituellement un comportement semblable. L'appauvrissement en lithium montre que cet élément ne suit pas le potassium dans la structure de la muscovite. Boyle (1979) observe un phénomène semblable dans le district de Yellowknife où le lithium, suivant le magnésium

plutôt que les alcalis, se concentre préférentiellement dans la structure de la chlorite au détriment de la séricite. Comme le contenu en chlorite est beaucoup moins important dans les schistes que dans les sédiments à Golden Pond East (tr-6% vs 5-15% respectivement) (tableau 4.3), une partie du lithium serait lessivé.

Le diagramme de terres rares normalisées par rapport aux valeurs de la chondrite de Leedy divisées par 1,2 (Taylor et Gorton, 1977) pour les siltstones non minéralisés (fig. 5.13) montre un enrichissement par rapport à la chondrite variant entre 30 et 70 pour les terres rares légères et variant entre 7 et 20 pour les terres rares lourdes. Ces patrons de terres rares coïncident avec les patrons définis pour les grauwackes précambriens svecofenniens de Finlande et pour ceux du Groupe de Fig Tree (Swaziland) et ils sont comparables au patron du standard NAS (North American Shale) même si ils sont moins enrichis en terres rares (Wildeman et Haskin, 1973).

Les patrons de terres rares obtenus pour les schistes minéralisés (fig. 5.14) montrent un appauvrissement en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes comparativement aux siltstones non minéralisés. Comme les terres rares lourdes sont plus résistantes à l'altération (Cox et al., 1979), le patron de terres rares devient moins penté. De plus, les patrons pour les schistes minéralisés sont moins réguliers que ceux caractéristiques des siltstones non minéralisés. L'enrichissement en terres rares lourdes comparativement aux légères a été observé par Ludden et al. (1984b) aux mines Lamaque et Sigma dans la zone d'altération cryptique et la zone d'altération visible de couleur beige. L'appauvrissement en terres rares légères

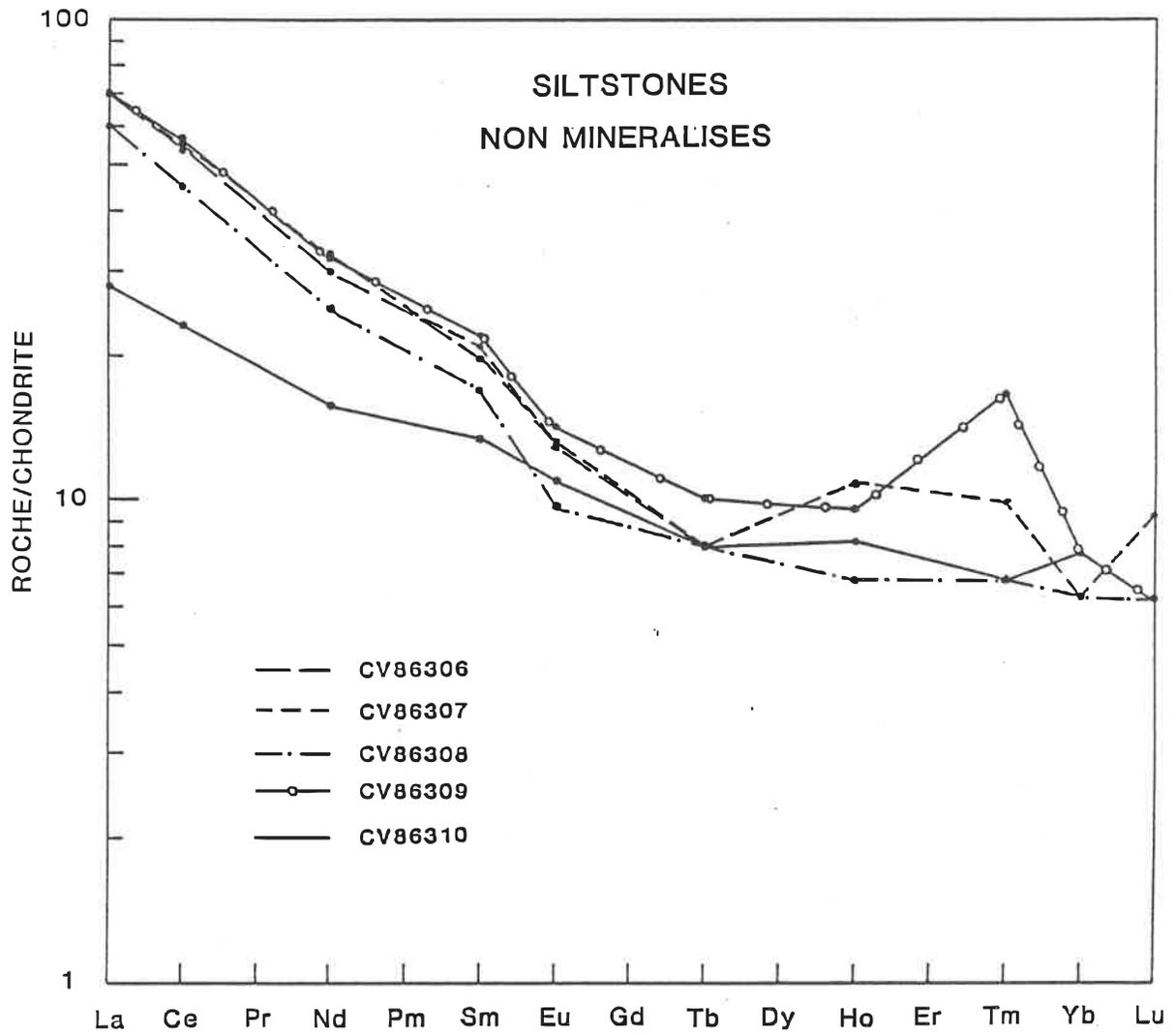


Figure 5.13: Patrons de terres rares des siltstones non minéralisés (unité 3)

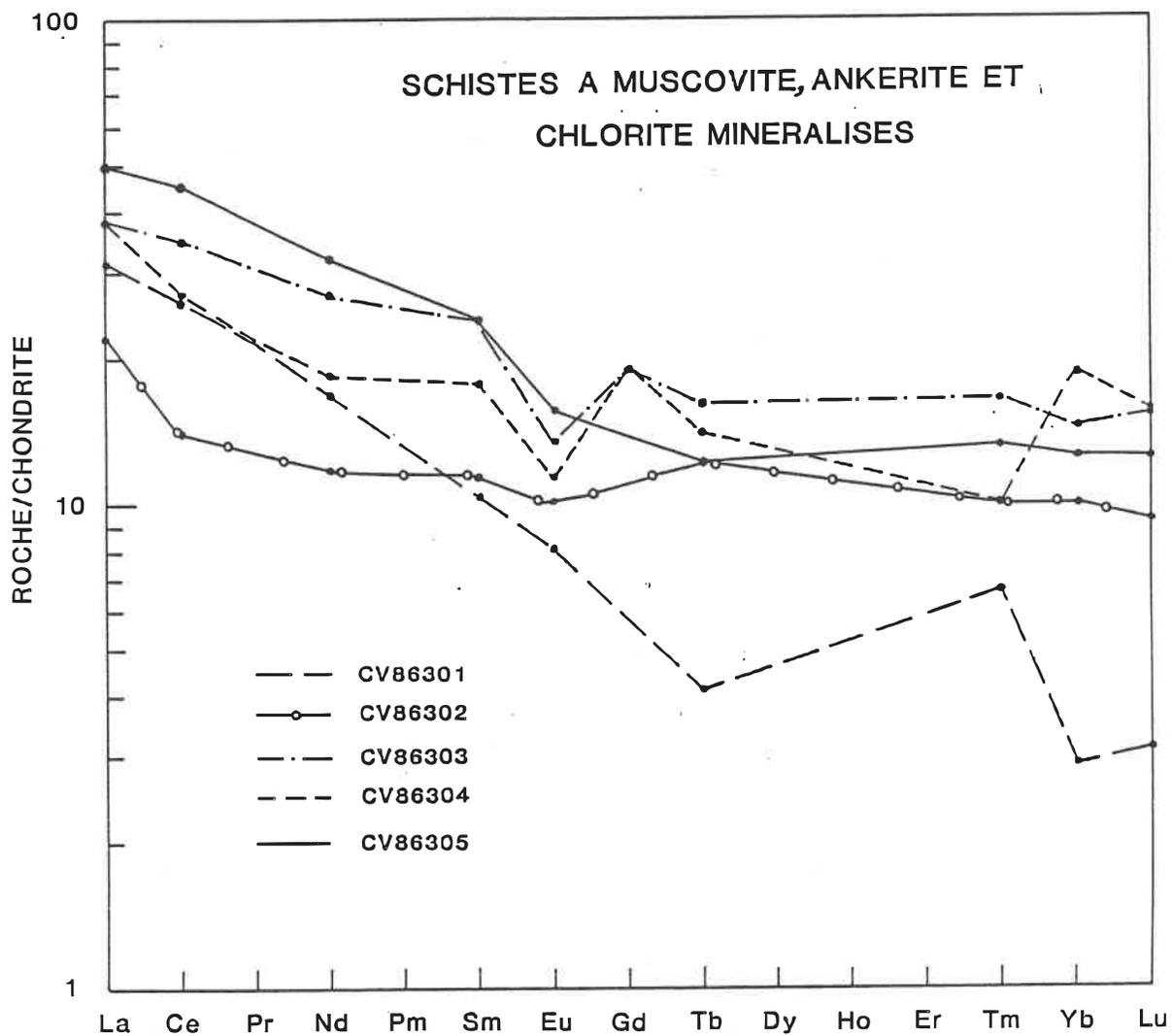


Figure 5.14: Patterns de terres rares des schistes à muscovite, ankérite et chlorite minéralisés (unité 3)

par rapport aux lourdes de même que la plus grande irrégularité des patrons de terres rares pour les roches minéralisées a aussi été notée à la mine East Malartic (Kerrick, 1983).

Trois échantillons de schistes minéralisés sur cinq montrent un appauvrissement en europium. La destruction totale des plagioclases dans la zone minéralisée expliquerait cette anomalie négative, l'euro-pium étant préférablement concentré dans la structure des plagioclases (Hanson, 1980; Cox et al., 1979).

En résumé, le fluide hydrothermal impliqué dans le processus de minéralisation à Golden Pond East est responsable d'un apport en potassium, calcium, manganèse, silice, or, arsenic, argent, antimoine, tungstène, vanadium et scandium principalement ainsi que probablement en soufre et en CO₂. L'altération hydrothermale entraîne aussi un lessivage du sodium, du lithium, de l'euro-pium ainsi qu'une partie des terres rares légères.

CHAPITRE 6

DISTRIBUTION DE L'OR

6.1 Travaux antérieurs:

De nombreuses études effectuées sur la distribution de l'or autour d'un gîte aurifère montrent que le processus de minéralisation entraîne la formation de zones anormales, ou halos, enrichies ou appauvries en or. Dans plusieurs cas, la formation des halos est reliée au passage du fluide minéralisateur le long de structures favorables et à la dispersion de l'or dans les roches encaissantes.

Les travaux entrepris par Roslyakov et Roslyakova (1975) sur plusieurs gîtes aurifères d'URSS, ont permis la reconnaissance de trois types de zones anormales entourant les gisements d'or. Premièrement, ces auteurs ont reconnu la présence d'un bruit de fond local ayant un contenu en or trois fois plus élevé, en moyenne, que le bruit de fond régional. Cet enrichissement en or par rapport à la teneur régionale forme une zone anormale pouvant couvrir une superficie de quelques kilomètres à une centaine de kilomètres carrés autour d'un gisement. Puis, en s'approchant du gisement, ils ont reconnu une deuxième zone anormale ayant un contenu en or généralement plus élevé d'un ordre de grandeur par rapport au bruit de fond. Cette zone est appelée halo de zone ou enveloppe et peut englober un ou plusieurs gîtes. Puis, un halo de gîte entourant directement les zones minéralisées a été recon-

nu. Montrant un enrichissement en or d'un ordre de grandeur par rapport à l'enveloppe, le halo de gîte semble relié aux zones d'altération hydrothermale. Finalement, le gîte lui-même est caractérisé par une population enrichie d'un à deux ordres de grandeur et a une étendue très limitée. En général, il semble que la forme des halos est conforme à la disposition des structures aurifères et que plus le gisement est important, plus les halos couvrent une grande étendue et plus leur contenu moyen en or est élevé.

Des travaux similaires entrepris en Abitibi par Taner et Perrault (1984), Perrault et al. (1984), Beaudoin (1986) et Smith et Kesler (1985) entre autres, montrent également la présence de halos semblables autour des gisements d'or. Nos travaux confirment aussi la présence de telles zones anormales autour du gisement Golden Pond East.

6.2 Méthode d'analyse:

La compagnie INCO procédant à l'analyse systématique de toutes les carottes de sondage pour leur contenu en or, une mine d'information impressionnante est disponible pour entreprendre une étude statistique de la distribution aurifère. Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi de déterminer les patrons de dispersion pour la section 14 800 E (trous de forage 71735, 71747, 71740, 71769 et 71742), la section 14 960 E (trous de forage 72935, 72965 et 72928) et la section 15 100 E (trous de forage 71732, 71739 et 71795).

Les laboratoires de la compagnie effectuant toutes les analyses d'or par la méthode d'absorption atomique, nous avons premièrement

refait les analyses de 26 échantillons faiblement minéralisés par la méthode d'activation neutronique instrumentale (AANI) (Annexe 4), cette méthode étant beaucoup plus sensible et n'entraînant pas ou peu de contamination propre.

Les résultats obtenus par les deux méthodes analytiques sont comparables et ne montrent pas de biais important (tableau 6.1) (fig. 6.1). En effet, autant de points se retrouvent d'un côté que de l'autre de la ligne de corrélation passant par l'origine et de pente égale à 1. De plus, 67% des valeurs sont contenues à l'intérieur des limites représentant plus ou moins une fois l'écart-type (± 10 ppb pour des valeurs se situant entre 10 et 100 ppb). Huit valeurs ne respectent pas cette relation et montrent une différence du contenu en or plus élevée que 10 ppb. Deux de ces valeurs ont un contenu en or obtenu par AANI beaucoup plus élevé que par absorption atomique. Cela est probablement dû à une distribution non-uniforme de l'or puisque la présence d'un grain d'or de 10 μm de diamètre vaut, à lui seul, 10 ppb Au dans un échantillon de 2 g (Beaudoin, 1986). L'emploi de résultats obtenus par absorption atomique est donc valable et de plus, comme les échantillons analysés par INCO pèsent 28 g (au lieu de 2 g par AANI), la méthode par absorption atomique est probablement plus fiable pour les échantillons contenant plus de 15 ppb d'or.

6.3 Traitement statistique des résultats analytiques:

Tous les résultats d'analyse ont été compilés sur des diagrammes de probabilité-fréquence cumulée versus le contenu en or en ppb.

TABLEAU 6.1

COMPARAISON DES RESULTATS ANALYTIQUES
OBTENUS PAR ABSORPTION ATOMIQUE ET PAR AANI

No échantillon	Lithologie	Absorption Atomique (ppb Au)	AANI (ppb Au)
Trou 72907			
FX 145747*	Siltstone	5	37
FX 145750*	Siltstone	<5	51
FX 145760	Siltstone	<5	8
FX 145795	Siltstone	10	<5
FX 145859	Tuf	<5	15
FX 145872	Tuf	15	11
FX 145881	Volcanite	30	28
FX 145901	Volcanite	15	5
FX 145904	Volcanite	10	12
FX 145960	Tuf	10	16
FX 145961	Volcanite	5	<7
FX 145987	Volcanite	10	20
FX 145991	Volcanite	10	14
FX 145994*	Volcanite	55	19
FX 145996	Volcanite	20	20
Trou 71747			
FX 128630*	Tuf	75	540
FX 128633	Tuf	65	59
FX 128637*	Siltstone	50	107
FX 128690	Siltstone	60	58
FX 128695	Siltstone	30	37
FX 128741	Volcanite	25	35
FX 128744*	Volcanite	40	20
FX 128749	Volcanite	55	44
FX 128751*	Volcanite	60	48
FX 128752*	Volcanite	20	34
FX 128754	Volcanite	50	46

* Echantillons montrant une différence du contenu en or > 10 ppb.
Les analyses par absorption atomique ont été réalisées par INCO.
Les analyses par activation neutronique instrumentale (AANI) ont été
réalisées à l'Ecole Polytechnique à l'aide du réacteur SLOWPOKE.

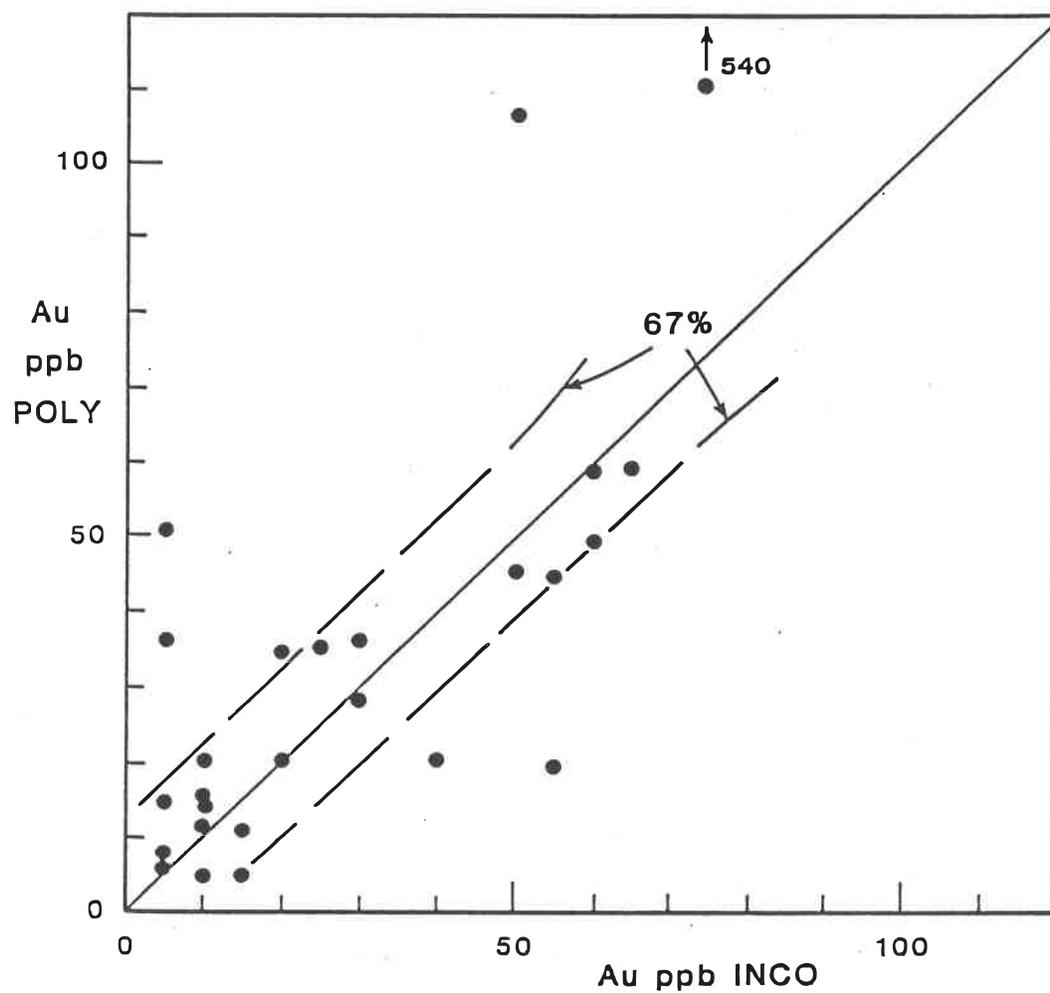


Figure 6.1: Comparaison des résultats analytiques obtenus par absorption atomique (INCO) et par AANI (Poly). (ppb Au)

Les différentes populations ont été définies d'après les méthodes employées par Lepeltier (1969) et Sinclair (1976) ce qui permet de déterminer la médiane et l'écart-type du logarithme des valeurs (P_{14} et P_{84}) caractéristiques de chaque population. Un premier examen des trois diagrammes représentatifs des sections 15 100 E, 14 960 E et 14 800 E (fig. 6.2, 6.3 et 6.4 respectivement) montre l'existence de plusieurs populations à distribution log-normale. Un résumé des caractéristiques des diverses populations est donné au tableau 6.2.

Le diagramme de probabilité-fréquence cumulée pour la section 15 100 E (fig. 6.2) montre la présence d'une population représentative du bruit de fond ($n = 323$ ou 66% des échantillons) avec une médiane de 13 ppb Au ($P_{14} = 3,5$, $P_{84} = 50$). Comme tous les échantillons analysés sont quand même à une distance restreinte du gisement et qu'aucune étude du bruit de fond en or caractéristique des roches de la région de Casa-Berardi n'a été réalisée jusqu'à ce jour, nous n'avons pu prouver l'existence d'une enveloppe autour du gisement. Pour cette raison, la population définie ci-haut a été tout simplement nommée bruit de fond. La définition des caractéristiques de la population bruit de fond est tout au plus une tentative et est sûrement surévaluée, la méthode d'absorption atomique n'étant probablement pas très fiable pour les valeurs inférieures à 20 ppb.

Une deuxième population est définie sur ce diagramme et elle représente la population du halo de gîte. Cette population a une médiane à 331 ppb avec P_{14} à 66 ppb et P_{84} à 1698 ppb. Comme seulement 8% des valeurs ont un contenu plus élevé que 3 000 ppb, la définition d'une troisième population représentative du minerai est impossible sur

TABLEAU 6.2

CARACTERISTIQUES DES POPULATIONS AURIFERES (ppb)

Section 15 100 E						
Bruit de fond (n = 323)			Halo de gîte (n = 167)			
	Inter. de conf.			Inter. de conf.		
P ₁₄	3,5	2,8	4,2	66	41	100
P ₅₀	13	10	16	331	240	501
P ₈₄	50	40	63	1698	1175	2884
Section 14 960 E						
Halo de gîte (n = 250)			Minerai (n = 93)			
	Inter. de conf.			Inter. de conf.		
P ₁₄	17	12	23	1259	891	1698
P ₅₀	100	74	126	3631	2754	4677
P ₈₄	575	426	794	10471	7762	14791
Section 14 800 E						
Halo de gîte (n = 375)			Minerai (n = 176)			
	Inter. de conf.			Inter. de conf.		
P ₁₄	20	17	25	741	575	1072
P ₅₀	93	74	112	3467	2570	4677
P ₈₄	427	331	525	16218	11482	19498

Inter. de conf. = Intervalles de confiance

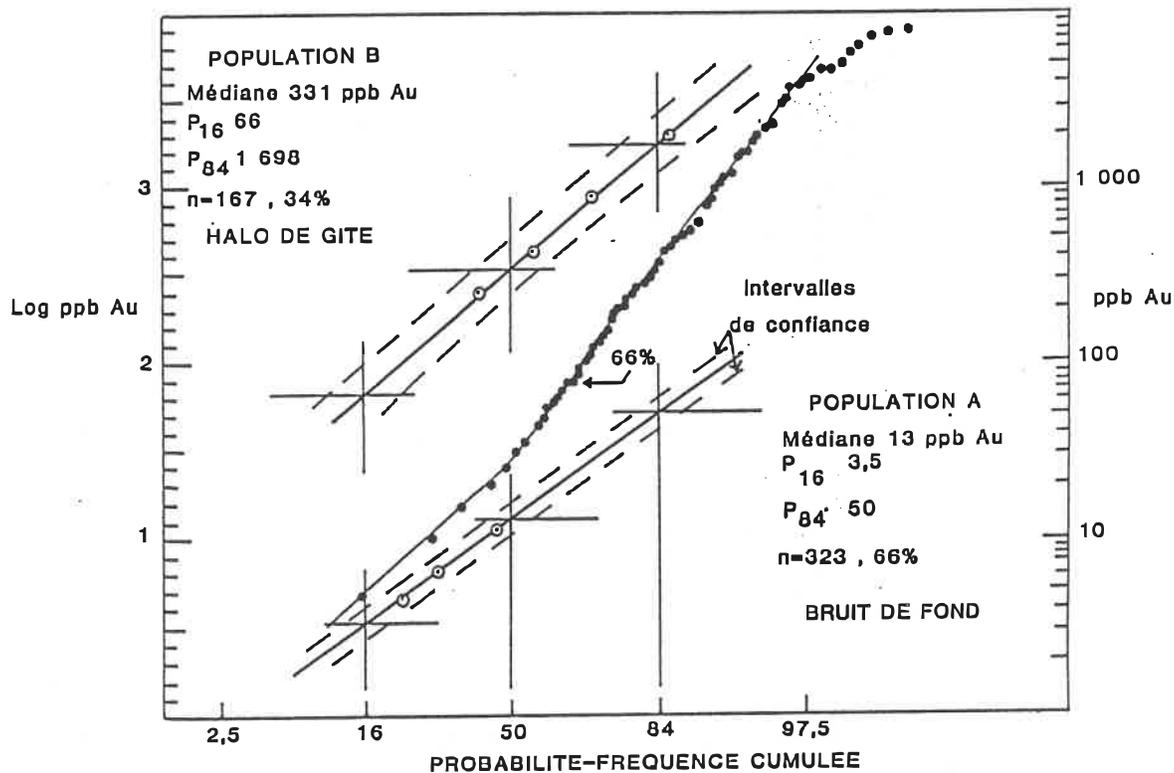


Figure 6.2: Diagramme de probabilité-fréquence cumulée de la section 15 100 E

ce diagramme. Par contre, il est évident que ces valeurs influencent les caractéristiques de la population du halo de gîte en les surestimant.

Lorsque que tous les résultats d'analyse des sections 14 960 E (n = 453) et 14 800 E (n = 1060) étaient considérés ensemble respectivement, la forte proportion de valeurs représentatives du bruit de fond diluait le reste des valeurs et il devenait impossible de définir les populations du halo de gîte et du minerai. C'est pourquoi toutes les valeurs représentatives du bruit de fond (valeurs < 25 ppb et valeurs plus élevées mais isolées) ont été retranchées. Dans le cas de la section 14 960 E, 107 valeurs représentatives du bruit de fond (ou 24%) n'ont pas été considérées tandis que dans le cas de la section 14 800 E, 509 valeurs (ou 48%) ont été retirées.

Le diagramme probabilité-fréquence cumulée de la section 14 960 E (fig. 6.3) montre la présence de deux populations. La première représente le halo de gîte (n = 250) avec une médiane à 100 ppb Au ($P_{14} = 17$, $P_{84} = 575$). La deuxième population (n = 93) représente le minerai avec une médiane de 3 631 ppb Au ($P_{14} = 1 259$, $P_{84} = 10 471$).

Le diagramme de la section 14 800 E (fig. 6.4) montre lui aussi la présence de deux populations à distribution log-normale. La première population représentative du halo de gîte est caractérisée par une médiane à 93 ppb (P_{14} à 20 ppb et P_{84} à 427 ppb) tandis que la population du minerai a une médiane à 3 467 ppb ($P_{14} = 741$, $P_{84} = 16 210$).

Les médianes caractéristiques du halo de gîte et du minerai obtenues pour les sections 14 800 E et 14 960 E concordant, on peut

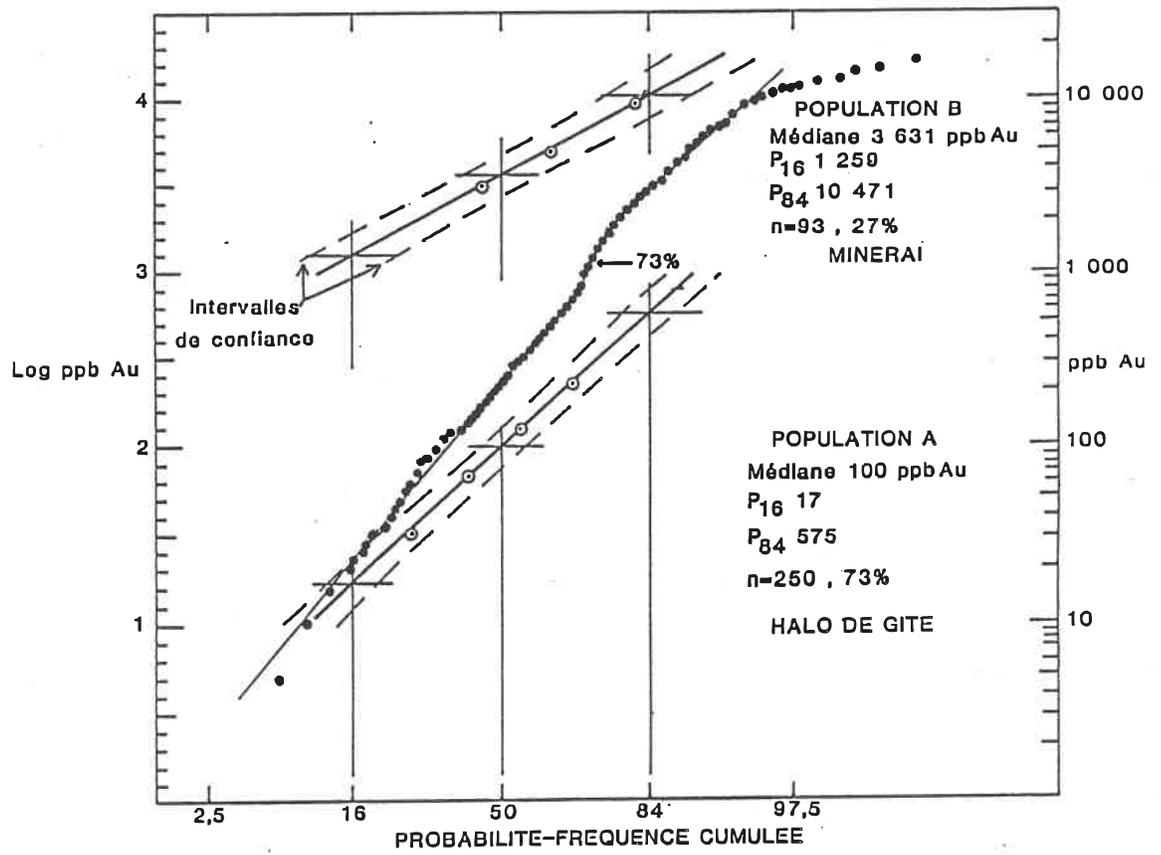


Figure 6.3: Diagramme de probabilité-fréquence cumulée de la section 14 960 E

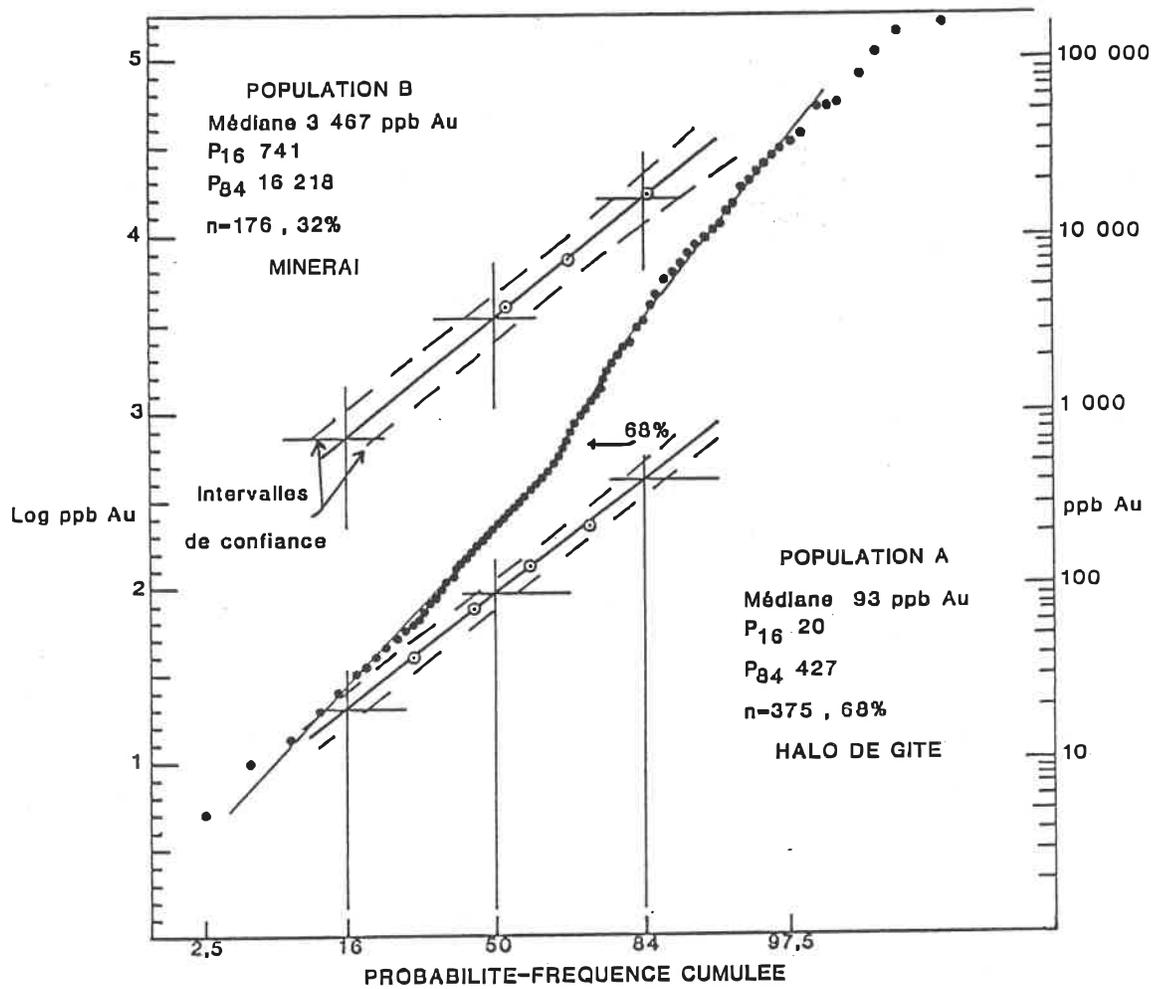


Figure 6.4: Diagramme de probabilité-fréquence cumulée de la section 14 B00 E

donc affirmer que le halo de gîte à Golden Pond East a une médiane située à environ 100 ppb Au tandis que le minerai a une médiane située à environ 3,5 ppm Au. La médiane du bruit de fond obtenue à l'aide de la section 15 100 E est de 13 ppb mais elle est sûrement surestimée et se situe probablement en bas de 10 ppb.

A l'aide de la méthode de Sichel (David, 1977), on peut estimer la teneur moyenne du minerai à partir de la médiane obtenue. La méthode employée permet d'estimer une moyenne qui est moins influencée par les valeurs extrêmes que la moyenne arithmétique. Pour la section 14 960 E, la teneur moyenne du minerai est de 6,27 g/t (0.18 oz/t.c.) tandis que pour la section 14 800 E, elle est de 11,36 g (0.33 oz/t.c.).

6.4 Mise en cartes des résultats:

La mise en cartes des différents résultats permet de déterminer l'étendue et la forme des halos. La figure 6.5 montre que la zone minéralisée (> 3 ppm Au) principale de la section 15 100 E est subverticale et qu'elle est incluse dans un halo de gîte (25 à 3000 ppb) d'une quarantaine de mètres de large de chaque côté de cette zone. La forme du halo de gîte suit celle de la zone minéralisée. Une deuxième zone minéralisée de moindre importance est retrouvée dans ce même halo sous le niveau 200. La zone minéralisée principale atteint son épaisseur maximale entre les niveaux 150 à 250 avec environ 8 mètres de large. Un deuxième halo porteur d'une mince zone minéralisée de seule-

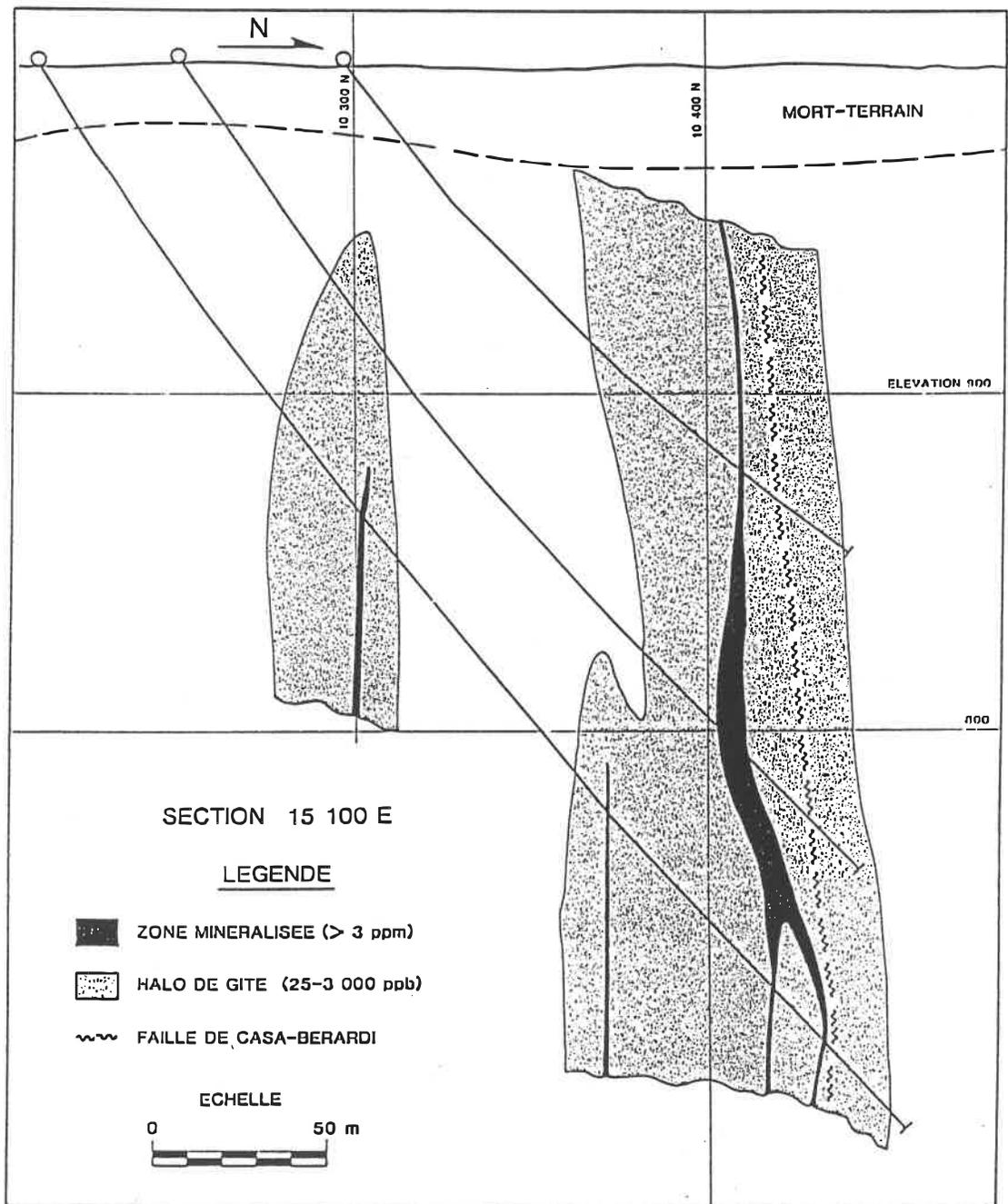


Figure 6.5: Contour des halos de gîte et des zones minéralisées de la section 15 100 E

ment 2 mètres de large, est situé à environ 125 mètres au sud de la faille.

La section 14 960 E montre, elle aussi, une zone minéralisée subverticale englobée au centre d'un halo de gîte de 50 mètres de large (fig. 6.6). Formée de deux embranchements au niveau 100, la zone minéralisée devient unique et atteint une largeur respectable de 15 m sous le niveau 150. Ici encore, la forme du halo suit celle de la zone minéralisée. Un autre halo de gîte d'environ 35 à 40 m de large se situe à une dizaine de mètres au sud du premier halo, mais aucune zone minéralisée ne s'y est développée, du moins à cette profondeur.

Le halo de gîte de la section 14 800 E (fig. 6.7) est différent des halos trouvés sur les sections précédentes. En effet, il n'est pas symétrique par rapport aux zones minéralisées; au sud, sa forme est irrégulière et il atteint une largeur maximale de 75 m tandis qu'au nord des zones minéralisées, il n'a que quelques mètres de large et disparaît rapidement au nord de la faille. Le halo de gîte contient deux zones minéralisées. Celle située le plus au sud de la faille est particulièrement bien développée jusqu'au niveau 150 (largeur moyenne = 8 m) tandis que l'autre devient plus importante sous le niveau 150 atteignant une épaisseur moyenne de 10 m. Il est intéressant de noter que le contour nord du halo de gîte ainsi que la zone minéralisée située le plus près de la faille épousent parfaitement cette dernière.

Les trois sections étudiées montrent que les zones minéralisées sont confinées au sud de la faille dans le cas de Golden Pond East et que ces zones deviennent importantes particulièrement sous le niveau 150. Les relations du halo de gîte avec la faille pourraient indiquer

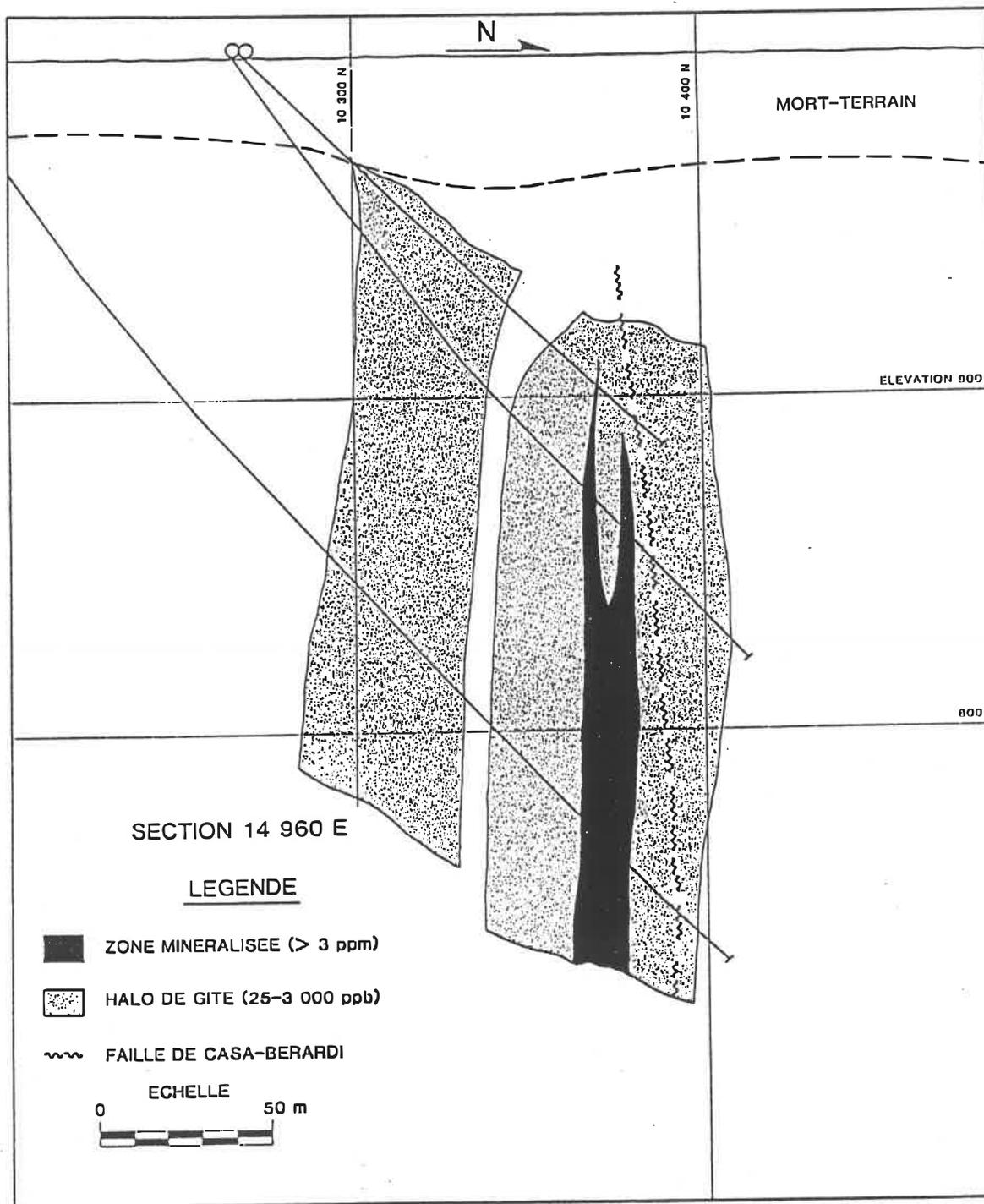


Figure 6.6: Contour des halos de gîte et de la zone minéralisée de la section 14 960 E

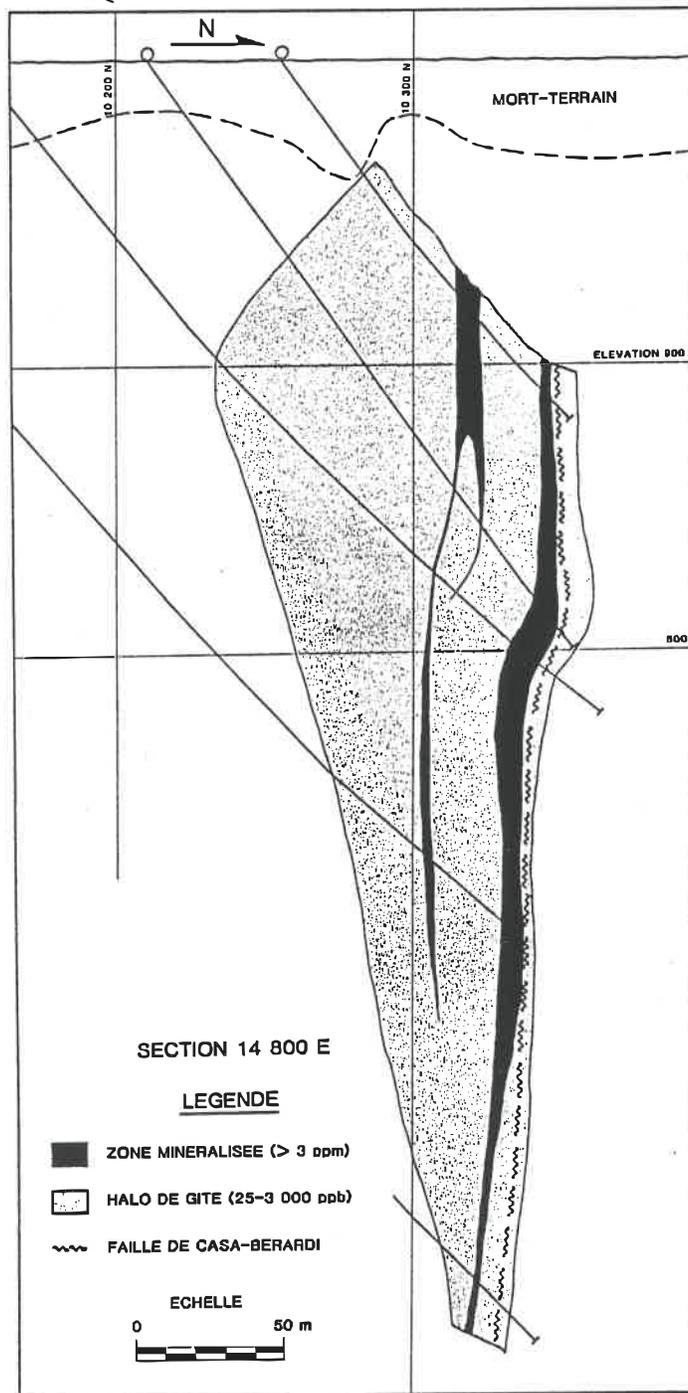


Figure 6.7 Contour du halo de gite et des zones minéralisées de la section 14 800 E

que, dans les trois cas étudiés, la minéralisation aurifère était postérieure aux derniers glissements majeurs le long de la faille mais ceci n'est probablement qu'une coïncidence car plusieurs évidences de veines minéralisées recoupées par la faille sont visibles à Golden Pond East.

CHAPITRE 7

CONCLUSIONS

- Le gisement d'or Golden Pond East est situé dans des zones de cisaillement minéralisées subverticales d'orientation EW à NW-SE localisées dans la partie nord du canton de Casa-Berardi.
- Le gisement est bordé immédiatement au nord par la faille de Casa-Berardi. Cette structure régionale majeure d'orientation EW et à pendage subvertical, est confinée à l'intérieur d'une unité de sédiments graphitiques à Golden Pond East.
- Deux types intimement liés de minéralisation aurifère économique sont reconnus: dans les veines de quartz-ankérite-pyrite-arséno-pyrite déformées et dans les roches encaissantes altérées et cisailées porteuses de pyrite et d'arsénopyrite disséminées. La mise en place des veines aurifères est antérieure aux derniers mouvements importants le long de la faille de Casa-Berardi.
- La Séquence de Golden Pond, délimitée au nord et au sud par des formations de fer au faciès oxyde, se compose d'un empilement de sédiments fins, de conglomérats, de pyroclastites, de basaltes et d'andésites d'affinité calco-alcaline.

- L'assemblage minéralogique caractéristique d'un métamorphisme aux schistes verts, est composé d'albite, de quartz, de chlorite, d'épidote, de carbonate, de muscovite, de magnétite, de rutile et de sphène.

- Les changements minéralogiques occasionnés par l'altération hydrothermale se résument à une disparition de l'albite au profit de la muscovite, de l'épidote au profit de l'ankérite et par une altération quasi complète de la chlorite en muscovite. La séricitisation et l'ankéritisation des roches encaissantes sont jumelées au développement de la pyrite, de l'arsénopyrite et accessoirement, de la sphalérite, de la chalcopyrite et de la pyrrhotine.

- L'altération hydrothermale à proximité des zones de cisaillement se traduit au point de vue géochimique par un apport important de K_2O , CaO et probablement de S et de CO_2 , et par un lessivage de Na_2O lié à la déstabilisation de l'albite au profit de la muscovite. Le manganèse montre un léger enrichissement dans les zones minéralisées tandis que le magnésium a un comportement variable. Le fer, le titane, l'aluminium ne montrent pas de variation indiquant une remobilisation totale de ces éléments dans la structure de la muscovite, de l'ankérite, du rutile et des sulfures. Le contenu en silice restant inchangé, un apport extérieur en SiO_2 est nécessaire pour former les veines de quartz.

- Les patrons de terres rares des schistes minéralisés montrent un appauvrissement en terres rares légères par rapport aux lourdes comparativement aux patrons obtenus pour les siltstones non minéralisés.
- L'enrichissement en or dans les zones minéralisées est accompagné d'un enrichissement important en arsenic, argent et antimoine. Le tungstène y est moyennement enrichi tandis que le lithium, le thorium et l'uranium sont fortement appauvris. Les autres éléments traces ne montrent pas de modification importante.
- L'étude de la distribution de l'or a permis la reconnaissance de halos de gîte entourant les zones minéralisés. Ces halos sont généralement symétriques de part et d'autre des zones minéralisées. Leur largeur moyenne varie de 25 à 40 m de chaque côté des zones minéralisées.
- Les halos de gîte sont caractérisés par une population log-normale ayant une médiane de 93 ppb (P_{14} à 20 et P_{94} à 427) dans le cas de la section 14 800 E et une médiane de 100 ppb (P_{14} à 17 et P_{94} à 575) dans le cas de la section 14 960 E. Le bruit de fond obtenu pour les roches de la Séquence de Golden Pond est d'au plus de 13 ppb.

BIBLIOGRAPHIE

- BLATT, H., MIDDLETON, G. et MURRAY, R. (1980): Origin of sedimentary rocks. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 2nd edition, 782 p.
- BEAUDOIN, A. (1986): Pétrographie et géochimie de l'altération reliée au gîte aurifère Dest-Or, Abitibi, Québec. Mémoire de M.Sc.A, Ecole Polytechnique, 276 p.
- BEAUMIER, M. (1984): L'or dans les sols dans les cantons de Dieppe et de Casa-Berardi, Abitibi. MERQ, MB 84-23, 3 p.
- BOYLE, R. W. (1979): The geochemistry of gold and its deposits. Geol. Soc. of Can., Bull. 280, 584 p.
- COLVINE, A. C., ANDREWS, A. J., CHERRY, M. E., DUROCHER, M.E., FYON, A. J., LAVIGNE Jr, M. J., MACDONALD, A. J., MARMONT, S., POULSEN, K. H., SPRINGER, J. S. et TROOP, D. G. (1984): An integrated model for the origin of Archean lode gold deposits. Ont. Geol. Sur., Open File Report 5524, 98 p.
- COX, K. G., BELL, J. D. et PANKHURST, R. J. (1979): The interpretation of igneous rocks. George Allen and Unwin Ltd, Londres, 450 p.
- DAIGNEAULT, R. et ALLARD G.D. (1986): Gold and base metal exploration in Chibougamau - Importance of a new structural interpretation. Canadian Institute of Mining and Metallurgy Abstracts, Vol. 34, p. 64.
- DAVID, M. (1977): Geostatistical ore reserve estimation. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 364 p.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. et ZUSSMAN, J. (1962): Rock-forming minerals, Vol. 1, Ortho- and Ring Silicates. Longmans, Green and Co. Ltd, Londres, 333 p.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. et ZUSSMAN, J. (1964): Rock-forming minerals, Vol. 3, Sheet Silicates. Longmans, Green and Co. Ltd, Londres, 270 p.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. et ZUSSMAN, J. (1966): An introduction to the rock-forming minerals. Longmans, Green and Co. Ltd, Londres, 528 p.
- DIMROTH, E., IMREH, L., ROCHELEAU, M. et GOULET, N. (1982): Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part I: Stratigraphy and paleogeographic model. Journal Canadien des Sciences de la Terre, Vol. 19, pp. 1729-1758.

- DIMROTH, E., IMREH, L., GOULET, N. ET ROCHELEAU, M. (1983): Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part II: Tectonic evolution and geomechanical model. *Journal Canadien des Sciences de la Terre*, Vol. 20, pp. 1355-1373.
- FISHER, R. V. (1961): Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. *Geol. Soc. of Amer. Bull.*, Vol. 72, pp 1409-1414.
- FISHER, R. V. (1966): Rocks composed of volcanic fragments and their classification. *Earth-Science Reviews*, Vol. 1, pp 287-298.
- GELINAS, L., BROOKS, C., PERRAULT, G., CARIGNAN, J., TRUDEL, P. et GRASSO, F. (1977): Chemo-stratigraphic divisions within the Abitibi volcanic belt, Rouyn-Noranda district, Quebec. *Geological Association of Canada, Special Paper 16*, pp 265-295.
- GOLIGHTLY, J.P. (1986): Casa Berardi East - Mineralized Shear Zones. Rapport interne de INCO, 16 juin 1986, non publié.
- GODDWIN, A.M. et RIDLER, R.H. (1970): The Abitibi orogenic belt in A. J. Baer ed., *Symposium on basins and geosynclines of the Canadian Shield*. GSC, Paper 70-40, pp. 1-30.
- HANSON, G. N. (1980): Rare earth elements in petrogenetic studies of igneous systems. *Am. Rev. Earth Planet Sci*, Vol. 8, pp 371-406.
- HEY, M. H. (1954): A new review of the chlorites. *Min. Mag.*, Vol. 30, pp 277-292.
- HUBERT, C., TRUDEL, P. et GELINAS, L. (1984): Archean wrench fault tectonics and structural evolution of the Blake River Group, Abitibi belt, Quebec. *Journal Canadien des Sciences de la Terre*, Vol. 21, pp. 1024-1032.
- IRVINE, T. N. et BARAGAR, W. R. A. (1971): A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 8, pp 523-548.
- KERRICH, R. (1983): Geochemistry of gold deposits in the Abitibi greenstone belt. *CIM Special Vol. 27*, 75p.
- KERRICH, R. et FYFE, W. S. (1981): The gold-carbonate association: source of CO₂, and CO₂ fixation reactions in Archean lode gold deposits. *Chemical Geology*, Vol. 33, pp 265-294.
- LACROIX, S. (1986a): Géologie de la région Harricana-Grasset. MERQ, DP 86-11, 9 p.

- LACROIX, S. (1986b): Le district minier de Casa-Berardi: cycles volcaniques et/ou une autre faille de Cadillac. MERQ, MB 86-63, 62 p.
- LACROIX, S. (1987): La faille aurifère de Casa-Berardi. MERQ, Document de promotion n° 17, 18 p.
- LAJOIE, J. (1988): Pétrographie (partie sédimentaire). Notes du cours GL6 2045, Université de Montréal, Juin 1988, 74 p.
- LA PRESSE (23 avril 1987): Inco investit \$74 millions dans l'exploration aurifère. La Presse, 103^e année, n° 180, page C-1.
- LEPELTIER, C. (1969): A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. Economic Geology, Vol. 64, pp. 538-550.
- LUDDEN, J. N., FRANCIS, D. et ALLARD, G.O. (1984a): The geochemistry of the volcanic rocks of the Chibougamau region of the Abitibi metavolcanic belt in J. Guha et E. Chown eds., Chibougamau-Stratigraphy and Mineralization. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 34, pp. 20-34.
- LUDDEN, J. N., DAIGNEAULT, R., ROBERT, F. et TAYLOR, R. P. (1984b): Trace element mobility in alteration zones associated with Archean Au lode deposits. Economic Geology, Vol. 79, pp. 1131-1141.
- LUDDEN, J. N. et HUBERT, C. (1986): Geologic evolution of the late Archean Abitibi greenstone belt of Canada. Geology, Vol. 14, pp. 707-711.
- LUDDEN, J. N., HUBERT, C. et GARIEPY, C. (1986): The tectonic evolution of the Abitibi greenstone belt of Canada. Geol. Mag., Vol. 123, pp. 153-166.
- MACDONALD, G. A. ET KATSURA, T. (1964): Chemical composition of Hawaiian lavas. Jour. of Petrol., Vol. 5, pp 82-133.
- NORTHERN MINER (23 février 1987): Big plan for Golden Pond West. Northern Miner, Vol. 72, No. 50, pp. 1 et 6.
- NORTHERN MINER (30 novembre 1987): Casa Berardi a legacy of WW II. Northern Miner, Vol. 73, No. 38, p. 21.
- PATTISON, E. F., SAUERBREI, J. A., HANNILA, J. J. et CHURCH, J. F. (1986): Gold mineralization in the Casa-Berardi area, Quebec, Canada. Proceedings of Gold '86 Symposium, Toronto, 1986, pp. 170-183.

- PEGG, C.W. (1961): Assessment report on Helen Iron Group of Wawagosic Syndicate, Casa Berardi Twp., Que. MERQ, GM 11138, 1 p.
- PERRAULT, G., TRUDEL, P. et BEDARD, P. (1984): Auriferous halos associated with the gold deposits at the Lamaque Mine, Quebec. Economic Geology, Vol. 79, pp. 227-238.
- PETTIJOHN, F. J. (1975): Sedimentary rocks. Harper and Row, publishers, New York, 3rd edition, 628 p.
- PILOTE, P. (1987): Géologie de la région de Dieppe - Casa-Berardi, district de Rouyn-Noranda, 32 E/6 et 32 E/11. MERQ, DP 87-17, carte 1:20 000.
- REMICK, J. H. (1961): Casa-Berardi Township. MERQ, GM 10847, 1 p.
- REMICK, J. H. (1969): Géologie de la région d'Harricana-Turgeon, Comtés d'Abitibi-Est et d'Abitibi-Ouest. MERQ, RP 564, 255 p.
- RIVE, M. (1985): Compilations et interprétations géologiques préliminaires des secteurs Collet-Laberge et de la Rivière Turgeon, 32 E/6 et 32 E/11. MERQ, bureau du district de Rouyn-Noranda, cartes non publiées, 1:50 000.
- ROSLYAKOV, N. A. et ROSLYAKOVA, N. V. (1975): Endogenic aureoles of gold deposits. Izd. "Nauka" Sib. Otd., No 182, 132 p. Translation Commission Géologique du Canada No 896.
- ROUBAULT, M. (1982): Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Editions Lamarre-Poinat, Paris, 2^e édition, 382 p.
- SAUERBREI, J. A. (1986): Casa-Berardi, an update in the Golden Pond area, Quebec. A paper presented at the 12th annual Quebec Prospectors Association convention in Val-d'Or, September 22, 1986, 13 p.
- SAUERBREI, J. A., PATTISON, E. F. et AVERILL, S.A. (1987): Till sampling in the Casa-Berardi gold area, Quebec: A case history in orientation and discovery. Journal of Geochemical Exploration, Vol. 28, pp. 297-314.
- SMITH, J. V. et KESLER, S. E. (1985): Relation of fluid inclusion geochemistry of wallrock alteration and lithogeochemical zonation at the Hollinger-McIntyre gold deposit, Timmins, Ontario, Canada. Canadian Institute of Mining and Metallurgical Bulletin, Vol. 78, No 876, April 1985, pp. 35-46.
- SINCLAIR, A. J. (1976): Probability graphs in mineral exploration. The Association of Exploration Geochemists, Special Volume 4, 95 p.

- TANER, M. F. et PERRAULT, G. (1984): Distribution de l'or dans les roches hôtes de la formation de Val d'Or, région de Val-d'Or, Québec. Canadian Institute of Mining and Metallurgical Bulletin, Vol. 77, No 863, p. 88.
- TAYLOR, S. R. et GORTON, M. P. (1977): Geochemical application of spark source and mass spectrography-III. Element sensitivity, precision and accuracy. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 41, pp 1375-1380.
- TINTOR, N. (1986): Casa-Berardi. The Northern Miner Magazine, Vol. 1, No. 2, pp. 56 et 59.
- WENTWORTH, C. K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of geology, Vol. 30, pp 377-392.
- WILDEMAN, T. R. et HASKIN, L. A. (1973): Rare earths in Precambrian sediments. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 37, pp 419-438.
- WILLIAMS, H., TURNER, F. J. et GILBERT, C. M. (1982): Petrography, an introduction to the study of rocks in thin sections. W. H. Freeman and Company, New York, 2nd edition, 626 p.
- WINCHESTER, J. A. et FLOYD, P.A. (1977): Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chem. Geol., Vol. 20, pp 325-343.

ANNEXE 1

LOCALISATION DES ECHANTILLONS

ANNEXE 1 (suite)

LOCALISATION DES ECHANTILLONS

TROU DE FORAGE	LAMES MINCES		ANALYSES CHIMIQUES ELEMENTS MAJEURS ET TRACES		ANALYSES CHIMIQUES ELEMENTS TRACES ET TERRES RARES	
	No	(m)	No	(m)	No	(m)
71734	C860969	127.5	RX089029	126.2-128.3		
71735	C860967	39.3	RX089309	38.0-41.5		
"	C860968	59.8	RX089310	60.0-61.2		
71742	C861007	242.8	RX089311	242.3-243.3		
71747	C860964	41.4	RX089312	41.0-42.0		
"	C860965	42.8	RX089313	42.0-43.1		
"	C860966	59.1	RX089314	58.2-59.2		
"	C860724	117.2	RX089028	116.4-117.5		
"	C860725	200.1	RX089033	199.4-200.9	CV860310	199.1-200.9
71748	C861014	184.8	RX089315	183.1-185.0	CV860309	185.0-191.1
"					CV860306	136.3-142.3
"	C860971	245.5	RX089034	245.2-246.0	CV860307	246.0-247.5
71752	C861010	237.8				
"	C861011	243.0				
71753	C860970	266.2	RX089035	265.8-267.3	CV860308	267.3-268.8
71769	C860972	357.7	RX089036	357.0-359.1		
"	C860973	362.6	RX089037	362.0-363.5		
"	C860974	376.8	RX089038	375.5-377.0		
"	C860975	384.9	RX089039	384.7-386.2		
"	C860741	481.1	RX089040	479.6-481.6		
"	C860742	483.8				
"	C860743	486.8				
71791	C861009	539.7				
72907	C860655	23.4				
"	C860656	24.9				
"	C860657	26.5				
"	C860658	29.1				
"	C860659	37.6				
"	C860660	41.5				
"	C860661	42.7				
"	C860662	44.1				
"	C860663	44.5				
"	C860664	46.3				
"	C860665	83.5				
"	C860666	93.9				
"	C860667	109.6				

ANNEXE 1 (suite)

LOCALISATION DES ECHANTILLONS

TROU DE FORAGE	LAMES MINCES		ANALYSES CHIMIQUES ELEMENTS MAJEURS ET TRACES		ANALYSES CHIMIQUES ELEMENTS TRACES ET TERRES RARES	
	No	(m)	No	(m)	No	(m)
72907	CB60668	123.7	RX089316	122.8-124.1		
"	CB60669	139.5	RX089317	139.3-140.8		
"	CB60670	159.3	RX089318	159.4-160.5		
"	CB60671	175.4				
"	CB60672	189.2				
"	CB60673	205.0				
"	CB60674	218.9				
"	CB60675	242.3				
"	CB60676	261.4				
"	CB60677	286.1				
"	CB60678	311.0				
"	CB60679	324.2				
"	CB60680	349.8				
"	CB60681	368.6				
"	CB60682	398.5				
"	CB60683	428.2				
"	CB60684	458.6				
"	CB60704	504.6				
"	CB60705	512.5	RX089319	512.2-513.8		
"	CB60706	522.1	RX089320	521.8-522.3		
"	CB60707	522.3				
"	CB60708	525.4	RX089321	524.9-525.4		
"	CB60709	532.0	RX089322	531.2-532.0		
"	CB60710	533.1				
"	CB60711	542.4				
"	CB60712	549.5	RX089323	548.8-550.1		
"	CB60713	558.3	RX089325	557.9-558.9		
"	CB60714	570.1				
"	CB60715	571.6	RX089324	571.3-572.9		
"	CB60716	582.1	RX089326	581.8-583.1		
"	CB60717	593.7	RX089327	592.3-593.7		
"	CB60718	647.8				
"	CB60719	682.0				
"	CB60720	685.2				
"	CB60721	689.4				
"	CB60722	700.2				

ANNEXE 1 (suite)
LOCALISATION DES ECHANTILLONS

TROU DE FORAGE	LAMES MINCES		ANALYSES CHIMIQUES ELEMENTS MAJEURS ET TRACES		ANALYSES CHIMIQUES ELEMENTS TRACES ET TERRES RARES	
	No	(m)	No	(m)	No	(m)
72907	CB60723	712.7				
72927	CB61013	203.5				
72928	CB60726	116.9				
"	CB60727	120.9				
"	CB60728	126.8				
"	CB60729	131.6				
"	CB60730	163.6				
"	CB60731	177.3				
"	CB60732	179.4				
"	CB60733	185.3				
"	CB61012	196.1				
72929	CB60959	170.1	RX089328	169.6-170.7		
"	CB60960	171.2	RX089329	171.0-173.3		
"	CB60961	195.2	RX089330	194.4-195.5		
"	CB60962	263.7	RX089331	263.2-264.4		
"	CB60963	291.9	RX089332	291.9-293.1		
72935	CB60976	272.7	RX089030	272.0-273.5		
"	CB60977	299.2	RX089031	298.6-300.2		
"	CB60734	315.4				
"	CB60735	318.2	RX089032	318.4-319.2		
"	CB60736	322.2				
"	CB60737	324.0				
"	CB60738	326.3				
"	CB60739	333.3				
"	CB60740	333.7				
72960	CB61008	155.8				

ANNEXE 1 (suite)

LOCALISATION DES ECHANTILLONS

TROU DE FORAGE		LAMES MINCES POLIES	
No	No	(m)	
71735	C860883	57.1	
71740	C860884	215.6	
71742	C860879	346.7	
"	C860880	346.9	
"	C860881	348.4	
"	C860882	348.6	
71747	C860885	116.7	
"	C860886	174.2	
71769	C860878	476.5	
72907	C860896	666.6	
"	C860897	732.6	
72928	C860870	161.8	
"	C860871	163.0	
"	C860872	179.8	
"	C860873	180.6	
"	C860874	180.7	
"	C860875	181.2	
"	C860876	181.4	
"	C860877	182.7	
72935	C860887	244.6	
"	C860888	245.3	
"	C860889	253.1	
"	C860890	266.0	
"	C860891	267.1	
"	C860892	290.7	
"	C860893	296.2	
"	C860894	297.3	
"	C860895	297.4	
72965	C860868	117.0	
"	C860869	117.6	

ANNEXE 1 (suite et fin)

LOCALISATION DES ECHANTILLONS
PRIS SOUS TERRE

LOCALISATION	COORDONNEES	LAMES MINCES	ANA. CHIM. EL. MAJ. ET TRACES	ANA. CHIM. EL. TRACES ET REE
Galerie prin. ouest	10375N + 15014E	C861015	RX089308	CV860301
Galerie prin. ouest	10374N + 15011E	C861016	RX089307	
Galerie ouest no 2	10355N + 14925E	C861017	RX089306	CV860302
Monterie 4930 (niveau 75)	10345N + 14920E			CV860303
Galerie prin. est	10386N + 15117E			CV860304
Galerie prin. est	10385N + 15114E			CV860305

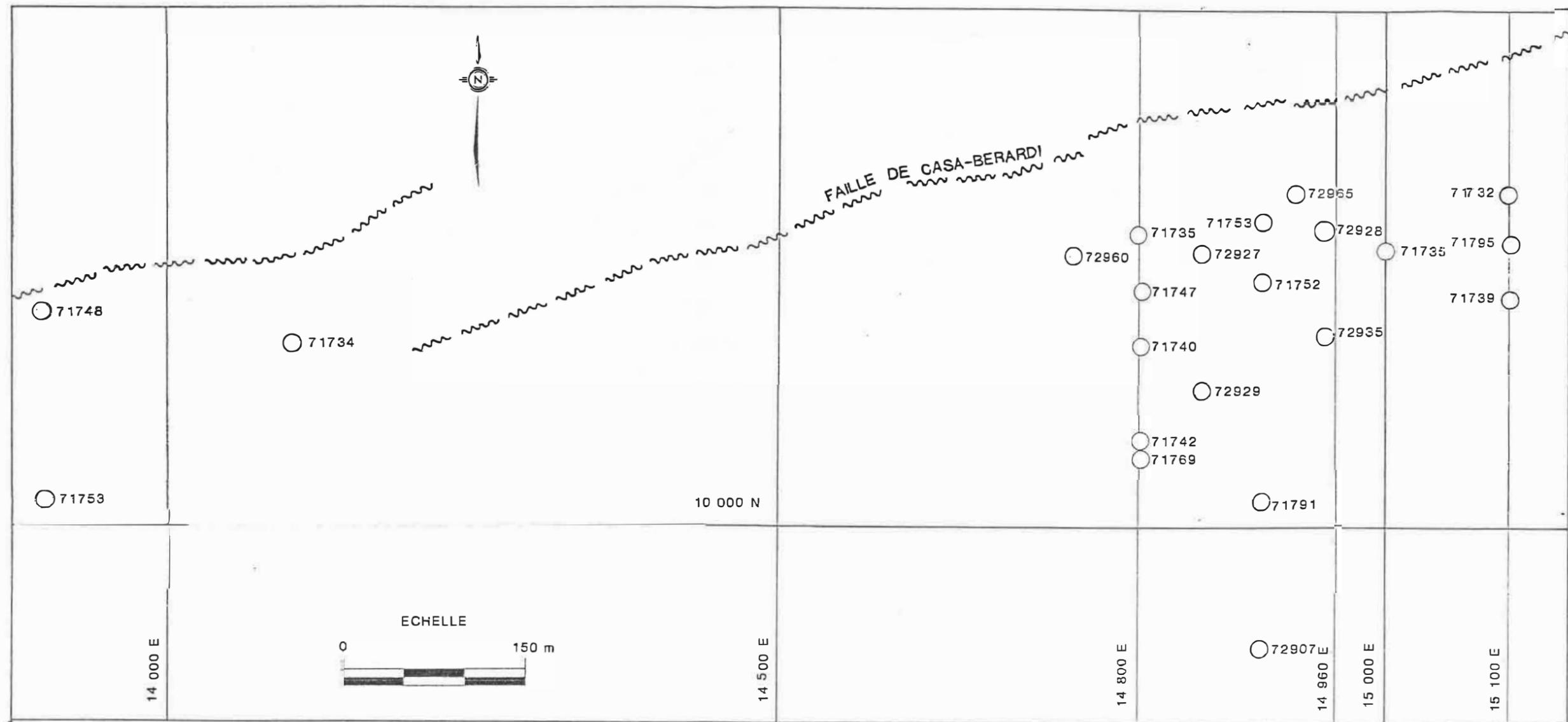


Figure 1a - Localisation des trous de forage échantillonnés

ANNEXE 2

ANALYSES DIVERSES

ANNEXE 2 (suite)

LISTE DES ABREVIATIONS

échant. = échantillon

él. = éléments

min. = minéralisé

no = numéro

norm = normalisées

P.A.F. = perte au feu

por. = porphyrique

ANNEXE 2a

ANALYSES DES CHLORITES A LA MICROSONDE

No échant.	CB60725	CB60714	CB60973	CB60973
No analyse	CVc11	CVc12	CVc13	CVc14
Lithologie	Schiste non min.	Lave por.	Lave por.	Lave por.
% Oxydes				
FeO	36.27	22.95	27.65	26.26
MgO	4.16	14.65	13.40	11.71
Al ₂ O ₃	23.53	24.40	25.15	23.46
SiO ₂	23.01	25.55	24.87	23.67
Total	86.97	87.55	91.07	85.10
Cations				
Fe ⁺²	6.84	3.97	4.71	4.78
Mg	1.40	4.52	4.07	3.81
Al ^{VI}	3.45	3.24	3.12	3.21
Al ^{IV}	2.81	2.71	2.93	2.83
Si	5.19	5.29	5.07	5.17
Total/28 O	19.69	19.73	19.90	19.80
MINERAL	Ripi- dolite	Ripi- dolite	Ripi- dolite	Ripi- dolite

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES CHLORITES A LA MICROSONDE

No échant.	C861017	C861017	C861017
No analyse	CVc15	CVc16	CVc17
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% Oxydes			
FeO	38.91	37.35	37.01
MgO	5.77	5.65	5.42
Al ₂ O ₃	24.85	24.52	24.49
SiO ₂	23.30	23.05	22.39
Total	92.83	90.57	89.31
Cations			
Fe ⁺²	6.91	6.74	6.79
Mg	1.82	1.82	1.77
Al ^{IV}	3.17	3.22	3.24
Al ^{VI}	3.05	3.02	3.09
Si	4.95	4.98	4.91
Total/28 O	19.90	19.78	19.80
MINERAL	Pseudothu- ringite	Pseudothu- ringite	Pseudothu- ringite

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES MICAS BLANCS A LA MICROSONDE

No échant.	CB60970	CB60725	CB61015	CB61015
No analyse	CVmi1	CVmi2	CVmi3	CVmi4
Lithologie	Siltstone	Schiste non min.	Schiste min.	Schiste min.
% Oxydes				
K ₂ O	6.67	8.03	8.60	8.23
Na ₂ O	1.57	1.86	0.90	1.09
FeO	3.99	0.41	0.63	0.50
MgO	2.16	0.59	0.62	0.59
TiO ₂	0.25	0.40	0.30	0.31
Al ₂ O ₃	31.48	37.00	35.41	34.17
SiO ₂	43.35	46.00	46.95	45.22
Total	89.47	94.29	93.41	90.11
Cations				
K	1.21	1.36	1.47	1.45
Na	0.43	0.48	0.23	0.29
Fe ⁺²	0.47	0.05	0.07	0.10
Mg	0.46	0.12	0.13	0.12
Ti	0.03	0.04	0.03	0.04
Al ^v	3.41	3.87	3.84	3.81
Al ^{iv}	1.85	1.91	1.73	1.75
Si	6.15	6.09	6.27	6.25
Total/22 O	14.01	13.90	13.77	13.81
MINERAL	Muscovite	Muscovite	Muscovite	Muscovite

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES MICAS BLANCS A LA MICROSONDE

No échant.	CB61015	CB61017	CB61017
No analyse	CVmi7	CVmiB	CVmi9
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% Oxydes			
K ₂ O	8.56	5.56	5.78
Na ₂ O	1.17	3.32	3.05
FeO	0.50	0.43	0.55
MgO	0.49	-	-
TiO ₂	-	2.67	-
Al ₂ O ₃	36.16	37.67	38.01
SiO ₂	45.24	46.31	47.42
Total	92.12	95.96	94.81
Cations			
K	1.49	0.92	0.94
Na	0.31	0.83	0.77
Fe ⁺²	0.06	0.05	0.06
Mg	0.10	-	-
Ti	-	0.26	-
Al ^{v4}	3.91	3.69	3.96
Al ^{v6}	1.87	2.03	1.85
Si	6.13	5.97	6.15
Total/22 O	13.87	13.75	13.73
MINERAL	Muscovite	Muscovite	Muscovite

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES PLAGIOCLASES A LA MICROSONDE

No échant.	C860714	C860973	C860973
No analyse	CVp11	CVp12	CVp13
Lithologie	Lave por.	Lave por.	Lave por.
% Oxydes			
Fe ₂ O ₃	-	-	0.88
Al ₂ O ₃	19.37	20.28	20.13
SiO ₂	64.11	67.88	66.52
CaO	0.63	0.34	0.40
Na ₂ O	10.35	11.24	10.50
K ₂ O	0.24	-	0.15
Total	94.70	99.74	98.58
Cations			
Fe ⁺³	-	-	0.03
Al	1.05	1.05	1.05
Si	2.96	2.97	2.95
Ca	0.03	0.02	0.02
Na	0.93	0.96	0.90
K	0.01	-	0.01
Total/8 O	4.98	5.00	4.96
% Ab	95.9	97.9	96.8
% An	3.1	2.1	2.2
% Or	1.0	-	1.1
MINERAL	Albite	Albite	Albite

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSE D'UNE EPIDOTE A LA MICROSONDE

No échant.	CB60714
No analyse	CVep1
Lithologie	Lave por.
% Oxydes	
Fe ₂ O ₃	7.78
CaO	23.98
Al ₂ O ₃	27.93
SiO ₂	38.49
Total	98.18
Cations	
Fe ⁺³	0.91
Ca	3.99
Al	5.12
Si	5.98
Total/25 O	16.00
MINERAL	clino- zoisite

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES CARBONATES A LA MICROSONDE

No échant.	CB60970	CB60970	CB60970
No analyse	CVca1	CVca2	CVca3
Lithologie	Siltstone	Veine Siltstone	Siltstone
% Oxydes			
FeO	4.43	0.48	7.85
MgO	11.13	-	14.73
MnO	1.24	-	1.37
CaO	34.05	51.27	30.58
CO ₂ *	49.15	48.25	45.47
Total	100	100	100
Cations			
Fe ⁺²	0.06	0.01	0.11
Mg	0.26	-	0.35
Mn	0.02	-	0.02
Ca	0.57	0.88	0.53
C	1.05	1.06	1.00
Total/3 O	1.96	1.95	2.01
MINERAL	Calcite magnésienne	Calcite	Ankéríte

* Déterminé par différence

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES CARBONATES A LA MICROSONDE

No échant.	CB60725	CB60725	CB61015
No analyse	CVca4	CVca5	CVca6
Lithologie	Schiste non min.	Veine Schiste non min.	Veine Schiste min.
% Oxydes			
FeO	11.88	14.99	14.47
MgO	10.66	11.25	12.41
MnO	-	0.47	0.64
CaO	22.31	25.32	27.37
CO ₂ *	55.15	47.97	45.11
Total	100	100	100
Cations			
Fe ⁺²	0.15	0.20	0.20
Mg	0.24	0.26	0.30
Mn	-	0.01	0.01
Ca	0.36	0.43	0.48
C	1.13	1.03	1.01
Total/3 O	1.88	1.93	2.00
MINERAL	Ankérite	Ankérite	Ankérite

* Déterminé par différence

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES CARBONATES A LA MICROSONDE

No échant.	CB61015	CB60973	CB61017
No analyse	CVca7	CVca8	CVca9
Lithologie	Schiste min.	Lave por.	Veine Schiste min.
% Oxydes			
FeO	14.47	13.52	19.35
MgO	12.21	13.49	7.83
MnO	0.53	-	0.50
CaO	27.84	27.73	26.14
CO ₂ *	44.95	45.26	46.18
Total	100	100	100
Cations			
Fe ⁺²	0.20	0.18	0.27
Mg	0.30	0.33	0.19
Mn	0.01	-	0.01
Ca	0.49	0.48	0.46
C	1.00	1.00	1.04
Total/3 O	2.00	1.99	1.97
MINERAL	Ankérite	Ankérite	Ankérite

* Déterminé par différence

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DE L'OR A LA MICROSONDE

No échant.	CB60889	CB60897	CB60868
No analyse	CVau1	CVau2	CVau3
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% atomique			
Au	76.46	71.46	76.71
Ag	23.54	28.54	23.29
Total	100	100	100
% poids			
Au	85.57	82.05	85.74
Ag	14.43	17.95	14.26
Total	100	100	100
No échant.	CB60868	CB60891	CB60891
No analyse	CVau4	CVau5	CVau6
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% atomique			
Au	77.26	76.83	77.43
Ag	22.74	23.17	22.57
Total	100	100	100
% poids			
Au	86.12	85.83	86.25
Ag	13.88	14.17	13.75
Total	100	100	100

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES PYRITES A LA MICROSONDE

No échant.	C860889	C860889	C860889	C860889
No analyse	CVpy1	CVpy2	CVpy3	CVpy4
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% atomique				
Fe	33.34	33.46	33.30	33.50
As	0.71	0.36	0.73	-
S	65.95	66.17	65.98	66.50
Total	100.00	99.99	100.01	100.00
Proportions atomiques				
Fe	1.01	1.01	1.01	1.01
As	0.02	0.01	0.02	-
S	2.00	2.00	2.00	2.00
Total	3.03	3.02	3.03	3.01

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES PYRITES A LA MICROSONDE

No échant.	C860897	C860897	C860897	C860897
No analyse	CVpy5	CVpy6	CVpy7	CVpy8
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% atomique				
Fe	33.37	33.46	33.41	33.67
As	-	0.16	-	0.19
S	66.63	66.38	66.58	66.14
Total	100.00	100.00	99.99	100.00
Proportions atomiques				
Fe	1.01	1.01	1.00	1.02
As	-	0.01	-	0.01
S	2.00	2.00	2.00	2.00
Total	3.01	3.02	3.00	3.03

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES PYRITES A LA MICROSONDE

No échant.	C860868	C860868	C860868
No analyse	CVpy9	CVpy10	CVpy11
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% atomique			
Fe	34.36	33.71	34.12
As	-	-	-
S	65.58	66.19	65.88
Total	99.94	99.90	100.00
Proportions atomiques			
Fe	1.05	1.02	1.04
As	-	-	-
S	2.00	2.00	2.00
Total	3.05	3.02	3.04

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES PYRITES A LA MICROSONDE

No échant.	C860868	C860869	C860868
No analyse	CVpy12	CVpy13	CVpy14
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% atomique			
Fe	33.82	33.76	34.06
As	-	-	0.44
S	66.17	66.18	65.50
Total	99.99	99.94	100.00
Proportions atomiques			
Fe	1.02	1.02	1.04
As	-	-	0.01
S	2.00	2.00	2.00
Total	3.02	3.02	3.05

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES PYRITES A LA MICROSONDE

No échant.	C860891	C860891	C860891
No analyse	CVpy15	CVpy16	CVpy17
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% atomique			
Fe	33.82	34.13	33.86
As	0.96	-	0.27
S	65.23	65.77	65.87
Total	100.01	99.90	100.00
Proportions atomiques			
Fe	1.04	1.04	1.03
As	0.03	-	0.01
S	2.00	2.00	2.00
Total	3.07	3.04	3.04

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES ARSENOPIRYTES A LA MICROSONDE

No échant.	C860889	C860889	C860889	C860897
No analyse	CVas1	CVas2	CVas3	CVas4
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% atomique				
Fe	33.24	32.85	33.02	33.01
As	29.70	31.46	30.79	29.46
S	37.06	35.69	36.20	37.54
Total	100.00	100.00	100.01	100.01
Proportions atomiques				
Fe	1.00	1.00	1.00	1.00
As	0.89	0.96	0.93	0.89
S	1.12	1.09	1.10	1.14
Total	3.01	3.05	3.03	3.03

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES ARSENOPIRYTES A LA MICROSONDE

No échant.	CB60B97	CB60B97	CB60B97	CB60B97
No analyse	CVas5	CVas6	CVas7	CVas8
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% atomique				
Fe	33.51	33.34	33.25	32.93
As	29.50	30.69	28.96	28.89
S	36.99	35.97	37.79	37.19
Total	100.00	100.00	100.00	99.01
Proportions atomiques				
Fe	1.00	1.00	1.00	1.00
As	0.88	0.92	0.87	0.91
S	1.10	1.08	1.14	1.13
Total	2.98	3.00	3.01	3.04

ANNEXE 2a (suite)

ANALYSES DES ARSENOPIRYTES A LA MICROSONDE

No échant.	CB60868	CB60868	CB60868	CB60868
No analyse	CVas9	CVas10	CVas11	CVas12
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% atomique				
Fe	33.63	33.64	33.54	33.85
As	28.59	29.38	28.72	29.66
S	37.79	36.99	37.74	36.50
Total	100.01	100.01	100.00	100.01
Proportions atomiques				
Fe	1.00	1.00	1.00	1.00
As	0.85	0.87	0.86	0.88
S	1.12	1.10	1.13	1.08
Total	2.97	2.99	2.99	2.96

ANNEXE 2a (suite et fin)

ANALYSES DES ARSENOPIRYTES A LA MICROSONDE

No échant.	CB60891	CB60891	CB60891
No analyse	CVas13	CVas14	CVas15
Lithologie	Schiste min.	Schiste min.	Schiste min.
% atomique			
Fe	33.73	33.74	33.43
As	29.79	29.71	30.42
S	36.48	36.55	36.16
Total	100.00	100.00	100.01
Proportions atomiques			
Fe	1.00	1.00	1.00
As	0.88	0.88	0.91
S	1.08	1.08	1.08
Total	2.96	2.96	2.99

ANNEXE 2b

ANALYSES CHIMIQUES DES ELEMENTS MAJEURS

SILTSTONES ET SILTSTONES GRESEUX
UNITE 2a

No analyse*	316	317	318
El. majeurs (%)			
SiO ₂	64.82	64.08	66.05
TiO ₂	0.68	0.61	0.51
Al ₂ O ₃	18.10	17.47	17.53
FeO**	6.32	5.58	4.89
MnO	0.06	0.06	0.03
MgO	1.89	1.98	2.54
CaO	1.97	3.80	1.88
Na ₂ O	2.75	3.50	3.92
K ₂ O	3.21	2.69	2.45
P ₂ O ₅	0.18	0.22	0.20
As	<0.01	<0.01	0.01
Cr ₂ O ₃	0.02	0.01	<0.01
Ni	<0.01	<0.01	<0.01
Co	<0.01	<0.01	<0.01
Total	100	100	100
P.A.F.***	4.08	5.17	3.79
Total ****	99.12	98.43	99.04
El. mineurs (ppm)			
Nb	6	6	6
Zr	150	150	150
Y	18	15	13
Sr	310	500	460
Rb	87	72	69
Ba	710	620	600

* Tous les numéros d'analyse commencent par RX089***

** Fer total exprimé sous forme de FeO

*** P.A.F. = Perte au feu (%)

**** Total non normalisé incluant la perte au feu

Analyses réalisées par INCO

ANNEXE 2b (suite)

ANALYSES CHIMIQUES DES ELEMENTS MAJEURS

CONGLOMERATS

UNITE 2c

No analyse*	036	311
El. majeurs (%)		
SiO ₂	67.63	65.71
TiO ₂	0.67	0.77
Al ₂ O ₃	13.61	13.97
FeO**	9.07	8.26
MnO	0.17	0.10
MgO	2.21	1.82
CaO	2.64	4.14
Na ₂ O	3.35	4.88
K ₂ O	0.43	0.14
P ₂ O ₅	0.19	0.21
As	<0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	0.01	<0.01
Ni	<0.01	<0.01
Co	<0.01	<0.01
Total	100	100
P.A.F.***	5.10	4.73
Total ****	98.32	96.95
El. traces (ppm)		
Nb	15	16
Zr	310	310
Y	51	54
Sr	85	120
Rb	9	1
Ba	150	130

* Tous les numéros d'analyse commencent par RX089***

** Fer total exprimé sous forme de FeO

*** P.A.F. = Perte au feu (%)

**** Total non normalisé incluant la perte au feu

Analyses réalisées par INCO

ANNEXE 2b (suite)

ANALYSES CHIMIQUES DES ELEMENTS MAJEURS

PYROCLASTITES
UNITE 3

No analyse*	313	320	321	322	323	329	332
El. majeurs (%)							
SiO ₂	50.94	53.00	52.66	51.44	51.79	50.80	54.72
TiO ₂	1.13	0.81	0.95	0.96	1.36	0.66	0.54
Al ₂ O ₃	14.19	16.10	16.81	17.93	16.49	21.86	19.41
FeO**	17.50	8.88	10.05	9.90	12.67	8.72	6.62
MnO	0.74	0.16	0.16	0.18	0.22	0.15	0.11
MgO	2.64	5.82	6.29	7.68	5.80	5.32	5.60
CaO	11.63	12.08	8.79	7.23	9.15	7.89	8.58
Na ₂ O	<0.5	2.94	3.95	4.09	2.16	2.46	3.26
K ₂ O	1.04	<0.1	0.11	0.36	0.12	1.98	1.01
P ₂ O ₅	0.19	0.19	0.21	0.21	0.23	0.16	0.11
As	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02
Cr ₂ O ₃	<0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
Ni	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Co	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Total	100	100	100	100	100	100	100
P.A.F.***	11.34	9.21	8.18	9.10	6.89	13.30	13.90
Total ****	96.98	98.49	97.83	98.16	97.06	99.34	99.42
El. traces (ppm)							
Nb	5	5	6	8	6	5	5
Zr	98	81	93	91	110	81	72
Y	16	15	17	16	26	13	12
Sr	110	300	240	150	320	390	240
Rb	23	2	4	9	5	45	16
Ba	320	38	48	130	19	360	200

* Tous les numéros d'analyse commencent par RX089***

** Fer total exprimé sous forme de FeO

*** P.A.F. = Perte au feu (%)

**** Total non normalisé incluant la perte au feu

Analyses réalisées par INCO

ANNEXE 2b (suite)

ANALYSES CHIMIQUES DES ELEMENTS MAJEURS

LAVES PORPHYRIQUES
UNITE 3

No analyse*	314	324	325	327	331	037
El. majeurs (%)						
SiO ₂	53.48	52.63	53.10	53.34	53.81	56.62
TiO ₂	0.76	0.94	0.78	0.86	0.76	0.86
Al ₂ O ₃	21.33	18.86	19.93	18.42	19.75	18.38
FeO**	7.29	9.80	8.41	8.14	7.58	8.10
MnO	0.12	0.16	0.12	0.13	0.14	0.12
MgO	4.51	5.84	3.96	3.88	3.83	5.07
CaO	6.34	7.01	8.16	9.16	8.14	6.37
Na ₂ O	5.45	4.56	2.60	4.78	4.78	2.47
K ₂ O	0.57	<0.10	2.68	1.12	1.04	1.76
P ₂ O ₅	0.15	0.19	0.17	0.17	0.16	0.22
As	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	<0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.02
Ni	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Co	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Total	100	100	100	100	100	100
P.A.F.***	7.77	6.72	9.02	9.34	12.35	11.10
Total ****	98.14	98.36	98.76	98.83	98.80	99.23
El. traces (ppm)						
Nb	6	8	6	6	6	9
Zr	96	130	100	120	97	120
Y	14	22	15	18	17	21
Sr	410	140	130	140	240	130
Rb	13	1	53	24	18	32
Ba	170	46	230	160	200	380

* Tous les numéros d'analyse commencent par RX089***

** Fer total exprimé sous forme de FeO

*** P.A.F. = Perte au feu (%)

**** Total non normalisé incluant la perte au feu

Analyses réalisées par INCO

ANNEXE 2b (suite)

ANALYSES CHIMIQUES DES ELEMENTS MAJEURS

LAVES APHANITTIQUES
UNITE 3

No analyse*	038	319	326	328
El. majeurs (%)				
SiO ₂	52.89	56.87	50.38	57.50
TiO ₂	1.14	0.84	1.06	1.15
Al ₂ O ₃	16.66	16.88	16.98	17.80
FeO**	10.84	8.19	12.19	10.78
MnO	0.16	0.13	0.17	0.14
MgO	6.62	5.43	9.35	5.04
CaO	7.51	7.60	7.56	4.38
Na ₂ O	3.59	3.41	2.04	1.30
K ₂ O	0.29	0.44	<0.10	1.63
P ₂ O ₅	0.22	0.18	0.17	0.27
As	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	0.02	0.03	0.08	0.01
Ni	<0.01	<0.01	0.02	<0.01
Co	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Total	100	100	100	100
P.A.F.***	12.37	7.79	10.44	9.15
Total ****	98.60	99.03	98.64	99.59
El. traces (ppm)				
Nb	8	7	4	9
Zr	94	110	87	110
Y	19	19	21	21
Sr	100	220	88	220
Rb	6	11	5	37
Ba	86	96	39	310

* Tous les numéros d'analyse commencent par RX089***

** Fer total exprimé sous forme de FeO

*** P.A.F. = Perte au feu (%)

**** Total non normalisé incluant la perte au feu
Analyses réalisées par INCO

ANNEXE 2b (suite)

ANALYSES CHIMIQUES DES ELEMENTS MAJEURS

SILTSTONES ET SILTSTONES GRESEUX
UNITE 3

No analyse*	028	034	035	309	310	315
El. majeurs (%)						
SiO ₂	62.45	63.82	65.03	63.14	61.19	63.26
TiO ₂	0.55	0.66	0.63	0.61	0.60	0.67
Al ₂ O ₃	15.47	17.02	16.50	17.03	16.43	17.63
FeO**	9.42	6.30	5.84	5.71	7.54	6.42
MnO	0.08	0.09	0.07	0.05	0.09	0.10
MgO	2.85	3.16	3.62	3.18	3.36	3.33
CaO	3.64	3.00	2.59	3.09	4.15	2.28
Na ₂ O	3.29	3.68	3.78	5.17	4.22	4.43
K ₂ O	1.97	2.07	1.79	1.79	2.16	1.71
P ₂ O ₅	0.21	0.15	0.14	0.20	0.19	0.15
As	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
Cr ₂ O ₃	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02
Ni	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Co	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Total	100	100	100	100	100	100
P.A.F.***	7.32	4.52	5.39	5.69	7.31	5.03
Total ****	98.30	98.45	99.35	98.42	97.85	98.55
El. mineurs (ppm)						
Nb	7	7	6	6	8	6
Zr	120	110	110	150	130	120
Y	15	17	17	16	15	17
Sr	220	290	230	420	380	280
Rb	47	57	44	49	54	47
Ba	550	510	480	730	640	440

* Tous les numéros d'analyse commencent par RX089***

** Fer total exprimé sous forme de FeO

*** P.A.F. = Perte au feu (%)

**** Total non normalisé incluant la perte au feu

Analyses réalisées par INCO

ANNEXE 2b (suite)

ANALYSES CHIMIQUES DES ELEMENTS MAJEURS

SCHISTES A MUSCOVITE, ANKERITE ET CHLORITE NON MINERALISES
UNITE 3

No analyse*	030	033	039	312	330
El. majeurs (%)					
SiO ₂	53.92	49.59	56.34	43.57	54.50
TiO ₂	1.19	0.86	1.22	1.38	0.60
Al ₂ O ₃	16.04	17.84	17.11	13.06	20.18
FeO**	9.31	8.74	9.87	24.43	6.53
MnO	0.27	0.29	0.15	1.03	0.21
MgO	5.87	4.98	3.70	2.20	4.23
CaO	9.11	11.98	7.20	13.77	8.63
Na ₂ O	0.88	2.04	2.80	<0.50	1.75
K ₂ O	3.16	3.54	1.31	0.39	3.23
P ₂ O ₅	0.16	0.12	0.31	0.17	0.13
As	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Cr ₂ O ₃	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.01
Ni	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Co	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Total	100	100	100	100	100
P.A.F ***	13.65	16.69	10.97	11.92	13.70
Total ****	98.16	98.28	98.49	95.63	99.95
El. traces (ppm)					
Nb	5	5	10	2	4
Zr	74	75	150	78	74
Y	22	15	34	17	11
Sr	170	210	150	95	310
Rb	62	64	24	15	66
Ba	290	360	200	67	410

* Tous les numéros d'analyse commencent par RX089***

** Fer total exprimé sous forme de FeO

*** P.A.F. = Perte au feu (%)

**** Total non normalisé incluant la perte au feu

Analyses réalisées par INCO

ANNEXE 2b (suite)

ANALYSES CHIMIQUES DES ELEMENTS MAJEURS

SCHISTES A MUSCOVITE, ANKERITE ET CHLORITE MINERALISES
UNITE 3

No analyse*	031	306	307	308
El. majeurs (%)				
SiO ₂	51.04	52.45	59.45	61.81
TiO ₂	0.79	0.94	0.66	0.64
Al ₂ O ₃	17.30	11.18	17.71	17.19
FeO**	10.23	15.94	5.71	5.17
MnO	0.30	0.28	0.21	0.17
MgO	4.03	1.57	3.46	3.04
CaO	10.83	5.26	7.31	6.58
Na ₂ O	0.84	0.88	0.57	0.64
K ₂ O	4.21	2.50	4.61	4.39
P ₂ O ₅	0.12	0.14	0.16	0.14
As	0.25	8.84	0.13	0.20
Cr ₂ O ₃	0.04	0.02	0.02	0.03
Ni	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Co	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Total	100	100	100	100
P.A.F.***	16.65	15.27	11.40	10.59
Total ****	98.49	102.83	98.17	98.25
El. traces (ppm)				
Nb	4	4	5	6
Zr	110	87	110	110
Y	23	21	15	14
Sr	220	190	240	240
Rb	90	66	98	93
Ba	320	86	540	510

* Tous les numéros d'analyse commencent par RX089***

** Fer total exprimé sous forme de FeO

*** P.A.F. = Perte au feu (%)

**** Total non normalisé incluant la perte au feu

Analyses réalisées par INCO

ANNEXE 2b (suite)

ANALYSES CHIMIQUES DES ELEMENTS MAJEURS

SILTSTONES ET MUDSTONES GRAPHITIQUES
UNITE 4

No analyse*	032	040
El. majeurs (%)		
SiO ₂	73.30	70.90
TiO ₂	0.29	0.40
Al ₂ O ₃	14.97	14.66
FeO**	2.08	3.75
MnO	0.05	0.08
MgO	1.84	1.64
CaO	3.19	2.68
Na ₂ O	1.10	1.81
K ₂ O	3.11	3.94
P ₂ O ₅	0.05	0.10
As	<0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	0.01	0.03
Ni	<0.01	<0.01
Co	<0.01	<0.01
Total	100	100
P.A.F.***	8.16	7.79
Total ****	99.70	99.18
El. traces (ppm)		
Nb	19	12
Zr	220	170
Y	38	30
Sr	230	160
Rb	77	95
Ba	560	580

* Tous les numéros d'analyse commencent par RX089***

** Fer total exprimé sous forme de FeO

*** P.A.F. = Perte au feu (%)

**** Total non normalisé incluant la perte au feu

Analyses réalisées par INCD

ANNEXE 2b (suite et fin)

ANALYSES CHIMIQUES DES ELEMENTS MAJEURS

SILTSTONE GRESEUX
UNITE 5

No analyse*	029
El. majeurs (%)	
SiO ₂	63.34
TiO ₂	0.66
Al ₂ O ₃	17.47
FeO**	5.84
MnO	0.08
MgO	3.21
CaO	2.87
Na ₂ O	4.54
K ₂ O	1.81
P ₂ O ₅	0.14
As	<0.01
Cr ₂ O ₃	0.03
Ni	<0.01
Co	<0.01
Total	100
P.A.F.***	5.51
Total ****	98.74
El. traces (ppm)	
Nb	7
Zr	110
Y	18
Sr	300
Rb	47
Ba	470

* Tous les numéros d'analyse commencent par RX089***

** Fer total exprimé sous forme de FeO

*** P.A.F. = Perte au feu (%)

**** Total non normalisé incluant la perte au feu

Analyses réalisées par INCO

ANNEXE 2c

ANALYSES DES ELEMENTS TRACES ET TERRES RARES

SCHISTES A MUSCOVITE, ANKERITE ET CHLORITE MINERALISES
UNITE 3

No analyse	86-3558	86-3559	86-3560	86-3561	86-3562
No échant.	CV860301	CV860302	CV860303	CV860304	CV860305
Au (ppm)	1.64	13.20	1.07	5.74	3.90
Ag (ppm)	3.42	17.14	0.067	1.71	0.075
As (ppm)	7112.00	8260.00	7953.00	7697.00	7638.00
Sb (ppm)	5.60	29.30	7.60	9.50	14.60
Cd (ppm)	6.10	4.90	6.10	5.00	5.50
Co (ppm)	15.20	28.80	22.20	35.10	24.60
Cu (ppm)	49.00	39.00	62.00	88.00	52.00
Ni (ppm)	55.00	65.00	49.00	45.00	19.00
Pb (ppm)	13.00	11.00	11.00	16.00	7.00
Zn (ppm)	67.00	72.00	141.00	80.00	44.00
Ba (ppm)	309.00	370.00	398.00	187.00	371.00
Rb (ppm)	65.00	59.00	120.00	71.00	127.00
Sr (ppm)	147.00	133.00	220.00	228.00	118.00
Be (ppm)	1.00	2.80	2.50	1.90	2.80
Li (ppm)	4.50	6.80	6.70	12.60	8.50
Mn (ppm)	1229.00	2245.00	1493.00	2687.00	1680.00
Cs (ppm)	1.90	1.80	3.00	1.40	2.90
Sc (ppm)	10.20	19.70	38.00	48.00	41.40
Cr (ppm)	76.00	95.00	113.00	18.00	11.00
Hf (ppm)	1.80	2.00	3.60	1.70	3.70
Ta (ppm)	0.20	0.30	0.60	0.10	0.60
W (ppm)	16.00	16.00	36.00	116.00	70.00
Th (ppm)	1.50	0.30	0.90	<0.30	1.20
U (ppm)	1.00	<3.00	0.50	<0.30	0.60
V (ppm)	100.00	131.00	221.00	421.00	376.00
La (ppm)	11.90	7.00	12.20	10.00	15.50
Ce (ppm)	22.30	11.50	28.70	21.60	37.00
Nd (ppm)	10.00	7.00	16.00	11.00	19.00
Sm (ppm)	2.00	2.20	4.50	3.40	4.60
Eu (ppm)	0.59	0.72	0.96	0.82	1.10
Gd (ppm)	<5.00	<5.00	5.00	5.00	<5.00
Tb (ppm)	0.20	0.60	0.80	0.70	0.60
Ho (ppm)	<5.00	<32.00	<2.00	<14.00	<12.00
Tm (ppm)	0.20	0.30	0.50	0.30	0.40
Yb (ppm)	0.60	2.10	3.00	3.90	2.60
Lu (ppm)	0.10	0.30	0.50	0.70	0.40

Analyses réalisées à l'École Polytechnique

ANNEXE 2c (suite et fin)

ANALYSES DES ELEMENTS TRACES ET TERRES RARES

SILTSTONES NON MINERALISES
UNITE 3

No analyse	86-3563	86-3564	86-3565	86-3566	86-3567
No échant.	CV860306	CV860307	CV860308	CV860309	CV860310
Au (ppb)	6	10	4	5	30
Ag (ppb)	106	83	52	63	90
As (ppm)	38.40	23.80	15.80	46.00	156.00
Sb (ppm)	1.20	0.80	0.90	0.80	3.10
Cd (ppm)	4.90	4.80	5.20	6.20	4.30
Co (ppm)	22.80	21.30	19.90	23.90	29.40
Cu (ppm)	38.00	43.00	37.00	49.00	55.00
Ni (ppm)	85.00	83.00	71.00	90.00	59.00
Pb (ppm)	12.00	11.00	9.00	4.00	2.00
Zn (ppm)	115.00	120.00	96.00	93.00	91.00
Ba (ppm)	531.00	501.00	457.00	337.00	297.00
Rb (ppm)	88.00	81.00	67.00	60.00	57.00
Sr (ppm)	158.00	200.00	209.00	183.00	165.00
Be (ppm)	1.60	2.00	2.80	2.60	4.30
Li (ppm)	37.00	44.00	36.00	42.00	26.00
Mn (ppm)	895.00	829.00	734.00	852.00	1868.00
Cs (ppm)	3.10	2.90	2.00	2.60	1.70
Sc (ppm)	19.20	17.40	15.20	18.60	24.20
Cr (ppm)	106.00	104.00	96.00	108.00	44.00
Hf (ppm)	3.20	3.40	3.20	3.50	1.90
Ta (ppm)	0.40	0.30	0.30	0.40	0.30
W (ppm)	8.00	8.00	13.00	15.00	48.00
Th (ppm)	3.60	3.60	2.70	3.40	0.80
U (ppm)	0.80	0.90	0.60	1.30	0.40
V (ppm)	162.00	113.00	101.00	127.00	159.00
La (ppm)	22.70	22.50	18.90	22.80	8.80
Ce (ppm)	45.00	45.00	37.00	46.00	19.00
Nd (ppm)	18.00	19.00	15.00	19.00	9.40
Sm (ppm)	4.10	3.80	3.30	4.20	2.60
Eu (ppm)	0.94	0.97	0.70	1.02	0.79
Gd (ppm)	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Tb (ppm)	0.40	0.40	0.40	0.50	0.40
Ho (ppm)	0.60	0.80	0.50	0.70	0.60
Tm (ppm)	0.20	0.30	0.20	0.50	0.20
Yb (ppm)	1.30	1.30	1.30	1.60	1.60
Lu (ppm)	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20

Analyses réalisées à l'Ecole Polytechnique

ANNEXE 2d

ANALYSES DES TERRES RARES
(ppm)SCHISTES A MUSCOVITE, ANKERITE ET CHLORITE MINERALISES
UNITE 3

No échant.	CV 860301		CV 860302		CV 860303	
	NON NORM.	NORM.*	NON NORM.	NORM.*	NON NORM.	NORM.*
La	11.90	37.78	7.00	22.22	12.20	38.73
Ce	22.30	27.43	11.50	14.15	28.70	35.30
Nd	10.00	16.75	7.00	11.73	16.00	26.80
Sm	2.00	10.42	2.20	11.46	4.50	23.44
Eu	0.59	8.17	0.72	9.97	0.96	13.30
Gd	<5.00	-	<5.00	-	5.00	19.31
Tb	0.20	4.08	0.60	12.24	0.80	16.33
Ho	<5.00	-	<32.00	-	<2.00	-
Tm	0.20	6.67	0.30	10.00	0.50	16.67
Yb	0.60	2.88	2.10	10.10	3.00	14.42
Lu	0.10	3.10	0.30	9.29	0.50	15.48

No échant.	CV 860304		CV 860305	
	NON NORM.	NORM.*	NON NORM.	NORM.*
La	10.00	31.75	15.50	49.21
Ce	21.60	26.57	37.00	45.51
Nd	11.00	18.43	19.00	31.83
Sm	3.40	17.71	4.60	23.96
Eu	0.82	11.36	1.10	15.24
Gd	5.00	19.31	<5.00	-
Tb	0.70	14.29	0.60	12.24
Ho	<14.00	-	<12.00	-
Tm	0.30	10.00	0.40	13.33
Yb	3.90	18.75	2.60	12.50
Lu	0.70	21.67	0.40	12.38

* NORM. = Valeurs normalisées par rapport aux valeurs de la chondrite de Leedey divisées par 1.20 (Taylor et Gorton, 1977).
Analyses réalisées à l'École Polytechnique

ANNEXE 2d (suite)

ANALYSES DES TERRES RARES
(ppm)SILTSTONES NON MINERALISES
UNITE 3

No échant.	CV B60306		CV B60307		CV B60308	
	NON NORM.	NORM.*	NON NORM.	NORM.*	NON NORM.	NORM.*
La	22.70	72.06	22.50	71.43	18.90	60.00
Ce	45.00	55.35	45.00	55.35	37.00	45.51
Nd	18.00	30.15	19.00	31.83	15.00	25.13
Sm	4.10	21.35	3.80	19.79	3.30	17.19
Eu	0.94	13.02	0.97	13.43	0.70	9.70
Gd	<5.00	-	<5.00	-	<5.00	-
Tb	0.40	8.16	0.40	8.16	0.40	8.16
Ho	0.60	8.22	0.80	10.96	0.50	6.85
Tm	0.20	6.67	0.30	10.00	0.20	6.67
Yb	1.30	6.25	1.30	6.25	1.30	6.25
Lu	0.30	9.29	0.20	6.19	0.20	6.19

No échant.	CV B60309		CV B60310	
	NON NORM.	NORM.*	NON NORM.	NORM.*
La	22.80	72.38	8.80	27.94
Ce	46.00	56.58	19.00	23.37
Nd	19.00	31.83	9.40	15.75
Sm	4.20	21.88	2.60	13.54
Eu	1.02	14.13	0.79	10.94
Gd	<5.00	-	<5.00	-
Tb	0.50	10.20	0.40	8.16
Ho	0.70	9.59	0.60	8.22
Tm	0.50	16.67	0.20	6.67
Yb	1.60	7.69	1.60	7.69
Lu	0.20	6.19	0.20	6.19

* NORM. = Valeurs normalisées par rapport aux valeurs de la chondrite de Leedey divisées par 1.20 (Taylor et Gorton, 1977).
Analyses réalisées à l'École Polytechnique

ANNEXE 2d (suite et fin)

ANALYSES DES TERRES RARES

VALEURS DE LA
CHONDRITE DE LEEDEY
DIVISEES PAR 1.2

La	0.315	ppm
Ce	0.813	ppm
Nd	0.597	ppm
Sm	0.192	ppm
Eu	0.0722	ppm
Gd	0.259	ppm
Tb	0.049	ppm
Tm	0.030	ppm
Yb	0.208	ppm
Lu	0.0323	ppm

Tiré de Taylor et Gorton, 1977.

ANNEXE 3

METHODES D'ANALYSES

ANNEXE 3 (suite)

Pulvérisation des échantillons:

- Les échantillons sont sciés à la scie à diamant et la majorité des veinules sont retranchées.
- Concassage grossier des fragments dans un concasseur à mâchoires
- Réduction de la taille des grains dans des disques de carbure de tungstène.
- Broyage à 150-200 mesh au vibrobroyeur en carbure de tungstène.

Analyses des éléments majeurs et mineurs:

Quarante échantillons représentatifs des différentes lithologies composant la Séquence de Golden Pond et provenant de carottes de forage ont été analysés au laboratoire de la compagnie INCO pour les éléments majeurs et quelques éléments mineurs.

Tous les éléments majeurs ainsi que les éléments mineurs suivants: Cr, Ni, Co, Nb, Zr, Y, Sr, Rb et Ba ont été analysés par fluorescence X. Les analyses d'éléments majeurs ainsi que le Cr, le Co et le Ni ont été réalisées sur des pastilles de verre obtenues par fusion du mélange dans du lithium. Les autres éléments traces ont été analysés à l'aide de pastilles de poudre.

Cinq échantillons de siltstones non minéralisés et cinq échantillons de schistes minéralisés ont été analysés au laboratoire de Géochimie Analytique de l'École Polytechnique pour les éléments traces et les terres rares. La concentration des éléments suivants: Cd, Be,

ANNEXE 3 (suite et fin)

Cu, Li, Mn, Ni, Pb, Rb, Sr, V et Zn, a été déterminée par absorption atomique. La concentration en argent a été déterminée par pyro-analyse au laboratoire de Bondar-Clegg à Ottawa.

Les autres éléments traces tels Au, As, Sc, Cr, Co, Sb, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Th, U et les terres rares ont été analysés par activation neutronique instrumentale à l'École Polytechnique. Une description détaillée de cette méthode est donnée à l'annexe 4.

ANNEXE 4

METHODE D'ANALYSE PAR ACTIVATION NEUTRONIQUE INSTRUMENTALE

ANNEXE 4 (suite)

La méthode d'analyse par activation neutronique instrumentale a été utilisée pour analyser le Sc, Cr, Co, As, Sb, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Th, U, Au et les terres rares pour cinq échantillons de siltstones non minéralisés et pour cinq échantillons de schistes minéralisés. Cette méthode a aussi été utilisée pour vérifier les analyses d'or de 26 échantillons faiblement minéralisés analysés par INCO par la méthode d'absorption atomique (échantillons de 28 g).

Les procédures suivies sont:

- 1- Les échantillons sont sciés à la scie à diamant pour en faire de petites plaquettes. Dans la mesure du possible, les veinules tardives ont été éliminées.
- 2- Les plaquettes sont polies grâce à un abrasif de carbure de silicium afin de faire disparaître les traits de scie.
- 3- Les échantillons sont martelés séparément dans des sacs de plastique jusqu'à ce qu'ils soient réduits à une taille de quelques millimètres de diamètre.
- 4- Les fragments sont réduits à moins de 200 mailles avec des disques de porcelaine et dans un vibrobroyeur avec chambre en agate.
- 5- L'échantillon est réduit à 2 g pour être encapsulé.
- 6- Les échantillons sont irradiés dans le réacteur nucléaire Slowpoke de l'Institut de Génie nucléaire de l'École Polytechnique pendant deux heures à un flux de 10^{12} n x cm^{-2} x s^{-1} .

ANNEXE 4 (suite et fin)

- 7- Après exposition, on effectue un comptage de trois heures au spectromètre- τ après un délai d'environ 200 heures pour permettre une décroissance de la radioactivité. Le comptage s'effectue à l'aide d'un analyseur multicanal "Canberra série 80" couplé avec 3 détecteurs.
- 8- Les intensités des pics obtenus sont ensuite transformées en concentration.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL



3 9334 00258988 3