

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE

PRESENTÉ A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A CHICOUTIMI

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR

KATHLEEN LAUZIERE

ENVIRONNEMENT GEOLOGIQUE ET MINERALISATION AURIFERE

A LA MINE BACHELOR, DESMARAISVILLE, QUEBEC.

AVRIL 1989



Mise en garde/Advice

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

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

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

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

Résumé

La mine d'or du lac Bachelor se situe dans la ceinture Matagami-Chibougamau dans la Province du Supérieur, à 120 km à l'ouest de Chapais, au SE du village de Desmaraisville.

La zone aurifère occupe un cisaillement ductile-fragile, altéré, de direction ESE à E-W qui recoupe les formations volcaniques archéennes, la schistosité régionale de même que la bordure de l'intrusif d'O'Brien. La séquence d'altération accompagnant la minéralisation aurifère se surimpose à l'assemblage de minéraux produit par le métamorphisme régional au faciès des schistes verts qui passe au faciès des amphibolites inférieurs, au contact de l'intrusif. On distingue trois assemblages minéralogiques reliés à l'altération. Un premier, adjacent à la zone minéralisée, est composé d'un assemblage d'épidote-carbonates-chlorite-pyrite\magnétite et la zone minéralisée comprend les deux assemblages suivants: séricite-quartz-pyrite-magnétite et feldspath potassique-hématite-pyrite-carbonates. La minéralisation aurifère se présente comme une zone hématisée, avec de la pyrite disséminée. Elle est parfois massive, mais plus souvent les nombreuses veinules de carbonates et\ou de feldspaths potassiques et d'hématite dessinent un arrangement en stockwork. Bien que toujours visible microscopiquement, une fabrique mylonitique est plus rarement visible mégascopiquement. Les indicateurs cinématiques à l'échelle du gisement et à l'échelle régionale suggèrent que la minéralisation occupe un cisaillement subsidiaire d'une ceinture en cisaillement à mouvement dextre. Les textures microscopiques montrent que l'altération a été produite pendant la période de déformation et que l'or, la fluorite et une partie des carbonates sont tardifs dans la paragénèse minérale.

Le stock d'O'Brien est une intrusion multiphasée; les premières phases granodioritiques sont recoupées par des dykes de porphyre granitique. Ces dykes sont tardifs au cisaillement , ce qui permet de conclure que l'épisode de minéralisation aurifère a eu lieu pendant la période d'intrusion granitique, avant les dernières injections. Le contenu élevé en fluor dans les biotites hydrothermales de la zone minéralisée se corrèle avec celui dans les biotites magmatiques des différentes phases intrusives. Ceci et d'autres critères géologiques tels, la structure régionale et le lien temporel entre la mise en place du stock d'O'Brien et la minéralisation suggère un lien génétique direct entre ces deux derniers.

ABSTRACT

The Bachelor Lake gold mine is located in the Chibougamau-Matagami greenstone belt of the Superior Province, 120 km west of Chapais.

The main ore zone is located in an ESE to E-W altered deformation zone that cuts across the volcanic rocks, the margin of the O'Brien intrusive and the local trend of the regional schistosity. The alteration sequence is superimposed on a regional greenschist facies assemblage, rising to lower amphibolite in the contact zone of the O'Brien stock. The alteration comprises an epidote-carbonate-chlorite-pyrite\magnetite assemblage adjacent to the ore zone and two assemblages within it, characterized by white mica-quartz-pyrite-magnetite and K feldspar-hematite-pyrite-carbonate. The gold mineralization occurs either as a massive, hematized, rock with disseminated pyrite, or more frequently as a stockwork of carbonate and\or K feldspar and hematite veinlets. Although always visible microscopically, a mylonitic fabric is rarely seen in hand sample. Kinematic indicators at local and regional scales and other structural criteria suggest that the ore zone occupies a subsidiary deformation zone related a ENE shear belt showing dextral displacement. Textural evidence indicates that alteration took place during deformation. The gold was introduced late in the paragenetic sequence as were fluorite and some of the carbonates.

The O'Brien stock is a multiphase intrusion consisting of an early granodioritic phase that are cut by a later porphyritic-granite phase. These late phase dykes were introduced later than the shearing event and the gold mineralization episode is bracketed between the two phases. The high fluorine content of the hydrothermal biotites in the ore zone alteration correlates with that of magmatic biotites within the intrusive phases. This and other geological considerations such as regional structure and time of emplacement of the stock, indicate that there is a direct genetic link between the O'Brien stock and the gold mineralization.

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier Ms Jayanta Guha, Guy Archambault et Edward H. Chown pour avoir dirigé mes recherches et pour les nombreux conseils qu'ils m'ont prodigués tout au long de mes travaux. Je remercie tout particulièrement M. Guy Archambault qui a fait la lecture critique de ce mémoire.

Je remercie la compagnie les Mines d'Or du Lac Bachelor qui a accepté de faire ce projet de recherche et qui m'a fourni un support logistique et financier pendant la période des travaux de terrain. Les coûts des analyses et des travaux à la microsonde ont été défrayés par le fond du FCAR équipe et du CNRSG accordé à M. Jayanta Guha.

Un remerciement spécial va au personnel de la mine et tout particulièrement à M. Yves Buro. Leur assistance, leurs encouragements et les nombreuses discussions ont été grandement appréciées.

Je remercie M. Yvon Boudreault, M. Jean-Eudes Villeneuve, M. Richard Lechasseur et Mme Moira McKinnen pour l'aide apportée à la préparation et aux travaux de laboratoire.

Et finalement, je remercie très sincèrement toutes les personnes de mon entourage pour leurs encouragements soutenus.

TABLE DES MATIERES

Résumé.....	ii
Abstract.....	iii
REMERCIEMENTS.....	iv
TABLE DES MATIERES.....	vi
LISTES DES FIGURES.....	x
LISTES DES PLANCHES.....	xiv
LISTES DES TABLEAUX.....	xvi
CHAPITRE 1: INTRODUCTION.....	1
1.1 INTRODUCTION.....	1
1.2 HISTORIQUE ET TRAVAUX ANTERIEURS.....	3
1.3 OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	4
1.4 METHODES DE TRAVAIL.....	5
CHAPITRE 2: CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	7
2.1 GEOLOGIE GENERALE.....	7
2.2 GEOLOGIE LOCALE.....	10
2.2.1 Généralités.....	10
2.2.2 Roches volcaniques.....	11
2.2.2.1 Roches volcaniques mafiques.....	11
2.2.2.2 Roches volcaniques felsiques.....	12

2.2.3 Roches intrusives.....	13
2.2.3.1 Stock d'O'Brien et dykes associés.....	13
a) Caractéristiques pétrographiques des phases intrusives plus vieilles.....	15
b) Caractéristiques pétrographiques des faciès plus jeunes.....	20
c) Caractéristiques pétrographiques des dykes.....	24
d) Composition des granitoides formant l'intrusion d'O'Brien.....	24
2.2.3.2 Lamprophyres et kimberlites.....	28
2.2.4 Géologie structurale du secteur.....	29
 CHAPITRE 3: MINERALISATION ET ALTERATION.....	32
3.1 GENERALITES.....	32
3.2 GEOMETRIE DU GISEMENT.....	33
3.3 TYPES DE MINERALISATION	38
3.3.1 Minéralisation dans les roches volcaniques.....	38
3.3.2 Minéralisation dans le stock d'O'Brien.....	46
3.4 ETUDE PETROGRAPHIQUE ET TEXTURALE DE LA ZONE MINERALISEE ET DE SES EPONTES.....	47
3.5 PATRON D'ALTERATION DANS LA ZONE MINERALISEE ET SES EPONTES.....	61
3.5.1 La zone d'altération propylitique.....	63

3.5.2 La zone d'altération séricitique.....	63
3.5.3 La zone d'altération potassique.....	67
3.5.4 Variations chimiques à travers la zone minéralisée.....	67
3.5.5. Variations dans la chimie de certains minéraux à travers la zone minéralisée.....	69
CHAPITRE 4: ANALYSE STRUCTURALE A L'ECHELLE DU GISEMENT....	80
4.1 GENERALITES.....	80
4.2 DESCRIPTION DES STRUCTURES EN CISAILLEMENT.....	82
4.3 INTERPRETATION DES RELATIONS ENTRE LES ELEMENTS STRUCTURAUX.....	89
CHAPITRE 5: MINRALISATION AURIFERE: ETAPES DE FORMATION ET EVOLUTION DES FLUIDES MINERALISANTS.....	93
5.1 GENERALITES.....	93
5.2 SEQUENCE DE FORMATION DE LA ZONE AURIFERE.....	93
5.2.1 Etape 1: Altération séricitique.....	94
5.2.2 Etape 2: Cisaillement et altération en feldspath potassique.....	96
5.2.3 Etape 3: Fracturation, brèchification et déposition de l'or.....	98
5.3 CARACTERISTIQUES DU FLUIDE.....	99
CHAPITRE 6: DISCUSSION.....	108

6.1 SEQUENCE DES EVENEMENTS GEOLOGIQUES A LA MINE	
BACHELOR	110
6.2 MODELE DE MISE EN PLACE DU GISEMENT	113
6.3 SOURCE DU FLUIDE	117
 CONCLUSION	119
 REFERENCES	121
 Annexe 1: ANALYSE A LA MICROSONDE	127
Annexe 2: LOCALISATION DES ECHANTILLONS	131
Annexe 3: COMPOSITION DES CARBONATES	144
Annexe 4: COMPOSITION DES CHLORITES	146
Annexe 5: COMPOSITION DES MICAS BLANCS	151
Annexe 6: COMPOSITION DES BIOTITES	154
Annexe 7: COMPILATION DES DONNEES STRUCTURALES	158

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation du village de Desmaraïsville	2
Figure 2: Géologie simplifiée du secteur de Desmaraïsville (tirée de Avramtchev et Lebel-Drolet, 1981)	8
Figure 3: Carte géologique simplifiée du secteur de la mine Bachelor, montrant les relations entre la schistosité et l'intrusif d'O'Brien.	14
Figure 4: Section longitudinale des 7 premiers niveaux de la mine Bachelor (Buro, 1984)	25
Figure 5: Vue en plan du sous-niveau 6-0-3est, montrant les différentes relations entre la zone minéralisée et les diverses générations de dykes granitiques.	26
Figure 6: Diagramme montrant la composition des différentes phases de l'intrusif d'O'Brien	27
Figure 7: Carte montrant les différents cisaillements et failles (interprétée par Buro)	30
Figure 8: Section transversale 2+00 est de la mine, montrant les variations en épaisseur et en pendage de la zone minéralisée.	35
Figure 9: Vue en plan de la zone minéralisée. Elle se ramifie et se subdivise en deux zones parallèles. (Galerie 3-0-1 ouest)	36
Figure 10: Tableau paragénétique des minéraux d'altération composant la zone minéralisée	62
Figure 11: Diagramme de composition des chlorites dans les différentes zones de la mine Bachelor (Hey, 1954)	71
Figure 12: Diagramme de K+Na vs Si pour les micas blancs provenant de la zone minéralisée, de ses épontes et d'une zone de cisaillement Wac.	72

Figure 13: Diagramme du fluor vs le magnésium dans les micas blancs provenant de la zone minéralisée, de ses épontes et d'une zone de cisaillement Wac.	74
Figure 14: Diagramme de composition des biotites provenant de la zone minéralisée et de ses épontes	76
Figure 15: Diagramme du fluor en fonction du magnésium dans les biotites de la zone minéralisée et de ces épontes altérées et non altérées.	77
Figure 16: Projection stéréographique sur l'hémisphère sud des principaux éléments structuraux observés à la mine.	81
Figure 17: (a) Schéma d'un affleurement qui montre l'entraînement de la schistosité régionale le long d'un cisaillement Wac'. (b) Vue en plan d'une partie de la galerie 3-0-1 ouest dans lequel un cisaillement Wac' montre une courbure horaire.	87
Figure 18: (a) Projection stéréographique des principaux éléments structuraux de la mine Bachelor (cisaillements, failles, schistosité). b) Vue schématique, en plan, des différents cisaillements de la mine, avec l'orientation de la contrainte principale.	92
Figure 19: Schéma de la zone minéralisée (vue en plan) pendant la première étape de formation de la zone. (a) Développement d'une foliation, pyritisation et altération séricitique. (b) Développement de franges de pression de micas blancs et quartz autour des cristaux de pyrite.	95
Figure 20: Schéma de la deuxième étape de formation de la zone aurifère: Altération en feldspath potassique et carbonatisation dans la zone en cisaillement et développement de franges de pression de feldspath potassique. Formation de veinules de feldspaths potassiques à l'extérieur de la zone de déformation. (Vue en plan).	97

- Figure 21: Schéma de la troisième étape de formation de la zone minéralisée. Période de fracturation, avec développement de veinules de quartz, feldspaths potassiques, de carbonates, de fluorite, de carbonates-fluorite-chlorite. Brèchification et déposition de l'or. 100
- Figure 22: Diagramme de Mohr de la contrainte normale effective en fonction de la contrainte en cisaillement illustrant l'effet de la pression d'un fluide combinée à un système de contraintes normales. Avec l'augmentation de la pression des fluides, la contrainte effective diminue tandis que la contrainte en cisaillement demeure constante et le cercle se déplace vers la gauche. Si la pression des fluides est assez élevée, le cercle intersecte l'enveloppe et il y a rupture (Hobbs et al., 1976). 101
- Figure 23: Diagramme illustrant les champs de stabilité des micas blancs et du feldspath potassique en fonction de la température et de la composition du fluide (HCl, KCl). Les flèches montrent que la transformation du micas blancs en feldspath potassique nécessite une augmentation du rapport $mKCl/mHCl$ ou une augmentation de la température, la flèche hachurée représente l'évolution la plus plausible, i.e. une augmentation du rapport $mKCl/mHCl$, produite par la séricitisation, probablement accompagnée d'une diminution de la température. 103
- Figure 24: Diagramme du log (XF/XCl) en fonction. Les champs de composition de biotites de différents gîtes ainsi que celui de Bachelor sont représentés. (modifié de Taner et al., 1986). 106
- Figure 25: Synthèse de la chronologie des événements. 112

Figure 26: Schéma de la séquence des événements entourant la minéralisation aurifère: (a) Intrusion de la granodiorite, après le développement de la schistosité, (b) Développement des cisaillements régionales à mouvements dextres, avec développement de cisaillements secondaires. Minéralisation. Entraînement de la schistosité le long des cisaillements régionaux. (c) Fin de l'épisode de minéralisation. Mouvement le long des cisaillements régionaux causant la rotation de l'intrusif et le changement d'orientation de la zone minéralisée à proximité de l'intrusif, entraînement de la schistosité régionale, lui donnant sa forme sigmoidale. Déplacement de la zone minéralisée le long de cisaillements secondaires et intrusion des dernières phases intrusives reliées au stock d'O'Brien.

114-
115

LISTE DES PLANCHES

- Planche 1:** 17-18
- (a) Granodiorite à mégacristaux centimétriques de feldspaths potassiques.
 - (b) Photomicrographie d'un phénocristal de microcline perthitique, poecilitique. Les inclusions de matrice à la bordure du cristal montre que ce dernier a subit une croissance après la cristallisation complète de la granodiorite (Lumière transmise, nicols croisés).
 - (c) Photomicrographie d'une granodiorite porphyrique montrant des cristaux de plagioclase idiomorphes à hypidiomorphes, maclés Carlsbad. La séricitisation rehausse la zonation des cristaux (Lumière transmise, nicols croisés).
 - (d) Granodiorite équigranulaire à grain moyen. Le feldspath potassique se trouve soit en position interstitiel ou forme des cristaux poecilitique de 2 à 4 mm d'arête.
- Planche 2:** 20-21
- (a) Dyke de porphyre granitique brun qui recoupe la granodiorite porphyrique. Noter le phénocristal de feldspath potassique qui est recoupé par le dyke.
 - (b) Photomicrographie d'un porphyre granitique dont les phénocristaux de plagioclase montrent une zonation oscillatoire. (Lumière transmise, nicols croisés)
- Planche 3:** 40-41
- (a) Minéralisation du type massif montrant une altération beige rougâtre.
 - (b) Veinules présentant un arrangement en stockwork, minéralisation typique de la mine Bachelor.
 - (c) Le rubannement mylonitique souligné par l'alternance de bande rougâtre et noirâtre forme un angle avec la bordure de la zone minéralisée. (vue du plafond)
- Planche 4** 42-43
- (a) Brèche à matrice de quartz gris foncé contenant des fragments millimétriques à centimétriques de volcanites altérées en carbonates et en hématite.
 - (b) Brèche à matrice de quartz blanc, non déformé, comprenant des fragments anguleux de volcanites altérés et montrant un rubannement mylonitique.

(c) Photomicrographie d'une brèche à ciment de chlorite, de fluorite et de carbonates séparant des fragments anguleux de volcanites fortement altérées en hématite et en feldspaths potassiques (Lumière transmise, naturelle).

(d) Brèche à matrice de carbonates (ankérite). Les fragments sont sub-arondis à anguleux et ils sont non altérés à fortement altérés en carbonates.

Planche 5

50-51

(a) Photomicrographie de la zone minéralisée montrant une frange de pression de quartz lamellaire et de micas blancs autour d'un cristal de pyrite (Lumière transmise, nicols croisés)

(b) Coloration au nitrate de potassium d'un échantillon de la zone minéralisée. Le feldspath potassique est développée le long de la foliation et en veinules.

(c) Photomicrographie de la zone minéralisée montrant la microcline dans les franges de pression de la pyrite. La pyrite est corrodée au contact des feldspaths potassiques à cause de la présence d'hématite, toujours associée au feldspath potassique. (Lumière transmise, nicols croisés)

Planche 6:

54-55

(a) Photomicrographie d'une veinule sigmoidale de carbonates dans la zone minéralisée (Lumière transmise, nicols croisés)

(b) Photomicrographie d'une veinule en tension, remplie de carbonates avec une forme sigmoidale indiquant une croissance pendant la déformation (Lumière transmise, nicols croisés).

(c) Photomicrographie de la zone minéralisée, riche en cristaux de carbonates idiomorphes, disséminés. Les cristaux sont riches en inclusions de petits cristaux d'oxydes, surtout à leur bordure (Lumière transmise, naturelle).

(d) Photomicrographie d'une veinule de fluorite rectiligne recoupant un amas de pyrite (Lumière transmise, naturelle).

Planche 7:

57-58

(a) Photomicrographie de l'éponge de la zone minéralisée montrant des cristaux de pyrite (jaune pâle) qui croissent sur une veinule de magnétite (gris brun foncé) et d'hématite (gris pâle). Les cristaux sont recoupés par une veinule de chlorite et de carbonates (Lumière réfléchie, naturelle).

(b) Photomicrographie de la zone minéralisée montrant une plage d'or contenue le long de fractures dans les cristaux de pyrite (Lumière réfléchie, naturelle).

(c) Photomicrographie de l'éponte de la zone minéralisée montrant des cristaux de pyrite (blanchâtre) partiellement remplacé par la magnétite (gris foncé) qui est localement hématisé (gris bleu pâle). Noter la forme idiomorphe des cristaux de pyrite qui sont en contact avec la chalcopyrite (jaune), comparativement avec celle en contact avec la magnétite ou l'hématite (Lumière réfléchie, naturelle).

Planche 8:

65-66

(a) Echantillon provenant du mur de la zone minéralisée. Les nombreuses veinules d'épidote, de carbonates, de chlorite et de pyrite sont traversés par des veinules de feldspath potassique.

(b) Photomicrographie de la zone séricitique montrant une veinule de feldspath potassique qui recoupe l'altération séricitique. La forme de la veinule suggère que les contraintes étaient encore actives dans cette zone lors de sa formation. (Lumière transmise, nicols croisés).

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Calcicité des plagioclases dans la granodiorite d'O'Brien.	19
Tableau 2. Calcicité des plagioclases dans le porphyre	19
Tableau 3. Résultats des analyses chimiques	68
Tableau 4. Résumé des caractéristiques des principaux cisaillements et failles présents dans la mine Bachelor	83

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 INTRODUCTION

La présente étude porte sur l'interprétation de la formation du gîte d'or de la mine Bachelor, située dans le canton Lesueur à 5 km au SE de Desmaraisville, Abitibi-est, Québec, un village qui se localise sur la route 113, à 120 km à l'ouest de Chapais (Fig. 1). Le puits est situé à 2 km à l'est de l'ancienne mine de sulfures volcanogènes (Pb-Zn-Ag) de Coniagas.

Ce gisement constitue un type de minéralisation aurifère différent des dépôts classiques archéens de type filonien qui fournissent la plus grande partie de la production aurifère dans le secteur de l'Abitibi et des gîtes d'or du secteur de Chibougamau lesquels sont contenus dans des cisaillements traversant les complexes mafiques. La minéralisation typique à la mine Bachelor traverse les unités volcaniques et une partie de l'intrusif granitique d'O'Brien et correspond à une zone d'altération hématitique

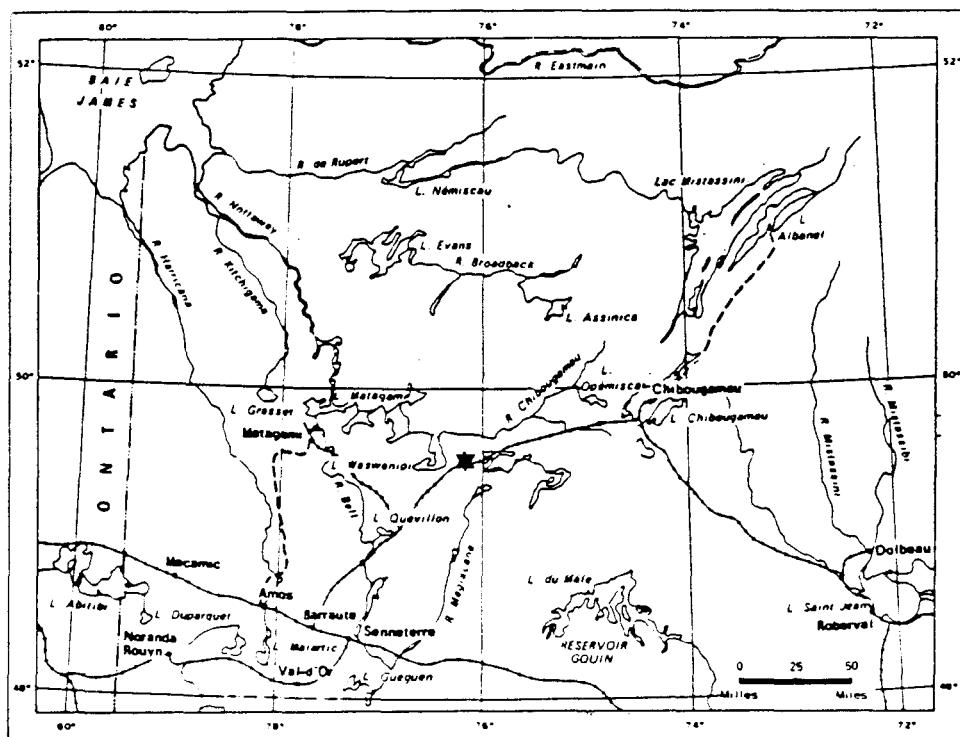


Figure 1: Localisation du village de Desmaraismville (étoile)

caractérisée par des veinules en stockwork contenues dans un cisaillement.

1.2 HISTORIQUE ET TRAVAUX ANTERIEURS

Le premier indice de minéralisation dans le secteur a été découvert en 1946 par des prospecteurs de la compagnie O'Brien Gold Mines. Il est situé à l'est du petit stock granitique d'O'Brien dans les roches volcaniques encaissantes. Les travaux subséquents de décapage et de forage ont mis en évidence le gisement présentement exploité, du côté ouest du stock d'O'Brien. Le gisement occupe une zone de cisaillement altérée dans les volcanites. La zone délimitée par forage de surface, s'étend sur plus de 1 150 m.

En 1962, le bail minier est vendu à la compagnie Sturgeon River Mines Ltd qui a foncé, l'année suivante, un puits jusqu'à une profondeur de 335 mètres. Sept niveaux, espacés de 50 mètres, ont été développés.

En 1975, le développement sous terre jusqu'à la préparation des chantiers était complété, mais le prix de l'or, alors peu favorable, a retardé la mise en production de la mine jusqu'en 1980 où la compagnie les Mines d'Or du Lac Bachelor a été incorporée afin d'exploiter le gisement.

Au moment de la mise en production, en 1982, les réserves géologiques étaient évaluées à 877 289 tonnes titrant 6,22 g/t d'or incluant une dilution de 10%. La partie exploitée du gisement s'étend sur 465 mètres, de la limite ouest de la propriété jusqu'au contact ouest du stock d'O'Brien.

En 1983 et 1984, une série de forages profonds ont délimité la zone minéralisée jusqu'au 12ième niveau. Depuis le début de la production, plus de 3 296 600 grammes d'or ont été extrait du gisement et les réserves actuelles sont estimées à 206 857 tonnes, titrant 7,20 g/t, incluant une dilution de 20%.

Le secteur de Desmaraîsville a été cartographié à différentes échelles par les géologues suivants: Sproule (1936), au 1:253 440, Mackenzie (1934), au 1:63 360, Longley (1951), également au 1:63 360, Graham (1957) au 1:12 000 et Sharma et Lauzière (1983) au 1:20 000.

1.3 OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les objectifs de cette étude étaient donc de caractériser l'altération hydrothermale associée à la minéralisation aurifère et de faire une étude structurale

dans le but d'intégrer la minéralisation dans son contexte géologique local et régional. Une emphase a été mis sur l'étude de l'intrusif d'O'Brien afin de cerner le rôle qu'il a joué pendant l'épisode de minéralisation. Les implications de cette étude au niveau de l'exploration sont aussi discutées.

1.4 METHODES DE TRAVAIL

Les travaux de terrain ont été effectués à l'été '84 et à l'automne '85. La majorité des échantillons proviennent de deux niveaux: le niveau 3 à l'ouest et le niveau 6 à l'est. L'accès à ces galeries d'exploitation ainsi que leur représentativité du gisement ont guidé le choix de ces zones d'étude. Comme les galeries d'exploitation sont entièrement foncées dans la zone minéralisée, un échantillonnage de forages a permis l'étude des patrons d'altération à plus grande distance du gisement. Plus de 120 lames minces et lames minces polies ont été examinées. Les minéraux d'altération ainsi que certains minéraux primaires du stock d'O'Brien ont été analysées à la microsonde électronique. Les standards employés sont décrits à l'annexe 1. Quelques analyses chimiques de la zone minéralisée ont été effectuées

afin de mieux caractériser l'interaction entre le fluide minéralisant et la roche encaissante. Une partie des échantillons, provenant de forages dans le stock d'O'Brien, a fait l'objet d'un projet de fin d'études effectué par Daniel Turcotte (1986). Les échantillons qui ont servi aux analyses plus poussées sont localisés à l'annexe 2.

L'étude structurale a été réalisée à partir d'une compilation des éléments structuraux, relevés sur les plans géologiques de la mine et des données amassées lors de campagnes de terrain autour et dans la mine.

CHAPITRE 2

CONTEXTE GEOLOGIQUE

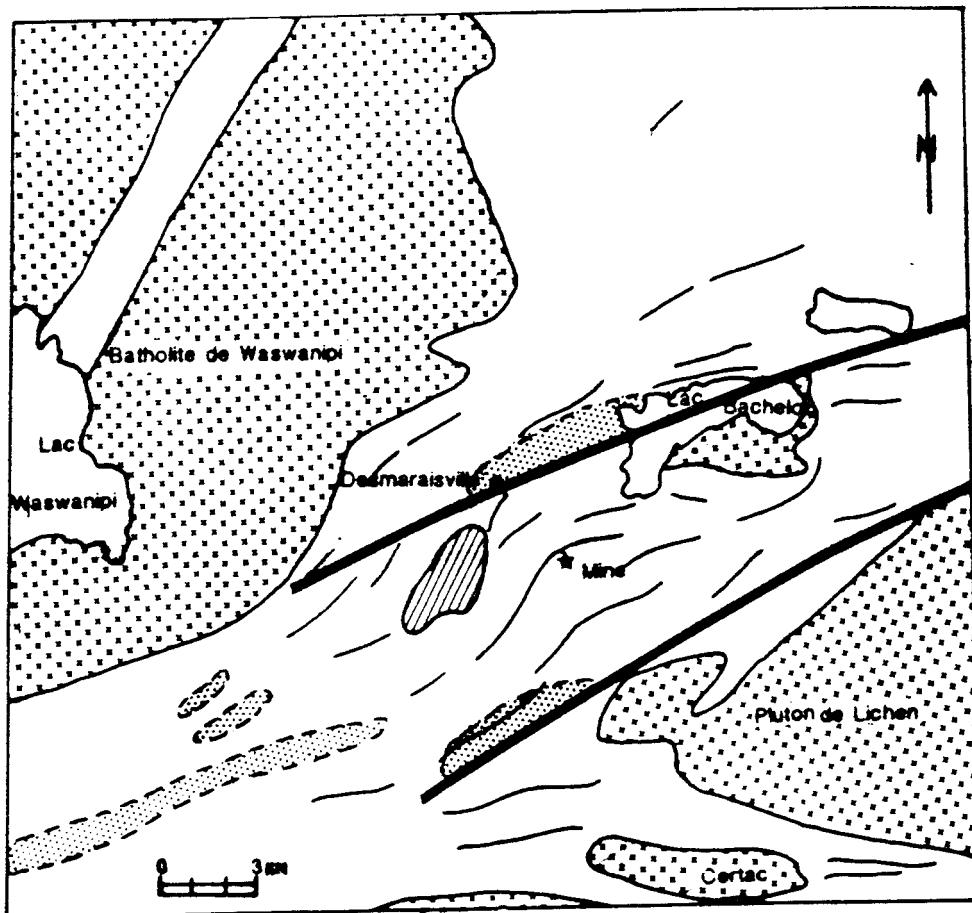
2.1 GEOLOGIE GENERALE

Située dans la partie sud-est de la Province du Supérieur, la région étudiée est comprise dans l'empilement volcano-sédimentaire qui se retrouve à la jonction de la ceinture Chibougamau (Bande nord) et de la bande Caopatinas-Desmaraïsville (Bande Sud). Toutes les roches sont d'âge archéen, à l'exception des dykes de gabbro-diabase, d'âge protérozoïque (Stockwell, 1964, Fahrig et al., 1986).

Une carte simplifiée du secteur de Desmaraïsville est présentée à la figure 2. Les principales lithologies formant l'empilement sont: des coulées volcaniques mafiques et filons comagmatiques associés, avec une proportion croissante de coulées volcaniques et de volcaniclastites de nature intermédiaire à felsique dans les niveaux stratigraphiquement plus élevés, caractéristique de plusieurs ceintures archéennes (Goodwin, 1971, Goodwin et Ridler, 1970, Thurston et al., 1985).

Les roches volcaniques sont surmontées par des

CARTE GÉOLOGIQUE SIMPLIFIÉE DE LA RÉGION DE DESMARAISVILLE



- CISAILLEMENTS RÉGIONAUX
- TRAJECTOIRE DES SCHISTOSITÉS
- [Dotted Pattern] INTRUSIONS FELSIQUES
- [White Box] INTRUSIONS MAFIQUES
- [Dashed Pattern] UNITÉS SÉDIMENTAIRES
- [Empty Box] VOLCANITES

Figure 2: Géologie simplifiée du secteur de Desmaraisville
(tirée de Avramtchev et Lebel-Drolet, 1981)

sédiments clastiques immatures, tels des conglomérats, des turbidites, des grauwackes et argilites. Bien que les sédiments reposent en concordance sur les unités volcaniques, des zones de cisaillement marquent la transition entre ces unités (Sharma et Lauzière, 1983).

Mises en place principalement dans les unités volcaniques, des intrusions mafiques différenciées forment des sills et des dykes. D'autres sous forme de stock varient en composition de pyroxénitique à dioritique.

L'ensemble de l'empilement volcano-sédimentaire est recoupé par des plutons pré- à post-tectoniques de composition tonalitique, granodioritique, granitique et syénitique.

Toutes les lithologies sont recoupées par des dykes de lamprophyre d'âge incertain et par des dykes de gabbro-diabase d'âge protérozoïque.

Durant l'orogénie kénoréenne, les roches archéennes ont été plissées et faillées en direction ENE-WSW à E-W sauf au voisinage de certaines masses intrusives où la complexité structurale augmente, le grade métamorphique régional des schistes verts passe au faciès des cornéennes à amphiboles (Graham, 1957).

Deux zones de cisaillement majeures, les failles Opawica et Wachigabau (Sharma et Lacoste, 1981) traversent la région en direction ENE-WSW. Elles sont recoupées par des

failles NNE-SSW.

2.2 GEOLOGIE LOCALE

2.2.1 Généralités

Les lithologies de la région de Desmaraisville sont typiques de celles d'une fin de cycle volcanique (McQuade, 1981). On retrouve un empilement de coulées volcaniques différencierées (basalte à rhyodacite) caractérisé par une abondance de roches fragmentaires felsiques, distribuées irrégulièrement.

Plusieurs masses intrusives de forme irrégulière et de taille variable, de moins d'un km à plusieurs dizaines de kilomètres, sont présentes (Fig.2):

- Au SE, le pluton synvolcanique de Lichen, de composition tonalitique (Tait et al., sous presse)
- Au NW, une masse semi-stratiforme de gabbro-diorite, d'âge syn-tectonique (McQuade, 1981).
- Au NE, le pluton tardi- à post-tectonique de Bachelor, de composition granitique à syénitique (Longley, 1951).

- Au NW, le batholite de Waswanipi, de composition granodioritique à granitique d'âge tardif à post-tectonique (Claveau, 1953, Gauthier, 1986)
- et dans le secteur immédiat de la mine, le stock d'O'Brien qui sera discuté en détail plus loin.

Des dykes de lamprophyre et de kimberlite sont les dernières manifestations d'un magmatisme dans le secteur de la mine.

2.2.2 Roches volcaniques

2.2.2.1 Roches volcaniques mafiques

Les roches mafiques couvrent environ 70% de la propriété. De composition basaltique à andésitique, elles se retrouvent sous forme de coulées et de filons-couches, d'orientation NNE à l'est du stock d'O'Brien et NE à l'ouest. Elles ont aussi été observées, recoupant la stratigraphie, sous forme de dyke (Buro, 1984). Les coulées sont coussinées, brèchiques, mais plus souvent elles sont massives et leur granulométrie est variable, d'aphanitique à phanéritique, à grain moyen (3mm). Souvent elles contiennent des amygdales de quartz pouvant atteindre jusqu'à 2 cm de taille.

Les basaltes sont métamorphisés à divers degrés et on distingue principalement deux assemblages minéralogiques. L'assemblage typique du faciès des schistes verts est constitué d'actinolite, d'albite, d'épidote, de quartz, de leucoxène, de magnétite et des traces de carbonates. Près de l'intrusif d'O'Brien, les basaltes sont composés de hornblende bleu-vert, de plagioclase et d'épidote, avec plus ou moins de biotite, suggérant que le métamorphisme atteint le faciès des amphibolites à épidote (Miyashiro, 1973). Dans ces roches la hornblende montre une croissance statique.

2.2.2.2 Roches volcaniques felsiques

Dans le secteur immédiat de la mine, les roches volcaniques felsiques ne forment pas un horizon distinct, mais se trouvent plutôt en bandes de quelques mètres à quelques centaines de mètres d'épaisseur, intercalées avec les roches de composition mafique. Les bandes de roches felsiques sont constituées de coulées massives et de tufs à lapilli et/ou à blocs, contenant des fragments felsiques cherteux, sub-anguleux à arrondis, baignant dans une matrice chloriteuse. Ces roches, de couleur gris foncé à noirâtre, se composent essentiellement de quartz et de lattes de plagioclase feutrées, avec des traces de chlorite, d'épidote et de séricite. Les plagioclases présentent une texture trachytique. Des phénocristaux idiomorphes de plagioclase

partiellement ou complètement altérés en epidote, en séricite et moins souvent en carbonates forment jusqu'à 5% de la roche. Plus rarement certaines coulées contiennent des phénocristaux de quartz suggérant une composition plus felsique, probablement rhyodacitique à rhyolitique.

2.2.3 Roches intrusives

2.2.3.1 Stock d'O'Brien et dykes associés

Les unités volcano-sédimentaires sont envahies par l'intrusif d'O'Brien, une masse granitique hétérogène composée de nombreux dykes (Buro, 1984). Comme l'intrusif n'affleure pas, ses contours ont été déterminée à partir des informations tirées de forages et à l'aide d'un levé magnétique (Fig. 3). Les contacts nord et sud sont encore mal connu. Du côté ouest la foliation dans les volcanites est orientée NNE et parallélise le contact, tandis qu'à l'est, son contact est discordant à la foliation régionale. Plusieurs zones de cisaillement ENE, ESE et NNE traverse l'intrusif.

A l'extérieur de la masse granitique principale, Buro (1984) reconnaît quatre orientations de dykes. Le premier, N-NE à pendage sub- vertical, est sub-parallèle au contact de l'intrusif et à la stratigraphie dans le secteur. Le second est NW à pendage abrupt vers le NE, perpendiculaire

CARTE GÉOLOGIQUE SIMPLIFIÉE DU SECTEUR DE LA MINE BACHELOR

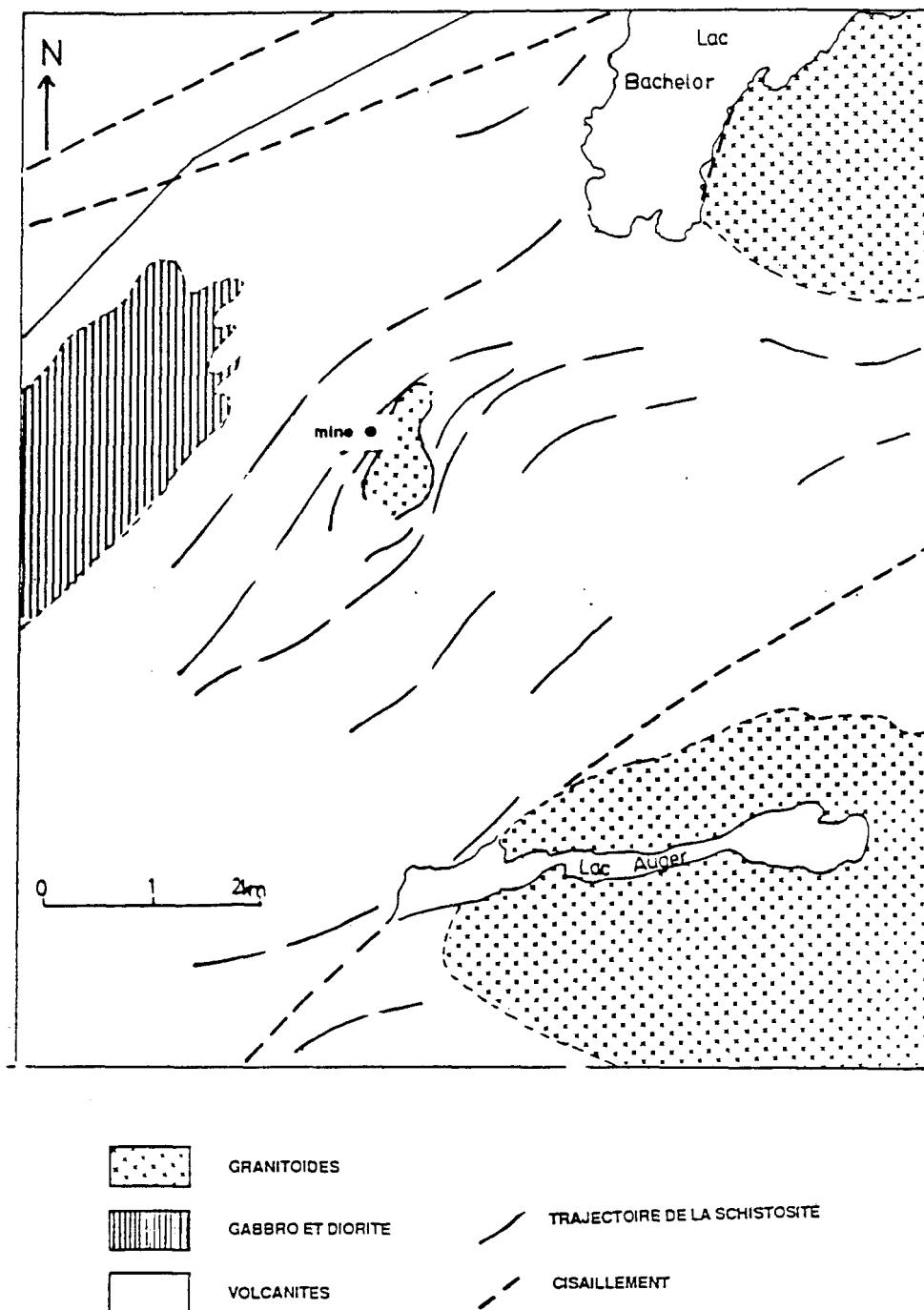


Figure 3: Carte géologique simplifiée du secteur de la mine Bachelor, montrant les relations entre la schistosité et l'intrusif d'O'Brien.

au contact de l'intrusif. Le troisième est NE à E-W, à pendage abrupt vers le nord et le quatrième est E-W à ESE, parallèle aux zones minéralisées.

Les granitoides varient en texture et en composition (Turcotte, 1986). Basé sur les relations de recouplement, nous distinguons plusieurs générations de phases intrusives: les plus précoces composent la plus grande partie de l'intrusion, ils comprennent les granitoides porphyriques et équigranulaires. Ils sont recoupées par des porphyres, des aplites et des pegmatites, constituant les phases plus jeunes.

a) Caractéristiques pétrographiques des phases intrusives plus vieilles.

Le faciès porphyrique, le plus abondant, a longtemps été appelé syénite, porphyre ou granite O'Brien dans les anciens journaux de sondages. Buro (1984) le décrit plus justement comme une granodiorite gris-rose, à grain moyen, porphyrique, contenant entre 5 et 15% de minéraux mafiques (Pl. 1a). La proportion des phénocristaux de feldspath et de quartz peut constituer jusqu'à 50% de la roche. Leur taille moyenne est de 2 cm mais peut atteindre 7 cm.

Microscopiquement, la roche comprend deux tailles de phénocristaux: les plus gros sont des mégacristaux de feldspath potassique perthitique et du quartz polycristallin,

baignant dans une matrice de plus petits cristaux (2 à 3 mm) de plagioclase, de hornblende, de biotite et d'épidote qui à leur tour sont entourés d'une matrice quartzo-feldspathique, microcristalline (0.01mm), recristallisée, dont la proportion ne dépasse pas 20%.

Les mégacristaux de perthite (microcline) idiomorphes, maclés Carlsbad, contiennent de nombreuses inclusions de cristaux de plagioclase zonés, quelquefois orientées parallèlement à la bordure. Ils sont généralement plus petits que ceux de la matrice. Des inclusions de biotite, de sphène, d'épidote et de quartz sont aussi présentes.

Vers la bordure de certains mégacristaux, se retrouve une bande d'inclusions de la matrice microcristalline (Pl. 1b), suggérant une période de croissance tardive, en présence d'une phase fluide, sous des conditions pegmatitiques probablement supercritiques (Mehnert et Büsch, 1985).

Les cristaux idiomorphes à hypidiomorphes de plagioclase présentent une zonation normale (Pl. 1c) près de la bordure de l'intrusif, tandis que vers le centre ils présentent des zonations oscillatoires. La variation de la calcicité des plagioclases est présentée au tableau 1. La séricitisation et l'épidotisation soulignent la zonation dans les cristaux. Les macles sont présentes mais diffuses dû à la zonation des plagioclases.

Planche 1

(a) Granodiorite à mégacristaux centimétriques de feldspaths potassiques.

(b) Photomicrographie d'un phénocristal de microcline perthitique, poecilitique. Les inclusions de matrice à la bordure du cristal montre que ce dernier a subit une croissance après la cristallisation complète de la granodiorite (Lumière transmise, nicols croisés).

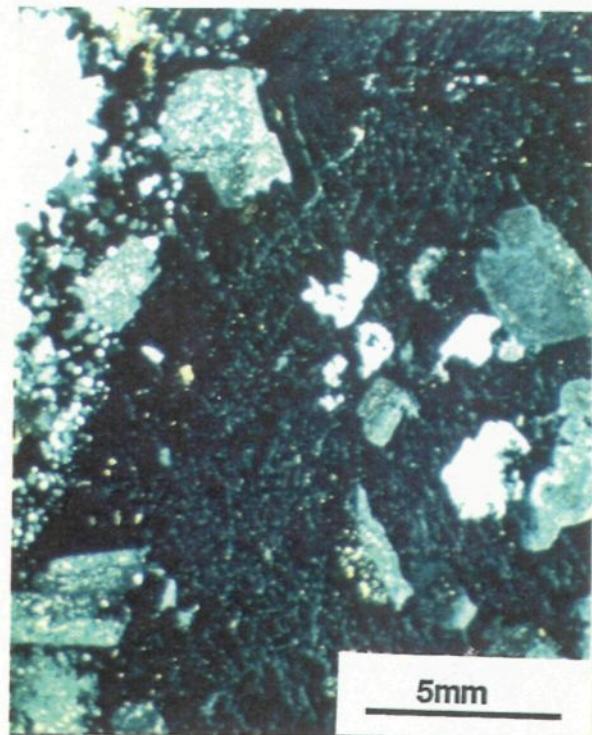
(c) Photomicrographie d'une granodiorite porphyrique montrant des cristaux de plagioclase idiomorphes à hypidiomorphes, maclés Carlsbad. La séricitisation rehausse la zonation des cristaux (Lumière transmise, nicols croisés).

(d) Granodiorite équigranulaire à grain moyen. Le feldspath potassique se trouve soit en position interstitiel ou forme des cristaux poecilitique de 2 à 4 mm d'arête.

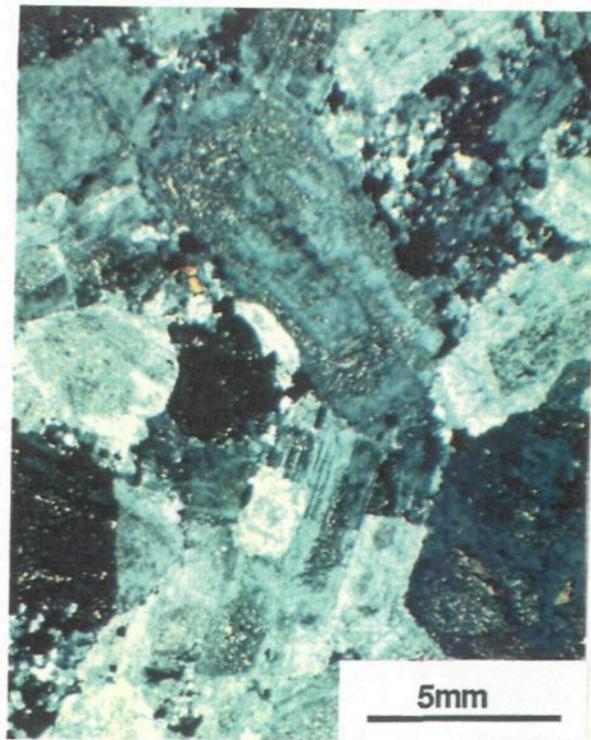
PLANCHE 1



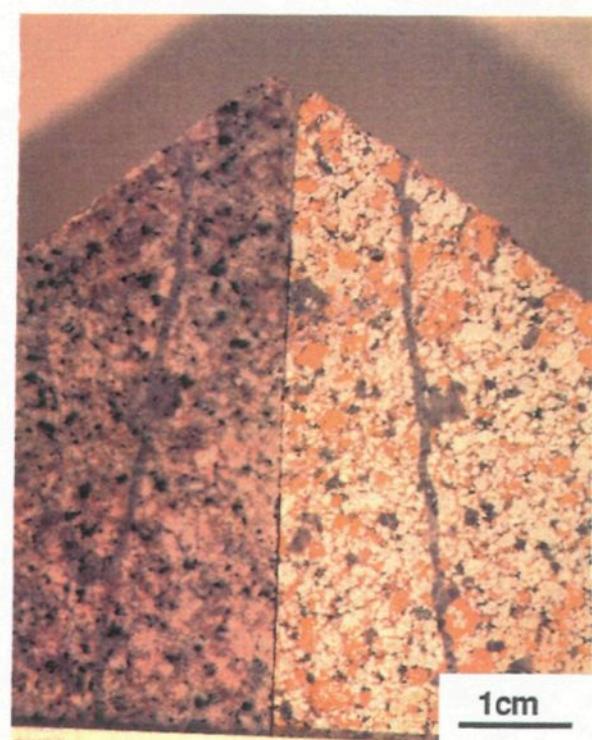
a)



b)



c)



d)

Tableau 1. Calcicité des plagioclases dans la granodiorite d'O'Brien.

Calcicité du cœur vers la bordure

601	An21-18-9	'
	An19-15	'
603	An19-15	'
	An20-15	*
608	An12-An5	*
631	An18-16-14-12	'
	An13-18-16-15	*

601-603-608 Granodiorite gris porphyrique, anneau externe du stock.

631 Granodiorite gris, échantillon provenant du cœur du stock.

* calcicité déterminée à l'aide de la platine universelle
 * calcicité déterminée à l'aide de la microsonde

Tableau 2. Calcicité des plagioclases dans le porphyre

Calcicité du cœur vers la bordure

614	An18-20-15-16-12	'
	An18-20-17-15-10	*
627	An18-21-24-16-22-08-14	*
615	An18-08-17-20-22	*

615-627-614, Porphyre brun qui recoupe la granodiorite principale

* calcicité déterminée à l'aide de la microsonde
 * calcicité déterminée à l'aide de la platine universelle

Les principaux minéraux mafiques sont la hornblende et la biotite. Ils forment jusqu'à 15% de la roche. La biotite et plus rarement la hornblende sont parfois chloritisées.

Une bordure figée, centimétrique, marque le contact entre le granite O'Brien et les volcanites encaissantes. Environ 35% de phénocristaux hypidiomorphes à idiomorphes (plagioclase, hornblende, biotite et quartz) baignent dans une matrice cataclasée de quartz et de feldspaths. Une foliation minéralogique, parallèle au contact, définie par l'allongement des lattes de plagioclase et par l'alignement des minéraux mafiques, est attribuée à sa mise en place.

Le deuxième faciès le plus abondant, le faciès équigranulaire (Pl. 1d), se retrouve plutôt dans la partie centrale de l'intrusion. Il est caractérisée par le feldspath potassique en position interstitielle.

Localement les granitoides porphyriques et équigranulaires sont rougeâtres. Ceci est interprété comme une hématisation tardive, liée aux phénomènes deutériques (Boone, 1969).

b) Caractéristiques pétrographiques des faciès plus jeunes.

Le porphyre brun a été identifié dans plusieurs forages, il forme des dykes qui recoupent et renferment des enclaves du granitoïde porphyrique (Pl. 2a). Il est formé de 20 à 60% de phénocristaux de 2 mm de taille, dans une

matrice microcristalline de quartz et de feldspaths.

Le porphyre contient des plagioclases idiomorphes à hypidiomorphes zonés de façon oscillatoire (Tableau 2) (Pl. 2b) dont la taille moyenne varie de 2 à 3 mm. Les feldspaths potassiques à contours xénomorphes à hypidiomorphes se trouvent souvent en excroissance sur les plagioclases. Les feldspaths potassiques ont tendance à former des phénocristaux légèrement plus gros que les plagioclases. Le quartz idiomorphe peut former jusqu'à 20% des phénocristaux présents. La seule phase mafique est la biotite parfois altérée en chlorite. La hornblende n'a jamais été observée dans ce faciès. La fluorite, l'apatite et le sphène sont les minéraux accessoires dans toutes les phases de l'intrusion.

Au contact des dykes de porphyre brun, une variation granulométrique brusque est fréquemment observée et elle est accompagnée par l'apparition d'une faible foliation marquée par l'alignement des minéraux mafiques. Ceci est interprété comme étant le résultat d'une cataclase liée à la mise en place du porphyre.

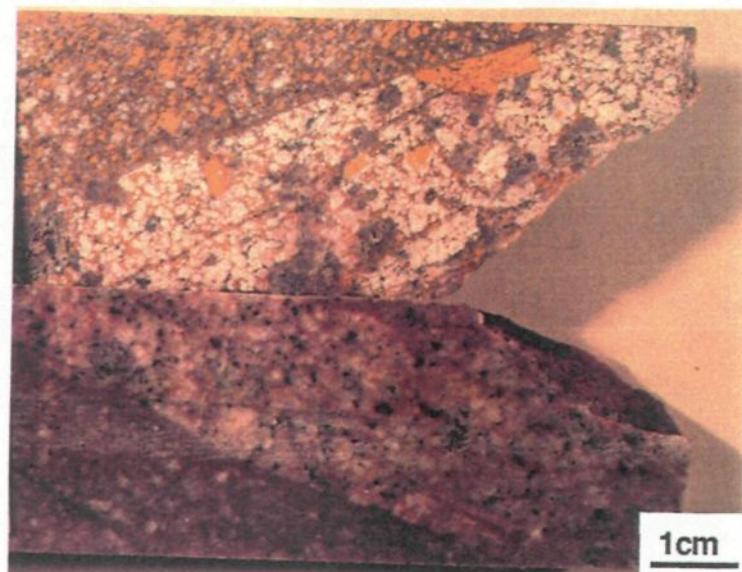
Les aplites sous forme de petits dykes centimétriques recoupent surtout le porphyre brun et rarement le granite O'Brien. Leurs contacts, généralement flous avec l'encaissant suggèrent une mise en place par filtre-presse, un mécanisme décrit par Hibbard et Watters (1985).

Planche 2

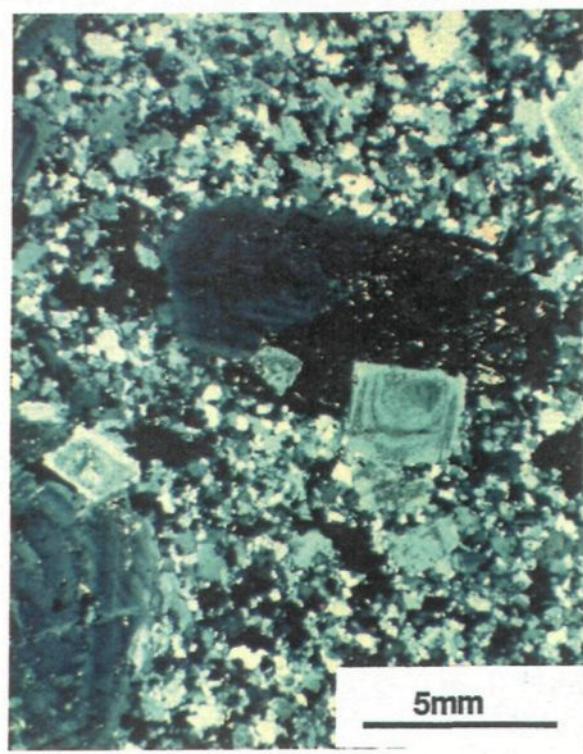
(a) Dyke de porphyre granitique brun qui recoupe la granodiorite porphyrique. Noter le phénocristal de feldspath potassique qui est recoupé par le dyke.

(b) Photomicrographie d'un porphyre granitique dont les phénocristaux de plagioclase montrent une zonation oscillatoire. (Lumière transmise, nicols croisés)

PLANCHE 2



a)



b)

Les dykes pegmatitiques sont rarement observés (Buro, 1984).

c) Caractéristiques pétrographiques des dykes.

Les dykes près du contact de la masse intrusive principale (Fig. 4) sont généralement caractérisés par des textures granitiques. En s'éloignant, la granulométrie diminue et l'abondance de matrice croît, pour former près de 80% de la roche. Les phénocristaux comprennent des proportions variables de plagioclase zonés, des agrégats polycristallins de quartz, quelques mégacristaux de feldspath potassique, de la biotite, du sphène, de l'apatite et dans plusieurs dykes, de la hornblende. Comme dans la masse intrusive principale, il est possible de distinguer deux phases d'intrusion. Les dykes qui contiennent de la hornblende sont traversés par la minéralisation et à l'inverse, les dykes qui n'en contiennent pas la recoupent dans la majorité des cas (Fig. 5).

d) Composition des granitoides formant l'intrusion d'O'Brien

La composition modale des différentes phases du stock d'O'Brien et de ces dykes est représentée sur le diagramme de Streckeisen (1976) (Fig. 6). Les phases les plus vieilles se situent en grande partie dans le champ des granodiorites

SECTION LONGITUDINALE DE LA MINE BACHELOR

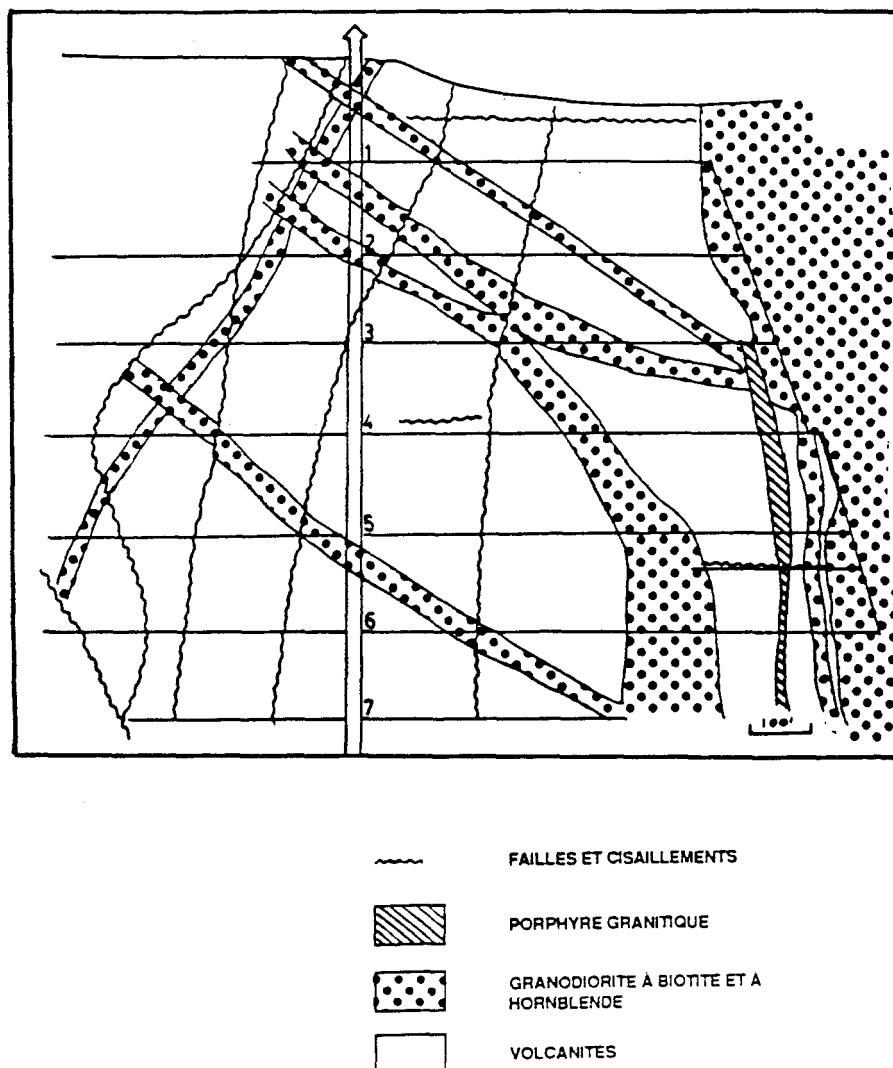


Figure 4: Section longitudinale des 7 premiers niveaux de la mine Bachelor

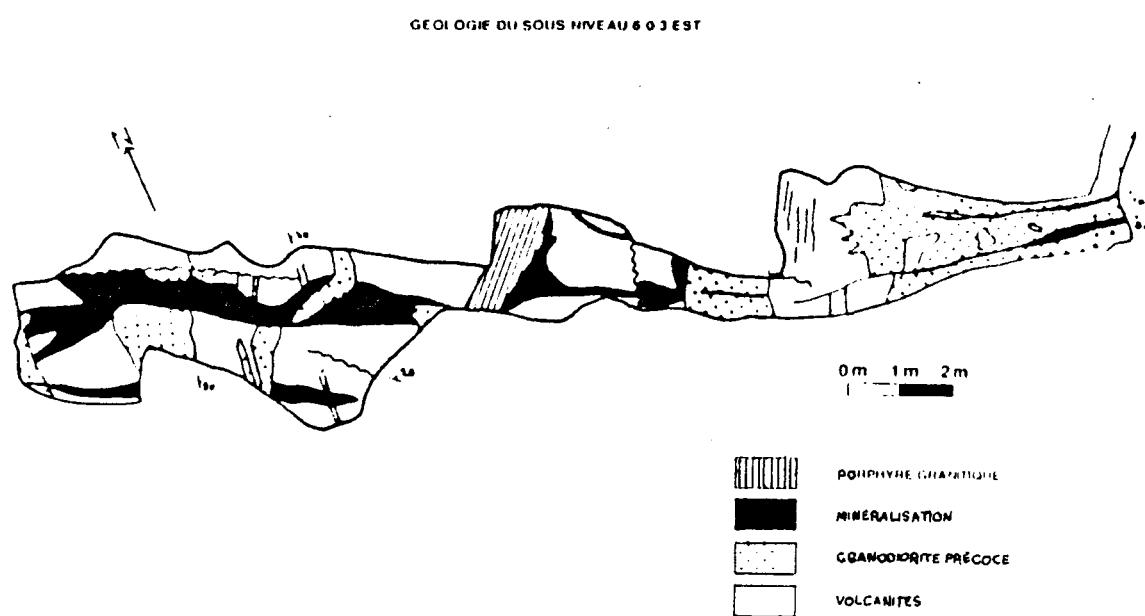


Figure 5: Vue en plan du sous-niveau 6-0-3est, montrant les différentes relations entre la zone minéralisée et les diverses générations de dykes granitiques.

COMPOSITION DES ROCHES GRANITIQUES DE LA MINE BACHELOR
SUR LE DIAGRAMME DE STRECKEISEN (1976)

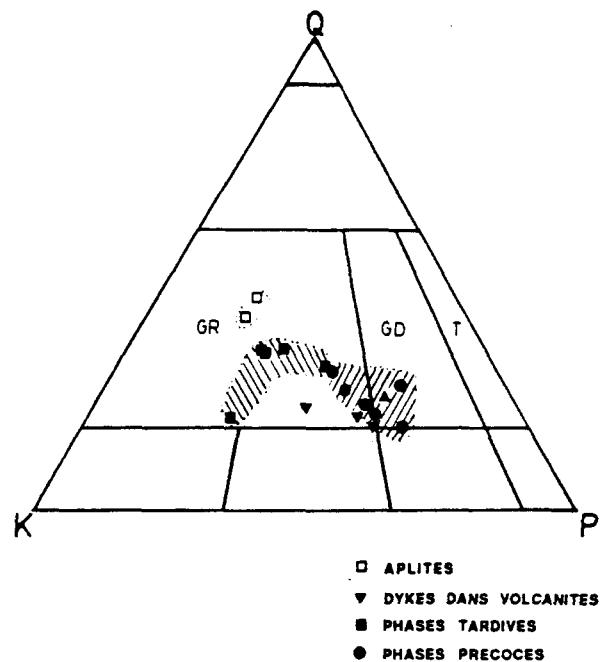


Figure 6: Diagramme montrant la composition des différentes phases de l'intrusif d'O'Brien

et plus rarement dans le champ des granites. La composition des porphyres est entièrement comprise dans le champ des granites. Une faible superposition existe entre les deux générations de granitoides. Les aplites forment un champ distinct; ils sont enrichies en feldspath potassique et en quartz par rapport au porphyre.

Turcotte (1986) explique la superposition en composition des roches texturalement différentes par des injections multiples d'un magma devenant de plus en plus différencié. La tendance montrant un enrichissement en feldspath potassique et en quartz dans les phases plus jeunes appuie cette hypothèse.

2.2.3.2 Lamprophyres et kimberlites

L'ensemble des lithologies, ainsi que la zone minéralisée sont traversées par des dykes de lamprophyre de type spessartite (Watson, 1955) et des dykes kimberlitiques composés d'olivine, de phlogopite, de calcite, de magnétite, d'ilménite et de trace de pérovskite. A part l'abondance de calcite, ils ne présentent pas d'altération.

Les dykes peuvent atteindre 1 mètre d'épaisseur (Buro, 1984) et sont orientés à N 030⁰ le long de failles transversales, ou parallèlement à la zone minéralisée, i.e. autour de N 110⁰.

2.2.4 Géologie structurale du secteur

Dans le secteur de Desmaraîsville, une schistosité principale, dite régionale, domine, bien que trois schistosités aient été observées (Sharma et Lauzière, 1983). L'attitude de la schistosité régionale et de l'empilement volcanique est fortement contrôlée par les plutons. La masse granitique la plus importante: le batholite sud de Waswanipi, exerce un contrôle prépondérant. La figure 2 montre qu'au sud et au sud-est du batholite, les bandes sédimentaires, les intrusions syntectoniques et la schistosité régionale le moulent. En s'éloignant du contact, l'effet s'estompe et la schistosité régionale et les stratifications redeviennent est-ouest. Par contre à l'est du batholite, les structures sont tronquées. Gauthier (1986) reconnaît le batholite comme une intrusion tardive à post-tectonique.

Dans la mine, les principaux indices de déformation sont associés à des failles de nature fragile à ductile-fragile qui recoupent et entraînent la schistosité régionale. Cinq grands systèmes de failles recoupent la zone minéralisée, orientée à N110° (Figure 7):

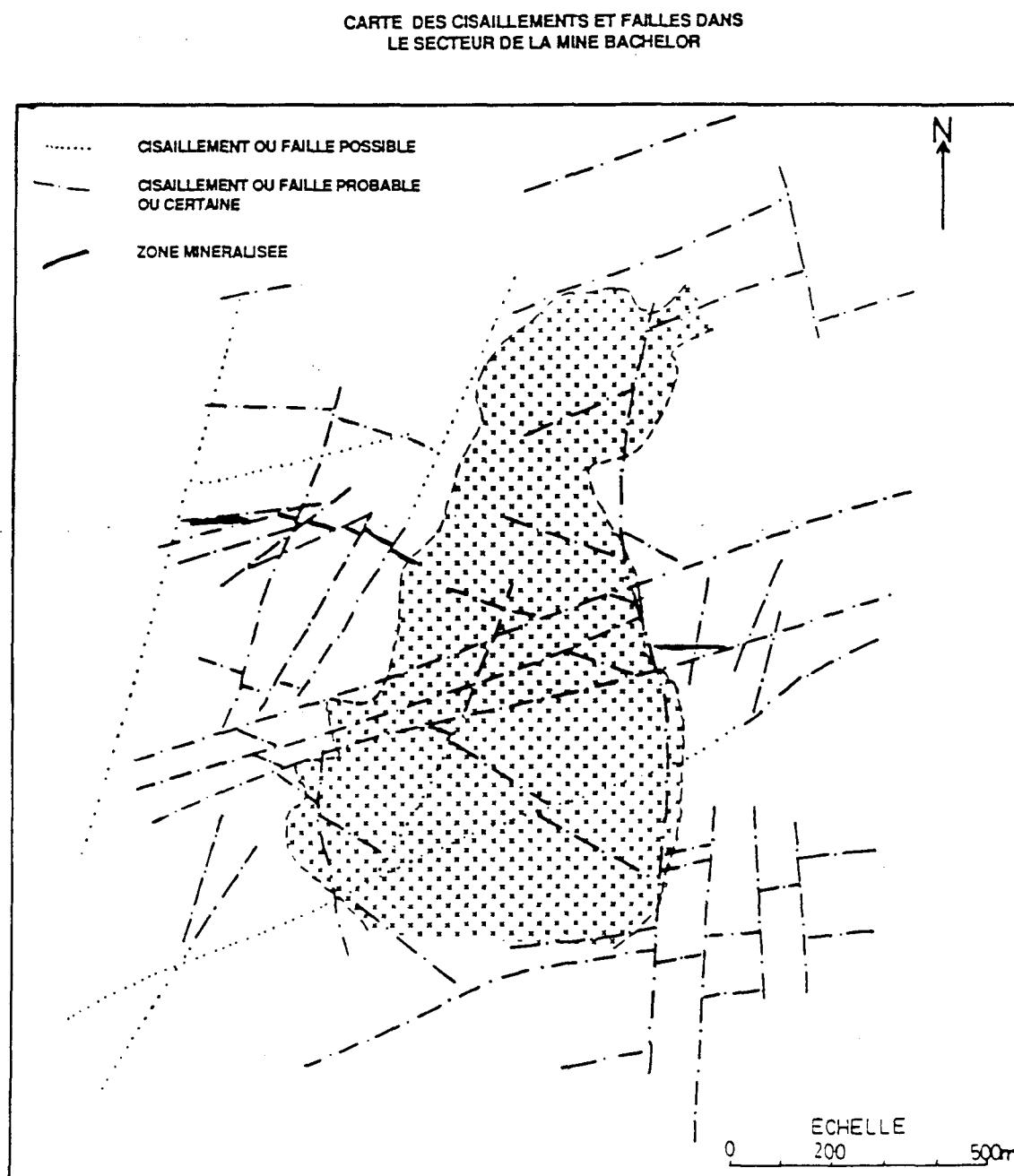


Figure 7: Carte montrant les différents cisaillements et failles (interprétée par Buro)

- les failles sub-horizontales
- les failles ENE, à pendage modéré (60°): failles WAC
- les failles ENE, à pendage fort (80°): failles WAC'
- les failles NNE à NE, à pendage fort: failles transversales (T)
- les failles NW, à pendage abrupt (65° à 90°): failles T'

Les noms utilisés ici sont ceux employés à la mine (Wac, Wac', T, T'). Ces noms seront utilisés dans le texte afin d'en faciliter la lecture.

CHAPITRE 3

MINERALISATION ET ALTERATION

3.1 GENERALITES

La zone minéralisée est constituée d'une zone d'altération, cisaillée et traversée par une série de veinules en stockwork. Malgré l'altération et la déformation, aux échelles mégascopiques et microscopiques, il est possible de reconnaître localement des caractères primaires du protolite, tels que des amygdales de quartz, des phénocristaux de plagioclase et autres, montrant clairement qu'il s'agit d'un remplacement de la roche originale. Une bréchification et un remplissage par différents minéraux, à différentes époques sont aussi observés, indiquant ainsi une déformation par rupture fragile continue dans le temps.

Dans ce chapitre seront discutés: la géométrie du gisement, les types de minéralisation, les paragénèses associées à la minéralisation aurifère et ses zones d'altération ainsi que les variations chimiques globales et

de certains minéraux à travers la zone.

3.2 GEOMETRIE DU GISEMENT

La minéralisation aurifère est presque entièrement contenue dans une zone de cisaillement qui recoupe perpendiculairement les unités volcaniques et le stock d'O'Brien à sa bordure (Fig. 7). Plus de 95% du gisement exploité est contenu dans les unités volcaniques, la balance des réserves est localisée dans la masse granitique principale et certains de ses dykes. La surface de la zone délimitée par forage de surface, s'étend sur plus de 1 150 mètres, mais la partie exploitée s'étend sur 460 mètres, de la limite ouest de la propriété jusqu'au contact ouest du stock d'O'Brien (Buro, 1984). Pour le moment, elle est exploitée jusqu'au 12ième niveau et la zone semble se prolonger en profondeur.

Une seconde zone, appelée "veine A", orientée parallèlement aux systèmes de failles WAC, a été découverte récemment.

L'attitude générale de la zone aurifère principale est N113⁰ avec un pendage moyen de 60⁰ vers le sud. L'orientation varie progressivement en s'éloignant du stock et tend à devenir E-W. Le pendage, quant à lui, devient

sub-horizontal (20°) entre le premier et le second niveau, lors de sa rencontre avec une faille horizontale, il varie près de certains dykes, et devient vertical et même à pendage inverse dans les niveaux inférieurs (6ième et 7ième) (Fig.8).

L'épaisseur moyenne de la zone minéralisée est de 2 mètres et atteint jusqu'à 13 mètres par endroits.

Dans les roches volcaniques la minéralisation correspond à une zone d'altération d'apparence silicifiée et hématisée souvent limitée d'un côté par un plan de faille, qui peut constituer la dernière phase de cisaillement accompagnant les contraintes du comportement résiduel. Ce contact est franc et rectiligne. Peu de veinules le traversent . Le plan de faille se trouve alternativement dans le mur ou le toit de la minéralisation. L'autre contact, parfois franc, est plus souvent irrégulier et graduel. Une série de veinules traversent dans l'encaissant et forme quelquefois des zones minéralisées secondaires, à angle avec la principale. Même si elles sont très minces, les zones minéralisées secondaires (Fig. 9) ont souvent une grande extension et contiennent des valeurs significatives en or (Buro, 1984). Localement la zone minéralisée se subdivise en deux zones rapprochées et parallèles (Fig. 9).

A l'approche des dykes granitiques, la zone minéralisée se comporte de diverses façons. Dans le cas des dykes

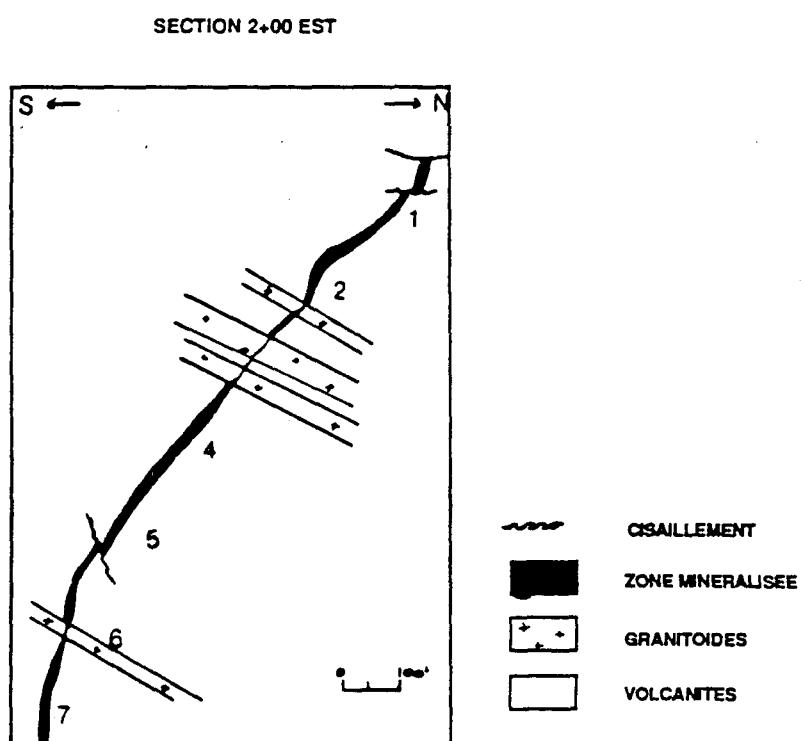


Figure 8: Section transversale 2+00 est de la mine, montrant les variations en épaisseur et en pendage de la zone minéralisée. Buro (1984)

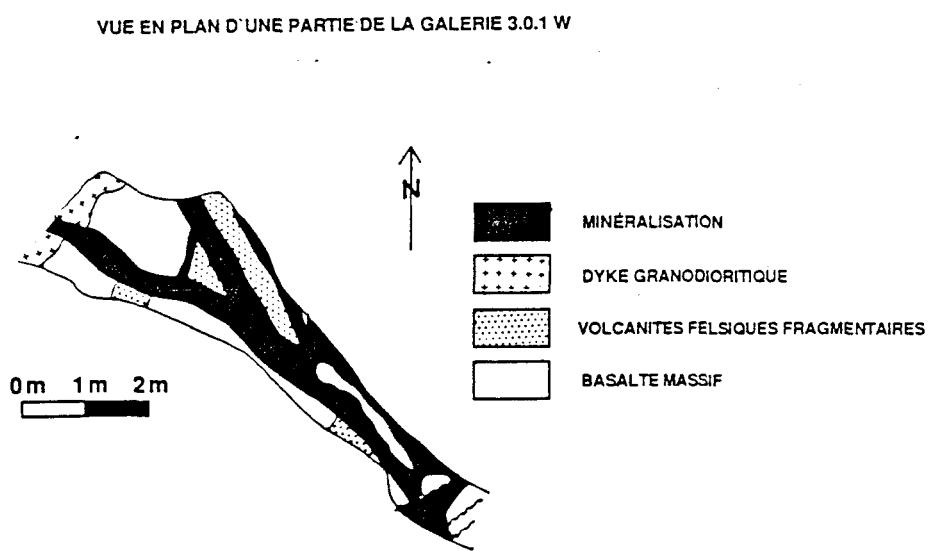


Figure 9: Vue en plan de la zone minéralisée. Elle se ramifie et se subdivise en deux zones parallèles. (Galerie 3-0-1 ouest)

tardifs (à biotite), elle est tronquée et présente une remobilisation en bordure. Près des dykes précoces (à hornblende et à biotite), la minéralisation présente fréquemment un gonflement asymétrique le long des dykes (Fig. 5), mais les traversent également. Le gonflement est interprété comme étant dû à la circulation du fluide dans cette zone perméable causé par la fusion de deux systèmes de contraintes qui en se superposant, augmentent leur concentration et provoque une surfracturation. Dans la masse principale de l'intrusion, la minéralisation est contenue dans le granitoïde cataclasé et altéré, le long d'une fracture en cisaillement, qui est dans l'alignement de la structure minéralisée principale dans les volcanites. Quelques fractures secondaires ont aussi été observées. Il est rare d'observer une veine de quartz cataclasé dans les dykes mais elles sont fréquemment présentes dans la masse granitique principale. La largeur de la structure aurifère, plus restreinte dans les roches granitoides que dans les volcanites (Fig. 5 et 8), met en évidence les différences de perméabilité, de comportement physico-mécanique et de réactivité de ces deux groupes de roches.

La minéralisation contenue dans la veine A se situe dans une zone de cisaillement d'orientation ENE, parallèle au système de failles WAC qui déplace la structure principale. A l'exception de la veine A, ces dernières ne

contiennent généralement pas des teneurs économiques en or, mais elles présentent toujours une altération de couleur beige orangé, similaire en apparence à celle de la zone minéralisée sauf pour un contenu moins élevé en pyrite et la présence d'un rubannement mylonitique qui y est toujours facilement décelable. Quelques zones mineures, discontinues, d'orientation NNE à NE se retrouvent dans les failles transversales, surtout entre les sections de la zone principale. Ce sont des lambeaux de cette dernière, appelées "drag ore", terme employé par la mine, et ne représentent qu'une très faible proportion du gisement.

Tel que mentionné dans l'historique, une zone minéralisée de moins grande envergure, du côté est du stock, était à l'origine de la découverte de la mine. Elle présente des caractéristiques similaires à celles de la zone principale.

3.3 TYPES DE MINERALISATION

3.3.1 Minéralisation dans les roches volcaniques

La zone aurifère typique se présente comme une zone d'altération hématitique souvent accompagnée d'impregnations

de quartz et parfois d'une altération beige. La minéralisation consiste de 2 à 10% de pyrite fine (0,5 à 2 mm) disséminée. L'or est rarement visible à l'oeil.

Les structures internes de la zone minéralisée sont très variées, complexes et entraînent parfois des interprétations contradictoires, à l'échelle même de l'échantillon. Dans les roches volcaniques, la minéralisation a parfois un aspect massif (Pl. 3a), mais plus souvent des veinules d'épaisseur millimétrique forment un arrangement en stockwork (Pl. 3b), suggestif d'une zone en tension. Cet arrangement est typique de la minéralisation à Bachelor. Plus rarement les évidences d'une déformation ductile en compression sont démontrées par un rubannement, formé d'une alternance de bandes rougeâtres et verdâtres à l'intérieur de la zone (Pl. 3c).

Différents types de brèches forment environ 15% du minérai:

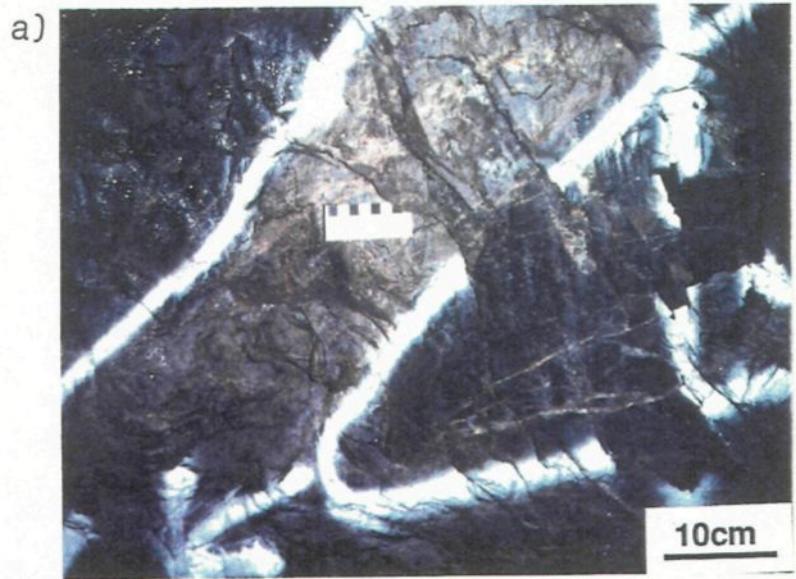
- les brèches à matrice de quartz gris foncé (Pl. 4a)
- les brèches à matrice de quartz blanc (Pl. 4b)
- les brèches à matrice de chlorite, fluorite et carbonates (Pl. 4c)
- et les brèches à matrice de carbonates (Pl. 4d).

Les brèches à matrice de quartz gris foncé contiennent des petits fragments (centimétriques au plus)

Planche 3

- (a) Minéralisation du type massif montrant une altération beige rougeâtre.
- (b) Veinules présentant un arrangement en stockwork, minéralisation typique de la mine Bachelor.
- (c) Le rubannement mylonitique souligné par l'alternance de bande rougeâtre et noirâtre forme un angle avec la bordure de la zone minéralisée.(vue du toit)

PLANCHE 3



b)



c)

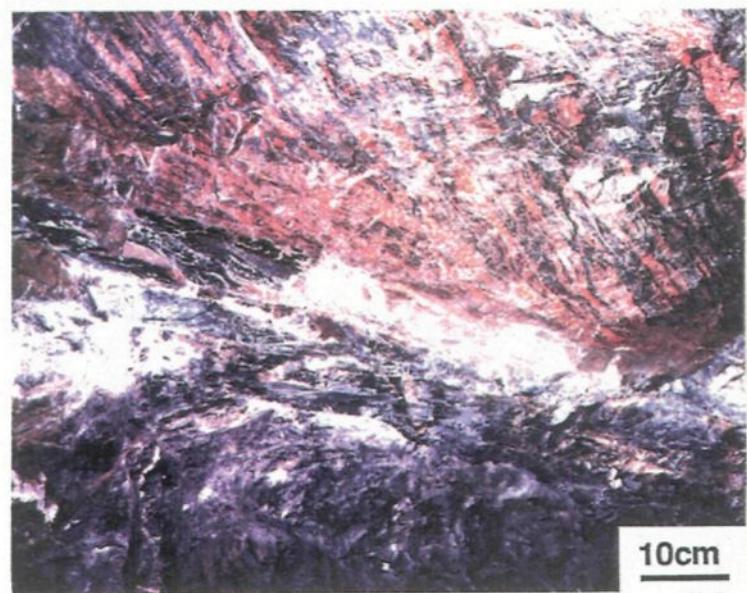
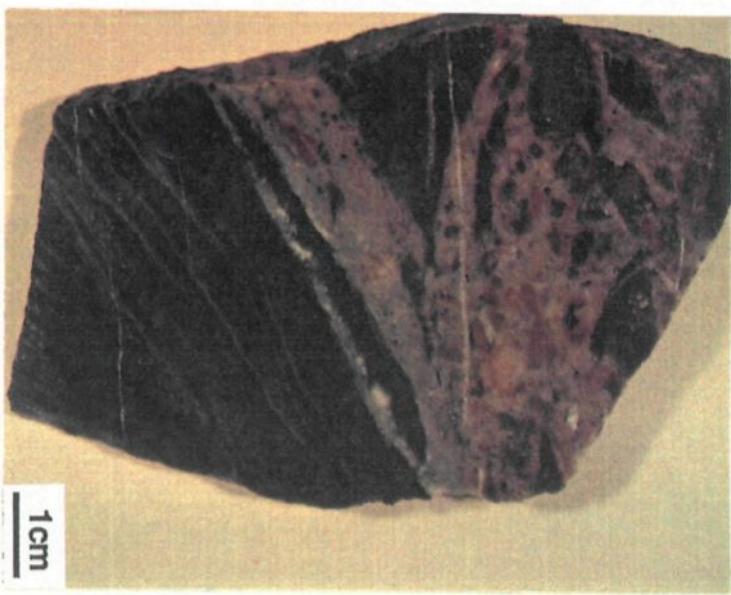
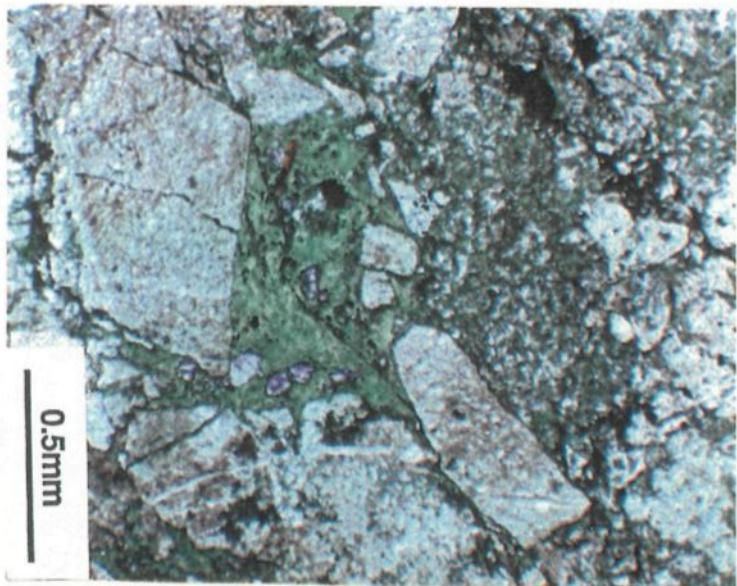


Planche 4

- (a) Brèche à matrice de quartz gris foncé contenant des fragments millimétriques à centimétriques de volcanites altérées en carbonates et en hématite.
- (b) Brèche à matrice de quartz blanc, non déformé, comprenant des fragments anguleux de volcanites altérés et montrant un rubannement mylonitique.
- (c) Photomicrographie d'une brèche à ciment de chlorite, de fluorite et de carbonates séparant des fragments anguleux de volcanites fortement altérées en hématite et en feldspaths potassiques (Lumière transmise, naturelle).
- (d) Brèche à matrice de carbonates (ankérite). Les fragments sont sub-arrondis à anguleux et ils sont non altérés à fortement altérés en carbonates.

PLANCHE 4



anguleux, provenant de la zone altérée. Les fragments se distribuent en bandes et rubans dans le quartz; certains présentent des foliations qui varient en attitude d'un fragment à l'autre, indiquant que la fracturation fragile a suivi la déformation ductile. Le ciment de quartz est complètement cataclasé, lui donnant sa couleur gris foncé. La brèche se dispose de façon lenticulaire à l'intérieur ou à la bordure de la zone minéralisée et présente des contacts nets avec son encaissant, démontrant que la fracturation fragile était moins étendue que la zone de cisaillement, sur une zone qui pourrait s'apparenter à une faille dans le domaine fragile.

La brèche à matrice de quartz blanc, de forme tabulaire, irrégulière et lenticulaire, s'oriente parallèlement ou légèrement à angle avec la zone minéralisée et présente des contacts nets avec son encaissant. Elle est constituée de fragments minéralisés, dont la taille moyenne est de 25 cm. Les fragments sont anguleux et présentent souvent une foliation et même parfois un rubannement centimétrique qui garde à peu près la même orientation dans les différents fragments. Localement la minéralisation en stockwork peut former la presque totalité des fragments de la brèche. Souvent il est possible d'emboîter les fragments les uns dans les autres comme un casse-tête. Les fragments ne se touchent pas, ils sont cimentés par du quartz formant

jusqu'à 70% de la roche. Des teneurs aurifères plus élevées ont été remarquées dans ce type de brèche. L'or se retrouve et dans les fragments et dans le ciment de quartz.

En plusieurs endroits une brèche à fragments millimétriques à centimétriques, de forme anguleuse à sub-arrondie, contenue dans une zone d'épaisseur variable (quelques millimètres à plusieurs centimètres) recoupe la zone minéralisée. L'abondance de matrice varie de 2 à 40%. La composition des fragments reflète la lithologie hôte. Dans la zone minéralisée, les fragments altérés sont entourés d'une matrice constituée de poussière de roche, sauf dans un cas près du stock d'O'Brien où les interstices entre les fragments minéralisés sont remplis par de la chlorite, de la fluorite et des carbonates.

La brèche à matrice de carbonates se trouve à la limite ouest de la mine. La zone minéralisée est biseautée à ce point. Le carbonate forme de grandes plages non-déformées, entourant des fragments sub-arrondis, minéralisés ainsi que des fragments non altérés et non déformés. L'orientation de la foliation dans les différents fragments est quelconque. Le ciment occupe de 20 à 80% de la roche. Une transition progressive entre la minéralisation typique et cette brèche s'accompagne d'un amincissement de la structure aurifère.

Les variations texturales étaient initialement interprétées comme le résultat de la circulation de fluides

dans une zone en tension, produisant les textures en stockwork, suivi d'une période de déformation en compression donnant localement un rubannement mylonitique. Les brèches, formées lors d'une période de déformation en tension se développent avant la période de déformation ductile, en compression, ou pendant une nouvelle période de déformation en tension (Buro, 1984). Une nouvelle interprétation pour expliquer ces variations texturales sera proposées dans le chapitre 5.

3.3.2 Minéralisation dans le stock d'O'Brien

Dans le stock d'O'Brien, la minéralisation se trouve principalement le long d'une fracture ou d'une veine de quartz cataclasé. Les épontes granitiques montrent une cataclase importante qui s'accompagne d'une altération hématitique. Un chantier complet, formé d'enclaves de volcanites, a été exploité (Buro, 1984) à la bordure ouest du stock. La taille des enclaves varient du centimètre à plus de 2 mètres. Elles sont soit totalement ou partiellement altérées et d'autres sont fraîches. La zone de blocs minéralisés est dans l'alignement à la zone aurifère contenue dans les volcanites.

3.4 ETUDE PETROGRAPHIQUE ET TEXTURALE DE LA ZONE MINERALISEE ET DE SES EPONTES.

La minéralogie de la zone aurifère est relativement simple puisque les carbonates, le quartz et la séricite ou les feldspaths potassiques forment plus de 90% de la roche, peu importe le type d'encaissant. La zone minéralisée comprend également de la pyrite, de l'hématite, de la magnétite, de la chlorite, de la biotite, du leucoxène, du rutile et des quantités accessoires de chalcopyrite, de galène, de sphalérite, de pyrrhotite, de fluorite, de molybdénite, d'apatite et d'or. Comme l'apparition des nouveaux minéraux s'accompagne de la disparition totale des amphiboles et de l'épidote et d'une diminution drastique de la quantité de chlorite, le degré d'altération paraît beaucoup plus intense dans les roches mafiques que dans les roches felsiques qu'elles soient d'origine volcanique ou ignée. Et donc les proportions variables des différents minéraux dépendent en partie du protolite. La réduction de grains est toutefois plus marquée dans les roches granitiques.

La description des minéraux d'altération constituant la zone aurifère et ses épontes est la suivante:

Le quartz forme de 5 à 75% de la zone minéralisée. Il se présente sous différents aspects: parfois il forme des veinules précoces, d'ordre millimétrique à centimétrique, déformées. Le quartz présente alors des extinctions ondulantes, forme des sous-grains ou des agrégats recristallisés. Dans d'autres cas, il est sous forme d'imprégnations, où il a aussi subit une déformation dénotée par les bandes de quartz cataclasé, à grain très fin. La cataclase est responsable de la couleur gris foncée du quartz. Ce type de quartz forme la matrice des brèches à ciment de quartz gris foncé.

Un quartz lamellaire (Pl. 5a), souvent accompagné d'un mica, se développe dans les franges de pression de la pyrite, témoignant d'une cristallisation en période de contrainte.

Un quartz non déformé, forme le ciment des brèches à matrice de quartz blanc. Ce type de quartz présente de nombreuses inclusions fluides qui forment des traînées et traversent les joints de grains.

Les différents états de déformation du quartz indiquent plus d'une période de déposition, tel que déjà proposée par Graham (1957).

Dans les roches granitiques, le feldspath potassique remplace le plagioclase. Les cristaux varient en taille selon

le degré de cataclase, ils montrent des macles pliées et une recristallisation à leur bordure. Dans les roches volcaniques, le feldspath potassique est sans doute le minéral le plus abondant avec le quartz, il forme des agrégats microcristallins à bordure de grains sérieux qui confèrent un aspect cataclastique à la roche. Le feldspath potassique se reconnaît microscopiquement à sa teinte de polarisation gris foncé et par de nombreuses inclusions très fines d'hématite, qui se localisent surtout à la bordure des grains. Ce sont d'ailleurs ces inclusions qui donnent la couleur rouge brique à la zone minéralisée.

Dans les portions de la zone minéralisée présentant un aspect massif et des structures en stockwork, la coloration au nitrate de potassium a permis de mettre en évidence une foliation très fine et bien développée, marquée par des rubans de feldspaths potassiques (Pl. 5b) indiquant une déposition pré- ou syn-cinématique.

Les feldspaths potassiques, en position de croissance antitaxiale sur les cristaux de pyrite indiquent une croissance syntectonique (Pl. 5c) (Ramsay et Huber, 1983, Durney et Ramsay, 1973). La pyrite est souvent corrodée au contact avec les feldspaths potassiques hématisés, ce qui indique un âge relatif plus vieux pour la pyrite.

Les feldspaths potassiques se développent aussi en veinules qui recoupent la foliation définie par les micas

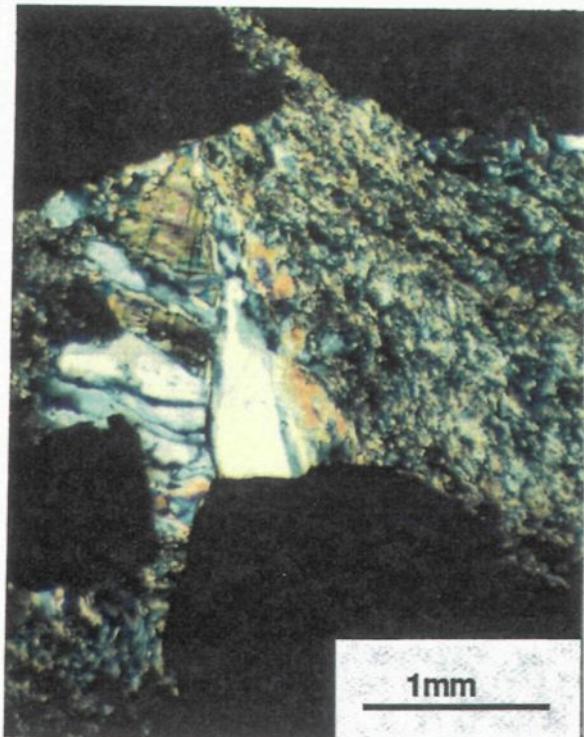
Planche 5

(a) Photomicrographie de la zone minéralisée montrant une frange de pression de quartz lamellaire et de micas blancs autour d'un cristal de pyrite (Lumière transmise, nicols croisés)

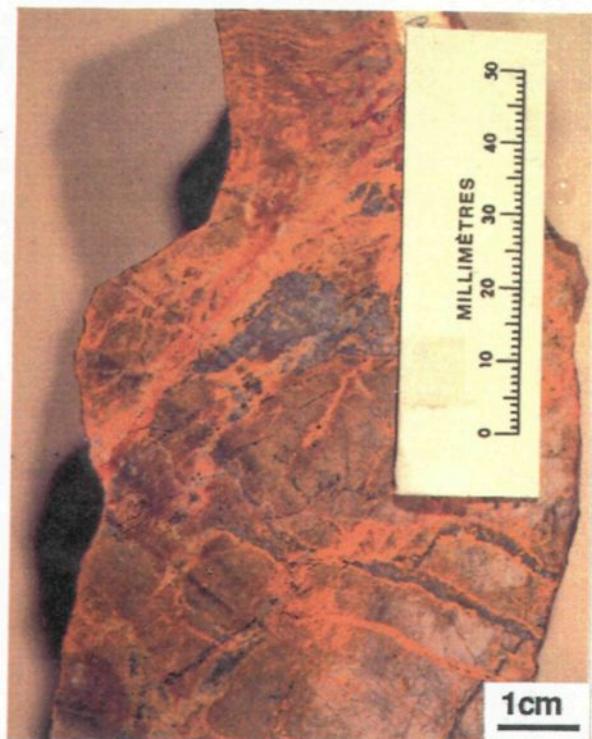
(b) Coloration au nitrate de potassium d'un échantillon de la zone minéralisée. Le feldspath potassique est développée le long de la foliation et en veinules.

(c) Photomicrographie de la zone minéralisée montrant la microcline dans les franges de pression de la pyrite. La pyrite est corrodée au contact des feldspaths potassiques à cause de la présence d'hématite, toujours associée au feldspath potassique. (Lumière transmise, nicols croisés)

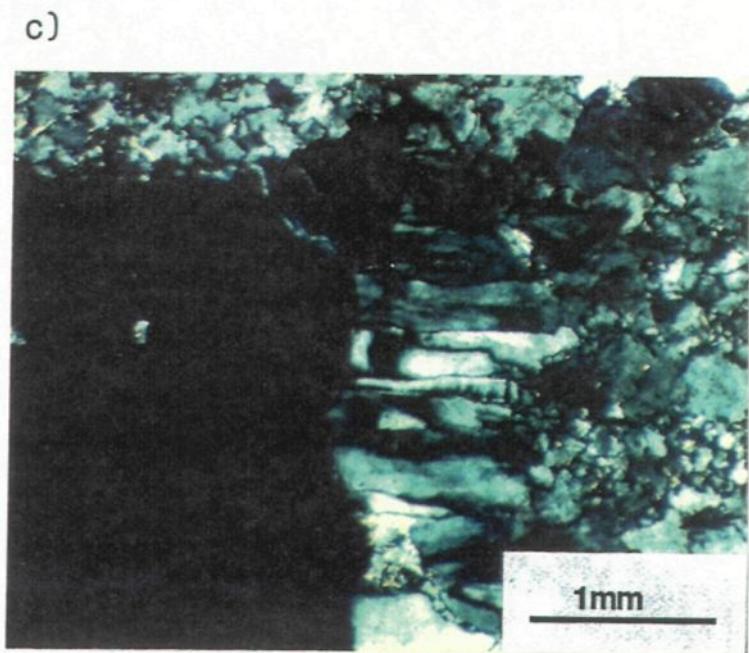
PLANCHE 5



a)



b)



c)

blancs.

Les micas blancs forment soit des petits cristaux orientés, définissant la foliation, ou se trouvent dans les franges de pression de la pyrite (Pl. 5a).

La biotite forme une faible porportion de la zone minéralisée, et correspond à moins de 5% des minéraux constituants la minéralisation. Elle se présente de la même façon que le mica blanc, i.e., dans les franges de pression de la pyrite. Certains cristaux sont orientés et définissent une foliation, ou ils sont aléatoires, en baguettes, dans les veinules de biotite-chlorite tardives.

La chlorite ne forme pas plus de 1% de la zone minéralisée, mais elle est toujours présente. Elle est concentrée dans les franges de pression de la pyrite, disposée parallèlement à la bordure du cristal. Souvent elle se trouve en veinules qui recoupent la foliation interne et les cristaux de pyrite ou forme la matrice de brèches dont les fragments sont composés de feldspaths potassiques et de pyrite. Dans ces cas, elle s'accompagne fréquemment de carbonates et plus rarement de fluorite. A l'extérieur de la zone minéralisée, la chlorite se retrouve dans des veinules où elle montre une croissance fibro-radiale avec l'hématite

dans ses clivages.

Les carbonates se retrouvent en veinules et\ou disséminés dans la zone minéralisée. Leurs états de déformation indiquent que la carbonatisation s'est produite pendant une période relativement longue, mais surtout pendant la phase tardive de l'altération.

Certaines veinules sont sigmoidales (Pl. 6a) d'autres sont rectilignes, mais contiennent des cristaux de carbonates sigmoidales (Pl. 6b). Les dernières veinules à se mettre en place recoupent tout et forment souvent un réseau en stockwork. Elles contiennent aussi de la chlorite et plus rarement de la fluorite, de la sphalérite et de la chalcopyrite.

Souvent les veinules de carbonates recoupent les veinules de feldspaths potassiques, mais l'inverse a aussi été observé.

Les carbonates d'altération, essentiellement de la calcite, idiomorphe et poecilitique (Pl. 6c), contiennent de nombreuses inclusions d'oxydes de fer à leur bordure. L'alignement des cristaux de carbonates parallèlement à la foliation témoigne d'une formation syn-tectonique.

La fluorite, en trace dans la zone minéralisée, a été reconnue dans les veinules tardives (Pl. 6d) recoupant la

Planche 6

- (a) Photomicrographie d'une veinule sigmoïdale de carbonates dans la zone minéralisée (Lumière transmise, nicols croisés)
- (b) Photomicrographie d'une veinule en tension, remplie de carbonates avec une forme sigmoidale indiquant une croissance pendant la déformation (Lumière transmise, nicols croisés).
- (c) Photomicrographie de la zone minéralisée, riche en cristaux de carbonates idiomorphes, disséminés. Les cristaux sont riches en inclusions de petits cristaux d'oxydes, surtout à leur bordure (Lumière transmise, naturelle).
- (d) Photomicrographie d'une veinule de fluorite rectiligne recoupant un amas de pyrite (Lumière transmise, naturelle).

PLANCHE 6



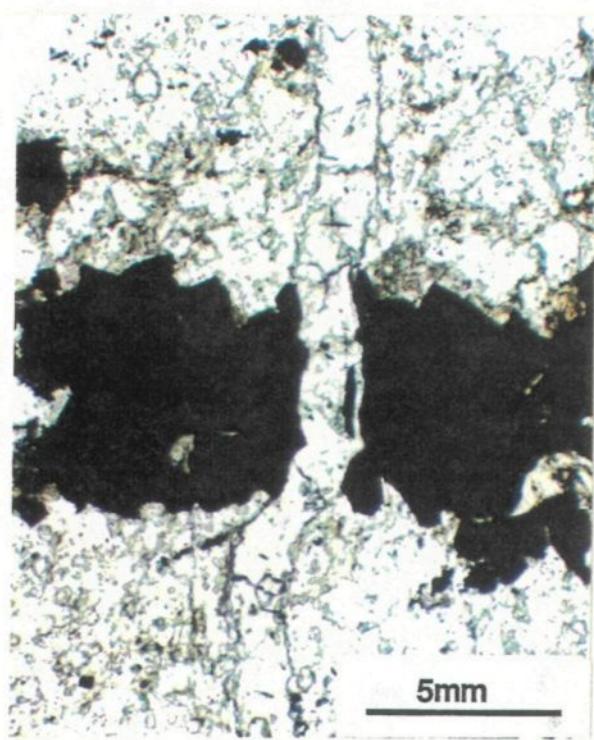
a)



b)



c)



d)

foliation interne de la zone minéralisée, ou formant le ciment de certaines brèches.

La pyrite est le minéral opaque le plus abondant de la zone minéralisée, elle se présente en grains disséminés, en plages allongées parallèlement à la foliation ou en cristaux hypidiomorphes, dans des veinules à l'extérieur de la zone de déformation.

Les cristaux disséminés, dont la taille varie de 0.1mm à 2 mm présentent des formes idiomorphes, souvent poecilitiques. Les principales inclusions sont la chalcopyrite, la pyrrhotite, la magnétite s'altérant en hématite, le rutile, la séricite, la galène et l'or. Les cristaux sont fréquemment entourés de franges de pression de quartz lamellaire accompagné de séricite, de biotite et de chlorite ou de feldspaths potassiques.

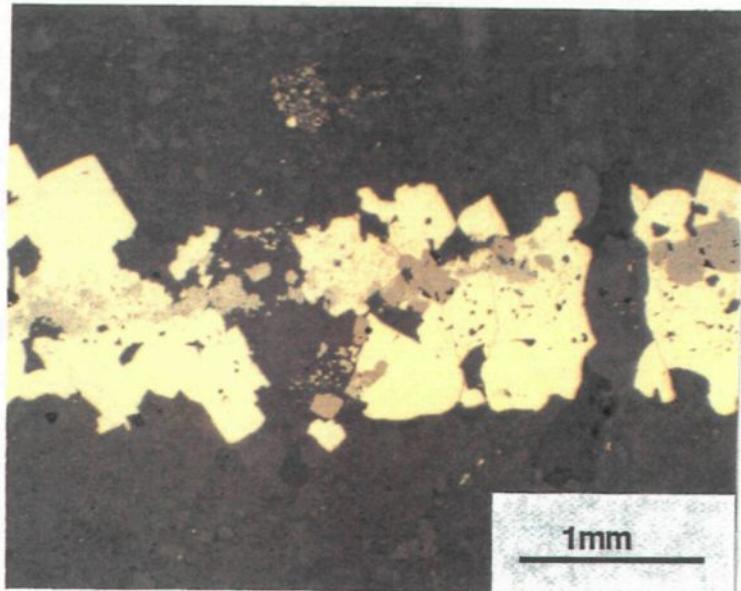
La pyrite forme aussi des grandes plages allongées parallèlement à la foliation. Elle présente des textures cataclastiques, les fractures sont remplies par de la chalcopyrite, de la galène ou de l'or (Pl. 7a). Quelques veinules de carbonates et de chlorite recoupent aussi la pyrite (Pl. 7b).

En bordure de la zone minéralisée, la pyrite se présente en veinules dans certains cas en remplacement de la magnétite et de l'hématite ou l'inverse (Pl. 7c).

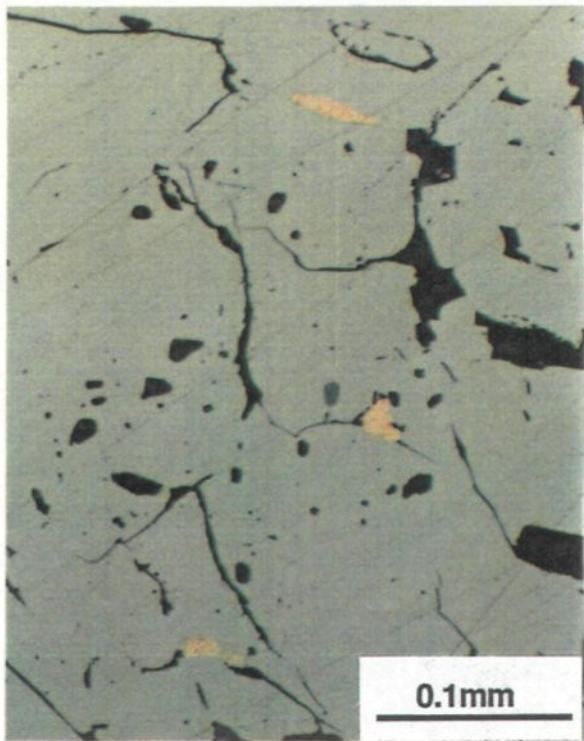
Planche 7:

- (a) Photomicrographie de l'éponte de la zone minéralisée montrant des cristaux de pyrite (jaune pâle) qui croissent sur une veinule de magnétite (gris brun foncé) et d'hématite (gris pâle). Les cristaux sont recoupés par une veinule de chlorite et de carbonates (Lumière réfléchie, naturelle).
- (b) Photomicrographie de la zone minéralisée montrant une plage d'or contenue le long de fractures dans les cristaux de pyrite (Lumière réfléchie, naturelle).
- (c) Photomicrographie de l'éponte de la zone minéralisée montrant des cristaux de pyrite (blanchâtre) partiellement remplacé par la magnétite (gris foncé) qui est localement hématisé (gris bleu pâle). Noter la forme idiomorphe des cristaux de pyrite qui sont en contact avec la chalcopyrite (jaune), comparativement avec celle en contact avec la magnétite ou l'hématite (Lumière réfléchie, naturelle).

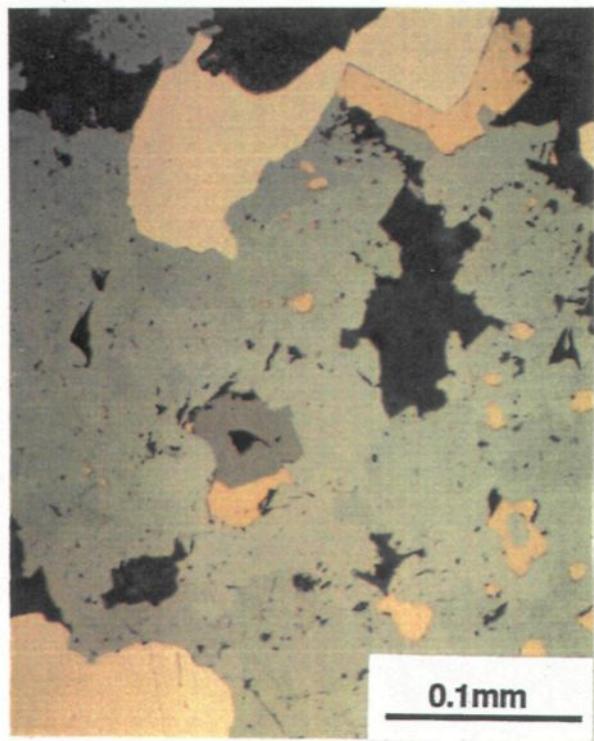
PLANCHE 7



a)



b)



c)

L'hématite , en plus de se trouver en inclusions diffuses dans les feldspaths potassiques, forme aussi des plages allongées, parallèles à la foliation, en remplacement de la magnétite et de la titano-magnétite, et dans des veinules, dans les clivages de la chlorite. Quelques veinules d'hématite spéculaire recoupent aussi la foliation.

Le leucoxène, en petits cristaux xénomorphes disséminés, se concentre le long de bandes concordantes à la foliation, ou comme le rutile il pseudomorphe la titanomagnétite et le sphène.

La magnétite forme des cristaux disséminés à l'extérieur de la zone minéralisée, certains cristaux contiennent des inclusions de pyrite. A l'intérieur de la zone minéralisée, la magnétite est absente sauf quand elle est en inclusions dans la pyrite.

La chalcopyrite se retrouve non seulement en inclusion et dans les fractures de la pyrite, mais aussi en intercroissance avec l'hématite fibro-radiale et en remplacement de la sphalérite.

La pyrrhotite, seulement observée en inclusion dans la pyrite, présente des bordures mutuelles avec la chalcopyrite.

La sphalérite, tardive dans la paragénèse minérale, a seulement été observée dans les veinules de carbonates et fluorite.

L'or se retrouve à l'état natif, associé à la pyrite dans 95% des cas. Il remplit les fractures, et occupe des petites inclusions globulaires formant des traînées linéaires, suggérant d'anciennes fractures, soudées par la suite. Dans quelques rares cas, il n'y a aucune évidence de fracture suggérant la possibilité de deux épisodes de déposition de l'or. Souvent l'or est accolé à la surface de cristaux de pyrite. Plus rarement, il est libre dans la gangue, soit associé aux carbonates, ou soit dans des fractures dans les feldspaths potassiques, dans le quartz ou dans le rutile.

La galène présente des bordures mutuelles avec l'or, sa paragénèse lui est similaire indiquant une période de déposition synchrone. La galène, par contre se retrouve uniquement dans les échantillons prélevés dans l'intrusif et dans sa zone de contact immédiate.

La molybdénite a seulement été observée dans les fractures du granite cataclasé.

Une synthèse des observations concernant les relations temporelles entre les différentes phases constituant la zone minéralisée sont présentée sous forme d'un tableau paragénétique à la figure 10.

3.5 PATRON D'ALTERATION DANS LA ZONE MINERALISEE ET SES EPONTES

En faisant une coupe à travers la zone minéralisée, les études pétrographiques permettent de distinguer quatre (4) assemblages minéralogiques, basé sur la présence ou l'absence de certains minéraux. La première correspond à la roche encaissante non altérée, caractérisée par un assemblage de minéraux métamorphiques du faciès des amphibolites inférieures près du stock d'O'Brien, ou celui des schistes verts en s'éloignant. Plus près de la zone minéralisée, un assemblage composé d'épidote- carbonates (calcite)-chlorite-pyrite et de magnétite constitue la zone d'altération propylitique déjà reconnue par McQuade (1981).

PARAGENESE DES MINERAUX D'ALTERATION

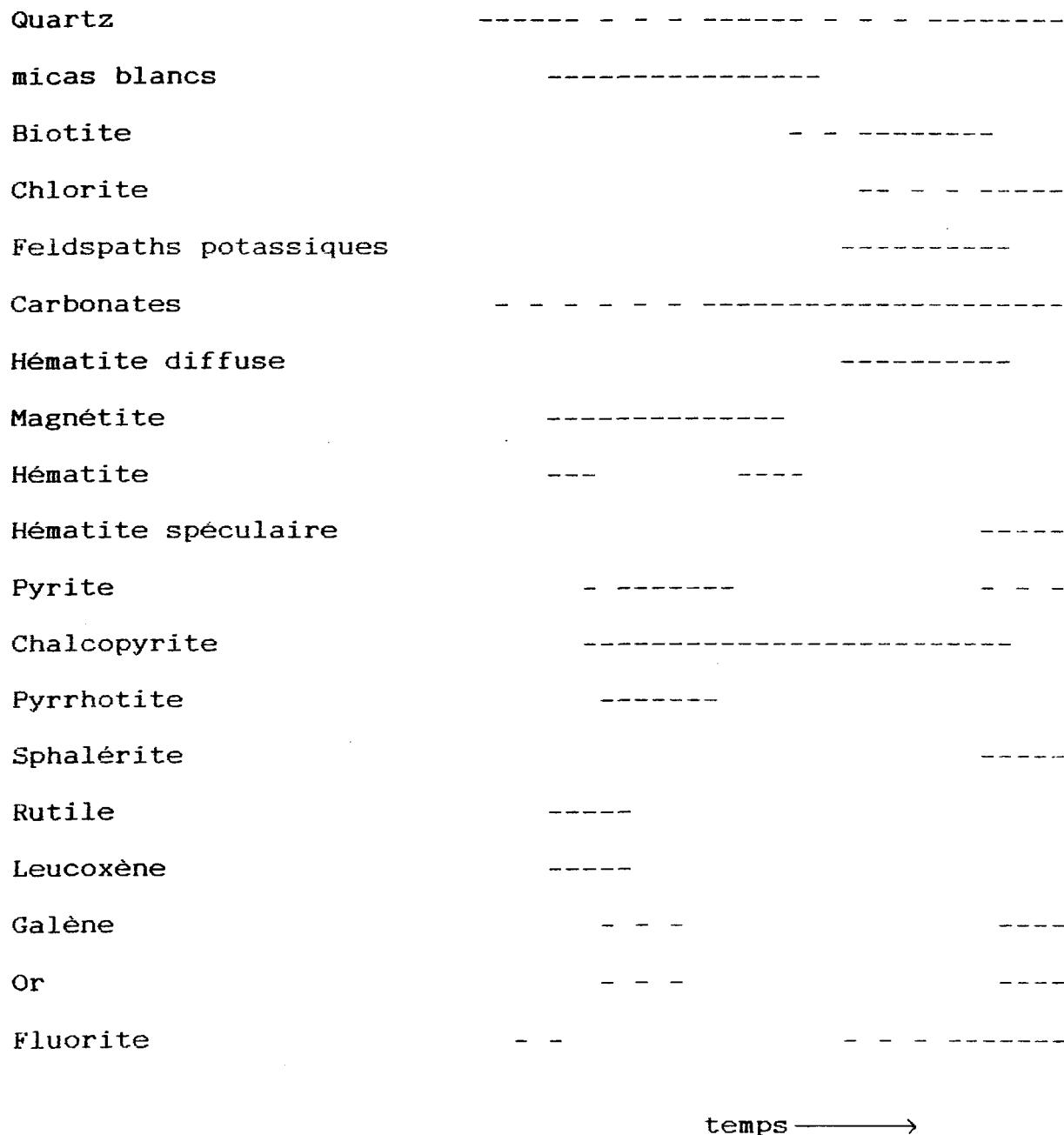


Figure 10: Tableau paragénétique des minéraux d'altération composant la zone minéralisée

La zone minéralisée proprement dite comprend deux assemblages minéralogiques : un assemblage composé de séricite-quartz-pyrite-magnétite appelé zone séricitique et un assemblage formé de feldspaths potassiques-hématite-pyrite-carbonates (ankérite et calcite), appelé zone d'altération potassique. Elles contiennent toutes les deux de l'or.

3.5.1 La zone d'altération propylitique

La zone d'altération propylitique (Pl. 8a) comprend des veinules composées d'épidote, de carbonates, de chlorite et de pyrite avec ou sans magnétite, dont l'abondance croît en approchant la zone minéralisée. Les veinules ont généralement moins de 5 mm d'épaisseur et leurs épontes sont enrichies en épidote. Ces veinules recoupent la schistosité régionale, ainsi que des cristaux de hornblende et de grenat, issus du métamorphisme de contact produit lors de l'intrusion du stock d'O'Brien. A leur tour, elles sont recoupées par des veinules de feldspaths potassiques et de carbonates (Pl 8a).

3.5.2 La zone d'altération séricitique

La zone d'altération séricitique est constituée de séricite, de pyrite, de quartz et de magnétite avec plus ou

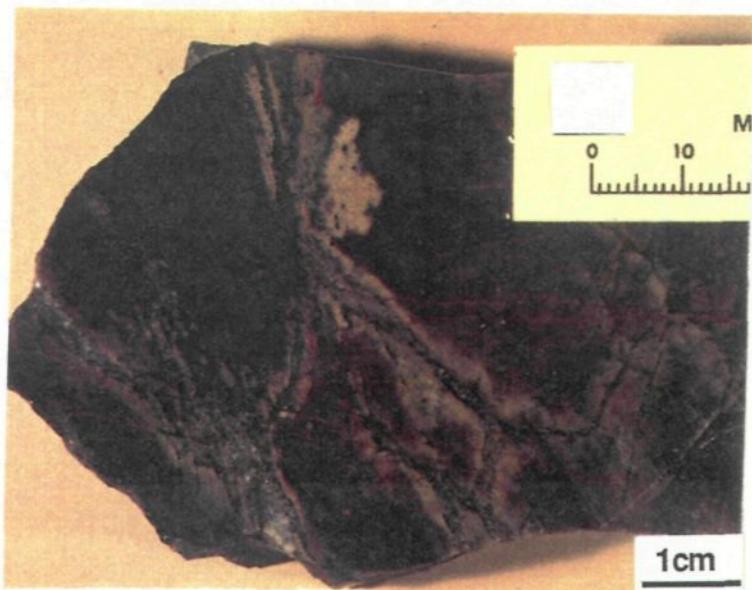
moins de biotite. Les amphiboles et l'épidote y sont complètement absents. Mégascopiquement, la roche est noirâtre à vert pâle selon la quantité de biotite et de séricite, elle est cisaillée et traversée par des petites veinules millimétriques de pyrite. Cet assemblage se retrouve de part et d'autres et parfois sous forme lenticulaire à l'intérieur de la zone potassique. L'étendue de cette altération est difficile à estimer du fait que souvent elle se distingue difficilement des roches fraîches si ce n'est que par la présence de pyrite. Dans la section étudiée, elle ne dépasse pas 1 mètre d'épaisseur de chaque côté de la zone minéralisée visible. Dans la zone minéralisée principale, la zone séricitique présente une forte déformation, caractérisée par le développement d'une schistosité fine, définie par les micas orientés et l'aplatissement du quartz. Par contre, dans certaines minéralisations secondaires, les textures de déformation sont absentes: la séricite se développe de part et d'autres de fractures, en remplacement de la hornblende (Pl. 6b) produite lors du métamorphisme de contact de l'intrusion, indiquant comme dans le cas de l'altération propylitique un âge tardif au pic du métamorphisme de contact de l'intrusion. Malheureusement la relation temporelle entre les zones propylitique et séricitique n'a pas été observé. Les zones séricitiques contenues dans la zone d'altération

Planche 8

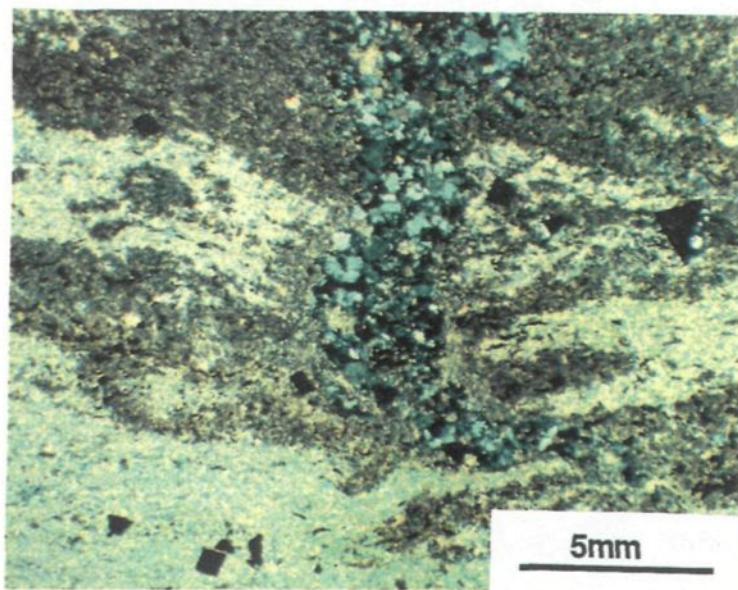
(a) Echantillon provenant du mur de la zone minéralisée. Les nombreuses veinules d'épidote, de carbonates, de chlorite et de pyrite sont traversés par des veinules de feldspath potassique.

(b) Photomicrographie de la zone séricitique montrant une veinule de feldspath potassique qui recoupe l'altération séricitique. La forme de la veinule suggère que les contraintes étaient encore actives dans cette zone lors de sa formation. (Lumière transmise, nicols croisés).

PLANCHE 8



a)



b)

potassique sont fréquemment recoupées par des veinules de feldspaths potassiques (Pl. 8b) et de carbonates, plaçant l'altération potassique à la toute fin de l'épisode d'altération.

3.5.3 La zone potassique

La zone d'altération potassique constitue la zone qui est présentement exploitée et son altération visible en permet une délimitation facile et rapide. Elle est caractérisée par un assemblage de feldspaths potassiques, d'hématite diffuse, de carbonates et de pyrite. La biotite y est souvent présente en trace. Microscopiquement, cette zone présente toujours des évidences de déformation ductile, bien qu'il ne soit pas toujours facile d'en reconnaître les évidences dans les échantillons mégascopiques.

3.5.4 Variations chimiques à travers la zone minéralisée

Dans le tableau 3 sont présentées les analyses chimiques effectuées sur des échantillons provenant d'un forage qui recourent la zone minéralisée, dans les volcanites felsiques. La position des forages et des échantillons est présentée à l'annexe 1. Un échantillon

Tableau 3: Résultats des analyses chimiques

N	c-3	c-7	c-20	c-21	c-22	c-25	c-32	c-35
%SiO ₂	61.13	63.74	60.58	60.99	62.68	60.56	60.66	62.96
%Al ₂ O ₃	11.62	13.68	12.46	11.52	12.16	12.28	12.29	13.32
%Fe ₂ O ₃ (t)	14.05	8.01	6.84	6.63	6.51	6.77	7.95	9.53
%Na ₂ O	3.28	4.63	3.74	4.60	4.65	6.00	4.38	5.40
%K ₂ O	0.39	0.73	1.91	1.50	1.29	1.53	1.71	1.23
%CaO	3.09	3.00	3.97	3.06	3.80	3.11	2.82	2.24
%MgO	1.01	0.64	0.66	0.37	0.50	0.50	0.67	0.96
%MnO	0.20	0.09	0.09	0.08	0.08	0.10	0.10	0.09
%TiO ₂	0.51	0.51	0.50	0.50	0.51	0.51	0.51	0.50
%P ₂ O ₅	0.19	0.10	0.14	0.19	0.14	0.07	0.13	0.12
%S	0.13	0.22	0.42	2.15	0.79	0.80	1.35	0.14
%CO ₂	0.35	1.00	3.60	3.60	4.39	4.04	4.25	1.00
%H ₂ O	0.50	0.80	0.70	0.30	0.50	0.20	0.30	0.10
Total	97.96	96.96	95.52	96.14	97.54	96.34	96.98	97.35

As (ppm)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3	<3
Ba (ppm)	160	240	230	240	150	230	390	210
Co (ppm)	34	22	14	16	16	10	20	30
Cr (ppm)	<2	2	<2	8	6	10	<2	<2
Mo (ppm)	<2	22	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Nb (ppm)	20	22	20	18	18	18	20	20
Ni (ppm)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Pb (ppm)	22	14	16	18	14	20	24	18
Rb (ppm)	18	32	76	40	58	26	52	30
Sr (ppm)	88	110	92	94	80	160	150	170
Y (ppm)	46	54	48	50	50	56	54	62
Zr (ppm)	270	360	330	280	320	320	320	340
Au (ppb)	<1	<1	1100	11000	3800	2700	4000	10

c-35 provient des éponges non-altérées, c-3 et c-7 de la zone propylitique, c-20 et c-22, de la zone séricitique, c- 21 et 25 de la zone potassique et c-30 contient les deux assemblages, l'assemblage potassique et séricitique.

provient d'une roche non altérée, et les autres proviennent de la zone séricitique, de la zone potassique et de la zone propylitique. Un traitement des analyses par la méthode de Gresens (1967) n'a pas été possible puisque seul la silice et l'oxygène montrent un comportement immobile.

Il est tout de même possible d'observer les augmentations appréciables dans le contenu en K₂O, en CO₂, en S, en H₂O et une légère augmentation du Ca dans les zones séricitiques et potassiques. Ces augmentations s'accompagnent d'une faible diminution du contenu en MgO et du Fe total. Dans la zone d'altération propylitique, la quantité de K₂O diminue, tandis que le CaO et le H₂O augmentent. Le S et le CO₂ demeurent inchangés. Très peu de variations sont observées pour la silice, l'aluminium et le titane.

Le rubidium, le strontium et l'or sont les seuls éléments traces dont les variations sont notables, le Rb et le Sr augmentent dans les zones séricitiques et potassiques, comparativement à la zone propylitique et à la zone non altérée, tandis que le Sr diminue dans toutes les zones d'altération par rapport à la roche fraîche.

3.5.5 Variations dans la chimie de certains minéraux à travers la zone minéralisée

Les carbonates présente une composition relativement

constante (annexe 3), ils sont presque tous des calcites qu'ils soient contenus dans des veinules déformées ou dans des veinules tardives rectilignes. L'ankérite n'a été reconnu que dans la brèche à matrice de carbonates.

Les compositions des chlorites provenant de la zone minéralisée et de ses éponges sont présentées à l'annexe 4 et ont été compilées sur le diagramme de Hey (1954) (Fig. 11). L'analyse à la microsonde ne permet pas la distinction du Fe+3 du Fe+2, cependant l'abondance d'hématite dans la zone minéralisée et l'intercroissance de l'hématite avec la chlorite dans les éponges suggèrent que ce sont des chlorites oxydantes. L'ensemble des analyses se situent près de la limite des champs de la ripidolite, de la brunsvigite et de la pycnochlorite. La composition des chlorites ne semblent pas varier de façon systématique à travers la zone minéralisée.

Les compositions des micas blancs analysées à la microsonde sont présentées à l'annexe 5. Leur contenu élevé en silice les placent soit dans la famille des phengites (Deer et al., 1966) et dans le cas où ils sont pauvres en potassium, dans la famille des illites (Ballantyne, 1981). Le diagramme K++Na+ versus la Si (Fig. 12) permet de distinguer ces deux types de micas: les illites proviennent de zones cisaillées (la zone minéralisée et les failles WAC) tandis

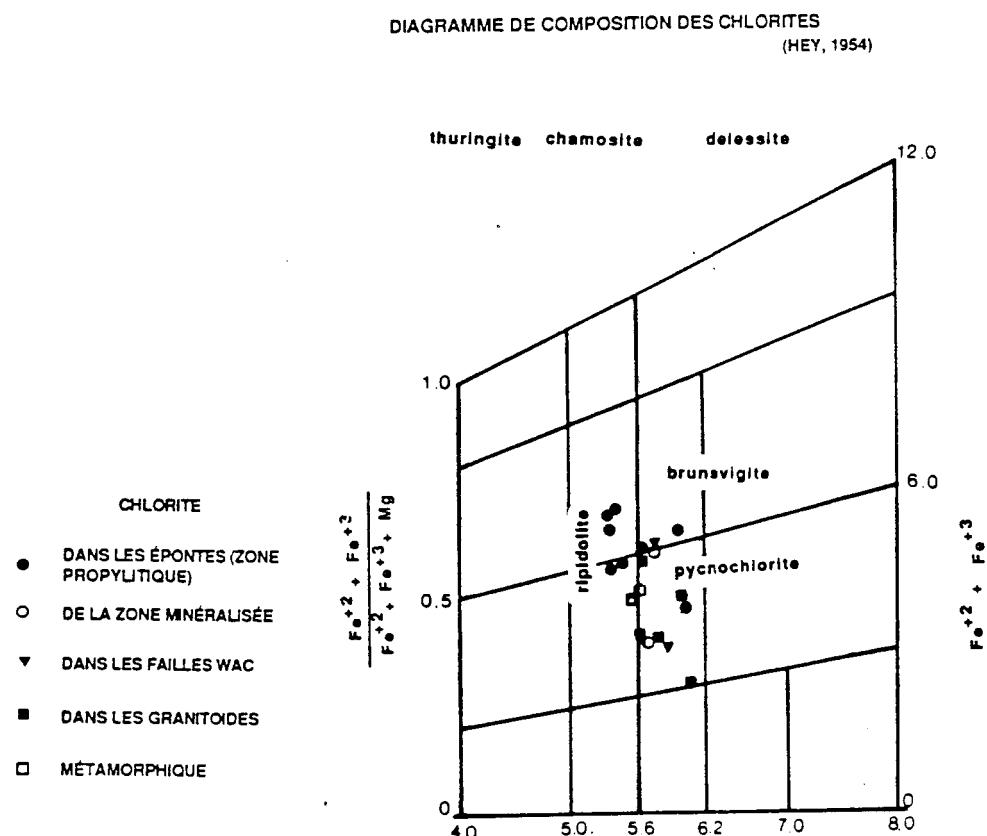


Figure 11: Diagramme de composition des chlorites dans les différentes zones de la mine Bachelor (Hey, 1954)

DIAGRAMME DU (K+Na) vs Si DANS LES MICAS BLANCS

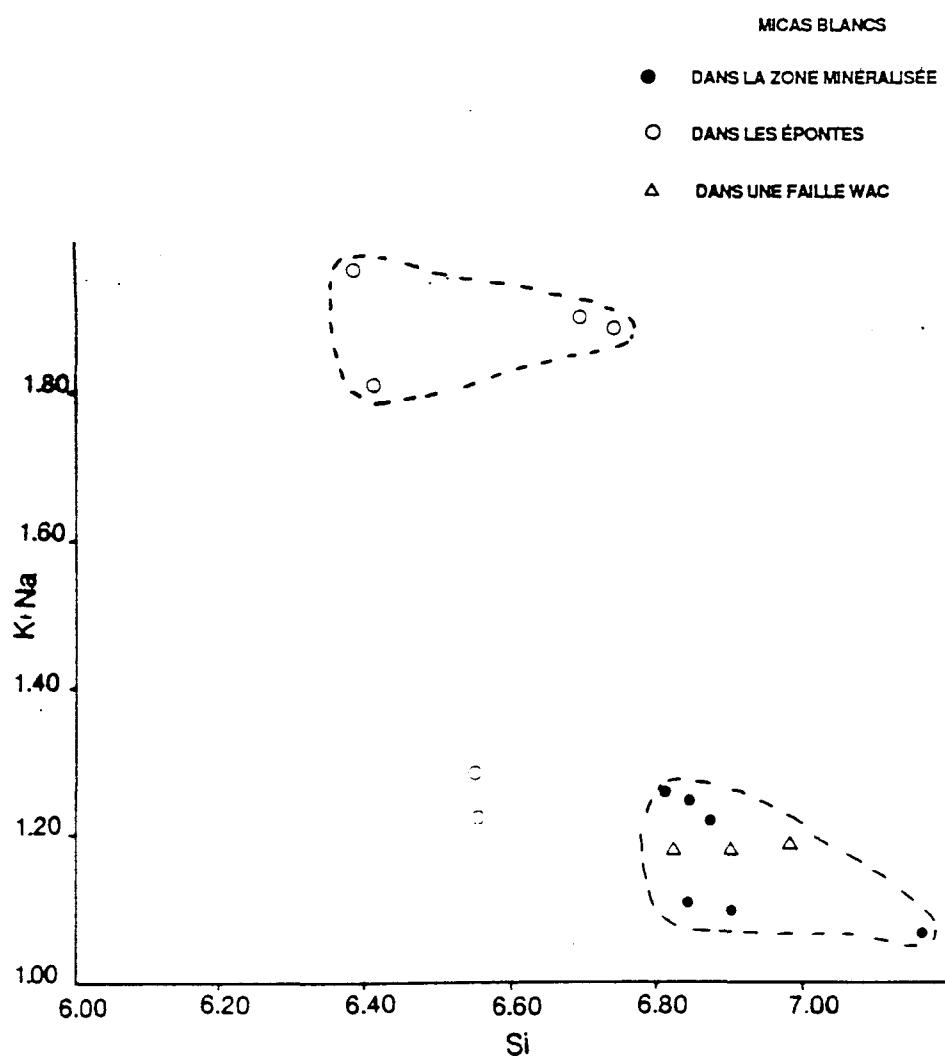


Figure 12: Diagramme de K+Na vs Si pour les micas blancs provenant de la zone minéralisée, de ses épontes et d'une zone de cisaillement Wac.

que les phengites se trouvent dans des veinules non déformées recouplant l'encaissant de la zone minéralisée.

Selon Deer et al (1966), les ions K⁺ manquant pourraient être remplacés par des ions H₃O⁺. Alors, la diminution de K⁺ dans les zones cisaillées pourraient être liée à un rapport eau/roche évidemment plus grand que dans les zones non déformées.

Le type de protolite semble avoir peu d'effet sur la composition des illites: dans certains cas le protolite est un granite, dans d'autres, une roche volcanique de composition intermédiaire.

A la figure 13, le graphique du fluor en fonction du magnésium nous montre une corrélation positive dans des échantillons provenant des épontes de la zone aurifère. Cette relation a été remarquée par différents auteurs (Ballantyne, 1981, Munoz et Swenson, 1981 et Munoz, 1984). Par contre les micas blancs de la zone aurifère montrent un enrichissement en fluor. Ceci peut s'expliquer soit par une activité plus grande des ions F⁻ ou des acides (HF) durant ou après leur cristallisation ou bien par une température d'échange plus élevée des ions OH pour F, ou encore par une combinaison des deux (Munoz, 1984).

L'analyse des micas blancs d'un échantillon provenant d'une faille WAC révèle un contenu en fluor nettement inférieur à celui de la zone minéralisée, bien qu'ils aient

DIAGRAMME DU F vs Mg DANS LES MICAS BLANCS

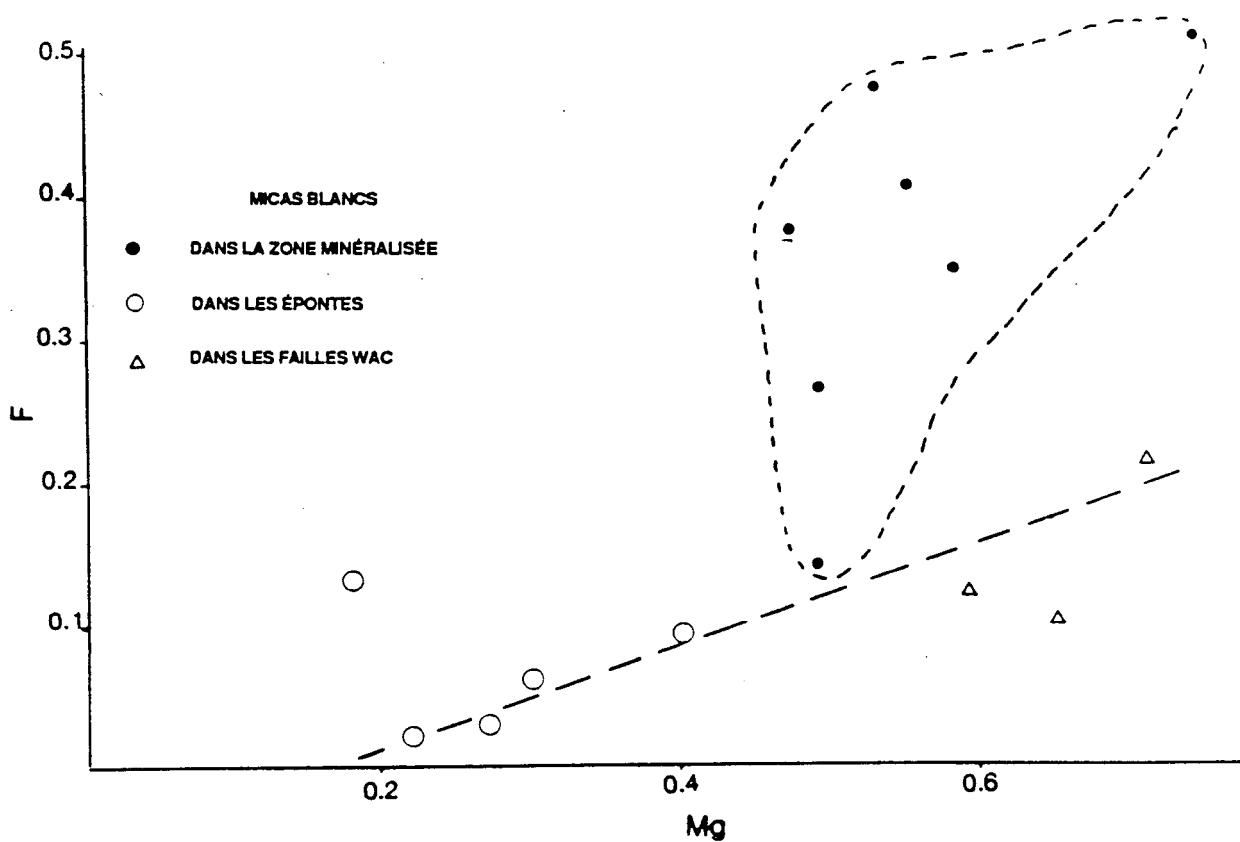


Figure 13: Diagramme du fluor vs le magnésium dans les micas blancs provenant de la zone minéralisée, de ses épontes et d'une zone de cisaillement Wac.

des compositions similaires. Cette zone particulière ne contient que des traces d'or. La faible quantité de fluor indique: soit que le fluide riche en fluor n'a pas circulé dans cette zone, ou que les températures étaient trop faibles.

La composition des biotites analysées à la microsonde électronique est présentée à l'annexe 6. Une partie des analyses a été effectuée sur des biotites hydrothermales, une autre sur des biotites d'apparence magmatique, dans la granodiorite et dans le porphyre brun et une dernière provient de biotites d'origine métamorphique dans l'encaissant volcanique.

Le diagramme de la figure 14 montre que toutes les biotites hydrothermales et une partie des biotites d'apparence magmatique (analyse 37.3 et 37.4) sont enrichies en magnésium, et sont en fait des phlogopites. Ces dernières sont également enrichies en fluor (Fig. 15). La corrélation entre le fluor et le magnésium, connu sous le nom de "Fe-F avoidance", a été décrit pour la première fois par Valley et al. (1982). Ce phénomène est en partie responsable de la quantité de fluor et de chlore que peut accepter la structure de la biotite. D'autres facteurs sont leur abondance respective dans le fluide et la température d'échange (Munoz, 1984).

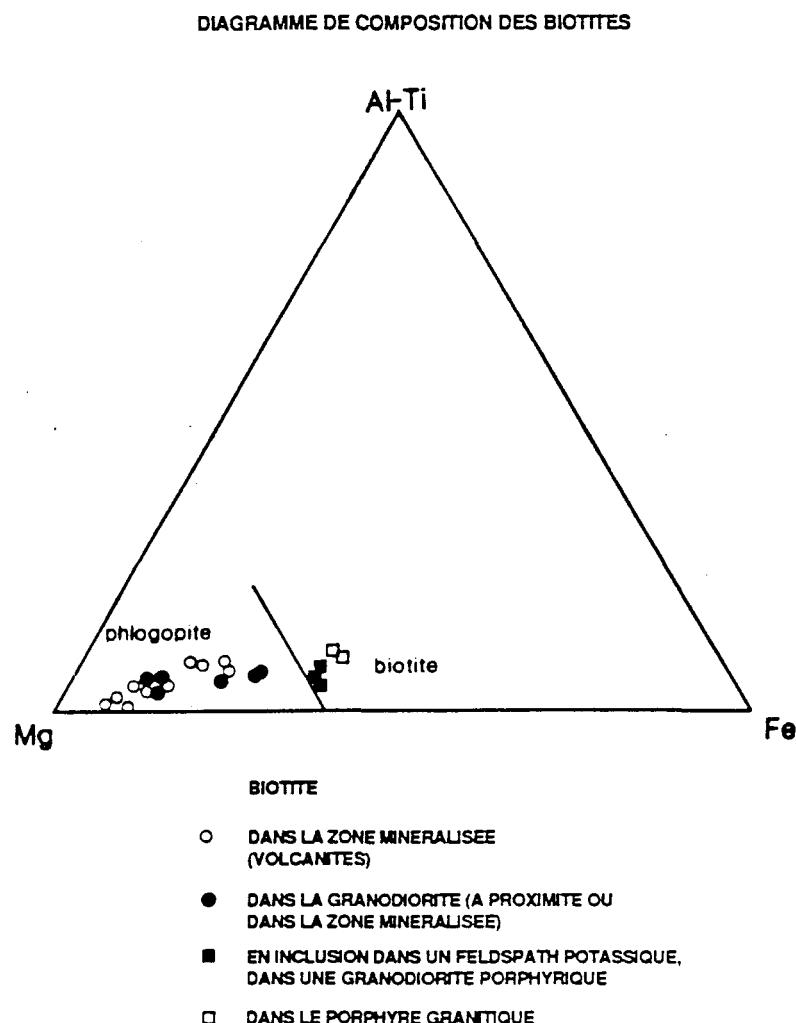


Figure 14: Diagramme de composition des biotites provenant de la zone minéralisée et de ses épontes

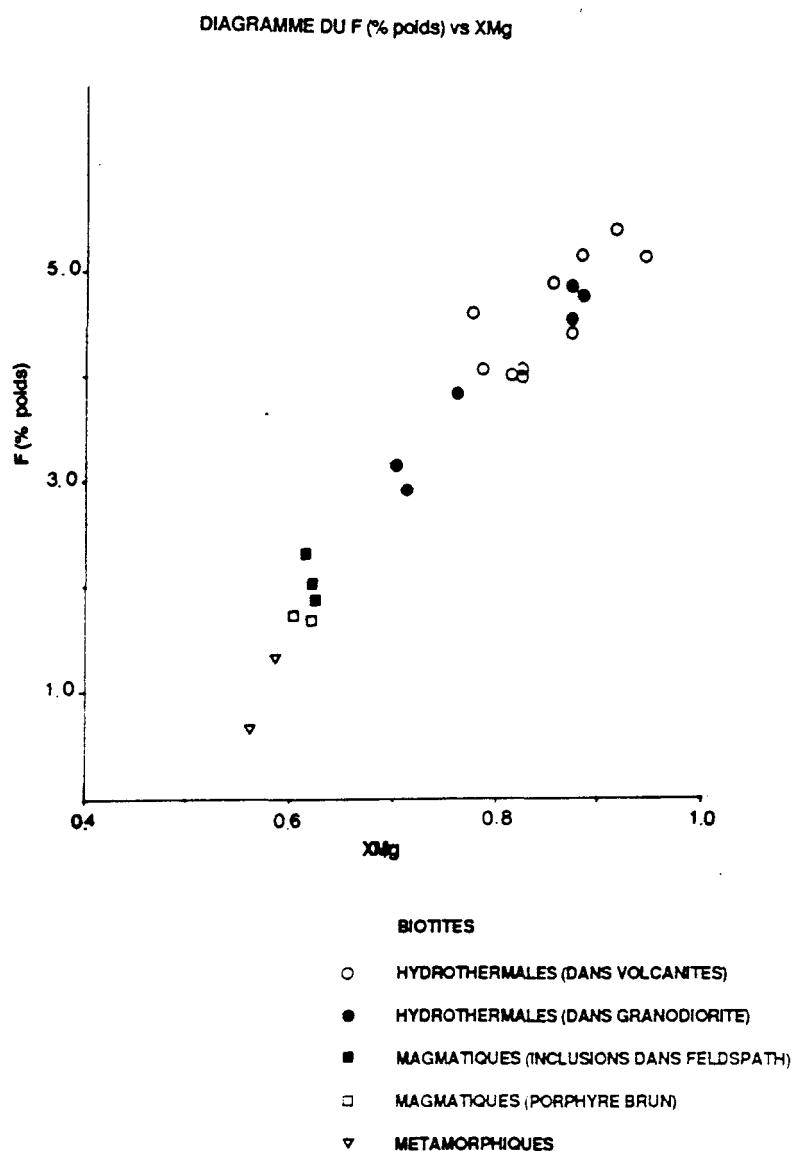


Figure 15: Diagramme du fluor (% poids) en fonction du XMg dans les biotites de la zone minéralisée et de ces éponges altérées et non altérées.

L'équilibration au niveau des halogènes entre un fluide et la biotite s'effectue de façon instantanée, et ne laisse souvent pas de trace à l'échelle microscopique (Munoz, 1984, Taylor, 1983, Spear, 1984). C'est pourquoi il est souvent impossible de distinguer les biotites magmatiques des biotites affectées par des processus d'altération, qu'ils soient deutériques ou hydrothermales. Dans une même préparation pétrographique d'une granodiorite porphyrique, il existe toutefois une différence marquée dans le contenu en magnésium et en fluor des biotites libres et d'une biotite en inclusion dans une feldspath potassique suggérant que cette dernière n'a pas été mis en contact avec le fluide riche en fluor et donc que sa composition est celle d'une biotite primaire. A la limite, elle aurait pu être affectée par des processus deutériques. Il semble peu probable que les quantités moindres de fluor et de magnésium reflètent une réaction incomplète causée par une surface de contact plus restreinte d'une biotite partiellement incluse dans un feldspath potassique. Aussi, la composition de cette biotite se compare à celles contenues dans le porphyre granitique, tardif à la minéralisation, et donc non affectées par le fluide. A part les différences en contenu du fluor et du magnésium, les biotites hydrothermales se distinguent des biotites magmatiques par un plus faible contenu en titane et en manganèse.

Par rapport aux biotites magmatiques et hydrothermales, les biotites métamorphiques sont appauvris en magnésium, en fluor et enrichis en Fe et en Al (VI).

CHAPITRE 4

ANALYSE STRUCTURALE A L'ECHELLE DU GISEMENT

4.1 GENERALITES

Dans ce chapitre nous discuterons du patron d'orientation des diverses discontinuités observées dans la mine. Une interprétation des relations entre les différents éléments structuraux sera ensuite élaborée.

Comme les structures ont été compilées à partir des plans de mine, celles orientées perpendiculairement aux galeries sont plus abondantes. Ceci entraîne une fausse représentation de l'importance des différents éléments mesurés. Pour remédier à cette situation, les différentes familles d'éléments structuraux ont été isolés et l'attitude des plans moyens ont été discriminés. Ils sont représentés sur une projection stéréographique à la figure 16. L'ensemble des mesures sont compilées à l'annexe 7.

Dans la mine, les principaux indices de déformation sont associés à des failles de nature fragile-ductile qui recoupent et entraînent la schistosité régionale. On en reconnaît cinq grands systèmes de failles, en plus de la

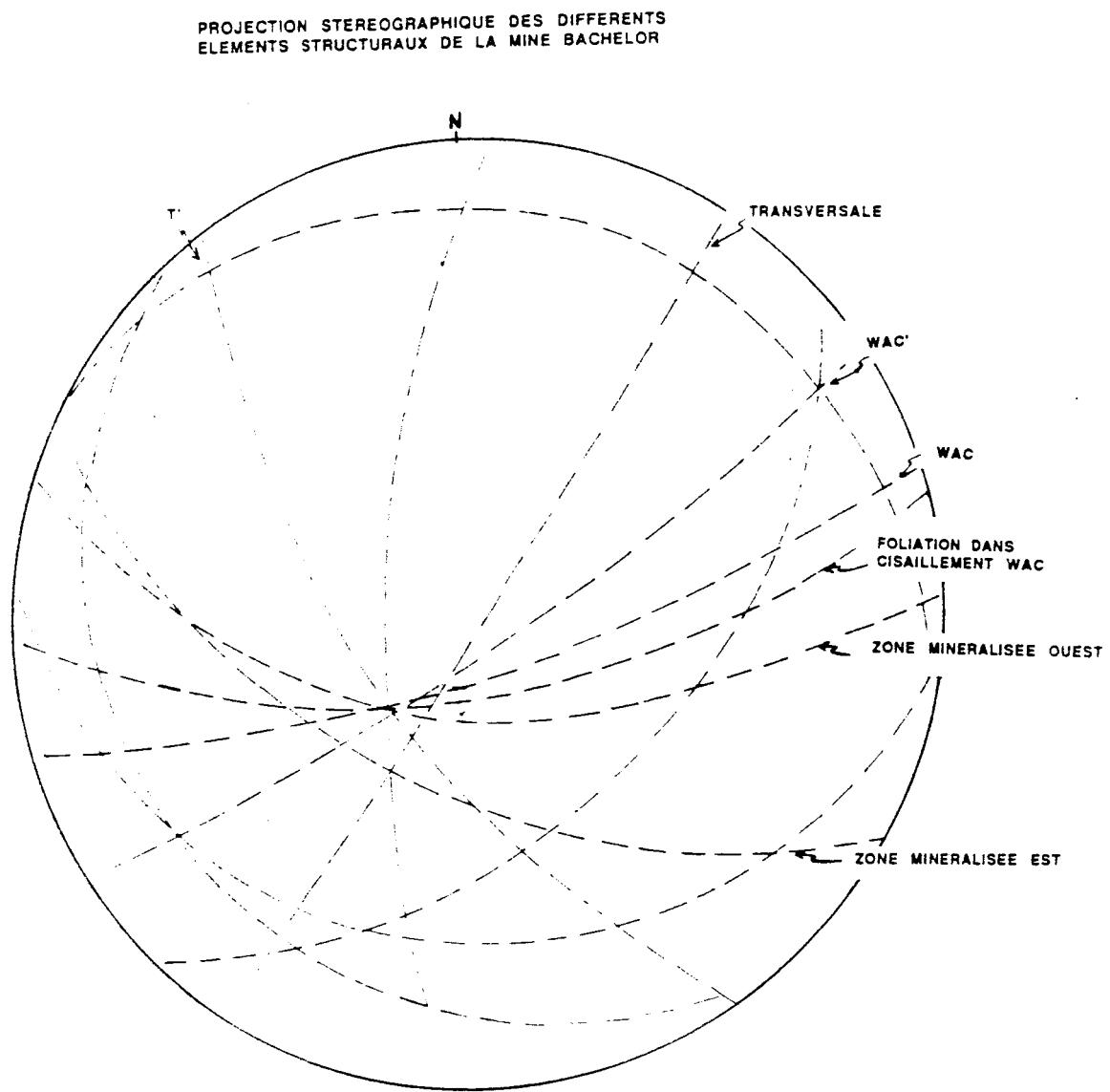


Figure 16: Projection stéréographique sur l'hémisphère sud des principaux éléments structuraux observés à la mine.

reconnaît cinq grands systèmes de failles, en plus de la zone minéralisée et tous la recoupent:

- les cisaillements WAC
- les cisaillements WAC'
- les cisaillements transversaux
- les failles T'
- les failles sub-horizontales

Un résumé de leurs caractéristiques est présenté au tableau 4.

4.2 DESCRIPTION DES STRUCTURES EN CISAILLEMENT

La zone minéralisée (Fig. 7), d'orientation moyenne de N110° à pendage moyen de 60° vers le sud présente des indices de déformation ductile, visibles surtout en lame mince. Les franges de pression autour de la pyrite et la présence d'une foliation définie par l'aplatissement du quartz et l'allongement des feldspaths potassiques, des oxydes et parfois des plages de pyrite en sont les principales évidences. Leur restriction à la zone de déformation indique qu'ils sont produits par l'action du cisaillement. La foliation dans cette zone, visible qu'à quelques endroits mégascopiquement, se distingue de la schistosité régionale. La relation angulaire entre la

Tableau 4: Caractéristiques des zones de cisaillements et des failles dans la mine Bachelor

Failles sub-horizontales	déplacements variables
Cisaillements Wac	N070 /60 SE foliation interne: N épaisseur moyenne: 1 mètre déplacement dextre stries de glissement obliques altération en carbonates, en séricite et en feldspaths potassiques.
Cisaillement Wac'	N050 / 80 SE-80 NW déplacement ??? altération: id Wac
Zone minéralisée	N110 -N090 /55 SW-80 NE épaisseur: moins 1 mètre à plus de 13 mètres déplacement dextre stries de glissements obliques altération en fedspaths potassiques, en séricite, en carbonates présence de veinules en stockwork
F a i l l e s transversales	N030 /80 SE-80 NW alternance de niveaux cisaillés et non cisaillés épaisseur variable: moins de 1 cm à plus de 30 mètres quelques zones d'altération secondaires (id zone minéralisée)
Faille T'	très mal développée

bordure de la zone minéralisée et la foliation interne à la zone de déformation est comparable à celles d'une fabrique SC (Ramsay, 1981 et Ramsay et Graham 1970), elle indique un mouvement oblique, dextre et inverse et témoigne de la participation du mécanisme de cisaillement simple lors de la déformation de la zone.

Les déformations par microtectoniques fragiles tels que les plans de failles marqués de stries de glissement, des veinules boudinées en tension, les veinules en stockwork et les brèches sont postérieurs à la déformation ductile et peuvent être attribués à un comportement plus fragile provoqués par une chute des contraintes agissant sur le cisaillement combinée à la pression et à l'action des fluides.

Les stries de glissement, mesurées sur les plans de faille sont obliques à sub-horizontales, elles montrent un mouvement conforme à celui suggéré par la relation angulaire entre la schistosité et le cisaillement produite lors de la période de déformation ductile.

Les cisaillements WAC, de même orientation que les grandes failles régionales (Opawica et Wachigabau), sont plus abondants à l'ouest du puits de la mine et présentent quelques caractéristiques mégascopiques, comparables à celles de la zone minéralisée. Les altérations sont

similaires, sauf pour une plus faible proportion de pyrite et un rubannement mylonitique mieux développé. Ils ne montrent que très rarement une brèchification tardive et sont généralement appauvris en or, sauf dans le cas de la Veine A. Leur orientation moyenne de N 070°/60° varie d'est en ouest de N 060° à N 090°. Dans la partie ouest de la mine, le pendage des failles WAC varie de la même façon que celui de la zone minéralisée, c'est-à-dire il devient sub-vertical et même inverse dans les niveaux inférieurs (5, 6 et 7). L'épaisseur des zones de cisaillement WAC est de l'ordre décimétrique à métrique.

La relation angulaire entre le rubannement mylonitique contenu dans les cisaillements Wac et l'orientation de la zone de déformation indique un mouvement dextre et inverse, un mouvement incohérent avec le déplacement de la zone minéralisée et de certains dykes. Il est donc possible que les cisaillements WAC aient joué à plus d'une reprise. Comme dans la zone minéralisée, des stries de glissement obliques à sub-horizontales ont été observées sur les plans de faille.

Occasionnellement, les failles WAC contiennent des veines de quartz précoces, plissées, qui sont indicateurs des déformations produites dans la zone de cisaillement.

Les cisaillements WAC' (Fig. 7) présentent des caractéristiques similaires à celle des failles WAC, à la différence de leur attitude. Leur orientation moyenne est de N050 avec un pendage sub-vertical. Sur un affleurement près du puits, l'entraînement ductile de la schistosité régionale le long de cette zone indique un déplacement senestre (Fig. 17a). Par contre la courbure horaire observée au 3ième niveau indique plutôt un mouvement dextre (Fig. 17b) (Ramsay, 1981).

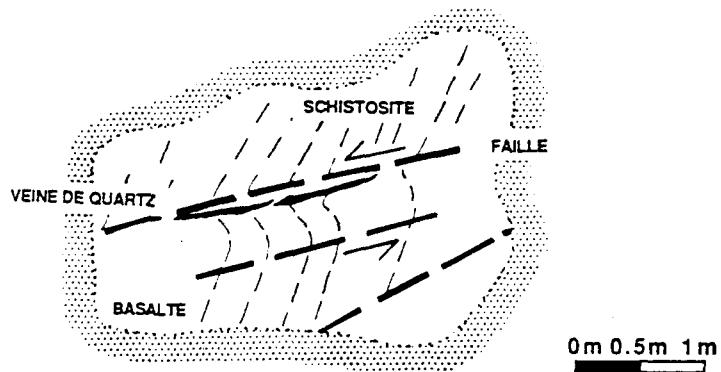
Les cisaillements transversaux, de loin les plus abondants dans la mine découpent perpendiculairement la zone minéralisée. Leur orientation moyenne est sub-parallèle aux stratifications dans le secteur.

La présence de rejets apparents senestre et dextre, de divers repères lithologiques à pendage et attitude différents indique une composante de mouvement vertical.

Ces zones de cisaillements peuvent atteindre plus de 30 mètres d'épaisseur et sont constituées d'une alternance de bandes non déformées et de bandes minces extrêmement déformées, où la schistosité se parallélise au cisaillement. Ces zones sont chloriteuses et comprennent parfois des veinules de calcite déformées.

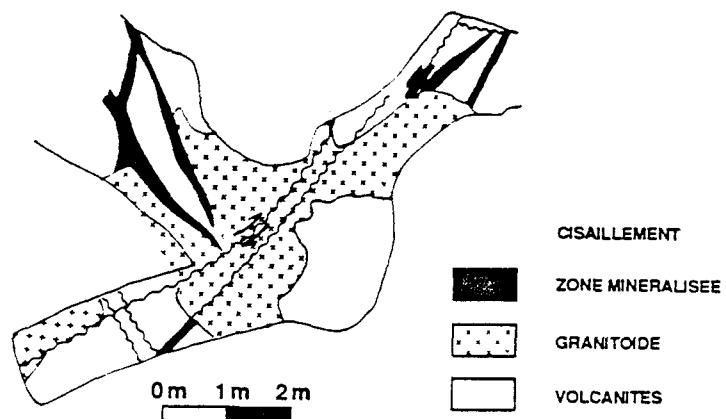
Dans la mine, il est souvent difficile de déterminer l'âge relatif des failles transversales par rapport aux

VUE SCHEMATIQUE DE L'ATTITUDE DE LA SCHISTOSITE
A TRAVERS UN CISAILLEMENT WAC'



a)

VUE EN PLAN D'UN CISAILLEMENT WAC'
(GALERIE 2-0-1 OUEST)



b)

Figure 17: (a) Schéma d'un affleurement qui montre l'entraînement de la schistosité régionale le long d'un cisaillement Wac'. (b) Vue en plan d'une partie de la galerie 3-0-1 ouest dans lequel un cisaillement Wac' montre une courbure horaire suggérant selon Ramsay (1981) un mouvement dextre.

cisaillements Wac. L'interprétation des levés géophysiques (Fig. 7) montrent également des recouplements contradictoires de ces deux systèmes indiquant qu'ils forment possiblement un patron d'anastomose.

Quelques zones d'altération secondaires s'orientent parallèlement aux failles transversales, en général ce sont des lambeaux déformés et détachés de la zone principale.

Vue la grande concentration de dykes d'âge différent (dyke granitique à hornblende, dyke de porphyre à biotite, dyke de lamprophyre), avec cette orientation, Buro (1984) croît en des mouvements multiples le long de ces failles. Mais l'orientation parallèle des contacts lithologiques a pu aussi favoriser la mise en place des dykes de même que la localisation des cisaillements n'impliquant pas nécessairement une longue période d'activité de ces failles.

Les failles T', d'orientation NW à pendage moyen vers le NE ont été observées dans les niveaux inférieurs. De façon générale elles sont mal développées dans le secteur de la mine.

Les failles horizontales, ou faiblement pentées sont fréquemment rencontrées dans la mine. Elles se présentent souvent comme des plans de faille discrets où les seules évidences de mouvement sont des changements brusques de

l'épaisseur de la zone minéralisée, de part et d'autres de ces structures, indiquant un mouvement parallèle à la direction de la zone minéralisée. Ailleurs, la zone est déplacée de quelques mètres, indiquant un mouvement différent du cas précédent.

Dans la partie est de la mine, entre le premier et le second niveau, la zone minéralisée devient presque subhorizontale. Buro (1984) en conclut à une mise en place de la minéralisation synchrone au cisaillement le long de cette zone.

4.3 INTERPRETATION DES RELATIONS ENTRE LES ELEMENTS STRUCTURAUX

Bien que les cisaillements Wac et Wac' recoupent la zone minéralisée, la présence d'altérations similaires à celles de la zone minéralisée (carbonatisation, altération sérichtique et potassique), peut suggérer qu'ils ont tous été actifs approximativement à la même période. La présence de minéralisation dans la veine A, une zone aurifère contenue dans un cisaillement Wac, en est peut être plus convaincant. La contemporanéité entre les failles Wac et transversale est indiquée par les recouplements contradictoires (Fig. 7). L'ensemble de ces observations nous suggèrent fortement que

les principaux cisaillements observés à la mine Bachelor ont joués, du moins en partie, pendant la même période, donc sous l'effet des mêmes contraintes.

La mise en place de l'intrusif d'O'Brien ne semble pas être à l'origine des ces cisaillements comme ils le traversent sans grande modifications de trajectoire (Fig.3). L'orientation similaire des failles Wac et des grandes failles régionales (Opawica et Wachigabau) suggère plutôt qu'ils se sont formées en même temps pendant une période de déformation régionale. La zone minéralisée, les cisaillements Wac' et les failles transversales pourraient alors être des failles subsidiaires du cisaillement Wac.

Pendant les premières étapes de développement d'une zone de cisaillement, la foliation forme un angle de 45° avec la direction de la zone, si le mécanisme de déformation est le cisaillement simple (Ramsey et Graham, 1970, Ramsay, 1980). Cette géométrie est toutefois modifiée pendant les phases subséquentes de déformation, et la foliation tend à se subparalléliser au cisaillement (Tchalenko, 1968, Ramsey et Graham, 1970). Dans ce cas, l'orientation de la foliation ne permet pas une détermination directe de l'orientation du système de contraintes. La méthode décrite par Guha et al., 1983 a été plutôt utilisée pour déterminer l'orientation du système de contraintes. La figure 18 montre une compilation des différentes zones de cisaillement et failles

rencontrées à la mine. A l'exception des failles subhorizontales, les pôles de la foliation, de la zone de cisaillement principale et des autres failles et cisaillements sont tous coplanaires, comme c'est le cas pour des cisaillements cogénétiques (Archambault et al., 1984). Alors leur intersection correspond à la contrainte intermédiaire σ_2 ; elle plonge à 60° vers le SW. La contrainte principale σ_1 est horizontale et est orientée à N308. La contrainte minimum σ_3 plonge à 30° vers le NE. Donc les zones de cisaillement Wac présentent des rejets obliques avec des composantes de mouvement dextre et inverse.

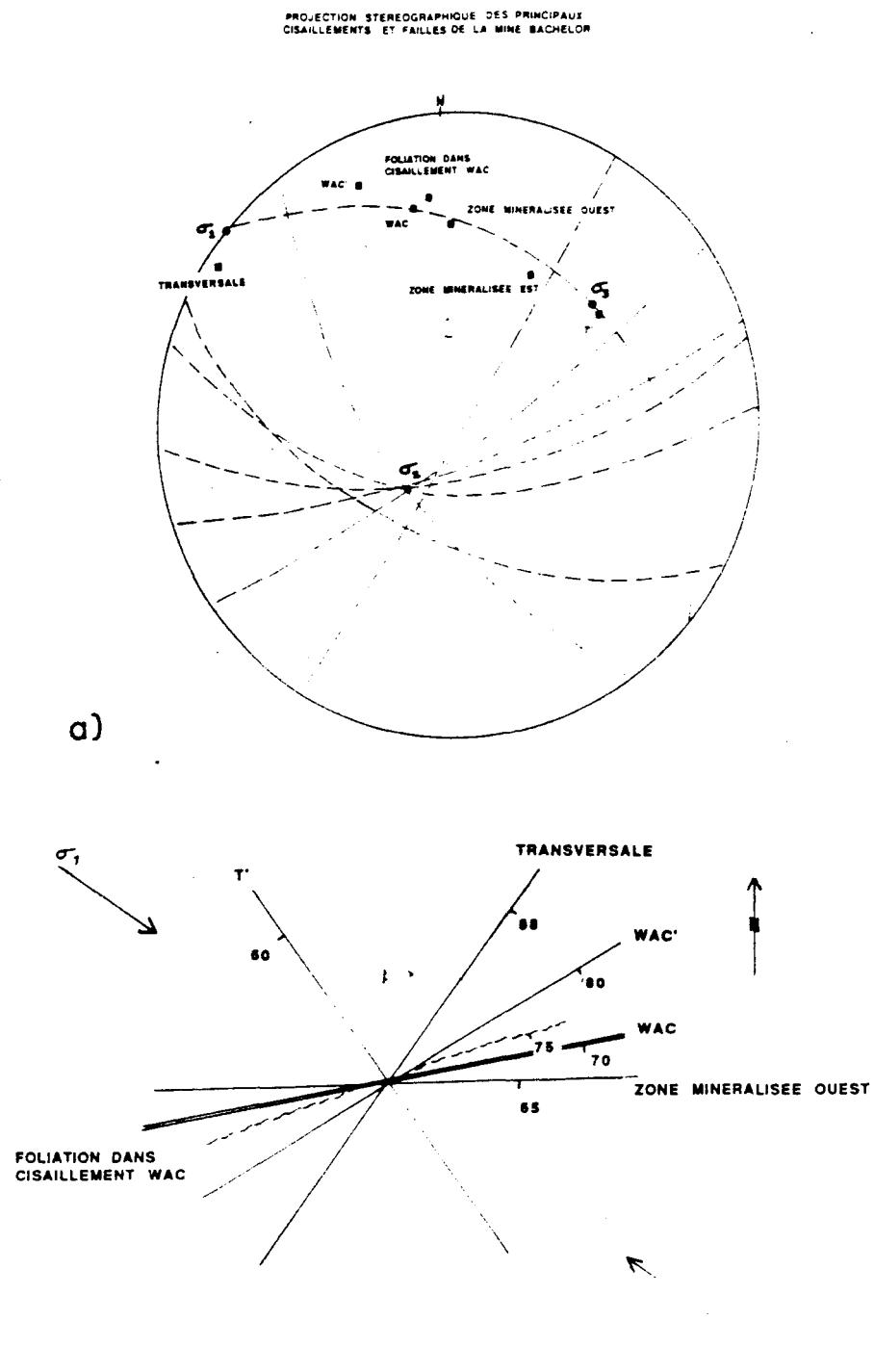


Figure 18: (a) Projection stéréographique des principaux éléments structuraux de la mine Bachelor (cisaillements, failles, schistosité). b) Vue schématique, en plan, des différents cisaillements de la mine, avec l'orientation de la contrainte principale.

CHAPITRE 5

MINERALISATION AURIFERE: ETAPES DE FORMATION ET EVOLUTION DES FLUIDES MINERALISANTS

5.1 GENERALITES

L'étude de la paragénèse minérale dans la zone minéralisée et ses épontes a permis de distinguer trois grandes étapes de formation de la zone aurifère. Les deux premières sont caractérisées par une déformation de type ductile-fragile, tandis que la troisième montre plutôt des évidences de déformation fragile. Ce chapitre comporte une élaboration de ces différentes étapes de formation de la zone aurifère en intégrant les données pétrographiques et structurales. Les données pétrographiques ont également permis d'évaluer de façon qualitative la composition et l'évolution des fluides responsables de l'altération et de la minéralisation.

5.2 SEQUENCE DE FORMATION DE LA ZONE AURIFERE

L'étude pétrographique et microtexturale des minéraux d'altération met en évidence trois grandes étapes de formation de la zone aurifère. Les deux premières, marquées d'abord par une altération séricitique, suivie d'une altération en feldspath potassique ont été produites pendant le cisaillement. La dernière épisode d'altération est plutôt caractérisée par une fracturation et une brèchification. C'est à cette période que l'or, la fluorite et une grande partie des carbonates ont été introduits.

5.2.1 Etape 1: Altération séricitique.

Dans un premier temps une zone de cisaillement fragile à fragile-ductile engendre une fracturation secondaire en tension et en cisaillement qui permet la circulation d'un fluide hydrothermal. La présence du fluide augmente la ductilité (Beach, 1976) et il en résulte des déformations de divers éléments (veines, cristaux, amygdales etc) et le développement d'une foliation. Le fluide circule et réagit avec les roches encaissantes et entraîne la précipitation des premiers minéraux d'altération (Fig. 19a). La pyrite et la magnétite se développent le long de la nouvelle foliation, soit en plage allongée ou en cristaux isolés.

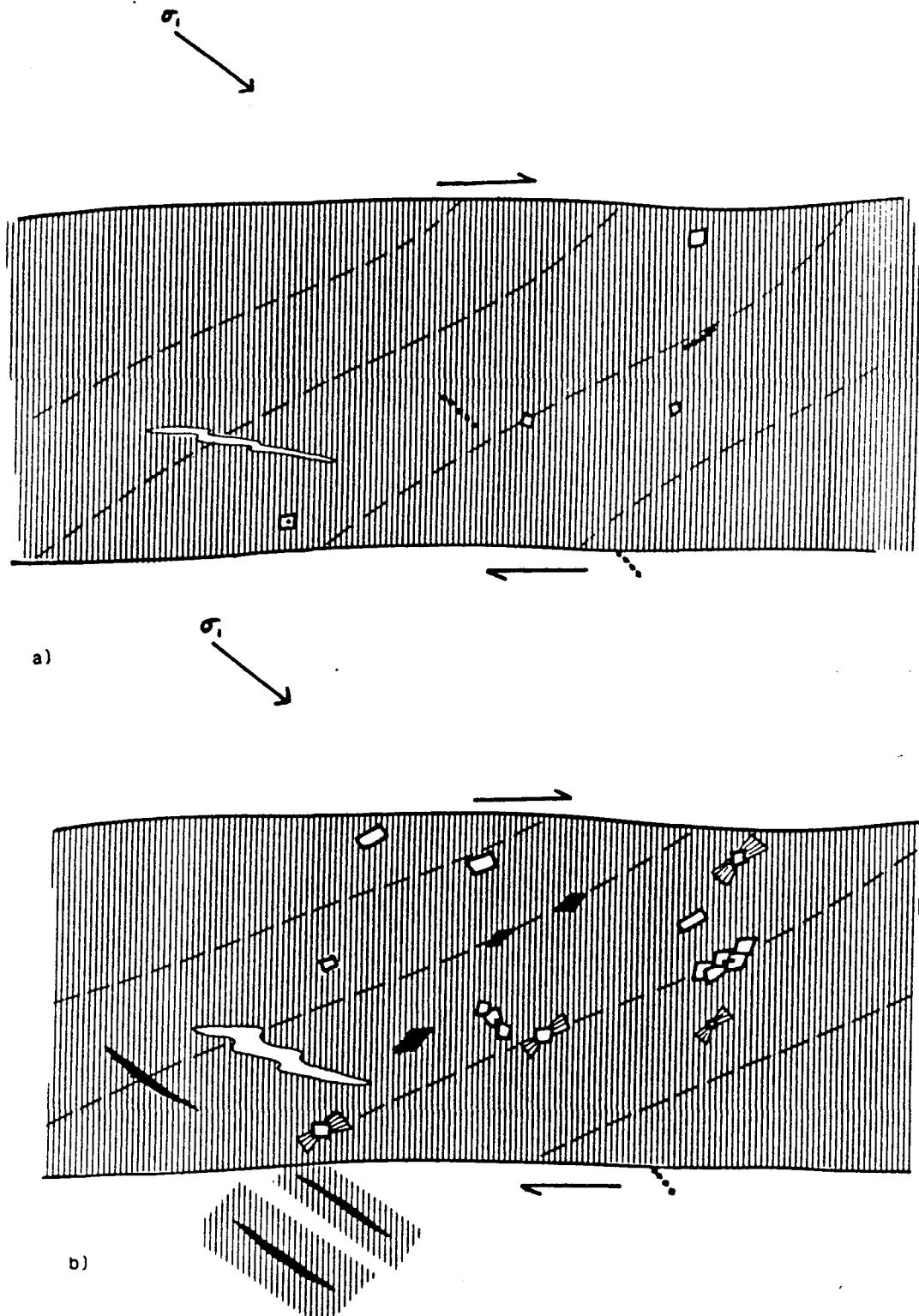


Figure 19: Schéma de la zone minéralisée (vue en plan) pendant la première étape de formation de la zone. (a) Développement d'une foliation, pyritisation et altération sérichtique. (b) Développement de franges de pression de micas blancs et quartz autour des cristaux de pyrite, un peu de carbonatation. (Pour légende voir figure 21)

Parfois la pyrite remplace la magnétite et l'hématite déjà contenues dans la zone. Pendant ce temps, le mica blanc se développe au détriment des plagioclases et des amphiboles et forme des cristaux orientés définissant la foliation interne de la zone. Le déplacement en cisaillement se poursuit: l'angle de 45 formé initialement entre la foliation et la zone de cisaillement diminue. La pyrite déjà cristallisée s'entoure de franges de pression de séricite et de chlorite (Fig. 19b). A l'extérieur de la zone de déformation, quelques fractures s'ouvrent sous l'action de contraintes de tension suivant le modèle de Lajtai (1969) et permettent au fluide d'y accéder pour former les zones minéralisées secondaires, là aussi la séricite et la pyrite précipitent, mais on y observe aucune texture de déformation.

5.2.2 Etape 2: Cisaillement et altération en feldspath potassique

L'apparition du feldspath potassique marque le début de la deuxième étape (Figure 20). L'hématite diffuse qui l'accompagne a pu être introduit à cette étape ou bien le fer a été incorporé à l'état réduit dans la structure du feldspath, et a été oxydé par la suite. La foliation définie par les feldspaths potassiques et le développement de frange

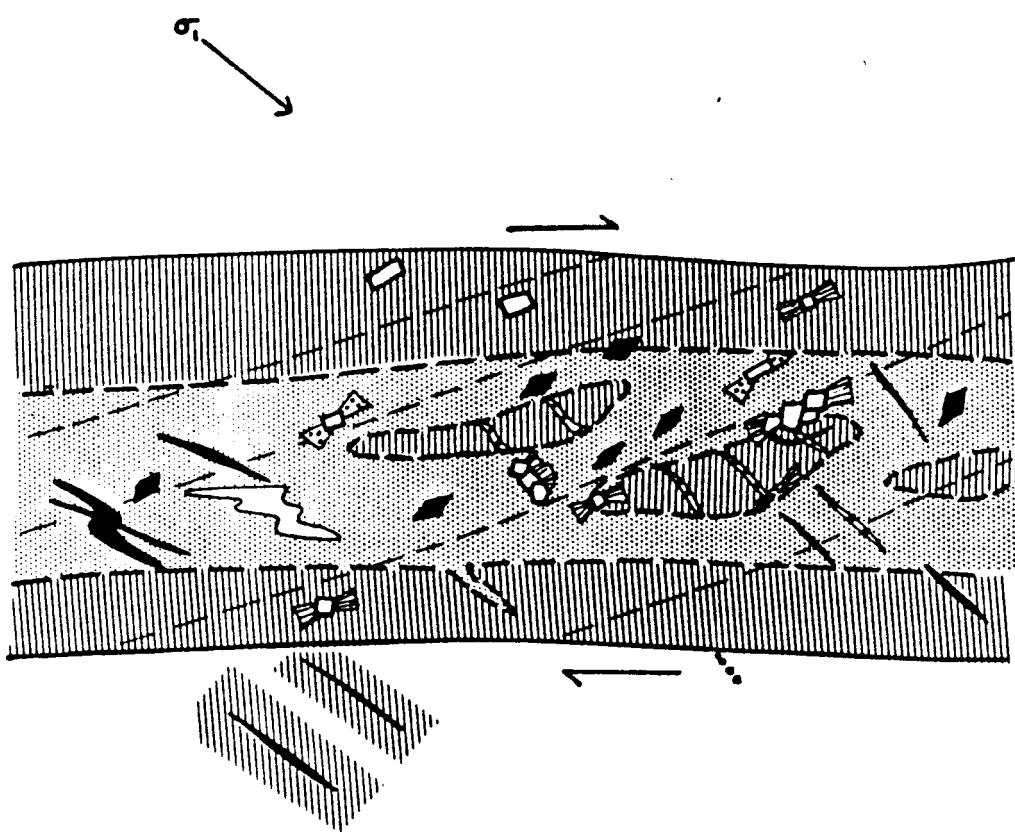


Figure 20: Schéma de la deuxième étape de formation de la zone aurifère: Altération en feldspath potassique et carbonatisation dans la zone en cisaillement et développement de franges de pression de feldspath potassique. Formation de veinules de feldspaths potassiques à l'extérieur de la zone de déformation. (Vue en plan). (Légende à la figure 21).

de pression de feldspaths potassique autour de noyaux résistants comme la pyrite mettent en évidence que la déformation en cisaillement est toujours active, mais l'étendue moins importante de cette altération suggère que la déformation est probablement plus localisé que durant la première étape d'altération. A l'extérieur de la zone de cisaillement le développement des fractures de tension, par le mécanisme mentionné précédemment, permet la formation de veinules de feldspaths potassiques dans les zones séricitiques, propylitiques et dans la roche fraîche. Plusieurs veinules de carbonates se mettent en place tout au long de cette étape, les veinules sigmoidales de carbonates étant les premières à se former. Les carbonates d'altération remplacent des minéraux préexistants. Des veinules de carbonates rectilignes contenant des carbonates en croissance sigmoidale se sont formées par la suite.

5.2.3 Etape 3: Fracturation, brèchification et déposition de l'or

La troisième étape déploie une déformation en cisaillement à un niveau de contrainte plus faible, i.e., dans un domaine fragile dû à l'effet combiné d'un relâchement des contraintes et à la pression des fluides (Fig 22). La pression des fluides déplacent le cercle de Mohr vers

l'enveloppe, jusqu'à rupture, c'est à cette période que se forment les veinules de carbonates+chlorite+fluorite non déformées. Ce sont essentiellement ces veinules qui contribuent à l'aspect de stockwork de la minéralisation et qui masquent les évidences de déformation ductile déjà produite (Fig. 21).

Aussi, toutes les brèches, à l'exception de la brèche à matrice de quartz gris foncé se sont probablement formées à cette étape, comme nous l'indique l'absence de textures de déformation ductile dans les ciments.

5.3 CARACTERISTIQUES DU FLUIDE.

Plusieurs changements minéralogiques, dont la séricitisation des plagioclases, et le remplacement des minéraux mafiques comme les amphiboles par des illites témoignent d'un apport évident de H₂O. Une séricitisation de ce type caractérise essentiellement un fluide avec un pH relativement faible, donc un fluide acide (Rose et Burt, 1979). Déjà pendant la séricitisation, les roches mises en contact avec le fluide s'enrichissaient en potassium. Les faibles variations dans les proportions de Fe et de Mg indiquent qu'ils ont été libérés, pendant la séricitisation

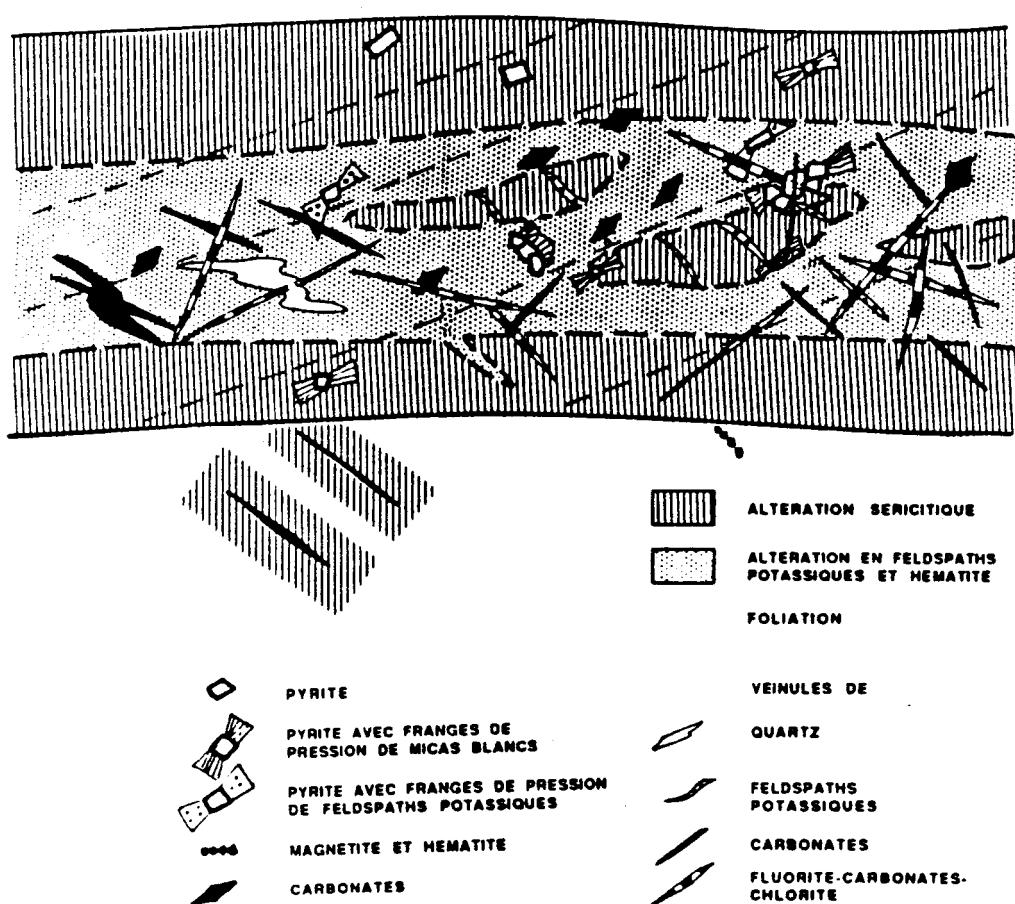


Figure 21: Schéma de la troisième étape de formation de la zone minéralisée. Période de fracturation, avec développement de veinules de quartz, feldspaths potassiques, de carbonates, de fluorite, de carbonates-fluorite-chlorite. Brèchification et déposition de l'or.

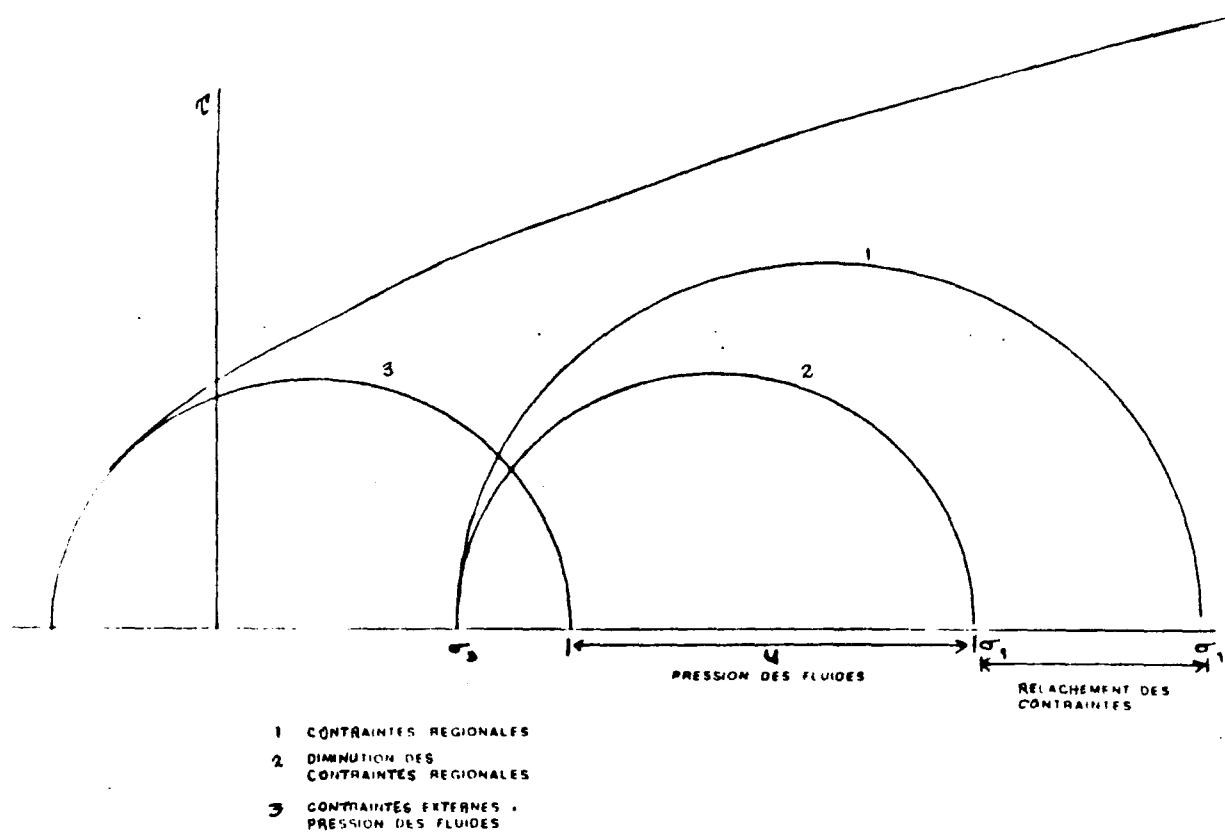


Figure 22: Diagramme de Mohr de la contrainte normale effective en fonction de la contrainte en cisaillement illustrant l'effet de la pression d'un fluide combinée à un système de contraintes normales. Avec une augmentation de la pression des fluides, la contrainte effective diminue tandis que la contrainte en cisaillement demeure constante et le cercle se déplace vers la gauche. Si la pression des fluides est assez élevée, le cercle intersecte l'enveloppe et il y a rupture (Hobbs et al., 1976).

des minéraux mafiques, et ont servi à la formation des nouveaux minéraux, tels que la pyrite, la biotite, plus rarement l'ankérite et possiblement l'hématite. Le développement des micas blancs permet au rapport $K+/H+$ d'augmenter, puisque la formation d'illite et de phengite nécessite plus de molécules de $H+$ que de $K+$. Alors en augmentant ce rapport, le fluide évolue vers le champ de stabilité du feldspath potassique (Fig. 23, tirée de Beane, 1982). Il n'est donc pas nécessaire de faire intervenir la venue de deux fluides pour produire la superposition de ces deux épisodes d'altération.

L'abondance de carbonates et la présence de fluor dans les micas et de fluorite dans les veines tardives nous indiquent la présence d'un fluide riche en CO_2 et F. Les carbonates montrent divers degrés de déformation, impliquant que le CO_2 était présent dans le fluide pendant toute la période d'altération et de minéralisation. Par contre la présence de fluor est surtout marquée pendant la période de déformation fragile bien qu'à un endroit une veine de quartz-fluorite paraît recoupée par la zone minéralisée encaissée dans le granite. Et comme les micas s'équilibrivent très rapidement au niveau des halogènes lors de la circulation d'un fluide (Speer, 1984 et Munoz, 1984), il est possible d'envisager la présence d'un second fluide riche en fluor, à caractère oxydant qui a pu se superposer à un premier fluide

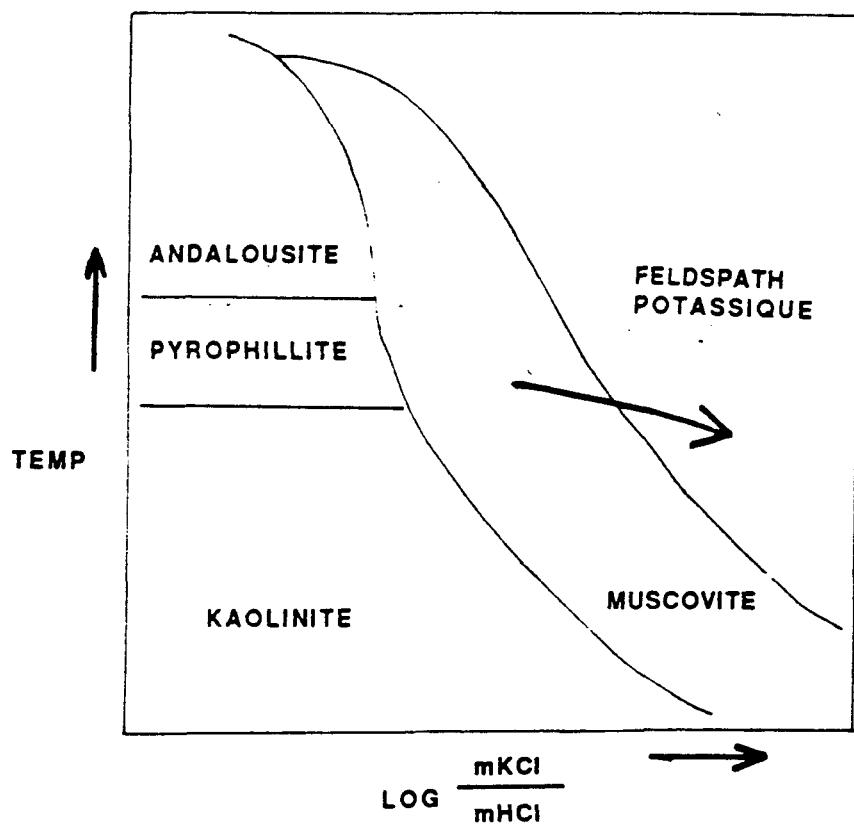


Figure 23: Diagramme illustrant les champs de stabilité des micas blancs et du feldspath potassique en fonction de la température et de la composition du fluide (HCl, KCl). La flèche représente l'évolution du fluide la plus plausible, i.e. une augmentation du rapport $m\text{KCl}/m\text{HCl}$, produite par la séricitisation, probablement accompagnée d'une diminution de la température

réducteur, riche en CO₂, responsable de la pyritisation, l'altération séricitique et potassique. Les veinules de carbonates-fluorite-chlorite sont formés lors de la circulation de ce deuxième fluide et c'est alors que le fer contenu dans les feldspaths potassiques s'oxyde, produisant l'hématite diffuse.

Le développement tardif de la fluorite ne nécessite toutefois pas la présence de deux fluides, comme le fluor est très soluble entre 100 C et 250 C et plus, selon l'abondance initiale de HCl (Richardson et Holland, 1979). Donc l'apparition de la fluorite dans les veinules tardives pourrait simplement résulter d'une diminution de la température du fluide responsable de l'altération séricitique et potassique ou encore d'une chute de pression soudaine produite lors de la fracturation. La présence de la pyrite avec l'hématite indiquerait que le fluide évoluait à la limite entre leur deux champs de stabilité, donc que les conditions étaient tantôt oxydantes et tantôt réductrices comme le suggère les divers remplacements observés.

Peu importe le nombre de fluides impliqué dans la développement de la zone aurifère, la paragénèse minérale indique que l'or et le fluor ont tous deux été introduit de façon tardive, pendant l'épisode de déformation fragile. Et donc que tout probablement l'or a précipité en présence d'un fluide riche en fluor, qu'il soit directement ou

indirectement responsable pour sa précipitation.

L'étude des halogènes contenus dans les biotites de la zone aurifère nous a permis d'évaluer de façon semi-quantitative l'abondance de fluor dans le fluide en comparant avec des analyses de biotites contenus dans des zones minéralisés dont les caractéristiques du fluide sont connues. Tanner et al., (1986) avaient déjà mis en évidence la ressemblance des biotites hydrothermales de Bachelor avec celles du gîte de porphyre molybdène de Henderson au Colorado, un gîte connu pour le haut contenu en fluor du fluide minéralisant. L'étude actuelle d'un plus grand nombre d'échantillons indique plutôt que les compositions des biotites de la mine Bachelor occupent un champ entre le gîte de porphyre cuprifère de Santa Rita (un gîte produit par un fluide pauvre en fluor) et de celui de porphyre-molybdène de Henderson (une minéralisation produite par un fluide très riche en fluor) (Fig. 24) indiquant soit une température du fluide différente ou plus probablement une activité du fluor intermédiaire à celle de ces deux gîtes. Il est aussi intéressant de noter que les biotites magmatiques se placent également entre les champs des biotites du gîte de Henderson et ceux du gîte de Santa Rita. Bien que les biotites magmatiques contiennent deux fois moins de fluor que les biotites hydrothermales, le diagramme de la figure 24 nous montre qu'elles sont presque aussi enrichies en fluor que les

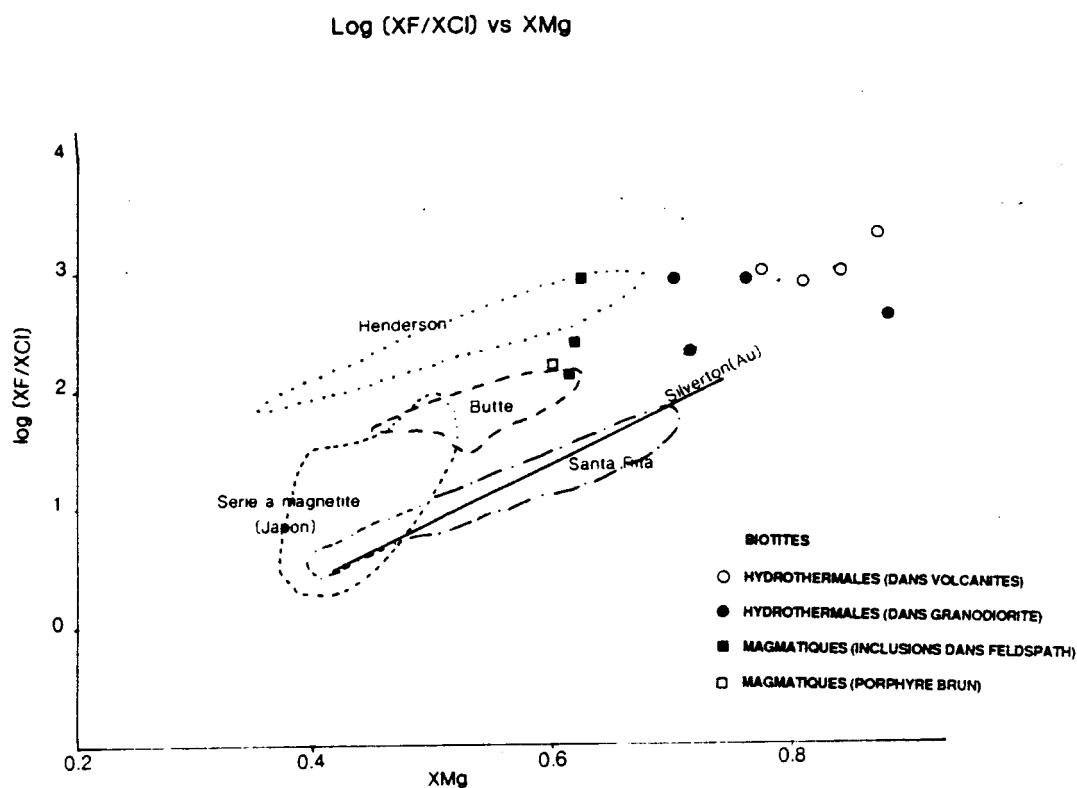


Figure 24: Diagramme du log (XF/XCl) en fonction. Les champs de composition de biotites de différents gîtes ainsi que celui de Bachelor sont représentés. (modifié de Ta ner et al., 1986).

biotites hydrothermales si l'on enlève l'effet de la composition. Les implications de cette observation seront discutées plus longuement dans le chapitre de la discussion.

CHAPITRE 6

DISCUSSION

Une grande quantité de gîtes d'or présentent une association spatiale aux intrusifs felsiques épizonaux. Sur plus de 700 gisements inventoriés, Hodgson (1982) en reconnaît 54% associé de près ou de loin à des complexes intrusifs, qu'ils soient sous-saturés (d'affinité alkaline) ou sur-saturés (d'affinité calco-alcaline). Les mêmes associations ont été reconnues au Québec dans la ceinture de l'Abitibi (Latulippe, 1982).

Dans certains cas, la minéralisation est irrégulière et discontinue, elle se trouve dans des plans de faiblesse et dans des sites perméables comme à la mine McIntyre (Mason et Melnik, 1986). Dans d'autres cas, la minéralisation est contenue dans des zones de cisaillement, comme à la mine Bachelor. Plusieurs gisements de ce type sont décrits dans la littérature, par exemple la minéralisation de la mine Macassa (Kirkland Lake), est principalement contenue dans un cisaillement traversant un complexe intrusif syénitique, tandis qu'une plus faible portion du gisement est encaissée

dans les unités volcaniques (Colvine et al. 1984). Les veines de quartz-carbonates de la mine Canadian Arrow sont également contenues dans des cisaillements et fractures qui traversent une trondjhémite (Colvine et al. 1984). Une altération hématitique, accompagnée de pyrite, similaire à l'altération de la mine Bachelor, forme une enveloppe autour des veines.

Dans la région de Val d'Or, on relève également plusieurs gisements spatialement associés aux plutons, mais localisés dans des zones de cisaillement. Les gîtes bien connues de Sigma et de Lamaque, près du batholite de Bourlamaque, comprennent des veines de quartz-tourmaline, dans des cisaillements et des fractures en tension recoupant les diorites (Robert et Brown, 1986, Daigneault et al., 1983).

Dans le canton de Bousquet, plusieurs gîtes aurifère sont localisés près ou dans l'intrusif de Mooshla, dont la zone ouest de Doyon qui occupe une zone schisteuse dans la diorite porphyrique à feldspath et dans un horizon tuffacé (Savoie et al., 1986).

Un autre gîte intéressant à mentionner, est celui du Lac Shortt, situé à quelques kilomètres de la mine Bachelor. Il présente également une hématitisation et une pyritisation associée avec la minéralisation contenue dans une zone de cisaillement et est associé à une intrusion syénitique (Morasse, 1986).

Dans tous ces cas, on peut s'interroger sur le rôle qu'a pu jouer l'intrusion sur le processus de minéralisation. Une bonne connaissance de la chronologie des événements géologiques permet de distinguer les associations spatiales qu'on pourrait appeler accidentelles de celles où l'intrusion joue un rôle actif dans la mise en place de la minéralisation.

Avant de proposer un modèle intégrant toutes les informations compilées dans cette étude, une brève récapitulation des différents recoulements chronologiques et une discussion sur la source du fluide suit.

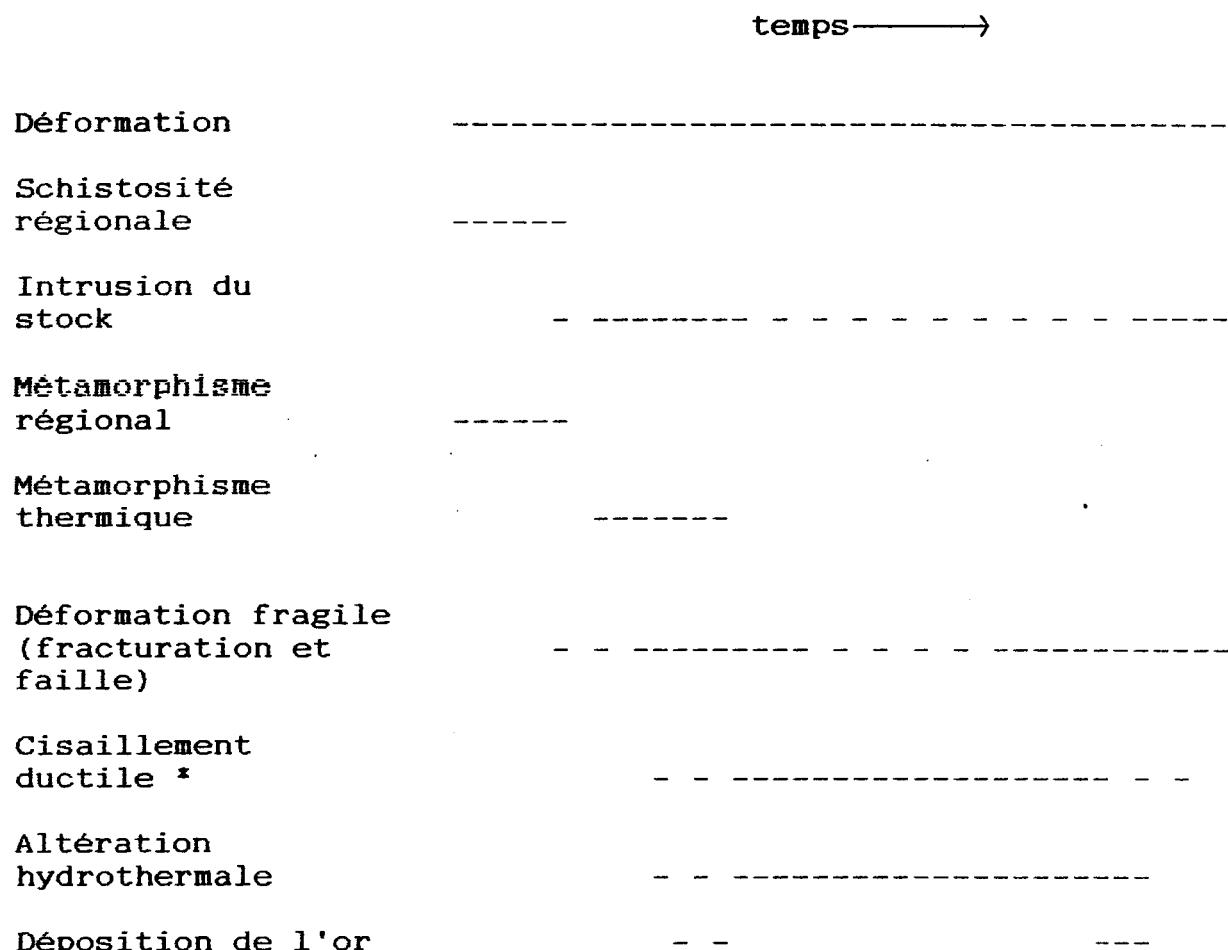
6.1 SEQUENCE DES EVENEMENTS GEOLOGIQUES A LA MINE BACHELOR.

Tout d'abord, les études pétrographiques nous indiquent que des fluides circulaient lors d'une période de déformation ductile, postérieure à la formation de la schistosité régionale. La plus grande partie de l'or et de la fluorite est tardive dans la paragénèse des minéraux d'altération, et a précipité après la phase de déformation ductile mais avant la fin du jeu des failles Wac, Wac' et transversale. La zone minéralisée recoupe les phases granodioritiques précoces de l'intrusion d'O'Brien et les

minéraux d'altération remplacent les minéraux de haute température, issus du métamorphisme de contact produit par l'intrusion. Par contre, la zone minéralisée est recoupée par les porphyres granitiques tardifs. L'âge relatif entre les phases précoce de l'intrusif d'O'Brien et la schistosité régionale est toutefois plus difficile à déterminer avec confiance, compte tenu que les critères habituellement utilisés sont actuellement contestés (Paterson et Tobish, 1988). L'intrusion d'O'Brien présente les caractéristiques suivantes: tout d'abord les granitoides sont peu ou pas déformés dans l'ensemble, la faible foliation observée est facilement imputable à la mise en place de l'intrusif. La schistosité dans les volcanites encaissantes du côté est est tronquée par l'intrusion et ne semble pas perturber. La hornblende développée dans son auréole de contact présente une croissance statique. L'ensemble de ces critères, bien que non concluants, suggère une mise en place tardive à la schistosité régionale, qui s'accorde avec un âge tardif à post-tectonique pour les intrusions granodioritiques à granitiques (Racicot et al., 1984).

La synthèse des observations est présentée à la figure 25.

SYNTHESE DE LA CHRONOLOGIE DES EVENEMENTS



* La déformation devient ductile dans les zones où il y a circulation d'un fluide.

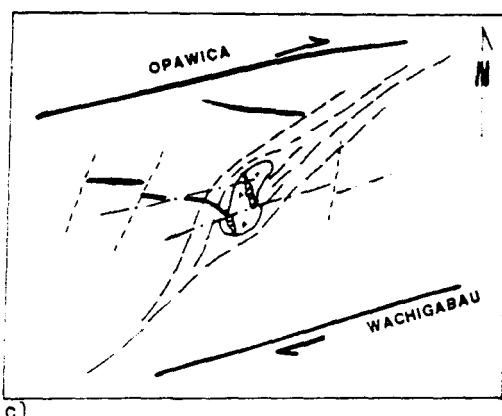
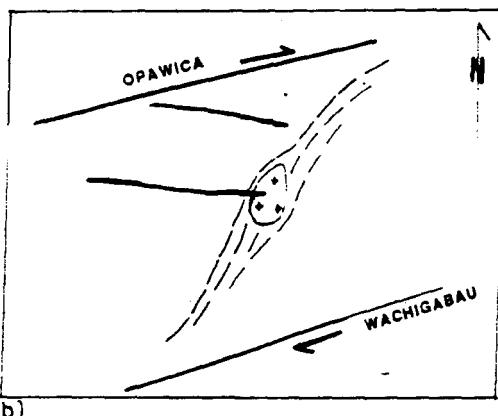
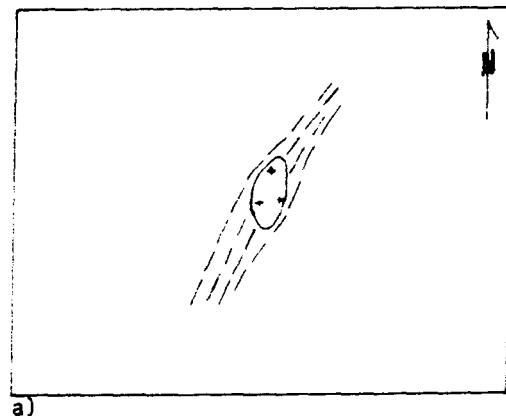
Figure 25: Synthèse de la chronologie des événements

6.2 MODELE DE MISE EN PLACE DU GISEMENT

A partir de ces différents recoupements chronologiques il nous est maintenant possible de proposer un scénario pour la mise en place du gisement en relation avec les déformations régionales.

Tout d'abord il y a développement d'une schistosité, dite régionale, associée aux grands plissements, elle s'accompagne d'un métamorphisme dynamo-thermique qui atteint le faciès des schistes verts. Plusieurs intrusions se mettent en place à cette époque. Régionalement, l'attitude de la schistosité, loin des intrusifs, nous indique que la contrainte principale était orientée N-S, mais dans le secteur de Desmaraismville la schistosité régionale est NE, indiquant soit une orientation différente des contraintes dans ce secteur ou encore une réorientation de la schistosité par un moulage sur le batholite de Waswanipi. Cette orientation était toutefois déjà acquise lors de la mise en place des phases précoces de l'intrusif d'O'Brien (Fig. 26a) comme le suggère l'attitude de la schistosité régionale autour du pluton, surtout du côté est où le pluton est nettement recouplant. La mise en place des phases précoces s'accompagne d'un métamorphisme de contact au faciès des amphibolites. La déformation le long des grands cisaillements régionaux, possiblement déjà commencée, s'effectue pendant

Figure 26: Schéma de la séquence des événements entourant la minéralisation aurifère: (a) Intrusion de la granodiorite, après le développement de la schistosité, (b) Développement des cisaillements régionales à mouvements dextres, avec développement de cisaillements secondaires. Minéralisation. Entraînement de la schistosité le long des cisaillements régionaux. (c) Fin de l'épisode de minéralisation. Mouvement le long des cisaillements régionaux causant la rotation de l'intrusif et le changement d'orientation de la zone minéralisée à proximité de l'intrusif, entraînement de la schistosité régionale, lui donnant sa forme sigmoidale. Déplacement de la zone minéralisée le long de cisaillements secondaires et intrusion des dernières phases intrusives reliées au stock d'O'Brien



- FAILLE TRANSVERSALE
- WAC
- PHASES TARDIVES
- CISAILLEMENT SUBSIDIAIRE
(ZONE MINERALISEE)
- PHASES PRECOCES
- SCHISTOSITE

cette période dans un régime fragile-ductile, produisant une ceinture en cisaillement dans laquelle se développe des cisaillements secondaires (Fig. 26b). La première à se former, la zone minéralisée, d'orientation E-W s'apparente aux structures R de Tchalenko (1968). La circulation des fluides pendant la déformation augmente la ductilité et il y a développement d'une foliation. Il se produit alors la pyritisation, les altérations séricitique et potassique et la carbonatisation. Le cisaillement s'estompe progressivement dans cette zone et débute dans d'autres cisaillements secondaires (Wac, Wac', T, etc). La pression des fluides ajoutée à la diminution des contraintes appliquées à la zone minéralisée entraînent un fracturation et la précipitation de divers minéraux dont le quartz, la fluorite, les carbonates, la chlorite et l'or pour former les différents types de brèches et la minéralisation en stockwork. La déformation est maintenant concentrée dans les failles Wac, Wac' et transversale et ces dernières déplacent le gisement. Les derniers dykes granitiques sont probablement introduits pendant ou après le cisaillement dans ces zones.

Ce modèle implique un déplacement dextre et inverse sur les cisaillements régionaux. Le patron de la trajectoire de la schistosité autour de l'intrusif d'O'Brien se compare à celui d'un porphyroclaste qui a subi une rotation dextre. Le changement dans l'orientation de la zone minéralisée en

approchant l'intrusif est également conforme à cette rotation, supportant ainsi le modèle proposé.

6.3 SOURCE DU FLUIDE

Les recoulements entre les différentes pulsions magmatiques et la minéralisation mettent en évidence le lien temporel indiquant que l'association intrusif-minéralisation n'est pas simplement virtuelle. La contribution du stock au processus de minéralisation peut se faire de façon indirecte, soit en engendrant un fluide par la déshydratation des minéraux situés dans son auréole de métamorphisme de contact (Marmont, 1983) ou par le concours direct d'un fluide enrichi en volatils et en éléments incompatibles, libéré du magma. En fait la contribution d'un stock ne se limite pas nécessairement à l'un ou à l'autre cas. Le fluide magmatique et le fluide métamorphogénique ont pu se jumelé pour produire la minéralisation.

Bien qu'il soit difficile d'établir la source ultime d'un fluide seulement à partir d'études pétrographiques et géochimiques, plusieurs observations nous amènent à penser qu'une partie du fluide peut être d'origine magmatique. Les études du comportement des halogènes lors de la cristallisation d'un magma indiquent que le fluor a tendance à s'enrichir dans les phases tardives de la différenciation

(Nash, 1976, Fuge, 1977). Le potassium se comporte de la même façon. Cette correspondance entre l'enrichissement en fluor et en potassium dans les phases tardives d'une intrusion et la composition du fluide minéralisant en est une première suggestion. Une deuxième est le rapprochement fait entre les biotites hydrothermales et les biotites magmatiques, toutes deux enrichies en fluor et similaires aux biotites de gîtes où une contribution magmatique est connue. Aussi la présence d'un fluide à caractère oxydant est reconnue dans les gîtes aurifères où la source du fluide est magmatique (Cameron et Hattori, 1987).

L'ensemble de ces observations suggèrent fortement que l'association spatiale entre la minéralisation et l'intrusif d'O'Brien n'est pas simplement une coïncidence, mais bien que l'intrusif à contribuer au processus de minéralisation.

CONCLUSION

Les travaux de terrain et les travaux de laboratoire nous ont permis de caractériser la minéralisation aurifère de la mine Bachelor et de définir la séquence des événements géologiques afin de comprendre les phénomènes qui ont contribués à sa formation.

La minéralisation occupe une zone de cisaillement, tardive à la déformation produisant la schistosité régionale. Elle recoupe les unités volcaniques, les phases précoce du stock d'O'Brien et son auréole de métamorphisme de contact. Le porphyre granitique, constituant la phase tardive de l'intrusif d'O'Brien la traversent à son tour, cadrant ainsi l'épisode de mise en place de la minéralisation à celle de l'intrusion. Cette relation temporelle et la correspondance du contenu en fluor dans les biotites magmatiques et hydrothermales, nous indique que le stock d'O'Brien a joué un rôle actif dans le processus de minéralisation. Le cisaillement y a également contribué en offrant la possibilité au fluide de circuler.

Il semble donc que la superposition des événements géologiques (Intrusion, déformation (cisaillement) et

minéralisation) dans le temps ont été déterminant dans la mise en place et la géométrie de la zone aurifère.

REFERENCES

- Archambault, G., Guha, J., Tremblay, A., Kanwar, R., 1984, Implications of the geomechanical interpretation of the copper rand deposit on the Dore Lake Shear Belt. In: Chibougamau- Stratigraphy and mineralization, J. Guha and E.H. Chown (eds), CIM Spec. Vol. 34, pp. 300- 318.
- Avramtchev, L. et Lebel-Drolet, S., 1981, Catalogue des gîtes minéraux du Québec, DPV-744.
- Ballantyne, J.M., 1981, Geochemistry of hydrothermal sericite and chlorite, Thèse de Doctorat, Université de Utah, 134p.
- Beach, A., 1976, The interrelations of fluid transport deformation, geochemistry and heat flow in early Proterozoic shear zones in the Lewisian Complex. Phil. Trans. R. Soc., vol. A280, pp. 569-604.
- Beane, R., 1982, Hydrothermal alteration in silicate rocks, dans: Advances in Geology of the Porphyry Copper Deposits, Southwestern North America, S.R. Titley Ed., The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, pp. 117-138.
- Boone, G.M., 1969, Origin of clouded red feldspars: Petrologic contrasts in a granitic porphyry intrusion, Am. J. Sci., vol. 267, pp. 633-668.
- Buro, Y.,A., 1984, Geology of the Bachelor Lake gold mine, Desmaraisville, Abitibi-East, Quebec, In: Chibougamau-Stratigraphy and Mineralization, J. Guha and E.H. Chown (eds). CIM Special Volume 34, pp. 385-392.
- Cameron, E.M., Hattori, K., 1987, Archean gold mineralization and oxidized hydrothermal fluids, Econ. Geol., vol. 82, pp. 1177-1191.
- Claveau, J., 1953, Waswanipi Lake Area (W half), Abitibi-East County, Quebec Department of Mines, G.R., 59, 23p.
- Colvine, A.C., Andrews A.J., Cherry, M.E., Durocher, M.E., Fyon, A.J., Lavigne, M.J., Macdonald, A.J., Marmont, S., Poulsen, K.H., Springer, J.S., Troop, D.G., 1984, An intergrated model for the origin of Archean lode gold deposits: Ontario Geological Survey, Open File Report 5524, 98p.

- Daigneault, R., Perrault, G., Bédard, P., 1983, Géologie et géochimie de la mine Lamaque, Val d'Or, Québec, CIM Bulletin, vol. 76, no. 851, pp. 111-127.
- Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J., 1966, An introduction to the rock-forming minerals, Longman Group Limited, London, 528 p.
- Durney, D.W., Ramsay, J., 1973, Incremental strains measured by syntectonic crystal growths, In: Gravity and Tectonics, K.A. DeJong and R. Scholten. John Wiley and Sons, New York, pp. 67-96.
- Fahrig, W.F., Christie, K.W., Chown, E.H., Janes, D., Machado, N., 1986, The tectonic significance of some basic dyke swarms in the Canadian Superior Province with special reference to the geochemistry and paleomagnetism of the Mistassini Swarm, Quebec, Canada, Can. J. Earth Sci., vol 23, pp 238-253.
- Fuge, R., 1977, On the behavior of fluorine and chlorine during magmatic differentiation, Contribution to Mineralogy and Petrology, vol. 61, pp. 245-249.
- Gauthier, J., 1986, Géologie de la région de Miquelon, Abitibi, Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, carte manuscrite avec notes marginales, DP86-10
- Goodwin, A.M., 1971, Metallogenic patterns and evolution of the Canadian Shield, In: Symposium on Archean Rocks, Geol. Surv. Aust., Spec. Publ. no 3, pp. 154-174
- Goodwin, A.M., Ridler, R.H., 1970, The Abitibi Orogenic Belt, in: Symposium on Basins and Geosynclines, Baer (ed), Geol. Surv. Can., Paper, 70-40.
- Graham, R.B., 1957, Southwest part of Lesueur Township, Electoral District of Abitibi-East, Quebec Department of Mines, G.R. 72, 27p.
- Gresens, R.L., 1967, Composition-volume relationships of metasomatism, Chem. Geol., vol 2, pp. 47-65.
- Guha, J., Archambault, G., Leroy, J., 1983, A correlation between the evolution of mineralizing fluids and the geochemical development of a shear zone as illustrated by the Henderson No. 2 Mine, Quebec, Econ. Geol, vol, 73, pp. 1605-1618.

- Gunow, A.J., Luddington, S., Munoz, J.L., 1980, Fluorine in micas from Henderson molybdenite deposit, Colorado, Econ. Geol., vol. 75, pp. 1127-1137.
- Hey, M. H., 1954, A new review of the chlorites, Min. Mag., vol 30, p. 227.
- Hibbard, M.J., Watters, R.J., 1985, Fracturing and diking in incompletely crystallized granitic plutons, Lithos, vol. 18, pp. 1-12.
- Hobbs, B.E., Means, W.D., Williams, P.F., 1976, An outline of Structural Geology, Jphn Wiley and Sons Inc., New York, 571 p.
- Hodgson, C.J., MacGeehan, P.J., 1982, Geological characteristics of gold deposits in the Superior Province of the Canadian Shield, in: Geology of Canadian Gold Deposits, R.W. Hodder and W Petruk (eds), CIM, Spec. Vol. 24, pp. 211-229
- Hugon, H., Schwerdtner, W.M., 1985, Structural signature and tectonic history of deformed gold-bearing rocks in Northwestern Ontario, in: Summary of Research, Ont. Geol. Surv., Mis. Pap. 127, pp. 62-72.
- Jacobs, D.C., Parry, W.T., 1979, Geochemistry of biotite in the Santa Rita porphyry copper deposit, New Mexico. Econ. Geol., vol. 74, pp 860-887.
- Jacobs, D.C., Parry, W.T., 1976, A comparison of the geochemistry of biotite from some basin and range stock. Econ. Geol., vol. 71, pp. 1029-1035.
- Kesler, S.E., Issigonis, M.J., Brownlow, A.H., Damon, P.E., Moore, W.J., Northcote, K.E., Preto, V.A., 1975, Geochemistry of biotites from mineralized and barren intrusive systems. Econ. Geol., vol. 70, pp. 559-567.
- Lajtai, E.Z., 1969, Mechanics of second order faults and tension gashes, Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 80, pp. 2253-2272.
- Latulippe, M, 1982, An overview of the geology of gold occurrences and developments in Northwestern Quebec, in: Geology of Canadian Gold Deposits, R.W., Hodder and W. Petruk eds, CIM Spec. Vol. 24, pp. 9-14.
- Longley, W.W., 1951, Bachelor Lake Area, Abitibi-East County, Quebec Department of Mines, G.R., 47, 38p.

- Mackenzie, G.S., 1934, Pusticamica Lake Map-Area, Abitibi District, Quebec Bureau of Mines, Annual Report for 1934, Part C, Map no 307, pp. 45-64.
- Marmont, S., 1983, The role of felsic intrusions in gold mineralization in Colvine, A.C., ed., The Geology of Gold in Ontario, Ontario Geol. Surv., Miscellaneous Paper 110, pp. 38-47.
- Mason, R., Melnik, N., 1986, The anatomy of an Archean gold system-The McIntyre-Hollinger Complex at Timmins, Ontario, Canada, in Macdonald, A.J., ed., Proceedings of Gold '86, an International Symposium on the Geology of Gold, Toronto, pp. 40-55.
- McQuade, B.N., 1981, Petro-chemistry of the Bachelor Lake volcanic complex and associated ore deposits, Abitibi-East, N-W Quebec, Thèse de Doctorat, Université d'Ottawa, 338 p.
- Miyashiro, A., 1973, Metamorphism and Metamorphic Belts, George Allen and Unwin Ltd, London, 492 p.
- Morasse, S., Hodgson, C.J., Guha, J., Coulombe, A., 1986, Preliminary report on the geology of the Lac Shortt gold deposit, Desmaraisville, Quebec, Canada, in Macdonald, A.J., ed, Proceedings of Gold '86, an International Symposium on the Geology of Gold, Toronto, pp. 191-196.
- Munoz, J.L., 1984, F-OH and Cl-OH exchange in micas with applications to hydrothermal ore deposits. In Micas S.W. Bailey (ed), Review in mineralogy, vol. 13, Miner. Soc. Amer., pp. 469-493.
- Munoz, J.L., Swenson, A., 1981, Chloride-hydroxyl exchange in biotite and estimation of relative HCl/HF activities in hydrothermal fluids, Econ. Geol., vol. 76, pp. 2212-2221.
- Nash, J.T., 1976, Fluid inclusion petrology-data from porphyry copper deposits and applications to exploration: U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 907-D, 16p.
- Parry, W.T., Jacobs, D.C., 1975, Fluorine and chlorine in biotite from basin and Range plutons. Econ. Geol., vol. 70, pp. 554-558.
- Paterson, S.R., Tobisch, O.T., 1988, Using pluton ages to date regional deformations: Problems with commonly used criteria, Geology, vol. 16, pp. 1108-1111.

- Racicot, D., Chown, E.H., Hanel, T., 1984, Plutons of the Chibougamau-Desmaraisville Belt: a preliminary survey, In: Chibougamau-Stratigraphy and Mineralization, J. Guha, E.H. Chown (eds), CIM Spec. Vol. 34, pp. 178- 197.
- Ramsay, J.G., 1981, Shear zone geometry, a review. *Jour. Struc. Geol.*, vol. 2, pp. 83-99.
- Ramsay, J.G., Graham, R.H., 1970, Strain variation in shear belts, *Can. J. Earth Sci.*, vol. 7, pp. 786-813.
- Ramsay, J.G., Huber, M.I., 1983, The techniques of modern structural geology, vol 1, Academic Press Inc., London, 307 p.
- Richardson, C.K., Holland, H.D., 1979, The solubility of fluorite in hydrothermal solutions, an experimental study, *Geochim. Cosmochim. Act.*, vol. 43., pp. 1313-1325.
- Rose, A.W., Burt, D.M., 1979, Hydrothermal alteration, in Barnes, H.L., ed., *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*: Wiley and Sons, pp. 173-235.
- Robert, F., Brown, A.C., 1986, Archean gold-bearing quartz veins in the Sigma Mine, Abitibi Greenstone belt, Quebec, Part I; Geological relations and formation of the vein system. *Economic Geology*, vol. 81, pp. 593-617.
- Robert, F., Brown, A.C., 1986, Archean gold-bearing quartz veins in the Sigma Mine, Abitibi Greenstone belt, Quebec, Part II; Paragenesis and hydrothermal alteration. *Economic Geology*, vol. 81, pp. 618-626.
- Savoie, A., Perrault, G., Filion, G., 1986, Geological setting of the Doyon Gold deposits, Bousquet Township, Abitibi, Québec, Canada, in: *Proceedings of Gold '86 Symposium*, Toronto, Canada, pp. 97-107.
- Sharma, K.N.M et Lacoste, P., 1981, Gand (SW) et Lespérance (NW). Ministère Energie et Ressources du Québec. Carte manuscrite avec notes marginales, DP-852.
- Sharma, K.N.M., Lauzière, K., 1983, Géologie de la région de Desmaraisville, Ministère Energie et Ressources, Québec, carte manuscrite avec notes marginales, DP- 84-10.
- Smith, J.V., Delaney, J.S., Hervig, R.L., Dawson, J.B., 1981, Storage of F and Cl in the upper mantle: geochemical implications. *Lithos*, vol. 14, pp. 133-147.

- Speer, J. A., 1984, Micas in igneous rocks. In: Micas, S.W. Bailey (ed), Review in mineralogy, Vol. 13, Miner. Soc. Amer., pp. 299-356.
- Sproule, J.C., 1940, Pustikamika Lake, Abitibi Territory, Québec, Geol. Surv. Can., Map no. 570A.
- Stockwell, C.H., 1964, Fourth report on structural provinces, orogenies and time classification of rocks of the Canadian Precambrian Shield, In: Age Determinations and Geological Studies, Geol. Surv. Can. Pap., 64-17, pt2, 1-21.
- Streckeisen, A., 1976, To each plutonic rock its proper name, Earth Sci. Rev., vol. 12, pp 1-33.
- Tait, L., Chown, E.H., Sharma, K.N.M, Barrette, J.P., soumis, Rapport Interimaire, Projet Du Guesclin, Ministère Energie et Ressources du Québec.
- Taner, M.F., Trudel, P., Perrault, G., 1986, Géochimie de la biotite associée à certains gisements d'or de Val d'Or, Malartic et Chibougamau, Québec. Can. Miner., vol. 24, pp. 761-774.
- Taylor, R.P., 1983, Comparison of biotite geochemistry of Bakircay, Turkey, and Los Pelambres, Chili, Porphyry copper systems. Trans. Instn Min. Metall. (Sect. B: Appl. Earth Sci.), vol. 92, pp.B16-B21.
- Tchalenko, 1968, The evolution of kink-bands and the development of compression textures in sheared clays. Tectonophysics, vol. 6, pp. 159-174.
- Thurston, P.C., Ayres, L.D., Edwards, G.R., Gélinas, L., Ludden, J.N., Verpaelst, P., 1985, Archean bimodal volcanism, in: Evolution of Archean Supracrustal Sequences, L.D. Ayres, P.C. Thurston, K.D. Card, W. Weber. Geol. Ass. of Can., Spec. Pap. 28, pp. 7-21.
- Turcotte, D., 1986, Etude pétrographique et structurale du granite O'Brien, Mémoire de projet de fin d'études, Université du Québec à Chicoutimi, 42p.
- Valley, J.W., Petersen, E.V., Essene, E.J., Bowman, J.R., 1982, Fluorphlogopite and fluortremolite in Adirondak marbles and calculated C-O-H-F fluid compositions. Am. Mineral., vol. 67, 545-557.
- Watson, K.D., 1967, Kimberlites of eastern North America, in: Ultramafic and related rocks, ed: P.J. Wyllie, John Wiley and Sons Inc, New York, pp. 312-323.

ANNEXE 1
ANALYSE A LA MICROSONDE

ANALYSE A LA MICROSONDE

Analyses à la microsonde électronique

Les analyses chimiques de minéraux ont été effectuées à la microsonde de l'Université McGill à Montréal. L'appareil est de type CAMECA, présentant 4 spectromètres. Elle fonctionne avec le système CAMBAX\micro system, couplée avec le logiciel CAMBAX MBX\micro-package. Le voltage d'accélération est de 15kV, l'ampèrage de 8nA et le temps de comptage de 25 secondes.

Pour les silicates, la disposition des standards utilisés est la suivante:

1	2	3	4
LIF	TAP	TAP	PET
Fe (ANDR)	Na (ALBI)	F (APAT)	Cl (VANA)
Mn (MNTI)	Al (ORTH)	Si (ORTH)	K (ORTH)
Ba (BASO)	Mg (DIOP)		Ca (DIOP)
			Ti (MNTI)
3(coeffi-	2	2	3
cient de			
phase)			

Le tableau x présente les écarts types minimum, moyen, et maximum pour tous les grains de biotites analysés (2 à 4 points d'analyse par biotite). La précision analytique véritable pour chaque élément est probablement intermédiaire entre les écarts-types minimum et moyen: l'écart-type minimum est probablement plus faible que la précision réelle, tandis que l'écart-type moyen est probablement plus grand puisqu'il comprend probablement des variations réelles dans la composition chimique des biotites. Seules les analyses totalisant 98.5% à 101.5% ont été considérées lors de ces travaux.

Tableau x

Ecart-type (% poids)

	minimum	moyen	maximum
SiO ₂	0.45	1.20	2.75
Al ₂ O ₃	0.19	0.61	1.29
TiO ₂	0.04	0.11	0.15
MgO	0.14	0.53	1.04
FeO	0.14	0.80	1.36
MnO	0.02	0.05	0.09
CaO	0.006	0.43	1.28
BaO	0.006	0.05	0.11
K ₂ O	0.08	0.26	0.42
Na ₂ O	0.02	0.21	0.03
F	0.13	0.32	0.57
Cl	0.006	0.014	0.021

Pour les carbonates, la disposition des standards est la suivante:

1	2	3	4
LIF	TAP	TAP	PET
Fe (Sid)	Mg (DOL)	Sr-L (199)	Ca(DOL)
Ba (BASO)			Mn (MNT1)
3	2	2	3
DOL	Ca .2184		
	Mg .1329		
	C .1281		
	O .5159		
SID	Fe .4592		
	Mn .0228		
	C .1034		
	O .4136		
199	Sr .5937		
	C .0813		
	O .3250		

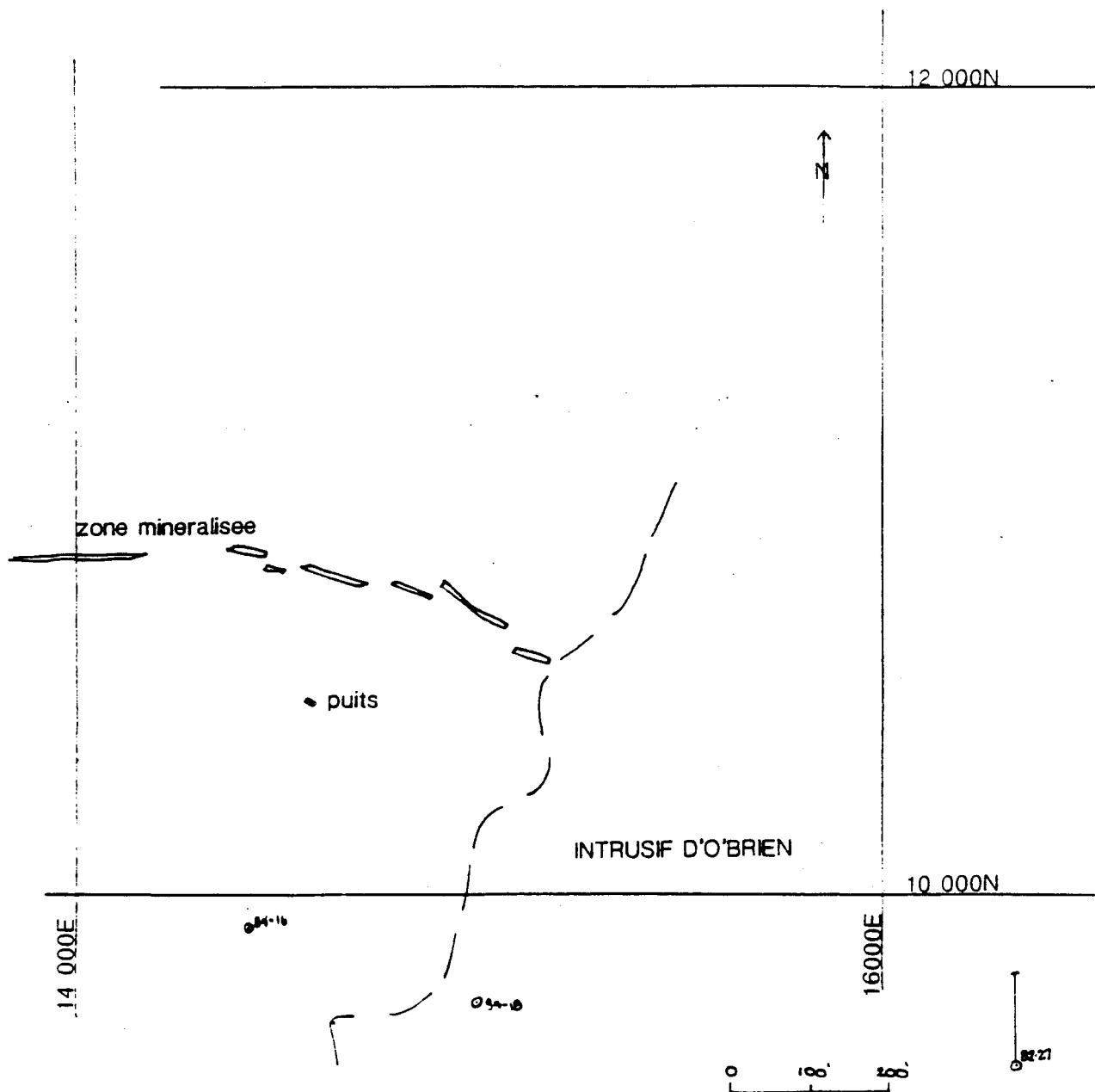
ANNEXE 2
LOCALISATION DES ECHANTILLONS

LOCALISATION DES ECHANTILLONS

Echantillons provenant de forages

No d'échantillon	No de forage	Profondeur
C-3	84-16	1717.8'
C-6	84-16	1722.6'
C-7	84-16	1723.8'
C-8	84-16	1725.0'
C-14	84-16	1731.3'
C-15	84-16	1732.3'
C-20	84-16	1739.2'
C-21	84-16	1740.7'
C-22	84-16	1741.9'
C-24	84-16	1744.8'
C-25	84-16	1746.9'
C-29	84-16	1748.6'
C-32	84-16	1757.8'
C-33	84-16	1758.8'
C-35	84-16	1763.5'
603	82-27	115.3'
615	82-27	428'
627	84-18	50'

Localisation des forages:



FORAGE 84-16

PROPERTY			PAGE 14
LOCATION		BEARING	84-16 HOLE NO.
LOGGED BY	ELEVATION	DIP	FINAL DEPTH
STARTED		TESTS (CORRECTED)	
FINISHED			
CASING			
CORE SIZE			
FROM	TO	DESCRIPTION	
		1470.8 - 1475.8 Agglomérat stérile. ANALYSE 4347	
1527.0	1529.5	Diorite à grain moyen, à bordures refroidies. Dykes à 90°.	
1529.5	1563.0	Agglomérat gris sombre, verdâtre. Peu fracturé.	
1563.0	1596.0	Agglomérat silicifié, puis tuf noir rubané, avec sections silicifiées et épidotisées. Altération par hématite et veinules de calcite occasionnellement (1571.0 - 1572.0).	
1596.0	1634.0	Zone de faille, avec rhyolite riche en taches de calcite, sidérose et épidote. 1619.8 - 1620.8 Dyke de diorite ou gabbro vert clair, très dur, sans carbonate. Bordures refroidies. Contacts à 70°.	
1634.0	1656.0	Andésite porphyrique, noire. Agglomérat. 1650.0 - 1654.5 Légère altération; rhyolite rouge sombre. 1-2% pyrite fine. ANALYSE 4348	
1656.0	1662.5	1654.4 - 1656.0 Faille Tuf porphyrique, agglomérat silicifié et très fortement épidotisé. Contacts à 60-70°.	
1662.5	1696.8	Rhyolite massive grise, agglomérat silicifié, moyennement épidotisé. Fréquentes taches riches en chlorite. 1667.0 - 1668.5, 1673.5 - 1674.5, 1679.0 : Failles 1678.0 - 1696.8 Début de la zone altérée. 1691.8 - 1696.8 Andésite, rhyolite gris sombre, pourpre, assez riche en épidote. 1% pyrite au maximum. ANALYSE 4349	
DOCKET NO 8608			

PROPERTY		PAGE 15
LOCATION	BEARING	HOLE NO. 84-16
LOGGED BY	ELEVATION	DIP FINAL DEPTH
STARTED	TESTS (CORRECTED)	
FINISHED		
CASING		
CORE SIZE		
FROM	TO	DESCRIPTION
1696.8	1760.2	Zone minéralisée. Contacts à 35°. Modérément magnétique. 1696.8 - 1701.8 Rhyolite rouge sombre, assez riche en épидote. Calcite. 1-2% pyrite. ANALYSE 4350
	1701.8 - 1706.8	Rhyolite rouge sombre, brèche, moins riche en épidote, plus riche en calcite. 2% pyrite fine. ANALYSE 4351
	1706.8 - 1711.8	Semblable à 4351. Veines de quartz. Veinules avec forte altération. ANALYSE 4352
	1711.8 - 1716.8	Semblable à 4352. ANALYSE 4353
	1716.8 - 1721.8	Tuf rhyolitique gris, assez riche en épидote sans altération par hématite. Stérile. Contacts à 40°. ANALYSE 4354
	1721.8 - 1726.8	Rhyolite grise, rouge; brèche. Riche en calcite. Bonne altération. 3% pyrite. Contact inférieur à 35°. ANALYSE 4355
DOCKET NO. 8608		

PROPERTY

PAGE 16

LOCATION _____ BEARING _____ HOLE NO. 84-16

LOGGED BY _____ ELEVATION _____ DIP _____ FINAL DEPTH _____

STARTED _____ TESTS (CORRECTED) _____

FINISHED _____

CASING _____

CORE SIZE _____

FROM	TO	DESCRIPTION
	1726.8 - 1731.8	Rhyolite semblable à 4355. Epidote. ANALYSE 4356
	1731.8 - 1733.3	Rhyolite rouge brique, à très forte altération avec du matériel granitique très fortement altéré. 5-6% pyrite. Contacts à 40°. ANALYSE 4357
	1733.3 - 1738.3	Rhyolite rouge brique, à très forte altération. 7-8% pyrite fine.. ANALYSE 4358
	1738.3 - 1743.3	Semblable à 4359. ANALYSE 4359
	1743.3 - 1747.6	Semblable à 4358. Quartz. ANALYSE 4360
	1747.6 - 1752.6	Rhyolite rouge brune, avec des veines de quartz, riche en calcite. 2-3% pyrite. ANALYSE 4361
	1752.6 - 1756.0	Rhyolite rouge, beige: veinules de quartz et de calcite. 4-5% pyrite fine. ANALYSE 4362
DOCKET NO. 8608	1756.0 - 1760.2	Semblable à 4362. Nombreuses veinules d'altération. ANALYSE 4363

PROPERTY

PAGE 17

LOCATION _____ BEARING _____ HOLE NO. 84-16

LOGGED BY _____ ELEVATION _____ DIP _____ FINAL DEPTH _____

STARTED _____ TESTS (CORRECTED) _____

FINISHED _____

CASING _____

CORE SIZE _____

FROM	TO	DESCRIPTION
1760.2	1768.5	Tuf rhyolitique gris, epidotisé vers le bas. 1760.2 - 1765.2 Tuf rhyolitique gris, stérile. ANALYSE 4364
1768.5	1778.0	Dyke d'andésite à grain moyen, avec de nombreux fragments ou minéraux mafiques légèrement plus grands. Fait penser à un gabbro mais texture de tuf visible. Vert clair, faiblement magnétique. Bordures refroidies. Contacts à 20°.
1778.0	1786.0	Dyke de porphyre brun. Contact inférieur à 60°.
1786.0	1808.0	Andésite à grain fin, grise ou avec altération légère par epidote; andésite porphyrique. Un peu de rhyolite grise. Faille à 1798.0 - 1799.0.
	1808.0	FIN DU SONDAGE

DOCKET NO.
8608

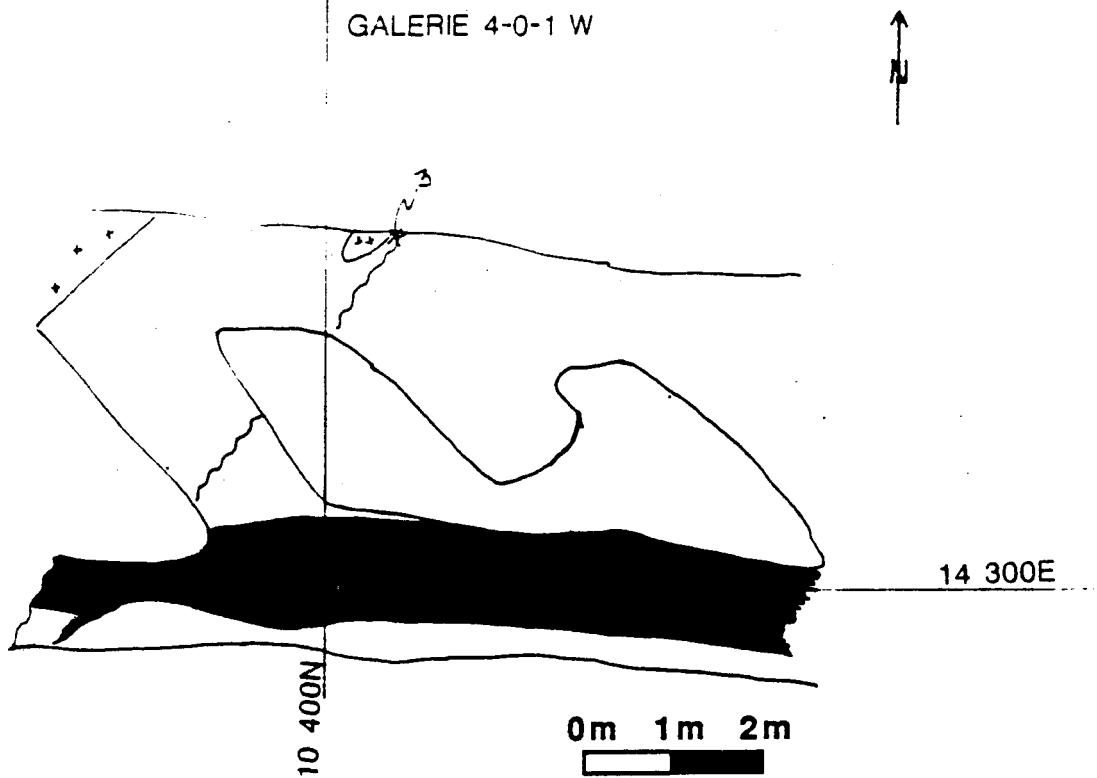
RESULTATS D'ANALYSES

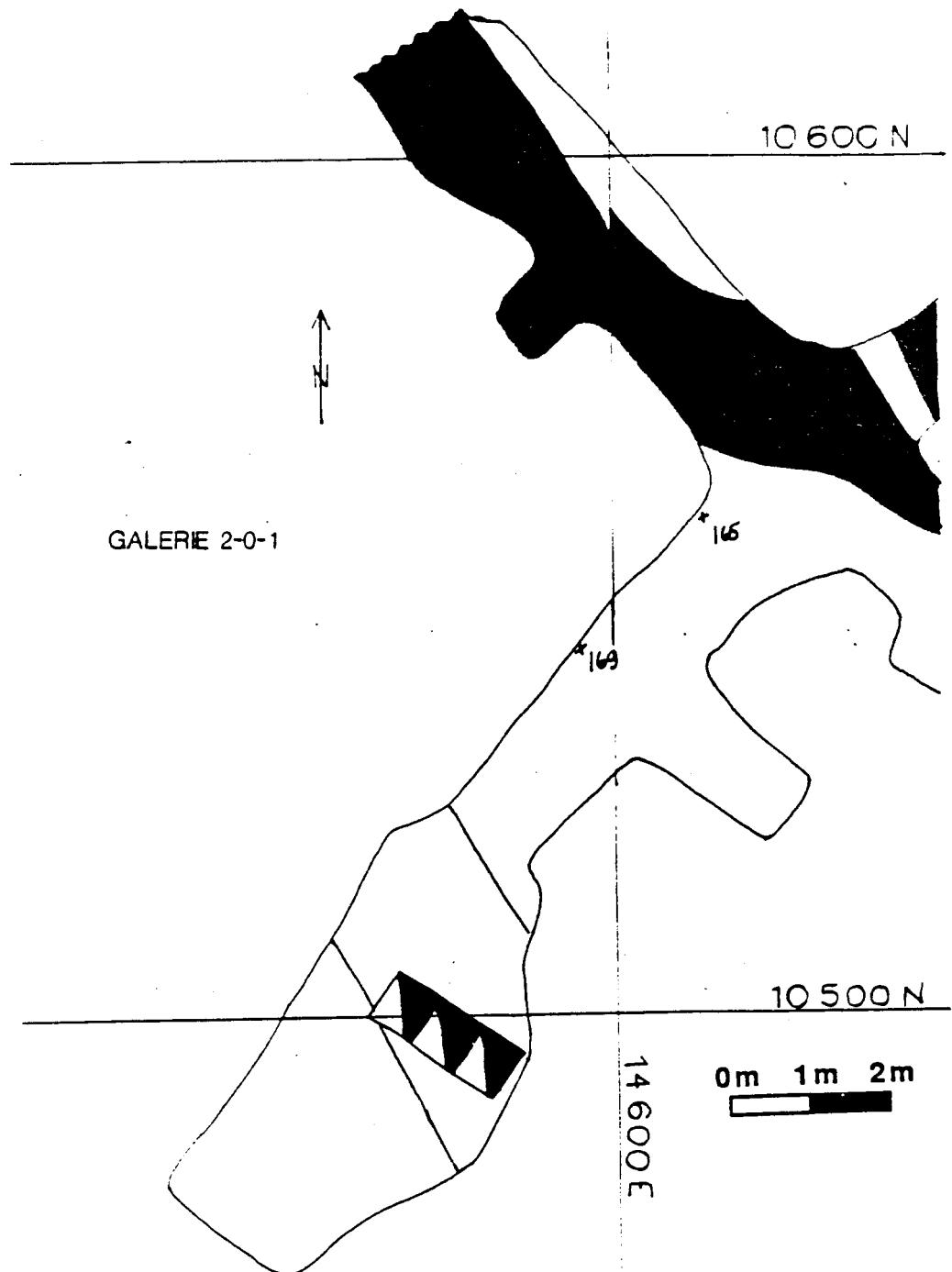
# échantillon	Au (g/t)	#échantillon	Au (g/t)
4348	.005	4357	.081
4349	tr	4358	.780
4350	tr	4359	.261
4351	tr	4360	.264
4352	tr	4361	.048
4353	tr	4362	.219
4354	.005	4363	.420
4355	.005	4364	.015
4356	.007		

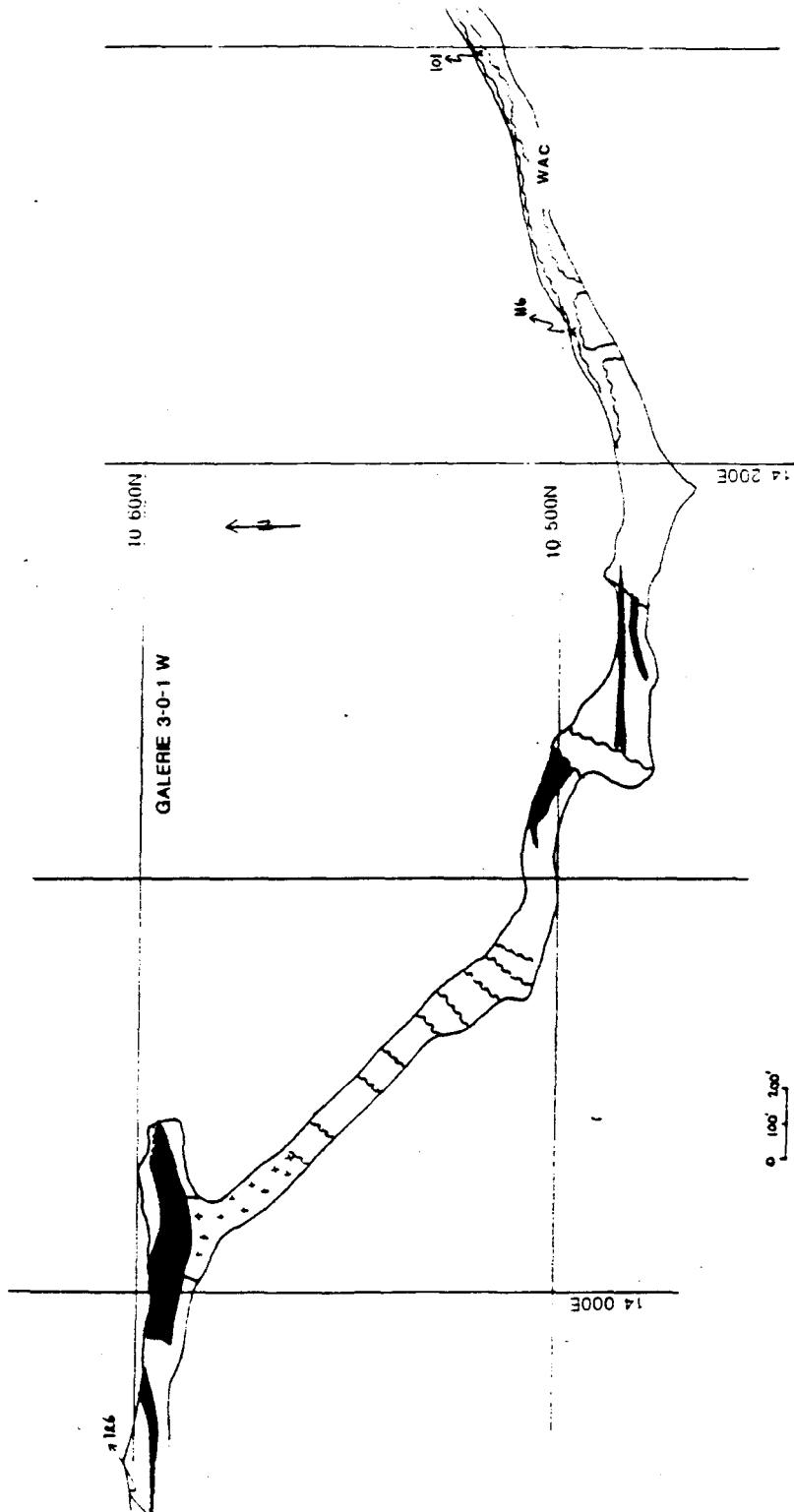
Echantillons provenant de la mine

N d'éch.	O Localisa tion	Estant	Nordant	Eléva tion
Bal 3	Galerie 4-0-1 W	14307E	10433N	9388
Bal 37	Sous- niveau 6-0-3 E	15014E	10017N	9225
Bal 101	Galerie 3-0-1 W	14298E	10523N	9566
Bal 103	Chantier 5-0-1 E	14667	10285	9350
Bal 116	Galerie 3-0-1 W	14232	10498	9566
Bal 126	Galerie 3-0-01 W	13934	10591	9566
Bal 165	Galerie 2-0-1 W	14610	10557	9715
Bal 169	Galerie 2-0-1 W	14597	10542	9715

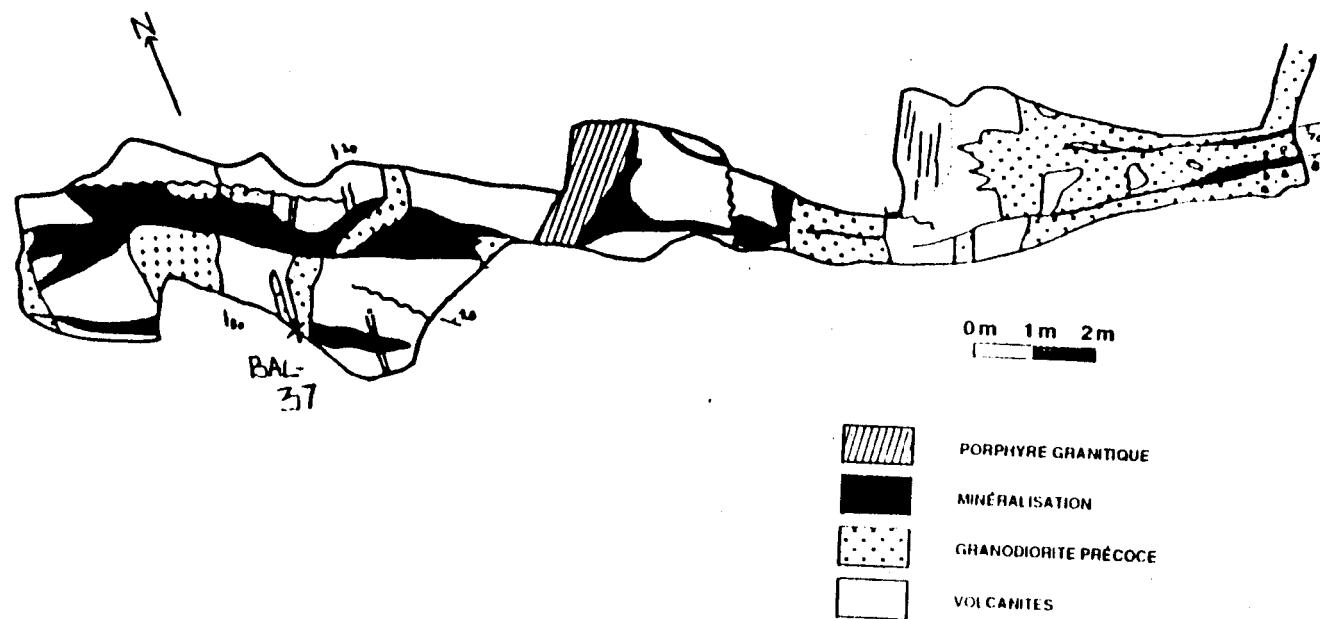
LOCALISATION DES ECHANTILLONS DANS LA MINE







GÉOLOGIE DU SOUS-NIVEAU 6-0-3 EST



ANNEXE 3
COMPOSITION DES CARBONATES

Concentration des oxydes composants les carbonates

	24.1	24.2	24.3	24.4	24.5	24.6	24.7
CaO	0.5653	0.5415	0.4912	0.5133	0.5337	0.5488	0.5551
MgO	0.0024	0.0026	0.0011	0.0008	0.0008	0.0019	0.0009
FeO	0.0081	0.0086	0.0053	0.0038	0.0032	0.0124	0.0043
MnO	0.0116	0.0148	0.0107	0.0162	0.0171	0.0061	0.0138
SrO	0.0012	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000
BaO	0.0000	0.0003	0.0000	0.0010	0.0006	0.0000	0.0003
	14.1	14.2	14.3	3.1	126.1	126.2	126.3
CaO	0.5505	0.5773	0.5625	0.5377	0.2820	0.2883	0.2888
MgO	0.0019	0.0032	0.0002	0.0006	0.1073	0.1267	0.1343
FeO	0.0274	0.0168	0.0008	0.0014	0.1650	0.1185	0.1108
MnO	0.0068	0.0078	0.0096	0.0061	0.0034	0.0122	0.0135
SrO	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	0.0005	0.0004	0.0002
BaO	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	0.0007	0.0004	0.0000

24.1 & 24.7 Carbonates disséminées

14.1, 14.2 Veinule de quartz-carbonate déformée

14.3 Veinule de carbonate tardive

3.1 Veinule de carbonates et epidote dans la zone d'altération propylitique

126.1 à 126.2 Carbonates dans la matrice d'une brèche.

ANNEXE 4
COMPOSITION DES CHLORITES

Annexe 4: Analyse à la microsonde électronique des chlorites de la mine Bachelor

	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	8.1	8.2	8.3	8.4
Si	0.2672	0.2692	0.2460	0.2450	0.2499	0.2589	0.2563	0.2486	0.2562
Ti	0.0002	0.0001	0.0004	0.0006	0.0005	0.0003	0.0006	0.0008	0.0003
Al	0.1731	0.1740	0.2108	0.2076	0.2063	0.2088	0.2065	0.2098	0.2087
Mn	0.0114	0.0111	0.0119	0.0102	0.0114	0.0111	0.0107	0.0110	0.0082
Fe	0.3271	0.3189	0.3276	0.3342	0.3266	0.2773	0.2771	0.2945	0.2781
Mg	0.1010	0.1108	0.0947	0.0952	0.0930	0.1352	0.1308	0.1170	0.1342
Ca	0.0014	0.0003	0.0002	0.0000	0.0002	0.0001	0.0001	0.0003	0.0002
Na	0.0000	0.0002	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001	0.0004	0.0007	0.0002
K	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0002	0.0008
Ba	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0004	0.0004
OH*	0.1095	0.1103	0.1105	0.1103	0.1102	0.1139	0.1125	0.1113	0.1132
F	0.0023	0.0023	0.0000	0.0000	0.0017	0.0000	0.0020	0.0000	0.0000
Cl	0.0002	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0005	0.0002	0.0002
total	0.9953	0.9973	1.0026	1.0036	1.0008	1.0059	0.9975	0.9948	1.0007
-O-F	0.0010	0.0010	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000
total	0.9945	0.9963	1.0026	1.0036	1.0001	1.0059	0.9967	0.9948	1.0007
Si	5.85	5.85	5.34	5.32	5.44	5.45	5.46	5.35	5.42
Al(IV)	2.15	2.15	2.66	2.68	2.56	2.55	2.54	2.65	2.58
	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al(VI)	2.37	2.31	2.73	2.79	2.73	2.63	3.64	2.67	2.63
Ti	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
Fe	5.99	5.80	5.94	6.07	5.94	4.88	4.94	5.30	4.92
Mg	3.29	3.59	3.06	3.08	3.01	4.24	4.15	3.76	4.24
Mn	0.21	0.20	0.22	0.19	0.21	0.20	0.19	0.20	0.15
Ca	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Na	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
	11.89	11.90	11.97	12.15	11.90	11.95	12.95	11.99	11.98
F	0.157	0.156	0.000	0.000	0.117	0.000	0.137	0.000	0.000
Cl	0.006	0.000	0.005	0.005	0.001	0.000	0.018	0.008	0.007
XMg	0.35	0.37	0.33	0.33	0.33	0.45	0.45	0.41	0.46

* calculé
6 et 8- chlorite dans veinules de la zone propylitique
composition des chlorites calculées sur une base de 20 O.

Annexe 4 (suite)

	8.5	8.6	14.1	14.2	14.3	33.1	33.2	33.3	101.1
Si	0.2669	0.2656	0.2613	0.2761	0.2878	0.2677	0.2618	0.2596	0.2895
Ti	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	0.0004	0.0004	0.0001
Al	0.1899	0.1882	0.1885	0.1931	0.1901	0.1912	0.1964	0.1954	0.1856
Mn	0.0098	0.0088	0.0030	0.0029	0.0029	0.0021	0.0018	0.0021	0.0074
Fe	0.2933	0.2977	0.2055	0.2113	0.2004	0.2924	0.2987	0.2956	0.1922
Mg	0.1279	0.1250	0.1834	0.1889	0.2039	0.1266	0.1203	0.1193	0.2027
Ca	0.0003	0.0000	0.0024	0.0019	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004
Na	0.0003	0.0004	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000
K	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0002	0.0002	0.0004	0.0000
Ba	0.0000	0.0006	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0011	0.0007	0.0009
OH*	0.1126	0.1119	0.1153	0.1161	0.1173	0.1121	0.1115	0.1106	0.1180
F	0.0009	0.0009	0.0073	0.0071	0.0083	0.0012	0.0037	0.0013	0.0043
Cl	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
total	1.0023	0.9993	0.9873	0.9978	1.0039	0.9943	0.9963	0.9854	1.0011
-O-F	0.0004	0.0004	0.0031	0.0030	0.0035	0.0005	0.0016	0.0005	0.0018
total	1.0021	0.9989	0.9842	0.9948	1.0004	0.9938	0.9949	0.9849	0.9993
Si	5.68	5.69	5.85	5.70	6.21	5.72	5.63	5.62	5.66
Al(IV)	2.32	2.31	2.15	2.30	1.79	2.28	2.37	2.38	2.12
	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al(VI)	2.44	2.44	2.47	2.40	2.55	2.54	2.60	2.61	2.34
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.01	0.00
Fe	5.22	5.33	3.57	3.65	3.42	5.23	5.37	5.35	3.26
Mg	4.06	3.99	5.68	5.81	6.21	4.03	3.85	3.85	6.13
Mn	0.18	0.16	0.05	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.13
Ca	0.01	0.00	0.05	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01
Na	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
K	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
	11.93	11.94	11.84	11.95	12.29	11.86	11.97	11.87	11.97
F	0.058	0.058	0.479	0.461	0.535	0.079	0.253	0.087	0.275
Cl	0.002	0.003	0.003	0.004	0.007	0.000	0.003	0.001	0.000
XMo	0.43	0.42	0.61	0.61	0.64	0.43	0.42	0.42	0.64

* calculé
 8 chlorite dans veinules de la zone propylitique
 14 chlorite dans zone d'altération séricitique
 33 chlorite dans zone d'altération potassique
 101 chlorite dans zone de cisaillement WAC

Annexe 4 (suite)

	101.2	116.1	116.2	169.1	169.2	3.1	37.1	15.1	15.2
Si	0.2908	0.2590	0.2769	0.2586	0.2668	0.2896	0.2841	0.2625	0.2594
Ti	0.0006	0.0004	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0007	0.0002	0.0005
Al	0.1852	0.1958	0.1893	0.2070	0.2011	0.1696	0.1817	0.1940	0.2010
Mn	0.0059	0.0015	0.0035	0.0103	0.0064	0.0048	0.0020	0.0012	0.0008
Fe	0.2019	0.3248	0.2676	0.2740	0.2487	0.2452	0.2488	0.2814	0.2865
Mg	0.2014	0.1053	0.1403	0.1392	0.1615	0.1692	0.1538	0.1339	0.1229
Ca	0.0001	0.0000	0.0006	0.0004	0.0009	0.0002	0.0017	0.0004	0.0003
Na	0.0002	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0003
K	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
Ba	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0012	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000
OH*	0.1185	0.1108	0.1135	0.1138	0.1151	0.1148	0.1140	0.1117	0.1112
F	0.0025	0.0000	0.0025	0.0000	0.0021	0.0016	0.0060	0.0011	0.0020
Cl	0.0000	0.0004	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0003
total	1.0084	0.9983	0.9957	1.0038	1.0043	0.9963	0.9931	0.9872	0.9854
-O-F	0.0015	0.0000	0.0015	0.0000	0.0009	0.0007	0.0025	0.0005	0.0008
total	1.0069	0.9983	0.9942	1.0038	1.0034	0.9956	0.9906	0.9867	0.9846
Si	5.88	5.60	5.85	5.45	5.55	6.04	5.97	5.63	5.59
Al(IV)	2.12	2.40	2.15	2.35	2.45	1.96	2.03	2.37	2.42
	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al(VI)	2.29	2.59	2.56	2.59	2.48	2.21	2.47	2.53	2.78
Ti	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Fe	3.41	5.87	4.73	4.83	4.33	4.28	4.38	5.05	5.16
Mg	6.07	3.39	4.42	4.37	5.01	5.26	4.82	4.28	3.95
Mn	0.10	0.03	0.06	0.18	0.11	0.09	0.06	0.02	0.01
Ca	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.01	0.01
Na	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
K	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	11.90	11.89	11.79	11.98	11.96	11.85	11.78	11.91	11.94
F	0.221	0.000	0.233	0.000	0.140	0.106	0.396	0.072	0.138
Cl	0.000	0.013	0.000	0.006	0.003	0.000	0.006	0.000	0.010
Xmg	0.63	0.36	0.48	0.47	0.53	0.55	0.52	0.46	0.43

* calculé
 101-116 chlorite dans zone de cisaillement WAC
 169 chlorite métamorphique
 3 chlorite dans zone propylitique
 37-15 chlorite dans granite altéré

Annexe 4 (suite)

	15.3	615.2	615.4	615.5
Si	0.2679	0.3079	0.3148	0.3015
Ti	0.0001	0.0002	0.0007	0.0003
Al	0.1863	0.1647	0.1677	0.1718
Mn	0.0015	0.0083	0.0081	0.0123
Fe	0.2873	0.1582	0.1643	0.1668
Mg	0.1390	0.2285	0.2192	0.2165
Ca	0.0015	0.0007	0.0009	0.0004
Na	0.0001	0.0003	0.0005	0.0001
K	0.0000	0.0000	0.0014	0.0002
Ba	0.0000	0.0000	0.0007	0.0002
OH*	0.1126	0.1180	0.1190	0.1182
F	0.0041	0.0053	0.0065	0.0000
Cl	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000
total	1.0005	0.9921	1.0040	0.9883
-O-F	0.0017	0.0022	0.0027	0.0000
total	0.9988	0.9899	1.0013	0.9883
Si	5.70	6.21	6.29	6.11
Al(IV)	2.30	1.79	1.71	1.89
	8.00	8.00	8.00	8.00
Al(VI)	2.37	2.12	2.24	2.22
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00
Fe	5.11	2.67	2.75	2.83
Mg	4.41	8.87	6.53	6.54
Mn	0.03	0.14	0.14	0.21
Ca	0.03	0.02	0.02	0.01
Na	0.01	0.01	0.02	0.00
K	0.00	0.00	0.04	0.01
	11.96	13.83	11.75	11.82
F	0.279	0.338	0.409	0.000
Cl	0.003	0.000	0.005	0.000
XMg	0.46	0.76	0.69	0.68

*--- calculé
 15 chlorite dans un granite altéré
 615 chlorite qui remplace la biotite dans un porphyre brun

ANNEXE 5
COMPOSITION DES MICAS BLANCS

Annexe 5: Analyse à la microsonde électronique des micas blancs

	6.1	8.1	8.2	15.1	29.1	29.2	33.1	33.2	33.3
Si	0.4657	0.4901	0.5048	0.5250	0.5259	0.5225	0.5584	0.5090	0.5109
Ti	0.0021	0.0004	0.0000	0.0026	0.0037	0.0053	0.0079	0.0039	0.0030
Al	0.2928	0.2794	0.2848	0.2760	0.2919	0.2823	0.2690	0.2727	0.2723
Mn	0.0001	0.0007	0.0008	0.0000	0.0000	0.0001	0.0005	0.0002	0.0001
Fe	0.0554	0.0595	0.0576	0.0602	0.0418	0.0379	0.0369	0.0630	0.0556
Mg	0.0145	0.0106	0.0090	0.0250	0.0272	0.0294	0.0246	0.0247	0.0278
Ca	0.0002	0.0006	0.0003	0.0007	0.0004	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002
Na	0.0018	0.0007	0.0011	0.0008	0.0002	0.0006	0.0085	0.0003	0.0005
K	0.1096	0.1080	0.1095	0.0646	0.0668	0.0717	0.0529	0.0734	0.0727
Ba	0.0083	0.0011	0.0015	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004
OH*	0.0434	0.0493	0.0449	0.0455	0.0461	0.0456	0.0467	0.0447	0.0447
F	0.0014	0.0003	0.0032	0.0035	0.0115	0.0081	0.0091	0.0062	0.0094
Cl	0.0002	0.0002	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
total	0.9957	1.0009	1.0180	1.0040	1.0156	1.0035	1.0146	0.9982	0.9976
-O-F	0.0007	0.0002	0.0016	0.0018	0.0058	0.0041	0.0046	0.0031	0.0047
total	0.9950	1.0007	1.0164	1.0023	1.0099	0.9995	1.0101	0.9951	0.9929
Si	6.42	6.69	6.74	6.91	6.84	6.87	7.17	6.82	6.84
Al(IV)	1.58	1.31	1.26	1.09	1.16	1.13	0.83	1.18	1.16
	----- 8.00								
Al(VI)	3.18	3.18	3.22	3.18	3.31	3.24	3.23	3.12	3.14
Ti	0.02	0.00	0.00	0.03	0.04	0.05	0.08	0.04	0.03
Fe	0.64	0.68	0.64	0.66	0.46	0.42	0.40	0.71	0.62
Mg	0.30	0.22	0.18	0.49	0.53	0.56	0.47	0.49	0.55
Mn	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
	4.14	4.09	4.05	4.36	4.34	4.27	4.19	4.36	4.34
K	1.93	1.88	1.87	1.08	1.11	1.20	0.87	1.25	1.24
Na	0.05	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.21	0.01	0.01
Ba	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.03	1.92	1.91	1.11	1.13	1.21	1.08	1.26	1.25
F	0.061	0.015	0.134	0.043	0.472	0.337	0.369	0.263	0.398
Cl	0.005	0.005	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001

* calculé
 6-8 micas blancs dans les épontes de la zone minéralisée
 15-29-33 micas blancs de la zone minéralisée
 calculé sur une base de 22.0

Annexe 5 (suite)

	101.1	101.2	101.3	165.0
Si	0.5162	0.5260	0.5357	0.5071
Ti	0.0036	0.0036	0.0030	0.0024
Al	0.2756	0.2808	0.2695	0.3299
Mn	0.0006	0.0001	0.0000	0.0004
Fe	0.0519	0.0393	0.0425	0.0387
Mg	0.0329	0.0300	0.0366	0.0140
Ca	0.0008	0.0003	0.0002	0.0000
Na	0.0006	0.0022	0.0011	0.0024
K	0.0698	0.0671	0.0700	0.0704
Ba	0.0017	0.0013	0.0009	0.0011
O/H*	0.0453	0.0457	0.0460	0.0464
F	0.0025	0.0029	0.0052	0.0008
Cl	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
total	1.0015	0.9993	1.0107	1.0139
-O-F	0.0013	0.0015	0.0026	0.0004
total	1.0003	0.9979	1.0081	1.0135
Si	6.82	6.90	6.98	6.55
Al(IV)	1.18	1.10	1.02	1.45
	----- 8.00	----- 8.00	----- 8.00	----- 8.00
Al(VI)	3.11	3.24	3.12	3.58
Ti	0.04	0.04	0.03	0.02
Fe	0.57	0.43	0.46	0.42
Mg	0.64	0.59	0.71	0.27
Mn	0.01	0.00	0.00	0.00
	----- 4.37	----- 4.30	----- 4.32	----- 4.29
K	1.18	1.12	1.16	1.16
Na	0.01	0.06	0.03	0.06
Ba	0.01	0.01	0.00	0.01
Ca	0.01	0.00	0.00	0.00
	----- 1.21	----- 1.19	----- 1.19	----- 1.23
F	0.105	0.120	0.215	0.032
Cl	0.000	0.000	0.000	0.006

* calculé
 101 micas blancs dans zone de cisaillement Mac
 165 micas blancs en altération sur plagioclase (métamorphiques)

ANNEXE 6
COMPOSITION DES BIOTITES

Annexe 6: Analyse à la microsonde électronique des biotites de la mine Bachelor

	603.1	603.2	603.4	37.1	37.2	37.3	37.4	37.5	37.6
Si	0.4097	0.4043	0.4306	0.3923	0.3842	0.3918	0.4804	0.4880	0.4762
Ti	0.0097	0.0106	0.0078	0.0166	0.0168	0.0160	0.0103	0.0104	0.0077
Al	0.1255	0.1289	0.1141	0.1301	0.1248	0.1305	0.0758	0.0720	0.0733
Mn	0.0069	0.0067	0.0050	0.0048	0.0044	0.0039	0.0000	0.0000	0.0001
Fe	0.1258	0.1279	0.1067	0.1630	0.1641	0.1579	0.0530	0.0506	0.0507
Mg	0.1828	0.1774	0.1981	0.1524	0.1510	0.1487	0.2074	0.2090	0.2110
Ca	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
Na	0.0008	0.0007	0.0005	0.0003	0.0008	0.0004	0.0003	0.0000	0.0005
K	0.0868	0.0925	0.0829	0.1028	0.1021	0.1037	0.1064	0.1105	0.1064
Ba	0.0019	0.0012	0.0038	0.0000	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
OH*	0.0408	0.0406	0.0414	0.0401	0.0394	0.0398	0.0417	0.0420	0.0414
F	0.0294	0.0317	0.0384	0.0203	0.0232	0.0187	0.0450	0.0559	0.0474
Cl	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
total	1.0204	1.0228	1.0296	1.0228	1.0127	1.0114	1.0203	1.0387	1.0148
O-F	0.0124	0.0130	0.0162	0.0085	0.0098	0.0079	0.0189	0.0235	0.0200
total	1.0080	1.0095	1.0134	1.0143	1.0029	1.0035	1.0014	1.0152	0.9948
Si	6.02	5.97	6.24	5.86	5.84	5.90	6.90	6.96	6.90
Al(IV)	1.98	2.03	1.76	2.14	2.16	2.10	1.10	1.04	1.10
	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al(VI)	0.19	0.21	0.18	0.15	0.08	0.21	0.18	0.17	0.15
Ti	0.11	0.12	0.09	0.19	0.19	0.18	0.11	0.11	0.08
Fe	1.55	1.58	1.29	2.04	2.09	1.99	0.64	0.60	0.61
Mg	4.01	3.90	4.28	3.39	3.42	3.33	4.44	4.44	4.55
Mn	0.09	0.08	0.06	0.06	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00
	5.95	5.89	5.90	5.83	5.84	5.76	5.37	5.32	5.39
K	1.63	1.74	1.53	1.96	1.98	1.99	1.95	2.01	1.97
Na	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01
Ba	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.66	1.77	1.56	1.97	2.02	2.00	1.96	2.01	1.98
F	1.369	1.482	1.760	0.958	1.117	0.891	2.043	2.522	2.172
Cl	0.006	0.002	0.002	0.004	0.009	0.001	0.000	0.006	0.000
XMg	0.71	0.70	0.76	0.62	0.61	0.62	0.87	0.88	0.88
XF	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
XCl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
log (XF/XCl)	2.36	2.87	2.94	2.38	2.09	2.95		2.62	

*calculé

603 Biotite dans une granodiorite porphyrique, à proximité de la zone minéralisée

37.1-37.3 Biotite dans une granodiorite porphyrique minéralisée

37.4-37.6 Biotite en inclusion dans un feldspath potassique dans une granodiorite porphyrique minéralisée

Annexe 6: (suite)

	627.1	627.2	37.7	14.1	14.2	14.3	24.1	24.2	24.3
Si	0.3825	0.3942	0.4752	0.4204	0.4753	0.4517	0.4281	0.4504	0.4367
Ti	0.0223	0.0189	0.0082	0.0010	0.0001	0.0000	0.0025	0.0020	0.0021
Al	0.1369	0.1373	0.0781	0.1013	0.0760	0.0927	0.1178	0.1051	0.1079
Mn	0.0054	0.0053	0.0000	0.0007	0.0001	0.0009	0.0006	0.0006	0.0003
Fe	0.1369	0.1501	0.0574	0.0559	0.0287	0.0411	0.0824	0.0582	0.0718
Mg	0.1366	0.1436	0.2156	0.2235	0.2366	0.2358	0.1986	0.2213	0.2129
Ca	0.0000	0.0000	0.0000	0.0246	0.0038	0.0012	0.0002	0.0000	0.0003
Na	0.0002	0.0005	0.0000	0.0004	0.0003	0.0000	0.0005	0.0006	0.0008
K	0.0983	0.0972	0.0989	0.1022	0.1070	0.1090	0.1004	0.1084	0.1004
Ba	0.0094	0.0023	0.0006	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
OH*	0.0395	0.0400	0.0418	0.0407	0.0418	0.0415	0.0408	0.0419	0.0411
F	0.0178	0.0170	0.0481	0.0513	0.0514	0.0536	0.0307	0.0443	0.0492
Cl	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0002	0.0002
total	1.0080	1.0064	1.0239	1.0220	1.0217	1.0277	1.0026	1.0330	1.0237
-O-F	0.0075	0.0072	0.0203	0.0216	0.0216	0.0226	0.0129	0.0187	0.0207
total	1.0005	0.9992	1.0036	1.0004	1.0001	1.0051	0.9897	1.0143	1.0030
Si	5.81	5.91	6.82	6.19	6.81	6.52	6.29	6.44	6.36
Al(IV)	2.19	2.09	1.18	1.81	1.19	1.48	1.71	1.56	1.64
	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al(VI)	0.25	0.31	0.14	0.00	0.09	0.10	0.32	0.21	0.21
Ti	0.25	0.21	0.09	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02
Fe	1.99	1.88	0.69	0.69	0.34	0.50	1.01	0.70	0.88
Mg	3.14	3.21	4.61	4.91	5.06	5.07	4.35	4.72	4.62
Mn	0.07	0.07	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
	5.70	5.68	5.53	5.62	5.49	5.68	5.72	5.66	5.73
K	1.90	1.86	1.81	1.92	1.96	2.01	1.88	1.98	1.86
Na	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02
Ba	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.39	0.06	0.02	0.00	0.00	0.01
	1.97	1.88	1.81	2.32	2.03	2.03	1.89	2.00	1.89
F	0.856	0.806	2.184	2.390	2.330	2.440	1.424	2.000	2.270
Cl	0.005	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
XMg	0.60	0.62	0.87	0.88	0.94	0.91	0.81	0.87	0.84
XF	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XCl	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
log (XF/XCl)	2.23		3.34						

* calculé
627 biotite dans un porphyre brun
37.7-14-24 biotite hydrothermale dans les volcanites

Annexe 6 (suite)

	103.1	103.2	103.3	103.4	169.1	169.2
Si	0.4365	0.4501	0.4516	0.4369	0.3797	0.4141
Ti	0.0044	0.0055	0.0064	0.0080	0.0119	0.0105
Al	0.1107	0.1007	0.1019	0.1116	0.1566	0.1454
Mn	0.0000	0.0005	0.0000	0.0001	0.0044	0.0048
Fe	0.0932	0.0789	0.0733	0.0923	0.1702	0.1838
Mg	0.1798	0.1891	0.1895	0.1794	0.1331	0.1337
Ca	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0001
Na	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004	0.0003	0.0000
K	0.1087	0.1110	0.1098	0.1064	0.0828	0.0618
Ba	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0003	0.0000
OH*	0.0406	0.0410	0.0410	0.0407	0.0395	0.0408
F	0.0460	0.0399	0.0408	0.0406	0.0132	0.0062
Cl	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003
total	1.0200	1.0168	1.0137	1.0164	0.9927	1.0015
-O-F	0.0194	0.0168	0.0172	0.0171	0.0056	0.0026
total	1.0006	1.0000	0.9965	0.9993	0.9871	0.9989
Si	6.44	6.56	6.60	6.42	5.75	6.08
Al(IV)	1.56	1.42	1.40	1.58	2.25	1.92
	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al(VI)	0.37	0.31	0.36	0.35	0.55	0.60
Ti	0.05	0.06	0.07	0.09	0.14	0.12
Fe	1.15	0.96	0.90	1.13	2.16	2.26
Mg	3.96	4.12	4.11	3.93	3.01	2.93
Mn	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.06
	5.53	5.46	5.44	5.50	5.92	5.97
K	2.05	2.07	2.05	2.00	1.60	1.16
Na	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	2.05	2.07	2.05	2.01	1.62	1.16
F	2.146	1.844	1.886	1.889	0.632	0.289
Cl	0.002	0.002	0.000	0.000	0.009	0.008
XMg	0.77	0.81	0.82	0.78	0.58	0.56
XF	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97
XC1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
log (XF/XC1)	3.03	2.96			1.85	1.56

* calculé
103 biotite hydrothermale
169 biotite métamorphique

ANNEXE 7
COMPILATION DES MESURES STRUCTURALES

Niveau	Types de mesures	Mesures
Galerie 1E		
	Veine de Ox-Py	N348/59
	Veine de Ox	N355/59
	Cisaillage	N227/66
	Zone minéralisée	N111/50
	Faillle	N047/60
	Faillle	N307/46
	Dyke granitique	N336/70
	Zone minéralisée	N125/65
	Dyke granitique	N006/65
	Faillle	N205/75
	Dyke granitique	N333/65
	Faillle	N094/10
	Faillle	N063/75-90
	Faillle	N040/65-90
	Faillle	N307/40
	Faillle	N056/60
	Zone min. secondaire	N077/65
	Faillle	N213/75
	Zone min. secondaire	N026/65
	Faillle	N096/90
	Faillle	N084/75
	Faillle	N230/65
	Faillle	N040/90
	Zone min. secondaire	N142/60
	Faillle	N143/65
	Zone min. secondaire	N156/60
	Zone minéralisée secondaire	N149/50
	Zone minéralisée secondaire	N169/70
	Zone minéralisée secondaire	N206/70
	Zone minéralisée secondaire	N217/50
	Faillle altérée	N074/80
	Faillle altérée	N095/65
	Faillle	N026/90
	Zone altérée	N020/55
	Faillle Mac altérée	N077/60
	Faillle	N036/90
	Faillle	N027/90
	Faillle	N205/75
	Zone minéralisée	N078/70
	Faillle	N095/45
	Zone minéralisée	N080/80
	Zone minéralisée	N060/70
	Faillle	N083/60
	Faillle	N213/60
	Faillle	N221/65 & 75
	Faillle	N042/60
	Faillle	N053/90
	Faillle Mac	N057/60 & 70
	Faillle	N062/60
Galerie 3E		

Niveau	Type de mesures	Mesures
Galerie SW		
	Faillle	N033/65
	Faillle	N191/70
	Faillle	N135/20
	Faillle	N086/20
	Faillle	N051/90
	Faillle avec argile de faillle	N046/60
	Zone minéralisée	N141/70
	Faillle	N038/90
	Zone minéralisée secondaire	N180/80
	Faillle	N125/65
	Aplatissement de fragments (schistosité)	N000/80
	Faillle	N110/50 à 60
	Faillle	N300/20
	Dyke granitique	N025/90
	Zone minéralisée	N124/30
	Faillle	N243/80
	Zone minéralisée	N180/50 à 75
	Faillle	N029/90
	Faillle-brèche	N033/80
	Faillle	N078/75-85
	Faillle-brèche	N078/90
	Faillle	N065/80
	Faillle Mac	N069/70
	Faillle altérée	N017/90
	Faillle	N350/85
	Faillle	N124/65-70
	Faillle	N038/55
	Faillle	N305/10
	Faillle	070/60
	Faillle	N093/70-80
	Faillle	N034/80-80
	Zone minéralisée	N087/60-70
	Faillle	N180/65-80
	Faillle	N217/85
	Faillle	N209/70-75
	Faillle	N209/80-90
	Faillle	N230/80
	Zone minéralisée	N120/65
	Faillle	N207/70
	Faillle	N217/75
	Faillle	N315/85-90
	Faillle	N033/70
	Faillle	N218/70
	Joint	N010/45
	Joint	N220/85
	Joint	N247/55
	Faillle (MAC)	N072/50

Niveau	Types de séances	Mesures
Galerie 3W		
	Faillle	N200/70
	Joint	N035/90
	Faillle	N083/80
	Faillle	N171/60
	Zone minéralisée	N091/60
	Faillle	N093/60
Galerie 4W		
	Faillle-cisaillement	N194/80
	Faillle	N036/80
	Faillle	N038/85
	Dyke granitique	N238/80 à 50
	Dyke granitique	N339/40
	Veine ex-fl-sv	N342/35
	Faillle	N125/60
	Faillle	N220/60 à 75
	Veine carbonates	N337/25
	Faillle	N032/65 à N212/80
Galerie 4E		
	Zone altérée-brèche	N199/75
	Veine Gz	N041/55
	Faillle	N196/70
	Faillle	N051/45 à 55
	Faillle	N101/35
	Faillle	N315/30
	Zone altérée-brèche	N202/80
	Aplatissement de fragments (schistosité)	N025/80
	Zone minéralisée	N124/50
	Zone minéralisée	N123/60
	Zone minéralisée	N104/60
	Faillle	N030/90
	Veine	N024/60
	Veine	N024/70
	Dyke granitique	N345/65
	Faillle	N105/63
	Zone minéralisée	N082/35
	Dyke granitique	N283/65
	Zone minéralisée	N105/55
4-0-2 sill		
	Faillle	N008/75
	Faillle	N051/65
	Faillle	N061/65
	Faillle	N104/55
	Faillle	N059/90
	Zone minéralisée	N115/60
Galerie 5W		
	Dyke granitique	N304/45
	Zone minéralisée	N113/72
	Zone minéralisée	N110/50
	Zone minéralisée	N105/55
	Faillle	N038/80
	Faillle	N225/70
	Zone minéralisée	N111/60

Niveau	Type de mesures	Mesures
Galerie SW		
	Faillle (WAC?)	N069/55
	Zone minéralisée	N103/50
	Faillle	N104/55
	Faillle	N023/50
	Faillle	N045/45
	Faillle	N030/50
	Faillle	N210/50-55
	Faillle (WAC)	N240/70
	Faillle	N110/50 à 55
	Faillle	N035/70
	Faillle	N150/20
	Faillle (WAC)	N266/65-70
	Faillle	N104/50 à 75
	Zone minéralisée	N292/75 à 85
	Zone minéralisée	N281/75
	Faillle	N225/55
	Faillle	N204/55
	Faillle	N210/75
	Faillle	N214/50
	Faillle	N034/55
	Faillle	N300/50
Galerie SE		
	Zone minéralisée	N131/60
	Dyke granitique	N336/70 à 90
	Veine de qx-fl-py	N098/70
	Veine qx	N008/60
	Veine qx	N139/70
	Veine qx	N110/50
	Fractures	N068/25
Sous-niveau S-0-2E		
	Dyke granitique	N037/50
	Dyke granitique	N354/75
	Dyke granitique	N355/90
	Veine qx	N308/90
	Dyke granitique	N351/90
	Zone minéralisée secondaire	N136/65
	Zone minéralisée	N109/60
	Zone altérée	N102/65 à 70
	Faillle	N236/55
	Faillle	N201/50
	Faillle	N028/70
	Veine de qx	N317/45
	Faillle	N014/50-55
	Zone minéralisée	N109/65
	Zone minéralisée	N093/55
Sous-niveau S-0-3E		
	Faillle	N284/20
	Zone minéralisée	N101/35
	Zone minéralisée	N103/35
	Zone minéralisée	N104/55

Niveau	Type de mesures	Mesures
Sous-niveau 5-0-2 E	Zone minéralisée	N104/50
	Brèche	N164/75
	Faillle	N264/10
	Faillle	N082/80 à 90
	Zone minéralisée	N090/45
	Faillle	N092/45
	Faillle	N115/45
	Faillle	N039/90
	Zone minéralisée	N115/65
	Zone minéralisée secondaire	N107/35
	Veine de quartz	N012/35
	Veine de quartz minéralisée	N094/70
	Veine de quartz	N180/40
	Veine de quartz minéralisée	N082/30
	Veine de quartz minéralisée	N096/30
	Veine de quartz minéralisée	N100/75
	Veine de quartz minéralisée	N103/50
	Veine de quartz minéralisée	N098/30
Galerie 6E	Veine de quartz	N114/45
	Dyke granitique	N178/90
	Faillle	N179/70
	Zone minéralisée secondaire	N048/55
	Faillle	N032/90
	Veine de quartz	N058/70
	Joint	N108/80
	Faillle	N031/60
	Veine de quartz	N064/45
	cisaillage	N082/70
	Veine de quartz	N073/80
	Dyke granitique	N323/80
	Zone minéralisée	N130/70
	Faillle	N019/90
Chantier 6-0-2 E	Dyke granitique	N000/90
	Fracture	N233/70
	Faillle	N213/80
	Faillle	N214/80
	Faillle	N027/90
	Zone minéralisée	N133/65
	Faillle	N043/90
	Zone minéralisée	N099/60
	Zone minéralisée	N110/60
	Zone minéralisée	N120/70
	Fracture	N259/70
	Zone minéralisée	N096/70
	Faillle	N012/90
	Veine de quartz minéralisée	N094/70
Sous-niveau 6-0-3 E	Veine de quartz minéralisée	N097/80

Niveau	Type de mesures	Measures
Sous-niveau 6-0-3 E		
	Veine de quartz minéralisée	N095/70
	Veine de quartz minéralisée	N102/70
	Dyke granitique	N035/55
	Dyke granitique	N185/60
	Faillle	N322/20
	Dyke granitique	N205/60
	Faillle	N315/30
	Faillle	N038/80
	Faillle	N020/90
	Dyke granitique	N347/80
	Faillle	N194/80
	Faillle	N136/80
	Zone minéralisée	N119/55
	Faillle	N207/75
	Faillle	N112/65
	Zone minéralisée secondaire	N203/65
	Dyke granitique	N050/50 & 70
	Dyke granitique	N226/75
	Faillle	N064/80
	Faillle	N042/80
	Faillle	N305/20
	Dyke granitique	N026/80
	Dyke granitique	N007/80
	Faillle	N238/80
	Faillle	N002/80
	Faillle	N116/50
	Faillle	N351/20
	Faillle	N046/90
	Faillle	N058/80-90
	Faillle	N253/75
	Faillle	N241/80
	Faillle	N308/10
	Faillle	N103/60
	Faillle	N114/75
	Dyke granitique	N352/70
	Zone minéralisée	N110/80
	Faillle	N075/75
	Faillle	N045/50
	Faillle	N023/90
	Faillle	N035/40
	Faillle	N185/80
	Faillle	N203/80
	Faillle	N178/80
	Faillle altérée, brèche	N161/65
	Faillle	N020/75
	Faillle	N038/80
Salerie 70		