

**Université du Québec  
INRS-Géoressources**

**ÉTUDE MÉTALLOGÉNIQUE DES INDICES AURIFÈRES ASSOCIÉS À  
LA FAILLE DE SAINTE-FLORENCE, MATAPÉDIA, GASPÉSIE, CANADA**

**Par  
Li Zhen CHENG**

**Mémoire présenté pour l'obtention  
du grade de Maîtrise ès sciences**

**5 octobre 1994**

**©droits réservés de Li Zhen CHENG, 1994**

## Résumé

L'étude métallogénique porte sur les indices aurifères de Lepage et Fraser situés le long de la faille de Sainte-Florence en Gaspésie. Le type de minéralisation aux indices étudiés est filonien et se présente sous forme de veines et de veinules de quartz, riches en sulfures des métaux de base et de l'arsénopyrite. Une analyse quantitative par spectrométrie de masse à source plasma sur l'arsénopyrite ainsi que les données géochimiques des veines minéralisées et des éponges suggèrent que l'or a probablement co-précipité avec l'arsénopyrite. L'or natif n'a pas été observé.

La minéralisation est reliée à l'hydrothermalisme. D'après l'analyse des inclusions fluides primaires dans la sphalérite et le quartz, la température d'homogénéisation est environ 200 °C tandis que la salinité varie entre 4.6 et 10.8 wt.% NaCl équiv. Parmi les sulfures, le premier à être précipité est la sphalérite. La galène et la plupart de la chalcoppyrite sont tardives par rapport à la sphalérite. L'or a probablement co-précipité avec l'arsenic dans l'arsénopyrite après la période principale de la précipitation des métaux de base.

La minéralisation est principalement associée aux veines de quartz d'extension. Ces veines sont orientées NO-SE et ont un pendage oblique à subvertical. L'attitude de ces veines est compatible avec le mouvement dextre tardif le long de la faille de Sainte-Florence et s'accorde avec les contraintes reconnues dans le secteur étudié ainsi que régionalement en Gaspésie. Donc, nous proposons que la minéralisation aurifère est probablement syn- à post-tectonique et elle est associée au mouvement de décrochement dextre le long de la faille de Sainte-Florence durant l'Acadien.

*Zi zhen Cheng*  
Étudiante

*Kees Schrijver*  
*Henoc Dubé*  
Directeurs de recherche

### Avant-propos

Ce mémoire a été rendu possible grâce à un projet du Comité d'Aide au développement des Collectivités (CADC), MRC de la Matapédia, organisé par l'administrateur, M. Parent, représentant du secteur minier de la région de Matapédia.

Plusieurs personnes ont contribué directement ou indirectement à ce mémoire. D'abord je dois remercier mes directeurs MM. Schrijver et Dubé. Ils m'ont fourni le financement pour les frais de laboratoire et de terrain ainsi qu'une partie de mes bourses d'études. Ils m'ont apporté beaucoup de connaissances en métallogénie. M. Dubé, spécialisé dans les gisements d'or m'a bien orientée à travers cette étude. M. Birkett m'a enseignée les méthodes de minéralogie optique et c'est grâce à son aide que j'ai pu déterminer la paragenèse minérale. M. Laflèche m'a aidée dans le domaine de la géochimie. Mme. Kirkwood, M. Malo et M. Faure m'ont aidée à comprendre le contexte géologique et structural de la Gaspésie. Je voudrais spécialement remercier les étudiants de l'INRS-Géoressources (Fallara F., Faure S., et les autres) car ils m'ont enseigné l'art d'écrire mon mémoire en français et d'appliquer mes connaissances géologiques. Je voudrais aussi remercier Mme. Berthe Schrijver, car elle m'a aussi aidée avec le français à mes débuts au Québec, M. Parent et son épouse ainsi que M. Courty pour avoir pris le soin de m'aider sur le terrain. Je dois aussi remercier M. Girard, M. Renal et M. Berger, car ils m'ont permis d'utiliser leurs données d'analyses géochimiques et toutes les informations antérieures établies sur les indices étudiés.

Plus particulièrement, je voudrais remercier la directrice de l'INRS-Géoressources, Mme. Achab car c'est grâce à elle, ainsi que M. Schrijver que j'ai pu étudier au Québec.

**Table des matières**

Résumé	i
Avant-propos	ii
Liste des figures	vi-vii
Liste des tableaux	viii
<b>CHAPITRE 1. INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
1.1 Introduction	1
1.2 Méthodes de travail	4
1.3 Travaux antérieurs	5
<b>CHAPITRE 2. GÉOLOGIE RÉGIONALE</b>	<b>6</b>
2.1 Stratigraphie	6
2.2 Cadre tectonique et structural	8
2.3 Métamorphisme	9
2.3.1 Les indicateurs paléontologiques	10
2.3.2 Les indicateurs minéralogiques	10
<b>CHAPITRE 3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE LOCAL</b>	<b>12</b>
3.1 Lithologie	12
3.2 Structure	13
3.2.1 Introduction	13
3.2.2 Les éléments structuraux	13
3.2.3 Structures secondaires	15
<b>CHAPITRE 4. MINÉRALISATION</b>	<b>16</b>
4.1 Introduction	16

4.2 Les indices Lepage	16
4.2.1 Aperçu général	16
4.2.2 Veines minéralisées	17
4.2.3 Minéralisation et paragenèse	18
L'indice Lepage 1	18
L'indice Lepage 2	23
4.2.4 Altération des roches encaissantes	28
4.2.5 Inclusions fluides	31
4.3 Les indices Fraser	32
4.3.1 Aperçu général	32
4.3.2 Veines minéralisées	32
4.3.3 Minéralisation et paragenèse	40
L'indice Fraser 1	40
L'indice Fraser 2	41
L'indice Fraser 3	41
4.3.4 Altération des roches encaissantes	45
4.3.5 Inclusions fluides	45
CHAPITRE 5. ANALYSE CHIMIQUE	51
5.1 Analyse quantitative	51
5.2 Analyse corrélative	52
CHAPITRE 6. INTERPRÉTATION DU MÉTALLOTECTE	54
6.1 Introduction	54
6.2 Métallotecte structural	55
6.3 Métallotecte lithologique	61
CHAPITRE 7. COMPARAISON AVEC LES GISEMENTS CONNUS	62
CHAPITRE 8. DISCUSSION	69

Composition du fluide hydrothermal	69
Sources possibles de l'or et des métaux de base	69
<b>CHAPITRE 9. CONCLUSIONS</b>	<b>72</b>
Paragenèse	72
Évolution structurale	73
<b>RÉFÉRENCES</b>	<b>75</b>
<b>APPENDICE</b>	<b>79</b>

### Liste des figures

Figure 1. Carte géologique et structurale de Gaspésie	2
Figure 2. Carte géologique locale	3
Figure 3. Évolution sédimentaire et tectonique dans la séquence de la ceinture de Gaspé	7
Figure 4. Modèle structural du système de décrochement dextre	9
Figure 5. Carte isothermique reflétant les degrés métamorphiques de la Gaspésie	11
Figure 6. Stéréogramme de foliation dans la zone de faille de Sainte-Florence	14
Figure 7. Stéréogramme des veines de quartz et de calcite aux indices Lepage	17
Figure 8. Photo de terrain et photomicrographies de quartz aux indices étudiés	19-20
Figure 9A Localisation des veines minéralisées	21
Figure 9B Profil de forage 92-F-3 à l'indice Lepage 1	22
Figure 10. Rapports de concentration entre les éléments: Au-As-Sb aux indices Lepage (Berger, J. 1991)	24
Figure 11. Photomicrographies de la minéralisation	25-26
Figure 12. Localisation et profil de forage 92-F-1	27
Figure 13. Photomicrographies de textures de la roche encaissante	29-30
Figure 14. Stéréogramme des veines aux indices Fraser	34
Figure 15. Schéma des tranchées de l'indice Fraser 3	35
Figure 16. Photomicrographies des types de quartz	36-37
Figure 17. Veines conjuguées à l'indice Fraser 3	39
Figure 18. Photomicrographies de la minéralisation	43-44

Figure 19. Photomicrographies des inclusions fluides	46-47
Figure 20A Distribution de la température d'homogénéisation des inclusions fluides primaires dans la sphalérite	48
Figure 20B Distribution de la température d'homogénéisation des inclusions fluides dans le quartz	48
Figure 21A Distribution de la salinité des inclusions fluides aux indices Fraser	49
Figure 21B Rapport entre la salinité et la température de fusion	49
Figure 22. Modèle de décrochement dextre dans la région de Matapédia	56
Figure 23. Photo de terrain des veines d'extension et photomicrographies des textures de tension	58-60
Figure 24. Séquence temporelle de la précipitation des minéraux	71

**Liste des tableaux**

Tableau 1. Résultats des analyses géochimiques à l'indice Lepage 1	23
Tableau 2. Résultats des analyses géochimiques à l'indice Lepage 2	31
Tableau 3. Résultats de l'analyse des inclusions fluides aux indices Lepage	32
Tableau 4. Propriétés des veines minéralisées aux indices Fraser	38
Tableau 5. Résultats des analyses géochimiques à l'indice Fraser 1	40
Tableau 6. Résultats des analyses géochimiques à l'indice Fraser 2	41
Tableau 7. Résultats des analyses géochimiques à l'indice Fraser 3	42
Tableau 8. Résultats de l'analyse des inclusions fluides aux l'indices Fraser	50
Tableau 9. Matrice de corrélation des éléments analysés	52-54
Tableau 10A. Comparaison entre les gisements connus et les indices étudiés	63-66
Tableau 10B. Caractéristiques des deux types de gisements d'or épithermaux connus	67

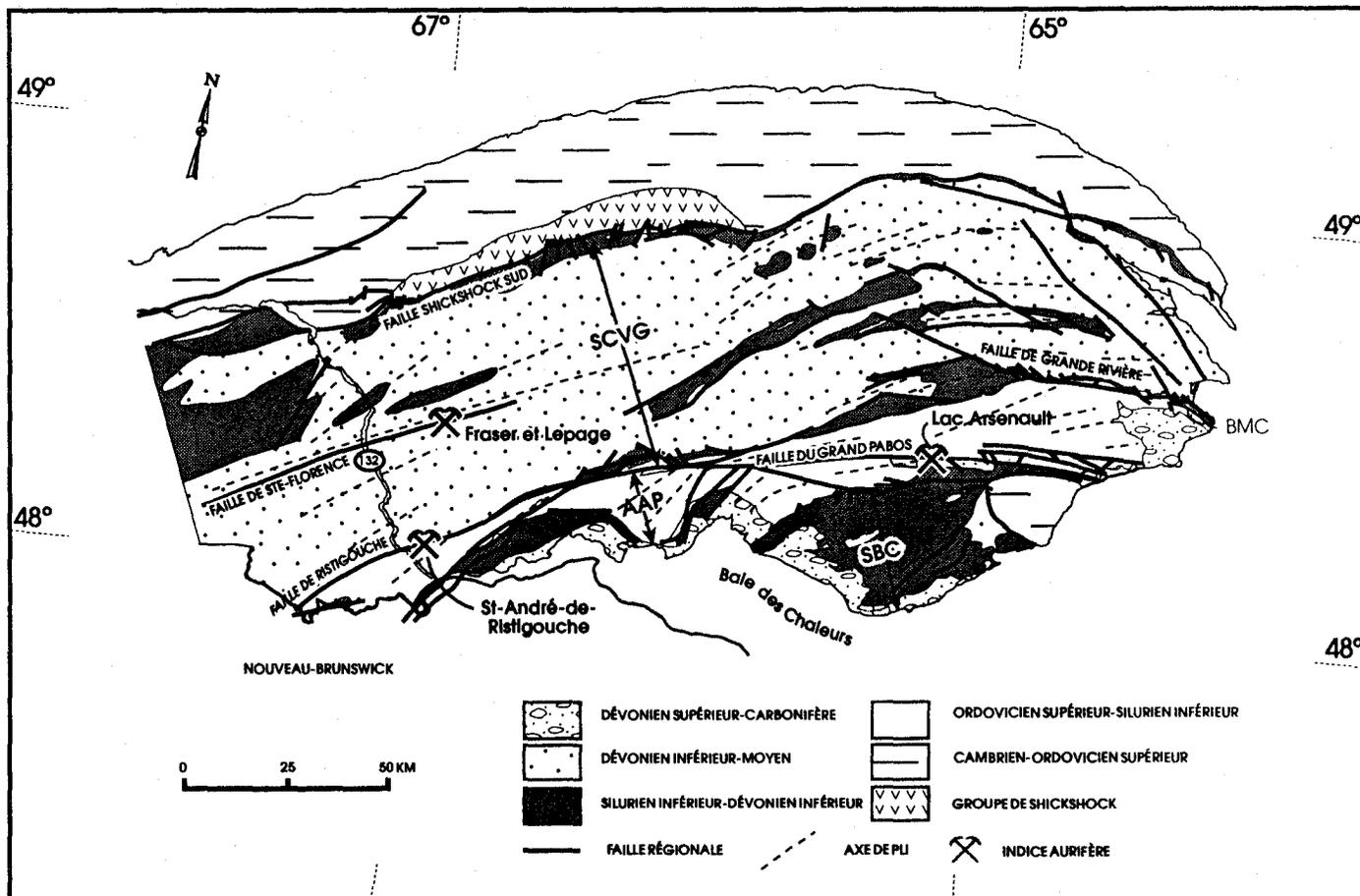
## 1. INTRODUCTION

### 1.1 Introduction

Au cours des dernières années, des minéralisations aurifères spatialement et génétiquement associées à des failles majeures ont été découvertes dans les Appalaches (Dubé, 1990). En Gaspésie, les principaux indices aurifères se situent le long de la faille Grand Pabos-Restigouche (Pelchat, 1993). Le long de la faille de Sainte-Florence, deux sites minéralisés aurifères connus sous les noms de l'indice Lepage (Lepage 1 et 2) et l'indice Fraser (Fraser 1, 2 et 3) ont été découverts, respectivement en 1989 et en 1992, par des prospecteurs dans la vallée de la Matapédia. Ces indices sont situés à l'extrémité ouest de la Gaspésie, à environ 13 km au sud-est de Causapscal, à la latitude moyenne de 48°20' et à la longitude moyenne de 67°01' (Fig. 1). Ils se trouvent dans le synclinorium de Connecticut Vallée-Gaspé encaissés dans les laves et les volcanoclastites qui se superposent aux métasédiments du Groupe de Fortin datant du Dévonien inférieur. Ces sites minéralisés affleurent au sud-est de la zone de failles de Sainte-Florence (Fig. 2).

Les résultats des analyses géochimiques (Berger 1991; Girard 1992, 1993) de quelques échantillons provenant de l'indice Lepage 2 ont montré des valeurs pouvant atteindre jusqu'à 64g/t d'or et 50g/t d'argent avec une centaine de ppm de cuivre et plus de 5000 ppm de plomb et de zinc dans des veines de quartz ainsi que dans les zones altérées des roches encaissantes.

Le but de ce travail est de documenter les caractéristiques minéralogiques et géochimiques des zones minéralisées, de définir le contexte structural des veines minéralisées et de déterminer leur compatibilité structurale avec la faille de Sainte-Florence. Une telle approche permet de définir les paramètres clés de ces indices et possiblement de fournir des guides d'exploration pour les prospecteurs actifs dans la région. Un modèle métallogénique sera présenté en conclusion.



**Figure 1: Carte géologique et structurale de Gaspésie.**

SCVG: Synclinorium de Connecticut Valley-Gaspé; AAP: anticlinorium d'Aroostook

Percé; SBC: Synclinorium de la Baie des Chaleurs; (modifiée de Kirkwood, 1994)

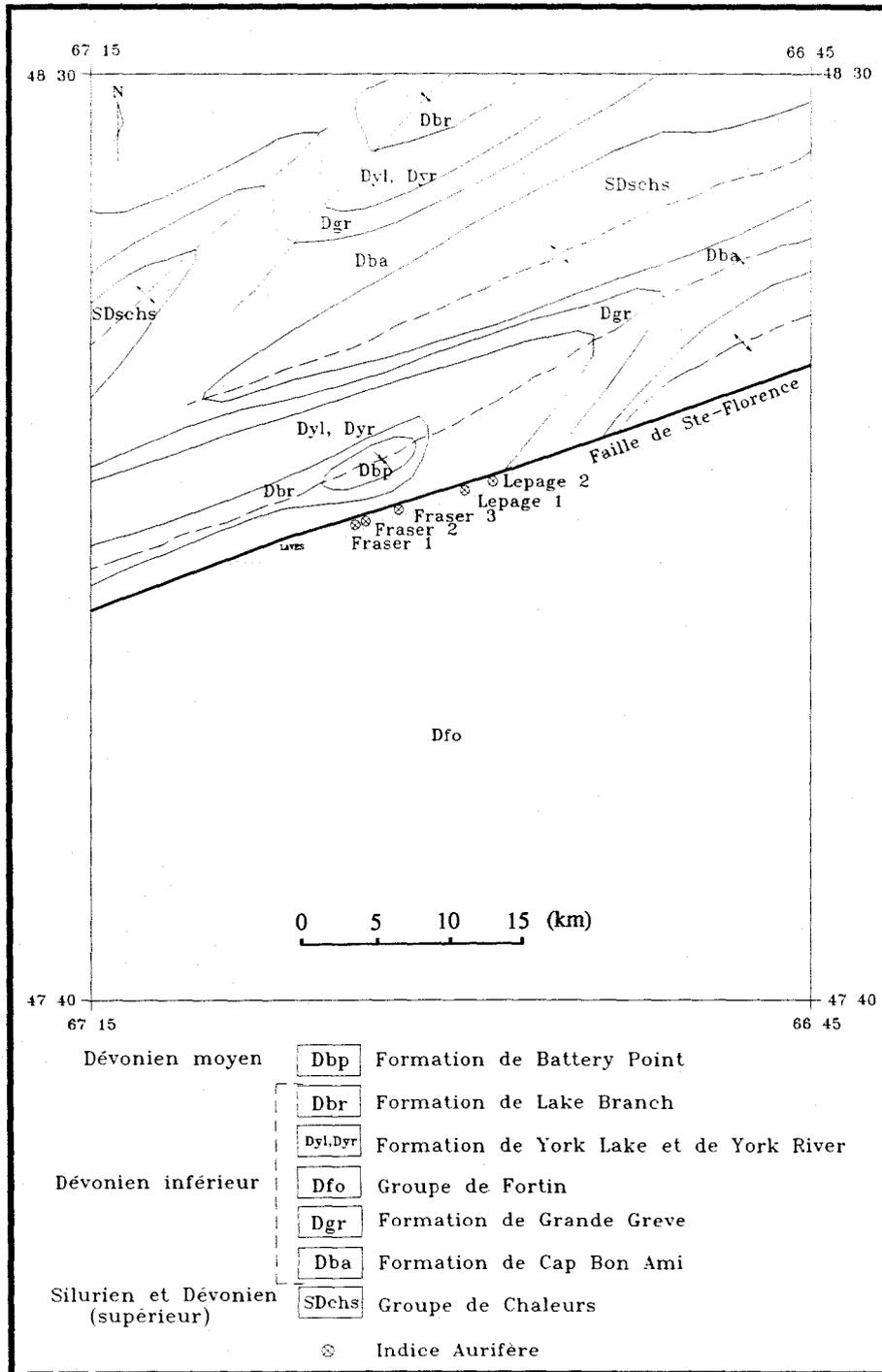


Figure 2: Carte géologique locale

## **1.2 Méthodes de travail**

Les indices aurifères étudiés sont situés dans des tranchées ayant des longueurs comprises entre 12 et 100 m, une largeur moyenne de 3 m et une profondeur de moins de 3 m, à l'exception d'un indice (Lepage 1) qui affleure dans un ruisseau. Les travaux de terrain ont été réalisés en plusieurs étapes durant l'été 1993. L'étape préliminaire a été une reconnaissance géologique régionale afin de comparer les différentes unités lithologiques reconnues à l'échelle régionale avec les localités étudiées en détail. Les tranchées qui étaient couvertes de débris ont été nettoyées et ensuite mesurées dans un système de repères géographiques. Une cartographie à l'échelle de 1:100 a ensuite été réalisée dans ces tranchées aux indices Lepage et Fraser. Une collection de données structurales comprenant les fractures, diaclases, clivages, plis et les veines minéralisées et non-minéralisées a été faite dans toutes les tranchées. Les relations de recoupement entre ces différentes structures ont permis dans certains cas d'établir la chronologie des événements tectoniques. Un échantillonnage pour l'analyse géochimique et l'analyse microscopique a été effectué dans tous les sites montrant des sulfures. Des échantillons orientés le long de la faille de Sainte-Florence ont été récoltés afin de déterminer le sens du mouvement.

L'étude pétrographique en lumière transmise et réfléchi de trente huit lames minces polies nous a permis de déterminer la paragenèse partielle de la minéralisation. L'usage du microscope électronique à balayage a permis, dans certains cas, l'identification plus détaillée des minéraux. Des analyses statistiques des données géochimiques nous ont aussi aidés à interpréter la paragenèse des gisements ainsi que la génération des éléments minéralisateurs en comparaison avec les résultats de l'étude pétrographique. L'analyse des inclusions fluides, effectuée en collaboration avec Q. X. Chi (INSR-Géoresources), a permis d'établir la température minimale de la précipitation du quartz et de la sphalérite ainsi que la salinité des fluides hydrothermaux.

### **1.3 Travaux antérieurs**

Les principaux travaux de géologie régionale réalisés dans ce secteur sont les suivants. Stearn (1965) a fait une cartographie géologique au 1:16300. La plupart des unités lithologiques et les grandes structures régionales définies par lui sont toujours utilisées aujourd'hui. Sikander et Fyson (1969) ont étudié le développement structural des roches paléozoïques de l'ouest de la Gaspésie. Spencer et al (1989) ont fait une interprétation géophysique de la structure du socle précambrien au nord des Appalaches. Berger (1991) a fait une étude structurale et géologique le long de la faille de Ste-Florence. Il a fait un échantillonnage systématique et procédé à l'analyse chimique des roches volcaniques et des veines de quartz aux indices Lepage, en plus de fournir une interprétation préliminaire de la géologie. Les travaux les plus récents ont été effectués par Malo et Bourque (1993) et Kirkwood et al. (1993 et 1994). Ils ont étudié l'évolution tectonique et stratigraphique de la Gaspésie et ont déterminé le contexte géologique régional et les événements de la déformation durant les orogénèses taconienne et acadienne.

Les indices aurifères étudiés ont été découverts par les prospecteurs Louis Lepage, Marc-Yvan Beaulieu, Jacques Parent, Renal Chiasson, Yves Bacon et Jean-Claude Morin. Les travaux antérieurs effectués par des géologues sont les suivants: l'analyse chimique des sols et la lithogéochimie des veines aurifères et des épontes (Berger, 1991; Girard, 1992 et 1993); trois forages totalisant 225 m aux indices Lepage 1 (forage 92-F-3) et Lepage 2 (forage 92-F-1 et forage 92-F-2) (Girard, 1992); et des relevés géophysiques Mag-VLF. Les résultats des analyses géochimiques ont montré des valeurs maximales de 64 g/t Au (indice Lepage 2) et des anomalies géochimiques des éléments minéralisateurs autour des veines de quartz aurifères (appendice). Le forage 92-F-1, orienté à 045/45, a recoupé à 20 m de profondeur la veine principale de quartz aurifère de l'indice Lepage 2 avec une valeur moyenne de 1.5g/t Au sur une largeur de 30 cm et une autre veine de quartz aurifère à 43 m avec une valeur moyenne de 8.3g/t Au sur une largeur de 90 cm.

## 2. GÉOLOGIE RÉGIONALE

### 2.1 Stratigraphie

La stratigraphie de la Gaspésie est divisée en quatre groupes ( Malo et Bourque, 1993 ) et est résumée sur la figure 3. On distingue en ordre chronologique croissant les groupes suivants:

- a) Les Groupes d'Honorat et de Matapédia caractérisés par des faciès carbonatés et siliceux à grains fins et interprétés comme étant des dépôts abyssaux.
- b) Le Groupe de Chaleurs composé de grès, de conglomérats feldspathiques et d'arkose dans la partie inférieure et de mudstones et siltstones calcaireux ou non-calcaireux dans la partie supérieure et interprétés comme le faciès du rebord de haut-fond à profond.
- c) Les Calcaires Supérieurs de Gaspé et du Groupe de Fortin composés du mélange de carbonates et siliciclastites à grains fins et interprétés comme le faciès du rebord abyssal ou du bassin.
- d) Le Groupe des Grès de Gaspé composé de grès grossiers et de conglomérats résultant d'un environnement côtier à continental.

Ces unités sont marquées par quatre principales discordances. Trois des discordances sont angulaires et correspondent respectivement à l'orogénie taconienne, à la perturbation salinique et à l'orogénie acadienne (Fig. 3). La dernière discordance correspond à une surface d'érosion (Bourque et al., 1990). Les trois phases d'eaux peu profondes correspondent aux événements tectoniques. Les sédiments de l'Ordovicien supérieur jusqu'au Silurien se sont formés dans un milieu marin profond, tandis qu'au Silurien inférieur jusqu'au Dévonien inférieur ces sédiments constituent des faciès de plate-formes profondes à peu profondes (Malo et Bourque, 1993).

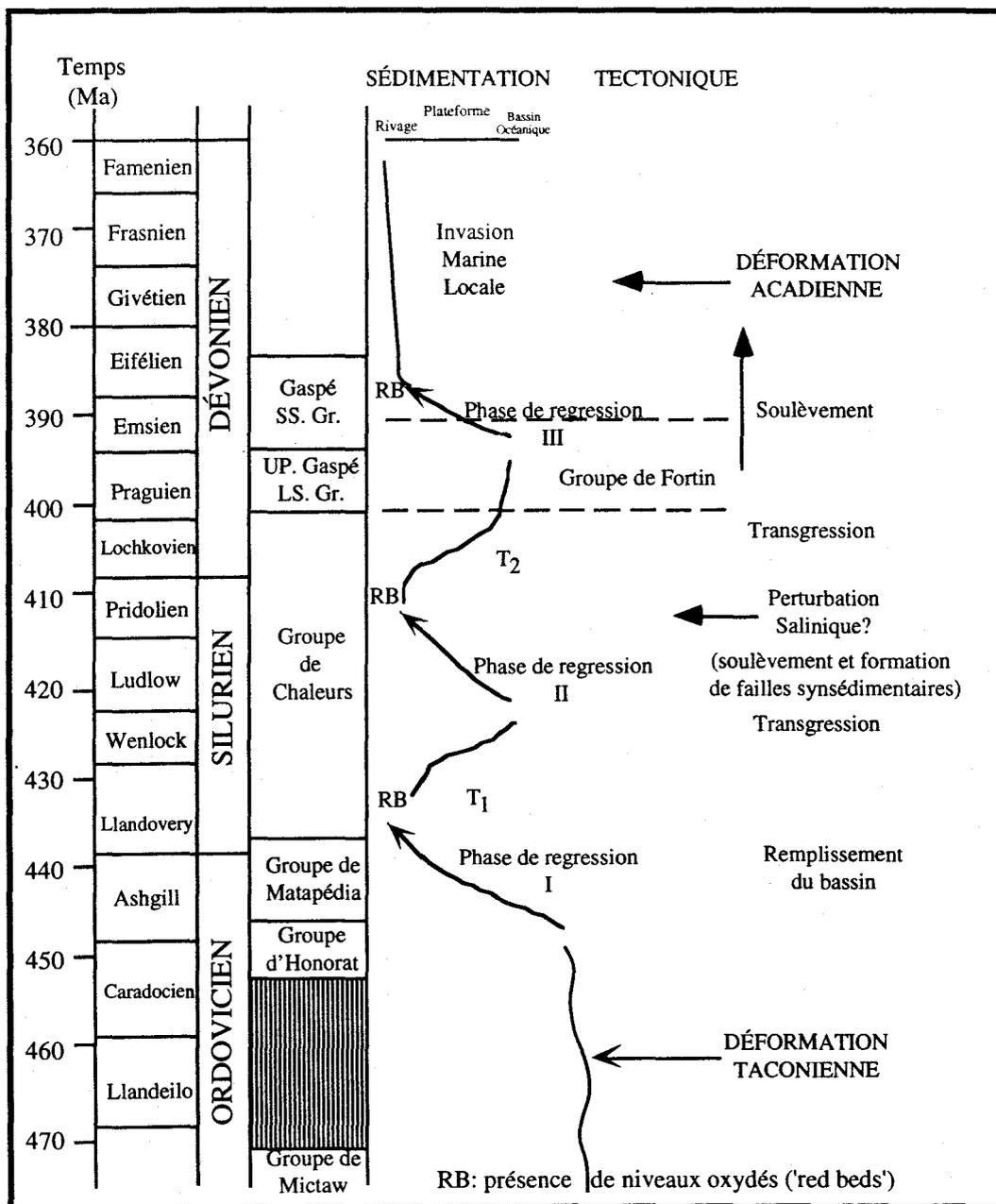


Figure 3: Évolution sédimentaire et tectonique dans la séquence de la ceinture de Gaspé, en Gaspésie durant l'Ordovicien moyen au Dévonien supérieur (modifiée de Bourque et al, 1991; Bourque, 1989b).

## **2.2 Cadre tectonique et structural**

Les Appalaches du Nord ont été déformées principalement par deux orogénies. L'orogénie taconienne a affecté principalement les roches d'âge cambro-ordoviciennes qui sont subdivisées en cinq zones tectonostratigraphiques: les Zones de Humber, de Dunnage, de Gander, d'Avalon et de Meguma (Williams, 1979). Les roches de l'Ordovicien supérieur au Dévonien moyen ont été déformées lors de l'orogénie acadienne. Les travaux récents de Malo et Bourque (1993) en Gaspésie démontrent que les roches déformées par les orogénies taconienne et acadienne affleurent de part et d'autre de la Ligne de Baie Verte-Brompton (LBB). La Zone de Humber se trouve au nord de la LBB. Au sud de la LBB, les roches de couvertures du Silurien et du Dévonien reposent en discordance sur les roches appartenant à la Zone de Dunnage (Fig. 1). La limite entre ces deux zones tectoniques est marquée à l'ouest par la faille de Shickshock et à l'est par un contact taconien discordant. Pendant l'orogénie taconienne la faille de Shickshock a enregistré un mouvement inverse alors que pendant l'orogénie acadienne elle a été réactivée par une composante de décrochement dextre.

La Ceinture de Gaspé se divise en trois secteurs structuraux; le synclinorium de Connecticut Vallée-Gaspé, l'anticlinorium d'Aroostook-Percé et le synclinorium de la Baie des Chaleurs (Malo et Bourque, 1993). Les contacts entre ces trois entités sont soit structuraux ou lithologiques (Fig. 1). La partie ouest du synclinorium de Connecticut Vallée-Gaspé est découpée par la faille de Ste-Florence. Cette faille majeure sépare les roches sédimentaires siluriennes et dévoniennes au nord et les roches volcano-sédimentaires d'âge dévonien au sud. Au sud de la Ceinture de Gaspé, on retrouve la faille de Grand Pabos qui se situe entre le synclinorium de Connecticut Vallée-Gaspé et l'anticlinorium d'Aroostook-Percé et qui agit comme une faille de décrochement. L'ensemble de l'orogénèse acadienne peut être interprété en Gaspésie comme un régime de transpression datant du Dévonien moyen et qui se traduit par un coulissage dextre accompagné d'un mouvement vertical relativement mineur (Kirkwood et Malo, 1993). Cet épisode de déformation progressive a engendré des plis en échelon orientés NE-SO, des clivages, des schistosités et des zones de cisaillement ductiles-fragiles (Kirkwood et al., 1994).

Les modèles de coulissage établis sur des expériences effectuées en laboratoire ont démontré qu'il existe un réseau complexe de structures secondaires (Fig. 4). Dans ce type de système, la faille principale de coulissage est située à environ 30 degrés par rapport à la direction de la contrainte maximale (s1) et les veines d'extension sont sub-perpendiculaires à la direction de la contrainte minimale (s3). Les travaux de Malo et Béland (1989), Trudel et Malo (1993) et Faure et al. (1994) ont montré à l'aide des cisaillements conjugués de type R et R' que la contrainte principale s1 en Gaspésie est orientée ESE-ONO. Dans ce modèle, les veines d'extension sont orientées NO-SE alors que les plis sont orientés NE-SO avec des surfaces axiales co-planaires à la schistosité et au clivage. Le cadre structural de la Gaspésie pour les déformations "acadiennes" peut être résumé sur le schéma présenté sur la figure 4.

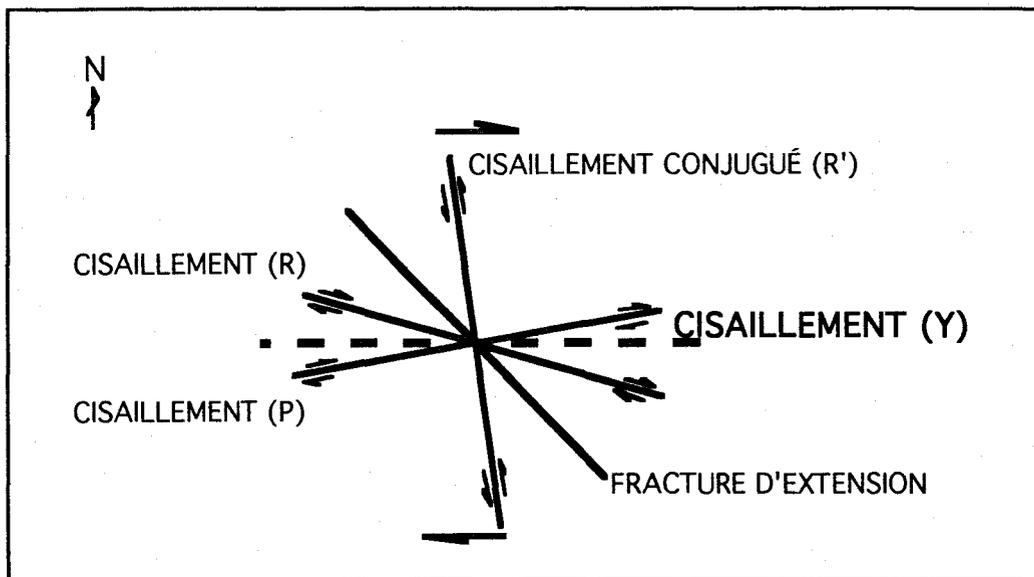


Figure 4: Modèle théorique d'un zone de cisaillement en décrochement (modifiée de Tchalenko et Ambraseys, 1970)

### **2.3 Métamorphisme**

Le métamorphisme régional varie du faciès schistes verts inférieur dans les couches siluriennes-dévonniennes au grade schistes verts dans le Groupe de

Shickshock (Dalton, 1987). Dans le secteur étudié, les roches sont faiblement métamorphisées (Stearn, 1965). Tout comme certains microfossiles, les polymorphes des minéraux micacés sont de bons indicateurs de métamorphisme.

### 2.3.1 Les indicateurs paléontologiques

Les conodontes sont des microfossiles phosphatiques qui peuvent changer de couleur avec la chaleur. Ils deviennent par conséquent de bons indicateurs pour la maturité des roches. En Gaspésie, les recherches portant sur l'exploration pétrolière dans les bassins sédimentaires ont permis d'établir une carte des indices de coloration et d'altération (ICA) des conodontes (Nowlan et Barnes, 1987). L'interprétation de ces résultats a montré qu'il y a eu une importante anomalie géothermique durant le Silurien tardif jusqu'au Dévonien moyen dans la région de la Vallée de la Matapédia (Fig. 5). Les valeurs de l'ICA varient de 1,5 à 4 et indiquent une température maximale d'enfouissement de 350°C (Nowlan et Barnes, 1987). Si l'on considère que cette anomalie géothermique est causée par l'enfouissement de sédiments, l'épaisseur maximale des unités est estimée à environ 11 à 12 km pour un gradient géothermique de 30°C/km. Cette conclusion semble s'accorder avec les observations minéralogiques présentées dans la section suivante.

### 2.3.2 Les indicateurs minéralogiques

Les changements de polymorphes des micas de type 1M à 2M correspondent à une augmentation de la température et de la pression pendant la diagénèse et le métamorphisme (Velde, 1965). Dans des conditions idéales, la transformation de la muscovite du type 1M à 2M a lieu dans un écart de température variant entre 125°C et 350°C. D'après Dalton (1987), le pourcentage de mica-2M varie dans le Groupe de Fortin de 33% à 83% à l'ouest, et de 19% à 37% à l'est. Il semble donc y avoir une progression métamorphique de l'est vers l'ouest dans les métasédiments du Groupe de Fortin. Par conséquent, la variation de l'épaisseur du Groupe de Fortin a été évaluée à environ 1,5 km à l'est et à approximativement 5 km à l'ouest, en considérant un gradient géothermique de 30°C/km.

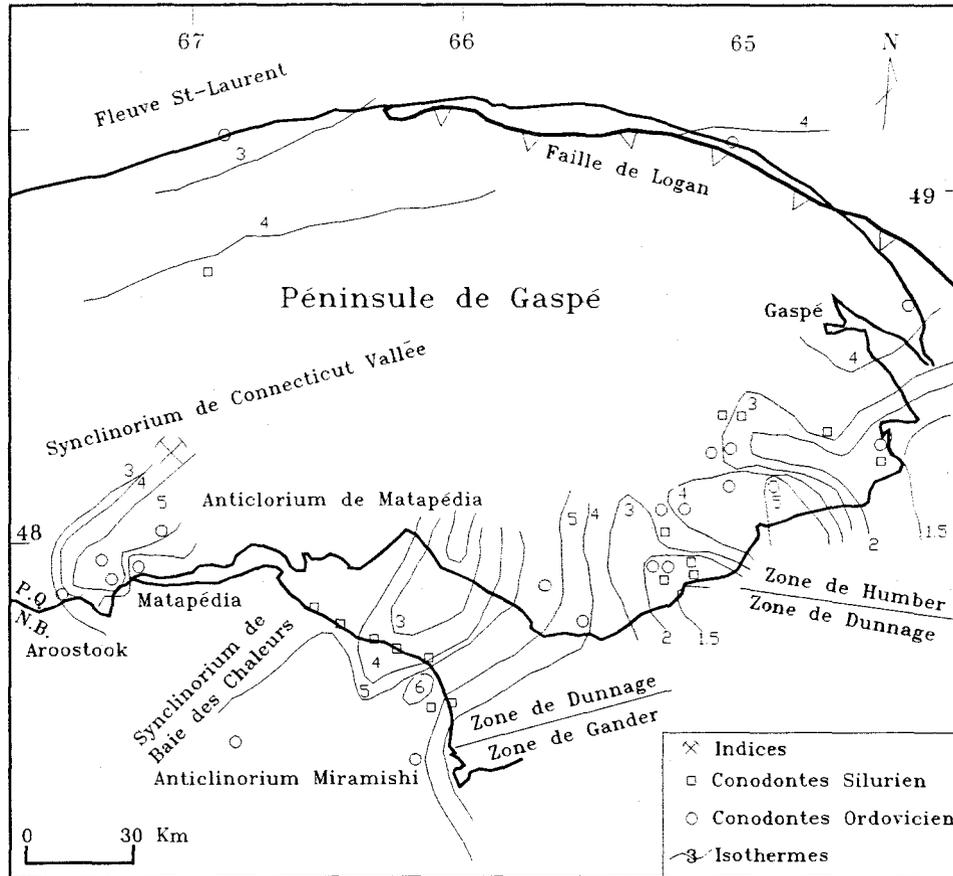


Figure 5: Carte isothermique reflétant les degrés métamorphiques de la Gaspésie en fonction des indications paléontologiques ICA (indice de coloration et d'altération des conodontes), modifiée de Dalton (1987).

La température correspondant au pic du métamorphisme serait de 330° C à 350°C dans les métasédiments à l'ouest du Groupe de Fortin.

### 3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE LOCAL

#### 3.1 Lithologie

Les roches hôtes des indices Lepage et Fraser au sud de la faille de Sainte-Florence sont composées de laves basaltiques (Berger, 1991) situées au sommet du Groupe de Fortin (Fig. 2). Le Groupe de Fortin est la plus grande formation lithologique au sud de la faille de Sainte-Florence. Il est formé principalement de mudstones calcareux et gréseux, de calcaires argileux, de grauwackes et d'arénites lithiques à grains fins à moyens, de conglomérats polygéniques et d'un peu de dolomie massive (Morin et Simard, 1987). Ces roches sont interprétées comme une séquence sédimentaire d'eau profonde (Malo et Bourque, 1993). Les paléocourants indiquent une source sédimentaire en provenance du sud, possiblement d'une région en soulèvement causé par l'orogénie acadienne (Dalton, 1987). Près du contact de faciès entre les unités volcaniques et sédimentaires les roches sont altérées par le métamorphisme et l'hydrothermalisme. À ces endroits, les roches sont caractérisées par une abondance de chlorite formant des schistes ardoisés et des phyllades (Stearn, 1965). Les laves se composent principalement d'andésite et de pyroclastites caractérisées par des textures vésiculaire, amygdalaire, et trachytique. Elles sont essentiellement de nature alcaline avec une certaine affinité subalcaline (Berger, 1991). De part et d'autres des unités volcaniques, Stearn (1965) a cartographié des interlits de phyllades qui pourraient être des sédiments contemporains au Groupe de Fortin, mais leur relation lithostratigraphique exacte dans le groupe de Fortin reste inconnue.

Les roches datant du Silurien et du Dévonien affleurent au nord de la faille de Sainte-Florence. Elles appartiennent à la Formation des Grès de Gaspé et à la Formation des Calcaires Supérieurs de Gaspé. La Formation des Grès de Gaspé consiste principalement en des grès à grains fins à grossiers et représenterait un environnement côtier à continental. Son épaisseur varie entre 2 et 3 km. La Formation des Calcaires Supérieurs de Gaspé se compose de roches carbonatées et

siliciclastiques à grains fins. Son épaisseur varie entre 100 et 300 m (Globensky, 1993). Jusqu'à maintenant, aucun indice minéralisé n'a été trouvé dans ces unités.

## **3.2. Structure**

### **3.2.1 Introduction**

Dans la région étudiée, les roches ont enregistré, durant l'orogénie acadienne, une déformation hétérogène d'intensité faible avec localement des zones plus fortement déformées. Cette déformation se manifeste par la présence de plis orientés NE et par la faille ductile-fragile de Sainte-Florence qui représente une zone de déformation intense. Un clivage pénétratif s'est développé parallèlement au plan axial des plis dans les roches du Groupe de Fortin.

### **3.2.2 Les éléments structuraux**

Les plis au nord de la faille de Sainte-Florence dans les roches siluro-dévonniennes sont aussi bien symétriques qu'asymétriques. La plupart sont orientés vers le NE et le pendage des flancs varie entre  $30^{\circ}$  à  $75^{\circ}$  (Stearn, 1965). Au sud de la faille, dans le Groupe de Fortin, les anticlinaux et synclinaux sont ouverts. Les pendages sur les flancs peuvent atteindre jusqu'à  $50^{\circ}$  et ils sont orientés NE (Stearn, 1965).

La schistosité mesurée dans le secteur est orientée en moyenne à N066/83 (Fig. 6). Il s'agit d'un clivage pénétratif parallèle aux plans axiaux et présent dans les siltstones et mudstones. Dans les schistes et les phyllades, les minéraux micacés définissent une foliation parallèle aux plans de clivage. Un clivage de crénulation, due à des micro-plis rythmiques, orienté 355/80 a été reconnu dans une tranchée de l'indice Lepage et un clivage conjugué a été observé dans une tranchée de l'indice Fraser orienté en moyenne 010/75 et 095/30 respectivement.

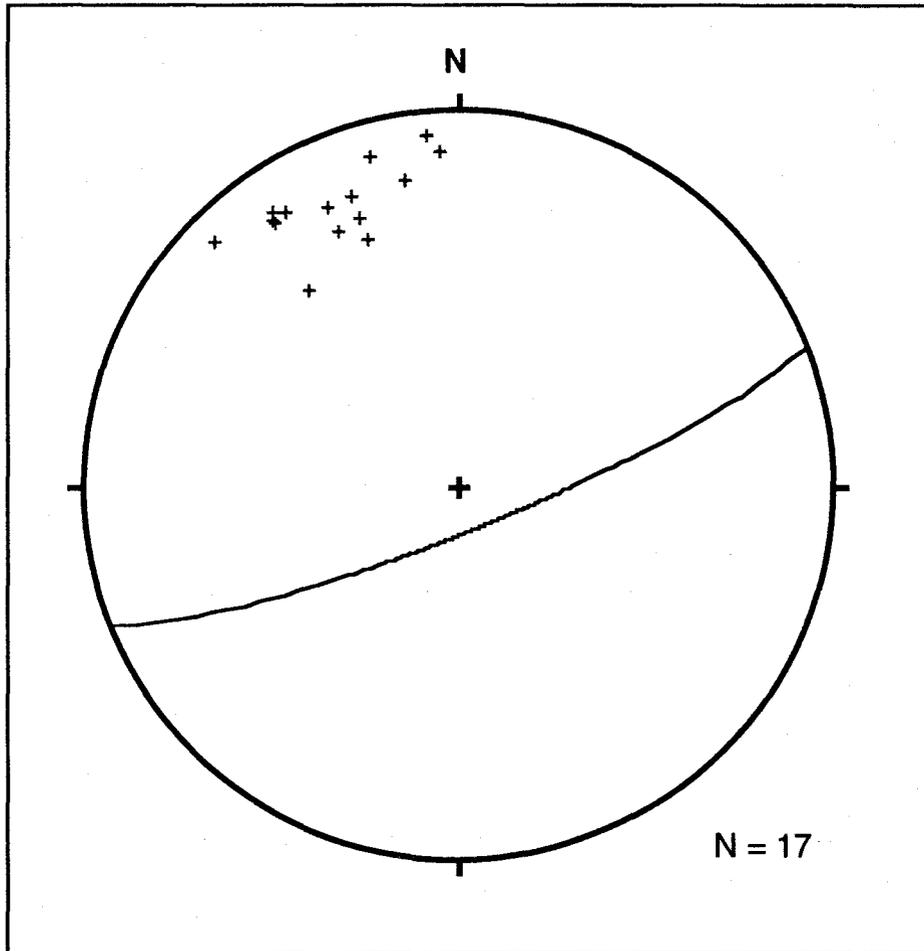


Figure 6: Projection stéréographique (canevas de Schmidt, hémisphère inférieur) des pôles de la foliation dans la zone de la faille de Sainte-Florence.

La faille de Sainte-Florence est la plus importante structure dans le secteur étudié. Elle se situe de 100 à 600 m au nord des indices aurifères et juxtapose les sédiments du Groupe de Fortin au grès de Gaspé d'âge dévonien inférieur. Elle a une orientation moyenne d'environ  $070^{\circ}$  avec un pendage d'environ  $70^{\circ}$  vers le sud. Berger (1991) interprète cette faille comme une faille inverse. Selon les travaux récents de Kirkwood et al. (1993), cette faille aurait subi un mouvement inverse avant d'être réactivée par un coulisage dextre lors d'une déformation régionale en transpression à l'Acadien.

Nos travaux indiquent que la faille de Sainte-Florence dans le secteur étudié, est orientée à  $065/65$  et se caractérise par une forte foliation orientée à

060/71 transformant les roches en des mylonites et en schistes. Le plan de foliation contient une linéation d'étirement subverticale orientée à 158/70. L'extension verticale se manifeste par la présence de nombreuses veinules d'extension de quartz et de calcite sub-horizontales. Afin de déterminer la cinématique de cette faille, trois échantillons orientés ont été recueillis dans le plan de cisaillement principal. De nombreux porphyroclastes, principalement composés de fragments de roches volcaniques, d'albite et de quartz entourés par une matrice microgrenue, homogène et très déformée, sont présents dans les échantillons étudiés.

Les indicateurs cinématiques tels les porphyroclastes de type Ó (Hamner et Passchier, 1991), présents sur deux lames minces orientées dans un plan vertical perpendiculaire à la schistosité et parallèle à la linéation d'étirement, ont montré un sens de mouvement inverse. Deux autres lames minces orientées perpendiculairement à la schistosité et à la linéation d'étirement ont montré des rotations en domino des fragments et témoignent d'un mouvement dextre. L'étude microscopique révèle donc des mouvements inverse et dextre. Les relations chronologiques entre ces deux mouvements sont inconnues. Toutefois, les travaux régionaux de Kirkwood et al (1994) indiquent essentiellement un mouvement inverse suivi d'un décrochement dextre comparable avec les observations faites sous le microscope.

### 3.2.3. Structures secondaires

Berger (1991) a défini deux familles de mésofailles dans le secteur étudié. Une famille se compose de mésofailles orientées entre N125°E et N135°E à rejet horizontal ou à rejet oblique avec une forte composante horizontale. Cette famille est prédominante dans la région étudiée. L'autre famille se compose de mésofailles orientées d'environ 242/54 à rejet inverse. En comparaison avec les travaux récents de Kirkwood et al (1994), ces deux familles de mésofailles semblent correspondre à deux étapes de mouvement le long de la faille de Sainte-Florence, la première famille de mésofailles étant associée probablement au mouvement tardif de décrochement dextre.

Nous avons observé une mésofaille de cisaillement qui est orientée 060/65 (Fig. 8A) et des zones de schistosité intense dans le secteur étudié. Leur orientation s'accorde bien avec la direction de la faille de Sainte-Florence. La mésofaille semble avoir un rejet inverse et elle est probablement associée au mouvement inverse le long de la faille de Sainte-Florence.

## **4. LA MINÉRALISATION**

### **4.1. Introduction**

Dans la région de Causapscal, des veines de quartz minéralisées en Zn-Cu-Pb-Ag-As. Deux types d'associations minérales ont été reconnus. Le premier type est caractérisé par l'association de sphalérite + chalcopryrite + galène et s'avère le plus commun dans la plupart des veines minéralisées. Le deuxième type est composé la presque totalité de l'arsénopyrite. En général, la minéralisation est de type filonien mais il y a aussi une minéralisation disséminée dans les épontes de la roche encaissante. Selon les résultats des analyses des inclusions fluides, la température d'homogénéisation est environ 200 °C et le fluide minéralisateur est salin (4.6 à 10.7 wt.% NaCl équiv.).

Les indices Lepage et Fraser seront traités séparément parce qu'ils présentent leur propre association minérale, de même qu'une paragenèse et géométrie des zones minéralisées différentes. Ces indices sont décrits en détails dans les deux prochaines sections.

### **4.2 Les indices Lepage**

#### **4.2.1 Aperçu général**

Les indices Lepage sont composés de deux indices aurifères que nous avons nommés: Lepage 1 et Lepage 2. Ces deux indices se distinguent par leur association métallique légèrement différente. L'indice Lepage 1 se caractérise par deux types de minéralisation, l'une en Zn et en Cu (une veine) et l'autre en Au-As (deux veines).

Tandis que l'indice Lepage 2 contient seulement une minéralisation en Au-As. Toutefois les caractéristiques texturales des veines sont très similaires.

#### 4.2.2 Veines minéralisées

Aux indices Lepage, la minéralisation se situe principalement dans les veines d'extension ayant une largeur de 5 cm à 1 m. Ces veines ont une orientation moyenne de N300° et possèdent un pendage subvertical (Fig. 7). Elles présentent une géométrie en échelon. Les veines qui contiennent des teneurs en Au élevées ont généralement une surface plane et une épaisseur constante.

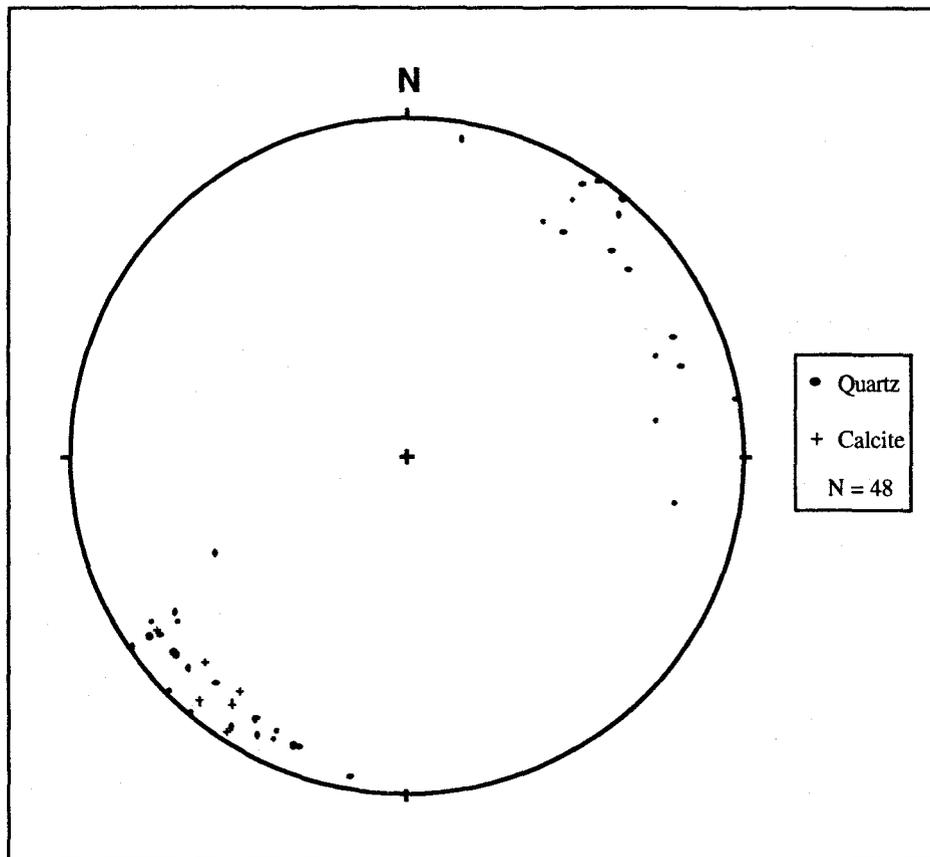


Figure 7: Projection stéréographique (canevas de Schmidt, hémisphère inférieur) des pôles des veines de quartz et de calcite aux indices Lepage.

Microscopiquement, la présence de cristaux de quartz perpendiculaires aux murs des veines indique clairement qu'il s'agit de veines d'extension. La plupart des veines possèdent une structure en peigne, caractéristique d'une croissance

crystalline sur les épontes vers le centre. Le quartz représente plus de 80% des veines. Il se compose de gros grains polycristallins ou prismatiques (Q1), de grains plus petits idiomorphes (Q2) et enfin de grains microcristallins (Q3). La partie principale de la veine est le quartz Q1 (Fig. 8B) mais la plupart des sulfures semblent être contemporains au quartz Q2 (Fig. 8C; il est à noter que les figures 8B et 8C sont des indices Fraser où les grains de quartz sont les plus photogéniques). La texture cataclastique et la recristallisation du quartz suggèrent que les veines ont subi une déformation tardive (Fig. 8D). La calcite représente moins de 10% de la veine et se situe généralement au centre des veines orientées NO-SE (Fig 7).

#### 4.2.3 La minéralisation et sa paragenèse

##### *L'indice Lepage 1*

L'indice Lepage 1 se compose de trois veines minéralisées (Fig. 9A). Une veine (V1) contient la minéralisation en Zn et en Cu et est représentée par l'association de sphalérite + chalcopryrite. Ces sulfures sont disséminés ou apparaissent sous forme de veinules à l'intérieur de la veine. Les deux autres veines (V2 et V3) sont parallèles entre elles et sont riches en arsénopyrite; la concentration de l'arsénopyrite est plus élevée dans les épontes. Elles contiennent aussi de la sphalérite mais en traces. Des analyses chimiques des zones minéralisées (Berger, 1991) semblent indiquer que l'or se concentre aussi en bordure des veines minéralisées et les valeurs en or varient de 4.8 à 15 g/t. Cette concentration est associée aux anomalies lithogéochimiques d'As, de Cu et de Zn (tableau 1). Des analyses chimiques effectuées sur des échantillons provenant du forage 92-F-3 ont également montré un fond géochimique élevé en Au, As, Sb, Zn et Cu dans les zones minéralisées (Fig. 9B). L'étroite association entre l'Au et l'As suggère que l'arsénopyrite est probablement le minéral porteur d'Au étant donné que l'or natif n'a pas été répertorié (Fig. 10).

Les lames minces provenant de la veine V1 ont montré que les minéraux les plus abondants sont la sphalérite et la chalcopryrite tandis que les veines V2 et V3 sont minéralisées en arsénopyrite et en sphalérite en quantité de trace.

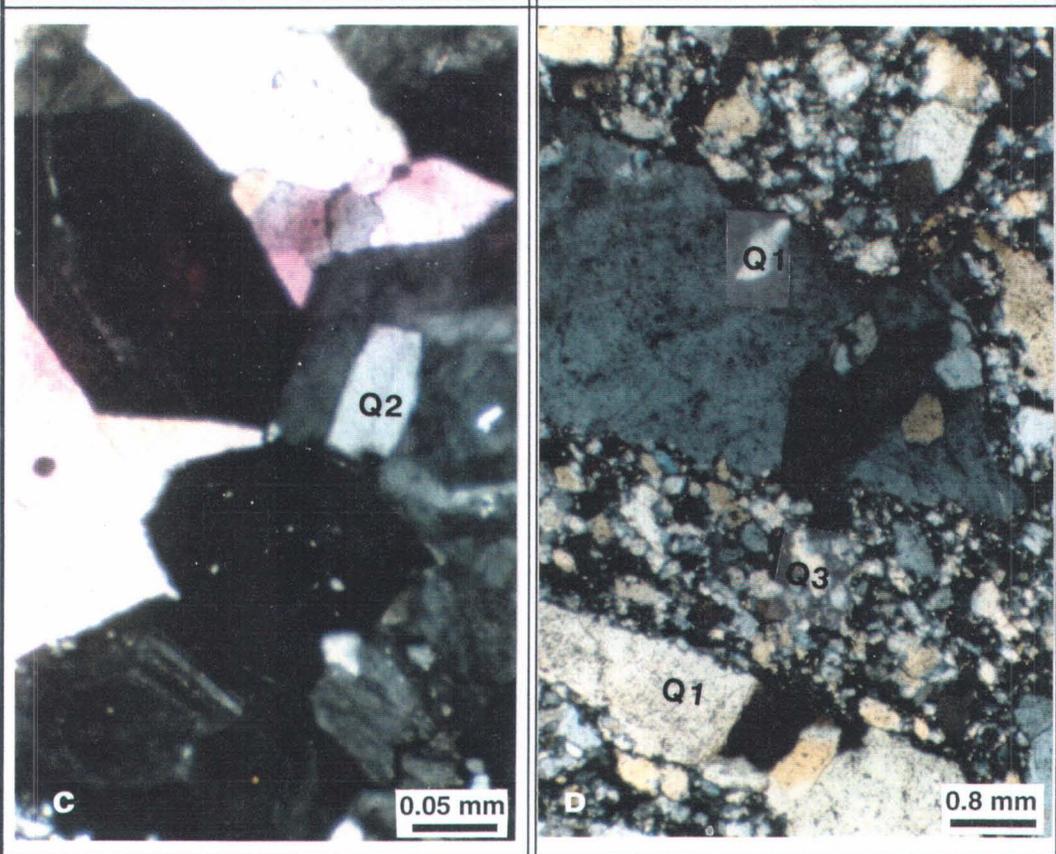
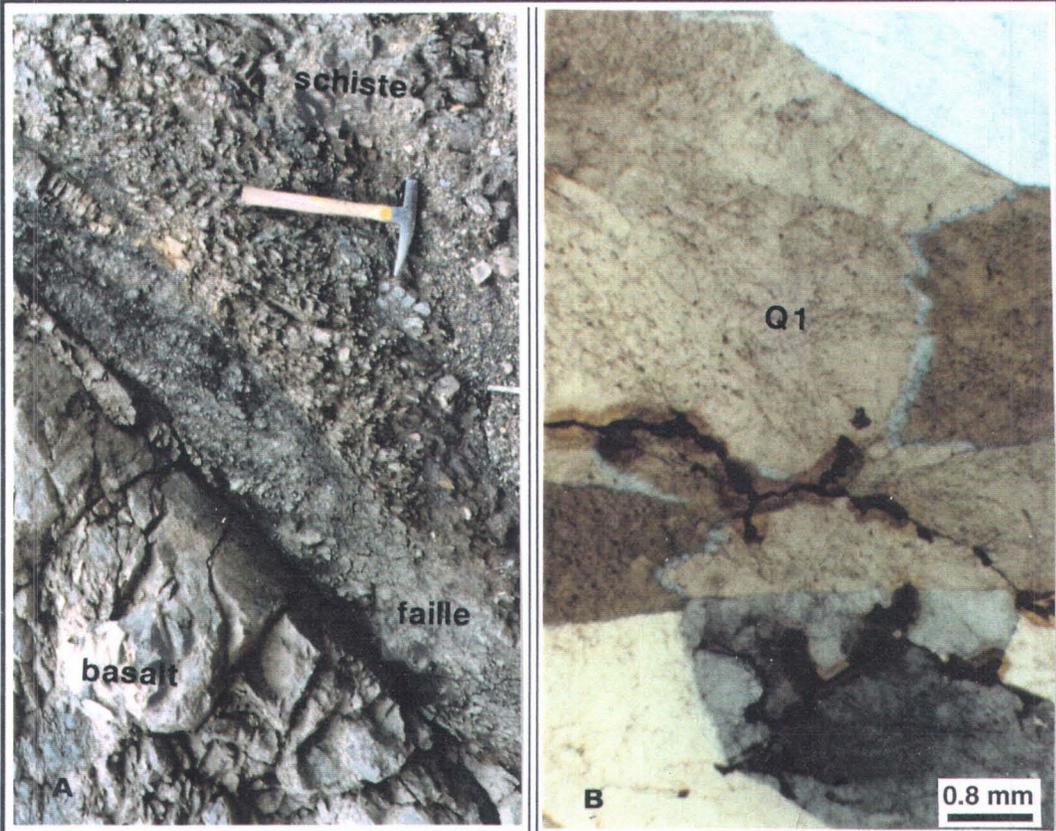
Figure 8: A. Mésofaille de cisaillement (060/65) à l'indice Lepage

B. Photomicrographie (lumière transmise polarisée)  
à l'indice Fraser 2. Le quartz est à grain grossier (Q1).

C. Photomicrographie (lumière transmise polarisée)  
à l'indice Fraser 3. Le quartz est idiomorphe (Q2).

D. Photomicrographie (lumière transmise polarisée) à l'indice  
Lepage 1. Remarquez la texture cataclastique de la veine de quartz.

\*Il est à noter que les figures 8B et 8C sont des indices Fraser où les grains de quartz sont les plus photogéniques.



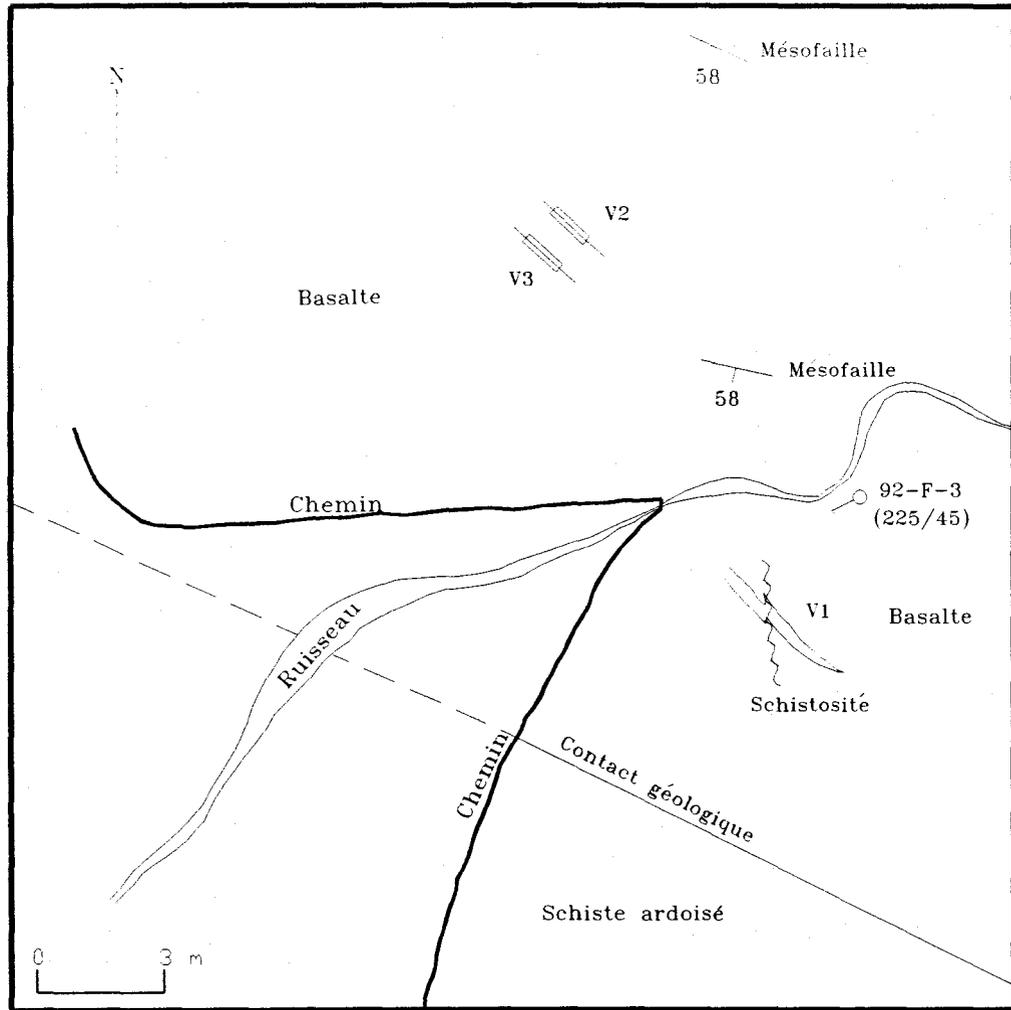


Figure 9A: Situation des veines minéralisées à l'indice Lepage 1.

Les sulfures sont localisés dans des fissures intergranulaires entre les cristaux de quartz et également aux extrémités des cristaux prismatiques. On les retrouve généralement au centre des veines d'extension. Cette texture indique qu'ils se sont mis en place tardivement. La sphalérite contient généralement de la chalcopryrite en exsolution. Elle a une couleur jaune verdâtre en lumière transmise quand elle contient des inclusions de pyrite (Fig. 11A) et une couleur jaune brunâtre lorsqu'elle contient des exsolutions de chalcopryrite (Fig. 11B).

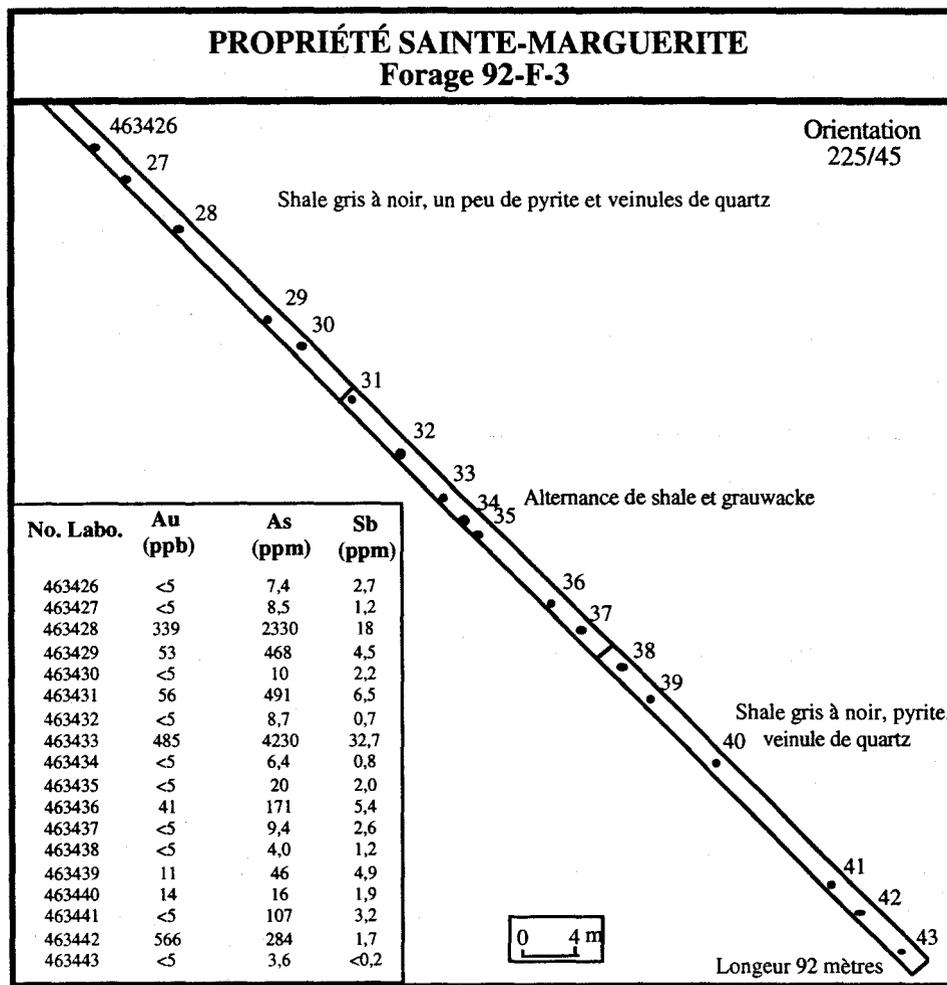


Figure 9B: Analyses géochimiques effectuées sur les carottes du forage 92-F-3 (modifiée de Girard, 1992).

Les cristaux d'arsénopyrite sont généralement idiomorphes, ce qui suggère une précipitation dans un espace ouvert (Fig. 11C). L'arsénopyrite semble être associée à la précipitation du quartz microcristallin (Q3). Puis, elle a, peut-être, altéré en scorodite (Fig. 11D).

LITHOLOGIE	No. LABO.	Cu (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Au (ppb)	Pb (ppm)	Sb (ppm)
QUARTZ	30009	299	862	360	16	0	2.8
BASALTE	30010	2100	4700	2100	120	27	12
BASALTE	30011	482	778	12000	190	1	40
BASALTE	30015	9	52	36000	1400	0	170
BASALTE	30016	15	144	12000	4800	2	25
QUARTZ	30018	16	58	2500	83	0	18
BASALTE	30019	3900	28200	22	0	3	1.6
BASALTE	30030	28	90	63000	15000	36	220
BASALTE	30031	6	77	17000	4900	8	30
BASALTE	30032	17	92	6600	150	5	27
BASALTE	30080	33200	114000	780	200	75	13
QUARTZ	30081	117	313	3800	390	2	22
QUARTZ	30083	208	176	7300	180	0	33
QUARTZ	30086	8000	26600	3300	210	7	18

Tableau 1: Résultats des analyses géochimiques à l'indice Lepage 1 (Berger, J., 1991)

### L'indice Lepage 2

L'indice Lepage 2 est l'indice le plus riche en Au. Il est composé d'une veine minéralisée principale (V1) et de dizaines de petites veines minéralisées. La veine V1 a une largeur de 1 m, est orientée 120/85 et a une épaisseur constante (Fig. 12). Elle contient de la minéralisation en arsénopyrite. Les analyses chimiques faites par Berger (1991) dans l'éponte de cette veine montrent des teneurs élevées en Au atteignant jusqu'à 64 g/t (tableau 2). La concentration de l'or semble être associée à l'arsénopyrite présente en bordure de la veine. Des données géochimiques ont aussi démontré clairement que la teneur en As est proportionnellement à la teneur en Au. Par contre, on remarque que la concentration des métaux de base est faible (tableau 2). Au microscope, l'arsénopyrite possède la même texture que celle présente dans les veines V2 et V3 à l'indice Lepage 1.

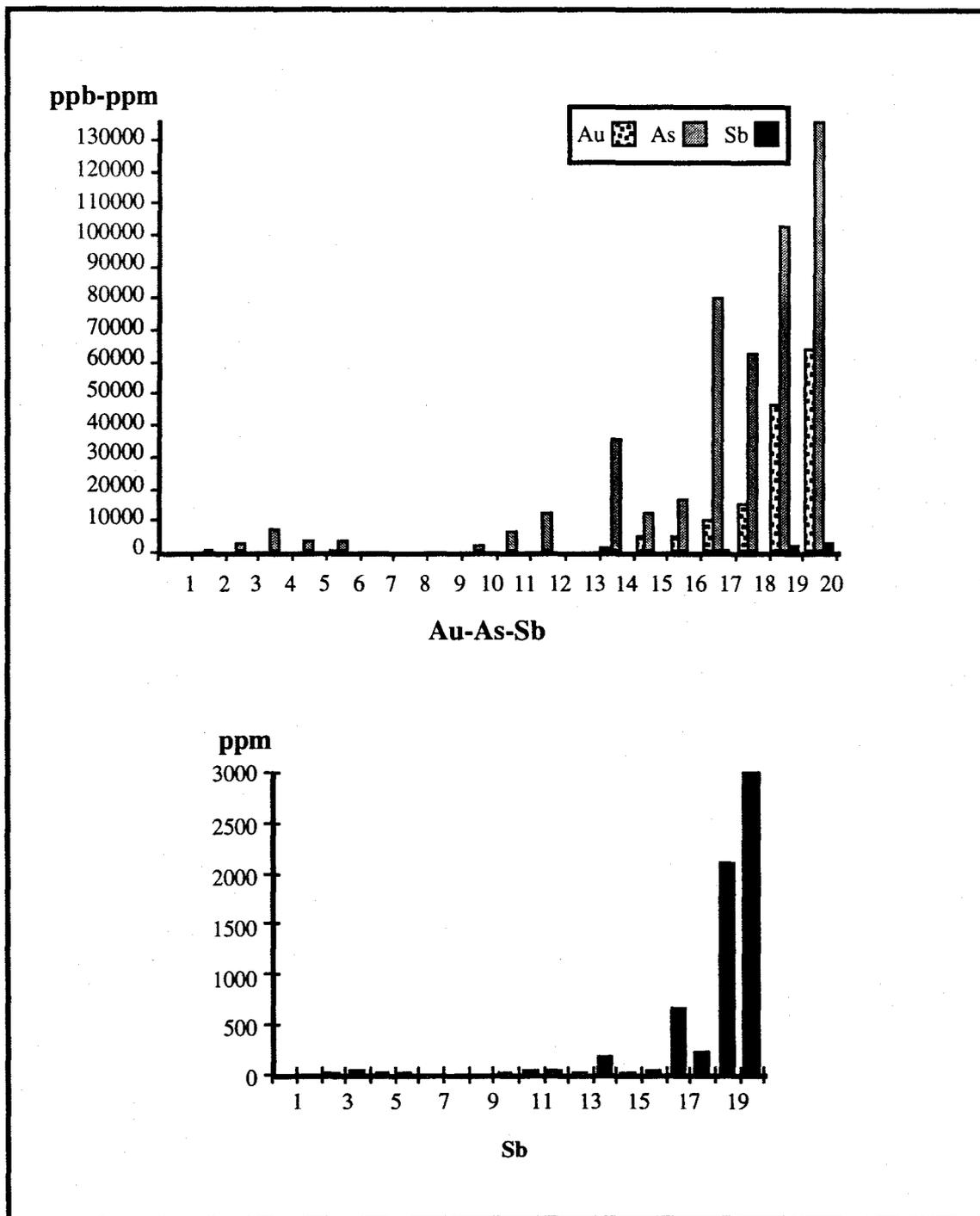


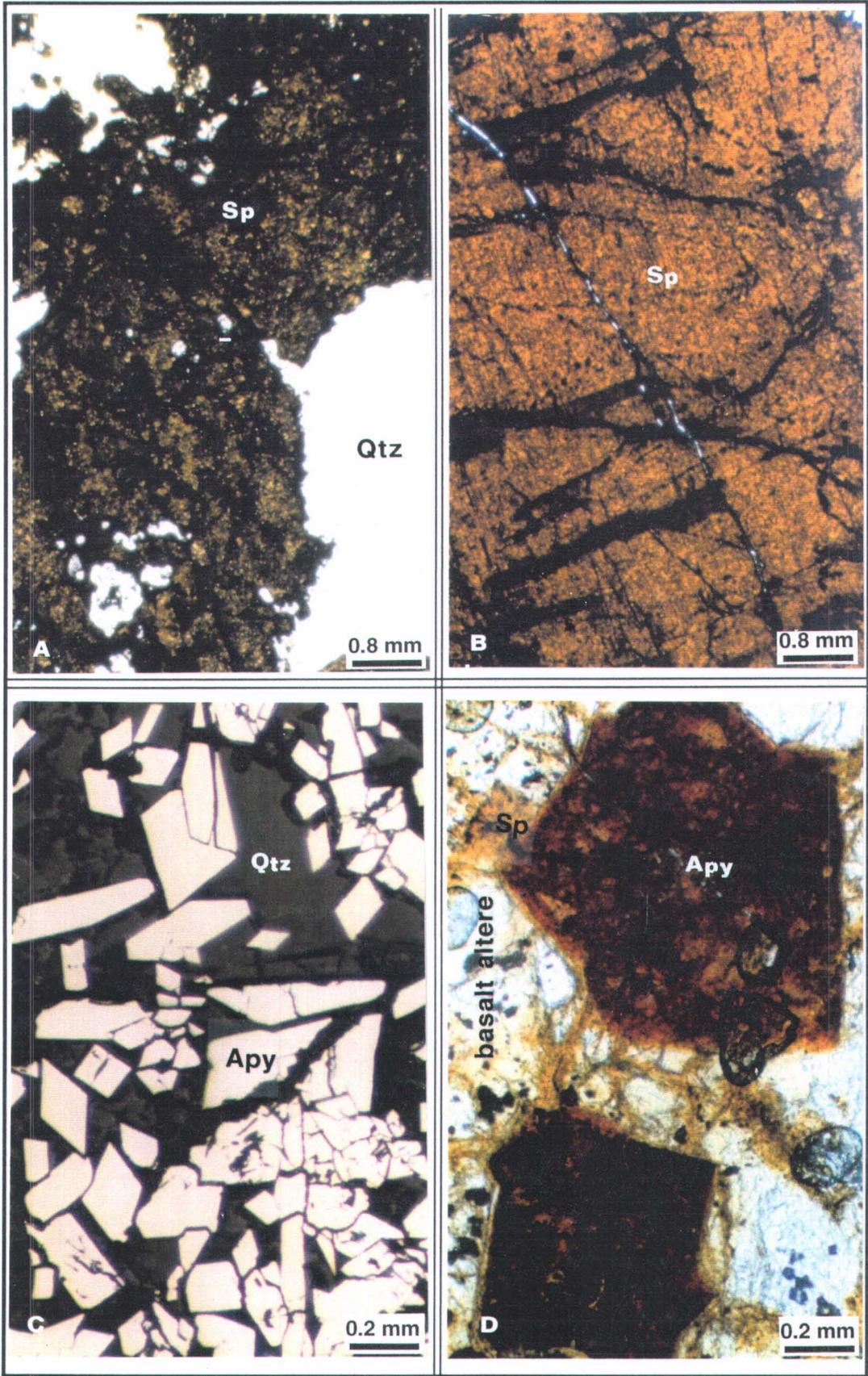
Figure 10 : Rapports de concentration entre les éléments: Au-As-Sb aux indices Lepage (Berger, J., 1991)

Figure 11: A. Photomicrographie (lumière transmise non-polarisée) à l'indice Lepage 1. La sphalérite contient des inclusions de pyrite.

B. Photomicrographie (lumière transmise non-polarisée) à l'indice Lepage 1. La sphalérite contient des inclusions de chalcoppyrite.

C. Photomicrographie (lumière réfléchie) à l'indice Lepage 1. Les cristaux de l'arsénopyrite.

D. Photomicrographie (lumière transmise non-polarisée) à l'indice Lepage 1. L'arsénopyrite est, peut-être, altérée en sorodite.



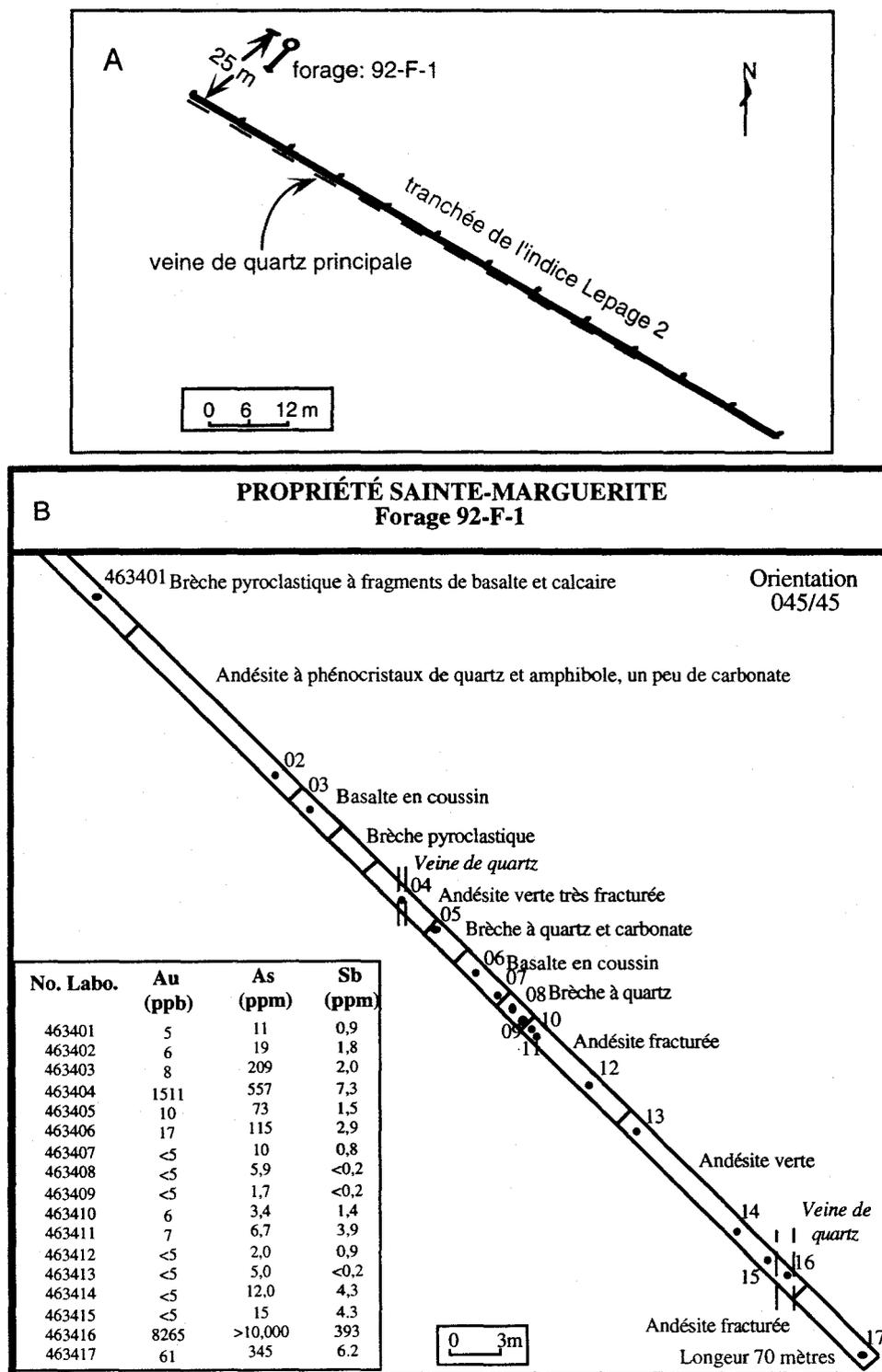


Figure 12: Localisation du forage 92-F-1 et analyses géochimiques effectuées sur les carottes de ce forage (modifiée de Girard, 1992).

La texture cataclastique des grains d'arsénopyrite et de quartz indique que certaines veines ont été déformées lors de mouvements subséquents (Fig. 13A).

Dans la roche encaissante, il y a une abondance de pyrite et de rutile. Quelques cristaux de pyrite sont de forme framboïdale ou en losange (Fig. 13B). Ceci indique qu'elle a probablement précipité diagénétiquement.

#### 4.2.4. L'altération des roches encaissantes

Le degré de métamorphisme des roches du Groupe de Fortin est faible (schiste vert inférieur). Ces roches contiennent une foliation indiquant qu'elles ont subi une déformation. Les roches volcaniques sont de couleur gris vert foncé à bleu ou gris foncé. Elles contiennent de cinq à dix pour cent d'oxydes de fer et un peu de carbonate (Stearn, 1965), ce qui témoigne de l'altération subie. Les roches volcaniques ont surtout subi une déformation cassante due aux événements structuraux associés à la faille de Sainte-Florence.

L'altération hydrothermale des roches est caractérisée par une zonation minéralogique autour des veines minéralisées. Cette zone a une largeur de 50 cm à 1.5 m et elle est présente dans tous les indices. On observe une association de muscovite + épidote, distribuée étroitement autour du quartz ou des brèches volcaniques. La séricite, la chlorite, le carbonate et l'hématite sont présents dans les épontes des filons de quartz ou des roches encaissantes. Ceci indique une augmentation de la température vers l'intérieur de la zone d'altération. Parmi les minéraux d'altération la séricite est la plus abondante.

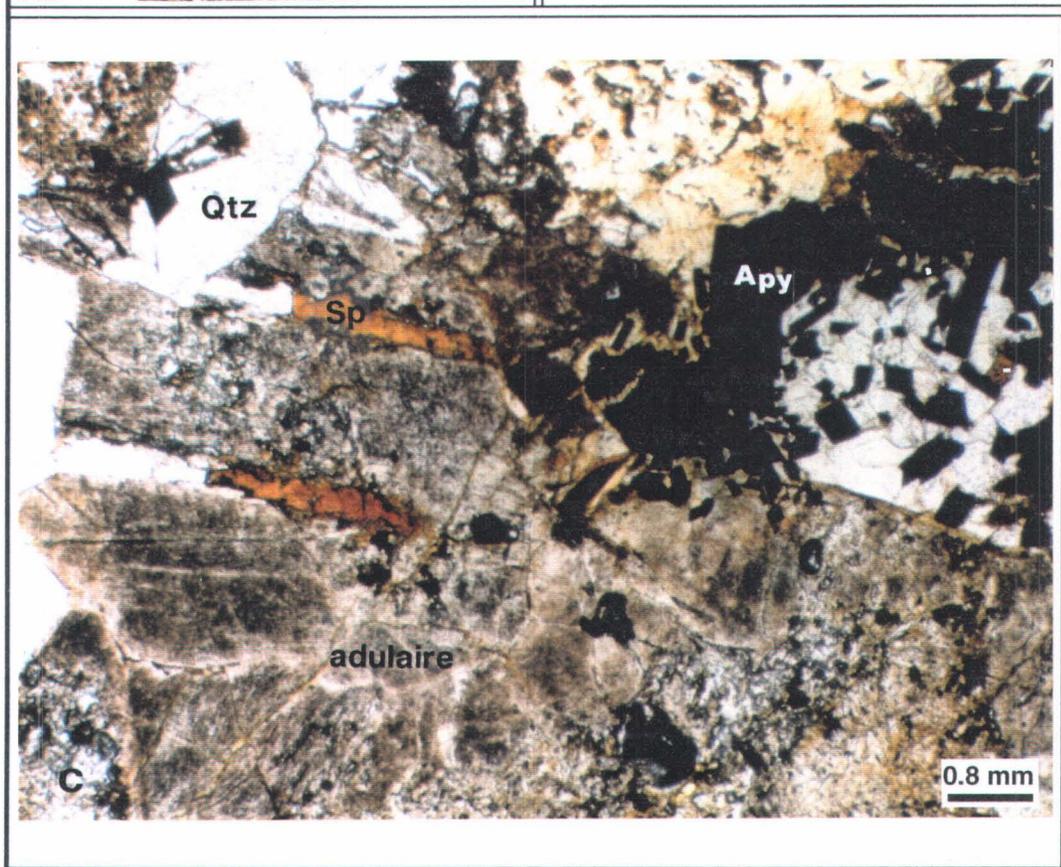
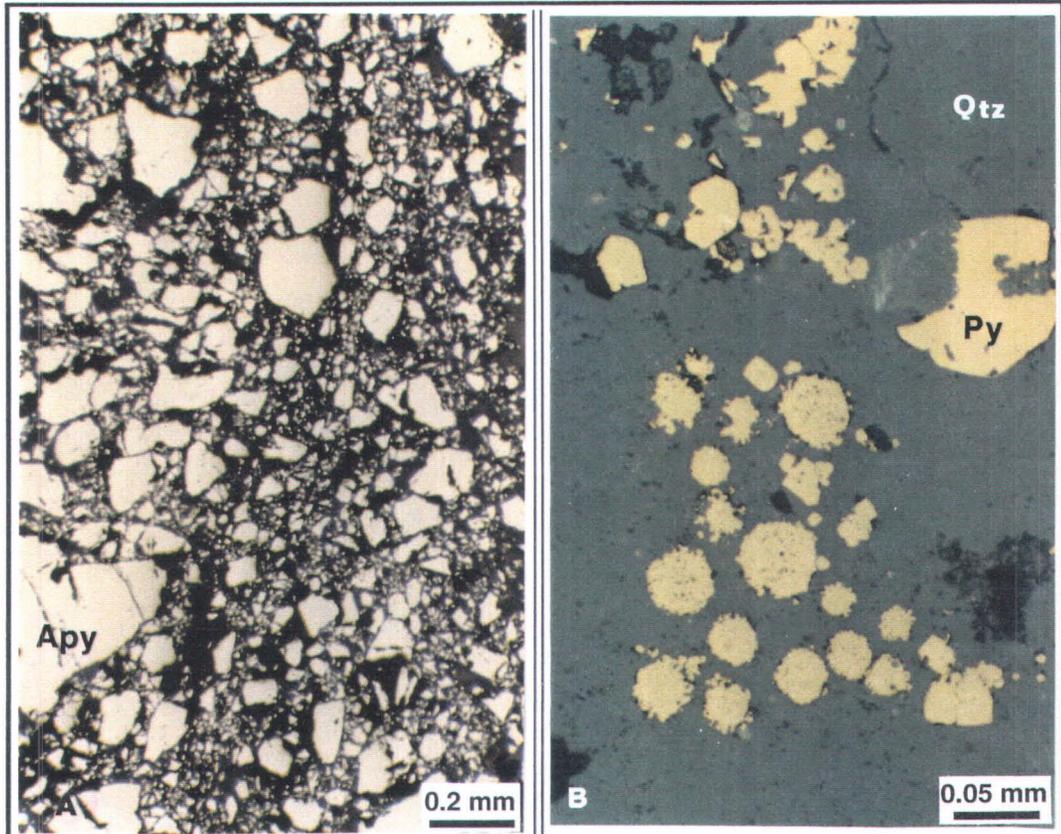
Précisons qu'une veine d'adulaire a été observée à l'indice Lepage 1. Elle est recoupée par des sulfures (Fig. 13C) ce qui indique qu'elle est précoce.

Dans les roches encaissantes la présence de pyrite (voir ci-dessus), formée probablement durant la diagenèse, indique un environnement réducteur.

**Figure 13: A. Photomicrographie (lumière réfléchi) de la texture cataclastique des cristaux d'arsénoopyrite à l'indice Lepage 2.**

**B. Photomicrographie (lumière réfléchi) de la pyrite framboïdale à l'indice Lepage 2.**

**C. Photomicrographie (lumière transmise polarisée) de la veine d'adulaire à l'indice Lepage 1.**



Se sont ensuite produites une séricitisation et une jaspérisation intenses associées probablement à l'hydrothermalisme.

LITHOLOGIE	No. LABO.	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Au (ppb)	Sb (ppm)
BASALTE	30005	64	25	42	14	0	9.6
BASALTE	30014	6	0	47	4	0	.4
BASALTE	30017	10	0	50	94	7	1
BASALTE	30074	26	162	45	103000	47000	2100
BASALTE	30076	27	35	13	136000	64000	3000
BASALTE	30078	21	30	65	80000	10000	650
QUARTZ	463301				>10000	50500	1840
QUARTZ	463302				>10000	12410	460
QUARTZ	463303				>10000	8160	483
QUARTZ	463304				>10000	2950	142
QUARTZ	463305				8280	2090	25.1
QUARTZ	463306				>10000	26880	1530
QUARTZ	463307				>10000	39090	1930
QUARTZ	463308				>10000	18070	987
QUARTZ	463309				6100	1510	16
QUARTZ	463310				>10000	7130	191
QUARTZ	463312				>10000	3870	38.1
QUARTZ	463313				5950	1540	27.9
QUARTZ	463314				>10000	4970	75.9
QUARTZ	463315				>10000	3600	60.8
QUARTZ	463318				>10000	3090	33.5
QUARTZ	463319				4610	1270	14

Tableau 2: Résultats des analyses géochimiques à l'indice Lepage 2. Source des données: Berger (1991) et Girard (1992).

#### 4.2.5. Les inclusions fluides

Les travaux sur les inclusions fluides ont été réalisés par Q. X. Chi et l'interprétation des résultats a été faite conjointement par Chi et par l'auteur de cette thèse. Aux indices Lepage, l'analyse des inclusions fluides a été effectuée dans le quartz. La minéralisation semble être associée à la précipitation du quartz Q2. Nous avons supposé que les inclusions isolées qui se trouvent dans les cristaux du quartz Q2 sont primaires. Les inclusions secondaires sont caractérisées par une distribution linéaire dans les fissures du quartz Q2. Une lame mince provenant de la veine V3 de l'indice Lepage 1 (Fig. 9A) a montré que la température

d'homogénéisation (Th) des inclusions fluides primaires dans le quartz varie entre 160° C et 210° C (tableau 3). La température de fusion de la glace (Tm) est autour de -6° C. Elle représente une salinité moyenne de 9 wt % NaCl équiv. Une autre lame mince de l'indice Lepage 2 contient des inclusions fluides qui sont tellement petites que nous n'avons pas pu les examiner.

L1-N-003 (lame mince)	Tm.H2O (° C)	% poids NaCl équiv.	Th (° C)	INCLUSION
Quartz	-6.5	9.7	210.5	primaire
	-5.2	8.3	209.8	primaire
	-6.5	9.7	165.8	primaire(?)
	-6	9.2	164.2	primaire(?)

Tableau 3: Résultats de l'analyse des inclusions fluides aux indices Lepage.

### **4.3. Les indices Fraser**

#### **4.3.1 Aperçu général**

Les indices Fraser sont formés de Fraser 1, Fraser 2 et Fraser 3. La minéralisation est présente sous forme disséminée dans les veines de stockworks ou dans des veines bréchiques. Elle est caractérisée par l'association Pb-Zn-Cu-Ag-Au-Fe-Hg-As. La principale différence entre Fraser et Lepage est l'abondance de galène et la présence de mercure dans les indices Fraser.

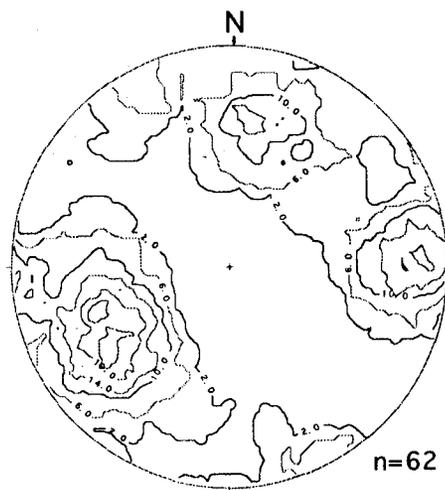
#### **4.3.2 Veines minéralisées**

Aux indices Fraser, l'attitude des veines minéralisées et des veines stériles ne montre pas une orientation aussi uniforme que celles des indices Lepage. On distingue néanmoins des veines généralement stériles sub-horizontales et d'épaisseur variant entre 2 et 10 cm. Ces veines sont recoupées par un réseau de veines minéralisées et stériles qui possèdent une orientation moyenne NO-SE (Fig.

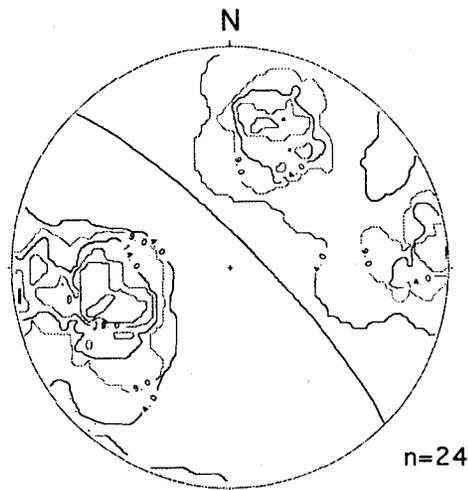
14). Ces veines sont soit des veines d'extension soit des veines bréchiques (tableau 4). Aux indices Fraser 1 et Fraser 2, seulement deux veines minéralisées affleurent avec une orientation moyenne de 110/60 et 340/80, respectivement. À Fraser 1 la veine (110/60) montre une texture bréchique au contact avec les roches volcaniques et les roches sédimentaires. Elle recoupe la foliation à un angle de 55°. À Fraser 2, la veine est une veine d'extension (340/80) d'une épaisseur moyenne de 70 cm située dans des roches volcaniques très altérées.

L'indice Fraser 3 est composé de six tranchées sub-parallèles et orientées vers le NO et le NE (Fig. 15). On distingue des veines sub-horizontales et planaires caractérisées par du quartz saccharoïdal. Des veines d'extension très fracturées et situées dans des roches fortement séricitisées sont présentes au contact des roches sédimentaires et volcaniques.

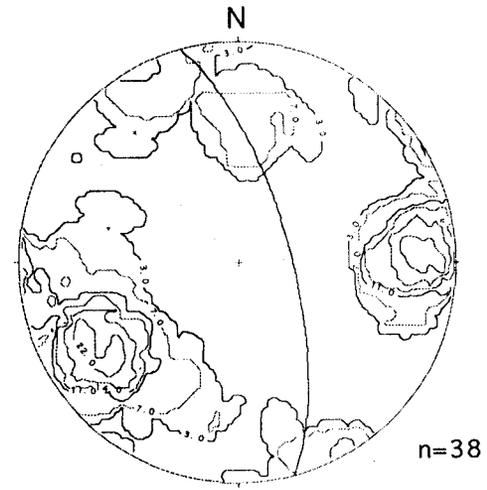
Trois types de quartz ont été distingués sous le microscope (Q1, Q2, Q3). Le premier type (Q1) forme la partie principale des veines. Les cristaux de quartz sont grossiers (> 5 mm) et prismatiques comme ceux qui présentent aux indices Lepage. Ils présentent des extinctions ondulantes (Fig. 16A), des textures de recristallisation intergranulaires et des pseudoclivages. Le deuxième type de quartz (Q2) recoupe le quartz Q1. Il est caractérisé par des textures en extension. Les cristaux sont idiomorphes et présentent des zones de croissance, ce qui est corroboré par l'étude des inclusions fluides (Fig. 16B). Ce type de quartz semble avoir précipité dans un contexte en extension et dans un espace ouvert. La plupart des sulfures métalliques ont co-précipité avec le quartz du type Q2. Le troisième type de quartz (Q3) est microcristallin. Il est associé à des fractures en extension et des fissures dans le quartz du type Q1. Il est xénomorphe et semble s'être mis en place de façon syn-cinématique (Fig. 16C). En général, le quartz microcristallin se forme quand la température descend rapidement et lorsqu'il y a beaucoup de centres de croissance tandis que le premier et le deuxième type de quartz représentent une croissance lente. Ces différents types de quartz (Q1, Q2, Q3) suggèrent qu'il y a eu plusieurs générations de ce minéral, c'est-à-dire, plusieurs étapes de précipitation.



veines totales



veines minéralisées



veines stériles

Figure 14: Projections stéréographiques (canevas de Schmidt, hémisphère inférieur) des pôles des veines de quartz aux indices Fraser

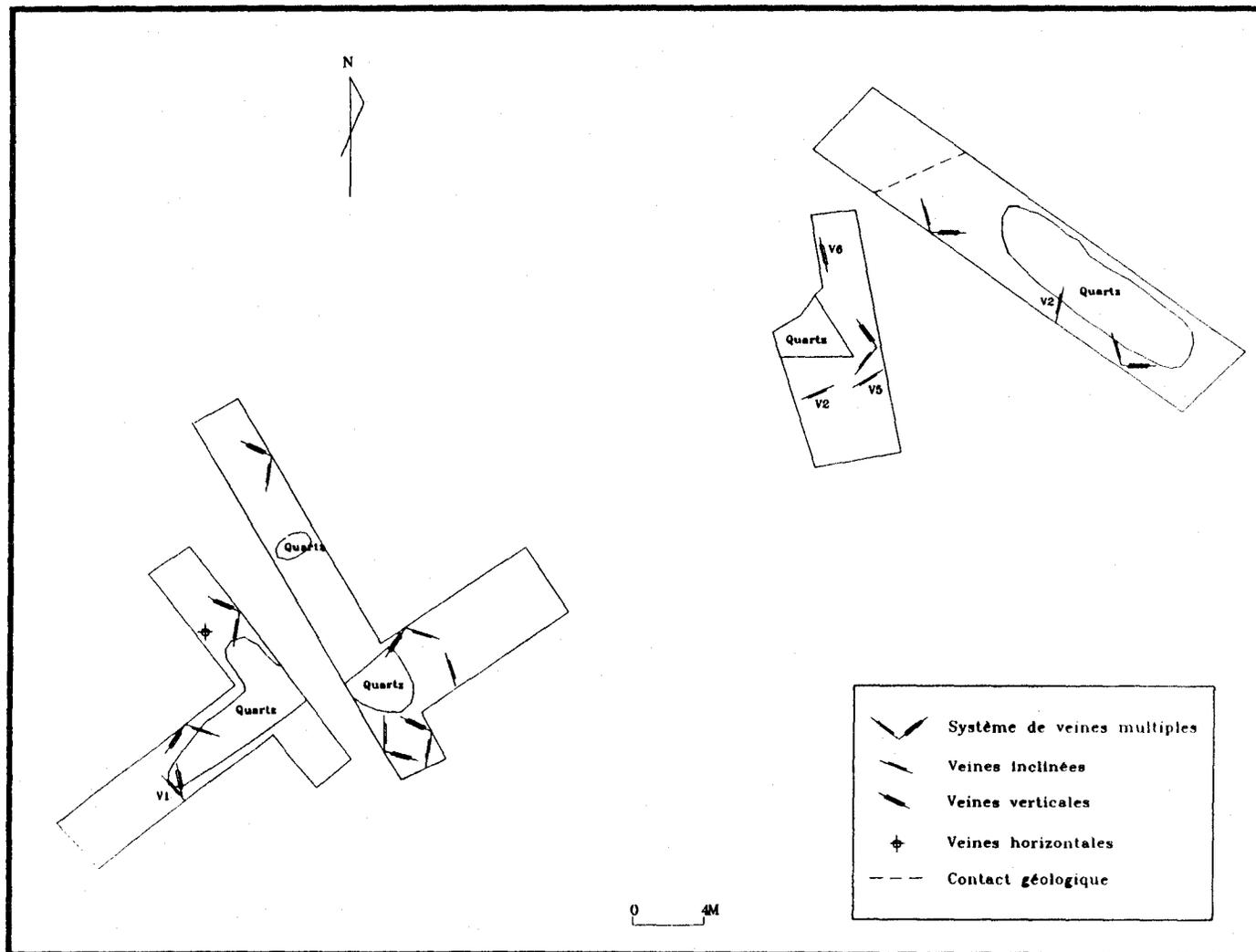
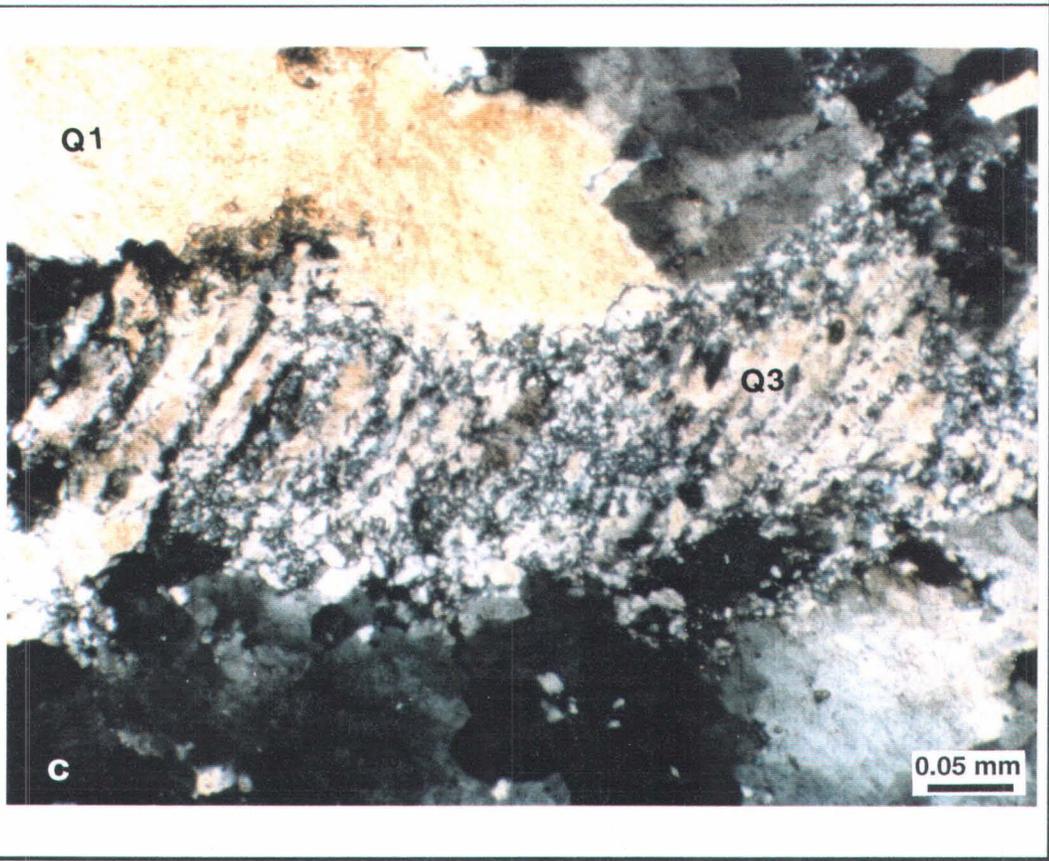
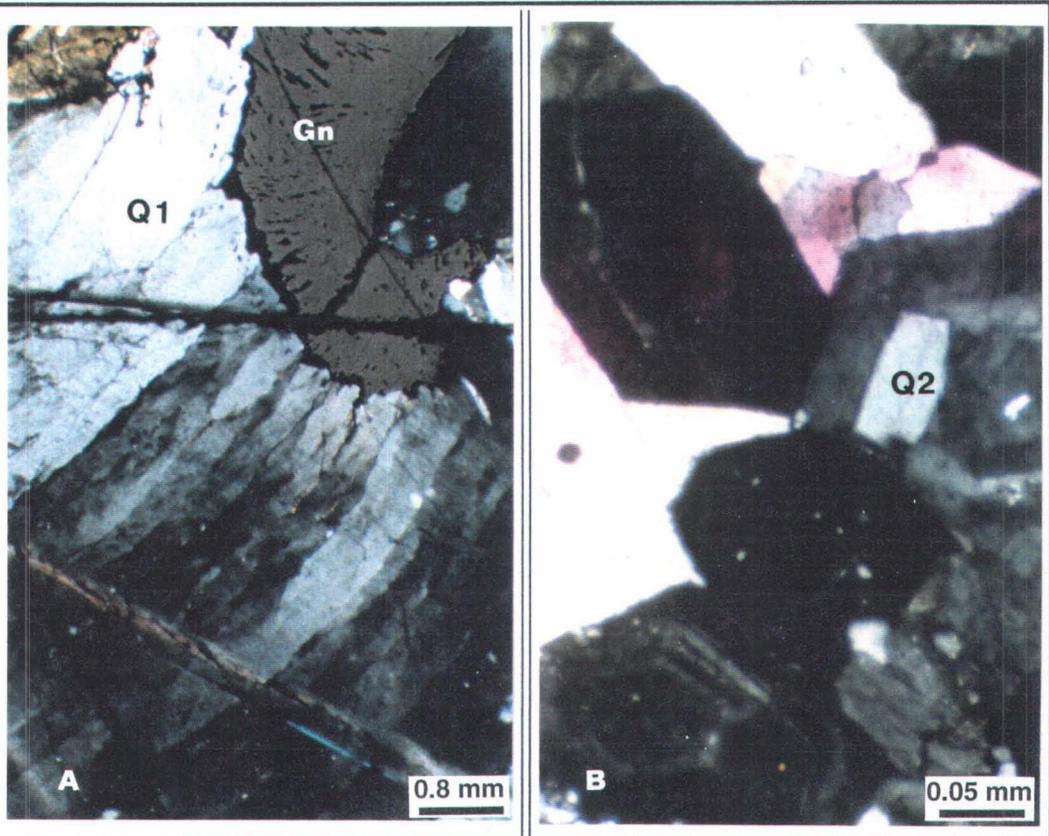


Figure 15 : Schéma des tranchées de l'indice Fraser 3.

Figure 16: A. Photomicrographie (lumière transmise polarisée) de l'extinction ondulante dans le quartz Q1 à l'indice Fraser 1.

B. Photomicrographie (lumière transmise polarisée) présentant une zonation de croissance, ce qui est corroboré par l'étude des inclusions fluides dans le quartz Q2 à l'indice Fraser 3.

C. Photomicrographie (lumière transmise polarisée) montrant que le quartz Q3 s'est mis en place de façon syn-cinématique à l'indice Fraser 3.

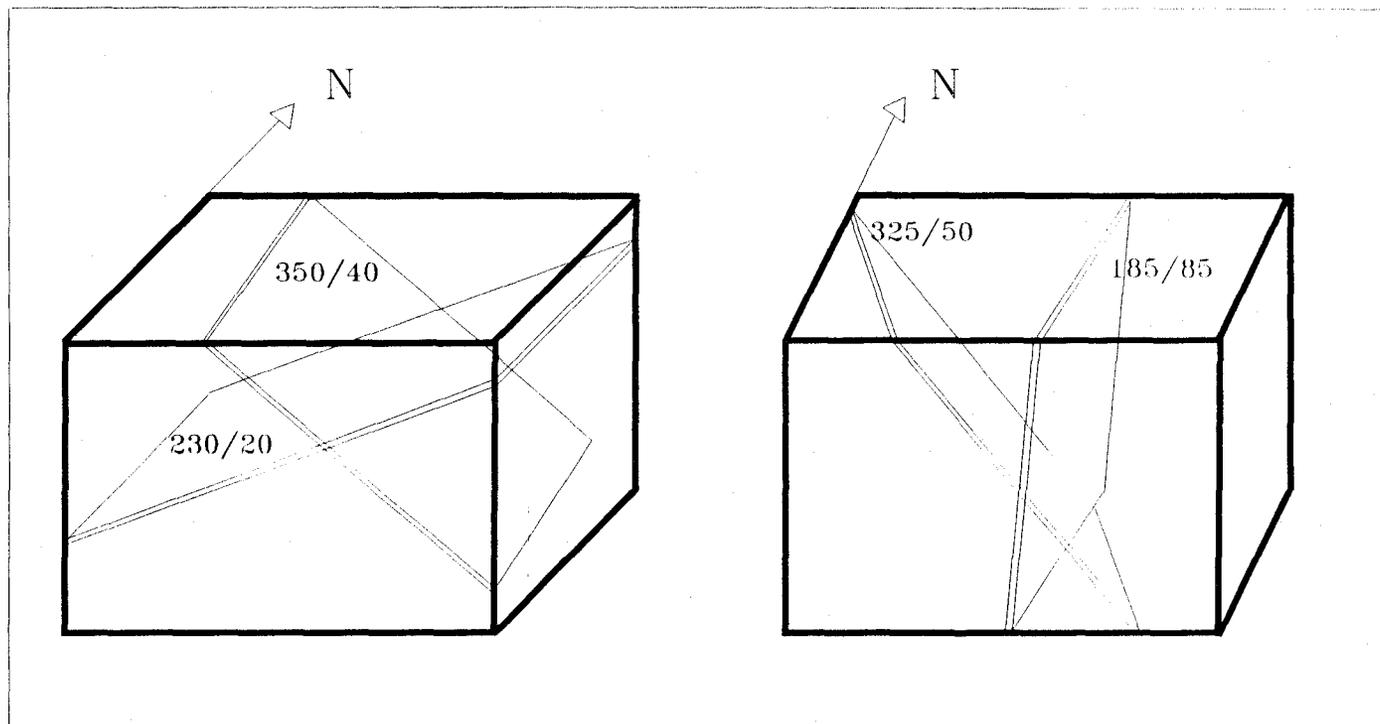


Tranché	Veines	Attitude	Minéralisation	Texture	Roche hôte
Fraser 1	V1	110/60	Pb Cu Zn Ag	bréchique	contact de faciès
Fraser 2	V1	340/80	Pb Cu Ag	extension	roche volcanique
F	V1	325/50	Au As Ag	cataclastique	roche volcanique
	V2	185/85	Au As Ag	cataclastique	roche volcanique
R	V4, V5	140/45, 65/85	Zn Ag	stockwerk	roche volcanique
A	V7, V8	345/15, 300/15	Zn Ag	stockwerk	roche volcanique
S	V6	112/55	Zn Ag	cataclastique	roche volcanique
E	V9	350/50	Au Pb Zn Cu Ag	stockwerk	roche volcanique
R	V10	355/45	Au Pb Zn Cu Ag	stockwerk	roche volcanique
	V11	020/30	Au Pb Zn Cu Ag	stockwerk	roche volcanique
3	V12	155/30	Zn Cu Pb Fe Ag	cataclastique	contact de faciès
	V13	350/40	Pb Cu Ag Zn	cataclastique	contact de faciès
	V14	230/20	As Hg	cataclastique	contact de faciès

**Tableau 4: Les propriétés des veines minéralisées aux indices**

**Fraser.** (contact de faciès: entre les roches volcaniques et les roches sédimentaires du Groupe de Fortin)

Au niveau de la minéralisation, l'arsénopyrite se trouvent dans les veines possédant ces trois types de quartz, tandis que la galène, la chalcopryrite et la sphalérite ont précipité principalement dans des veines composées seulement du quartz Q1 et Q2. L'arsénopyrite semble représenter la dernière phases de la minéralisation. Dans un système de veines conjuguées, cartographié dans la tranchée F-3 de l'indice Fraser 3 (Fig. 17), l'arsénopyrite est plus abondante dans la veine orientée NO-SE, ce qui suggère que les veines de ce réseau ont agi principalement comme un système de canalisation pour faciliter la migration des fluides minéralisants.



**Figure 17 : Veines conjuguées à l'indice Fraser 3**

### 4.3.3. La minéralisation et la paragenèse

#### L'indice Fraser 1

À l'indice Fraser 1, la minéralisation en Au-Pb-Zn-Ag est associée à une veine bréchique. La teneur en Au n'est pas directement proportionnelle avec la teneur en Pb et en Zn, mais il semble que les teneurs en Pb et en Zn augmente avec celle de l'Au (tableau 5). Les teneurs en Pb et en Ag semblent montrer une corrélation positive. Microscopiquement, nous avons observé de la galène, de la chalcoppyrite et de la sphalérite. La galène et la chalcoppyrite semblent contemporaines parce qu'elles sont interpénétrées et localisées entre les grains de quartz.

Au (ppb)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)
9	758	709	.2
	1018	358	
13	2063	754	.2
372	3920	1750	6.6
79	>10000	816	18.3
575	9862	2416	8.9
383	9510	1882	11.7
2999	>10000	6145	50
838	>10000	1487	11.5
668	2140	2027	3
428	>10000	7308	11.1
8	870	325	
10	274	222	.6

Tableau 5: Résultats des analyses géochimiques à l'indice Fraser 1. Source des données : Girard (1992).

L'indice Fraser 2

L'indice Fraser 2 est caractérisé par une minéralisation en Pb-Zn-Cu (tableau 6). La galène est abondante et apparaît sous forme de veinules dans les veines de quartz. Microscopiquement, on peut observer que la galène est précipitée après le quartz, ce qui indique qu'elle est tardive. La cuprite est présente en trace sous forme arborescente remplissant les fissures intercrystallines et à l'intérieur des grains cataclastiques du quartz. La sphalérite et la chalcopryrite sont absentes.

Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Hg (ppm)
1113	3024	673	6.6
421	9885	381	1.2
448	92	1015	17

Tableau 6: Résultats des analyses géochimiques à l'indice Fraser 2 (Girard,1992).

L'indice Fraser 3

L'indice Fraser 3 est caractérisé par une minéralisation en Au, Ag, Pb, As, Sb, Hg associée à des stockworks (Fig.15). Les teneurs élevées en Au sont situées surtout dans les veines orientées NO-SE avec un pendage moyen de 45°. La minéralisation riche en Pb se situe principalement dans les veines à plus fort pendage. La minéralisation en Zn est associée généralement à la minéralisation en Cu. Le fait que les veines ont des attitudes différentes et résultent de fracturation multiple suggère que l'indice contient probablement des phases multiples de minéralisation. Les données géochimiques ont montré que cet indice est riche en métaux de base (tableau 7).

Au microscope, nous avons observé deux types d'associations minérales. La première association est composée de sphalérite, de chalcopryrite et d'arsénopyrite. La deuxième est caractérisée par la présence de sphalérite, de chalcopryrite, de galène, de pyrite, de chalcocite et d'hématite. Dans la première association,

l'arsénoopyrite contient des inclusions de chalcopyrite et montre une micro-texture cataclastique (Fig. 18A). La chalcopyrite est présente sous forme massive ou en exsolution dans la sphalérite jaune brunâtre. Elle a subi une déformation et le quartz croît simultanément dans les cassures (Fig. 18B). Les sulfures semblent associés à la précipitation du quartz Q2, indiquant probablement une co-précipitation. Dans la deuxième association de minéralisation, la sphalérite contient des exsolutions de chalcopyrite ainsi que des inclusions de pyrite. La chalcopyrite et la galène semblent avoir co-précipité le long des plans de clivage de la sphalérite. La pyrite coexiste avec la sphalérite sous forme d'inclusions dans la galène ou apparaît disséminée le long des plans de clivage de la sphalérite. La relation entre les sulfures explique qu'ils sont probablement issus du même épisode hydrothermal. Les dernières phases à cristalliser sont la chalcocite et l'hématite. Dans la troisième association nous avons observé que l'arsénoopyrite remplit des fractures cassantes de quartz comme un filon d'imprégnation (Fig. 18C) et elle est associée au quartz microcristallin. Ce type de quartz a probablement été précipité simultanément à une diminution de la température (section suivante).

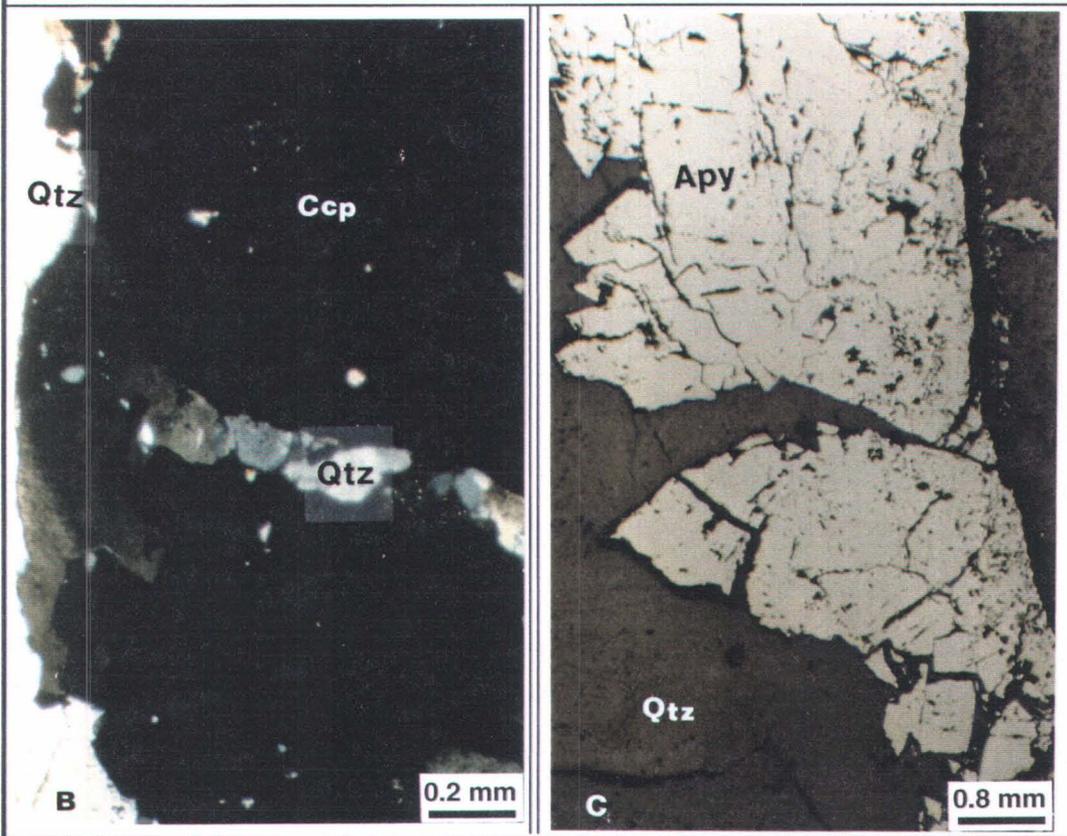
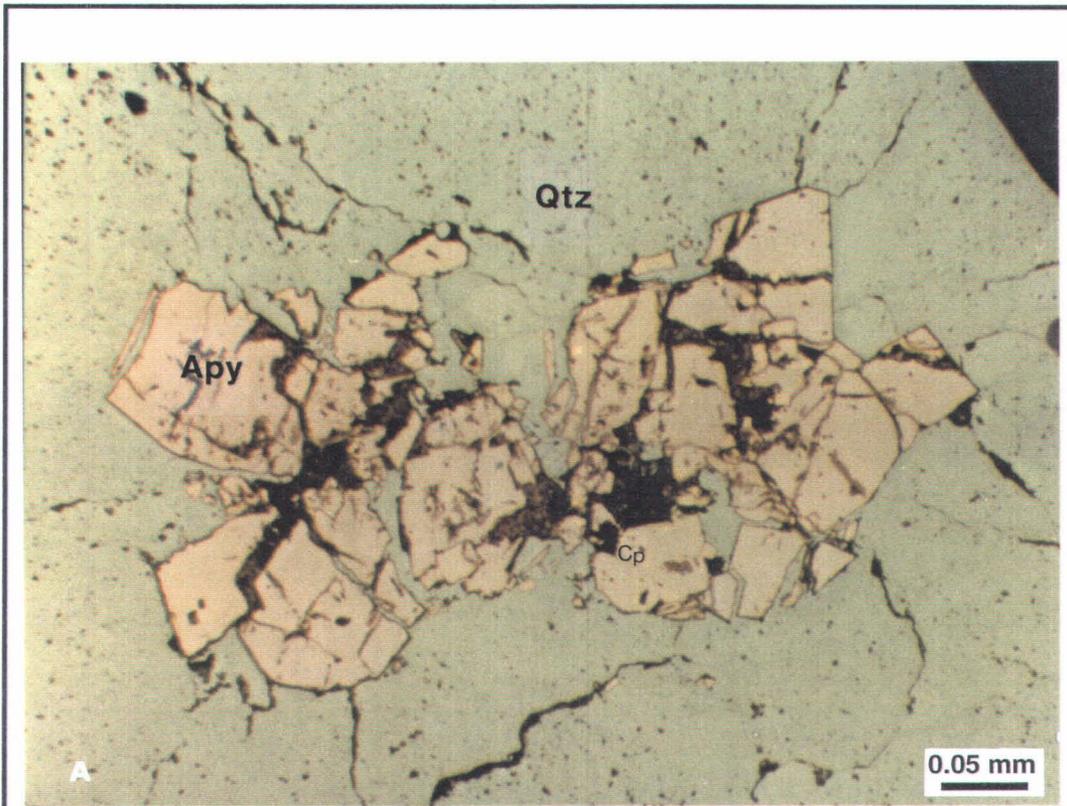
<b>Au (ppm)</b>	<b>As (ppm)</b>	<b>Sb (ppm)</b>	<b>Pb (ppm)</b>	<b>Ag (ppm)</b>	<b>Hg (ppm)</b>
1.87	259	229	>10000	>50	3.03
1.11	344	4	3346	5.4	0.74
0.015	25	1.8	464	1.9	0.45
5.22	1470	10	4528	18.4	5.42
1.48	641	2.4	857	4.9	4.11
2.30	2440	14	5263	12.8	14.95
2.34	6830	57.8	>10000	12.8	9.63
0.57	3990	30.5	>10000	26.9	24.30
>10.00	6760	168	>10000	>50	12.71
1.38	2290	47.1	>10000	48.8	26.92

Tableau 7: Résultats des analyses géochimiques à l'indice Fraser 3  
(Girard, 1992).

Figure 18: A. Photomicrographie (lumière réfléchi) montrant que l'arsénopyrite contient des inclusions de chalcopyrite à l'indice Fraser 3.

B. Photomicrographie (lumière transmise polarisée) montrant que le quartz croît contemporanément dans les cassures de chalcopyrite à l'indice Fraser 3.

C. Photomicrographie (lumière réfléchi) présentant une veinule d'arsénopyrite dans le quartz à l'indice Fraser 3.



#### 4.3.4. L'altération des roches encaissantes

L'altération hydrothermale aux indices Fraser est caractérisée par la présence de muscovite, de chlorite, de séricite et d'épidote autour des veines minéralisées. Cependant, la séricitisation est dominante. Il y a une abondance de limonite et de scorodite (?) disséminées dans les roches encaissantes, mais la pyritisation et la jaspérisation y sont absentes.

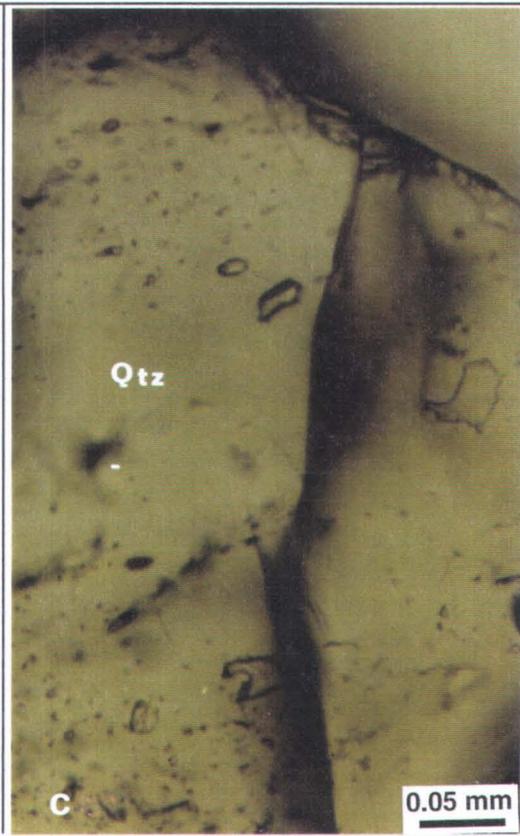
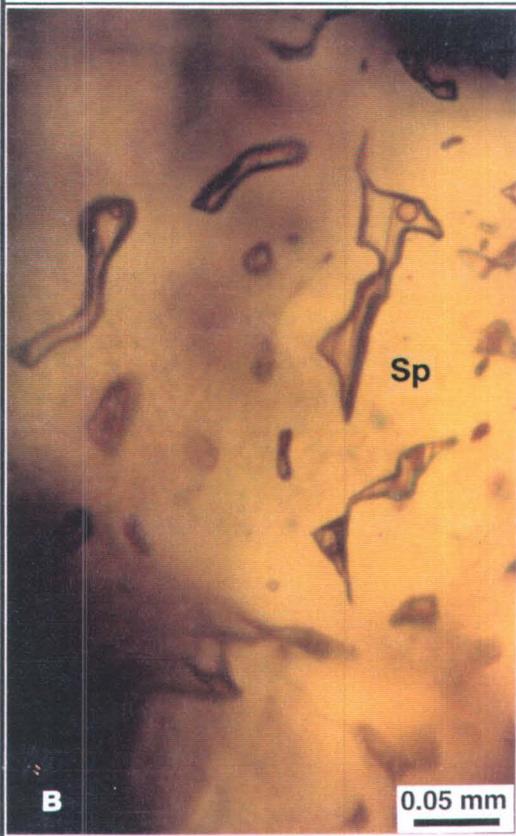
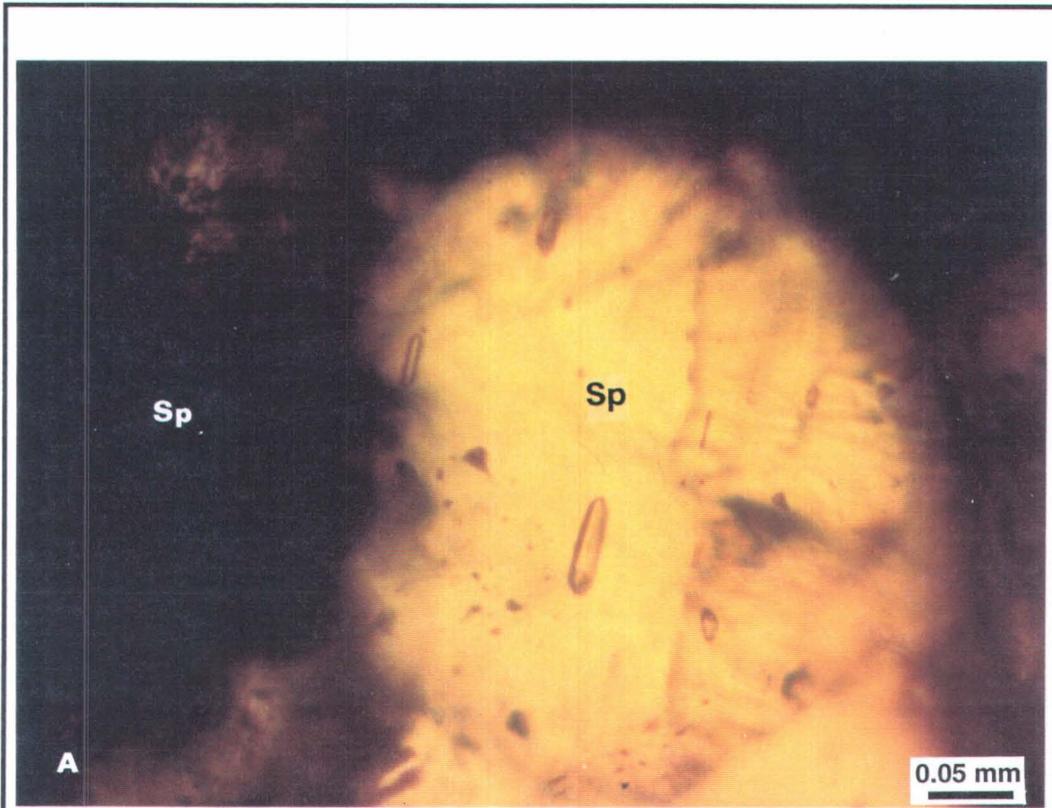
#### 4.3.5. Les inclusions fluides

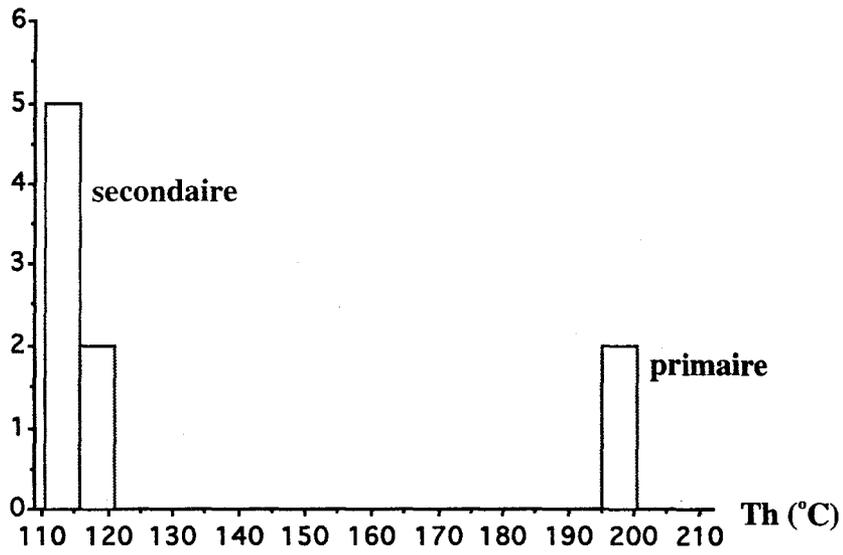
Aux indices Fraser, l'analyse des inclusions fluides a été effectuée dans la sphalérite et le quartz. La température d'homogénéisation de ces inclusions fluides dans la sphalérite peut nous renseigner sur la température minimale de la minéralisation, au moins lors de la précipitation des sulfures (tableau 8). Les inclusions fluides primaires, dans la sphalérite, sont isolées et présentées par la figure 19A. Les températures d'homogénéisation indiquent une moyenne de 200 °C (Fig. 20A) tandis que la température d'homogénéisation des inclusions fluides secondaires est environ de 114 °C (Fig. 19B) et la salinité moyenne se situe autour de 4.8 wt% NaCl équiv. Dans la veine de quartz, les inclusions fluides primaires (Fig. 19C) indiquent une température d'homogénéisation variant entre 180 et 271 °C et une salinité variant de 4.6 à 10.75 wt% NaCl équiv. (Fig. 20B, Fig. 21A). Ces résultats coïncident avec ceux obtenus aux indices Lepage. Il est donc possible que la température minimale de précipitation des sulfures soit supérieure à 180 °C.

Figure 19: A. Photomicrographie (lumière transmise non-polarisée) montrant des inclusions fluides primaires dans la sphalérite à l'indice Fraser 3.

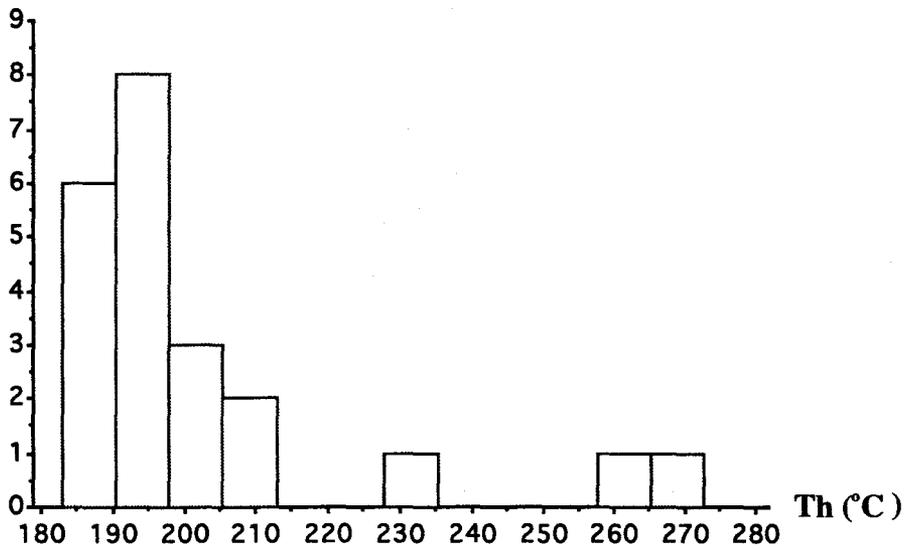
B. Photomicrographie (lumière transmise non-polarisée) présentant des inclusions fluides secondaires dans la sphalérite à l'indice Fraser 3.

C. Photomicrographie (lumière transmise non-polarisée) présentant des inclusions fluides primaires dans le quartz à l'indice Fraser 3.





**Figure 20 A: La température d'homogénéisation des inclusions fluides dans la sphalérite à l'indice Fraser 3.**



**Figure 20 B: La température d'homogénéisation des inclusions fluides primaires dans le quartz (Q2) à l'indice Fraser 3.**

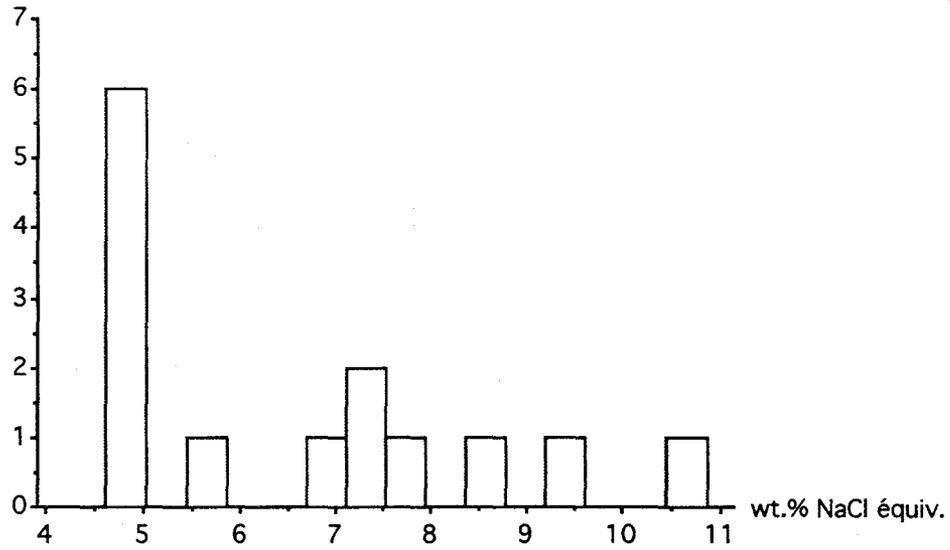


Figure 21 A: Distribution de salinité à l'indice Fraser 3

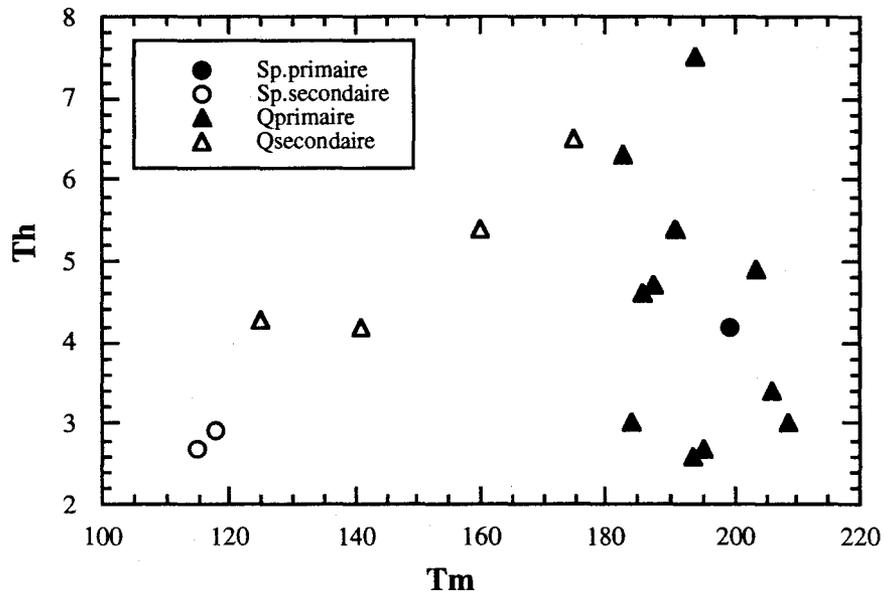


Figure 21B: Relation entre la température d'homogénéisation ( $T_m$ ) et la température de fusion ( $T_h$ ) des inclusions fluides à l'indice Fraser 3.

F3-3-M1 (lame mince)	Tm (° C)	% poids NaCl	Th (° C)	Inclusion
sphalérite	-4.2	6.8	199.2	primaire
			195.4	
sphalérite	-2.9	4.9	117.6	secondaire
	-2.7	4.65	114.9	
			115.8	
			110.9	
			113.6	
			110.3	
			110.8	
quartz (Q2)	-4.9	7.8	203.5	primaire
	-5.4	8.5	191.0	
	-4.7	7.5	187.3	
	-3.0	5.0	184.1	
	-6.3	9.48	183.0	
	-4.6	7.4	185.6	
	-3.0	5.0	208.4	
	-2.7	4.65	195.0	
	-2.6	4.6	193.4	
	-7.5	10.75	193.6	
	-3.4	5.7	206.2	
			192.8	
			195.8	
			197.0	
			230.0	
			182.9	
			201.5	
			184.3	
			195.4	
			271.4	
			264.9	
quartz (Q2)	-4.3	6.85	124.9	secondaire
	-4.2	6.8	141.0	
	-6.5	9.7	174.8	
	-5.4	8.5	160.0	
			140.1	
			140.1	
			154.0	
			150.6	
			108.4	
			152.9	

Tableau 8: Résultats de l'analyse des inclusions fluides aux indices Fraser.

## 5. L'ANALYSE CHIMIQUE

À partir des analyses chimiques, nous avons trouvé une étroite corrélation entre le contenu en arsenic et la concentration en or. Il est donc probable que l'or soit associé à la phase minérale de l'arsénopyrite. Cependant, nous n'avons pas observé l'or au microscope, ni même lors de l'étude au microscope électronique à balayage. D'après certains chercheurs (Cathelineau et al., 1988), l'arsénopyrite aurifère montre des pics d'absorption à la sonde Mossbauer qui suggère un lien de type Au-X (As?). Cette association peut être attribuée à une solution solide d'arsénopyrite ou à la présence d'inclusions solides non détectables par les méthodes optiques conventionnelles. De plus, les observations effectuées au microscope à électrons rétrodiffusés (Cathelineau et al., 1988) indiquent qu'il y a une zonation chimique élevée, représentée par un enrichissement progressif en arsenic associé à une diminution relative des teneurs en soufre et en antimoine. En atteignant une valeur critique en arsenic, on note généralement une diminution des teneurs en antimoine et en soufre. À ce moment, l'Au peut s'incorporer dans la structure atomique de l'arsénopyrite. Dans les échantillons étudiés, la distribution de l'or dans les cristaux d'arsénopyrite est inconnue. Cependant, nous avons fait une analyse chimique quantitative qui nous a démontré que l'or co-existe probablement avec l'arsénopyrite (voir ci-dessous).

### 5.1 Analyse quantitative

Une analyse quantitative par spectrométrie de masse à source plasma sur l'arsénopyrite a été effectuée par Boisvert (INRS-Géoressources): 0.112g d'échantillon ont été dissout dans 5 ml de HNO<sub>3</sub> et lorsque la réaction a diminuée, 15 ml de HCL ont été ajoutés. La méthode des ajouts dosés a été employée afin de donner une meilleure précision. Le résultat a montré une concentration en or de 57 ppm dans l'arsénopyrite. Ceci indique que l'or est probablement incorporé dans l'arsénopyrite.

## **5.2 L'analyse corrélative**

Dans la présente étude nous avons recueilli toutes les données géochimiques provenant des travaux antérieurs (Appendice) et utilisé l'analyse corrélative dans le but d'établir: 1) les associations géochimiques des éléments traces et 2) le rôle des différents minéraux.

L'analyse corrélative est une technique statistique utilisée pour présenter une relation linéaire entre plusieurs facteurs. Les coefficients de corrélation indiquent le niveau de cette relation. Le tableau 9 représente les matrices de corrélation des éléments analysés. Cette analyse est basée sur le contenu en métaux. Les coefficients de corrélation présentent donc une relation quantitative, c'est-à-dire que lorsque le coefficient est positif, les éléments coexistent ou ont une forte affinité entre eux. Lorsque le coefficient est négatif, les éléments peuvent coexister mais ils ont une distribution inversement proportionnelle. D'après le tableau 9, les associations Au-As-Sb et Cu-Zn-Ag-Hg suggèrent la présence de deux groupes d'éléments qui sont corrélatifs entre eux. Le plomb semble plutôt indépendant. Il est possible que ces deux principaux groupes d'éléments proviennent d'une même source mais qu'ils ont été précipités séparément. La corrélation entre les éléments chimiques est reflétée par le rôle et la nature des phases minérales impliquées dans les processus de minéralisation. La distribution de la minéralisation en arsénopyrite aurifère se distingue de celle de la minéralisation en métaux de base et il peut être démontré que les conditions physico-chimiques du fluide minéralisateur sont différentes lors de la précipitation de ces minéraux (voir discussion). Par contre, le plomb peut provenir de sources diverses et l'argent est corrélatif avec presque tous les éléments.

	Forage 92-F-1			Forage 92-F-3		
	<b>Au</b>	<b>As</b>	<b>Sb</b>	<b>Au</b>	<b>As</b>	<b>Sb</b>
<b>Au</b>	1			1		
<b>As</b>	.92	1		.71	1	
<b>Sb</b>	.98	.93	1	.65	.987	1

Tableau 9: Matrice de corrélation des éléments chimiques analysés.

L'indice Lepage 2

	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>	<b>Au</b>	<b>Sb</b>	<b>Ag</b>	<b>Fe</b>
<b>Cu</b>	1							
<b>Pb</b>	.05	1						
<b>Zn</b>	.81	0	1					
<b>As</b>	-.03	.03	-.04	1				
<b>Au</b>	-.03	.09	-.05	.8	1			
<b>Sb</b>	-.03	.08	-.04	.69	.95	1		
<b>Ag</b>	.98	.03	.77	-.05	-.04	-.05	1	
<b>Fe</b>	-.01	-.02	-.06	.55	.66	.66	-.08	1

(Tableau 9 suite)

L'indice Fraser 1

	<b>Au</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Ag</b>
<b>Au</b>	1			
<b>Pb</b>	.44	1		
<b>Zn</b>	.63	.54	1	
<b>Ag</b>	.9	.62	.61	1

(Tableau 9 suite)

L'indice Fraser 2

	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Hg</b>
<b>Cu</b>	1			
<b>Pb</b>	-.26	1		
<b>Zn</b>	-.01	-.96	1	
<b>Hg</b>	-.15	-.92	.99	1

(Tableau 9 suite)

L'indice Fraser 3

	Au	As	Cu	Pb	Zn	Hg	Ag	Sb
Au	1							
As	.55	1						
Cu	-.13	-.16	1					
Pb	.51	.43	.16	1				
Zn	-.18	-.05	.25	-.21	1			
Hg	.35	.42	.01	.6	-.06	1		
Ag	.48	.25	.38	.8	-.09	.57	1	
Sb	.59	.33	-.09	.59	-.14	.32	.69	1

(Tableau 9 suite)

## 6. L'INTERPRÉTATION DU MÉTALLOTECTE

### 6.1 Introduction

Le métallecte est défini par des facteurs géologiques qui contrôlent ou influencent la distribution des gisements en fonction de l'espace et du temps. En général, la structure et l'environnement des roches encaissantes sont les deux facteurs les plus importants. Bien qu'il puisse y avoir des caractères communs entre les gisements, chaque gisement possède ses propres particularités. Donc le métallecte représente essentiellement un aspect local dans un contexte métallogénique global. Ce contexte se compose de facteurs géologiques coïncidant avec la minéralisation et qui ont joué un rôle important durant le processus de la minéralisation.

Dans la région de Causapscal, les structures secondaires associées à la faille de Sainte-Florence, principalement les veines d'extension et le contraste de compétence entre les unités, constituent des emplacements privilégiés pour la minéralisation aurifère filonienne. Les fluides hydrothermaux salins transportent les métaux et les déposent en fonction de la déstabilisation du fluide qui peut

survenir suite à une réaction avec les roches encaissantes, à une baisse de pression et de température, etc...

## **6.2 Métallotecte structural**

Nous avons déjà fait une description du contexte structural dans la région, mais il faut souligner quelques aspects tectoniques récemment développés en Gaspésie (Kirkwood et al 1994; Malo et Bourque, 1993). D'abord, il y a des événements compressifs qui ont eu lieu à la fin du Dévonien moyen durant l'orogénie acadienne (Malo et Bourque, 1993). Cette compression résulte d'une collision à la marge continentale et la direction de raccourcissement était principalement orientée NO-SE. Des grandes failles régionales se sont développées dans un régime de transpression. Des études détaillées sur les failles comme celles de Grand Pabos et de Shickshock-sud ont démontré une composante importante de décrochement dextre durant le Dévonien moyen. Dans la région de Matapédia (Fig.1), les failles présentent des fabriques C-S sub-verticales, indiquant une composante de décrochement dextre et à rejet oblique (Kirkwood et St-Julien, 1987).

La faille de Sainte-Florence est située au nord-ouest de la région de Matapédia. Notre étude microstructurale indique que cette faille avait un mouvement inverse avec une composante de cisaillement dextre. D'après les relations de recoupement entre les différentes structures, nous pouvons établir une chronologie des événements compatibles avec un régime de transpression reconnu à l'échelle de la ceinture (Kirkwood et al, 1993) et les contraintes dans la région de Matapédia (Trudel et Malo, 1993). La géométrie des structures cassantes et ductiles dans la région de Causapsal est également compatible avec le modèle théorique de décrochement (Fig. 22). Précisons que toutes nos analyses structurales effectuées sur le terrain, dans la zone de la faille de Sainte-Florence, coïncident avec le modèle théorique de cette région.

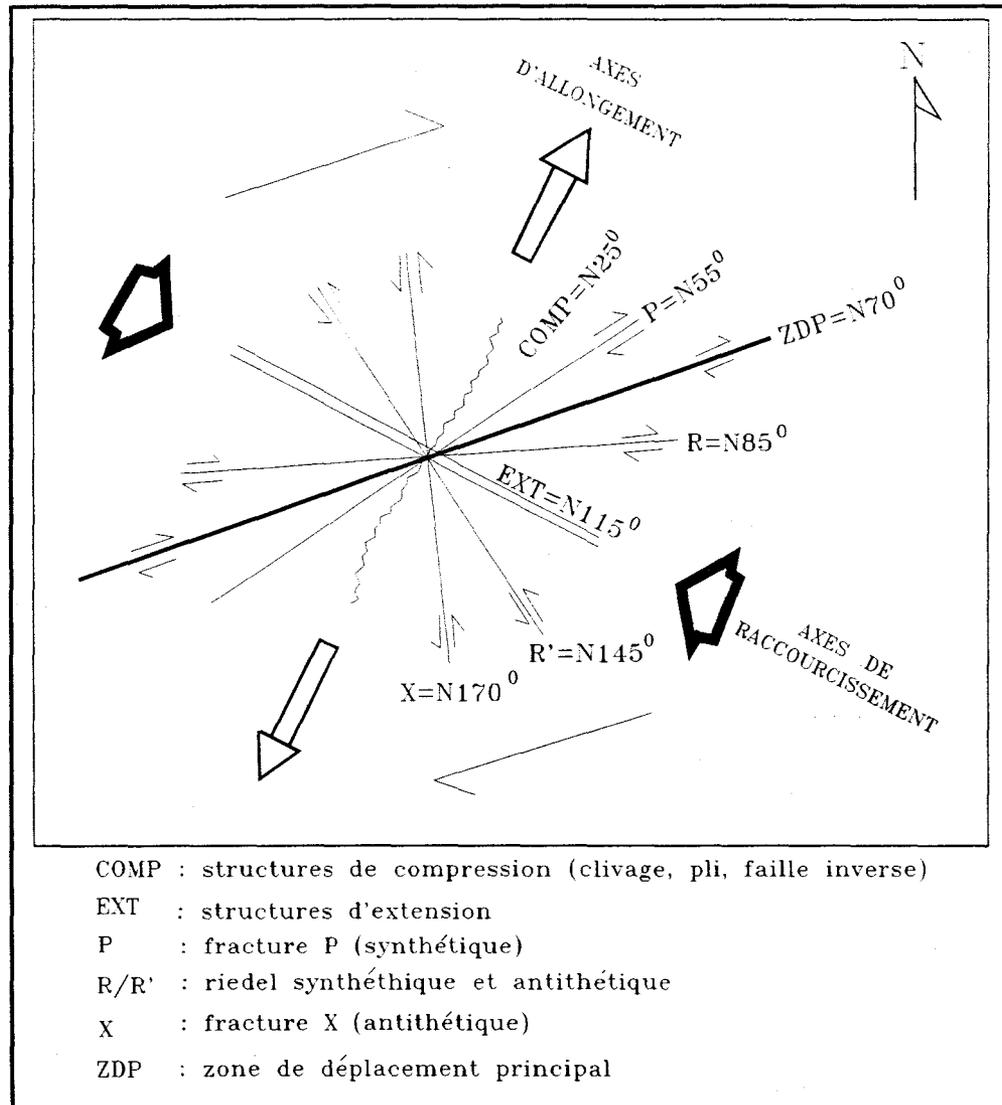


Figure 22 : Modèle de décrochement dextre dans la région de Matapédia (modifiée de Malo, 1993).

Étant donné que la minéralisation se retrouvent principalement dans les veines de quartz, il est important de comprendre la relation cinématique entre les veines et les déformations régionales. En général, on peut différencier deux types de veines, soit les veines d'extension et les veines de cisaillement (Robert et al, 1994).

1). Les veines d'extension sont caractérisées par une croissance de cristaux perpendiculairement à l'éponte. Dans la région étudiée, la plupart des veines minéralisées sont des veines d'extension qui sont reflétées par la mésotexture et la microtexture en tension (Fig. 23). On distingue parmi les veines d'extension, les veines sub-horizontales et les veines sub-verticales. Les veines sub-horizontales recoupent la schistosité et semblent être associées à la composante de chevauchement de la faille de Sainte-Florence. Les veines d'extension sub-verticales recoupent les veines sub-horizontales et sont compatibles mécaniquement avec les contraintes orientées NO-SE reconnues par Trudel et Malo (1993). Il semble que cette chronologie soit comparable avec le régime de transpression proposé par Kirkwood et al (1993). Ainsi les veines sub-horizontales se seraient mises en place pendant la fin du plissement régional dans un régime tectonique chevauchant ( $\delta_3 =$  verticale). Dans un processus de déformation progressif et continu, les veines sub-verticales se seraient développées tardivement lors de la compression acadienne, alors que la contrainte minimale ( $\delta_3$ ) était sub-horizontale. Ces veines s'orientent uniformément vers le NO avec une orientation moyenne de  $310^\circ$ .

2). Les veines de cisaillement se caractérisent par un rubanement. Dans notre région, ce type de veines n'a pas été observé.

Dans notre région, des veines stériles sont orientées en moyenne à  $350^\circ$  (Fig 14). En comparaison avec le modèle théorique (Fig. 22), leur orientation coïncide avec celle des fractures de cisaillement antithétique. Les fluides hydrothermaux semblent donc avoir circulés par l'entremise des veines d'extension. Ces veines d'extension, en particulier les sub-verticales, peuvent être considérées comme l'un des meilleurs métallotectes structuraux pour les indices aurifères régionaux.

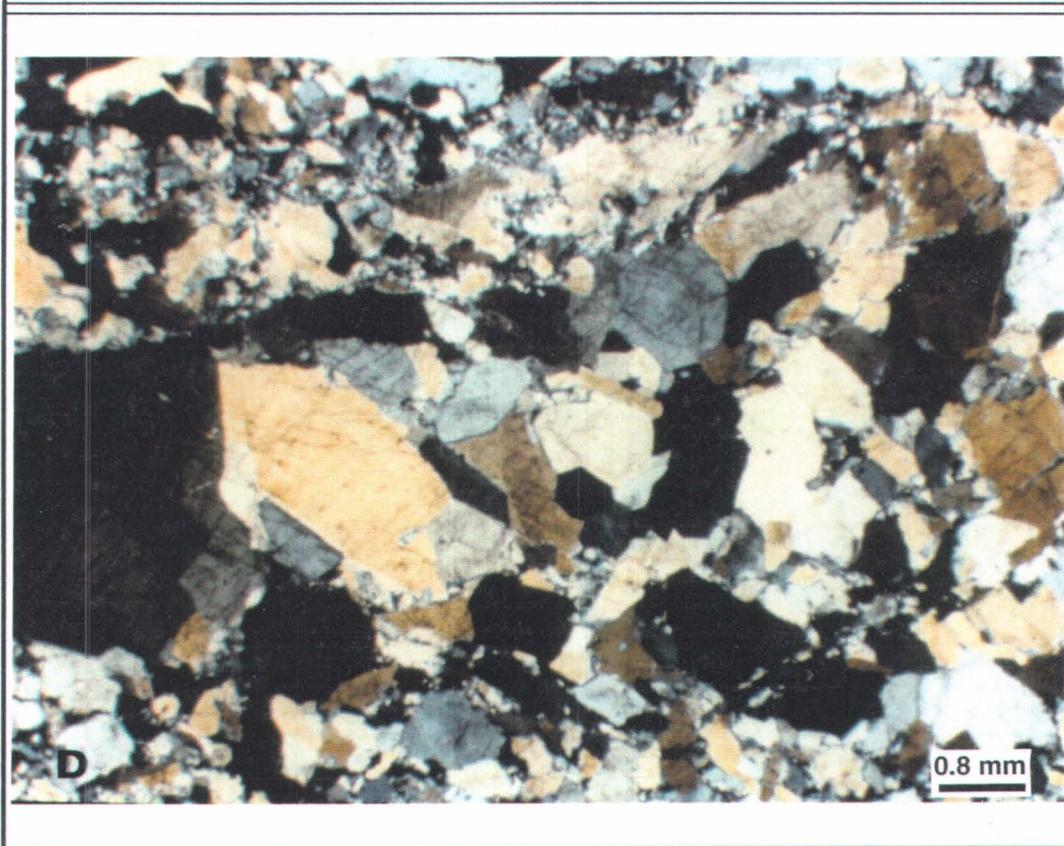
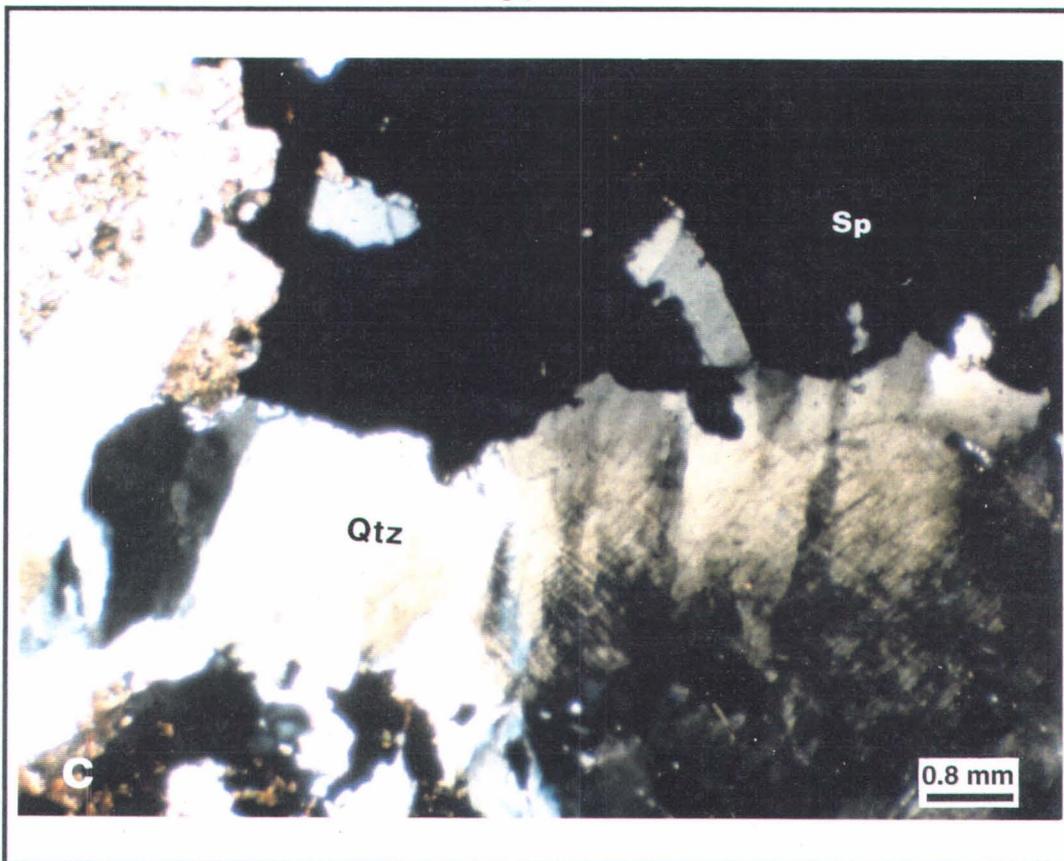
Figure 23: A. Photographie montrant une veine sub-verticale d'extension de quartz à l'indice Lepage 2.

B. Photographie montrant une veine bréchique de quartz à l'indice Fraser 1.

C. Photomicrographie (lumière transmise polarisée) présentant une orientation préférentielle du réseau, lors de l'ouverture d'une fracture par le mécanisme de "crack-seal" (Cox et Etheridge, 1983) à l'indice Lepage 1.

D. Photomicrographie (lumière transmise polarisée) montrant une texture crackée de la veine de quartz à l'indice Fraser 3.





### **6.3 Métallotecte lithologique**

Pour des conditions physico-chimiques données, la roche compétente est celle qui adopte un comportement fragile ou cassant lors de plissements, alors que la roche incompétente montre un comportement plastique. Les roches compétentes constituent donc un foyer de fracturations préférentiel. Dans notre région, les laves se composent de basalte, d'andésite et de pyroclastites felsiques et elles sont plus compétentes que les roches sédimentaires. Des failles secondaires et des diaclases sont donc mieux développés à l'intérieur de ces laves. Nous avons remarqué que les indices aurifères se retrouvent dans les laves près du contact entre les roches volcaniques et les roches sédimentaires du Groupe de Fortin. On retrouve donc une condition favorable à la précipitation des minéraux dans la zone du passage entre ces deux faciès.

Les argiles sont reconnues par une nature d'adsorption sélective de certains éléments comme le K, le Rb, le Cs, le Pt, l'Au, l'Ag et le Hg etc. (Li, 1987). Le Groupe de Fortin se compose d'argiloschistes. Pour estimer le potentiel de la minéralisation dans ce groupe, Bergeron et al. (1986) ont fait un échantillonnage systématique dans les veines de quartz et les métasédiments du Groupe de Fortin (Fig. 2). D'après les résultats des analyses chimiques ces métasédiments sont pauvres en B, Sb et As. La teneur en or est supérieure à 5 ppb lorsque l'échantillon contient plus de 30% de pyrite. En général, les roches qui sont à grains fins sont imperméables, mais un clivage pénétratif s'est développé dans les roches du Groupe de Fortin durant la déformation régionale acadienne. Les veines de quartz sont donc remarquables dans le Groupe de Fortin à cause du développement de ces structures pénétratives. De plus, le gradient géothermique est en moyenne de 30 °C/km, mais il est plus élevé que la normale dans une région orogénique. Donc les sédiments du Groupe de Fortin pourraient être une source pour les éléments métalliques et ces éléments ont possiblement été remobilisés par des fluides hydrothermaux. Pourtant, l'or et les éléments tels que Sb et As sont probablement venu de la profondeur.

## 7. COMPARAISON AVEC DES GISEMENTS CONNUS

Le tableau 10A présente une comparaison entre des gisements connus à travers le monde et les indices aurifères de Lepage et Fraser. Nous avons choisi huit gisements qui sont minéralisés en arsénopyrite aurifère de façon comparable avec nos indices. Nous avons aussi cité les deux types de gisement d'or épithermaux (tableau 10B) qui ont été défini par Hayba et al. (1985) et Henley (modifié en 1991) et qu'ils s'agit des types adulaire-séricite et alunite-kaolinite pour comparer avec nos indices.

D'après la définition de Lindgren (1922), les gisements d'or épithermaux et mésothermaux se distinguent par la profondeur de mise en place de la minéralisation. Les types épithermaux sont définis par des basses températures (50-200°C) et une faible profondeur (<1.5 km). Les types mésothermaux sont caractérisés par des températures variant entre 200 et 300 °C et une profondeur intermédiaire (<5 km). Cependant, l'identification de la paléosurface n'est pas toujours facile donc la définition établie par Lindgren de ces gisements n'est pas toujours significative (Panteleyev, 1992). De plus, il existe des gisements qui possèdent des caractéristiques communes aux deux types de gisement mentionnés ci-dessus. En réalité, on peut aussi observer quelques gisements contradictoires avec les modèles, par exemple, le gisement de Silbak Premier et de Cinola qu'on a considéré comme les gisements d'or épithermaux (tableau 10A).

En comparant ces gisements connus, les gisements aurifères de type épithermaux sont conformes aux caractéristiques suivantes:

- 1) Généralement, ils se situent dans des environnements tectoniques de successions subvolcaniques ou volcaniques qui sont liées au plutonisme et (ou) à une caldéra.
- 2) Les roches encaissantes sont surtout des roches volcaniques intermédiaires-acides ou alcalines ainsi que des pyroclastites.
- 3) La minéralisation de type filonien est souvent associée à des gangues de quartz, de calcite ou de barite. Ces veines minéralisées remplissent préférentiellement des fractures d'extension.

**Tableau 10A: Comparaison entre les gisements connus et les indices étudiés**

NOM	TYPE	TENEUR	ROCHE HÔTE	MINÉRALISATION	ALTÉRATION	FLUIDE	CONDITION PRÉCIPITATION	PÉRIODE. MIN.
Que River Tasmania McGoldrick et Larce (1992)	adulaire- séricite veines et disséminé	Au > 5 ppm Sb>1000pm Ba>2000 ppm	lave pyroclastites andésitiques	Pb-Zn-Ag-Au- As-Sb-Ba	séricite-silica- Py+sulfur de base métal +Kfs	moins acide 200° à 250°C H <sub>2</sub> S > SO <sub>4</sub>	175° à 200° SO <sub>4</sub> > H <sub>2</sub> S fluide oxydant mélange avec l'eau de mer	pendant l'altération hydrothermale des roches volcaniques
Barberton "Greenstone belt" Afrique du Sud De Ronde (1992)	filonien veines de quartz et carbonates	Au > 0.5 ppm	roche mafique et ultramafique	Py, Apy, Au, Po, marcasite, tetrahedrite Au natif Au inclusion dans Py et Apy	fuchsite et séricite riche +sulfures	230° à 310° H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub> NaCl	290° à 310° séparation de phase	syn-postdéformatio n en période de développement de cisaillement ductil- fragil

Mache Combrailles France Boiron et al (1989)	filonien (stockwork) et disséminé	26 g/t Au	volcano- sédimentaire faciès de schistes verts (tuf altéré)	Qtz, Py, Apy; combinaison dans l'Apy rare Au natif dans le tuf	Chl+Ill-Q- Ank-Py	H <sub>2</sub> O-NaCl 160° à 200°	pH est bas roche hôte altérée complètement en Q-Ill	déstabilisation de complexes d'Au bisulfure ou thioarsénide pendant la recristalisation des sulfures
Hodgkinson Queensland Australia Peter et al (1990)	filonien "gold-bearing Qtz", veine, de Stb- Au-Qtz veine de scheelite-Qtz	30 à 77 g/t Au	faciès sous- schistes verts: des grès, conglomérats, shale carbonaté, chert et spilite	Au natif, Apy, Gn, Sp, Py, Po.	1 à 10 cm vert pâle, lisière blanchie phyllique dans sandstone	après pression corrigée: 270° à 355° 3 à 11 wt% NaCl équiv. pauvre en CO <sub>2</sub>	source profonde,	contemporain avec le plutonisme régional et post- évolution de magma
Le Châtelet France Braux et al (1993)	filonien	4 g/t Au	passage de migmatite et granite, (Dévonien) avec des intrusion rhyolitiques	combinaison dans l'Apy; Apy, Py, marcasite	Ill.+sidérite autour des veines, Kln+tosudite+s idérite à l'extérieur		correspond avec rupture fracturation et bréchification de roches compétentes	290 Ma syndéformation fragile

Middagsberget Sweden nord Öhlander et Markkula (1994)	filonien , stockwerk	> 200 ppb Au	intrusion dioritique sur un terrain métavolcanique subaquatique	goutte ou remplissage dans l'Apy ou sur la face des cristaux, inclusions dans l'Apy avec Po.	séricitisation chloritisation	1) riche en CO <sub>2</sub> , 2) H <sub>2</sub> O-NaCl- CO <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> , 3) N <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> - CO <sub>2</sub> , 4) H <sub>2</sub> O-NaCl.	H <sub>2</sub> O-NaCl- CO <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> , oxydation, séparation des phases, P et T diminuent	coprécipité avec sulfures et carbonate après les veines de Q principales
Silbak Premier, Colombie Britannique, Panteleyev (1986)	veine de Q et carbonate, stockwerk, bréchique.	Au:56163 kg récupéré; 14805 kg réservoir Ag: 1269125 kg	andésite et dacite avec les intrusions porphyritiques	Au natif; Ag et Au; Py, Sp,Gn; min. Cp, Apy, Po locale.	séricite, Kfs, propylite avec l'assemblage de carbonate, Chl, séricite et Py.	250-260° C <4.5 wt% NaCl équiv.	refroidissement et changement de conditions chimiques	Jurassique inférieur. associé particulièrement au premier porphyre dans la suite plutonique de Texas Creek.
Cinola Colombie Britannique, Panteleyev (1986)	stockwerk de Q et brèche d'intrusion	Au:58763 kg de réservoir	rhyolite et roches clastiques	métal précieux; min.Au dans les veinules de Q à la périphérie de la zone d'altération argilifère, la concentration d'As,de Sb et d'Hg est évidente.	Kln/IlI, peu de séricite	200-300° C	dépressurisation du fluide pendant le déplacement le long des failles	Miocene emplacement et bréchification hydrothermale de rhyolite dans la zone de faille

indice Lepage Gaspésie cette étude	filonien	maximum: 64 g/t Au	andésites altérées surtout au contact des roches volcaniques et sédimentaires	Au dans l'Apy; Apy,Sp et Sp, Ccp, Py.	séricite, Chl, Ép, Ms, Py, Hem.	H <sub>2</sub> O-NaCl, 164° - 210° , 8.3 - 9.7 wt% NaCl équiv.	eau météorique probablement dominante, mélange avec l'eau métamorphique	syn- posttectonique acadienne de la faille de Ste- Florence
indice Fraser Gaspésie cette étude	stockwerk, filonien.	maximum: 15 g/t Au	contact des roches volcaniques et sédimentaires	Au dans l'Apy, Apy,Ccp,Sp et Sp, Ccp, Gn, Py	séricite, Chl, Ep, Ms, Lm.	H <sub>2</sub> O-NaCl, sp: primaire 195°-199° C 4.9- 6.8 wt% NaCl équiv. Q: primaire 183°-271° C, 4.7-10.8 wt% NaCl équiv.	eau météorique probablement dominante, mélange avec l'eau métamorphique	syn- posttectonique acadienne de la faille de Ste- Florence

Symboles pour l'abréviation des minéraux (Kretz, R., 1983): Anh: anhydrite,  
Apy:arsénoxyrite, Ccp: chalcopryrite, Chl: chlorite, Ep: épidote, Gn: galène, Hem:  
hématite, Ill: illite, Kln: kaolinite, Kfs: K-feldspath, Ms: muscovite, Py: pyrite, Po:  
pyrrhotite, Qtz: quartz, Sp: sphalérite.

**Tableau 10B: Caractéristiques des deux types de gisements d'or épithermaux connus**

type adulaire- séricite. Henley (1991)	rapport: longueur/lar- geur = 3:1 ou plus grande,	> 2.5 g/t Au	roches volcaniques alcalines- intermédiaires et siliceuses; un environnement volcanique complexe	Au et Ag natifs; sulfures métal- liques de base; argentite et tetrahedrite	propylitisation à argilification	100-300°C 0-13 wt.% NaCl équiv. eau météorique dominante	bouillonnement ou mélange des eaux	âge similaire avec roche -hôte
type : alunite- kaolinite. Henley (1991)	rapport: longueur/large- ur= équidimenssi- -onal	>2.5 g/t Au	rhyodacite typiquement; au centre des intrusions ou à la marge de caldeira.	Au natif, électrum, énargite, Py et sulfures métalliques de base.	argilification avancée à argile+séricite	200-300°C 1- 24 wt. % NaCl équiv. eau météorique dominante, peu de composant magmatique possible.	bouillonnement ou dégazéification du fluide	âge analogue avec roche-hôte différence < 0.5 Ma

Symboles pour l'abréviation des minéraux (Kretz, R., 1983): Anh: anhydrite, Apy: arsénopyrite, Ccp: chalcopryrite, Chl: chlorite, Ep: épidote, Gn: galène, Hem: hématite, Ill: illite, Kln: kaolinite, Kfs: K-feldspath, Ms: muscovite, Py: pyrite, Po: pyrrhotite, Qtz: quartz, Sp: sphalérite

- 4) L'activité hydrothermale joue un rôle important pour la minéralisation. L'eau météorique est souvent prédominante. Elle est soit rechauffée en profondeur, soit mélangée avec de l'eau "métamorphique" ou de l'eau magmatique. Elle a donc une composition très variable. En général, elle a une température inférieure à 300 °C et une salinité variant entre 0 et 24 wt.% NaCl équiv. en fonction de la composition du fluide (Panteleyev et al., 1992).
- 5) L'association de minerais composés de sulfures de métaux de base est polygénétique.
- 6) L'altération des roches encaissantes est caractérisée par deux types d'association de minéraux, soit le type adulaire-séricite et le type kaolinite-illite qui sont associés aux veines minéralisées et une argilification progressive vers l'extérieur de la zone d'altération.

En comparant ces caractéristiques mentionnées ci-dessus, on dirait que les indices aurifères de Lepage et Fraser présentent certaines similitudes avec les gisements d'or épithermaux. Premièrement, la minéralisation aurifère est filonienne et elle est associée à une gangue de quartz et de calcite. Le style de déformation des structures hôtes de la minéralisation est plutôt fragile et suggère une faible profondeur de mise en place. Les roches hôtes sont volcaniques alcalines à subalcalines encaissées par une couche assez épaisse des roches sédimentaires. Cependant, d'après l'analyse des inclusions fluides, la salinité du fluide varie entre 4.7 et 10.7 wt.% NaCl équiv et il semble que l'hydrothermalite est plutôt origine de l'eau métamorphique. La température d'homogénéisation variant entre 164 et 274 °C est aussi élevée. De plus, bien que les veines minéralisées sont riches en métaux de base mais il a manqué des assemblages minéralogiques qui demeurent éloignés de ceux des gisements d'or épithermaux, comme par exemple, l'argentite et tétraédrite. Généralement, les systèmes épithermaux montrent une altération hydrothermale très intense. Cette altération semble être moins marquée aux indices Lepage et Fraser. Les éléments de ces deux indices étudiés ne sont pas diagnostiques: on les retrouve autant chez les dépôts mésothermaux qu'épithermaux. Donc nous préférons ne définir pas le type de gisement maintenant en attendant les résultats plus précis de l'exploitation.

## 8. DISCUSSION

### La composition du fluide hydrothermal

L'analyse des inclusions fluides des indices étudiés a démontré que la température d'homogénéisation varie entre 164 et 274 °C. Il est possible que l'or ait été transporté sous forme de complexe d' $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ . La minéralisation aurifère accompagne la minéralisation en sulfures des métaux de base indiquant aussi qu'il y a certaines quantités de soufre dans le fluide minéralisant aux indices Lepage et Fraser. La salinité du fluide hydrothermal varie entre 4.6 et 10.6 wt.% NaCl équiv. indiquant un fluide salin. Nous n'avons pas observé la présence de  $\text{CO}_2$  dans les inclusions fluides primaires provenant de la sphalérite et du quartz. Donc nous proposons que le fluide minéralisateur se compose principalement de  $\text{H}_2\text{O}$ -NaCl- $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$  pour les indices aurifères Lepage et Fraser.

### Sources des métaux

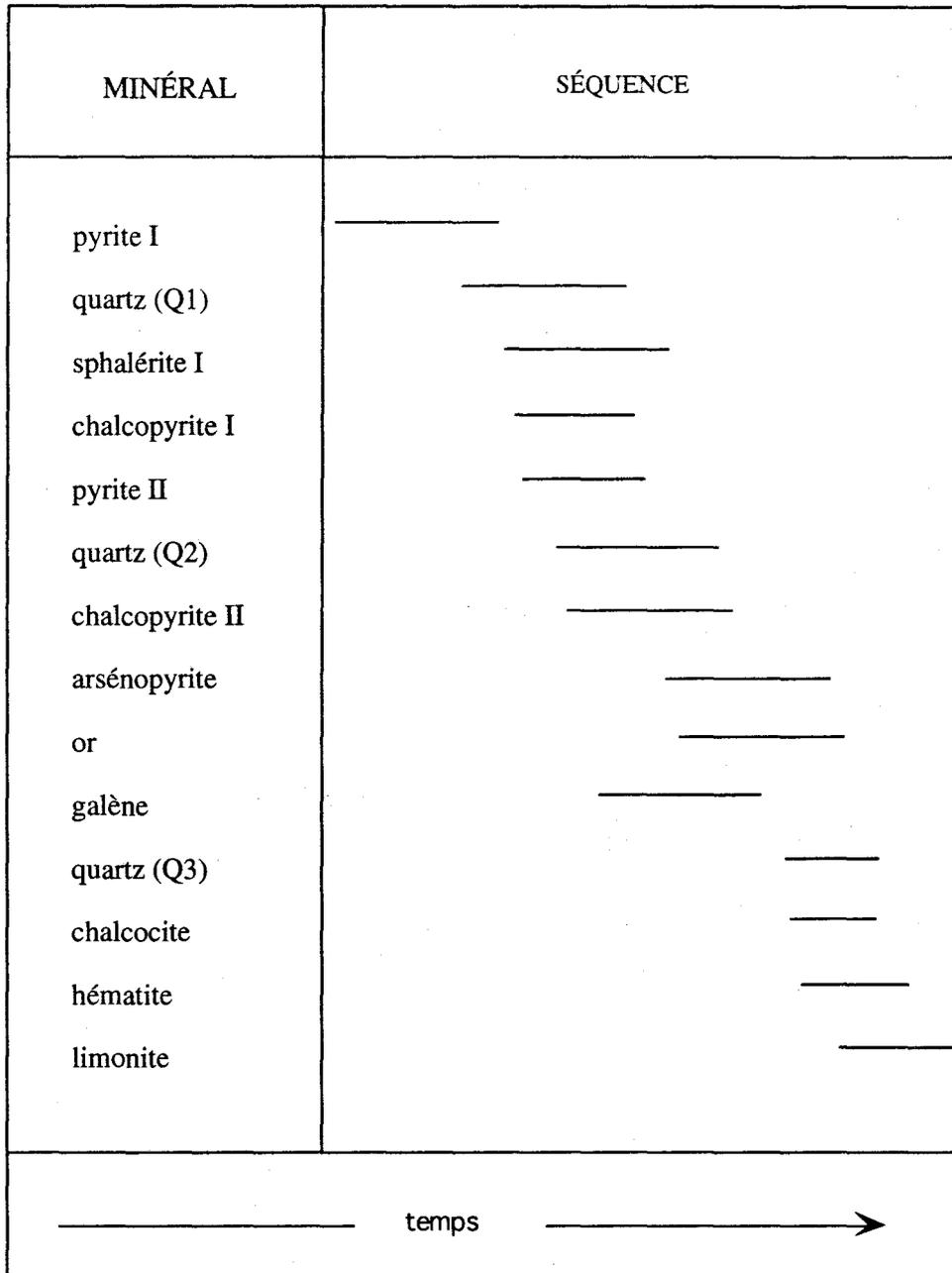
Les gisements d'or filoniens se retrouvent généralement dans les roches vertes. L'or est associé soit à la déshydratation des roches mafiques-ultramafiques durant le métamorphisme régional, soit à la migmatisation reliée au métamorphisme catazonal ou à des intrusions subvolcaniques. On croit que l'or provient de la croûte inférieure. Mais, les veines de quartz ou de calcite tardives sont caractéristiques des gîtes d'or filoniens. Elles forment des stockworks à l'intérieur des intrusions ou occupent des zones de cisaillement. Ceci indique que la concentration d'or est liée à des remobilisations hydrothermales. Dans la région étudiée, les roches du synclinorium de Connecticut-Gaspé Vallée reposent sur des roches mafiques à ultramafiques (Malo et Bourque, 1993). La faille ductile-fragile de Ste-Florence agit comme un conduit liant la profondeur à la surface. Il est donc possible que les fluides hydrothermaux aient lessivé les métaux des roches profondes et les aient transportés vers la surface. Les événements qui ont gouverné la minéralisation peuvent donc être résumés comme les suivants. D'abord, les mouvements de la faille de Ste-Florence et des fissures associées ont créé des zones de dilatation, formant ainsi des conduits favorables pour la circulation des fluides. Les origines du fluide hydrothermal résultant peuvent être l'eau interstitielle et l'eau provenant de

la déshydratation des roches mafiques-ultramafiques et les métasédiments. Nous n'avons pas observé d'intrusions ignées et, donc, nous ne pouvons pas spéculer sur le rôle joué par telles intrusions hypothétiques dans la formation des veines minéralisées. Le fond géochimique des métaux de base était donc important dans les roches encaissantes. La circulation du fluide entraînait un lessivage des métaux des roches encaissantes et les précipitait en fonction du changement de pression, de température et (ou) de pH dans les zones de dilatation.

Microscopiquement, la texture crackée dans les veines de quartz indique que l'ouverture des veines a eu lieu de façon répétée. Il est possible que les premières étapes de la précipitation du quartz aient scellé les fractures empêchant ainsi la circulation du fluide hydrothermal. Ceci entraîne une accumulation de pression hydrostatique. Lorsque la pression hydrostatique devient supérieure à la pression lithostatique, le fluide engendre une rupture de la fissure et la température baisse alors rapidement provoquant la précipitation de l'arsénopyrite qui accompagne toujours le quartz microcristallin (Q3). La texture de Q3 indique une cristallisation rapide et tardive par rapport à Q1 et Q2. Nous proposons que l'arsénopyrite et le quartz Q3 résultent probablement de la chute rapide de pression. La minéralisation aux indices Lepage est composée principalement d'arsénopyrite. Ceci indique que cette baisse de pression-température, suite à la rupture répétée de la fracture, a été un mécanisme efficace aux indices Lepage. Les indices Lepage sont donc situés probablement aux points faibles de structures dus à l'intersection de fissures ou parce que la roche encaissante est plus compétente que celle des indices Fraser.

Nous n'avons pas fait une recherche spéciale sur les assemblages minéralogiques et l'altération des roches encaissantes. Donc il est difficile de déterminer le type de gisement.

Basé sur les observations microscopiques, nous avons établi une séquence paragenétique des minéraux des veines (Fig. 24).



**Figure 24: Séquence paragénétique des minéraux des veines**

## 9. CONCLUSIONS

La métallogénie a été définie par Foucault et Raoult (1992) comme étant une science qui étudie les gisements métallifères et qui repose sur l'analyse des paragenèses minérales, sur leur succession et leur évolution chronologiques, en liaison avec l'histoire géologique des secteurs où sont situés ces gisements. Nous résumons donc notre étude métallogénique des indices aurifères de Lepage et Fraser en deux parties.

### La paragenèse

Nous avons reconnu deux paragenèses distinctes présentes aux indices Lepage et Fraser; soit l'association d'arsénopyrite (Au), de sphalérite et de chalcopryrite ainsi que l'association de sphalérite, de chalcopryrite, de galène et de pyrite. La minéralisation est principalement associée aux veines d'extension. Ces veines se composent de quartz mais on y retrouve également un remplissage tardif de calcite. Il semble que les sulfures précipitent après le quartz Q<sub>1</sub> et coprécipitent avec le quartz Q<sub>2</sub>. Parmi les sulfures, le premier à être précipité est la sphalérite jaune brunâtre ou jaune verdâtre avec des exsolutions de chalcopryrite et un peu de chalcopryrite massive. La galène et la chalcopryrite se sont interpénétrées et elles coprécipitent le long des plans de clivage de la sphalérite. La galène contient des inclusions de sphalérite et de pyrite et elle recoupe le quartz Q<sub>1</sub>. La galène et une partie de la chalcopryrite sont donc tardives. Nous avons retrouvé la présence d'arsénopyrite en petite quantité avec des inclusions de chalcopryrite seulement sur une lame mince. En générale, la minéralisation en arsénopyrite est associée à des veines d'extension sub-verticales et d'épaisseur uniforme. Ces veines sont caractérisées par une texture saccharoïdale et se composent de quartz polycristallin. Elles se distinguent donc des veines minéralisées en métaux de base.

L'or n'a pas été observé au microscope ni même au microscope électronique à balayage. Par contre, les résultats d'analyse lithogéochimique (Appendice) montrent que le contenu en Au augmente proportionnellement avec le contenu en As. L'analyse quantitative au ICP-MS a montré une concentration en Au assez élevée dans les cristaux d'arsénopyrite. Ce résultat semble montrer que l'or s'a

probablement coprécipité avec l'arsenic dans l'arsénopyrite. L'arsénopyrite contient des inclusions de chalcopyrite et suggère qu'elle est possiblement associée au même épisode hydrothermal que les métaux de base.

La paragenèse des minéraux d'altération est commune à tous les indices. Elle se compose d'épidote, de muscovite, de séricite, de chlorite et de carbonate. Ces minéraux sont étroitement associés aux veines minéralisées. La zone d'altération s'étend sur environ un mètre de largeur. Parmi ces minéraux d'altération la séricite est la plus abondante.

### *L'évolution structurale*

Les veines minéralisées sont orientées préférentiellement NO-SE. L'attitude des veines minéralisées s'accorde avec la géométrie et la cinématique des structures fragiles-ductiles associées à la faille de Sainte-Florence. En comparaison avec les indices aurifères associés à la faille de Grande Pabos, les structures secondaires des grandes failles régionales semblent donc être un métallotecte important.

Des veines précoces sub-horizontales aux indices Fraser semblent recoupées par des veines d'extension sub-verticales minéralisées. Elles sont mécaniquement comparables avec le mouvement inverse le long de la faille de Sainte-Florence. La plupart des veines minéralisées sont obliques à sub-verticales et orientées NO-SE. Cette orientation coïncide avec la direction des fractures d'extension proposée dans les modèles de décrochement dextre dans la région de Matapédia et en général en Gaspésie. Il semble donc que la faille de Sainte-Florence ait évolué d'abord en chevauchement et ensuite en décrochement.

La minéralisation en arsénopyrite aurifère des indices Lepage est associée uniquement aux veines d'extension sub-verticales. Ces veines sont orientées parallèlement à la contrainte principale NO-SE caractérisant des fractures d'extension associées à un décrochement dextre. On peut donc conclure que la minéralisation aurifère est probablement syntectonique au mouvement dextre le long de la faille de Sainte-Florence. Ce mouvement correspond à un épisode tectonique durant l'Acadien en Gaspésie (Malo et al., 1993 et 1994). On remarque aussi que

l'attitude des veines minéralisées aux indices Lepage est comparable avec celle des indices aurifères déjà connus en Gaspésie, comme par exemple, l'indice de St-André de Restigouche (Pelchat , 1993, thèse de maîtrise) ou le gisement de Québec-Antimoine (Normand et al, 1991).

La déformation fragile et l'abondance d'Ag, d'As, de Sb et de Hg suggèrent que les indices Lepage et Fraser se sont formés à faible profondeur et, en ce sens, présentent des similitudes avec les gîtes connus de type épithermal mais, les températures d'homogénéisation des inclusions fluides sont assez élevées. Correspondant le niveau de la recherche aujourd'hui, il est difficile de déterminer le type de gisement. La présence de dykes et d'intrusions intermédiaires à felsiques d'âge Dévonien s'avèrent donc des cibles d'exploration aurifère intéressantes dans le secteur étudié.

## **Références**

BOURQUE, P.A., Gosselin, C., Kirwood, D., Malo, M. et St-Julien, P. (1990). Le Silurien du segment appalachien Gaspésie-Matapédia-Témiscouata, Québec: stratigraphie, géologie structurale et paléogéographie (Rapport final). Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MM 90-01.

BERGER, J. (1991). Étude structurale et géologique de la faille de Ste-Florence, Gaspésie. Rapport final. Ministère de l'énergie et des ressources direction générale de l'exploration géologique et minérale direction de la recherche géologique service géologique de Québec.

BERGERON, M. Tassé, N., Beaudoin, G. (1986). Potentiel aurifère des veines de quartz du Groupe de Fortin dans la région de la rivière Assemetquagan, Gaspésie. MB 86-60. Série des manuscrits bruts. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la Géologie.

BOIRON, M.C., Cathelineau, M. et Trescases, J.J. (1989). Conditions of gold-bearing arsenopyrite crystallisation in the Villeranges Basin, March-Combrailles shear zone, France. Econ. Geol. Vol. 84, pp. 1340-1362, 1989.

BRAUX, C., Piantone, P., Zeegers, H., Bonnemaïson, M. et Prévot, J.C. (1993). Le châtelet gold-bearing arsenopyrite deposit, Massif Central, France: mineralogy and geochemistry applied to prospecting. Applied Geochemistry, Vol. 8, pp. 339-356, 1993.

CATHELINÉAU, M., Boiron, M. C., Holliger, Marion (1988). Gold-rich arsenopyrites: crystal-chemistry, gold location and state, physical and chemical conditions of crystallization. Bicentennial Gold 88, Melbourne, May.

COX, S.F. et Etheridge, M.A. (1983). Crack-seal fibre growth mechanisms and their significance in the development of oriented later silicate microstructures. Tectonophysics. Vol. 92 (1-3). pp.147-170.

DE RONDE, C.E.J (1992). Shear zone-related, Au quartz veins deposits in the Barberton Greenstone Belt, South Africa: field and petrographic characteristics, fluid properties and light stable isotope geochemistry. Econ. Geol. Vol. 87, 1992, pp. 366-402.

DUBÉ, B. (1990). A preliminary report on contrasting structural styles of gold-only deposits in western Newfoundland. In Current Research, part B, Geological Survey of Canada. Paper 90-1B, pp. 77-90, 1990.

DALTON, E. (1987). Sedimentary facies and diagenesis of the lower Devonian Temiscouata and Fortin formations, Northern Appalachians, Québec and New Brunswick. Unpubl. MSc. Thesis, McGill University, Montréal.

FAURE, S., Tremblay, A. et Dubé, B. (1994). Structural study of relationships between gold occurrences and the Rocky-Millstream Fault zone in the Upsalquitch Forks area, northern New Brunswick, in Current Research, Pap.Geol. Surv.. Can. 92-1D, pp. 101-109, 1992.

- FOUCAULT, A. et Raoult, J.-F. (1992). Dictionnaire de géologie. Troisième édition, pp.198.
- GIRARD A. (1993). Propriété Fraser Cantons de Casupscull et La Vérendrye, Comté de Matapédia, Québec. Les consultants GIR-OR Enr.
- GIRARD A. (1992). Propriété Ste-Marguerite Cantons de la Vérendrye Comté de Matapédia, Québec. Les consultants GIR-OR Enr.
- GLOBENSKY, Y et collaborateurs (1993). Lexique stratigraphique Canadien: région des Appalaches, des Basses-Terres du Saint-Laurent et des îles de la Madeleine. DV 91-23.
- HAMNER S. et Passchier C. (1991) Shear-sens indicators: a review. Pap. Geol. Surv. Can. pp. 90-17.
- HAYBA, D.O., Berthke, P.M., Heald, P. et Foley, N.K. (1985). Geologic, mineralogic and geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal precious-metal deposits. In geology and geochemistry of epithermal systems; eds. Berger, B. R. and Bethke, P. M. Reviews in Economic Geology, Soc. of Econ. Geol., Vol. 2, pp. 129-168.
- HENLEY R.W. (1991). Epithermal gold deposits in volcanic terranes. Gold metallogeny and exploration. 1991, pp. 132-164.
- KIRKWOOD, D., Malo, M., St-Julien, P. et Therrien, P. (1994). Vertical and fold-axis parallel extension within a slate belt in a transpressive setting, Northern Appalachians. Sous presse.
- KIRKWOOD, D., Malo, M. (1993). Across-strike geometry of the Grand Pabos fault zone: evidence for Devonian dextral transpression in the Quebec Appalachians. Can. J. Earth Sci., Vol. 30, pp 1363-1373.
- KIRKWOOD, D. et St-Julien, P. (1987). Analyse structurale du Siluro-Dévonien dans la Vallée de la Matapédia. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Rapport intérimaire MB 87-33, pp. 17.
- KRETZ, R. (1983). Symbols for Rock-Forming Minerals. American Mineralogist, Vol. 68, pp. 277-279.
- LINDGREN, W.(1922). Auggestion for the terminology of certain mineral deposits. Econ. Geol., Vol. 17, pp. 292-294.
- LI, Z.L., LIU, Y.J., CHU, T.Q., WANG, H.N., SUN, C.Y., ZHANG, J.R. et PAN, E.P. (1987). Géochimie, pp.319.
- MALO, M. et Bourque, P. (1993). Timing of the deformation events from Late Ordovician to Mid-Devonian in the Gaspé Peninsula. Geological Society of America Special Paper 275.

- MALO, M., Kirkwood, D., De Broucker, G. et St-Julien, P. (1992). A reevaluation of the position of the Baie Verte-Brompton Line in the Quebec Appalachians: the influence of Middle Devonian strike-slip faulting in Gaspé Peninsula. Can. J. Earth Sci. , Vol. 29, pp 1265-1273.
- MALO, M. et Béland, J. (1989). Acadian strike-slip tectonics in the Gaspé Region, Québec Appalachians. Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 26, pp.1764-1777.
- MCGOLDRICK, P.J. et Larce, R.R. (1992). Geologic and geochemical controls on gold-rich stringer mineralization in the Que River deposit, Tasmania. Econ. Geol. Vol. 87, 1992, pp. 667-685.
- MORIN, R. et Simard, M. (1987). Géologie des régions de Sirois et de Raudin, Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; ET 86-06, pp.78.
- NORMAND, C., Gauthier, M. et Jébrak, M. (1991). Antimony mineralization in the Brompton-Baie Verte structural zone, Québec. Program with abstracts geological association of Canada. Joint annual meeting, 16. pp. 91.
- NOWLAN, G.S. et Barnes, C.R. (1987). Thermal maturation of paleozoic strata in eastern Canada from conodont colour alteration index (CAI) data with implications for burial history, tectonic evolution, hotspot tracks and mineral and hydrocarbon exploration. These de doctorat. Uni. McGill, 1987.
- OHLANDER, B. et Markkula, H (1994). Alteration associated with the gold-bearing quartz veins at Middagsberget, northern Sweden. Mineral Deposita 29, pp.120-127.
- PANTELEYEV, A. (1992). Copper-precious metal deposits transitional between sub-volcanic porphyry and epithermal environment. Geological Fieldwork 1991, B.C. Ministry of Energy, Mines and petroleum resources, paper 1992-1.
- PANTELEYEV, A. (1986). Ore deposits #10. A Canadian cordilleran model for epithermal gold-silver deposits. Geoscience Canada Volume 13, number 2.
- PELCHAT, C. (1993). Cadre structural des minéralisations aurifères le long de la faille du Grand Pabos, Gaspésie, Québec. These de maîtrise, 1993.
- PETERS, S.G. et Golding, S.D. et Dowling, K. (1990). Mélange and sediment-hosted gold-bearing quartz veins, Hodgkinson Gold Field, Queensland, Australia. Eco. Geo. v. 85, 1990, pp. 312-327.
- ROBERT, F., Poulsen, H. K. et Dubé B. (1994). Structural analysis of lode gold deposits in deformed terranes. Open file report # 2850, Geological Survey of Canada, pp. 1409.
- SIKANDER, A.H. et Fyson, W.K. (1969). Structural developement of the Paleozoic rocks of western Gaspé, Québec. Can. J. Earth Sci. Vol. 6, No. 5, pp. 1113-1127.

SPENCER, C., Green, A., Morel-à-l'Huissier, P., Mikereit, B., Luetgert, J., Stewart, D., Unger, J. et Phillips, J. (1989). The extension of Grenville basement beneath the northern Appalachians: results from the Québec-Maine seismic reflection and refraction surveys. Tectonics, Vol. 8. No. 4, pp. 677-696.

STEARNS, C. W. (1965). Rapport géologique 117 région de Causapsal comtés de Matapédia et de Matane. Ministère des richesses naturelles du Québec. René Lévesque, ministre. P.-E. AUGER, sous-ministre.

TCHALENKO, J. S., Ambraseys, N.N. (1970). Structural analysis of the Dasht-e Bayaz (Iran) earthquake fractures. Geo. Soc. Amer., Bull. Vol. 81, No. 1, pp. 41-59.

TRUDEL C., Malo M. (1993). Analyses des contraintes par méthodes graphiques dans une zone de coulissage: exemple de la région de Matapédia, Gaspésie, Appalaches du Québec. Can. J. Earth Sci. Vol. 30, pp. 591-602.

VELDE, B. (1965). Phengites micas, synthesis, stability and natural occurrence. Am. Jour. Sci., Vol. 263, pp. 886-913.

WILLIAMS, H. (1979). Appalachian orogen in Canada. Can. J. Earth Sci., Vol. 16, pp. 792-807.

## APPENDICE

Au (ppb)	As (ppm)	Sb (ppm)	Au (ppb)	As (ppm)	Sb (ppm)
5	11	.9	5	7.4	2.7
6	19	1.8	5	8.5	1.2
8	209	2	339	2330	18
1511	557	7.3	53	468	4.5
10	73	1.5	5	10	2.2
17	115	2.9	56	491	6.5
5	10	.8	5	8.7	.7
5	5.9	.2	485	4230	32.7
5	1.7	.2	5	6.4	.8
6	3.4	1.4	5	20	2
7	6.7	3.9	41	171	5.4
5	2	.9	5	9.4	2.6
5	5	.2	5	4	1.2
5	12	4.3	11	46	4.9
5	15	4.3	14	16	1.9
8265	10000	393	5	107	3.2
61	345	6.2	566	284	1.7
45	356	5	5	3.6	2
584	4810	36.6			
10	45	3			
9	48	4.3			
5	58	4.8			
5	11	5.9			
5	11	6.8			
5	12	7.9			

Résultats des analyses géochimiques dans les forages (Girard, 1992)

## APPENDICE (suite)

Au (ppb)	As (ppm)	Sb (ppm)
50.5	10000	1840
12.41	10000	460
8.16	10000	483
2.95	10000	142
2.09	8280	25.1
26.88	10000	1530
39.09	10000	1930
18.07	10000	987
1.51	6100	16
7.13	10000	191
.1	153	1.6
3.87	10000	38.1
1.54	5950	27.9
4.97	10000	75.9
3.6	10000	60.8
.24	372	2.7
.21	481	4.6
3.09	10000	33.5
1.27	4610	14
.07	25	1.2
.07	42	2.4

Résultats des analyses géochimiques à l'indice Lepage 2 (Girard, 1993)

## APPENDICE (suite)

	Au (ppb)	As (ppm)	Sb (ppm)	Hg (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ag (ppm)	Fe (ppm)
1					50	57	13		
2					15	55	12		
3					59	121	19		
4					10	101			
5					18	110	12		
6					62	101			
7					15	109	15		
8					39	72			
9					48	83	32		
10					24	69	15		
11					20	68	18		
12					18	97			
13					18	104			
14					48	85			
15					20	84	48		
16					11	65	16		
17					10	43	13		
18					20	93			
19		1	.5	710	13	120	13		
20		7	.4	150	46	105	48		
21		1	.7	56	8	97			
22			1		22	142		1	
23		2	.1	110	7	28	7		.69
24				990	15	65	26		7.06
25		5	.3	330	10	124	37		.9
26				200	2	74			.41
27		14	9.6	280	64	42	25		17.1
28	16	360	2.8	500	299	862			.66
29	120	2100	12	1300	2100	4700	27		1.49
30	190	12000	40	530	482	778	1		3.01
31		29	3	540	19	102	12		9.65
32		2	.2	110	4	17			.69
33		4	.4	160	6	47			5.9
34	1400	32000	170	120	9	52			6.08
35	4800	12000	25	440	15	144	2		5.32
36	7	94	1	51	10	50			2.69
37	83	2500	18	92	16	58			1.31
38		22	1.6	11000	3900	28200	3	2.4	.71
39	5	21	.3	110	16	140			6.75
40		5	.1	79	11	114			7.86
41		13	3.7	140	11	110	5		6.54
42		20	.4	140	8	59			3.75

43		7	.8	110	14	112			7.76
44		13	5.1	130	10	51	13		3.57
45		8	3.2	210	21	69	13		5.78
46	15000	>32700	220	660	28	90	36	1	9.75
47	4900	17000	30	2100	6	77	8		4.46
48	150	6600	27	73	17	92	5		2.05
49		15	.3	110	13	129	2		7.71
50	16	63	2.5	180	75	134			8.93
51		5	2	50	13	116			7.86
52		4	2	69	10	115			8.42
53		2	.6	190	8	214	915		2.73
54		6	1.8	91	9	46	11		4.31
55		2	.7	140	7	100			7.24
56		6	18	100	7	395	11		5.31
57		5	6.6	190	8	487	4		6.57
58		1	.9	220	10	446	16		6.31
59		59	.7	100	7	399			2.13
60		4	10	180	9	195	58		6.69
61		21	.7	190	9	47	10		.99
62		2	.6	130	10	230			6.88
63		5	.5	57	16	52	19		5.35
64		2	.1	69	32	91	3		4.42
65			.2	96	14	122			7.88
66		14	.8	110	11	146	42		4.59
67		3	.4	37	2	22	7		.38
68		9	.5	43	8	23	5		.67
69		4	.4	130	4	12	8		.59
70				83	135	22	61		.38
71		1		99	664	65	243	.7	.23
72		2		150	646	45	173		.2
73		3	.1	240	1500	87	164	1.2	.52
74		5	.4	69	34	69	3		3.73
75	32700	>32700	2100	220	26	45	162		16.1
76	32700	>32700	3000	430	27	13	35		24.2
77	6	58	.7	31	3	7	1		.55
78	10000	>32700	650	180	21	65	30		10.6
79	200	780	13	32700	32200	32700	75	18	4.64
80	390	3800	22	170	117	313	2		1.53
81		9	.5	100	24	151	2		7.97
82	180	7300	33	190	208	176			6.15
83	210	3300	18	16000	8000	26600	7	3.8	2.91
84		9	.2	210	152	249	2		3.96

Résultats des analyses géochimiques à l'indice Lepage 2 (Berger, J., 1992)

## APPENDICE (suite)

Au (ppb)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)
9	758	709	.2
	1018	358	
13	2063	754	.2
372	3920	1750	6.6
79	10000	816	18.3
575	9862	2416	8.9
383	9510	1882	11.7
2999	10000	6145	50
838	10000	1487	11.5
668	2140	2027	3
428	10000	7308	11.1
8	870	325	
10	274	222	.6

Résultats des analyses géochimiques à l'indice Fraser 1 (Girard, A., 1992)

Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Hg (ppm)
1113	3024	673	6617
421	9885	381	1234
448	92	1015	17010

Résultats des analyses géochimiques à l'indice Fraser 2 (Girard, A., 1992)

## APPENDICE (suite)

Au (ppb)	As (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Hg (ppm)	Ag (ppm)	Sb (ppm)
35	466	1911	10000	61	213	50	
	23	118	382	27	187	1.8	
26	265	31	3724	84	58	9.6	
797	5110	19	142	408	248	4.2	
	114	54	427	241	378		
	1220	41	32	1254	125	.5	
45	62	211	127	533	10094	2.5	
63	62	4111	4112	457	5720	31.7	
141	393	10	299	49	78	.3	
24	170	14	4798	28	344	9.6	
	237		43				
31	294		24				
366	386		48				
334	358		32				
780	866		75				
10	72		54				
1269	1250		1090				
2554	2430		10000				
161	6230		179				
7	34		12				
181	316		196				
290	1100		168				
1865	259		10000		3028	50	229
1112	344		3346		738	5.4	4
15	25		464		449	1.9	1.8
5220	1470		4528		5421	18.4	10
1480	641		857		4112	4.9	2.4
2298	2440		5263		14954	12.8	14
2340	6830		10000		9626	12.8	57.8
569	3990		10000		24300	26.9	30.5
10000	6760		10000		12710	50	168
1379	2290		10000		26916	48.8	47.1

Résultats des analyses géochimiques à l'indice Fraser 3 (Girard, J., 1992)

## APPENDICE (suite)

	Au (ppb)	As (ppm)	Sb (ppm)	W (ppm)	B (ppm)
1		9.2	.5	2.5	28
2		7.3	.3	2.2	15
3			.1	.8	1.4
4		1.3	.1		15
5			.1		1.6
6		.4	.1		
7		.3		1.7	1.6
8	1.5	.5	.1	.9	1.4
9		.2			
10					.6
11				.9	
12		.6.6	.1	3.4	5.2
13		.7.7		1.4	1.5
14		.6.6	.2	.9	3.2
15		3.7	.3	1.9	2.4
16		1.6	.2	1.4	11
17	1.5	11	.1	.9	2.4
18		.5.5	.1	1.6	2.5
19	3.3	1.6	.2	1.4	2.1
20		.3.3			1.2
21		.5.5	.1	1.5	2.2
22		1.5	.4	1.2	1.7
23		.9.9	.1	2.8	4.5
24	1.5	.6.6	.1	.8	3.5
25	1.6			1.2	3.7
26		.9.9	.1		2.1
27		.3.3	.1	.7	
28		.8.8			
29		.4.4	.1	1.1	1.1
30		1.1	.2	3.9	2.9
31		.9	.1	2.5	2.5
32	2.6	3.3	.2	.9	26
33	2.5	.7	.2	.8	3
34		.8	.2	.8	2.2
35	1.3	1.1	.3	4.1	1.3
36		2.5	.3		12
37		3.1	.4	.9	5.2
38		2.1	.3		7.2
39		2.8	.3		9.3
40		2	.2		26
41		3.8	.2	3.2	29
42		1.8	.4		11
43		.8	.3	2.1	3.4
44	4.1	1.6			5.9
45	2.1	.6	.1		2
46		.6	.1	3.3	10
47		1.3	.2	.8	77

48	6.9	9.7	.4	5.3	310
49		2.7	.3	.5	4.4
50		16	.6		13
51	1.8	2.9		.8	3.5
52		5.1	.1	.9	3.2
53		7.5	.3	4	27
54				1.5	2.7
55		.2		.8	4
56	3.6	3.2	.3		2.2
57				.9	1.6
58		1		3.4	7.6
59		.6	.1		.9
60			.1		.6
61			.1	4	16
62	1.9	.5	.1		.6
63	1.8		.2	1.1	2.9
64		1.2	.2	1.3	2.5
65	1.4	1.2	.1	3.4	2.9
66	1.9	.9	.1	.8	2
67		1.3	.2		1.9
68			.1		3.8
69				5.3	3
70					1
71	2.2	1	.2		8.9
72		2	.2		11
73		.7	.1	1	4.6
74			.1	.6	
75	1.9	.7	.2	3.8	19
76		.9	.1	.8	6.7
77		.9			5.3
78		.2	.1		.7
79		.7			
80		1			2
81	1.1				1.8
82		.9	.2		2.2
83	7.1	2.6	.2		11
84		2.9	.3		23
85		1.4	.3		6.2
86		1.6	.3	.8	4.6
87	2.9	2.2	.3	2.1	7.7
88	3	.6			3.4
89		.6	.2	1	2.7
90		1.7	.3		3
91		3	.3	2.1	5
92		2.4	.3		17
93		.9	.1		2.3
94		6.4	.6		12
95		2	.4		1.3
96		3	.2	6.2	14
97		1.9	.1	3.6	2

98		7.2	.3	1.1	4.8
99		5.1	.2		2.4
100		3.6	.4		25
101		.9	.3	1.6	4.8
102		1.3	.3	1.8	4.1
103		1.8	.2		4.5
104		4.8	.5		21
105		2.7	.2		9.7
106			.6		1.9
107		1.7	.2	2.9	3.5
108	1.3	1.3	.2		2.8
109		1.1			15
110		1.6	.1	.7	1.7
111		5.2	.5	1.6	1.6
112		1.4	.7		3.4
113			.1		2.1
114		23	1.1		39
115				3	1.7
116	1	.4	.1		1.7
117					2.6
118			.1		28
119					1.5
120	3.2	3.5	.4		10
121	2.4	3.3	.3	2.8	13
122		.5	.1		3.2
123	1.9		.1	4.7	2
124		.8	.2	3.9	3.4
125		.8	.2	.3	2.6
126			.2	1.5	2.5
127		2.1	.2	.7	.9
128	76	21	.3	2.6	2.9
129		.5	.1	3	1.5
130		.5	.1	1	.9
131		.7	.1	.9	3.4
132		1.7	.2	1.1	3.6
133	1.9	.5	.2		1.3
134			.2		1.3
135		1.2	.1		22
136		1.7	.2	1.7	2.5
137		.1	.2	4.2	2.6
138		2.4	.3	1.5	6.3
139		1	.2	2.6	2.8
140		1.3	.1	2.3	2.4
141	2.3		.1	4.2	6.5
142		2	.1		6.4
143	1.5	.4	.1	3.2	7.4

Résultats des analyses géochimiques dans les veines de quartz  
du Groupe de Fortin (Bergeron, M. et al, 1986)