

MB 91-12

GITOLOGIE DU GISEMENT AURIFERE DE MCWATTERS, REGION DE ROUYN-NORANDA - RAPPORT FINAL -

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



Licence

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources
naturelles

Québec 



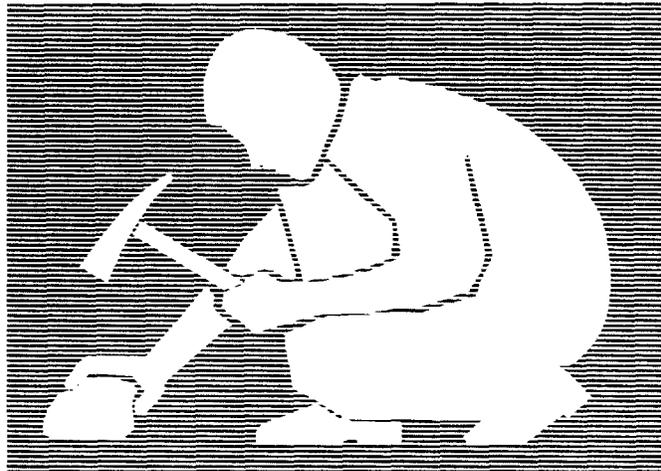
Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
Service géologique du Nord-Ouest

Gîtologie du gisement aurifère de McWatters, région de Rouyn-Noranda

- Rapport final -

Michel Jébrak
David Morin
Hafiz Zadeh

Marc Bardoux
Normand Goulet
Christine Giguère



SÉRIE DES MANUSCRITS BRUTS

Le présent projet est financé par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada et le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec dans le cadre de l'entente auxiliaire Canada - Québec sur le développement minéral.

Cette étude s'est effectuée en coopération avec l'Université du Québec à Montréal, Département des Sciences de la Terre-Géoterp.

MB 91-12

1991

RESUME

La mine McWatters correspond à une accumulation de 8.9 t Au. Elle occupe un copeau tectonique le long de la faille Cadillac - Larder-Lake, entre les volcanites du Blake River au Nord, et les sédiments du Témiscaming et le groupe de Pontiac au Sud. Trois unités sont distinguées : des conglomérats rattachés à la formation de La Bruère, des basaltes magnésiens le long de la faille Cadillac et des laves et volcanoclastites andésitiques plus au Sud. L'évolution tectonique est polyphasée. On reconnaît une déformation ductile précoce (D1) conduisant à un étirement intense et un jeu en faille normale d'une proto-faille Cadillac. L'ensemble est repris en compression, d'abord sous l'effet d'une compression N-S (D2) conduisant à la formation de la faille Cadillac, puis NW-SE (D3-4) replissant les structures précoces. Une phase cassante tardive (D5), d'âge Protérozoïque, induit le jeu de la faille McWatters.

Les minéralisations apparaissent précocément. On observe des zones mylonitiques syn-D1 dont le faciès rappelle le minerai continu de Kerr-Addison ; celles-ci sont reprises par des zones de cisaillement verticales et de tension subhorizontales syn-D2. L'association minérale est dominée par pyrite, arsénopyrite et tourmaline. L'or est associé à des minéraux de bismuth ; la température de dépôt est estimée à 345 °C, avec un rapport eau-roche supérieur à 1.

SOMMAIRE

1. Introduction	7
2. Historique et travaux antérieurs	9
3. Cadre géologique	14
31. Contexte géotectonique	14
32. Séries volcaniques	14
33. Séries sédimentaires	16
34. Cadre gîtologique	16
4. Géologie du gisement	18
41. Les volcanites	18
42. Les sédiments	27
43. Le plutonisme	31
44. Structures	36
45. Métamorphisme	51
45. Conclusion	51
5. Minéralisations	52
51. Descriptions des corps minéralisés	52
52. Altérations hydrothermales	66
53. Géochimie du bore	70
54. Conditions de dépôts	77
6. Comparaisons et interprétations	80
61. Comparaisons	80
62. Conclusion	81
63. Résumé des guides de prospection	83
Remerciements	84
References	85
Annexes	
1. Résultats d'analyses chimiques	
2. Résultats d'analyses minéralogiques	
3. Densité des roches de McWatters	
4. Données structurales	
5. Planches photographiques	
Carte détaillée et coupe en pochette	

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 Position de la mine McWatters en Abitibi
- Figure 2 Principales unités lithologiques et minéralisations aurifères le long de la faille de Cadillac dans la région de Larder-Lake - Rouyn-Noranda.
- Figure 3 Coupe historique de Hawley (1933) et de Wilson (1962) le texte)
- Figure 4 Position des grandes unités lithologiques dans la région de McWatters
- Figure 5 Localisation des échantillons ayant servi aux analyses géochimiques (majeurs)
- Figure 6 Diagramme $\text{Co}_2\text{-Zr}$ montrant la constance des valeurs en éléments trace malgré l'altération
- Figure 7 Diagramme $\text{TiO}_2\text{-Zr}$ des méta-volcanites de McWatters.
- Figure 8 Diagramme AFM des méta-volcanites de McWatters
- Figure 9 Diagramme $\text{SiO}_2 - \text{Zr/TiO}_2$ des méta-volcanites de McWatters
- Figure 10 Diagramme Zr/Y vs Ti/Zr des méta-volcanites de McWatters
- Figure 11 Schéma d'une carotte du forage 87-86 montrant un dyke lamprophyrique en contact cisailé avec l'encaissant
- Figure 12 Composition des clastes dans la formation de La Bruère et les conglomérats de McWatters.
- Figure 13 Coupe schématique du synclinal faillé de La Bruère
- Figure 14 Teneurs en Ni et Co des volcanoclastites et des conglomérats (données inédites, McAdam)
- Figure 15 Teneurs en Cr et As des volcanoclastites et des conglomérats (données inédites, McAdam)
- Figure 16 Stéréogrammes équi-aires de la région de McWatters a) So McWatters ; b) S1 McWatters ; c) S2 McWatters d) S3 McWatters ; e) S4 McWatters ; f) So La Bruère g) S2 La Bruère ; h) linéation d'étirement McWatters et La Bruère
- Figure 17 Indicateurs cinématiques de type C/S, C' précoces travers banc ouest, niveau -120 m
- Figure 18 Coupe de la faille McWatters, montrant l'entraînement de foliations S2
- Figure 19 Kinks en chevron et en "box fold" dans le toit de la faille McWatters
- Figure 20 Veines subhorizontales tardives recoupées par des failles normales subverticales conjuguées à la faille McWatters
- Figure 21 Position des minéralisations économiques dans la mine McWatters
- Figure 22 Coupe de la zone JK au voisinage de la faille de Cadillac, -400'. et position du minerai de type S1 ("flow"-ore)
- Figure 23 Détail de la coupe JK, montrant le recoupement du "flow-ore" par des veines de tension anté-P3
- Figure 24 Teneurs en or et arsenic dans la mine McWatters (données inédites McAdam)

- Figure 25 Allure des minéralisations en tension, zone A et interprétation tectonique
- Figure 26 Plan projeté en surface de la zone L le long de la faille de Cadillac
- Figure 27 Diagramme Fe-Zn des sphalérites de McWatters, zones A, -400'
- Figure 28 Coupe magnétométrique du mur de la faille Cadillac
- Figure 29 Diagramme isocone montrant le comportement des principaux éléments lors de l'altération
- Figure 30 Diagramme $\text{Na} / \text{Na} + \text{Ca}$ vs $\text{Fe} / \text{Fe} + \text{Mg}$ en nombre d'atome dans la structure pour les tourmalines de McWatters
- Figure 31 Coupes géochimiques à la microsonde dans une tourmaline métasomatique, zone 702
- Figure 32 Diagramme $\text{Na} / \text{Na} + \text{Ca}$ vs $\text{Fe} / \text{Fe} + \text{Mg}$ en nombre d'atome dans la structure pour les tourmalines de McWatters et du granite de Bourlamaque (Jébrak, inédit)
- Figure 33 Diagramme fS2 - T montrant la teneur en As des arsénopyrites de McWatters et la position probable de l'assemblage à bismuth

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Eléments structuraux et interprétation tectonique dans la région de McWatters
Tableau 2	Minéralogie du gisement de McWatters
Tableau 3	Chronologie des minéralisations sulfurées à McWatters
Tableau 4	Minéraux hydrothermaux

CARTE EN POCLETTE

Carte géologique de la région de McWatters, d'après l'ensemble des données disponibles (forages et travaux miniers projetés en surface)
Coupe de la région de McWatters

LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

Planche 1	Volcanites et sédiments
Planche 2	Pétrographie
Planche 3	Microstructures (La Bruère)
Planche 4	Eléments tectoniques
Planche 5	Structures plissées
Planche 6	Microstructures (McWatters)
Planche 7	Minéralisations
Planche 8	Minéragraphie
Planche 9	Tourmaline et inclusions fluides

1. INTRODUCTION

Découvert en 1932, le gisement de McWatters a été exploité de 1933 à 1944, et a fait l'objet de trois campagnes d'exploration depuis la fin des années 70.

La zone minéralisée est située dans un ensemble d'unités volcano-sédimentaires archéennes, dans le corridor de la faille Cadillac - Larder-Lake (figure 1). Plusieurs formations peuvent être distinguées: au Nord, le complexe volcanique bimodal du groupe de Blake River est recouvert en discordance par la Formation détritique de La Bruère. Le long de la faille Cadillac apparaissent des volcanites et des sédiments peu documentés. Plus au Sud, des unités conglomératiques appartenant au groupe de Témiscaming sont en contact avec des séquences volcano-sédimentaires du groupe de Pontiac (figure 2).

Les minéralisations correspondent à des veines de quartz montrant une association à or et argent. Deux groupes ont été distingués : un faisceau filonien encaissé par les conglomérats, au Sud, et un stockwerk récemment mis en évidence, encaissé par des andésites, au Nord.

Le présent rapport a pour but de documenter les caractéristiques des minéralisations aurifères connues à la mine McWatters, afin de les situer dans leur environnement géologique, de déterminer les contrôles majeurs du minerai et d'en comprendre la genèse.

Il s'organise autour de cinq parties :

- un historique de la mine et des travaux antérieurs ;
- une brève description du cadre géologique et métallogénique régional ;
- une description de la géologie du gisement ;
- une analyse minéralogique et géochimique des minerais ;
- une interprétation du gisement et une comparaison avec d'autres gîtes du même type.

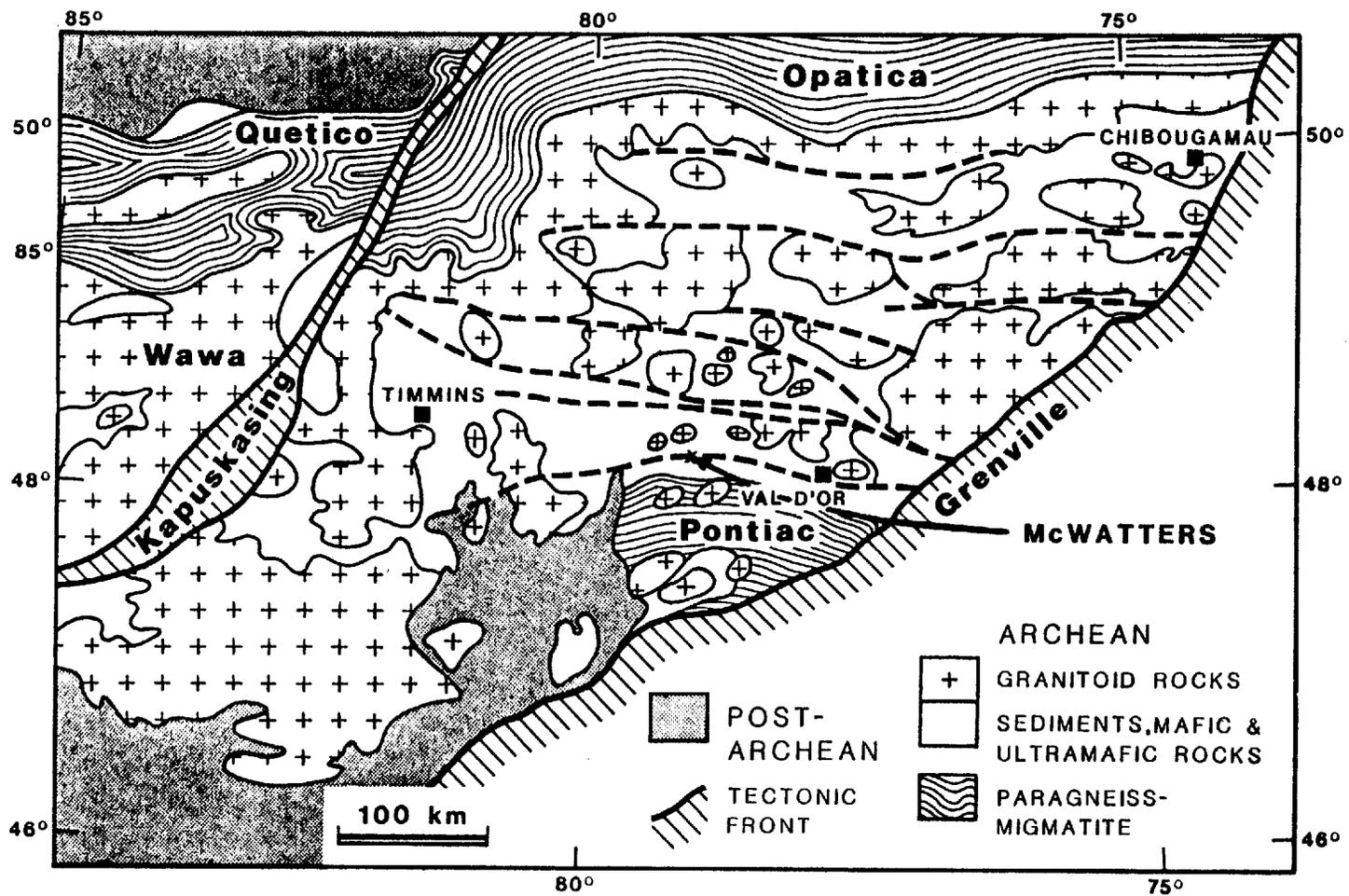


Figure 1

Position de la mine McWatters en Abitibi

2. HISTORIQUE ET TRAVAUX ANTÉRIEURS

Dès le début, la mine McWatters constitua une exception : seule mine d'or encaissée dans des sédiments, sa position immédiatement au mur de la faille de Cadillac, alors appelée la faille Thompson Creek, était également exceptionnelle.

21. Découverte et exploitation : 1933-1944

Les premiers droits miniers furent pris dès 1922. Mais la présence d'or natif ne fut signalée qu'en août 1932 par un prospecteur local, Dave McWatters . La première campagne d'exploration fut entreprise la même année et consista en 6000 pieds de forage (19 trous). La McWatters Gold Mines décida alors de creuser un puits de 418 pieds sur le site de la première découverte (1933).

La production débuta dès 1934 et se poursuivit sans interruption jusqu'en Juin 1944. Les travaux miniers atteignirent le niveau 1500', mais des forages furent réalisés pour reconnaître le niveau 1900'.

A la fin de 1939, la production avait été de 181 644 t de minerai, produisant 72 580 onces d'or, soit une moyenne de 0.4 once/tonne. A la fermeture en 1944, 365 000 tonnes de minerai avait produit 113 150 onces d'or (3,519 t), soit une teneur moyenne de 0.31 once par tonne. La teneur du minerai semblait décroître avec l'approfondissement de la mine :

1934	0.7	onces/tonne
1937	0.35	
1941	0.22	
1944	0.17	

Les travaux miniers totalisèrent 40 575 pieds de galeries et de recoupes, 5236 pieds de monterie, sur 12 niveaux. Le minerai était traité par amalgamation (150 tonnes par jour dès 1935), avec un rendement de 85 %. L'ajout d'une cyanuration permit de monter le taux de récupération à 98 %.

La fermeture de la mine en 1944 serait due au manque de minerai économique et à des difficultés mécaniques. Le matériel fut alors vendu.

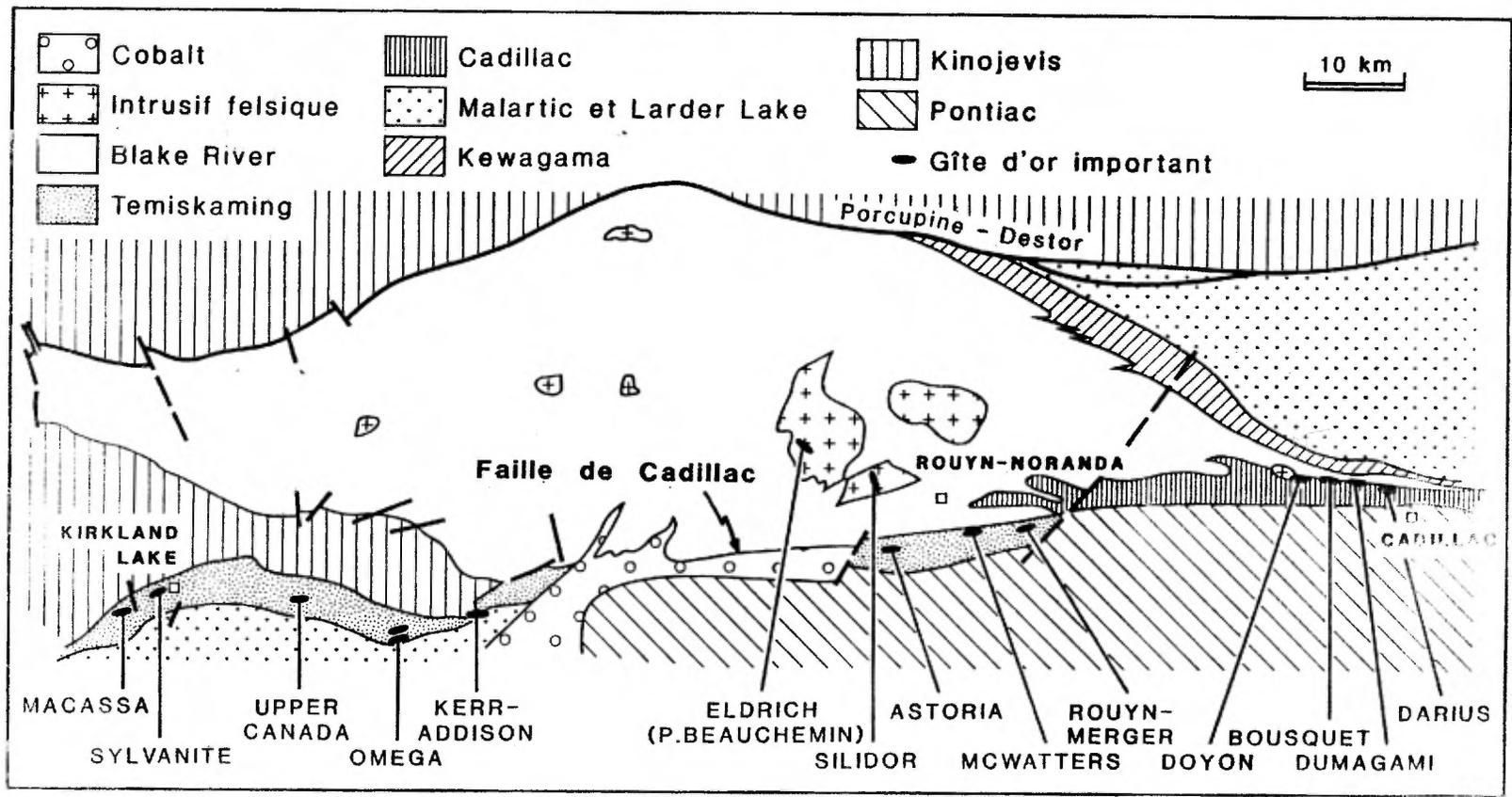


Figure 2

Principales unités lithologiques et minéralisations aurifères le long de la faille Cadillac dans la région de Larder-Lake - Rouyn-Noranda.

22. Reprises sporadiques : 1955, 1973, 1978-81

La compagnie McWatters Gold Mines Ltd reprit un petit programme d'exploration en 1951. 17 forages furent réalisés à 700 mètres au Nord-Est du puits. Une nouvelle zone minéralisée fut ainsi découverte par 11 trous à 400' de profondeur ; bien que de l'or visible fut rencontré, les teneurs étaient trop faibles (0.05 à 0.25 once/t) pour justifier une reprise compte tenu des cours de l'or de l'époque.

La libéralisation des cours conduisit Currie Rose Gold Mining Ltd à optionner la propriété en 1973. Cette compagnie dénoya le niveau -400' ; elle réalisa en outre 4 forages, afin de rechercher la poursuite de la zone 702. Aucun forage ne rencontra de minéralisations justifiant une reprise.

La SOQUEM obtint les droits miniers en 1978 et réalisa un programme extensif en 1979 et 1980 : cartographie, tranchées, géochimie et géophysique. 12 forages furent implantés en 1981 pour tester des anomalies géophysique, mais ne rencontrèrent pas de résultat encourageant.

23. McAdam Ressources (1986-90)

La compagnie McAdam Ressource acquit la propriété en 1986, dans le cadre d'un partenariat avec Tashota Nipigan et Quinteko Ressources Ltd. Le puits fut dénoyé jusqu'au niveau 460' et un vaste programme de forage fut développé de part et d'autre de la faille Cadillac. On peut estimer le nombre de forages à 242, totalisant 135 743 pieds.

La vérification d'une anomalie magnétique par forage permit la découverte des zones JK, dans les andésites au mur de la faille Cadillac. Une autre zone (L) fut mise également en évidence au toit de la faille. Un nouveau chevalement fut construit sur le puits de 1934 et permis de développer des galeries à -120 m (-400') pour échantillonner ces nouvelles zones.

Les réserves actuelles sont estimées à 548 061 tonnes à 0.171 once/t probable et 362 808 tonnes à 0.22 possible. L'ensemble des réserves serait donc de l'ordre de 911 000 tonnes à 0.19 once/t, soit 5,383 t Au. Ces calculs incluent une dilution de 15 %

L'ensemble production et réserves correspond donc à 8.9 tonnes Au.

24. Les travaux académiques

La première carte géologique fut réalisée en 1911 par J.A. Bancroft du Service des Mines du Québec et M.E. Wilson de la Commission Géologique du Canada. Une deuxième reconnaissance géologique fut conduite par Cooke, James et Mawdsley en 1924.

Hawley (1934) effectua la première étude sur le gisement. Il dessine de remarquable structures C-S sur sa coupe (figure 3), indiquant plusieurs types de mouvement. Il interprète la minéralisation comme un remplacement dans les conglomérats au contact avec des tufs et souligne d'une part, la présence de pli d'entraînement contrôlant la minéralisation et, d'autre part, l'absence d'intrusif au voisinage immédiat (Hawley, 1942)

Bien qu'il n'ont pas accès aux travaux miniers, Dresser et Denis (1951) précisent ces observations et mettent en évidence la faille McWatters (ou du Lac Bouzan).

Lors d'une cartographie des cantons de Rouyn-Beauchastel, Wilson (1962) publie également une synthèse détaillé du gisement McWatters et le situe dans son contexte régional. Il s'agit de la meilleur description actuellement disponible.

Normand Goulet (1978) met en évidence une tectonique polyphasée à l'échelle régionale et définit la formation sédimentaire de La Bruère au Nord, en discordance sur le groupe de Blake River. Il la parallélise avec le groupe de Granada au Sud. Il soutient une continuité entre les formations du Nord et du Sud. Michel Rocheleau (1981) réalise une étude sédimentologique des formations sédimentaires et propose un contexte de cône fluviatile pour la formation La Bruère.

Nicole Gauthier (1986,1990) a réalisé les travaux les plus récents ; son étude porte sur les gisements d'or localisés le long de la faille Cadillac, principalement dans les zones de Rouyn-Merger à l'Est et d'Astoria à l'Ouest.

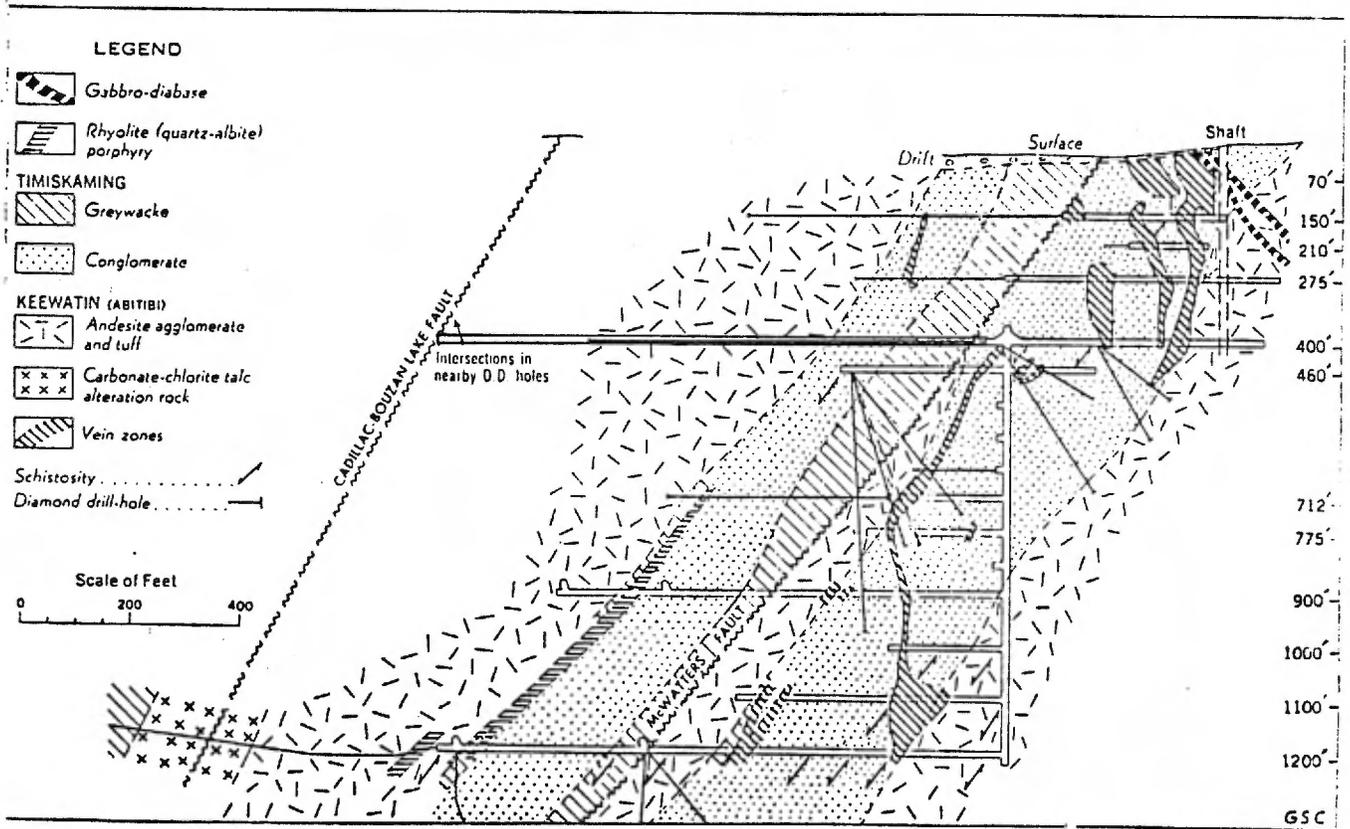
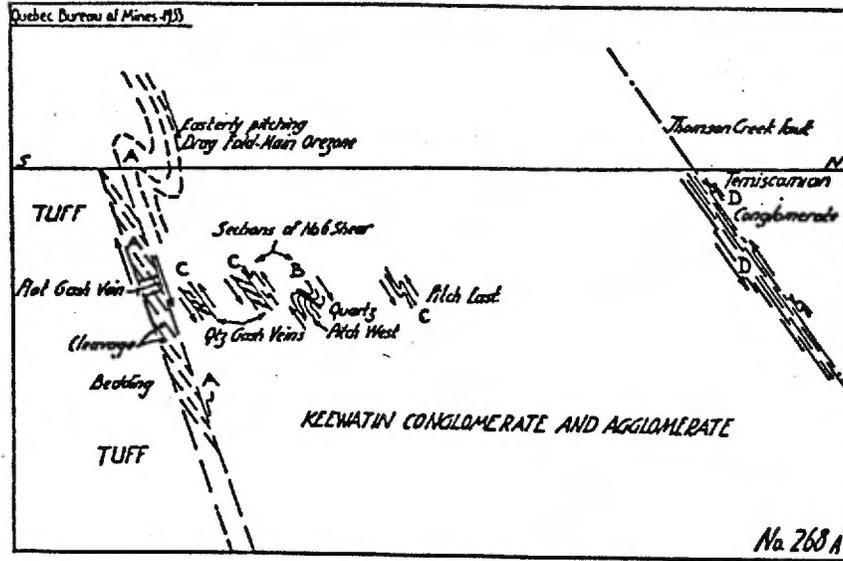


Figure 3

Coups historiques de Hawley (1934) et de Wilson (1962)

3. CADRE GEOLOGIQUE

31. Contexte géotectonique

Le secteur de McWatters est situé sur l'accident Cadillac-Larder Lake - Kirkland Lake. Cet accident constitue la limite sud de la zone de l'Abitibi et contrôle sur plus de 200 km un grand nombre de gisements d'or d'importance considérable. Cependant, son évolution tectonique reste en effet relativement mal comprise et a fait l'objet d'interprétations contradictoires.

Tandis que Dimroth et al. (1983) considèrent que la faille Cadillac constituait initialement la bordure d'un bassin sédimentaire situé plus au Sud, Hubert et al. (1984) proposent un jeu sénestre, puis inverse. Hodgson et Hamilton (1989), Card et al. (1989) et Thurston et Chivers.(1990) suggèrent que les sédiments du Témiscaming marquent un système en transtension ; cette hypothèse est renforcée par les observations de F. Robert (1989) dans le secteur de Val d'or.

32. Séries volcaniques

Plusieurs groupes volcaniques à composition andésitique ou basaltique ont été définis antérieurement au Nord et au Sud de la zone de McWatters :

- le Groupe de **Malartic** est composé de basaltes et de gabbros, surmontant des komatiites qui sont reconnues entre Val d'Or et Bousquet ; il serait très ancien, peut-être équivalent du Kewagama ; il est souvent recoupé par des intrusions synvolcaniques dioritique à tonalitique.

- le Groupe de **Piché** (Latulippe, 1966 ; Gorman, 1986) comprend des sédiments et des volcanites ; dans la région de Bousquet, il est composé à la base de coulées basaltiques et andésitiques, de conglomérats et enfin d'andésite. Plus à l'Est, il présente un caractère plus ultramafique. Il pourrait être équivalent du Blake River (2.7) ou du Malartic (plus vieux) ; il est calco-alcalin à Bousquet. Dans la région de Val d'Or, ce Groupe se poursuit le long de la faille Cadillac et pourrait passer en continuité au Groupe de Villebon défini plus à l'Est (Marquis et Goulet, 1988 ; Robert, 1989)

- le Groupe de **Blake River** comprend une séquence volcanique alternant des roches mafiques et des rhyolites ; il contient un grand nombre de minéralisations de type amas sulfurés.

- les volcanites du Groupe de **Pontiac** sont situées à sa base, et présentent des compositions de tholéiites et de komatiites.

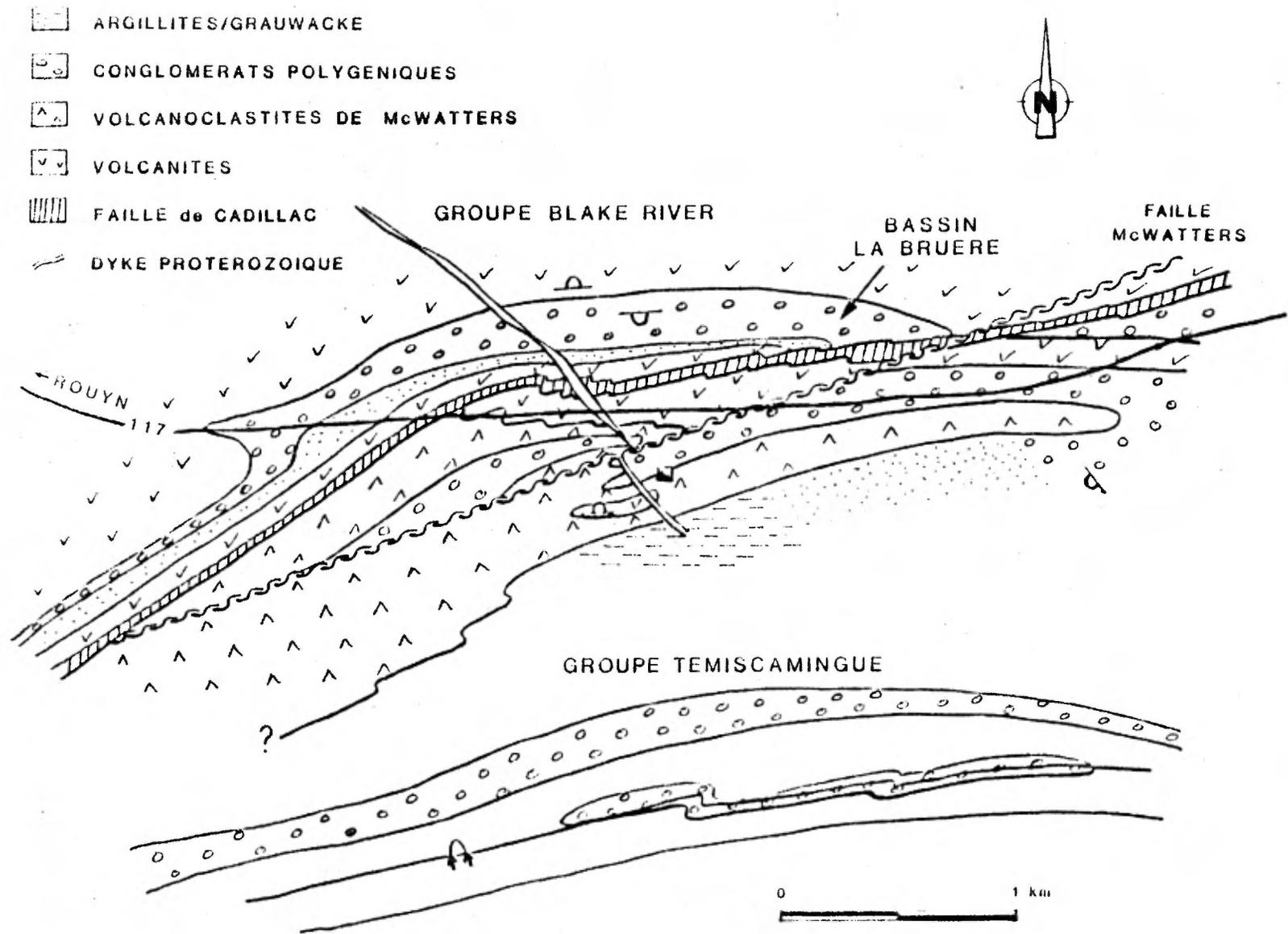


Figure 4

Position des grandes unités lithologiques dans la région de McWatters

33. Séries sédimentaires

Plusieurs groupes à dominante détritique ont été définis à ce jour :

- le groupe de **Kewagama** est composé de roches détritiques; il pourrait être intercalé stratigraphiquement ou tectoniquement dans le Blake River ; il est souvent considéré comme plus vieux que le Blake River, mais le contact a également été interprété comme une discordance replissée ;

- le groupe de **Pontiac** présente un caractère turbiditique ; il comprend le terrain de Bellecombe qui contient des zircons d'âge ancien indiquant la présence d'une source cratonique (Gariépy et al., 1984) ;

- le groupe de **Cadillac** est un groupe détritique contenant une formation de fer ; il pourrait être intercalé stratigraphiquement ou tectoniquement dans le Blake River ; mais Stone (1990) le rapproche du Kewagama ;

- la formation de **La Bruère** est composée d'un conglomérat polygénique discordant sur les laves du Blake River. Située au Nord de la faille de Cadillac, elle forme un synclinal synforme plongeant faiblement vers le Sud.

- Le groupe de **Temiskaming**, situé au Sud de la faille de Cadillac, est constitué essentiellement d'unités conglomératiques polygéniques et pourrait être l'équivalent de la formation de la Bruère. En Ontario, Hodgson et Hamilton (1989) distinguent deux assemblages de roches sédimentaires le long de la faille de Cadillac : le premier est concordant et contient des turbidites grauwakeuses de provenance locale (Lajoie et Ludden, 1984) ; le second est discordant et à dominante fluviatile, avec des conglomérats polymictes et peu de turbidites (Hydes, 1980). Il comprend un volcanisme trachytique alcalin pénécontemporain et se serait mis en place au cours d'une tectonique compressive.

34. Cadre géologique

Le gisement de McWatters appartient au district de Rouyn-Noranda (figure 2). Si on limite la description du cadre géologique aux seuls gisements d'or, on peut distinguer trois grandes familles de gisements :

- des gisements à or et sulfures disséminés, de type Bousquet-Doyon ;
- les gisements de type veine de quartz, à or seul sur des structures ductile-cassante de type Silidor ;
- les veines de quartz à tourmaline et or orientées E-W encaissées dans les volcanites et les sédiments dans la zone de faille de Cadillac.

Le district de Doyon, Bousquet et Dumagami est un des plus gros district aurifère de l'Abitibi. En 1988, le contenu total était estimé à 14.2 Mt a 3.87 g/t Au. Les zones minéralisées présentent des puissances importantes pouvant atteindre 20 m, avec de la pyrite disséminée (4-15 %). L'or est encaissé par les volcanites surtout acides, mais aussi basiques du Groupe de Blake River très déformées au Sud. Ce type de gisement avait reçu une interprétation exhalative il y a quelques années (Vaillant et Hutchinson, 1982). Tourigny et al., (1989) ont montré qu'il correspondrait à une remobilisation polyphasée d'une minéralisation exhalative, l'or étant surtout concentré lors de la deuxième déformation. Ce modèle rejoint celui des "shear-zone" précoces de Bonnemaïson et Marcoux (1987).

Les gisements de type Silidor sont des zones de cisaillement ductile à cassant, encaissées dans des tonalites-trondhjémities anté-tectoniques (Jébrak, 1989). Elles appartiennent au type "veine de quartz" de Robert et al. (1989) ou aux zones de cisaillement de stade intermédiaire (Bonnemaïson et Marcoux, 1987). Les minéralisations sont portées par des failles NNW-SSE à NW-SE à jeu dextre et inverse. L'altération est marquée par une forte hématisation et une auréole de métasomatisme intense.

4. GEOLOGIE DU GISEMENT

Le gisement de McWatters occupe un ensemble de volcanites et de sédiments bordant la zone de la faille de Cadillac, immédiatement à l'Est de Rouyn-Noranda (figures 2 et 4).

L'ensemble volcanique a reçu jusqu'ici plusieurs interprétations. Nos travaux montrent que l'on peut distinguer deux assemblages lithologiques parmi les volcanites : d'une part, des basaltes tholéitiques, d'autre part des andésites et des volcanoclastites de composition calco-alkaline. Bien que l'ensemble des roches ait été métamorphisé au faciès des schistes verts, nous omettrons le préfixe méta pour alléger le texte.

Les séquences sédimentaires sont de nature clastique et sont composées en majeure partie de conglomérats polymictes interdigités de grès et d'argillites. Ces unités ont un pendage généralement abrupt et sont séparés par des discontinuités stratigraphiques et tectoniques. Une série de failles tardives à fort pendage recoupent l'ensemble de ces unités.

Wilson (1962) et Goulet (1978) rattachent les sédiments au groupe de Temiskaming et les volcanites au groupe de Blake River ou à la base du groupe de Pontiac. Le dernier auteur suggère une géométrie complexe en synformes et antiformes serrés, produits par une tectonique polyphasée conduisant à des patrons d'interférence. Gauthier et al. (1989), regroupent ces roches sous le terme de complexe structural de Cadillac (CSC), sans reconnaître de continuité avec les séquences géologiques avoisinantes.

41. Les volcanites

Les volcanites de McWatters s'étendent sur une distance d'environ 5 km entre la municipalité de McWatters à l'Ouest et la rivière Kinojévis à l'Est. Elles sont limitées au Nord par la faille de Cadillac et au Sud par les sédiments de Temiskaming; leur puissance est d'environ 250 mètres (Wilson, 1962) (figures 4 et 5). Récemment, une autre séquence volcanique basique a été identifiée au toit de la faille de Cadillac, dans les sédiments de La Bruère (Zadeh, Morin, travaux en cours).

Les volcanites de McWatters sont constituées de basaltes, de gabbros, d'andésites, de tufs et de brèches épicrostiques andésitiques. Elles alternent avec des conglomérats et des grauwackes et sont recoupées par des dykes mafiques ou intermédiaires. Il est difficile d'établir les relations chronologiques qui existe entre les diverses unités en raison des contacts faillés qui les séparent généralement.

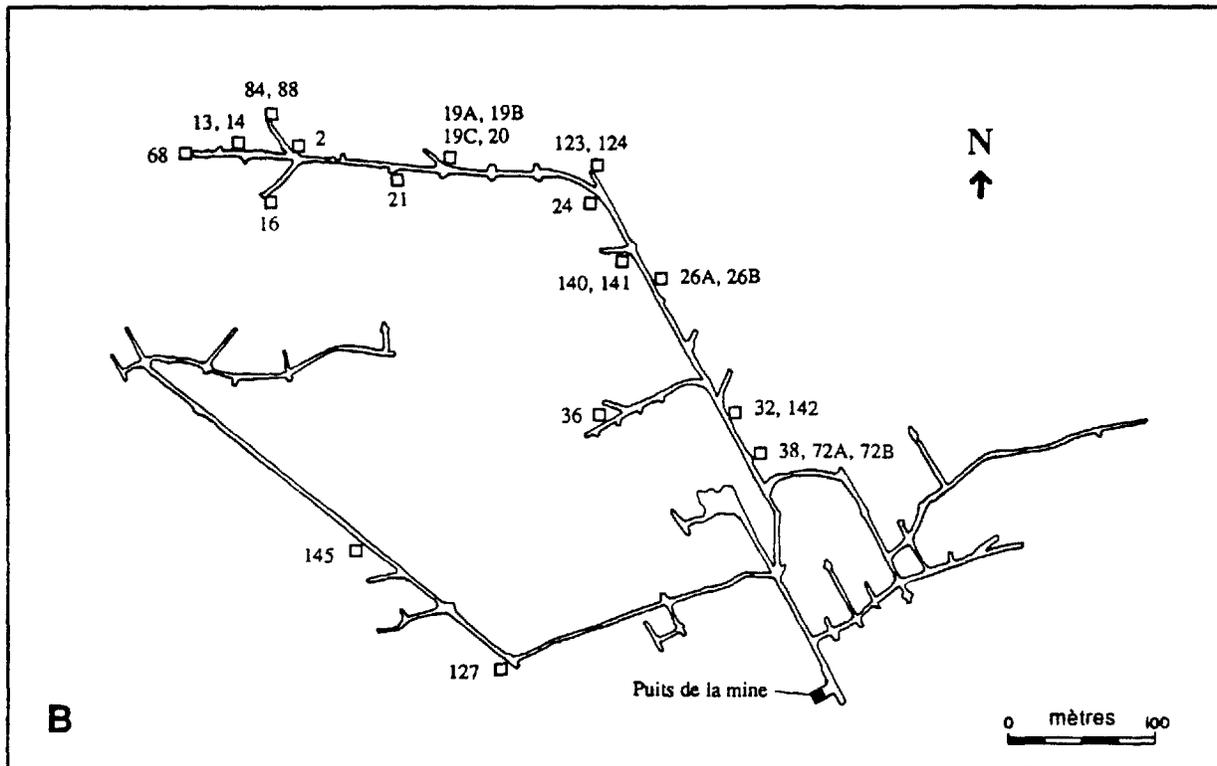
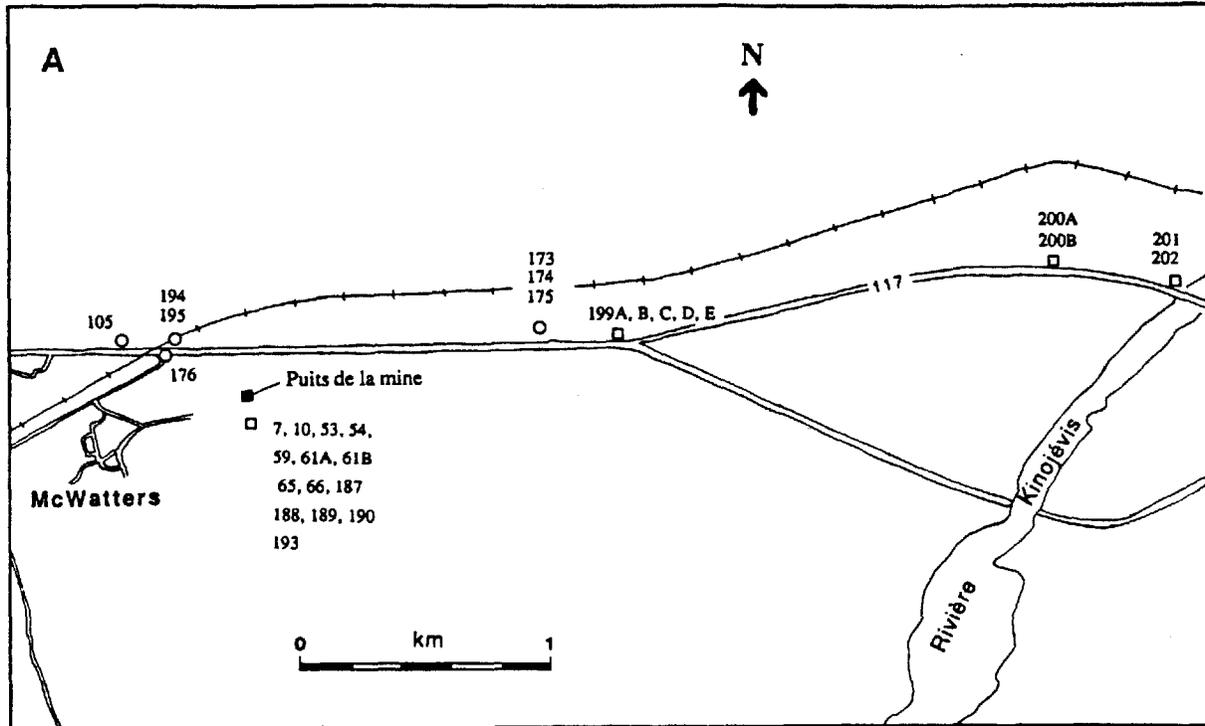


Figure 5: Localisation des échantillons ayant servi à l'analyse géochimique. A- échantillons de surface; les carrés ouverts indiquent la localisation des échantillons provenant d'un affleurement; les cercles ouverts indiquent la localisation des échantillons provenant d'un forage (projection en surface selon l'attitude des contacts entre unités). B- plan du niveau -120 mètres de la mine McWatters montrant la localisation des échantillons (carrés ouverts). Les résultats d'analyses géochimiques sont fournis à l'annexe 1.

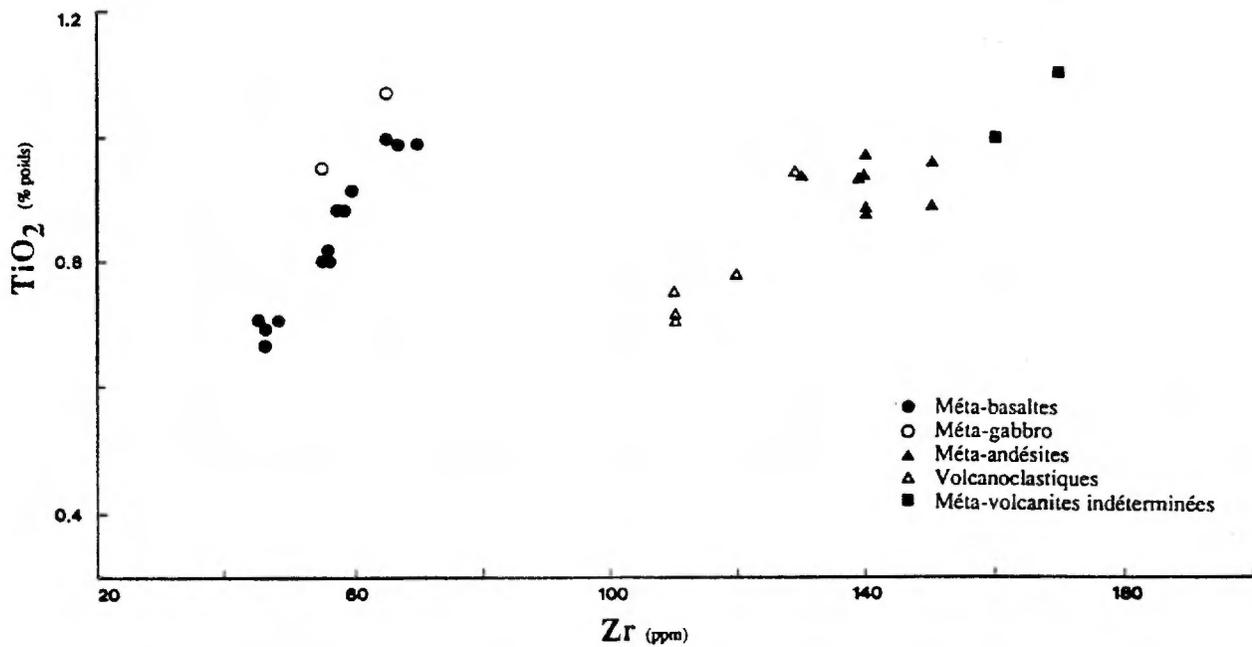
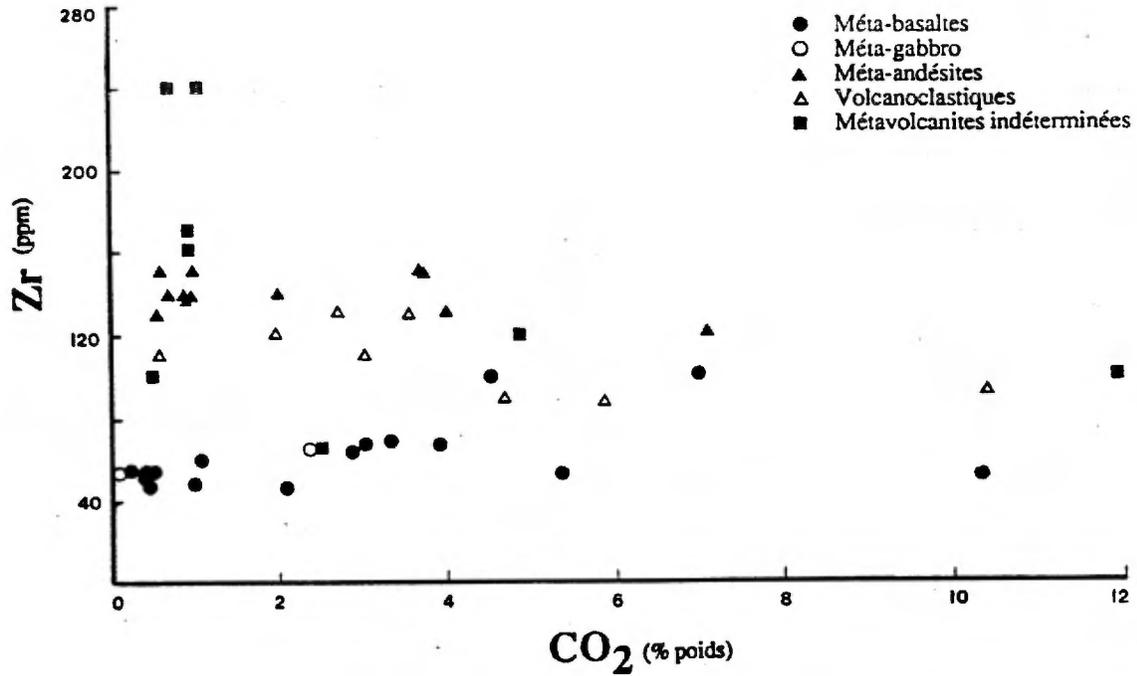
411. Méthodologie et altérations

Les teneurs en éléments majeurs, mineurs et traces ont été déterminées par spectrométrie de rayons X au Service de la géochimie et de la géophysique du Centre de Recherche Minérale de Québec. Des analyses par activation neutronique pour déterminer les contenus en éléments de terres rares sont en cours.

L'ensemble des volcanites de McWatters est altéré à divers degrés. Pour l'étude géochimique des unités effusives mafiques et intermédiaires, nous n'avons conservé que les roches les moins altérées qui possèdent de l'actinote modale et qui sont exemptes ou très pauvres en corindon normatif. Les analyses dont la perte au feu dépasse 5% sont ainsi éliminées (voir annexe). Les pourcentages poids des éléments majeurs et mineurs sont ensuite normalisées sans volatils.

Il n'existe pas d'éléments totalement immobiles dans la lithosphère : de nombreux auteurs (Hynes, 1981; Lemière et al., 1987, Leroy et Turpin, 1988) ont montré que des éléments traces comme Ti, Nb, Y, Zr, généralement considérés immobiles lors des processus d'altération, pouvaient être mobilisés lors de la carbonatation. Toutefois, la constance des valeurs de Ti, Y et Zr (figure 6) par rapport au contenu en CO₂ nous porte à croire que ces éléments sont demeurés relativement immobiles lors de l'altération, surtout si l'on ne considère que les échantillons pauvres en volatils.

Plusieurs auteurs (McLean et Kranidiotis, 1987; Gélinas et al., 1982, 1983; Ludden et al., 1982; Smith, 1980) ont montré qu'il était possible, malgré l'altération, de tirer des conclusions sur l'affinité et l'origine des roches volcaniques archéennes du Groupe de Blake River par l'étude de leur contenu en éléments majeurs, mineurs et traces.



412. Basaltes et gabbro

Nous réunissons ici les basaltes longeant la faille de Cadillac et le gabbro situé plus à l'Est.

Les basaltes sont limités au Nord par la faille de Cadillac et au Sud par une unité volcanoclastique en contact faillé. Cette unité affleure très peu et nos échantillons proviennent d'une coupe le long de la route 117 à l'Est de McWatters, du niveau -120 m de la mine McAdam, et de carottes de forages (figure 5)

La roche est vert foncé, massive et à granulométrie fine. Aucune structure primaire comme des limites entre coulées, des coussins ou des niveaux bréchiques n'a pu être identifiée. L'examen microscopique (planche photographique 2) révèle un assemblage minéralogique à actinote, albite, chlorite, épidote, quartz, leucoxène, carbonate, avec magnétite, pyrite, chalcopryrite, tourmaline accessoires : cette association minéralogique correspond à l'assemblage de type I décrit par Gélinas et al. (1982).

Bien qu'il s'agisse de minéraux secondaires, produits de l'altération et du métamorphisme, il est encore possible d'observer certains caractères primaires comme des phénocristaux dont la taille et la quantité varient d'un échantillon à l'autre. L'actinote remplace probablement un pyroxène et s'altère en chlorite et carbonate. L'albite remplace probablement un plagioclase et est généralement peu altérée en chlorite, épidote, carbonate et quartz. Le leucoxène remplace une phase à Fe-Ti (ilménite ou magnétite). La matrice montre des degrés d'altération et de recristallisation variables. Elle est surtout composée de quartz, d'albite, de chlorite et d'épidote avec des quantités variables de calcite. Le quartz et l'albite de la matrice montrent parfois des intercroissances qui rappellent des textures myrmékitiques. La pyrite est présente en cristaux hypidiomorphes sub-millimétriques disséminés dans la roche. Elle est par endroits déstabilisée par la magnétite.

La schistosité est plus ou moins développée et se manifeste surtout par l'orientation préférentielle des phyllosilicates. Les cristaux d'actinote, parfois courbés, pourraient avoir subi une réorientation tectonique dans le plan de schistosité régionale. Dans les échantillons plus déformés, celle-ci recoupe une schistosité antérieure presque coplanaire (S1) et est crénelée par une schistosité peu développée (S3). L'actinote disparaît dans les basaltes les plus altérés; l'assemblage est alors à quartz, chlorite, carbonate, albite ± épidote, ilménite, leucoxène, tourmaline, pyrite et correspond au type II de Gélinas et al. (1982). Seuls les échantillons du type I, correspondant aux roches les moins altérées, ont été retenus pour l'analyse géochimique. De nombreuses veines et veinules d'épidote + carbonate + quartz, d'albite + quartz + carbonates ± hématite, de carbonate + pyrite, de carbonate ou de quartz recourent ces basaltes.

Le gabbro affleure à l'Est de la zone étudiée, le long de la route 117, près de la rivière Kinojévis. Il s'agit d'une épaisse coulée ou d'un sill que l'on retrouve sur les flancs d'une structure anticlinale dont le coeur est occupé par une diorite quartzifère (Gauthier, 1986; Gauthier

L'assemblage minéralogique est le même que pour le basalte, mais avec une granulométrie plus grossière. Les phénocristaux de pyroxènes (≈ 2 mm) constituent jusqu'à 60% de la roche. Ils ont conservés leurs contours idiomorphes bien qu'ils soient totalement remplacés par de l'actinote, elle-même plus ou moins altérée en une deuxième génération d'actinote, en chlorite et en carbonate. La matrice assez grossière est formée d'albite, altérée en épidote et chlorite, de chlorite, de quartz avec des traces de pyrite et de chalcoppyrite. Des cristaux (≈ 2 mm) de titano-magnétite (ou d'ilménite ?) sont remplacés par le leucoxène qui semblent conserver la texture squelettique primaire.

L'ensemble des basaltes et le gabbro paraît former une unité géochimique assez homogène (figures 7, 8, 9, 10). Ces roches présentent un contenu en SiO_2 variant de 48 à 52% et contiennent de l'olivine ou du quartz normatifs. La composition basaltique est confirmée par le faible rapport Zr/TiO_2 (figure 9).

Ces roches sont d'affinité tholéitiques comme le montre leur position dans le diagramme AFM (figure 8); elles se placent dans le champ des tholéites continentales et océaniques sur le diagramme $\text{Nb/Y} - \text{Zr/P}_2\text{O}_5$ (Floyd et Winchester, 1975). Leurs rapports Zr/Y de $\approx 2,7$ et Ti/Zr de ≈ 80 (Gélinas et al., 1983) confirment leur caractère tholéitique (figure 10).

Les variations sensibles dans le contenu en éléments traces et majeurs des différentes roches de cette unité, couplées aux variations granulométriques observées en lames minces, suggèrent la présence de plusieurs sous-unités bien que celles-ci n'aient pu être différenciées sur le terrain.

413. Les andésites

Cette unité affleure bien au Sud du chevalement de la mine. Elle apparaît sur trois zones d'affleurements, séparées par des volcanoclastites. Ces andésites sont vert pâle en surface altérée, vert foncé en cassure fraîche et se présente sous forme massive, bréchifiée ou coussinée (planche photographique 1). Les coussins les moins déformés indiquent une polarité vers le Nord. Ils sont fréquemment soulignés par une bordure silicifiée ou tourmalinisée. Des fragments arrondis (et étirés), plus riches en chlorite, sont parfois présents dans la lave, de même que des amygdules millimétriques comblées de quartz et de calcite. On retrouve un peu partout des cristaux de tourmaline disséminés ou en veinules stylolitiques. Des veines de quartz, carbonate, épidote, tourmaline avec parfois de l'axinite sont également présentes.

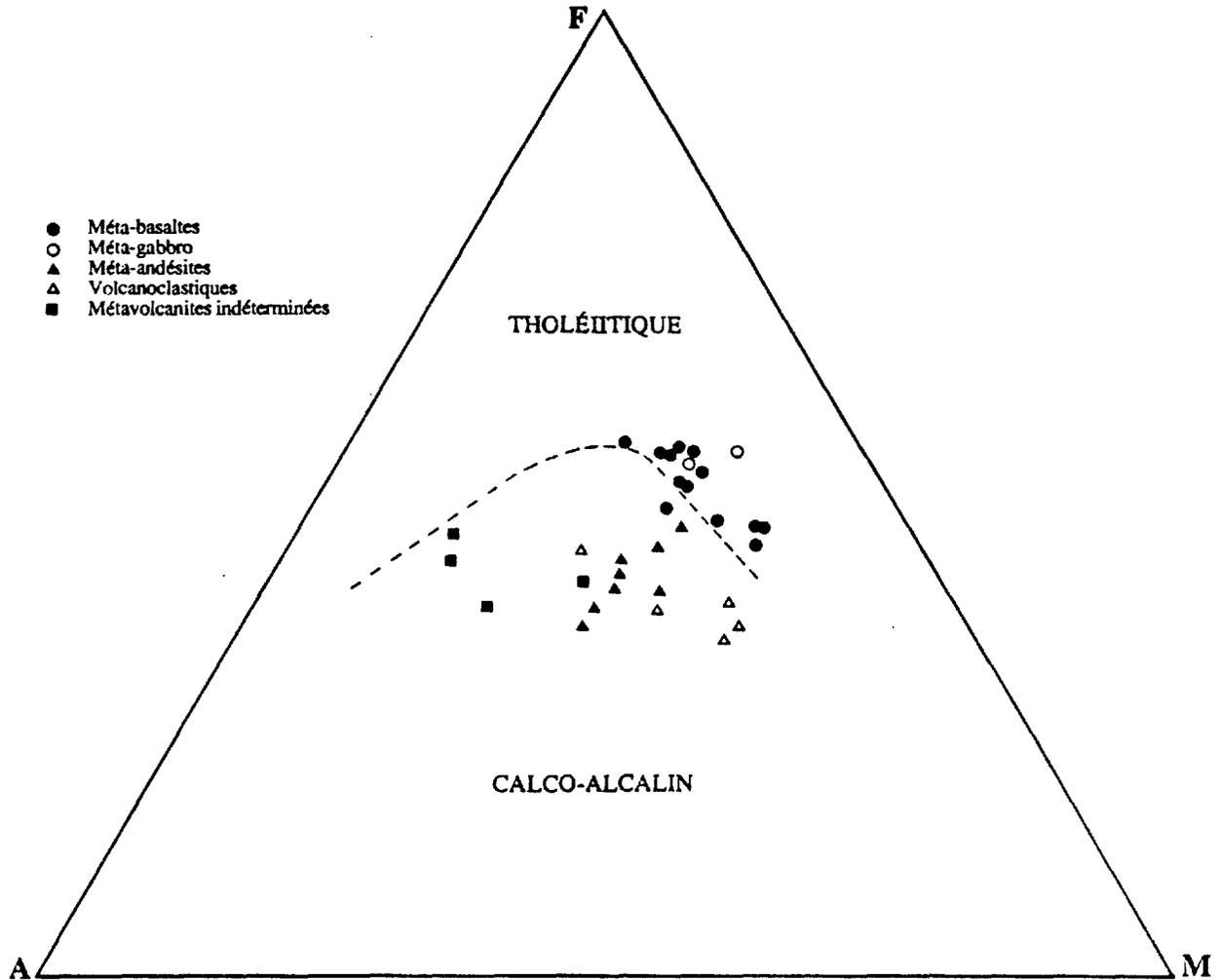


Figure 8: Diagramme AFM des méta-volcanites de McWatters. A = $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$; F = FeO^* ; M = MgO ; pourcentages poids normalisés sans volatils. La limite entre les champs tholéitique et calco-alcalin est tirée de Irvine et Baragar, 1971.

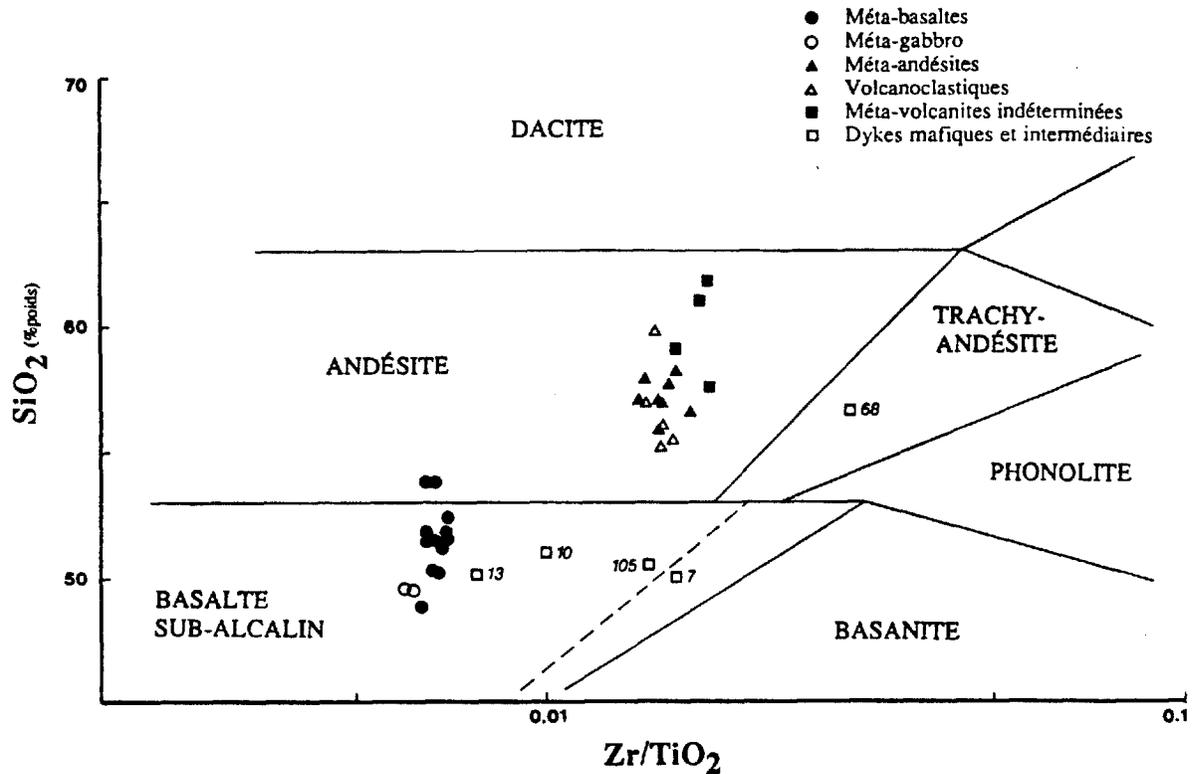


Figure 9: Diagramme SiO_2 - Zr/TiO_2 des méta-volcanites de McWatters et des roches intrusives: MW 7: dyke potassique; MW 10: dyke porphyrique mafique protérozoïque; MW 13: dyke mafique protérozoïque; MW 68: porphyre feldspathique; MW 105: lamprophyre. SiO_2 en pourcentage poids normalisé sans volatils. D'après Winchester et Floyd, 1977.

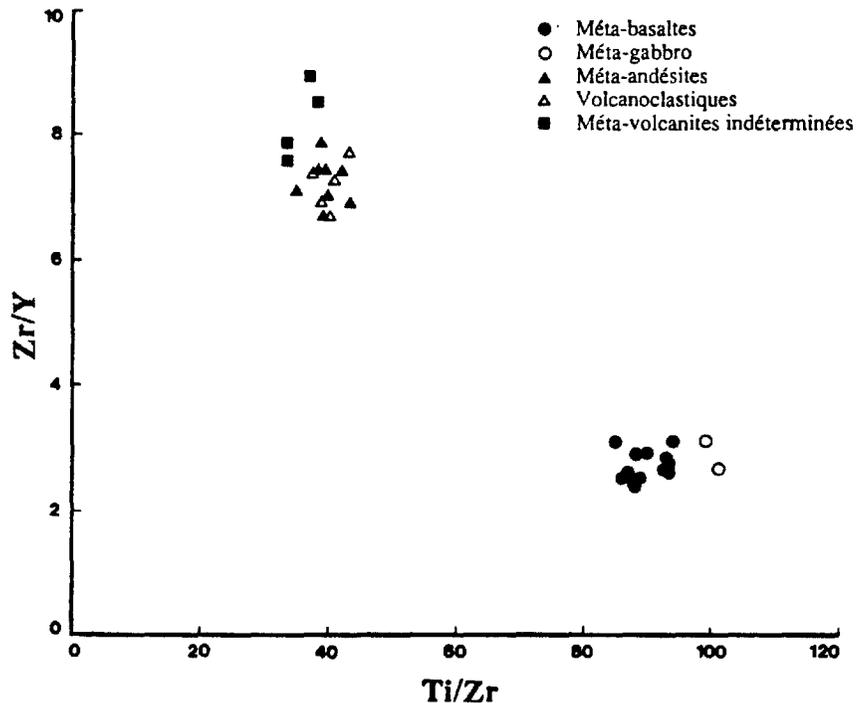


Figure 10: Diagramme Zr/Y - Ti/Zr des méta-volcanites de McWatters montrant la nette distinction entre les méta-basaltes d'affinité tholéiitique d'une part et les méta-andésites et volcano-clastiques d'affinité calco-alkalines d'autre part. D'après Gélinas et al., 1983.

L'étude en lames minces montre qu'il s'agit de laves microporphyriques à albite, chlorite, épidote, quartz, biotite, carbonate, \pm actinote, leucoxène, rutile, tourmaline, pyrite, chalcopyrite, hématite (planche photographique 2).

Les microphénocristaux, généralement de dimensions sub-millimétriques, sont formés d'actinote (remplaçant probablement un pyroxène ou une amphibole) et d'albite, (remplaçant un plagioclase) en proportions très variables. Ils sont altérés en épidote, biotite, chlorite et carbonate. La matrice fine, est surtout constituée de quartz, d'épidote, de chlorite et de biotite. La biotite verdâtre est partiellement remplacée par de la chlorite. Deux schistosités sont soulignées par l'alignement des phyllosilicates et par la réorientation tectonique des lattes d'albite. Des cristaux peu allongés montrent des signes de rotation qui suggèrent une composante cisailante dans le plan de la schistosité régionale.

Sur le plan géochimique, ces roches sont à quartz normatif et leur composition andésitique ($\text{SiO}_2 = 55$ à 61%) est confirmée par des rapports Zr/TiO_2 sensiblement plus élevés que pour les basaltes (figure 9). Ces andésites sont d'affinité calco-alcaline comme le montre leur position sur le diagramme AFM (figure 8) et leurs rapports Zr/Y de $\approx 7,4$ et Ti/Zr de ≈ 38 (Gélinas et al., 1983). Aucune différence géochimique significative n'apparaît entre les faciès massif, bréchifié et coussiné des andésites. Sur le diagramme de la figure 7, on peut noter que les analyses des volcanoclastites sont les plus pauvres en TiO_2 et en Zr. Ceci peut être le résultat d'une plus grande dilution lors de l'altération reliée à la porosité élevée de ces roches. Les rapports des éléments traces demeurent toutefois inchangés (figure 10).

414. Les volcanoclastites

Il s'agit de tufs à lapilli et blocs et de brèches épiciastiques (Fisher et Schmincke, 1984; Schmid, 1981). Ces deux types de dépôts sont généralement associés et il est parfois difficile de les distinguer ou de déterminer un contact entre les deux. Le tuf à lapilli contient environ 25% de pyroclastes arrondis à sub-anguleux, plus pâles que la matrice tufacée. Ces fragments ne sont visibles que sur les surfaces altérées. Le tuf à lapilli recouvre l'andésite et le contact entre les deux unités semble concordant.

La brèche épiciastique contient environ 60% de clastes de dimension millimétrique à décimétrique. Les clastes sont arrondis à sub-anguleux et baignent dans une matrice fine vert pâle. Ils sont parfois jointifs. Au moins trois types de clastes différents, tous d'origine volcanique, sont visibles et se distinguent surtout par des degrés variables de chloritisation et de silicification.

L'association spatiale des tufs à lapilli et des brèches, le caractère polygénique de cette dernière, la présence de tuf laminé entre certains horizons, de même que l'arrondi varié de ses clastes, suggèrent que celle-ci provient de l'accumulation, resédimentée par des processus sédimentaires, de fragments pyroclastiques ou épiciastiques à faible distance d'un centre

volcanique en milieu sub-aquatique.

415. Les volcanites du Blake river

Les volcanites du Blake River observées au Nord de la propriété McAdam montrent des faciès massifs, bréchifiés, ou coussinés. Elles sont par endroits porphyriques, amygdulaires ou variolaires. Leur granulométrie est généralement très fine et elles paraissent fréquemment silicifiées. Il s'agit généralement de basaltes et d'andésites d'affinité tholéitique ou calco-alcaline

L'examen microscopique montre des textures figées où la forme des microlites primaires est préservée malgré le remplacement par des minéraux secondaires. L'assemblage minéralogique dans des basaltes comprend actinote, chlorite, clinozoisite, quartz, carbonate \pm albite (?), leucoxène, pyrite et chalcopryrite. La différence la plus frappante avec les volcanites de McWatters est sans doute l'absence de déformation apparente dans les roches du Blake River que nous avons examinées.

Des études pétrographiques et géochimiques sont en cours dans le but d'établir la relation qui existe entre les volcanites de McWatters de celles de Blake River et de Pontiac.

42. Les Intrusions mafiques et intermédiaires

Quatre types d'intrusifs apparaissent dans le secteur de McWatters : un dyke potassique, des lamprophyres, des roches intermédiaires et des dykes mafiques porphyriques.

421. Dyke potassique

Ce dyke apparaît au Sud du chevalement ; il est orienté Est-Ouest et présente une épaisseur d'environ 20 cm ; il recoupe les andésites et les volcanoclastiques de McWatters. Il est toutefois précoce puisqu'il semble affecté par les mêmes déformations et altérations que les unités qu'il recoupe. Il est par endroits sectionné et plissé. L'examen microscopique montre un assemblage minéralogique secondaire à quartz, épidote, actinote, biotite, tourmaline, carbonate avec des traces de leucoxène de pyrite et de chalcopryrite. La biotite, très abondante, est verdâtre et partiellement remplacée par de l'actinote.

Ce dyke mafique (50% SiO₂) à olivine normative ne paraît pas avoir d'affinité avec les unités encaissantes. Il se place en position intermédiaire entre les champs alcalin et sub-alcalin sur le diagramme Na₂O + K₂O - SiO₂ (Irvine et Baragar, 1971) et dans le champ des basaltes alcalin du diagramme Zr/TiO₂ - SiO₂ (figure 9). Il possède des valeurs relativement faibles en Nb, Y et Zr et se distingue surtout par des valeurs relativement élevées en K₂O et K₂O > Na₂O.

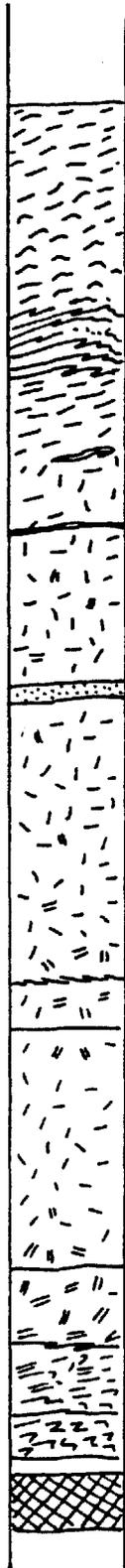
422. Lamprophyre

Les lamprophyres sont connus par forage dans la faille Cadillac. Ces dykes présentent des puissances de l'ordre de la dizaine de mètres ; mais ces épaisseurs ne sont pas primaires du fait des cisaillements qui les affecte.

Nous avons étudié plus spécialement un dyke d' une épaisseur d'environ 3 mètres. Il est gris moyen, à granulométrie fine et montre des phénocristaux millimétriques de biotite sans orientation préférentielle. Il s'agit donc de minette. On observe des variations dans le pourcentage de phénocristaux de biotite. Les dykes sont parfois entourés par une mince auréole de fénitisation. Ils sont recoupés par de petites veines de quartz gris blanc accompagnés d'une silicification diffuse, de chlorites et de pyrites automorphes millimétriques (figure 11).

Les contacts des lamprophyres sont cisailés pour la plupart : la répartition asymétrique des zones à phénocristaux de biotite abondants suggère que ces cisaillements sont responsable des variations de puissance apparente des dykes.

Ce lamprophyre mafique (50,6% SiO_2) se place nettement dans le champ alcalin du diagramme $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (Irvine et Baragar, 1971) et près du champ des basaltes alcalins du diagramme $\text{Zr}/\text{TiO}_2 - \text{SiO}_2$ (figure 9). Le calcul de la norme indique la présence d'olivine et de néphéline normatives. Les valeurs en Na_2O , K_2O , TiO_2 , Rb, Th, U sont relativement élevées (voir annexe 1). La quantité importante de CO_2 est probablement en bonne partie d'origine primaire.



Talc-carbonates avec lentilles de quartz replissées.

Zone de cisaillement, fragments de lamprophyre, structures C-S.

Lamprophyre.

Quartz avec pyrite automorphe.

Lamprophyre riche en biotite et pyrite.

Veine à quartz et chlorite.

Lamprophyre riche en biotite.

Contact schistosé.

Zone schistosée et chloriteuse.

Zone argileuse.

Zone de cataclase.

Figure 11: Schéma d'une carotte du forage 87-86 montrant un dyke lamprophyrique en contact cisailé avec l'encaissant.

423. Porphyre feldspathique

Cette syénite porphyrique de quelques mètres d'épaisseur recoupe les basaltes et est parallèle à la faille de Cadillac sur une certaine distance. Elle contient des phénocristaux automorphes de feldspaths dans une matrice généralement recristallisée à quartz, feldspaths, carbonates (parfois automorphes), chlorite, apatite ± épidote, tourmaline, séricite, hématite et pyrite (jusqu'à 3%).

Les phénocristaux forment environ 20% de la roche et montrent de nombreux signes de cataclase: ils sont fracturés, broyés, arrondis par la rotation, et contiennent des mâcles de déformation. Le porphyre est parfois bréchifié et les fragments baignent dans une matrice chloriteuse (planche photographique 2). La position de l'intrusion dans la faille de Cadillac et sa compétence différente par rapport aux basaltes encaissants explique sans doute cette déformation cassante.

Sur le plan géochimique, cette intrusion intermédiaire ($\text{SiO}_2 = 56,7\%$) à olivine et néphéline normales se distingue par un contenu élevé en Na_2O , P_2O_5 et Zr notamment. Elle se place dans le champ alcalin du diagramme $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (Irvine et Baragar, 1971) et dans le champ des trachyandésites du diagramme $\text{SiO}_2 - \text{Zr/TiO}_2$ (figure 9).

424. Dykes porphyriques mafiques

L'épaisseur de ces dykes varie de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres. Ils sont généralement orientés NE-SW. On peut les caractériser par la présence de gros phénocristaux millimétriques à centimétriques (originellement plagioclases ou pyroxènes ?), altérés en minéraux argileux, qui contrastent avec la matrice vert foncé. Dans les dykes de faible puissance, les cristaux d'augite et surtout ceux de plagioclase montrent une texture fluidale dans une pâte vitreuse noire. Les gros phénocristaux sont limités à la partie centrale de l'intrusion. Dans les dykes plus importants, la roche est presque holocristalline et montre un assemblage à plagioclase, augite, chlorite, magnétite, carbonate et pyrite.

Ces dykes porphyriques recoupent la faille de Cadillac ; par ailleurs, dans la partie occidentale de l'Abitibi, ils recoupent les séquences protérozoïques inférieures (Wilson, 1962). Toutefois, dans la zone étudiée, ils sont recoupés par les failles McWatters et Davidson, plus à l'Est.

43. Les sédiments

On peut distinguer trois grandes unités sédimentaires dans la zone de McWatters. Au Nord affleure la formation de La Bruère; entre la faille de Cadillac et la faille Bowes située plus au Sud affleurent les conglomérats de McWatters; au Sud de cette faille apparaît une épaisse séquence que Goulet (1978) rattache au groupe de Temiskaming.

Après une description pétrographique, nous donnerons les résultats sommaire d'une étude géochimique comparative des sédiments et des volcanoclastites.

431. La formation La Bruère

Le bassin sédimentaire détritique de La Bruère, est situé au Nord de la faille de Cadillac. Ce bassin s'étend latéralement sur une distance de 4.5 km et une largeur de 360 m. Il repose au Nord en discordance angulaire chenalisante sur des volcanites associées au groupe de Blake River et est recoupé par la faille de Cadillac au Sud.

La formation de La Bruère est composé de conglomérats polygéniques dans une matrice volcanique à la base (puissance environ 20 m), gréseuse au sommet.

A la base, les éléments sont constitués par des galets arrondis à sub-anguleux pouvant atteindre plusieurs décimètres de diamètre (planche photographique 1); leur origine est constituée par des volcaniques basiques dont les microfaciès sont similaires à ceux du Blake River et de volcanites felsiques; des galets de quartz, parfois à fuschite sont présents (figure 12).

Au dessus de cette première unité apparaissent des éléments plus arrondis d'origine plus variée : rhyolite, basalte, quartz blanc laiteux, chert clair et foncé, jaspillite et fuschite. La matrice, gréseuse, contient de la tourmaline à grain fin (Rocheleau, 1981). Ce conglomérat est interstratifié avec des unités plus gréseuses, lenticulaires, à caractère chenalisant, aux contacts nets. On observe des laminations parallèles et des stratifications entrecroisées.

Le sommet de la formation La Bruère est marqué par des unités de grès silteux et argileux. La taille des clastes décroît donc vers le sommet. La taille et le nombre des unités sableuses augmentent.

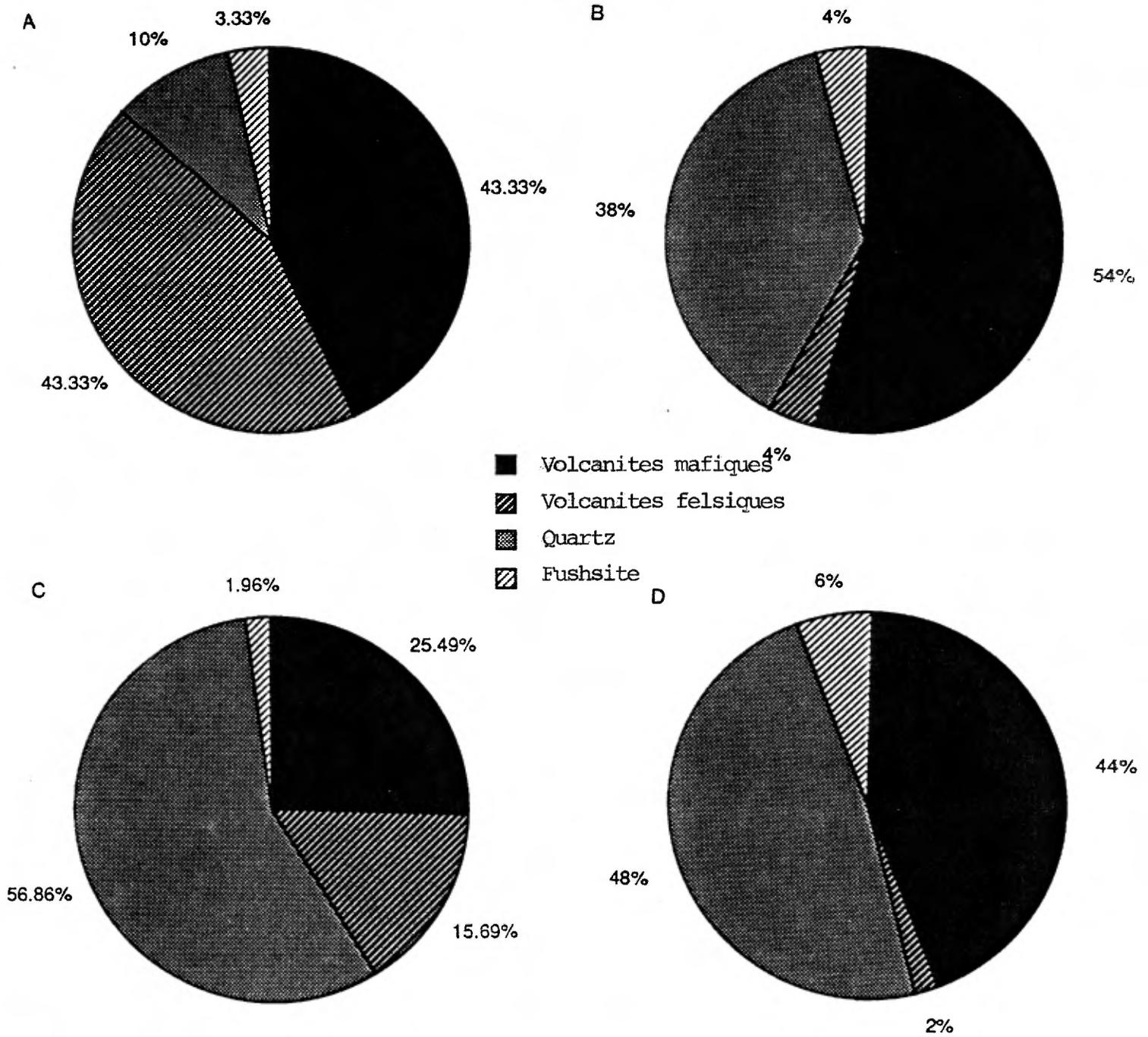


Figure 12

Composition des clastes dans la formation de La Bruère et les conglomérats de McWatters A: La Bruère ; B: McWatters, zone A ; C: McWatters, zone I est ; D: McWatters, zone I ouest

Cette Formation a déjà fait l'objet de plusieurs études et d'interprétation contradictoire. Wilson (1962) l'interprète comme un dépôt glaciomarin, Goulet (1978) et Rocheleau (1981) comme un dépôt de cône alluvionnaire. Dans une étude récente, David et Lajoie (1989) proposent qu'il s'agisse d'un dépôt assez profond, dans un chenal, à partir de coulées de masse. Ils distinguent trois membres conglomératiques et deux membres gréseux, au sommet desquels apparaît une séquence de turbidites. Il semble toutefois que leur interprétation ne prenne pas réellement en compte les effets de la tectonique plicative (Zadeh, 1990). Ainsi, on observe un aplatissement croissant des éléments du conglomérat en se rapprochant de la faille Cadillac.

Le bassin de La Bruère montre des polarités vers le Sud sur le flanc nord d'un synclinal synforme déversé vers le Sud au toit de la faille Cadillac (figure 13). La schistosité majeure régionale S2 est plan axial de cette structure qui est recoupée par la faille Cadillac. On observe par ailleurs à l'échelle microtectonique un ensemble de failles normales accompagnées par des veines de tension (planche photographique 3).

Il est clair que les sédiments de ce bassin ont une source qui varie de composition ce qui est parfaitement illustré par l'apparition et la disparition progressive de certains types de cailloux. La séquence est globalement positive, avec des éléments plus fins au sommet. Un contexte de dépôts possible est un bassin fluviatile de haute énergie débouchant dans des eaux plus profondes.

Par ailleurs, ce faciès érode près de 1500 m de séquences volcaniques qui contiennent des zones minéralisées en pyrite, en particulier des veines de quartz microsaccharoïde.

432. Les conglomérats de McWatters

Il existe deux zones de conglomérats entre la faille Cadillac et l'unité des andésites au Sud. La première, située au Nord, n'affleure pas et n'a été observée qu'en forage et dans les travaux miniers, dans la zone I. Ces conglomérats disparaissent à l'Ouest de la mine, dans la région de DowerCliff et de Clerno; à l'Est, ils sont recoupés par la faille Cadillac. Plus au Sud, des conglomérats affleurent bien au voisinage du puits. Ils constituent l'un des principaux encaissants des minéralisations, en particulier dans la zone ABCD.

Nous regroupons ici la description de ces deux zones, très similaires sur le plan lithologique et appartenant sans doute à la même unité.

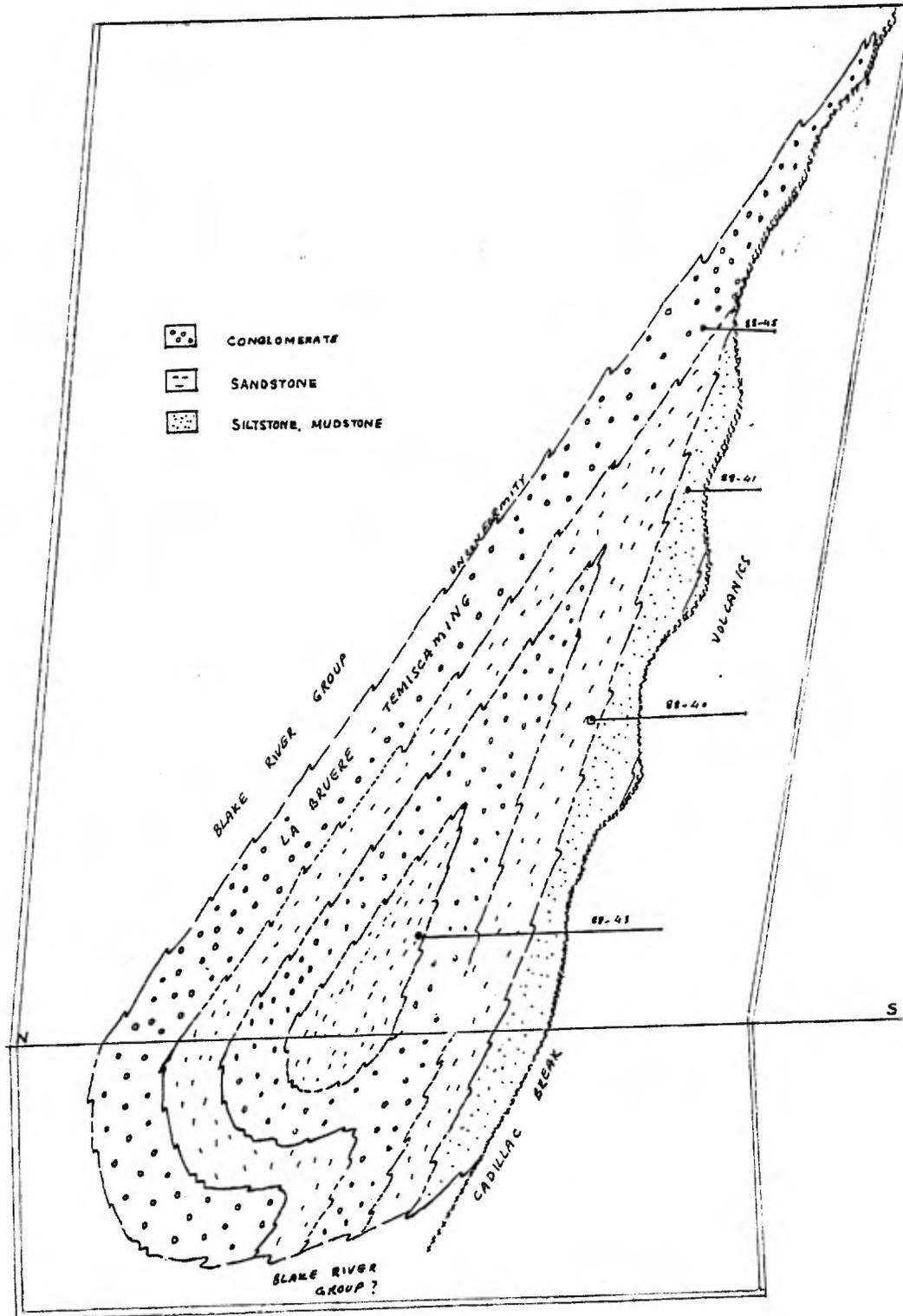


Figure 13

Coupe schématique du synclinal faillé de La Bruère ; la longueur est d'environ 4.5 km

Le conglomérat du Nord montre une puissance variant entre 50 et 70 m. Il est composé d'éléments de quartz et de volcanites mafiques dans une matrice chloriteuse à la base; on observe également des blocs de quartz pyriteux et/ou microsaccharoïde, de fuschite, de diorite, de silice-ankérite.

Le conglomérat du Sud montre une puissance variant entre 80 et 130 m; il affleure largement et se poursuit en changeant de faciès vers la zone 702 . Dans la zone du puits, il se distingue du précédent par sa matrice gréseuse, ses éléments à silice-ankérite abondante et de volcanites mafiques et felsiques. Il pourrait donc être plus distal car mieux classé. De minces horizons gréseux (30 cm) laminés orientés N-S et fortement déformés par une schistosité E-W sont parfois visibles dans ce conglomérat.

Ces conglomérats se distinguent donc des sédiments de La Bruère par leur composition et leur caractère structuraux. Sur la figure 12, on observe une nette discontinuité sédimentologique entre les trois sédiments de McWatters, zone I et zone A, riche en volcanites mafiques et en quartz, et le conglomérat de La Bruère, aux éléments de volcanites felsiques beaucoup plus abondants.

433. Le groupe de Temiskaming

Les siltstones laminés correspondent à une sédimentation bien classée à caractère distal; on observe des alternances de grauwackes argileux et grossiers, sur une puissance d'au moins 600 m. La puissance réelle est sans doute inférieure du fait de la présence d'un repris anticlinal. Les fragments sont roulés à sub-anguleux dans une matrice argilo-sableuse. Ils sont constitués de rhyolites, de porphyres et de volcanites basiques. On observe de fréquents granoclassesments et des structures entrecroisées.

Au Sud de la faille de Cadillac, dans la zone cartographiée, les grauwackes sont en contact franc avec les volcanoclastites. Ce contact est toutefois marqué par la présence d'une zone de veines de quartz-tourmaline boudinées suggérant la présence d'une faille précoce de même génération que les failles des zones A à I.

Ces grauwackes ne peuvent pas être directement parallélisés avec les unités conglomératiques situées dans la zone ABCD, au Nord de la zone affleurante : en effet, leur matrice est gréseuse, et non chloriteuse, et leur milieu de dépôt sans doute plus profond.

434. Comparaison géochimique des sédiments et des volcanoclastites

La compagnie McAdam a fait analyser plus d'un millier d'échantillons provenant de forages recoupant la faille de Cadillac. Compte tenu d'une méthode de mise en solution incomplète (attaque mono-acide), les résultats présentent un caractère quantitatif et permettent une approche comparative.

La figure 14 illustre les variations des teneurs en Ni et Co des volcanoclastites et des conglomérats. Les volcanoclastites (indifférenciées) montrent de nets enrichissements en Ni, avec deux populations autour de 150 et 400 ppm Ni. Les conglomérats montrent un rapport Ni/Co trois fois plus faibles. Ils sont également beaucoup plus pauvres en Cr et plus riche en As (figure 15).

Ces données géochimiques traduisent donc une nette discontinuité entre les volcanoclastites et les conglomérats. En effet, dans le cas d'un héritage direct, on pourrait s'attendre à une continuité géochimique, ou un enrichissement en éléments tel le chrome, bien concentré dans les environnements conglomératiques.

4.4 Géologie structurale

Les données recueillies dans le secteur de McWatters permettent de reconnaître cinq épisodes de déformation, marqués par différents éléments structuraux et microfabriques compilés au tableau 1.

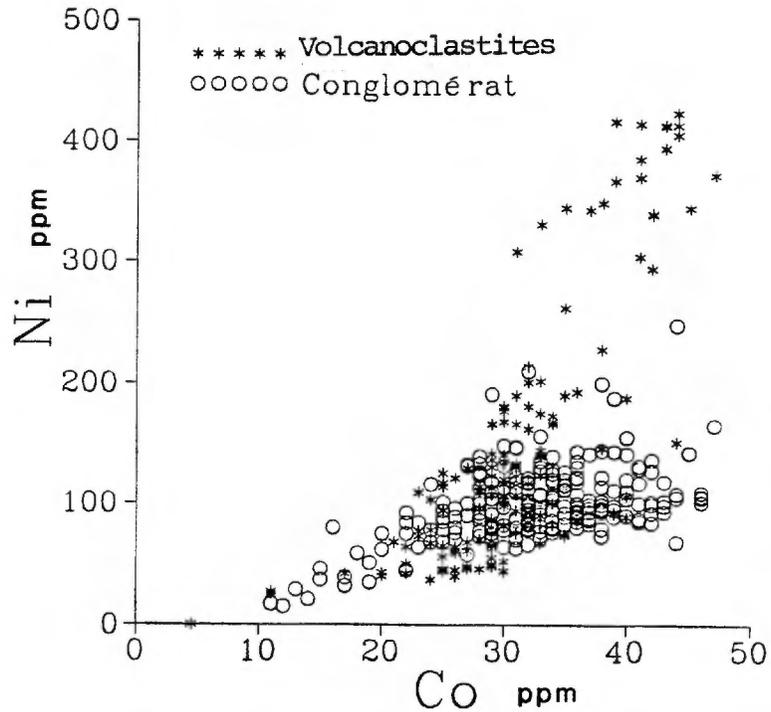
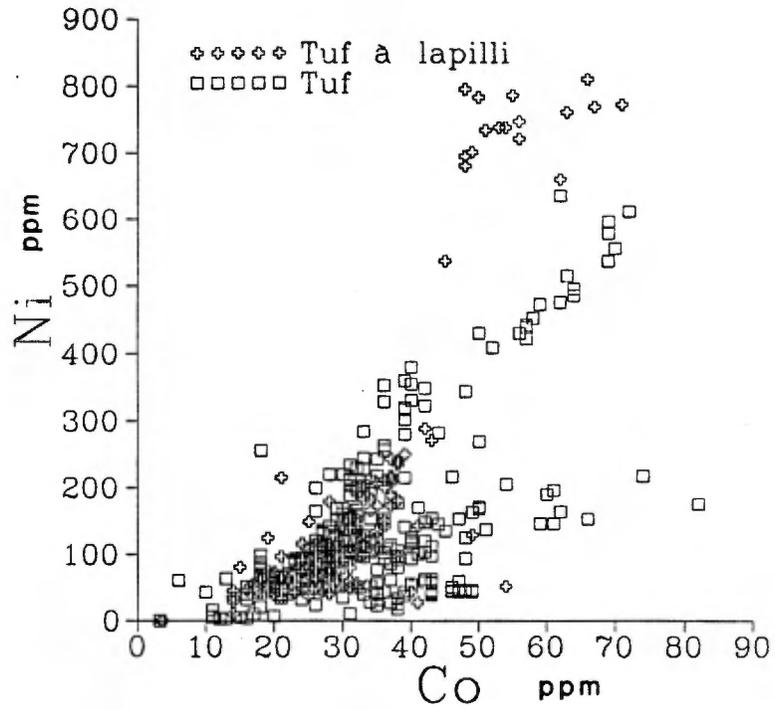


Figure 14

Teneurs en Ni et Co des volcanoclastites et des conglomérats
(données inédites, McAdam)

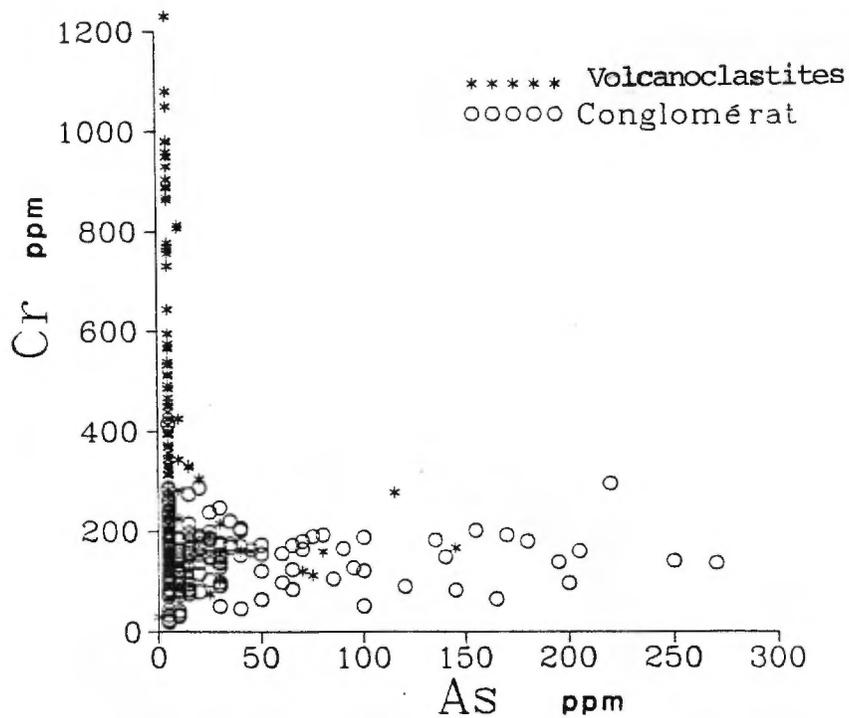
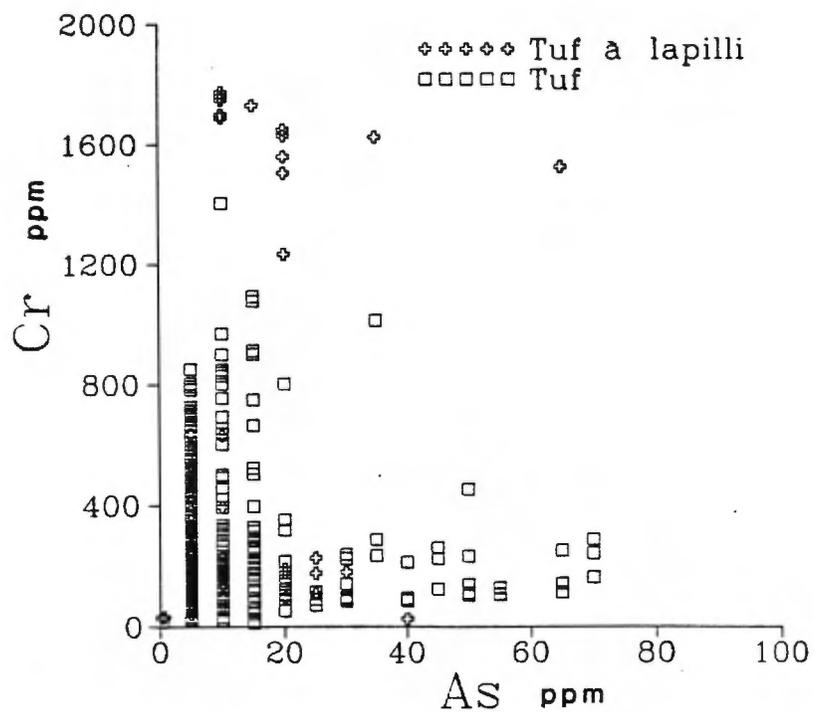


Figure 15

Teneurs en Cr et As des volcanoclastites et des conglomérats (données inédites, McAdam)

Phase	Fabriques	Interprétation
D1	-Linéation d'étirement -Rotation de clastes -asymétries de clastes -Veines de tension à Quartz-Tourmaline -Faille Proto-Cadillac ductile	Extension
D2	-Schistosité régionale -Plis E-W -Veines de tension -Faille de Cadillac ductile-cassante	Serrage N-S
D3	-Schistosité de crénelation -Plis NNE-SSW en Z -Veines de tension	Serrage SE-NW
D4	-Schistosité de crénelation -Rampes inverses -Faille McWatters cassante	Serrage SE-NW
D5	-Failles tardives subverticales à jeux normaux et inverses -Plis en kink -Veines de tension	Serrage N-S

Tableau 1 : éléments structuraux et interprétation tectonique dans la région de McWatters

441. Les phases de déformation

Cinq phases de déformation sont distinguées.

a. La phase de déformation précoce (D1)

Cette phase de déformation est associée à une linéation d'étirement de galets dans les conglomérats polygéniques ainsi qu'à un étirement prononcé des minéraux composant les andésites coussinées affleurant au sud du chevalement. Ces volcanites renferment aussi des stylolithes de tourmaline aciculaire associées à des plans de dissolution importants. Les tourmalines s'alignent parallèlement à la linéation d'étirement.

La linéation d'étirement possède une orientation très constante vers le NW d'un azimuth moyen de N343W sur l'ensemble du secteur étudié avec une plongée moyenne de 55 ° (figure 16). Cette attitude ressemble à celle apparaissant dans les conglomérats de La Bruère, de part et d'autre de la faille de Cadillac. Nous avons prélevées près de 600 mesures de rapport d'axes de cailloux dans les diverses séquences sédimentaires. Dans la majorité des localités l'étirement des cailloux est en cigare suggérant un régime de contrainte en constriction. Par endroit, aux abords de volcanoclastites, on observe des rapports d'axe long sur axe court atteignant 250:1. Par contre les rapports d'axe moyen sur axe court n'excède que très localement des valeurs de 10:1. Au Sud de la mine, certains conglomérats appartenant au Groupe de Temiskaming sont aplatis en crêpe (Dimroth et al., 1983).

Plusieurs indicateurs cinématiques, tels des clastes en rotation asymétrique, des boudins de veines de quartz également en rotation asymétrique et des plans C' ont été définis comme éléments tectoniques précoces recoupés par S2. Lorsqu'observés en section parallèle à l'étirement et normale à la foliation, ces éléments suggèrent une cinématique primaire dans laquelle le bloc nord s'affaisse normalement vers le Nord en régime extensif (figure 17, planche photographique 5). Une étude exhaustive des variations thermobarométriques de part et d'autre de la Faille de Cadillac permettrait peut-être d'apprécier l'ampleur de ce mouvement. De prime abord, l'examen mégascopique des deux blocs tectoniques de Blake River et de Belleterre suggère que ce dernier renferme des assemblages métamorphiques plus élevés attribuables à un soulèvement lithosphérique plus important du bloc Sud. Hodgson (1986) a déjà proposé que la faille de Cadillac soit initialement une faille listrique pentée vers le Nord, contemporaine du volcanisme du Groupe de Blake River situé en son toit. Cette proposition est attrayante et corroborerait nos données structurales.

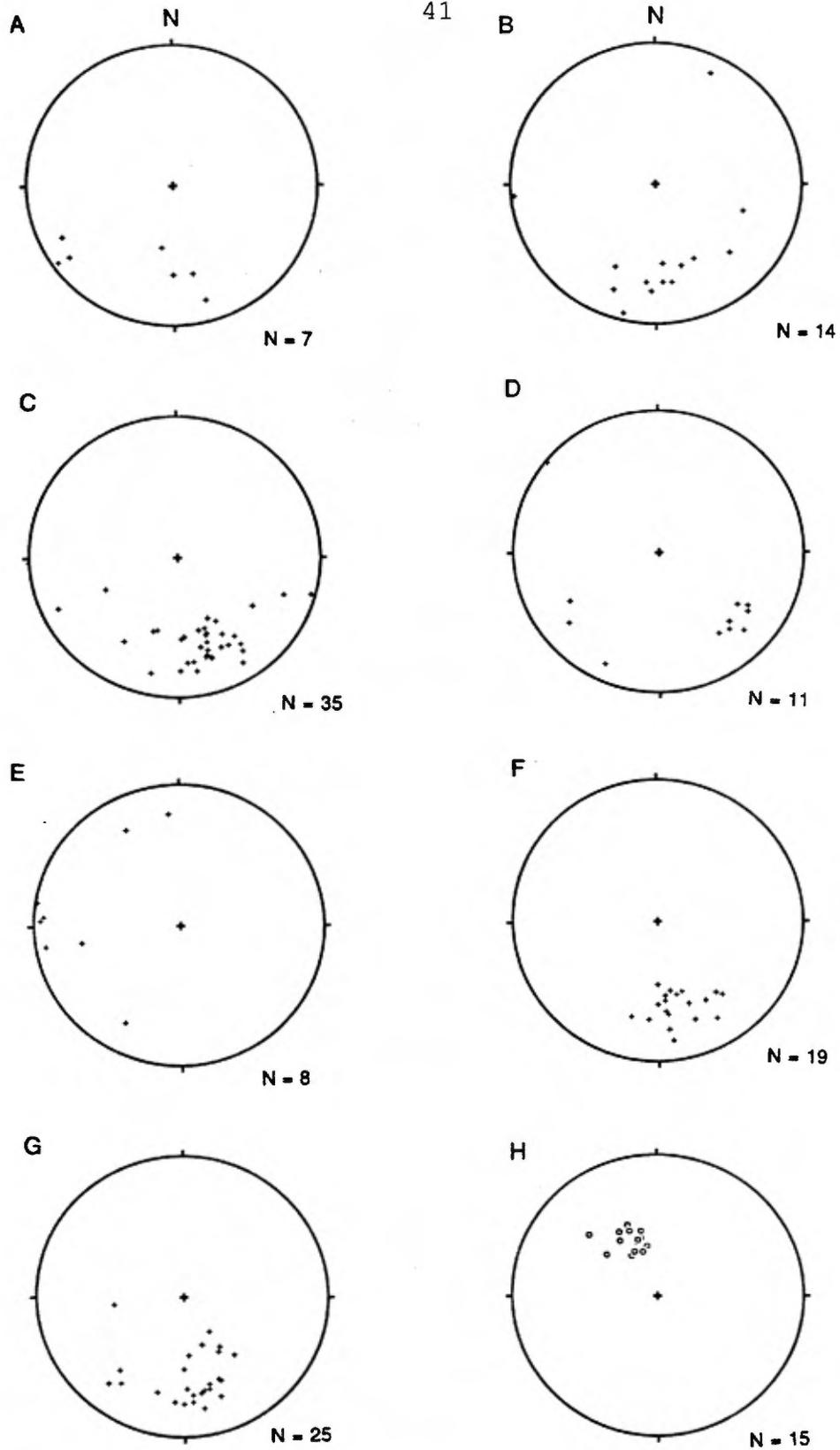


Figure 16

Stéréogrammes équi-aires de la région de McWatters a) So McWatters ; b) S1 McWatters ; c) S2 McWatters d) S3 McWatters ; e) S4 McWatters ; f) So La Bruère g) S2 La Bruère ; h) linéation d'étirement McWatters et La Bruère

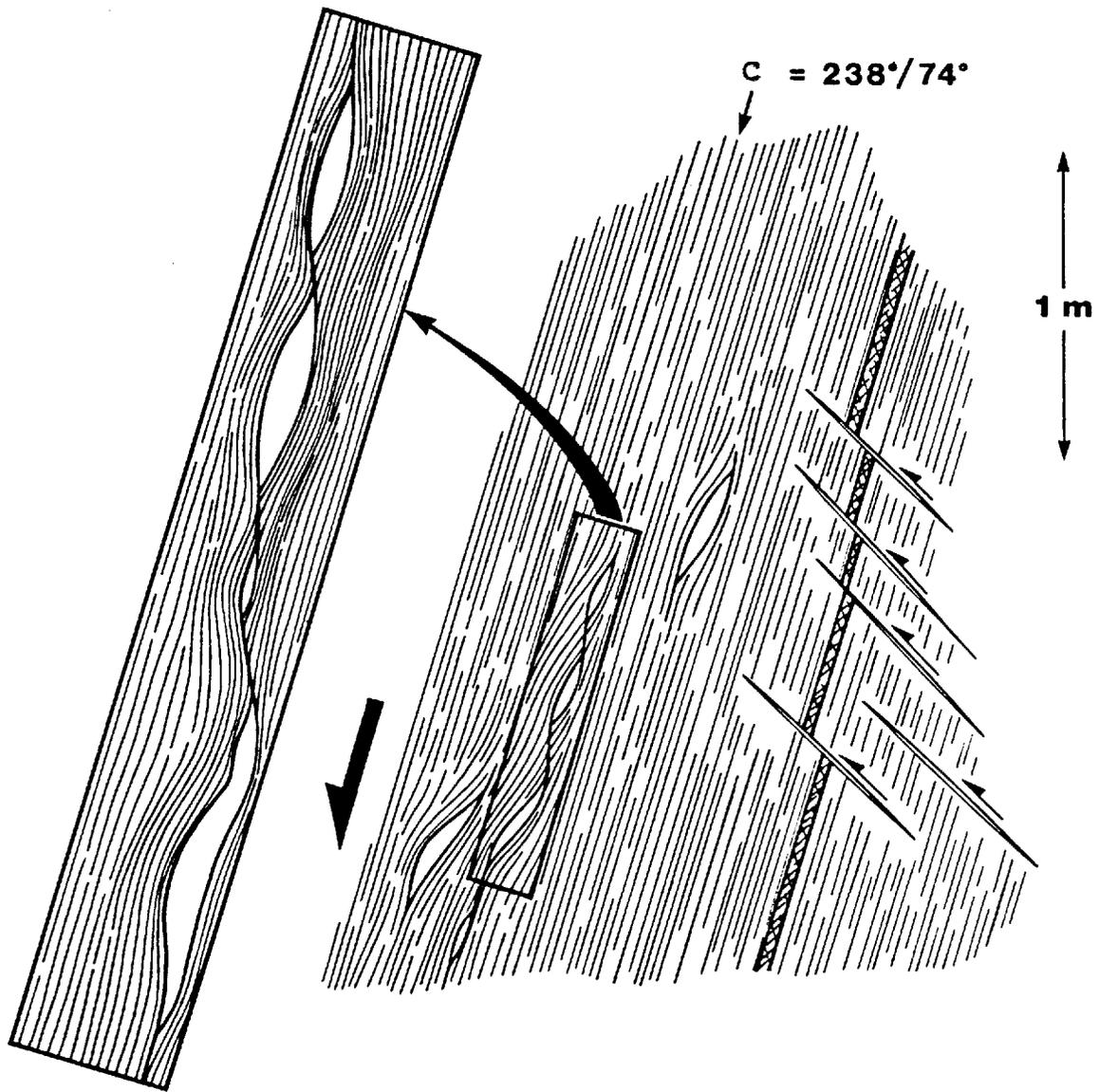


Figure 17

Indicateurs cinématiques de type C et C' précoces travers banc ouest, niveau -120 m

Dans la mine et en affleurements de surface on note la présence de zones de cisaillement précoces que l'on pourrait qualifier d'anciennes mylonites dont les textures ont été oblitérées par une intense recristallisation statique. Ces zones de cisaillement font un à deux mètres de puissance et renferment d'abondantes lentilles de quartz-tourmaline partiellement minéralisées. Deux de ces zones apparaissent nettement au contact entre des volcanoclastites et des andésites au sud-ouest du chevalement. Des zones de même nature se trouvent au contact entre des basaltes et des volcanoclastites juste au Sud de la zone cataclastique de la faille de Cadillac. La plus spectaculaire d'entre elles est recoupée par deux galeries du niveau -120 mètres. Il s'agit d'une bande centimétrique de roches rubanées communément désignées comme un "tuf" (planche photographique 7). A l'examen microscopique, on y observe des fabriques de type C/S strictement confinées à ce couloir et dont l'angle d'intersection n'excède pas 30 °.

Malgré une intense recristallisation métasomatique et une crénulation tardive intense, cette zone rubanée préserve quelques indicateurs cinématiques incluant des plans C et S ainsi que des porphyroclastes asymétriques dont les zones abritées sont entièrement composées de quartz microcristallin polygonisé et de plagioclase également microcristallin. Le sens de ces indicateurs n'a pu être déterminé suite à une malheureuse manipulation des échantillons.

En réinterprétant une partie des journaux de sondages situés dans le mur de la faille de Cadillac, on peut extrapoler latéralement cette ancienne zone de cisaillement et suggérer un recoupement graduel de l'ensemble des unités cartographiées dans la région. Nous proposons que cette surface représente un décollement majeur antérieur à la zone cataclastique de la faille de Cadillac actuelle et assignons à cette zone le terme "ProtoCadillac" car elle semble presque tangentielle à celle-ci. Cette zone est également minéralisée en sulfures et or.

Une seconde zone de cisaillement précoce se situerait au contact entre les conglomérats et les volcanoclastites de McWatters et renferme également une large partie des veines de quartz-tourmaline aurifères (Zones A, B, C, D, I). Cette faille est plissée, mais elle se prolonge latéralement le long du même contact dans l'ensemble de la propriété minière. Nous proposons que cette faille soit équivalente à la zone de faille Rouyn-Merger à l'Est telle que décrite par Gauthier (1986). Enfin, il est possible que la faille Bowes corresponde à un contact du même type.

b. Phase D2

Cette phase de déformation a généré des plis fermés dont la plongée est généralement forte vers le NE et affectée également par les déformations subséquentes. Les plis mésoscopiques P2 sont isoclinaux dans des grauweekes et des argillites affleurant au sud des volcanoclastites du décapage de la mine. Des plis de cette génération déforment également le contact volcanoclastites-conglomérats renfermant les zones minéralisées ABCD. Le plan axial de ces structures est défini par l'attitude d'une foliation pénétrative

régionale dont le pendage est généralement fort vers le Nord-Nord-Ouest dont l'azimuth moyen est de N250W (figure 16). Ces plis sont donc légèrement déversés vers le Sud-Est.

Des foliations coplanaires ont été mesurées dans les conglomérats de la Bruère au Nord de la faille de Cadillac. La linéation d'intersection entre le litage des sédiments et cette foliation nous permet de suggérer la présence d'une structure synclinale déversée vers le Sud-Est dont la plongée n'excéderait pas 30° vers le Nord-Ouest. L'azimuth de son plan axial serait subparallèle à celui des plis au Sud de la faille de Cadillac.

La foliation est définie par un alignement de feuillets de chlorite ou de rare biotite indiquant un métamorphisme de faciès schiste vert inférieur contemporain ou antérieur au plissement. Une partie de l'appatissement des cailloux conglomératiques est attribuable à cette phase de déformation. De plus les axes d'étirement des cailloux demeure coaxial à la linéation d'étirement L1.

c. Phase D3

Cette déformation est largement répartie sur toute la zone d'étude à l'exception de la zone nord de la faille de Cadillac. Elle se définit par la présence de plis non-cylindriques de faible amplitude dont la trace axiale est généralement orientée N20E à N40E et dont la plongée varie entre 20 et 70° vers le Nord. Ces plis se développent très localement et particulièrement dans des unités compétentes comme aux abords de la zone de talc-schistes de la faille de Cadillac. Les foliations S3 associées à ces éléments structuraux sont des clivages de crénulation à espacement millimétrique défini par l'alignement de feuillets de chlorite et de micas blancs (planche photographique 6d). Le pendage de ces foliations est généralement abrupte vers le Nord-Ouest.

d. Phase D4

Les éléments appartenant à cet épisode de déformation ne sont pas nécessairement distincts des éléments de la phase D3. Dans tous les cas, il s'agit d'une phase de déformation mineure, marquée par d'autres plis non-cylindriques de très faible amplitude déversés vers le SW à plongée NNW variable. Quelques crénulations micacées S4 subverticales apparaissent localement.

e. Phase D5

De nombreux kink bands verticaux et conjugués ont été observés dans une orientation approximative N80E. La majeure partie des kinks sont inverses et très redressés et sont particulièrement bien développés dans le mur de la faille McWatters formant localement des "box folds" (figures 18 et 19). Certains kinks passent localement à des fractures longitudinales.

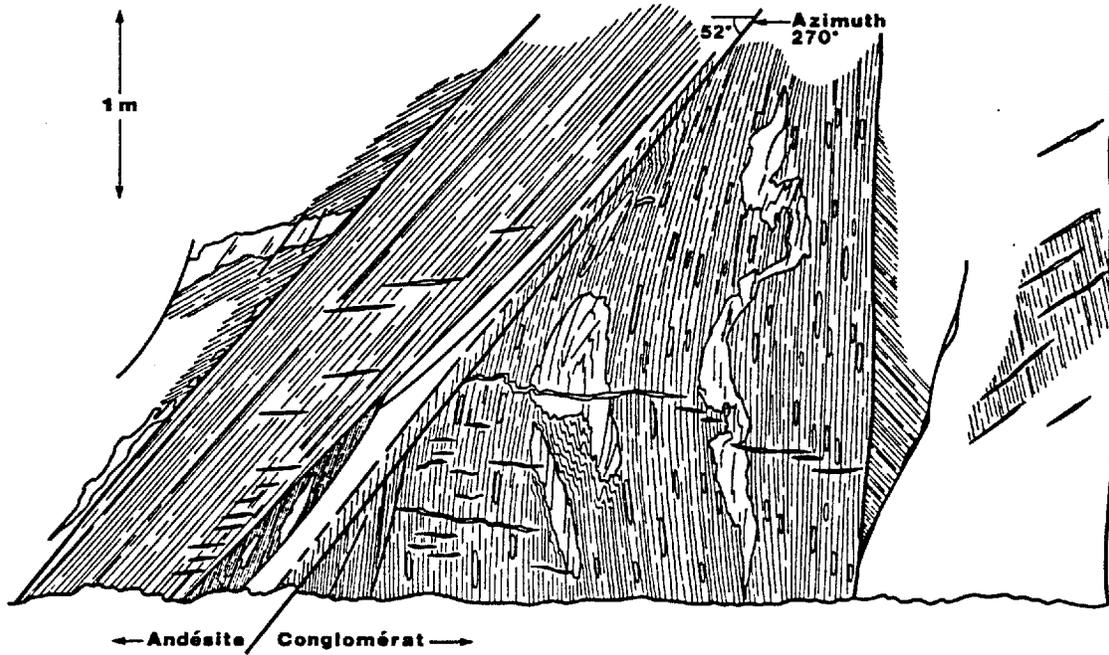


Figure 18

Coupe de la faille McWatters, montrant l'entraînement de foliations S2

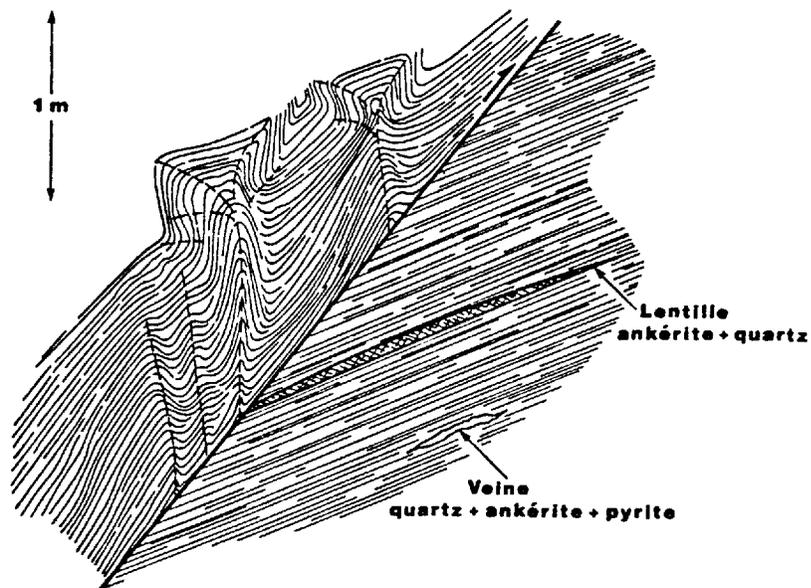


Figure 19

Kinks en chevron et en "box fold" dans le toit de la faille McWatters

442. Les Failles

Les failles sont nombreuses dans la zone étudiée. On en distingue au moins trois familles (1) les failles E-W, (2) les failles de chevauchement, (3) les failles décrochantes NNE-SSW et les failles décrochantes NNW-SSE possiblement conjuguées aux précédentes.

a. Failles E-W

Deux grandes failles traversent la zone étudiée (1) la faille de Cadillac au Nord comprend un vaste ensemble ductile repris en cataclase intense et légèrement plissée lors des phases D3 et D4 (2) la faille McWatters, plus au Sud, est beaucoup plus régulière et rectiligne et présente une zone de cataclase et une bande argileuse excessivement friable.

- Faille de Cadillac

La faille de Cadillac représente l'élément tectonique le plus complexe et le plus spectaculaire de la région. Plusieurs forages intersectent cette structure ainsi qu'un travers banc au niveau -120 mètres qui ne s'étend qu'en bordure de la faille pour des raisons d'affaissements liés à la friabilité de la zone tectonique.

La faille de Cadillac a longtemps été interprétée comme étant une faille subverticale dont le mouvement relatif semblait monophasé. Relativement peu de données convaincantes ont été publiées à ce jour sur ce couloir tectonique fondamental dans la zone de Rouyn, ce qui fait de la mine McWatters un laboratoire d'analyse idéal.

La compilation des journaux de sondages nous permet d'affirmer que, dans la région de Rouyn, la faille de Cadillac possède un pendage moyen de 50° vers le nord (coupe structurale en annexe) sur une profondeur d'au moins 500 mètres et sur une épaisseur variant entre 30 et 100 mètres. Il est à noter que certains réflecteurs sismiques, récemment observés mais encore inexplicés, ont des pendages parallèle à la faille de Cadillac et que ces derniers pourraient même représenter son extension lithosphérique (Mayrand, comm. pers., 1989).

La faille est constituée d'une multitude de copeaux d'origine variée coincées dans une pâte principalement ultramafique enrichie en talc et chlorite. Parmi les lithotypes rencontrés dans la faille, on note des copeaux de lamprophyre, d'andésite, de porphyre et de conglomérat. La plupart de ces copeaux possèdent des bordures cisailées. Certaines carottes de sondage montrent de très spectaculaires textures ultramytonitiques associées à un régime de déformation ductile. De nombreuses veines de quartz accompagnent ces fabriques plastiques qui ont été fortement démembrées par un régime de déformation cassant sur toute la puissance de la faille (planche photographique 4)

La cinématique de la faille de Cadillac n'est pas très clairement définie étant donné le grand nombre d'éléments structuraux y sont superposés. Les éléments ductiles rencontrés en forages ne peuvent malheureusement pas être orientés. Il semble toutefois que la

meilleure section selon laquelle ont distingué nettement les fabriques C et S soit subhorizontale ce qui suggère que la contrainte principale du cisaillement était subhorizontale. Certains arguments indépendants peuvent servir à l'élaboration d'un modèle cinématique. On note la présence de veines de quartz subverticales orientées NE-SW en bordure immédiate de la faille. Ces veines seraient compatibles avec un axe de contraintes principales subparallèle à la faille.

Si l'on soustrait les phases plicatives récentes, on observe que les axes des plis contemporains à la faille de Cadillac se disposent selon une orientation NW-SE, donc perpendiculaire à un axe de contrainte orienté NE-SW. L'axe de contrainte ainsi défini implique un système de décrochement latéral sénestre le long de la faille de Cadillac. Cependant, il faut également évoquer une composante de charriage tardive vers le Sud pour pouvoir juxtaposer les volcanites du Groupe de Blake River au Nord de la faille sur les sédiments "plus jeunes" du Groupe de Témiskaming.

- Faille McWatters

La faille McWatters apparaît au sud de la faille de Cadillac. Son pendage est régulier vers le NW et varie très localement entre 52 et 60°. L'azimut moyen de la faille est de N255 et celle-ci recoupe nettement la faille de Cadillac vers l'Est.

Le toit de la faille McWatters est cataclasé sur une puissance de près de 20 mètres et s'accompagne de nombreuses failles subsidiaires, tantôt parallèles à la faille principale, tantôt subverticales (figure 20). De nombreux kinks se manifestent dans le périmètre immédiat de la faille.

Une très intense carbonatation et une silicification diffuse ainsi que des veinules à quartz-carbonate-chlorite lui sont associées. Un front de chlorite se développe sur 30 cm de puissance au toit du plan de faille et s'étend sur l'ensemble de sa surface. Au mur, la cataclase et la carbonatation sont moins intenses. Les anciennes schistosités S1 et S2 sont retroussées et suggèrent un mouvement inverse. Des lentilles de quartz recoupant S2 sont également retroussées dans le même sens. Les microfractures et les kinks émergents du toit de la faille suggèrent une composante de mouvement inverse (figure 19). Par contre, des stries de failles sur le plan principal ont une plongée faible vers le NE et suggèrent une composante décrochante.

Selon des projections de sondages, le même filon de diabase protérozoïque qui recoupe la faille de Cadillac est décalé par la faille McWatters ce qui en fait une faille post-protérozoïque inférieure. De plus, contrairement à la faille de Cadillac, la zone de faille McWatters n'est pas affectée par la phase de plissement P3 ce qui la rend post-D3. Le mouvement de la faille est en apparence en jeu dextre du fait que le filon possède un pendage de 65° vers l'Ouest. Il est probable que la faille McWatters se raccorde à la faille Davidson à l'Est qui aussi recoupe la faille de Cadillac vers le Nord-Est, causant ainsi une déviation importante dans le tracé de celle-ci.

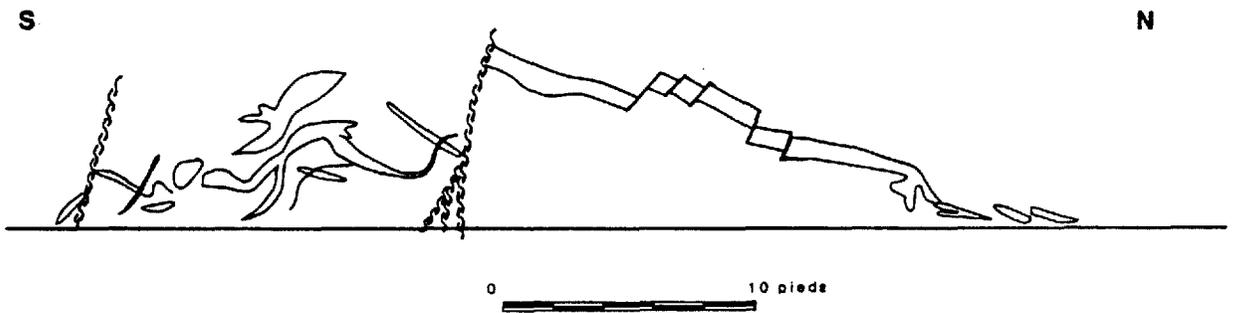
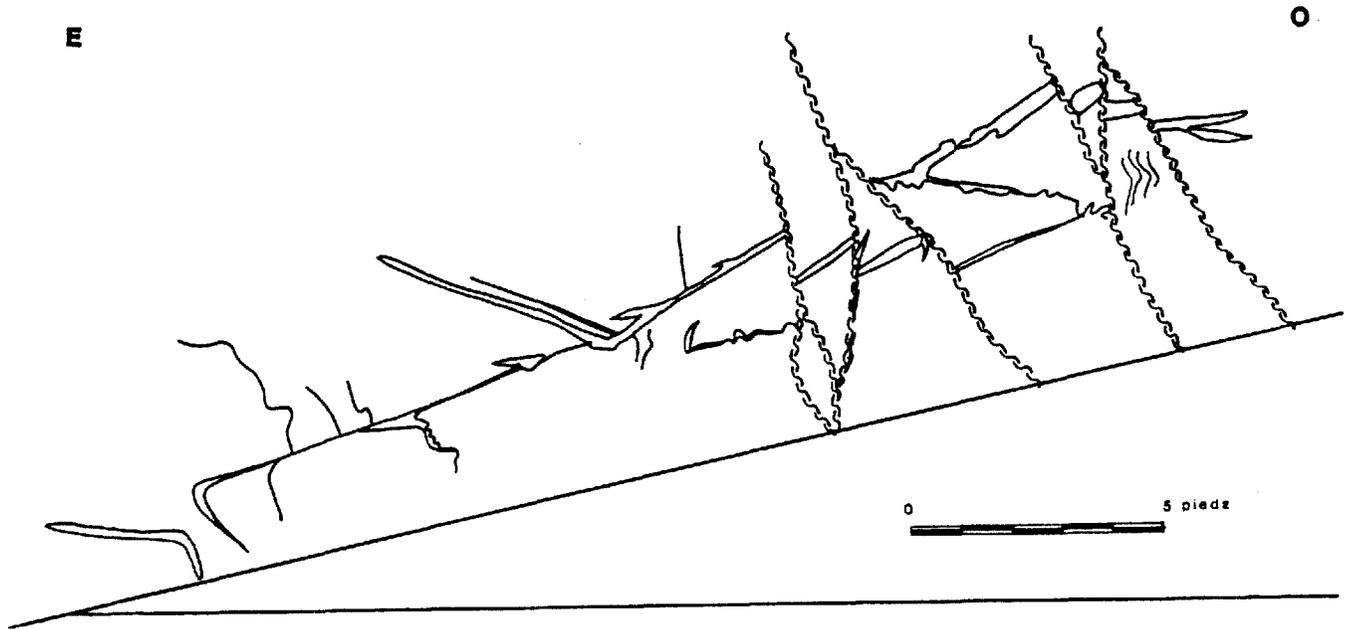


Figure 20

Veines subhorizontales tardives recoupées par des failles normales subverticales conjuguées à la faille McWatters

Si le filon de diabase sert de marqueur, le mur s'est déplacé vers le Sud-Ouest sur une distance horizontale minimale de 112 m. Les indicateurs cinématiques observés sur le plan de faille consiste en une seule famille de stries orientées N 60/20 et permet de calculer un rejet direct de 85 m. Le toit aurait ainsi une composante dextre importante. Par contre, si on considère cette faille comme une faille normale, le rejet penté serait de 140 m. Un mouvement inverse lors de la phase cassante est incompatible avec le déplacement du diabase. Par contre, des mouvements inverses précoces sont vraisemblables.

L'extrapolation de ce rejet à d'autres contacts présente des difficultés. Le contact volcanoclastites-silicoclastites observé sur le mur de la faille n'a pu être identifié en forage sur le toit de la faille. Deux hypothèses sont évoquées, soit la non-coïncidence des filons de diabase, ce qui semble peu probable, soit une omission d'observation du contact volcanoclastites-silicoclastites dans le toit de la faille. Ce dernier scénario serait causé par une hétérogénéité d'interprétation des journaux de sondages.

Plusieurs failles ont une géométrie et un jeu semblable à celui de la faille McWatters sans toutefois causer d'aussi importants déplacements. Une série de failles normales à pendage abrupt vers le Sud et orientées parallèlement à la faille McWatters sont interprétées comme des systèmes conjugués à celle-ci formant des demi-grabens dont l'affaissement total pourrait atteindre plusieurs mètres.

b. Failles de chevauchement

Une série de faille de chevauchement à pendage SW et à faible déplacement vers le NE ont été observées dans les travers bancs du niveau -120 mètres. Ces failles ont un pendage inférieur à 45° et possèdent de très belles stries de glissement "down-dip". On peut leur associer une série de veinules de quartz subhorizontales, en échelon, et stériles.

Ces failles recoupent la foliation S2 et sont elles-même recoupées par la faille McWatters ainsi que par le réseau de faille décrochante tardive, décrites plus bas. Les contraintes assignées à ces chevauchements seraient à nouveau orientées NE-SW.

c. Failles décrochantes NNE-SSW et NNW-SSE

Ces failles sont les éléments cassants les plus tardifs du secteur étudié. Il s'agit de fractures subverticales à stries de faille subhorizontales avec des décrochements apparents sénestres sur les failles NS et dextres sur les failles NNW-SSE.

Certaines de ces failles ont des plans de failles très nets marqués par de fines zones de gangue chloriteuse.

d. Veines de tension

Pas moins de quatre réseaux de veines de tension ont été observés dans le secteur minier. Seulement deux de ces types sont visibles en affleurement. Ces veines se distinguent par leur composition, leur texture, leur minéralisation, leur fabrique et leur étendue.

La plus ancienne génération se compose de grosses veines transposées parallèlement à S2 et minéralisées. Elles contiennent un assemblage à quartz-tourmaline atteignant jusqu'à un mètre de puissance et s'étendant latéralement sur une centaine de mètres. Ces veines sont particulièrement associées au contact entre les volcanoclastites et les silicoclastites ainsi que dans les traces de structures D2. Plusieurs de ces veines se composent de quartz blanc laiteux aux épontes tourmalinisées et ont subies un démembrement intensif dans les plans de foliations S2 ce qui leur conférerait un âge D1. En lame mince, ces veines renferment du quartz recristallisé recoupé par de nombreuses lamelles de déformation remobilisant une partie de la minéralisation.

Une autre série de grosses veines, cette fois subhorizontales, apparaît strictement dans la bordure immédiate du mur de la faille de Cadillac. Celles-ci se composent surtout de quartz gris microsaccharoïdes aurifère et sont nettement affectées par la crénulation S3. Ces veines recoupent également la schistosité S2 et sont donc datées post-D2 pre-D3.

Plusieurs réseaux de veines et veinules subhorizontales en échelon ont été répertoriés dans la mine. Celles-ci sont par contre plus petites que les veines en bordure de la faille de Cadillac et pourraient plutôt être associées au système de failles de charriage précédemment décrit.

Un dernier réseau de veine de quartz blanc s'est développé durant la phase de compression tardive. Ces veines sont très fines et subverticales montrant des dispositions en échelon concordante aux décrochements apparents des fractures.

45. Le métamorphisme

Il est difficile d'évaluer l'importance relative de l'altération hydrothermale produite par le contact des volcanites avec l'eau de mer et qui peut conduire à des assemblages minéralogiques semblables à ceux que l'on retrouve dans les basaltes de McWatters (Humphris et Thompson, 1978), de celle du métamorphisme proprement dit.

L'alignement des cristaux de chlorite, de biotite et d'actinote dans les plans de schistosité indique que ces minéraux devaient être en équilibre dans les conditions de métamorphisme contemporaines des déformations majeures. L'assemblage minéralogique des basaltes peut être stable dans un assez vaste domaine de pression et de température (Moody et al., 1983; Jolly, 1975). Toutefois, la présence de chloritoïde dans des métagrauwackes situés immédiatement au Nord de la faille de Cadillac, de même que la présence de biotite dans les andésites situées au Sud de la faille McWatters indiquent un métamorphisme du faciès schiste vert supérieur.

46. Conclusion

Le contexte géologique de la région de McWatters correspond donc au collage tectonique de deux ensembles, le premier composé de basaltes magnésiens à caractère tholéitique, le second d'un ensemble volcano-sédimentaire calco-alcalin comprenant des andésites et des volcanoclastites.

La position des conglomérats de McWatters par rapport à l'ensemble volcano-sédimentaire du même secteur reste mal connue. Sur le plan géochimique, on observe une discontinuité nette qui démontre donc l'absence d'héritage immédiat de l'un vers l'autre. Cependant, il est possible que les volcanoclastites se rapprochent des conglomérats riches en fragments volcaniques que l'on retrouve à la base de la Formation de La Bruère.

Ces deux unités subissent d'abord un décollement tectonique associé à un étirement intense, la Proto-faille de Cadillac apparaît dès cette époque. La région est ensuite affectée par une compression NS, entraînant la formation du couloir de la faille de Cadillac, d'abord ductile selon d'anciens plans de faiblesse et en coaxialité avec D1, puis cassante; un deuxième serrage, peut-être continu par rapport au premier provoque des plis indiquant un jeu dextre sous un régime compressif NW-SE. La faille McWatters est beaucoup plus tardive empruntant les plans S1 et S2 elle se propagera tangentiellement à la faille de Cadillac à laquelle elle s'embranchera vers l'Est.

5. MINERALISATIONS

51. Descriptions des corps minéralisés

Les minéralisations en or de McWatters constituent un faisceau de zones minéralisées orientées ENE-WSW, reconnu sur plus de 1,2 km de long et 500 m de large. On peut distinguer trois grands faisceaux minéralisés d'intérêt économique (figure 21):

- * les zones ABCDEFGH, correspondant aux anciens travaux au Sud de la mine, dans une zone de contact conglomérat-agglomérat ; ces zones se prolongent vers la zone 702 ;
- * la zone I, isolée au Nord de la faille McWatters, proche du contact conglomérat-andésite ;
- * les zones JKLM, récemment découvertes au voisinage et de part et d'autre de la faille de Cadillac ;

Il existe par ailleurs un grand nombre d'occurrence d'intérêt académique : il s'agit surtout de pyrite et chalcopryrite situées en bordure des coussins des andésites ou dans le "tuf" (zone A). La faille de Cadillac contient elle aussi des indices de sulfures disséminés, généralement moins de 3 % : l'assemblage comprend pyrite et chalcopryrite, avec magnétite et ilménite stable. La chalcopryrite apparaît tardive par rapport à la pyrite.

511. minerai rubané et stockwerk à carbonates-pyrite : JK

Dans la zone JK, on observe un niveau de minerai à carbonates et sulfures rubanés et plissés (figures 22 et 23) : il correspond à la Proto-faille de Cadillac, marquant la déformation D1. Ce niveau présente une puissance décimétrique et est minéralisés en or. Ils ressemblent macroscopiquement à des tufs et dessinent des plis serrés à plan axiaux subverticaux (planche photographique 7). Ils séparent une zone de basaltes magnésiens de pyroclastites.

En lame mince, on observe une structure mylonitique caractérisée par des plans de cisaillement de type C-S en bandes millimétriques marquées par l'alignement de micas blancs. L'association minéralogique comprend des sulfures (pyrite, chalcopryrite) subautomorphes, des quartz fortement déformés (extinction ondulante) et recristallisés en texture polygonale, des carbonates parfois très abondant. L'albite est peu abondante et présente également des textures de recristallisations. Les textures montrent des zones abritées dans lesquelles cristallisent chlorite verte et mica blanc. Les indicateurs cinématiques ne permettent pas de déterminer le sens du déplacement.

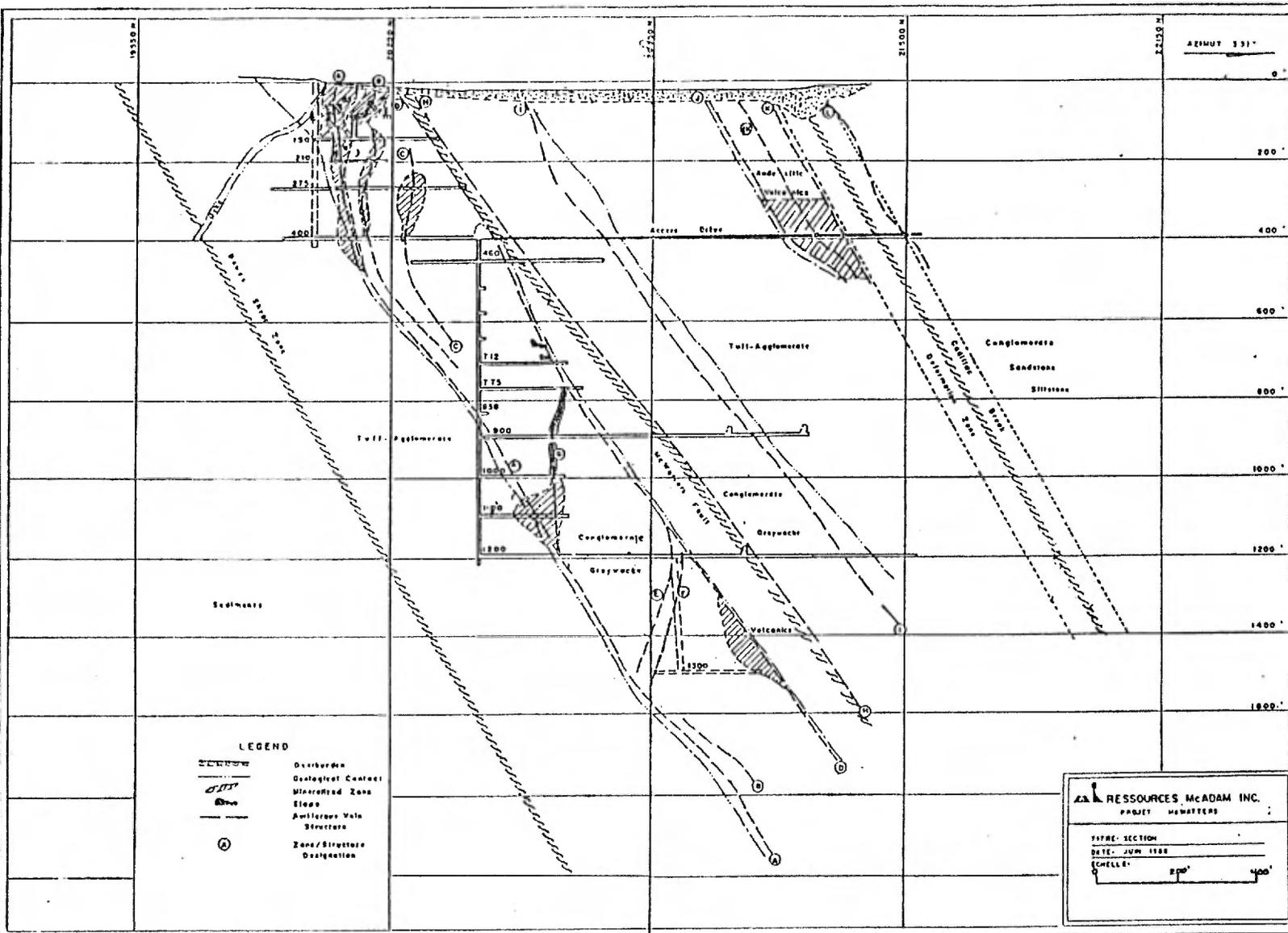


Figure 21

Position des minéralisations économiques dans la mine McWatters

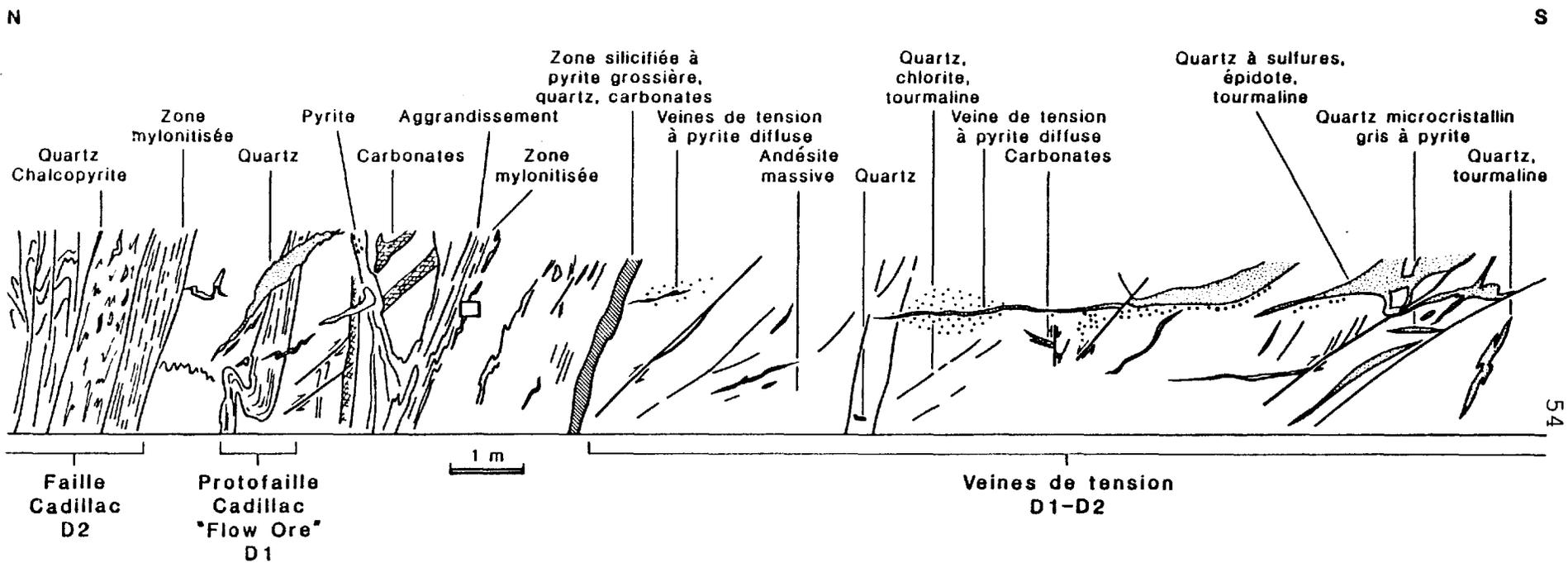


Figure 22

Coupe de la zone JK au voisinage de la faille Cadillac, -400'. et position du minerai de type S1 ("flow"-ore)

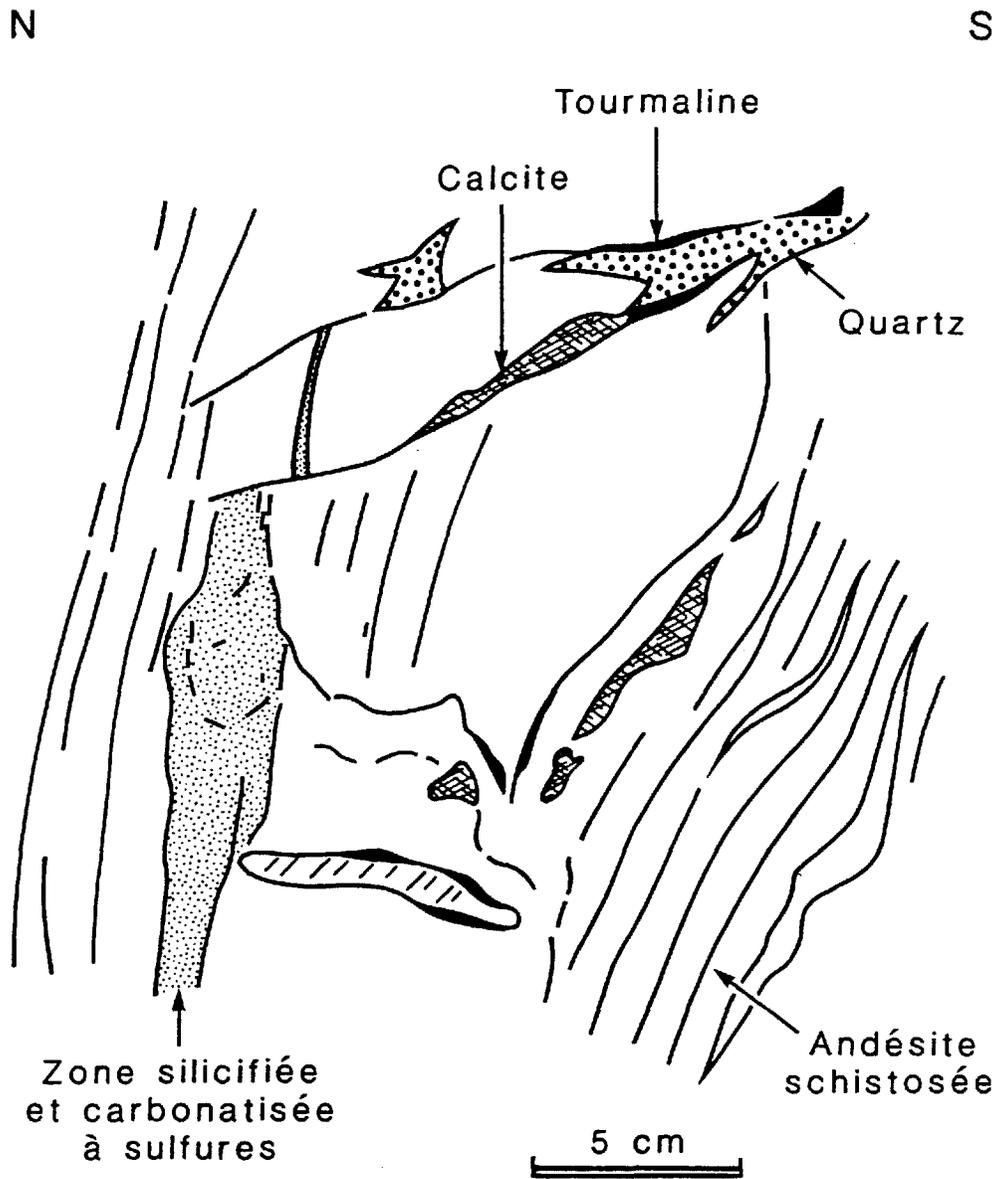


Figure 23

Détail de la coupe JK, montrant le recoupement du "flow-ore" par des veines de tension anté-P3

La paragenèse minéralisée est pauvre, avec surtout de la pyrite, de la chalcopryrite, de la sphalérite et de la galène. L'ordre des dépôts est résumé sur le tableau 2. L'analyse chimique (annexe 1) fait ressortir la pauvreté en silice de ces zones, leur richesse en fer (pyrite), en CO₂ et en eau, les variations de Ca et Mg..

Les données géochimiques inédites de McAdam (figure 24) montre qu'il n'y a pas de corrélation directe entre arsenic et or dans les conglomérats et les volcanoclastites. Cependant, l'arsenic et surtout l'or sont concentrés dans les conglomérats, avec respectivement des teneurs supérieures à 50 ppm As et 50 ppb Au. Cela représente 10 à 20 fois les teneurs moyennes de la croûte continentale actuelle.

512. zone à carbonate-pyrite de la faille de Cadillac : L

Le toit des talc-schistes attribués à la faille de Cadillac montre une minéralisation sub-continue longue de plus de 100 m (figure 26) depuis le niveau 400' jusqu'à la surface ou zone L. Cette minéralisation reste mal connue, n'étant pas accessible en travaux miniers. L'étude des sondages carottés permettent de distinguer deux faciès, mais malheureusement pas d'en connaître la géométrie.

* un faciès à hématite, à forte susceptibilité magnétique ;

* un faciès à silicifications multiples : on peut en distinguer au moins trois épisodes : une silicification diffuse donnant un matériel fin d'aspect gréseux, un réseau de veines noires millimétriques de type quartz microsaccharoïde, et un réseau de veines en tension. L'or est associé à la tétradymite.

Au voisinage du mur de la faille Cadillac, on observe également en dehors des zones mylonitiques des zones de carbonatation décimétriques, avec quartz, pyrite et or. Ces zones présentent une puissance centimétriques à décimétriques et sont parallèles à la foliation principale. Elles sont reprises par la schistosité D2 et les kinks D3. Les relations entre ces zones et le "flow ore" ne sont pas connues.

Une étude inédite (Lakefield, 1988) signale l'association de la tétradymite, de la pyrrhotite et de l'acanthite avec la pyrite dans la zone JKL ; la galène est associée à l'or, et se dispose de façon interstitielle dans la pyrite (sur les marges, les fractures) et dans la sphalérite ; celle-ci est associée à la chalcopryrite; la marcasite remplace l'arsénopyrite, la pyrite et la pyrrhotite. L'or est assez fin, de l'ordre de 8.7 à 16 microns. Il est plus rarement associé à des silicates.

No d'échan.	Type	% tot.	Asp	Py	Mar	Po	Cp	Sp	Ga	Or	Bi	S Br	Bm	Tdm	Mt	Ilm	Ru
42	A	<1		O			.										
101	A	10	O	o	
102	A	1		o		.	.	.									O
103	A	2		.			.	.							O		O
B1a	A	40					o	.	.		o	O	O	.			
B1b	A	10					o	.	.		.	O	O				
52	BAS	tr		.			.										
72	Tuf	<1		o			o										o
73	Tuf	≤1		o			.										.
35	C	1		o			.										o
84	FC	1		O											.		o
85	FC	1 1/2		O			.										o
87	FC	1		O			.										.
88	FC	tr		.			.										O
30	FV	1		.			.										
75	FV	1 1/2		o			.								o		o
76	FV	7		O			.			.							.
96	FV	2 1/2		o			.								O		O
99	FV	3		o			.								O		.
22	I	8		O			o								.		.
15	JK	10		O			o	o									
17	JK	12		O			o	o									
18	JK	8		O			.										
45	JK	6		O			o		o	o							.
77	JK	5		O		
78	JK	8		O					o	.							.
81	JK	7		O		.	o										o
4	RM	4		o	o	O	.		.						.		o
57	702	1		o													o

A,C,I,JK : zone minéralisée -400 et 275

FC: Faille Cadillac

FV: Faille Verte

702: zone minéralisée -702

RM: Rouyn Merger

BAS, TUF: pyrite disséminée dans les basaltes et les tufs

Tableau 2: Minéralogie du gisement de McWatters

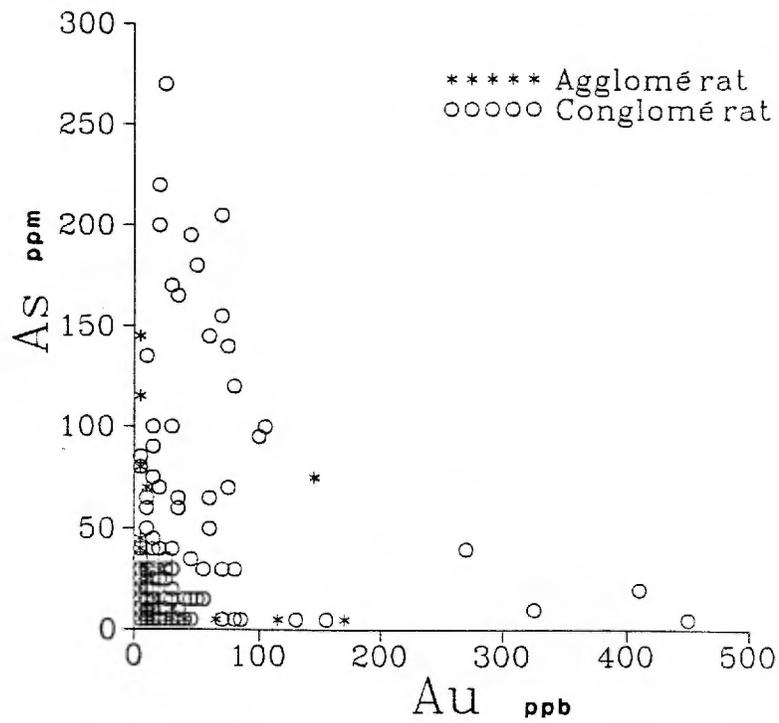
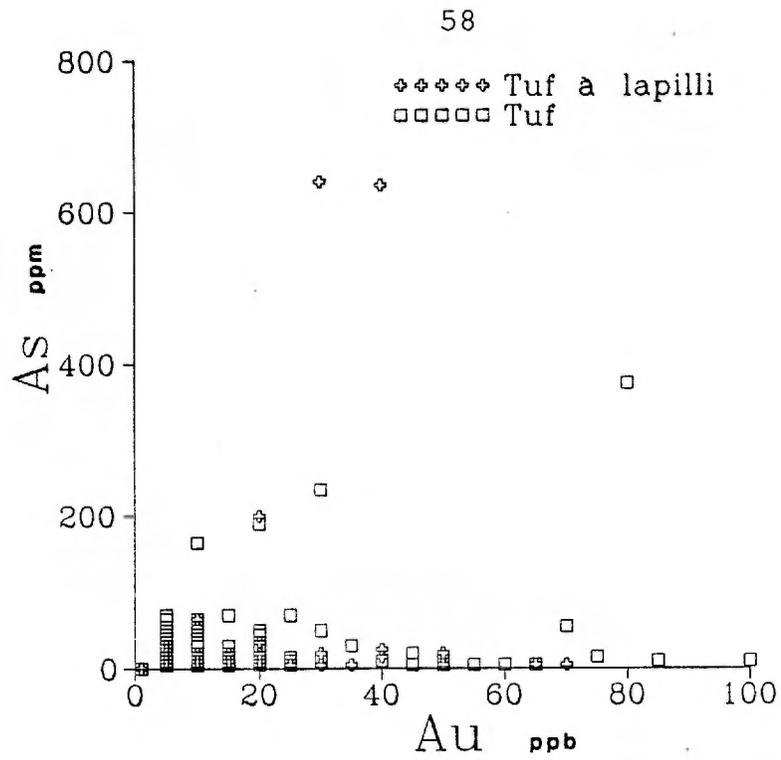


Figure 24

Teneurs en or et arsenic dans la mine McWatters (données inédites McAdam)

513. zones ABCDEFGH : veines à quartz-tourmaline

Ces veines apparaissent dans les chantiers ABCDE de l'ancienne mine; le quartz contient un assemblage sulfuré abondant avec tourmaline et carbonates. Elles ne semblent pas limitées aux couloirs cisailants. Leur puissance est très variable, pouvant atteindre 4 m localement.

Les plans miniers et la carte de Wilson (1962) suggèrent l'existence de 2 types de pendage pour ces veines, d'une part parallèles aux contacts entre les unités volcano-sédimentaires (A,B,C,D,E), d'autre part en forme de relais sygmoides à pendage plus vertical (B,C,E,F,G). Il est cependant difficile de caractériser ces dernières puisque'elles apparaissent sous la côte 400', dans une zone noyée qui n'a pas été reconnu par forage au cours de ces dernières années. Cette zone a été très productrice en particulier entre les niveaux 650 et 900', donc en grande partie au sein même des sédiments. Hawley (1934) a tiré partie de cette situation pour argumenter un contrôle associé à la perméabilité des conglomérats. Nous ne disposons pas d'observations nouvelles qui permettraient de donner une interprétation structurale bien que la morphologie dessinée par les travaux miniers suggère un jeu en faille normale du système minéralisé.

Les veines observées montrent deux types de structures internes : des veines de tension, entourées par une auréole de tourmaline métasomatique, disposée à gauche de la schistosité D2, ce qui pourrait indiquer une composante décrochante senestre, et des zones de brèches (zone 702). Ces minéralisations sont déformées par D3 et par les kinks (planche photographique 7). De la fuschite leur est associée. Enfin, un quartz blanc d'allure stérile vient souvent recouper ces veines .

L'analyse détaillée des structures dans les vieux chantiers de la zone A permet de mettre en évidence une mise en place assez complexe. La figure 26 montre que les zones de quartz occupent deux directions en tension, avec des sulfures disposés au fond des fentes subverticales et une tourmalinisation diffuse dans la zone de relais entre les fentes. Ce dispositif suggère l'évolution selon les six étapes suivantes :

- 1 : formation d'une schistosité subverticale (D1),
- 2 : formation des fentes à pendage Nord, avec une vitesse de propagation assez lente du fait du faible recouvrement entre les fentes et de leur longueur (Pollard et Aydin, 1988). Il est possible que cette faible vitesse de propagation soit à mettre en relation avec un déviateur de stress relativement faible ;
- 3 : genèse de structures conjuguées sous l'effet soit d'une rotation des contraintes, soit d'une augmentation du stress ;
- 4 : dépôt de la minéralisation sulfurée au fond des fentes de tension
- 5 : dépôt du quartz lors d'une phase d'extension, sans doute associée au relâchement des contraintes
- 6 : reprise lors d'une déformation provoquant des jeux cisailants

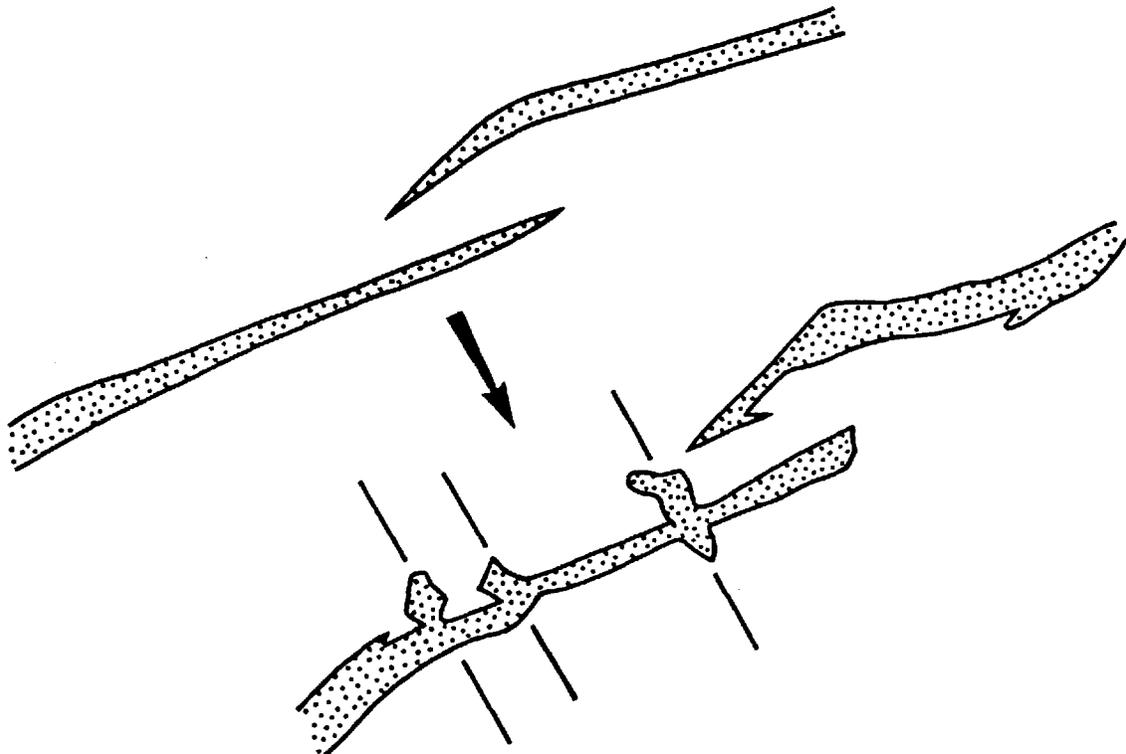
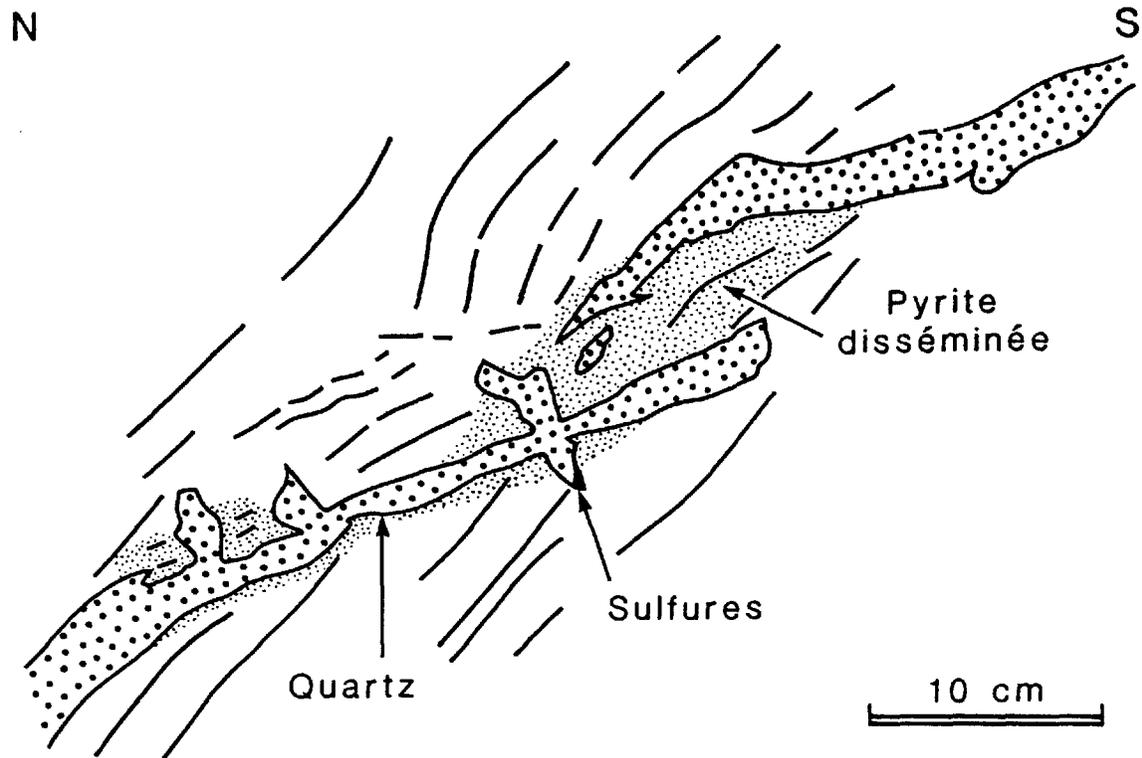


Figure 25

Allure des minéralisations en tension, zone A et interprétation tectonique

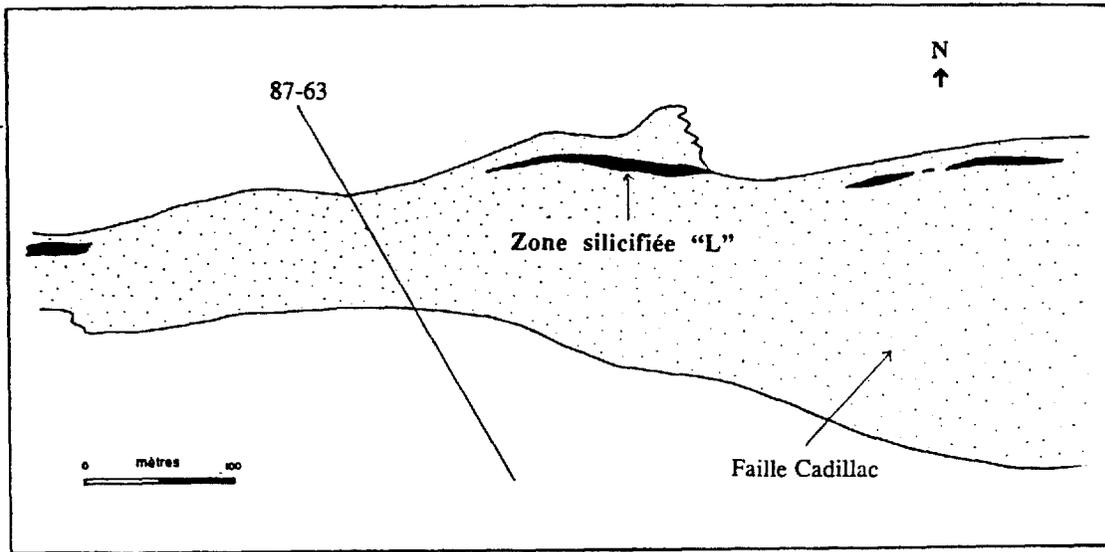


Figure 26 Plan projeté en surface de la zone L le long de la faille Cadillac

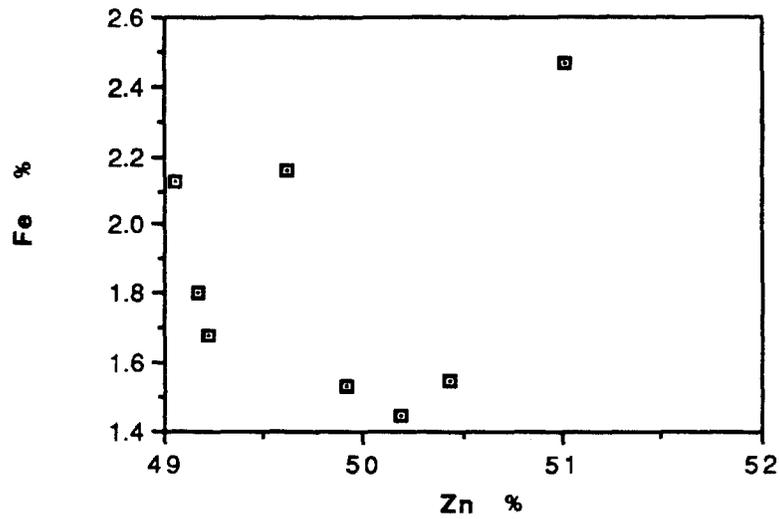
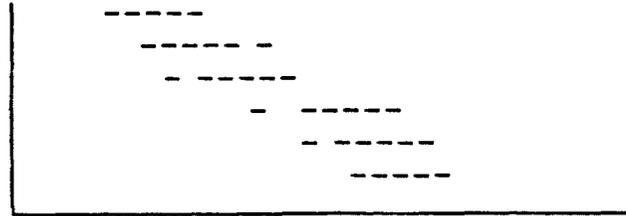


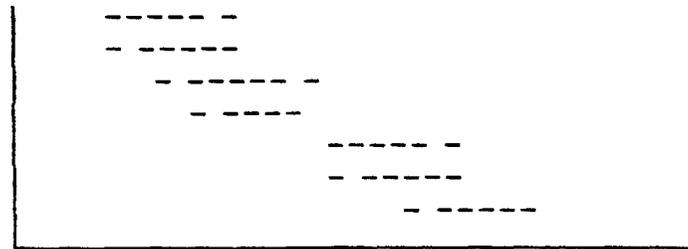
Figure 27 Diagramme Fe-Zn des sphalérites de McWatters, zones A, -400'

ZONE A

Ilménite
 Arsénopyrite
 Pyrite
 Pyrrhotite
 Chalcopyrite
 Or



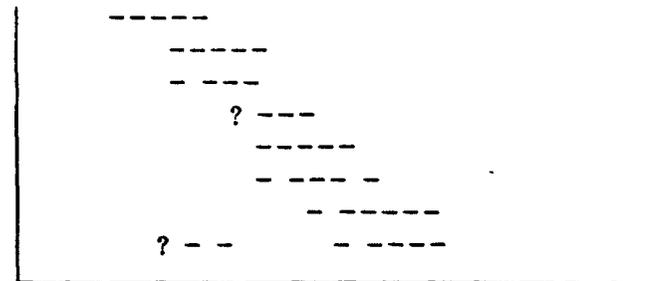
Tétradymite
 Solution Bm
 Bismuthinite
 Bismuth
 Chalcopyrite
 Sphalérite
 Galène



temps ---->

ZONE JK

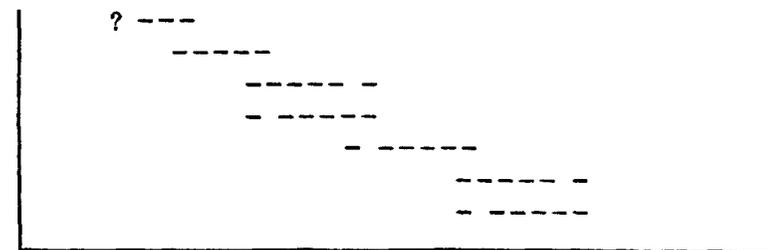
Ilménite
 Pyrite
 Rutile
 Pyrrhotite
 Chalcopyrite
 Sphalérite
 Galène
 Or



temps ---->

ZONE RM

Magnétite
 Ilménite
 Pyrite
 Pyrrhotite
 Marcasite
 Chalcopyrite
 Galène



temps ---->

Tableau 3

Chronologie des minéralisations sulfurées à McWatters

Le dépôt des sulfures semble donc contemporain d'un relâchement des contraintes : ce mécanisme de dépression est donc du même ordre que les structures "crack and seal", mais sans rythmicité.

L'assemblage minéralogique comprend essentiellement de l'arsénopyrite, pyrite, pyrrhotine et ilménite, avec des traces de chalcopyrite, de sphalérite et de galène. La sphalérite est assez pauvre en fer (figure 27). On observe localement des assemblages complexes à bismuthinite, bismuth, tétradymite (planche photographique 8). On rencontre également une bismuthinite particulière, contenant du fer et du cuivre en substitution et en proportion variable. Ce produit peut également contenir en petites quantités Zn et Ag. Le pôle cuprifère de la bismuthinite forme une solution solide vers l'aikinite ; on ne connaît pas de pôle ferrifère ; ce minéral contient de la chalcopyrite en exsolution.

L'or est peu argentifère, autour de 15 % Ag, avec parfois un peu de fer et d'arsenic (« 1 %). La pyrite est légèrement arseniée (0.8 à 1.5 %). La magnétite est parfois présente. La gangue comprend quartz, carbonates (calcite) et tourmaline.

A l'échelle de la section polie, la chronologie des dépôts (tableau 2) montre que les espèces du fer et de l'arsenic apparaissent précocement, tandis que l'or apparaît tardivement dans cet assemblage sulfuré.

514. fentes de tension subhorizontales : JK

Ces fentes sont surtout limitées aux basaltes massifs de la zone JK ; mais on en connaît également dans la zone L (forage 87-63), et dans les zones ABCD. Elles mesurent jusqu'à 40 cm de puissance et plus de 10 m de long. Elles paraissent associées à des mouvements compressifs en faille inverse, accompagnés de plis parasites immédiatement à leur voisinage (niveau -275'). Ces plis sont rattachés à D3. La densité de ces fentes augmente dans les zones les plus compétentes, en particulier les bancs silicifiés ou carbonatisés (planche photographique 7). Elles sont ensuite reprises par la déformation 3 et par les kinks. Cette déformation est sans doute responsable de la texture microsaccharoïde du quartz.

Ces fentes sont minéralisées à l'intersection du minerai rubané carbonaté (W. Hanich, comm. orale) qu'elles recoupent. Leur minéralogie est simple, avec pyrite abondante, or parfois visible, galène et sphalérite. Elles sont entourées par une auréole de pyritisation métasomatique, à laquelle sont associés pyrrhotite, galène, et or (figure 22). Cette pyritisation s'accompagne d'une baisse de la susceptibilité magnétique, témoignant de la destruction de la magnétite primaire. Latéralement, elles passent à de minces veines à pyrite seule.

La tourmaline montre une tendance à croître depuis la base des fentes de tension. Cette structure à caractère géopétal pourrait indiquer des conditions de nucléation tranquille, et donc d'un régime hydraulique peu intense. En dehors de la zone JK, elles contiennent parfois seulement du quartz et de gros cristaux de carbonates ankéritiques automorphes aux épontes ou sur les bordures. Ces dispositions témoignent donc d'une cristallisation lente sans contrainte.

Les sulfures montrent un ordre de dépôt comparable à la zone A (tableau 2) : après les dépôts de minéraux titanés issus de l'altération de l'encaissant, on observe des sulfures de fer, puis l'association chalcopryrite, sphalérite et galène. L'or se présente sous forme d'inclusion vraisemblablement à caractère tardif. Cependant, sa cristallisation précoce ne peut être exclue.

515. Conclusion

La paragenèse des veines de type ABCD est donc caractérisée par des minéraux de haute température : tourmaline abondante, arsénopyrite, minéraux de bismuth. Celle de la zone JKL semblent très comparable (tableau 4) et est portée par des structures précoces associées à D1. Les reprises plus tardives (fentes de tension syn-D2) montrent une association plus pauvre à or seul.

zone références année	ABCD Hawley 1934	JKL Lakefield 1988	ABCD ce travail 1990
Albite	x		x
Quartz	x	x	x
Tourmaline	x		x
Pyrite	x	x	x
Carbonates	x		x
Pyrrhotite	x		x
Chalcopyrite	x	x	x
Or natif	x	x	x
Hessite	x		
Arsénopyrite		x	x
Ilménite		x	x
Rutile		x	x
Leucoxène		x	x
Sphalérite		x	x
Galène		x	x
Bornite		x	
Acanthite		x	
Marcasite		x	x
Tétradymite		x	x
Scheelite			
Bismuth			x
Bismuthinite			x

Tableau 4 : minéraux hydrothermaux à McWatters

52. Altérations hydrothermales

Les minéralisations de McWatters sont déformées à différents degrés. Elles occupent de plus des zones fortement tectonisées et de nature lithologique contrastée. La lecture des altérations est donc particulièrement délicate. Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet se sont limités à une caractérisation sommaire des différents types d'altération. On peut en distinguer deux grands types : chloritisation et altération argileuse.

521. Chloritisation

La chloritisation est extrêmement bien développée à McWatters. La totalité des roches est affectée par ce phénomène. Nous en avons distingué deux grands types, l'un affectant l'ensemble de la zone et qui pourrait être associé au métamorphisme, l'autre en relation avec les zones de déformation mylonitiques précoces (Proto-Cadillac).

La chloritisation à caractère régionale présente un caractère perversif. La chlorite est associée à des carbonates et de l'épidote et se développe aussi bien dans les basaltes que dans les andésites. L'étude géochimique des chlorites le long d'un coupe Nord-Sud montre la présence d'au moins deux populations distinctes : dans les basaltes cristallisent surtout des chlorites magnésiennes tandis que dans les andésites n'apparaissent que des chlorites généralement plus ferrifères. Les chlorites magnésiennes semblent plus abondantes près de la faille de Cadillac. On pourrait relier ce caractère à la nature initiale plus magnésiennes des basaltes encaissants. Il y aurait donc une conservation globale du chimisme des roches au cours de cette phase. Cela signifie que les distances de transfert étaient relativement faibles, ce qui conduit à penser que le rapport eaux-roches était bas.

Cette chloritisation s'accompagne d'un dépôt de magnétite. Un profil dans le travers banc au niveau -400' (figure 28) montre une augmentation sensible de la susceptibilité magnétique sur une distance d'environ 100 m au mur de la faille de Cadillac. Les relevés inédits de la compagnie McAdams confirme cette anomalie magnétique qui est généralement attribuée à la présence de komatiites.

L'analyse de quelques couples de roches saines et chloritisées par la méthodes des isocones (Grant, 1986) montre que l'altération se traduit par une perte de masse ou un gain de volume de l'ordre de 5 à 10 %. On observe un net ajout de CO₂, d'H₂O, parfois de Mn. Les apports en éléments non volatils sont donc faibles (figure 29). On constate un départ des alcalins, et en particulier de Na et Ca. Le comportement de K, Sr et Rb est particulier : dans certains couples d'échantillons, la roche altérée est appauvrie (MW194-199), dans d'autres elle est enrichie (MW53-54). Il existe donc une redistribution de ces éléments à l'échelle de la zone tectonique de Cadillac. Ce comportement est assez inhabituel puisque l'on observe généralement un apport du potassium (Kerrick, 1989).

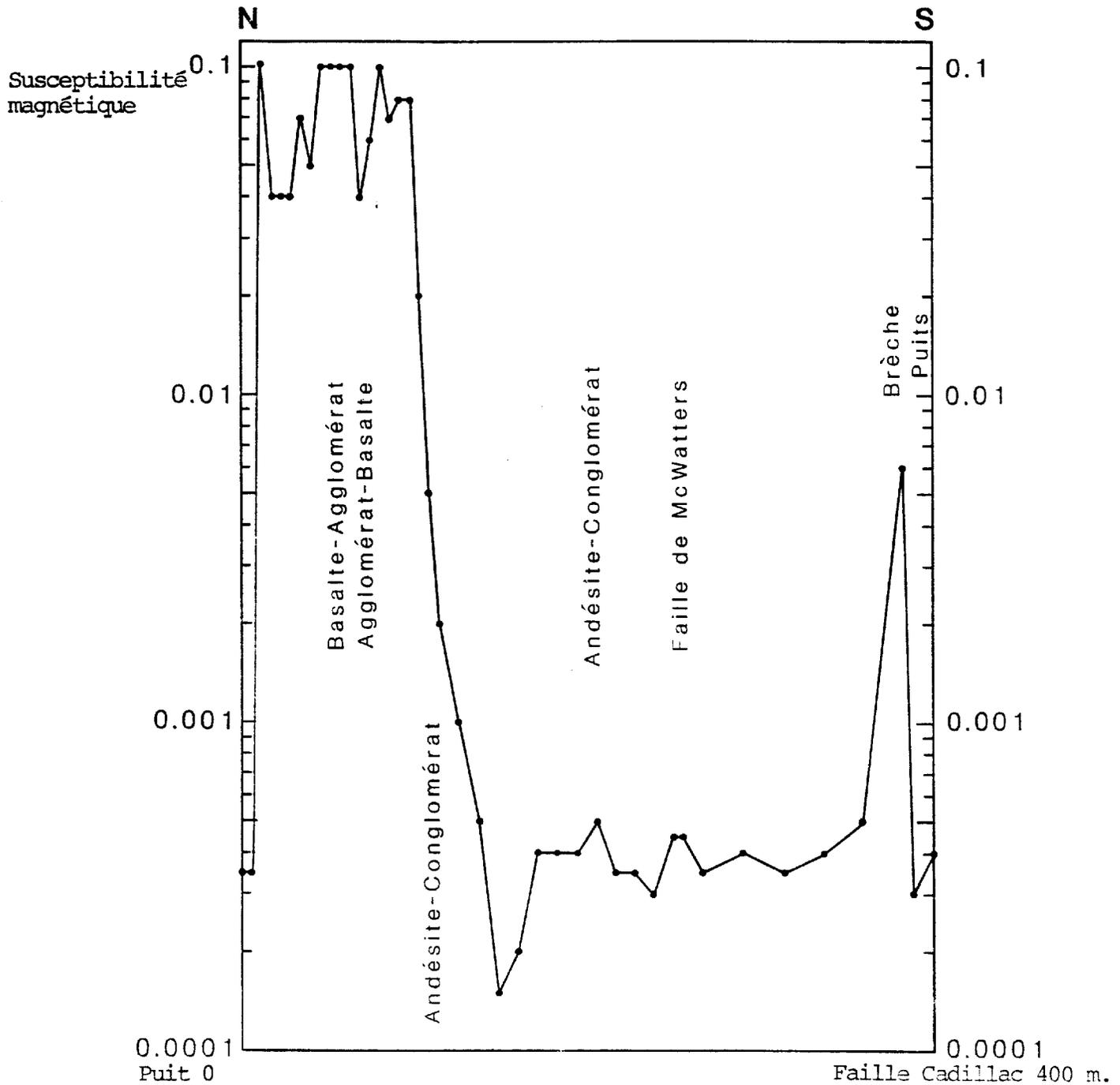


Figure 28 - Coupe magnétique N-S entre le puit et la faille Cadillac
Travers banc - 400°, mine McWatters

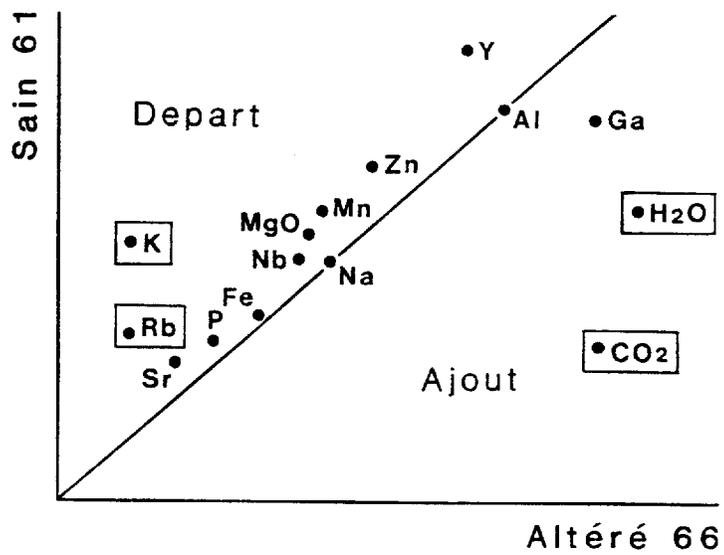
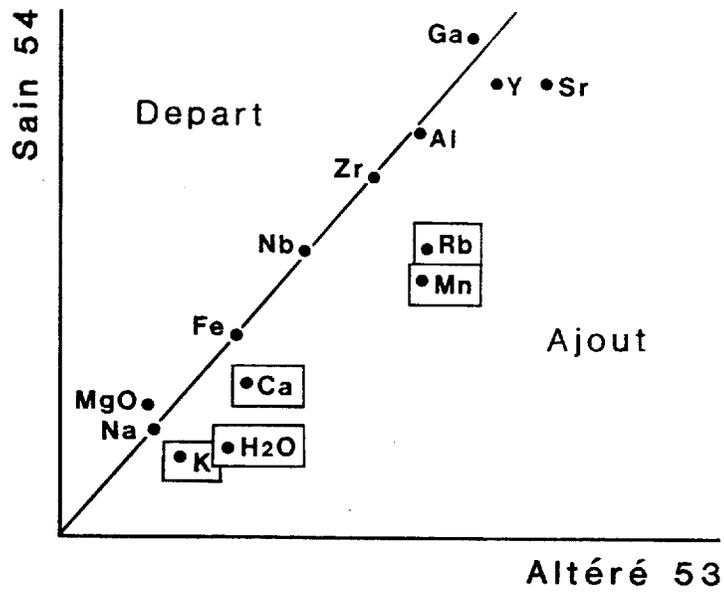


Figure 29 - Diagrammes isocones montrant les apports de H₂O, K, Ca, Rb, N_m et les départs de K et Rb dans 2 couples d'andesite de McWatters.

Dans les zones de failles, s'on observe également des chloritisations. Ainsi, les zones mylonitiques de type Proto-Cadillac, on peut observer de chlorites vertes syn-tectoniques. Leur analyse est en cours (Morin, en préparation). Au toit de la faille McWatters, une unité d'aspect tufacé à granulométrie très fine contient quartz, carbonate, chlorite et micas blancs. La présence de micas blancs en l'absence d'actinote et d'épidote correspond à l'assemblage minéralogique des roches les plus altérées (type III) décrites par Gélinas et al. (1982). La position de cette unité au toit de la faille McWatters indique qu'il existe sans doute des faciès précoces de mylonites le long de cette faille, ce qui pourraient expliquer son degré élevé d'altération.

Il apparaît donc deux types d'association chloriteuses: (1) limités aux cisaillements avec des micas blancs; (2) sans micas blancs et plus régionales. Les altérations chloriteuses sans micas blancs sont considérées comme traduisant des conditions de relativement faible température (Meunier et al., 1987). Les altérations à micas blancs pourraient traduire une valeur plus forte du rapport eau-roche lors des phases de cisaillement précoce (Meunier et al., 1987).

522. Altération argileuse

Les altérations argileuses, ou "argilic" des auteurs de langue anglaise est caractérisées par le développement de phases argileuses traduisant une destruction plus ou moins complète des silicates primaires. On en distingue deux sous types : l'altération intermédiaire montre une association à montmorillonite, illite, interstratifiés, chlorite, plus ou moins kaolinite. L'altération avancée est caractérisée par l'association kaolinite, dickite, diaspore, andalousite, voire corindon, parfois alunite.

Dans la région de McWatters, on observe des zones d'argilisations d'une puissance décimétrique le long des grandes zones de faille. Cette altération, très instable mécaniquement en surface, n'a été observée que dans les travaux miniers. Dans la zone de faille de Cadillac, les copeaux mylonitiques sont repris par des argiles où l'on connaît surtout de la kaolinite (détermination RX). Le toit de la faille Mc Watters est marqué également par une zone argileuse blanchâtre pouvant atteindre 80 cm. Cette zone est postérieure à des stries subhorizontales qui indiquent un rejeu tardif rapporté à l'épisode Grenvillien. L'analyse aux RX des produits argileux montre une association à kaolinite et montmorillonite.

Ce type d'assemblage doit être rapporté à une association à très basse température, sans doute moins de 100°C (Meunier et al., 1987) de type intermédiaire.

c. Conclusions

La très faible abondance des micas blancs ou du feldspath potassique est tout à fait exceptionnelle pour ce type de gisement. On sait en effet que les zones de cisaillement aurifères

sont presque toujours accompagnées par un métasomatisme potassique intense (Boyle, 1979 ; Colvine, 1989).

53. Minéralogie du bore

Le bore est un élément incompatible dont le cycle reste mal inconnu. A l'Archéen, cet élément est jusqu'à présent surtout marqué par les nombreuses concentrations de tourmaline qui accompagnent les gisements d'or (Bain, 1933. Boyle, 1979). Durocher (1983) a ainsi montré dans la région de Red Lake une forte augmentation du contenu en bore, atteignant 10-100 ppm autour de la zone de shear et dépassant 1000 ppm dans les zones tourmalinisées; la distribution est similaire à celle de K₂O et Sb. Il s'agit généralement de tourmaline appartenant à la série schorl-dravite, plus rarement de dravite chromifère (King et Kerrich, 1989). Henry et Guidotti (1985), Slack et Coad (1989) ont montré que la tourmaline pouvait être utilisée comme un indicateur pétrologique du fait de ses multiples substitutions.

Il existe de nombreuses formes du bore à McWatters : tourmalines de diverses générations, axinites.

531. Axinite et tourmaline métamorphiques

A McWatters, l'axinite est connue sous forme de fente de tension millimétriques à centimétriques dans les basaltes situés au Sud du puits. Elle est associée à du quartz, de l'épidote, de la tourmaline, de l'actinote. Ces fentes sont reprises par une schistosité pénétrative attribuée à S2.

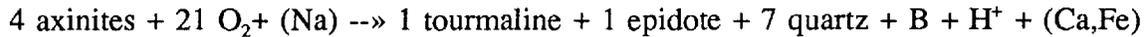
Les cristaux d'axinite sont de forme aciculaire, avec des dimensions de l'ordre de quelques centaines de microns. La formule complète de l'axinite est :



Les axinites de McWatters sont ferrifères, mais riches en magnésium et dépourvues de manganèse (annexe 2). Dans la nomenclature de Sanero et Gottardi (1968), elles sont donc assez proches du pôle magnésio-axinite. Leur composition les rapproche des axinites de Feathers River, Plumas County, en Californie (Sanero et Gottardi, 1968).

Des axinites associées aux gisements d'or ont été décrits dans la région du Lac Short : l'indice Relique, situé à 12 km du Lac Short est encaissé par des laves massives et coussinées. L'axinite cristallise dans des veines de quartz en tension syntectonique pouvant atteindre 20 cm (Brisson et Guha, 1990).

L'axinite est transformée secondairement en tourmaline, quartz et épidote. De l'actinote est souvent associée. Les quantités relatives de tourmaline et d'épidote formées sont à peu près égales (planche photographique 9). Cette réaction peut donc s'écrire :



Cette réaction correspond à une oxydation de l'axinite, avec une libération d'un peu de bore. L'apport en Na nécessite la présence de fluides légèrement salins.

L'épigénie des axinites en tourmaline est toujours partielle. On observe deux types de remplacement, soit au sein des cristaux, soit en bordure des veines à axinite, donnant une impression de croissance pariétale. La tourmaline est bleue, associée soit à du quartz, soit associée à épidote et quartz ; elle forme des cristaux d'une centaine de microns. Les analyses au MEB montrent qu'il s'agit de tourmalines intermédiaires entre shorl et dravite. On observe des actinotes poussant sur les cristaux de tourmalines.

Par rapport aux autres tourmalines de McWatters, ces tourmalines sont plus pauvres en aluminium et en sodium ; elles sont également plus riches en fer, calcium et silicium. Le rapport Fe/Fe+Mg est légèrement supérieur à celui des autres tourmalines de McWatters autour de 0.4 à 0.5 au lieu de 0.3 (figure 30). Le fluor est de l'ordre de 0.5 % et inférieur à 0.84 %. Il semble que le site X est bien rempli ; le rapport Na/Ca+Ca est plus faible, autour de 0.6 au lieu de 0.85. Le calcium est donc plus abondant. Cette abondance s'explique sans doute par l'héritage du calcium de l'axinite.

Ces tourmalines sont donc largement différentes des tourmalines hydrothermales. Le fort contenu en Fe pourrait être mis en relation avec l'absence de précipitation des sulfures. En effet, Slack et Coad (1989) ont montré que la coprécipitation chlorite-tourmaline montrait un partage régulier du Fe et du Mg entre les 2 minéraux. On sait que les fortes fugacités en soufre conduisent à une augmentation du rapport Mg/Fe, contrôlé par la précipitation de la pyrite.

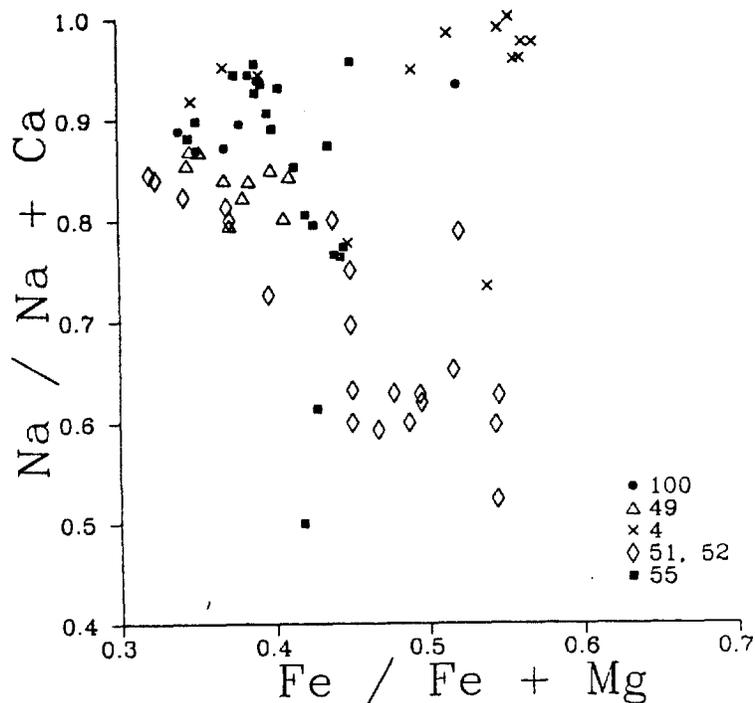


Figure 30

Diagramme $\text{Na} / \text{Na} + \text{Ca}$ vs $\text{Fe} / \text{Fe} + \text{Mg}$ en nombre d'atome dans la structure pour les tourmalines de McWatters

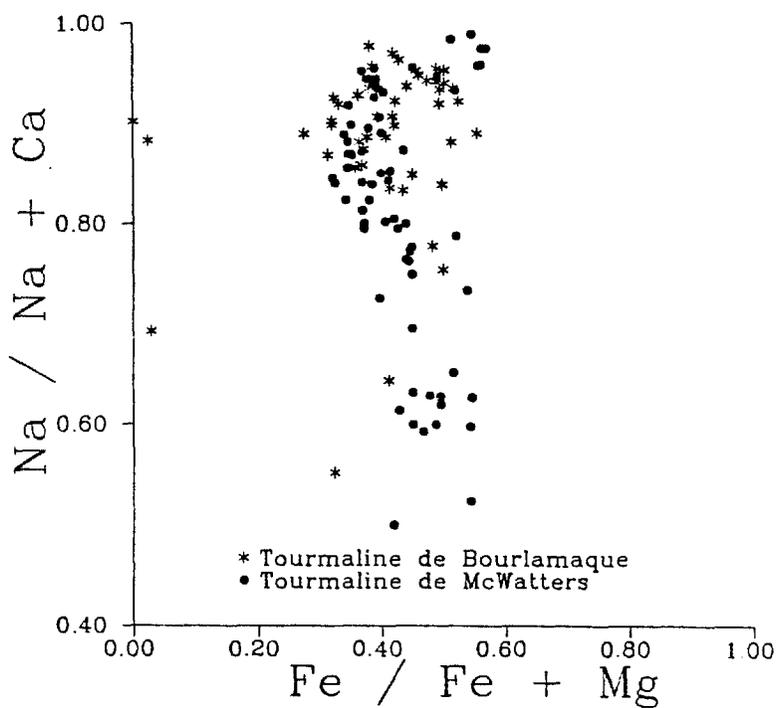


Figure 31

Diagramme $\text{Na} / \text{Na} + \text{Ca}$ vs $\text{Fe} / \text{Fe} + \text{Mg}$ en nombre d'atome dans la structure pour les tourmalines de McWatters et du granite de Bourlamaque (Jébrak, inédit)

532. Les stylolithes à tourmaline

Dans les andésites chloritisés, au voisinage des veines à axinite ont été observés des stylolithes composés de cristaux de tourmaline (planche photographique 9) : il s'agit donc d'une précipitation dans un contexte de dissolution sous pression ("pressure solution") qui traduit le plus souvent des distances de transport très faible. Dans le cas de déformation par creep, on a conservation du volume et de la chimie (McClay, 1977) : ce processus est donc largement différent d'un remplissage hydrothermal.

Les tourmalines dessinent plusieurs bandes microplissées et montrent une orientation régulière. Deux générations de cristaux peuvent être distinguées, sans différences optiques significatives.

L'analyse à la microsonde montre que ces tourmalines sont intermédiaires entre dravite et schorl ; elles apparaissent cependant plus proche du pôle dravite que les tourmalines issues de la transformation des axinites.

533. Les tourmalines métasomatiques

Les tourmalines forment des remplacements aux épontes de veines de quartz à sulfures et or dans la zone 702 et les zones ABCD.

Nous avons étudié plus en détail l'un de ces remplacements (figure 31). Les tourmalines sont automorphes et zonées, avec trois zones bien distinctes : un coeur bleu clair, une auréole brune et un bord brun foncé. Ainsi, les tourmalines zonées associées aux gisements d'or sont rares en l'Abitibi, mais peuvent être présentes contrairement à l'affirmation de King et Kerrich (1989).

Dans la classification d'Henry et Guidotti (1985), ces tourmalines sont assez alumineuses, ce qui leur confère une association comparable aux tourmalines des granites hydrothermalisés. Leur composition est en tout point semblable à celle du granite de Bourlamaque (figure 32). Elles ne contiennent pas de F, de Cr, de K.

Le calcul de la formule structurale à partir des analyse MEB fait apparaître un rapport Fe/Fe+Mg (en atome) inférieur à 0.5, ce qui en fait des dravites-shorls peu calciques.

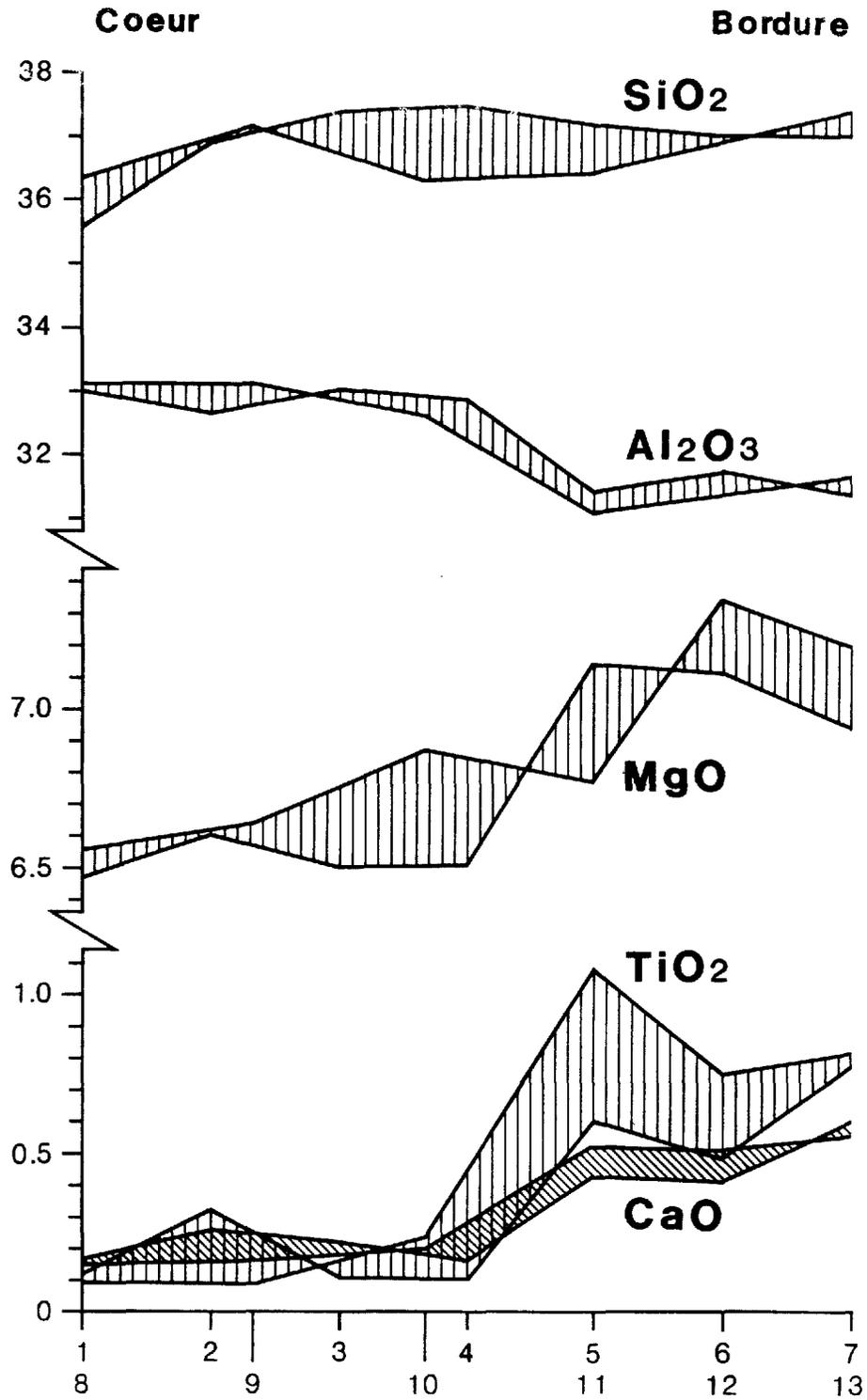


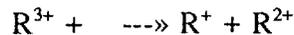
Fig. 32 Coupes géochimiques à la microsonde dans une tourmaline métasomatique, zone 702

La zonalité observée correspond à une baisse du rapport Na/Ca, avec un rapport de substitution Na/(Na+Ca) en site X (site des alcalins) passant de 0.95 au coeur à 0.85 en bordure. On observe également une très légère baisse du rapport Fe/(Fe+Mg), entre 0.39 et 0.36. L'augmentation des teneurs en titane est corrélée à celle du Mg et du Ca. Henry et Guidotti (1985) ont décrit une évolution de même type.

La variation de couleur vers le jaune correspond à une augmentation de la teneur en titane, ainsi que Leckebush (1978) l'a observée. On peut résumer cette zonalité comme le passage de $\text{Si}_{5.9}\text{Al}_{0.1}$, $(\text{Al}_{0.4}\text{Fe}, \text{Mg}_{1.6})$, $\text{Na}_{0.65}$ au coeur, à Si_6 , $(\text{Ti}_{0.1}\text{Fe}, \text{Mg}_{1.7})$, $\text{Na}_{0.7}\text{Ca}_{0.1}$

Trois substitutions se produisent lors du passage du coeur à la périphérie :

- * baisse de la faible substitution Si-Al, qui devient nulle en bordure
- * vidage du site Y, des ferro-magnésiens et substitution de Ti à Al ; gain léger en Mg
- * remplissage du site X, des alcalins, par ajout de Ca et de très peu de Na. Cette dernière substitution pourrait correspondre à une substitution alcalin-vacance (Foït et Rosenberg, 1977) du type :



Sur le plan électrique, ces substitutions peuvent s'interpréter comme le vidage du site Y qui s'accompagne du passage de Al^{3+} à Ti^{4+} , donc d'un gain partiel de H_4^{+} compensé par l'augmentation du vide. Sur le site X, l'ajout de Ca peut s'interpréter comme une acidification du site. La substitution Al-Si en site X pose la question d'un possible jeu thermométrique, qui exprimerait une baisse de température.

Que signifie cette substitution ? Deux modèles peuvent être considérés : (1) une variation de la composition du fluide, donc des cations présents, et/ou (2) une variation des conditions de précipitation.

Dans le premier modèle, on peut penser que le fluide était initialement sodique et qu'il devient plus calcique à la fin de la cristallisation des tourmalines. Ce changement de composition peut être attribué soit à une évolution intrinsèque de la solution hydrothermale, soit à un rapport eaux-roche plus bas conduisant à l'incorporation d'un plus grand nombre d'ions Ca en provenance de l'encaissant. Celui-ci apparaît cependant très pauvre en calcium, ce qui conduit à rejeter la seconde hypothèse.

Dans le second modèle, on peut penser à des variations de températures affectant le rapport Na/Ca ou à des variations de l'acidité au sens de Lewis (Burt, 1979). Cette substitution correspond à un échange : Al_{3+} , Na_+ contre Ca_{2+} , Mg_{2+} , Ti_{4+} .

534. Les tourmalines fissurales

Les tourmalines fissurales sont les plus abondantes à McWatters. On les rencontre à deux reprises :

- tourmaline filonienne précoce, tectonisée et boudinée dans les zones minéralisées à caractère mylonitique ; ce faciès apparaît aussi bien dans les bandes mylonitiques que dans la zone A ;
- tourmaline tardive, dans les veines de quartz filonien, en particulier dans les fentes de tension qui recourent les zones carbonatées dans les zones JKL.

Sur le plan stœchiométrique, les analyses au MEB montrent que le site X est normal avec un remplissage de 0.7 à 0.8 ; le rapport atomique Fe/(Fe+Mg) est de l'ordre de 0.5. Il n'y a pas d'Al. Le rapport Na/(Na+Ca) dépasse parfois 0.9.

Ces analyses des tourmalines de la zone minéralisée sont presque identiques aux tourmalines de bordure des zones métasomatiques.

535. Conclusions

La présence d'axinite témoigne d'un métamorphisme sur des riches calciques. On peut donc penser que les roches basiques de McWatters ont subi une phase de carbonatation précoce. Le bore a pu être extrait des basaltes ou dans des andésites au cours de cette altération (Bergeron, 1989). Les stylolithes à tourmaline confirment le rôle de réservoir potentiel de ces roches basiques.

Dans les gisements de type skarn, l'axinite est souvent associée à calcite, datolite ($\text{CaBSiO}_4(\text{OH})$), quartz et épidote. Les conditions de formations seraient à température assez élevées ($> 400\text{ }^\circ\text{C}$) et à faible pression de CO_2 . Les conditions du métamorphisme à McWatters étaient sans doute comparable. Les tourmalines stylolithiques pourraient être contemporaines de la transformation des axinites.

Les tourmalines métasomatiques et hydrothermales correspondent à une autre génération. Le contexte devait être plus perméable afin de permettre des transports sur de plus longue distance.

54. Conditions de dépôts

Le gisement de McWatters est à l'évidence polyphasé. Les minéralisations occupent différents sites tectoniques ductiles et cassants. Nous tenterons ici de déterminer les conditions de dépôts des minéralisations les plus riches des zones ABCD.

On peut tenter d'utiliser plusieurs outils minéralogiques afin de préciser les conditions de formation de ces veines.

Ainsi, le contenu en arsenic des arsénopyrites a été utilisé comme géothermomètre (Kretschmar et Scott, 1976). Ces auteurs ont montré que la stockiométrie des arsénopyrites variait en fonction de l'activité en soufre et de la température. Ces variations sont utilisables au dessus de 300 °C. Mais Sharp et al. (1985) ont montré que la pression pouvait également jouer un rôle, en augmentant le contenu en soufre à pression croissante et température constante, avec une influence de l'ordre de 15 °C/Kbar. Ce géothermomètre doit donc être utilisé avec prudence.

L'arsenic correspond à environ 31.5 % en concentration atomique ; cette valeur assez faible caractérise des températures de mise en place entre 320 et 360 °C. L'équilibre bismuth-bismuthinite permet de préciser encore la température de formation, autour de 345 ± 20 °C. A cette température, on est proche de l'équilibre pyrite-pyrrhotite ; ces minéraux devraient être en équilibre avec la pyrrhotite (Barton et Skinner, 1967). La fugacité en S doit alors être située autour de 10^{-10} (figure 33).

Des températures élevées sont confirmées par des observations préliminaires sur les inclusions fluides des quartz associés. On observe en effet des rapports gaz/liquide élevés pour des inclusions aqueuses (planche photographique 9).

En terme de température, il s'agit donc de valeurs relativement élevés : les températures souvent estimées pour les zones de cisaillements aurifères sont de l'ordre de 250 à 300 °C (Colvine, 1989). Kerrich (1989) donne des valeurs isotopiques entre 270 °C et 340 °C, exceptionnellement 400 °C. Dans une synthèse sur les inclusions fluides des gisements aurifères de l'Abitibi, Kheang et al. (1989) montrent que les fluides présentent des températures entre 290 et 350 °C.

Cependant, le long de la faille de Cadillac, la température de dépôts des minéralisations en or a été parfois estimée à des valeurs plus fortes : ainsi, Watson et Kerrich (1983) proposent des valeurs entre 420 à 490 °C à Macassa. Dans le secteur de Bousquet, situé au NE de McWatters, le dynamométamorphisme atteint des températures de 500 ± 50 °C (Marquis et al., 1989), tandis que le métamorphisme rétrograde est inférieur à 325 °C (Stowe, 1988). Il est donc possible que la faille de Cadillac soit marquée par des dépôts hydrothermaux à température plus forte que dans le reste de la Province ; les données restent cependant insuffisantes pour valider cette hypothèse.

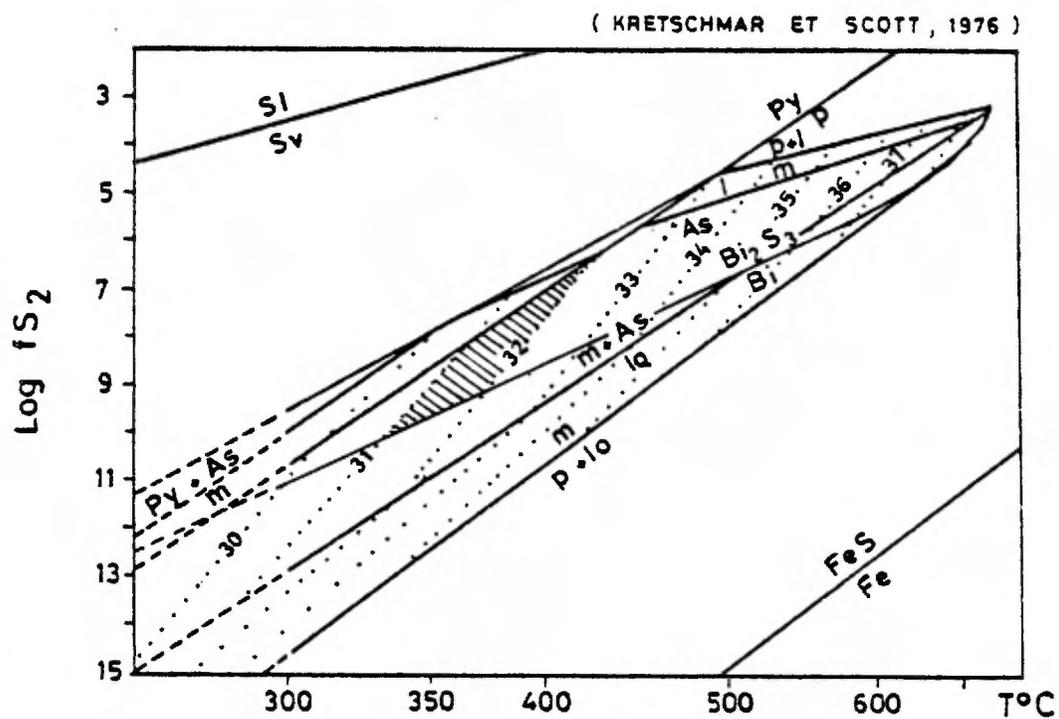


Figure 33

Diagramme fS_2 - T montrant la teneur en As des arsénopyrites de McWatters et la position probable de l'assemblage à bismuth

La présence de l'association pyrite-pyrrhotine sans magnétite montre que le milieu était tamponné sur le plan des conditions redox.

Le pH est plus difficile à déterminer. Il est clair que, compte tenu des températures élevées mesurées, il est probable que le pH n'était pas tamponné par l'encaissant. eAlors que les modèles fréquents considèrent un tampon QFM (Feldspath K + Muscovite + Quartz) avec une solubilité de l'or maximale vers 250 °C, on peut prendre comme pH celui fixé par la concentration en pK_{H_2S} , ce qui conduit à augmenter la solubilité de l'or vers 350 °C (Shenberger et Barnes, 1989).

On peut tenter d'avoir une idée du rapport eau-roche en modélisant la solution. Avec les conditions déterminées plus haut, la solubilité de l'or est de l'ordre de 0.5 mg/kg de solution. Si on prend un contenu global de 10 tonnes d'or (sur les 120 premiers mètres), cela nécessite un volume total de fluide de 20 millions de mètre cube. Un autre calcul peut être basé sur la solubilité du quartz dans l'eau, dans l'hypothèse d'une cristallisation par refroidissement entre 500 °C, température estimée du métamorphisme et 350 °C, température de dépôt. On assume que la pression hydrostatique devait être supérieure à 1.5 Kbar (Holland, 1967), ce qui est très probable. Les valeurs obtenues varient selon la salinité donnée à la solution, mais sont du même ordre de grandeur, autour de 10 millions de m³.

Compte tenu de la taille de la zone hydrothermalisée, ces valeurs correspondent à un rapport eau-roche variant entre 1 et 5 %. Ce rapport supérieur à 1 est assez élevé et traduit donc une mise en place dans un contexte convectif.

6. COMPARAISONS ET INTERPRÉTATIONS

6.1. Comparaisons

La mine McWatters illustre un type de métallogénie particulier le long de la faille de Cadillac. Nous limiterons donc nos comparaisons à des gisements le long de ce couloir.

N. Gauthier (1990) a montré l'existence d'une métallogénie associée à la faille de Cadillac, entre l'Ontario et le Québec. Les minéralisations seraient portées par des zones de cisaillement E-W. Elles montrent un allongement subvertical et un dispositif en échelon. Nous avons retrouvé la plupart de ces caractères à McWatters. De plus, la paragenèse des structures ABCD peut être comparée à celle de Rouyn-Merger : nous avons étudié un échantillon provenant de la route 117, à 500 m au Nord de l'ancienne mine, dans des conglomérats. On y retrouve en effet un riche assemblage à minéraux de bismuth et tétradymite, avec galène et chalcopryrite. On peut donc penser qu'il s'agit bien du même phénomène hydrothermal.

On peut de plus souligner le contrôle lithologique que constitue l'interface entre agglomérats et conglomérats : la quasi-totalité des zones observées minéralisées de McWatters, comme les indices de Rouyn-Merger, occupent ce contact. Les lentilles plus profondes de McWatters recouperaient les conglomérats, mais cette donnée n'a pu être vérifiée faute d'accès. L'association spatiale des minéralisations avec de grands plis en Z, et/ou à l'intersection avec des failles NE-SW nous semble un phénomène lié à un serrage tardif, postérieur à la minéralisation.

Si on étend nos comparaisons vers l'Ontario, deux types de minéralisations sont distinguées (Kishida et Kerrich, 1987) : un minerai continu riche en albite ("flow ore") et des veines discontinues carbonatées. Le premier correspondrait à une déformation ductile, le second à des structures cassantes contrôlées par les cisaillements E-W.

Le minerai continu est généralement associé à des ultramafites. Il montre une forte albitisation associée à des sulfures : arsénopyrite, pyrrhotine, pyrite et chalcopryrite; l'or est associé directement à l'arsénopyrite. Cette minéralisation est recoupée par un stockwerk de quartz stérile.

Le minerai discontinu carbonaté constitue des lentilles de veines de quartz microsaccharoïde, recoupé par des stockwerks à quartz-tourmaline. L'encaissant montre une altération carbonatée à magnésite, sidérite, ankérite, avec quartz, chlorite, tourmaline, fuschite et micas blancs. un peu d'albite et des sulfures (arsénopyrite, gersdorffite, pyrite, chalcopryrite)

apparaissent plus sporadiquement. L'or apparaît sous forme d'or libre dans les fractures du quartz.

A Macassa, le "break ore" est de l'or associé à des zones erratiques à quartz cataclasé gris-blanc; les teneurs sont faibles (Watson et Kerrich, 1983). Le "vein ore" est composé de zones fracturées ou de stockwerks à quartz, carbonates, pyrite, tellurures, or, sericite, chlorite, molybdénite, graphite. Un faciès particulier est celui de la veine E, avec actinolite, grenat calcique, carbonates, épidote, calcite et scheelite

L'étude de la mine McWatters permettent donc de compléter le schéma de Kishida et Kerrich (1987) et de Gauthier (1990). On retrouve bien deux grandes familles de minerai :

* le minerai continu, correspondant aux mylonites à pyrite-or-carbonates de la zone JK ; ce minerai précoce, syn-D1 est recoupé par des fentes de tension sub-horizontales minéralisées qui sont transposées dans l'accident tardif de la faille de Cadillac ;

* le minerai discontinu, correspondant aux zones de cisaillement des zones ABCDE, d'âge D2, donc plus tardif, mais héritant de discontinuités D1 ;

62. Conclusion

Les principaux résultats de ce travail concernent la nature des volcanites, l'histoire tectonique et les types de minéralisations dans la région de McWatters.

Malgré l'altération et la déformation intenses, on peut reconnaître deux types de volcanites : des basaltes magnésiens le long de la faille de Cadillac et une série andésitique au Sud.

Les basaltes magnésiens sont d'affinité tholéitique ; ces roches pourraient être rapprochées des volcanites du Blake River. La série andésitique comprend des laves en coussins et des volcanoclastites : il s'agit d'une unité calco-alcaline marquant un milieu de dépôt sous-marin, peu profond, peu éloigné d'un volcan andésitique (lapilli). Les caractères géochimiques les distinguent clairement d'un volcanisme alcalin comparable à ceux décrit dans le Temiskaming ontarien (Cooke et Moorhouse, 1969) ou des volcanites du groupe de Pontiac. Par contre, leurs rapports Zr/Y élevés autorisent des rapprochements avec les groupes de Piché et de Blake River.

Le modèle tectonique que nous proposons pour le gisement de McWatters comprend trois étapes :

- une déformation ductile précoce à caractère extensif (proto-Cadillac, D1)
- un serrage N-S (Cadillac, D2-D3)
- des réactivations cassantes tardives

Le modèle métallogénique lui est parallèle : on observe des dépôts précoces de sulfures dans les mylonites précoces. L'âge de l'or est moins bien défini ; son association étroite avec des mylonites suggère qu'il pourrait être également précoce. Une autre hypothèse est un contrôle topochimique du dépôt de l'or par des sulfures préexistants. Cette hypothèse nécessite que la perméabilité des mylonites permette l'accès de fluide tardif aux grains de sulfure. Or, la recristallisation intense a réduit le réseau poreux des mylonites et les rend moins perméables que leur encaissant immédiat.

Le gisement de McWatters pourrait présenter ainsi un cas typique de polyphasage des minéralisations et de zone de cisaillement réactivées. Le "flow ore" correspond-t-il à une ancienne zone de schear replissée ? Les cas de ce type sont de plus en plus signalés dans la littérature comme les gisements de Pickle Crow (MacQueens, 1987), Gunnar (Brommecker et al. 1989, Brommecker et Hodgson, 1990), Giant (Brown et Sibson, 1990). Les travaux de Tourigny et al. (1989) à Bousquet montrent également que des minéralisations en or précoces apparaissent au voisinage de la faille de Cadillac.

Ce modèle continu est différent des modèles orthomagmatique (Burrows et al., 1986) ou métamorphique profond (Card et al., 1989 ; Cameron, 1988). Ces modèles font appel à des événements uniques à caractère exceptionnel, soit la spécificité du magmatisme tonalitique, soit la cratonisation fini-archéenne. Leur principal argument est l'âge apparent tardif de bien des minéralisations en or. Toutefois, ces datations ne concernent qu'un seul type de gîte de type veine de quartz (Poulsen et al., 1989). Il est possible que ces gisements ne représentent qu'un épisode tardif des minéralisations en or. Une constatation du même ordre a été réalisée dans le Birrimien de l'Afrique de l'Ouest ou dans le Paléozoïque européen (Hubert et al., 1990; Bonnemaïson et Marcoux, 1987).

Ce modèle permet un héritage local de tout ou partie des éléments et se rapproche ainsi des hypothèses de Hutchinson et Burlington (1984) et Kerrich et Fryer (1989), respectivement sur le rôle possible des préconcentrations exhalatives et du métamorphisme dans la genèse des gisements d'or.

63. Résumé des guides de prospection

Les principaux éléments qui permettent de prospector des minéralisations comparables aux gisements de McWatters nous paraissent être les suivants :

- * des zones de discontinuités précoces (D1) marquées par des failles ductiles, délaminant des unités basaltiques, des agglomérats et des conglomérats ; cette déformation induit un étirement subvertical qui contrôle en partie la morphologie des corps minéralisés ;

- * des zones de failles en compression (D2) avec des fentes de tension associées, qui complique la continuité verticale des zones minéralisées D1 en provoquant des enrichissements locaux ;

- * une association à pyrite, arsénopyrite, tourmaline (dravite-shorl)

- * une altération chloriteuse

REMERCIEMENTS

Le travail a été réalisé entre Juin 1989 et Mars 1990, dans le cadre d'un contrat du Ministère de l'Énergie et des Ressources. Des ressources additionnelles ont été obtenues grâce à la Compagnie McAdam.

Outre les auteurs, plusieurs personnes ont participées à divers degrés : Nicole Gauthier (Université Laval) , L. McKinnon (McGill), le personnel du MERQ, le Service Géologique du Nord-Ouest et le Centre de Recherche Minérale à Québec. Nous les remercions ici.

La Compagnie McAdam nous a accueilli sur le site de la mine et a maintenu le puits en fonctionnement malgré l'arrêt des travaux d'exploration. Elle nous a donné un accès complet à ses données, et nous en sommes particulièrement grè à J. McAdams et W. Hanich, J. Kruse, M. Dion.

A l'Université du Québec à Montréal, nous avons bénéficié de de l'appui technique de Raymond Mineau (analyses) et Michelle Laithier (dessin) et de l'aide de Julie Bossé, Sylvie Boulay, et Sylvain Vallière pour le traitement des échantillons et la réalisation du rapport.

09085

ANNEXE 1

Résultats d'analyses chimiques

00086

Annexe 1: Résultats d'analyses géochimiques. PAF: perte au feu. Les teneurs en oxydes, en soufre, en CO₂ et la perte au feu sont données en % poids; les teneurs en éléments traces sont indiquées en ppm. Les éléments majeurs et mineurs sont normalisés sans volatils. * Analyses retenues en raison de leur faible quantité en volatils.

	MW 2	MW 7*	MW 10*	MW 13*	MW 14	MW 16	MW 19A*	MW 19B*	MW 19 C*	MW 20
SiO ₂	54.57	50.38	50.99	50.38	41015	49.23	48.88	50.19	50.09	48.11
TiO ₂	1.39	0.88	1.51	1.29	1.65	1.15	0.72	0.71	0.69	0.84
Al ₂ O ₃	12.96	12.65	14	9.44	10.29	13.91	13.18	12.96	13.13	14.39
Fe ₂ O ₃	16.56	10.11	5.11	13.08	15.41	4.07	14.24	10.85	14.49	15.55
FeO			10.83			14.24		1.82		
MnO	0.21	0.21	0.22	0.19	0.19	0.17	0.22	0.21	0.2	0.19
MgO	3.93	9.02	5.29	10.61	13.84	6.54	11.37	11.51	11.13	13.13
CaO	5.49	12.13	9.18	10.92	17.36	6.27	7.78	6.48	6.48	4.2
Na ₂ O	4.71	1.72	2.31	3.18	<0.1	4.2	3.44	4	3.63	3.24
K ₂ O	0.07	2.29	0.37	0.8	0.01	0.15	0.11	0.1	0.11	0.3
P ₂ O ₅	0.12	0.54	0.19	0.1	0.1	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05
PAF	8.84	3.59	1.85	1.73	16	8.82	5.61	4.39	4.29	4.83
CO ₂	7.04	2.13	1.06	0.41	11.9	6.43	2.09	0.98		0.4
S	0.1	<0.01	0.13	0.23		0.06	0.06	0.05		<0.01
Ga	18	16	22	18	12	18	14	15	12	16
Nb	4	5	6	6	6	4	4	3	3	3
Rb	<3	55	13	25	<3	5	4	4	5	11
Sr	71	410	210	180	110	120	46	49	44	29
Te	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	<10	<10	<10
Th	<3	3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
U	<3	4	<3	<3	3	<3	3	3	3	<3
Y	36	28	42	19	14	26	15	15	16	18
Zr	100	140	150	100	100	72	46	46	46	48

09087

	MW 21*	MW 24	MW 26A*	MW 26B*	MW 32	MW 36	MW 38	MW 53	MW 54*	MW 59*
SiO2	51.12	52.4	57.55	59.19	62.2	60.1	57.67	60.61	56.94	57.52
TiO2	0.67	0.98	1.09	0.93	0.67	1.14	0.79	0.87	0.96	0.93
Al2O3	14.74	14.51	16.68	16.76	15.56	16.61	16.79	14.78	17.08	16.81
Fe2O3	3.66	5.7	7.76	2.9	6.45	10.82	7.52	7.27	8.34	8.13
FeO	8.61	8.81		3.6						
MnO	0.19	0.16	0.13	0.09	0.11	0.07	0.1	0.15	0.11	0.11
MgO	9.15	5.82	4.5	3.35	3.91	4.37	4.54	3.87	5.22	5.52
CaO	7.61	6.14	6.7	6.07	5.09	2.66	5.58	7.82	6.41	5.5
Na2O	4.06	5.2	5.17	6.58	3.01	2.14	5.29	3.99	4.38	4.8
K2O	0.14	0.2	0.1	0.13	2.74	1.94	1.16	0.49	0.36	0.51
P2O5	0.05	0.08	0.31	0.31	0.22	0.15	0.56	0.15	0.2	0.18
PAF	3.17	5.34	3.81	3.18	8.6	6.42	6.46	6.23	3.49	4.49
CO2		3.3	0.92		6.82	3.06	3.61	3.97	0.62	1.9
S	0.05	0.07	<0.01	<0.01	0.14	0.19	<0.01	<0.01	0.08	
Ga	15	19	16	16	17	20	19	17	21	17
Nb	3	3	7	7	5	7	5	5	6	5
Rb	4	3	<3	<3	74	58	22	15	12	16
Sr	120	89	150	140	440	220	440	400	380	270
Te	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Th	<3	<3	<3	<3	3	<3	<3	<3	<3	<3
U	<3	<3	3	<3	3	<3	<3	<3	<3	<3
Y	18	22	20	18	17	29	11	18	19	20
Zr	46	69	170	160	140	120	130	130	150	140

	MW 88	MW 105*	MW 117	MW 123	MW 124	MW 126	MW 127*	MW 140	MW 141*	MW 142
SiO2	53.05	50.56	54.13	56.98	51.75	70.31	59.89	52.95	51.79	70.3
TiO2	0.78	1.18	0.68	0.85	0.83	0.5	0.75	1.03	0.98	0.5
Al2O3	17.47	12.13	11.64	14.33	14.41	14.25	14.58	14.49	15.04	14.25
Fe2O3	10.63	10.5	9.39	1.47	3.67	4.67	7.59	13.4	5.84	4.67
FeO				6.92	9.54				7.83	
MnO	0.02	0.16	0.25	0.12	0.19	0.05	0.12	0.19	0.18	0.05
MgO	15	8.94	8.07	8.75	8.08	2.54	8.53	8.49	7.41	2.54
CaO	0.33	8.59	12.26	6.05	7.02	2.06	4.02	6.47	7.22	2.06
Na2O	2.52	5.02	3.21	4.22	4.15	3.63	4.35	2.69	3.41	3.67
K2O	0.05	2.36	0.09	0.16	0.34	1.88	0.03	0.22	0.23	1.88
P2O5	0.14	0.56	0.28	0.15	0.03	0.11	0.12	0.08	0.06	0.11
PAF	6.77	11.5	13.3	8.04	8.72	4.59	3.71	7.85	6.21	4.59
CO2	0.52	11.2	10.3	4.47	5.33	2.77	0.59	3.88	2.99	2.77
S	<0.01		0.23	<0.01	0.01	0.21		<0.01	<0.01	0.23
Ga	17	17	14	16	13	14	16	16	19	14
Nb	5	8	3	5	4	5	6	4	3	5
Rb	<3	97	4	5	12	53	4	4	5	53
Sr	12	240	510	73	79	380	200	68	140	380
Te	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Th	<3	6	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
U	<3	6	<3	<3	5	<3	<3	<3	<3	<3
Y	17	35	14	18	21	12	15	24	24	12
Zr	100	170	94	100	54	110	110	67	67	110

	MW 61A*	MW 61B*	MW 65*	MW 66*	MW 67	MW68*	MW 71	MW 72	MW 72B	MW 84
SiO2	58.23	57.63	56.53	56.88	56.39	56.67	50.38	53.36	53.56	
TiO2	0.88	0.9	0.87	0.94	0.77	0.71	0.86	1.38	1.27	
Al2O3	16.1	16.05	17.26	18.15	16.05	16.67	13.14	13.26	14.01	
Fe2O3	7.94	2.09	8.07	2.09	8.37	8.38	10.11	14.89	4.56	
FeO		5.31		6.17					10.53	
MnO	0.12	0.12	0.15	0.11	0.1	0.15	0.21	0.11	0.12	
MgO	5.56	5.81	6.46	5.1	6.08	2.95	5.61	5.67	5.95	
CaO	5.03	4.66	5.83	4.58	6.38	5.09	14.53	7.68	5.96	
Na2O	4.9	5.55	3.43	5.54	4.13	8.56	4.97	3.41	3.83	
K2O	1.08	1.17	1.17	0.29	1.19	0.2	0.12	0.12	0.12	
P2O5	0.16	0.16	0.21	0.16	0.53	0.62	0.07	0.11	0.1	
PAF	2.45	3.07	4.32	4.84	7.61	7.6	12.7	8.53	7.74	
CO2	0.73	0.8	1.01	2.25	4.33	5.86	10.3	5.76	4.72	24.2
S	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.31	0.47	<0.01	0.04	
Ga	16	17	20	22	18	18	14	16	18	15
Nb	5	6	5	5	5	11	<3	4	5	<3
Rb	34	40	35	15	30	4	5	3	3	<3
Sr	290	250	450	250	370	150	170	120	96	150
Te	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Th	<3	<3	<3	<3	<3	6	<3	<3	<3	<3
U	3	<3	3	<3	<3	4	<3	<3	3	<3
Y	19	19	21	17	17	42	15	29	30	11
Zr	140	140	150	130	120	220	54	88	90	35

	MW 145	MW 173A*	MW 173B*	MW 174*	MW 175A*	MW 175B*	MW 176	MW 177	MW 187*	MW 188*
SiO2	59.54	60.97	61.84	53.3	51.53	51.68	60.51	47.18	57.84	56.92
TiO2	0.77	1.49	1.44	0.92	0.88	0.88	0.65	1.49	0.97	0.93
Al2O3	16.07	15.65	15.28	14.05	14.58	14.59	14.22	15.31	15.73	16.66
Fe2O3	8.31	8.05	3.29	12.91	13.04	13.65	5.7	15.19	2.77	2.7
FeO			4.78						5.28	5.82
MnO	0.12	0.12	0.1	0.23	0.22	0.21	0.11	0.19	0.11	0.12
MgO	5.12	2.61	2.31	7.26	7.61	7.44	7.45	8.41	5.68	6.01
CaO	3.26	3.64	3.69	7.87	7.19	7.24	4.99	10.97	6.21	7.23
Na2O	6.42	6.88	6.69	3.13	4.77	4.12	6.16	0.64	4.62	2.99
K2O	0.13	0.2	0.21	0.27	0.14	0.14	0.09	0.51	0.61	0.46
P2O5	0.26	0.38	0.38	0.06	0.05	0.06	0.12	0.11	0.18	0.14
PAF	6.16	2.47	2.39	3.76	2.53	2.44	8.82	12.3	3.36	3.28
CO2	3.67	0.74	1.13	1.1	0.27		7.18	8.18	0.89	0.61
S	0.04	0.01	0.04	0.09	0.07		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ga	19	21	22	18	14	13	16	17	20	18
Nb	7	9	10	3	4	3	6	5	6	6
Rb	3	5	5	6	4	4	<3	19	18	13
Sr	350	150	120	100	110	110	200	150	300	260
Te	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Th	<3	3	5	<3	<3	<3	<3	4	<3	<3
U	<3	<3	5	<3	3	3	<3	4	<3	<3
Y	17	33	34	23	21	22	13	20	19	19
Zr	150	260	260	59	57	57	120	56	140	130

	MW 190*	MW 193*	MW 194*	MW 195	MW 199A*	MW 199B*	MW 199C*	MW 199D*	MW 199E*	MW 200A*
SiO2	55.83	55.09	53.7	55.07	51.84	51.5	52.37	51.93	51.6	55.32
TiO2	0.94	0.78	0.99	0.97	0.79	0.81	0.82	0.82	0.82	0.7
Al2O3	17.43	14.8	14.35	15.46	14.5	15.04	14.38	14.11	14.49	13.88
Fe2O3	3.07	3.11	4.6	4.46	4.72	4.06	4.16	13.29	13.26	2.47
FeO	5.61	4.9	9.43	8.36	8.14	8.51	8.78			6.86
MnO	0.13	0.15	0.2	0.12	0.24	0.25	0.24	0.24	0.25	0.15
MgO	6.12	7.39	5.98	7.58	6.48	6.46	6.51	6.47	6.5	9.82
CaO	6.3	8.22	5.68	3.59	9.55	9.47	8.42	9.58	9.52	5.99
Na2O	3.71	4.34	4.84	4.25	3.48	3.65	4.01	3.31	3.3	3.41
K2O	0.66	1.05	0.17	0.07	0.22	0.21	0.27	0.2	0.22	1.27
P2O5	0.18	0.18	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.13
PAF	3.72	3.28	5.08	5.89	2.34	2.31	2.25	2.28	2.26	2.8
CO2	0.93	1.44	2.81	2.45	0.51	0.37	0.45			0.26
S	<0.01	0.05	<0.01	0.03	0.04	0.02	0.02			<0.01
Ga	21	18	18	18	15	15	17	15	17	16
Nb	6	4	5	4	4	4	3	3	4	3
Rb	19	32	5	3	7	7	7	7	6	26
Sr	360	360	47	70	93	94	85	96	95	170
Te	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Th	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
U	<3	<3	<3	<3	<3	4	<3	<3	<3	<3
Y	21	18	23	25	22	22	23	24	22	16
Zr	140	120	64	66	55	56	56	57	56	110

	MW 200B*	MW 201*	MW 202*
SiO2	55.9	49.53	49.56
TiO2	0.72	1.07	0.95
Al2O3	13.43	15.94	12.44
Fe2O3	9.15	3.08	4.38
FeO		11.58	10.6
MnO	0.16	0.2	0.22
MgO	10	8.32	9.14
CaO	5.99	5.82	9.75
Na2O	3.23	4.02	2.61
K2O	1.29	0.36	0.3
P2O5	0.14	0.06	0.05
PAF	2.74	5.82	2.29
CO2		2.28	0.13
S		<0.01	0.15
Ga	14	19	17
Nb	5	3	4
Rb	29	10	9
Sr	170	89	130
Te	<10	11	<10
Th	<3	<3	<3
U	<3	3	<3
Y	16	21	21
Zr	110	65	56

ÉCHANTILLON	LITHOLOGIE	ÉCHANTILLON	LITHOLOGIE
MW 2	méta-basalte	MW 105	lamprophyre
MW 7	dyke potassique	MW 117	tuf
MW 10	dyke porphyrique mafique	MW 123	méta-basalte
MW 13	dyke mafique	MW 124	méta-basalte
MW 14	tuf?	MW 126	volcanite indéterminée
MW 16	méta-basalte	MW 127	volcanoclastite
MW 19A	méta-basalte	MW 140	méta-basalte
MW 19B	méta-basalte	MW 141	méta-basalte
MW 19C	méta-basalte	MW 142	méta-grauwacke
MW 20	méta-basalte	MW 145	volcanite indéterminée
MW 21	méta-basalte	MW 173A	tuf andésitique?
MW 24	méta-basalte	MW 173B	tuf andésitique?
MW 26A	volcanite indéterminée	MW 174	méta-basalte
MW 26B	volcanite indéterminée	MW 175A	méta-basalte
MW 32	méta-grauwacke	MW 175B	méta-basalte
MW 36	matrice conglomérat	MW 176	méta-basalte?
MW 38	tuf	MW 177	méta-basalte ?
MW 53	méta-andésite	MW 187	méta-andésite
MW 54	méta-andésite	MW 188	méta-andésite
MW 59	méta-andésite	MW 190	méta-andésite
MW 61A	méta-andésite	MW 193	brèche épicyclastique
MW 61B	méta-andésite	MW 194	méta-basalte
MW 65	méta-andésite	MW 195	méta-andésite?
MW 66	fragment volcanoclastite	MW 199A	méta-basalte
MW 67	volcanite indéterminée	MW 199B	méta-basalte
MW 68	porphyre feldspathique	MW 199C	méta-basalte
MW 69	tuf?	MW 199D	méta-basalte
MW 71	méta-basalte?	MW 199E	méta-basalte
MW 72A	tuf	MW 200A	volcanoclastite
MW 72B	tuf	MW 200B	volcanoclastite
MW 84	schiste qtz-carb-chlor.	MW 201	méta-gabbro
MW 88	schiste qtz-carb-chlor.	MW 202	méta-gabbro

Analyse par voie humide du minerai rubané ("flow ore")

Sample	269	270	271	296	307	012
SiO ₂	44.20	52.80	44.10	50.60	30.90	51.50
TiO ₂	0.83	1.34	1.15	0.64	0.25	0.62
Al ₂ O ₃	11.50	12.30	10.50	10.30	4.54	11.10
Fe ₂ O ₃	10.70	15.20	12.50	8.70	8.97	7.40
MnO	0.19	0.10	0.23	0.14	0.24	0.13
MgO	2.25	2.43	4.06	3.95	12.80	5.38
CaO	12.40	4.80	10.30	7.19	15.70	6.83
Na ₂ O	5.64	1.96	4.77	4.93	-	3.21
K ₂ O	0.25	2.38	0.19	0.98	0.01	0.98
P ₂ O ₅	0.06	0.13	0.07	0.05	-	0.08
Total	88.02	93.44	87.87	87.48	73.41	87.23
H ₂ O	2.20	1.93	1.30	1.60	0.60	2.00
CO ₂	10.60	3.70	10.90	11.70	25.40	10.20
LOI	12.80	6.69	12.20	13.30	26.00	12.20
Mg #	29.40	24.05	39.14	47.34	73.86	59.01
W	21.00	35.00	60.00	29.00	2.00	3.00
S	2.66	1.06	0.79	3.24	-	1.68
As	6.00	8.00	9.00	27.00	15.00	17.00
Au	0.3	0.5	0.4	8.3	-	0.0
K	2075	19757	1577	8135	83	8135
Rb	3	67	8	20	4	16
Sr	160	87	94	130	93	57
Ga	14	24	17	14	4	16
Nb	-	4.0	3.0	3.0	3.0	5.0
Zr	55	110	68	48	27	110
Ti	4976	8033	6894	3637	1499	3717
Y	19	42	27	16	7	16
Density	2.55	2.49	2.56	2.48	2.77	2.49

99092

ANNEXE 2

Résultats d'analyses minéralogiques

Annexe 2: Analyses semi- quantitatives de minéraux au microscope électronique à balayage.
 A- Équivalents en % poids d'oxydes constituant dans les silicates. B- Équivalents en % poids
 élémentaires dans les minéraux opaques. Analyste: Raymond Mineau, Université du Québec à
 Montréal.

Méthode EDX avec standards, corrections ZAF

A								
MINÉRAL, LAME	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
ACTINOTE, MW 90	52.01	8.16	22.27	9.08	8.48			
ALBITE, MW 90	54.62	26.89				18.49		
ALBITE, MW 61B	54.23	27.32			0.45	17.99		
CHLORITE, MW 90	40.18	24.52						
CHLORITE, MW 15	38.46	26.17	15.36	20.01				
CHLORITE, MW 15	47.83	24.71	6.45	12.05			8.69	0.27
CHLOTITE, MW 15	41.25	29.87	10.07	17.58	0.13	1.11		
CHLORITE, MW 17	54.9	18.11	7.17	16.87			2.94	
EPIDOTE, MW 90	52.7	24.75		7.12	15.43			
EPIDOTE, MW 61B	49.6	24.95		7.94	17.52			
LEUCOXENE, MW 90	41	2.41		1.16	22.97			32.46
MICA BLANC, MW 15	54.22	28.9	1.1	1.83			11.53	
MICA BLANC, MW 15	54.56	28.7	0.97	1.6			12.24	
MICA BLANC, MW 15	47.83	24.71	6.45	12.05			8.69	0.27
MICA BLANC, MW 17	73.55	17.3				5.51	3.65	
MICA BLANC, MW 17	49.89	28.86	2.57	6.33			11.66	0.69
B								
MINÉRAL, LAME	S	Fe	As	Au	Ag	Cu		
OR, MW 101		0.9		82.7	16.4			
OR, MW 101		1.4	0.6	81.1	16.9			
ARSÉNOPYRITE, MW 101	35.1	33.9	30.9					
ARSÉNOPYRITE, MW 101	34.5	33.9	31.5					
ARSÉNOPYRITE, MW 101	34.1	34.4	31.5					
ARSÉNOPYRITE, MW 101	34.3	33.7	31.9					
ARSÉNOPYRITE, MW 101	34.1	34	31.8					
ARSÉNOPYRITE, MW 101	34.9	33.9	31.2					
ARSÉNOPYRITE, MW 101	34.2	34	31.8					
ARSÉNOPYRITE, MW 101	34.4	34.2	31.4					
ARSÉNOPYRITE, MW 101	34.8	34	31.2					
CHALCOPYRITE, MW 101	50.2	24.9				24.8		
OR, MW 101		0.9		82.7	16.4			
OR, MW 101		1.4	0.6	81.1	16.9			
PYRITE, MW 101	33.2	65.6	1.2					
PYRITE, MW 101	33.3	65.1	1.5					
PYRITE, MW 101	33.3	65.8	0.9					
PYRRHOTINE, MW 101	53.9	46.1						
PYRRHOTINE, MW 101	58	39.4						

Analyse des axinites.

sonde	Si	Alite1/2	Mg	Ti	y total	Na	Ca	x total	methode
mw100-1	6.000	6.070	1.280	1.280	0.096	2.820	0.700	0.050	0.750 sonde
mw100-2	6.060	6.030	0.930	1.810	0.000	2.850	0.710	0.090	0.810 sonde
mw100-3	6.060	6.030	0.930	1.810	0.000	2.850	0.710	0.090	0.810 sonde
mw100-4	6.090	5.870	1.100	1.810	0.060	2.970	0.770	0.090	0.960 sonde
mw100-5	6.110	5.910	0.970	1.890	0.090	2.870	0.730	0.110	0.840 sonde
mw100-6	6.140	6.060	0.990	1.700	0.010	2.760	0.690	0.100	0.780 sonde
mw49-1	5.664	5.571	0.853	1.570		2.423	0.617	0.094	0.667 meb
mw49-10	5.769	5.497	0.848	1.618		2.466	0.613	0.104	0.716 meb
mw49-2	5.882	5.526	0.961	1.649		2.610	0.722	0.137	0.859 meb
mw49-3	5.945	5.695	1.046	1.584		2.630	0.680	0.120	0.800 meb
mw49-4	5.724	5.565	0.889	1.679		2.568	0.690	0.105	0.803 meb
mw49-5	5.860	5.500	1.076	1.572		2.648	0.590	0.143	0.723 meb
mw49-6	5.913	5.423	1.103	1.590		2.693	0.635	0.118	0.753 meb
mw49-7	5.932	5.661	0.950	1.613		2.563	0.513	0.132	0.645 meb
mw49-8	5.885	5.497	0.978	1.567		2.545	0.689	0.132	0.821 meb
mw49-9	5.782	5.555	0.935	1.528		2.464	0.655	0.141	0.796 meb
mw4-1	6.378	6.366	0.937	1.761		3.064	0.717	0.064	0.780 meb
mw4-10	6.434	5.575	1.241	1.527		2.769	0.610	0.155	0.785 meb
mw4-11	6.382	5.774	1.265	1.316		2.582	0.641	0.035	0.676 meb
mw4-12	6.226	5.974	1.330	1.106		2.437	0.612	0.007	0.619 meb
mw4-2	6.456	6.121	1.487	1.188		2.796	0.618	0.027	0.645 meb
mw4-3	6.308	6.272	1.406	1.100		2.778	0.506	0.013	0.519 meb
mw4-3	6.316	6.303	1.279	1.032		2.614	0.631	0.000	0.631 meb
mw4-4	6.177	6.850	1.173	1.113		3.137	0.674	0.011	0.685 meb
mw4-5	6.235	6.060	0.880	1.513		2.453	0.618	0.031	0.649 meb
mw4-6	6.285	5.952	1.364	1.072		2.436	0.704	0.030	0.734 meb
mw4-7	5.890	5.490	1.262	0.959		2.221	0.625	0.016	0.641 meb
mw4-8	6.429	5.911	1.404	1.207		2.611	0.069	0.025	0.719 meb
mw4-9	6.379	5.979	0.970	1.512		2.482	0.731	0.043	0.774 meb
mw4-9.9	6.599	6.186	0.090	1.564		1.750			0.801 meb
mw51a	7.202	5.424	1.425	1.200		2.626	0.547	0.367	0.914 meb
mw51b	7.131	5.272	1.453	1.488		2.942	0.641	0.300	1.022 meb
mw51-1	6.659	5.806	1.355	1.859		3.014	0.812	0.472	1.284 meb
mw51-10	5.970	6.020	1.560	1.440		3.010	0.670	0.100	0.860 sonde
mw51-14	6.030	5.409	1.500	1.840	0.130	3.480	0.640	0.200	0.920 sonde
mw51-18	6.020	5.950	1.090	1.850	0.030	2.700	0.720	0.100	0.910 sonde
mw51-19	6.020	6.170	1.000	1.710	0.020	2.910	0.610	0.140	0.750 sonde
mw51-2	6.530	5.677	1.562	1.302		2.664	0.578	0.344	0.922 meb
mw51-20	6.040	5.890	1.160	1.770	0.050	2.990	0.610	0.230	0.850 sonde
mw51-22	6.090	6.120	1.160	1.490	0.010	2.600	0.600	0.150	0.760 sonde
mw51-2m	6.866	5.342	1.412	1.551		2.963	0.670	0.396	1.065 meb
mw51-2-1	7.347	5.292	1.315	1.344		2.650	0.607	0.372	0.978 meb
mw51-2-3	7.398	5.038	1.409	1.320		2.729	0.626	0.334	0.960 meb
mw51-3	6.710	5.736	1.367	1.674		3.041	0.714	0.476	1.190 meb
mw51-3b	6.488	4.783	1.981	1.661		3.642	0.686	0.624	1.310 meb
mw51-3c	6.522	5.598	1.494	1.573		3.067	0.743	0.495	1.238 meb
mw51-5b	6.540	5.222	1.524	1.739		3.262	0.664	0.455	1.119 meb
mw51-9	6.090	5.840	1.360	1.670		3.040	0.660	0.220	0.890 sonde
mw52-1	6.084	6.129	0.879	1.832		2.840	0.714	0.136	0.850 meb
mw52-2	6.374	5.794	0.959	1.844		2.803	0.737	0.159	0.895 meb
mw52-3	6.186	5.936	0.920	1.953		2.872	0.735	0.135	0.845 meb
mw55-1	6.070	6.280	0.990	1.560	0.020	2.850	0.640	0.030	0.670 sonde
mw55-10	5.960	6.300	1.010	1.660	0.030	2.980	0.680	0.040	0.720 sonde
mw55-11	5.990	6.020	1.100	1.660	0.140	2.910	0.730	0.090	0.830 sonde
mw55-12	6.020	6.030	0.960	1.760	0.090	2.870	0.790	0.090	0.900 sonde
mw55-13	6.060	6.050	0.910	1.730	0.100	2.800	0.740	0.100	0.840 sonde
mw55-1c	6.265	5.822	1.038	1.636		2.674	0.790	0.062	0.942 meb
mw55-1-1c	6.313	5.809	1.005	1.574		2.578	0.712	0.047	0.759 meb
mw55-1-2	6.314	5.929	1.009	1.611		2.700	0.904	0.073	1.057 meb
mw55-1-3	6.326	5.635	1.151	1.560		2.710	0.852	0.220	1.072 meb
mw55-2	6.010	6.270	1.000		0.040	2.910	0.690	0.050	0.740 sonde
mw55-2m	6.326	5.774	1.080	1.673		2.753	0.787	0.055	0.843 meb
mw55-2-1c	6.318	5.778	1.044	1.595		2.610	0.811	0.084	0.898 meb
mw55-2-2	6.251	5.891	1.114	1.552		2.666	0.802	0.002	0.863 meb
mw55-2-3	6.321	5.858	1.199	1.490		2.599	0.897	0.001	0.959 meb
mw55-2-4b	6.246	5.751	1.295	1.567		2.772	0.817	0.122	0.959 meb
mw55-2-5c	6.420	5.429	1.218	1.557		2.805	0.839	0.246	1.095 meb
mw55-2-6	6.374	5.577	1.273	1.625		2.898	0.874	0.269	1.133 meb
mw55-2-7	6.364	5.585	1.227	1.541		2.768	0.784	0.243	1.027 meb
mw55-2-8	6.381	5.677	1.190	1.642		2.833	0.819	0.199	1.013 meb
mw55-3	6.050	6.230	0.980	1.570	0.010	2.870	0.670	0.040	0.710 sonde
mw55-3b	6.464	5.681	1.179	1.676		2.856	0.947	0.164	1.115 meb
mw55-3-1c	6.297	5.975	1.143	1.395		2.538	0.776	0.036	0.811 meb
mw55-3-2	6.351	5.799	1.215	1.401		2.617	0.749	0.087	0.836 meb
mw55-3-3	6.234	5.811	1.125	1.400		2.605	0.775	0.066	0.841 meb
mw55-3-1b	6.257	5.819	1.129	1.645		2.774	0.818	0.173	1.071 meb
mw55-4	6.090	6.290	0.930	1.580	0.010	2.800	0.670	0.030	0.710 sonde
mw55-5	6.060	6.038	1.020	1.730	0.070	2.850	0.760	0.070	0.840 sonde
mw55-6	6.030	6.096	1.009	1.730	0.060	2.870	0.760	0.070	0.840 sonde
mw55-7	6.060	6.056	0.990	1.690	0.100	2.830	0.670	0.110	0.790 sonde
mw55-8	6.070	6.060	0.970	1.690	0.060	2.850	0.670	0.070	0.790 sonde
mw55-9	6.070	6.020	0.970	1.690	0.060	2.850	0.670	0.070	0.790 sonde

Composition des
tourmalines de McWatters
rapportée en cations

sonde= microsonde, McGill
meb = microscope électro-
nique à balayage UQAM

00095

AXINITE.XLS

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ech	3	4	5	6	7	8	12
2	CaO	19,71	19,51	19,2	19,66	19,86	19,08	20,07
3	MnO	1,06	0,47	1,7	0,36	0,39	1,86	0,56
4	MgO	2,99	2,93	2,6	2,69	2,92	3,23	2,93
5	Al ₂ O ₃	18,18	18,01	18,11	17,87	18,11	17,75	18,15
6	SiO ₂	44,26	43,99	43,33	43,61	43,33	43,22	43,43
7	FeO	7,31	7,72	6,97	7,91	7,95	6,76	7,25
8								
9								
10	Analyse d'axinite de McWatters, Microsonde McGill							

00096

ANNEXE 3

Densité des roches de McWatters

Annexe 3: Mesures de densité par immersion (g/cm³).

ÉCHANTILLON	LITHOLOGIE	DENSITÉ	ECHANTILLON	LITHOLOGIE	DENSITÉ
MW 2	basalte altéré déformé	2.79	MW 142	grauwacke	2.73
MW 7	dyke potassique	3	MW 143	grauwacke	2.74
MW 10	dyke mafique	3	MW 144	tuf altéré	2.74
MW 12	tuf rubané	2.78	MW 145	volcanite indéterminée	2.74
MW 13	dyke mafique	3.08	MW 146	mylonite	2.89
MW 14	tuf ?	2.82	MW 152	grauwacke	2.75
MW 18	tuf rubané pyritisé	2.89	MW 159	andésite PO	2.93
MW 19	basalte	2.89	MW 157	andésite PO	2.91
MW 20	basalte	2.86	MW 162	basalte PO	2.94
MW 21	basalte	2.91	MW 163	basalte PO	3.03
MW 26	volcanite indéterminée	2.81	MW 164	andésite PO	2.85
MW 30	volcanoclastique	2.77	MW 173	volcanite indéterminée	2.78
MW 32	grauwacke	2.78	MW 176	andésite altérée	2.72
MW 36	matrice conglomérat	2.75	MW 177	volcanite altérée	2.82
MW 38	tuf altéré	2.74	MW 178	basalte BR	2.98
MW 53	andésite	2.71	MW 183	basalte BR	2.9
Mw 54	andésite	2.82	MW 186	basalte BR	2.89
MW 61	andésite	2.83	MW 190	andésite	2.83
MW 65	andésite	2.83	MW 187	andésite	2.84
MW 66	frag. brèche épicrostique	2.61	MW 188	andésite	2.86
MW 67	volcanite indéterminée	2.8	MW 193	volcanoclastique	2.88
MW 68	porphyre feldspathique	2.75	MW 194	basalte altéré	2.84
MW 69	tuf	2.82	MW 195	andésite ?	2.8
MW 70	basalte altéré	2.83	MW 196	volcanite indéterminée	2.87
MW 72	Tuf altéré	2.76	MW 197	basalte BR	2.98
MW 75	basalte altéré	2.81	MW 198	andésite BR	2.81
MW 84	schiste qtz-carb-chlor.	2.85	MW 199	basalte	2.98
MW 96	basalte altéré	2.85	MW 200	volcanoclastique?	2.86
MW 105	lamprophyre	2.83	MW 201	gabbro	2.84
MW 117	tuf altéré	2.75	MW 202	gabbro	3.04
MW 123	basalte	2.72	MW 203	basalte BR	2.99
MW 126	volcanite indéterminée	2.74	MW 204	basalte BR	2.77
MW 127	volcanoclastique	2.76	MW 205	basalte BR	2.96
MW 140	basalte	2.8	MW 1805	volcanite indéterminée	2.83
MW 141	basalte	2.86			

09098

ANNEXE 4

Données structurales

	A	B	C	D	E	F
1	s0	s1	s2	s3	s4	Le
2	334 74	295 55	241 61	040 90	062 67	345 55
3	325 86	275 60	288 46	330 60	299 68	310 53
4	270 54	244 55	235 58	350 48	351 83	328 63
5	280 38	261 61	302 60	260 54	002 86	340 57
6	255 74	291 70	250 45	295 77	004 84	340 57
7	324 77	198 53	262 65	321 69	010 90	334 63
8	324 77	284 85	245 60	215 64	085 69	347 51
9	258 55	266 60	336 78	215 56		350 60
10		224 60	252 54	212 62		313 37
11		272 66	255 62	235 61		330 45
12		355 89	200 68	226 59		330 45
13		265 48	266 48	229 63		338 45
14		116 77	235 65	224 70		338 45
15		253 51	285 45	332 80		327 50
16			196 87	210 60		343 64
17			240 44			
18			241 53			
19			251 49			
20			250 48			
21			245 40			
22			256 56			
23			252 65			
24			255 45			
25			335 45			
26			269 70			
27			252 64			
28			239 77			
29			214 53			
30			283 74			
31			236 70			
32			261 71			

	A	B
1	s1	s0
2	265 48	260 70
3	260 42	285 60
4	265 55	180 43
5	270 50	268 56
6	264 57	270 43
7	232 55	268 56
8	263 75	265 60
9	263 75	247 55
10	240 56	254 55
11	264 67	265 65
12	252 44	260 60
13	250 53	310 74
14	265 45	353 40
15	240 70	250 30
16	250 64	235 25
17	230 58	255 58
18	256 45	310 58
19	285 60	258 58
20	270 38	230 45
21	275 60	270 66
22		238 38

02161

ANNEXE 5

Planches photographiques

PLANCHE 1: Volcanites et sédiments

Photo A: Andésite coussinée montrant des bordures silicifiées (Partie Nord du décapage principal)

Photo B: Brèche epiclastique andésitique (Site identique que la Photo A)

Photo C: Conglomérat polygénique de la Formation de La Bruère (Nord de la route 117).

Photo D: Conglomérat polygénique de McWatters (Vue en section perpendiculaire à l'étirement dans la mine)

00103

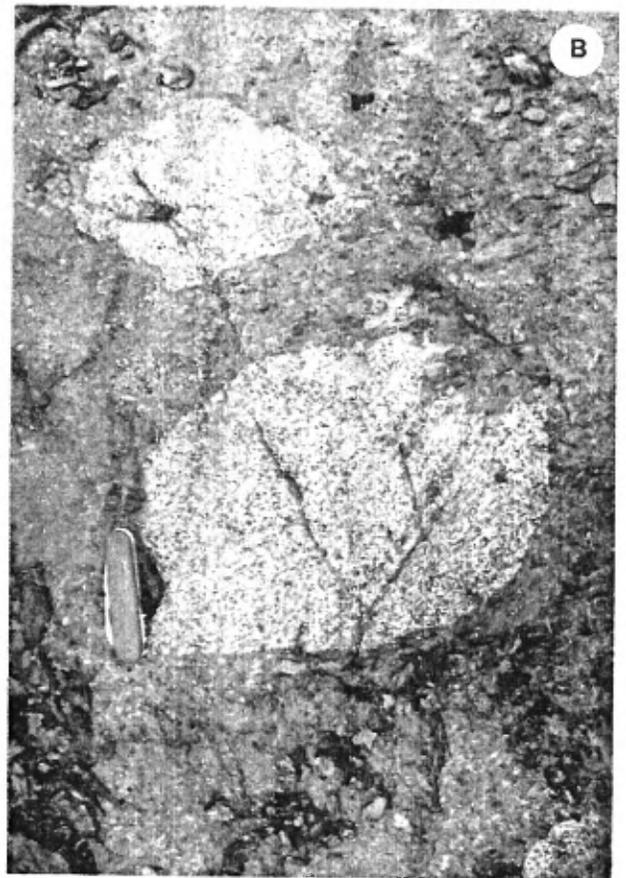
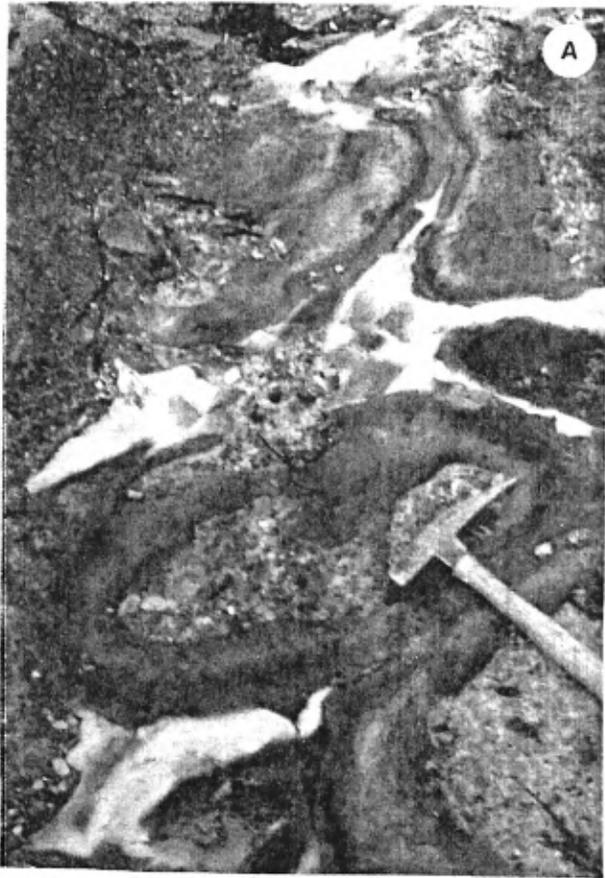


PLANCHE 2: Pétrographie

- Photo A: Photomicrographie montrant l'assemblage à actinote - albite - chlorite - épidote - carbonate - magnétite d'un basalte au mur de la Faille Cadillac.
- Photo B: Andésite porphyrique à phénocristaux d'actinote et albite dans une matrice fine d'albite - quartz - biotite - chlorite - carbonate - épidote (Provenant du site en Planche 1A).
- Photo C: Porphyre feldspathique bréchifié situé dans la zone de Faille Cadillac. Les fragments de porphyres baignent dans une matrice chloriteuse d'origine tectonique ou hydrothermale.
- Photo D: Conglomérat à matrice chloriteuse montrant des clastes arrondis de quartz polygonisé par recristallisation statique (site identique à Planche 1D).

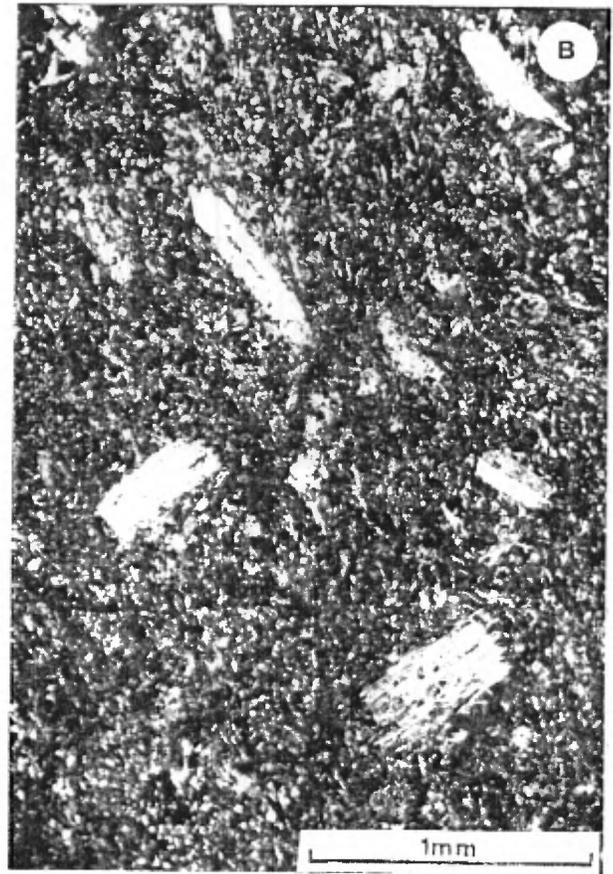
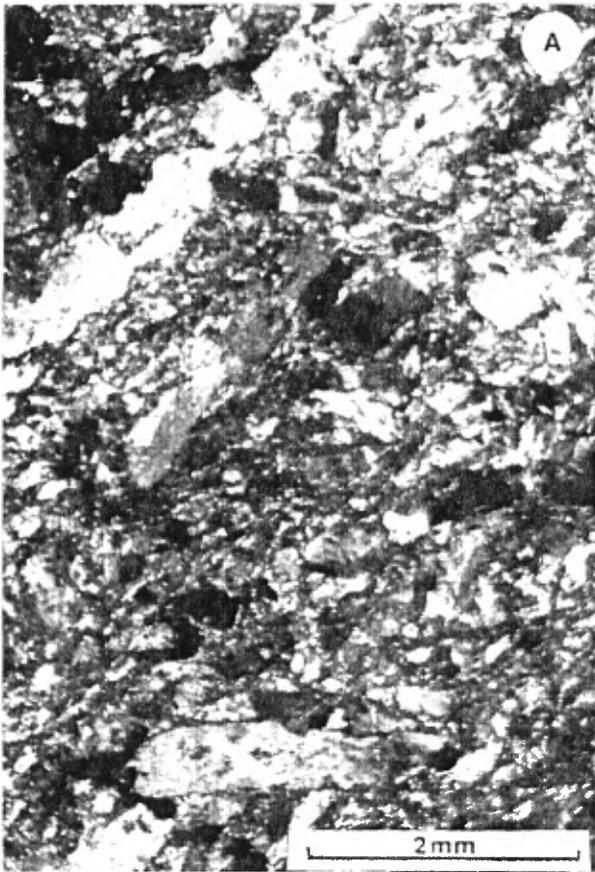


PLANCHE 3: Microstructures dans les sédiments de la Formation de Témiscaming

- Photo A: Microfaille post- à syn-dépot à rejet normal dans un siltstone de la Formation de Témiscaming.
- Photo B: Veines de tension associée au jeu de faille normale devenant une faille listrique en profondeur (lithologie identique à photo A).

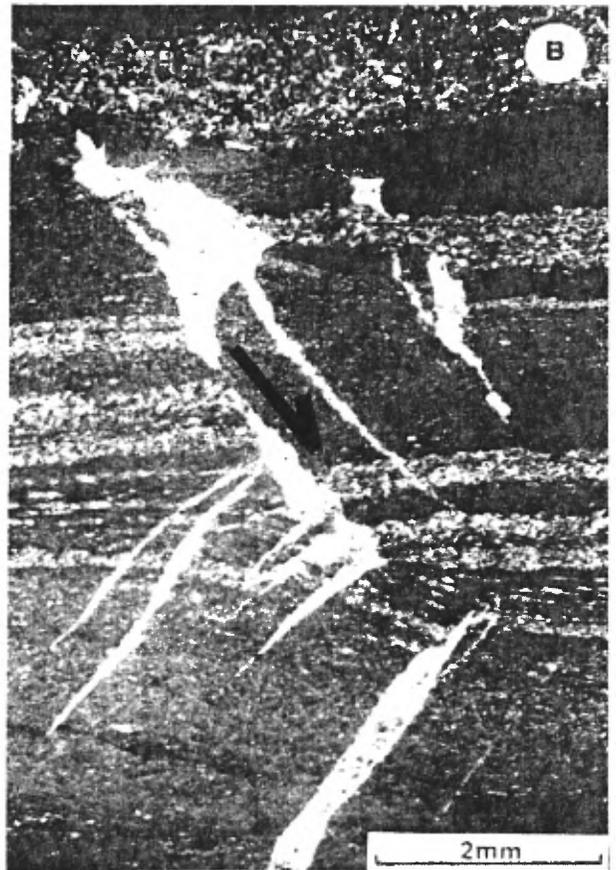


PLANCHE 4: Eléments tectoniques

- Photo A: Foliation mylonitique dans la Faille de Cadillac correspondant à une période de régime cisailant ductile le long du couloir de faille. L'orientation des fabriques mylonitiques suggère un rejet vertical lors du développement de la mylonite.
- Photo B: Cataclase dans la Faille de Cadillac. Superposition de nombreuses générations de veines de tension composées de quartz-carbonates. Ces dernières sont recoupées par de nombreux réseaux anastomosés de fractures longitudinales bréchifiant l'ensemble du corridor de faille caractérisant ainsi un mécanisme de déformation fragile post-mylonitique.
- Photo C: Crénulation tardive de la schistosité S_2 . Kink bands à pendage abrupt vers le nord et le sud correspondant aux derniers événements tectonique se développant dans le mur de la Faille de Cadillac. Noter les rejets centimétriques le long des kink bands. Coupe perpendiculaire à S_2 dans la mine.

00109

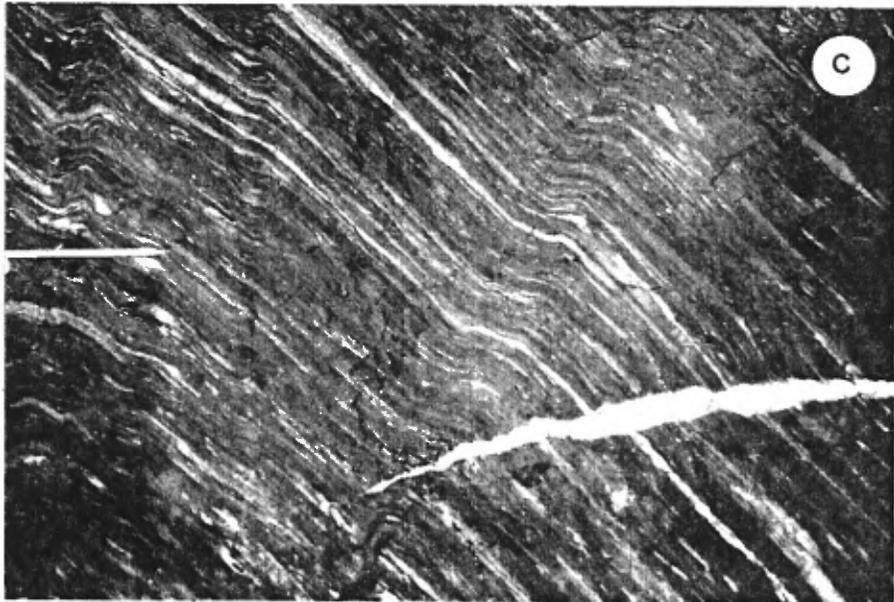
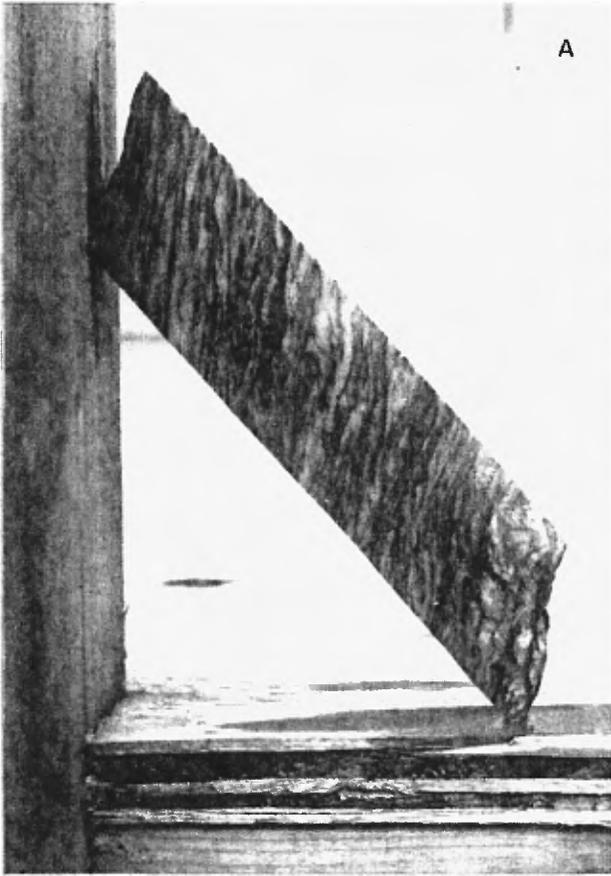


PLANCHE 5: Structures plissées

- Photo A: Plis isoclinaux de type P_2 affectant les sédiments silicoclastiques de la Formation de Témiscaming, dans la partie sud du décapage principal de la mine. Les polarités définies dans les sédiments fins autour de ces plis sont inversés suggérant ainsi que la séquence a été plissée dans un temps D_1 .
- Photo B: Plis P_3 générant des interférences de type "en crochet" aux abords du contact entre les volcanoclastites polymictes et les sédiments du Groupe de Témiscaming. Partie sud du décapage principal de la mine.
- Photo C: Boudins de quartz-feldspath en extension asymétrique suggérant un jeu cisailant syn- S_2 en déplacement normal (Vue en section parallèle à la linéation d'étirement des clastes conglomératiques).
- Photo D: Faille décrochante dextre à pendage sub-vertical. Déplacement métrique contemporain de la création de la Faille McWatters (Vue en plongée vers le toit de la galerie).

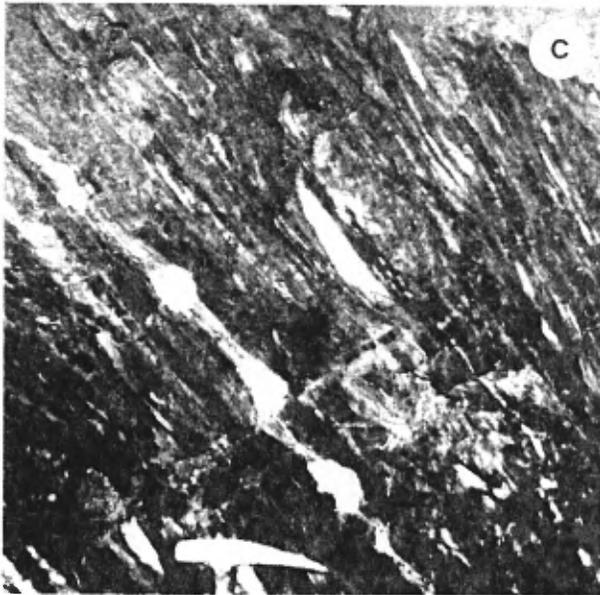


PLANCHE 6: Microstructures

- Photo A: Fabriques dans les volcanites de McWatters. Schistosité S_2 crénelée par S_3 .
- Photo B: Schistosité S_2 dans les sédiments du Groupe de Témiscaming. Noter que S_1 et S_0 sont sub-parallèles et que S_2 fait un angle inférieur à 15° avec S_0 .
- Photo C: Fabrique dans la proto-faille Cadillac indiquant une recristallisation dynamique avancée n'ayant toutefois pas oblitérée des fabriques de cisaillement simple telles des schistosités de type C/S ainsi que des textures de type pull-apart dans des horizons chloriteux indiquant un taux d'extension perpendiculaire à ces plans.
- Photo D: Recoupement des fabriques S_2 et S_3 (Idem à la Photo A). Pli similaire P_3 à plongée de 45° vers le NE.

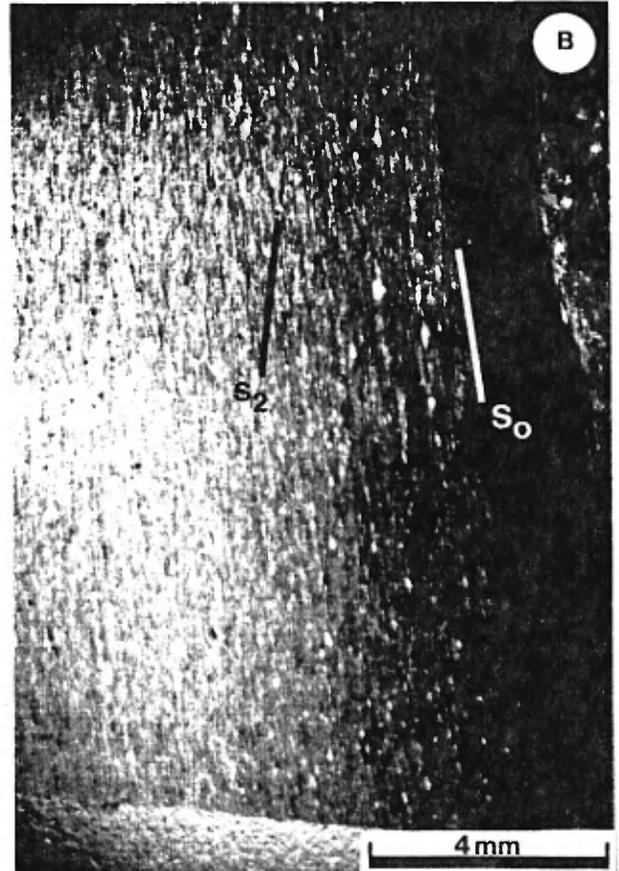
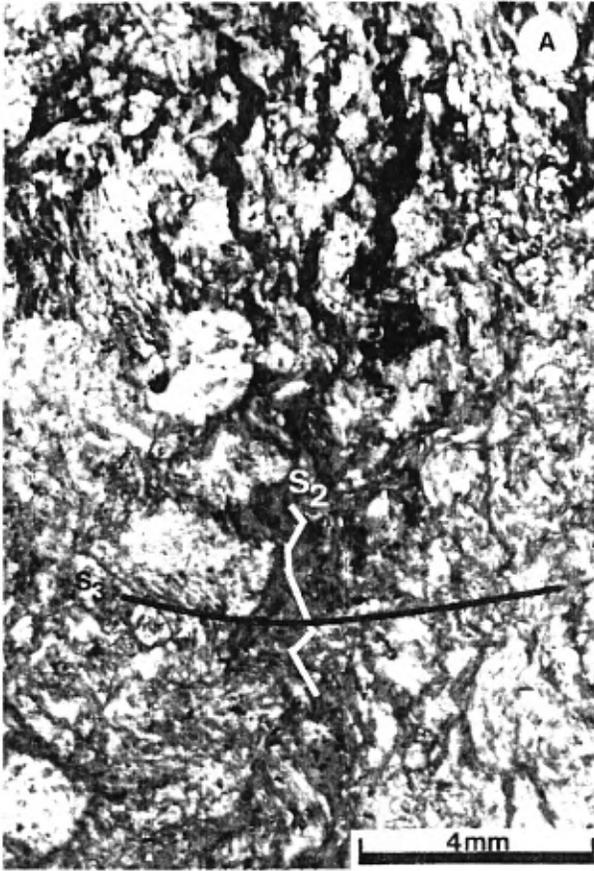


PLANCHE 7: Minéralisations

- Photo A: "Flow Ore" dans la zone **JK**. Zone mylonitique d'environ 1 mètre d'épaisseur (voir aussi Planche 6c) replissée par la phase P_3 aux abords du contact avec la Faille de Cadillac.
- Photo B: Zone **JK**. Fentes de tension sub-horizontales crénelées par S_3 .
- Photo C: Zone **JK**. Fentes de tension avec remplissage de quartz-tourmaline. Mise en place parallèle à S_2 dans une zone fortement carbonatisée.
- Photo D: Zone **A**. Veine de quartz-tourmaline et arsénopyrite montrant deux stages de remplissage de quartz.

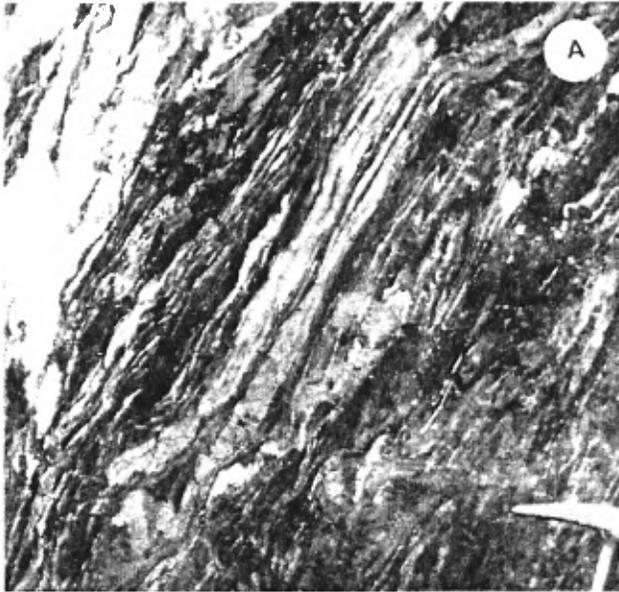
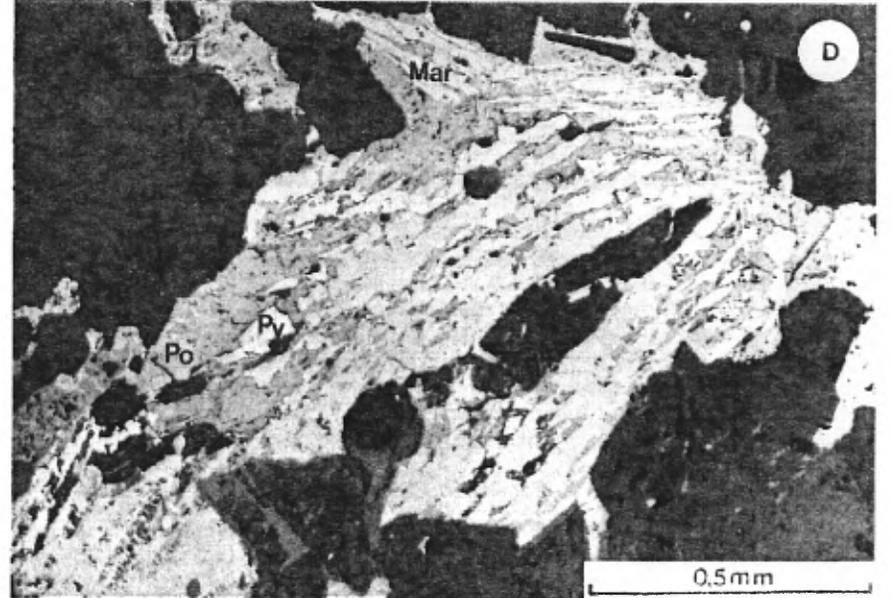
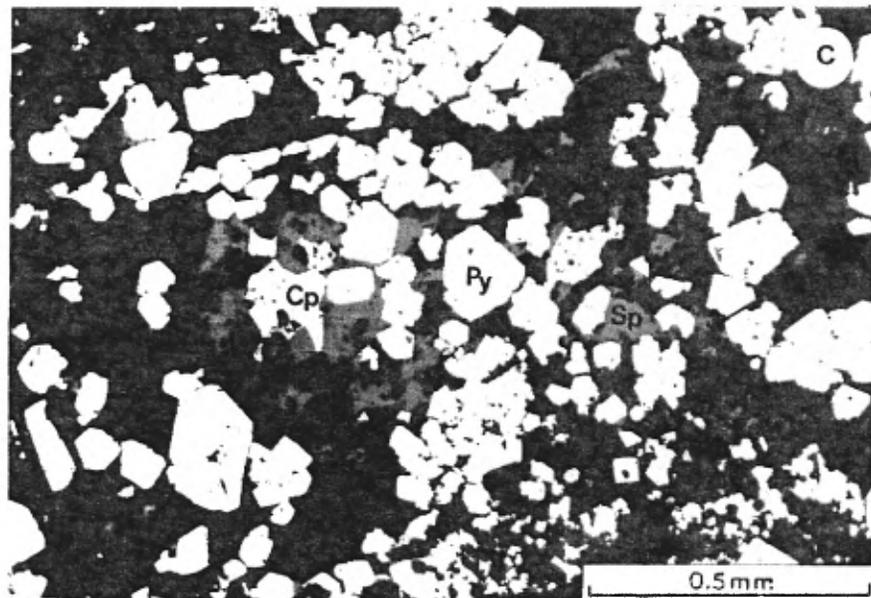
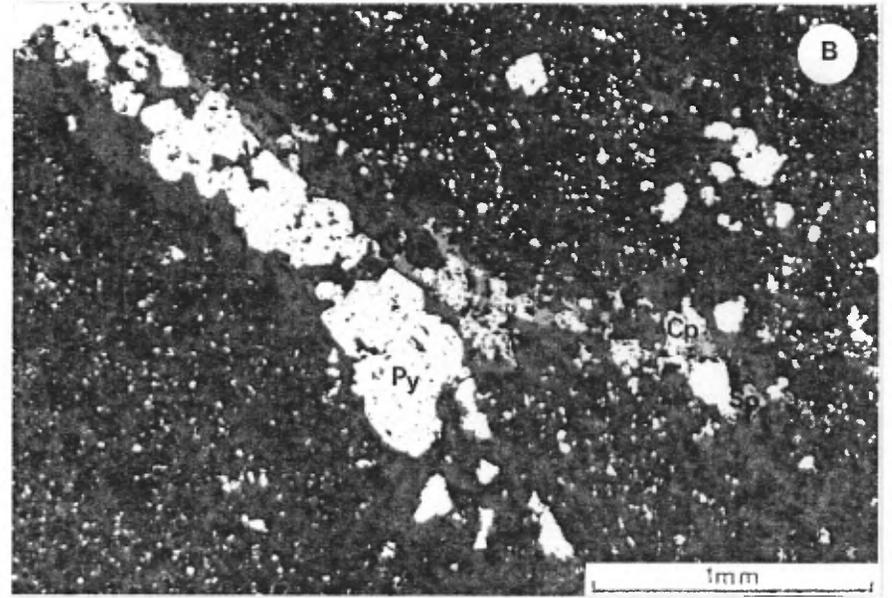
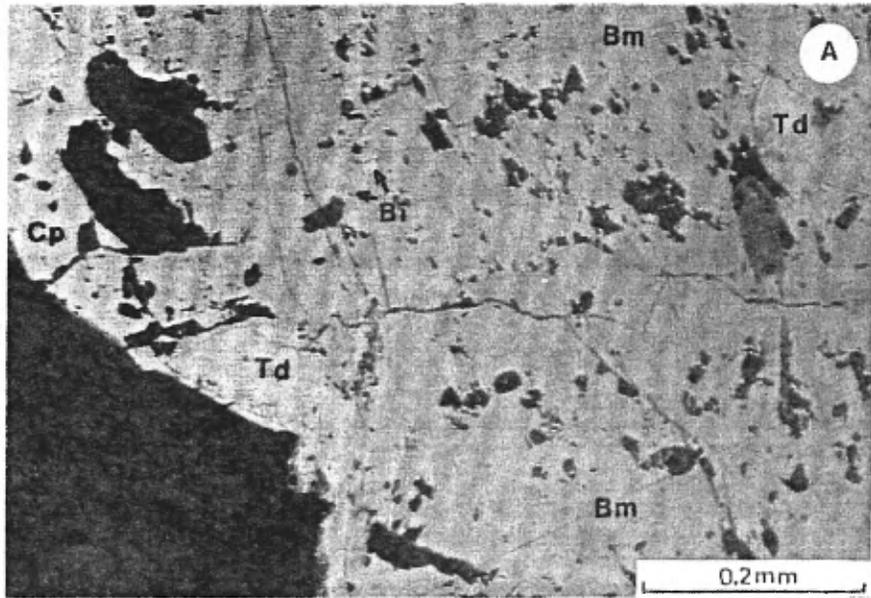


PLANCHE 8: Minéragraphie

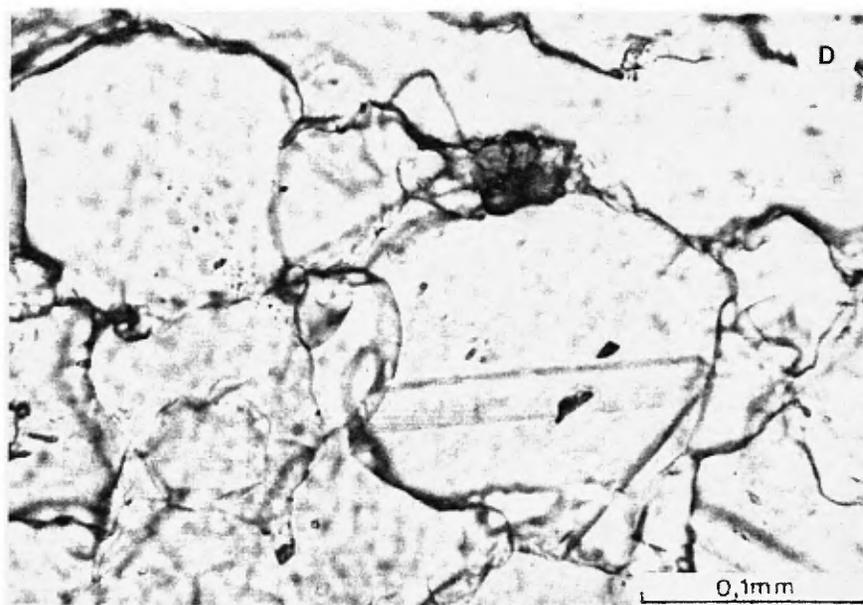
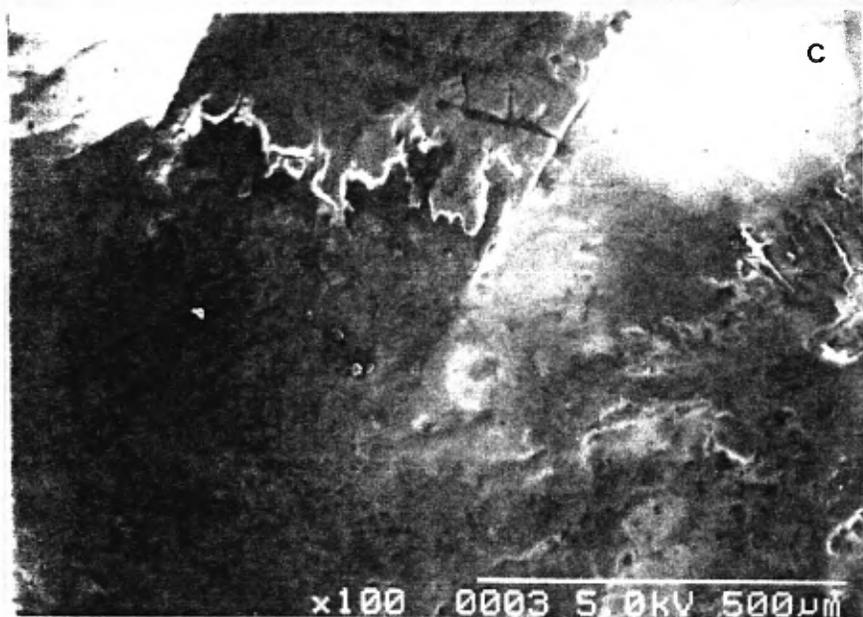
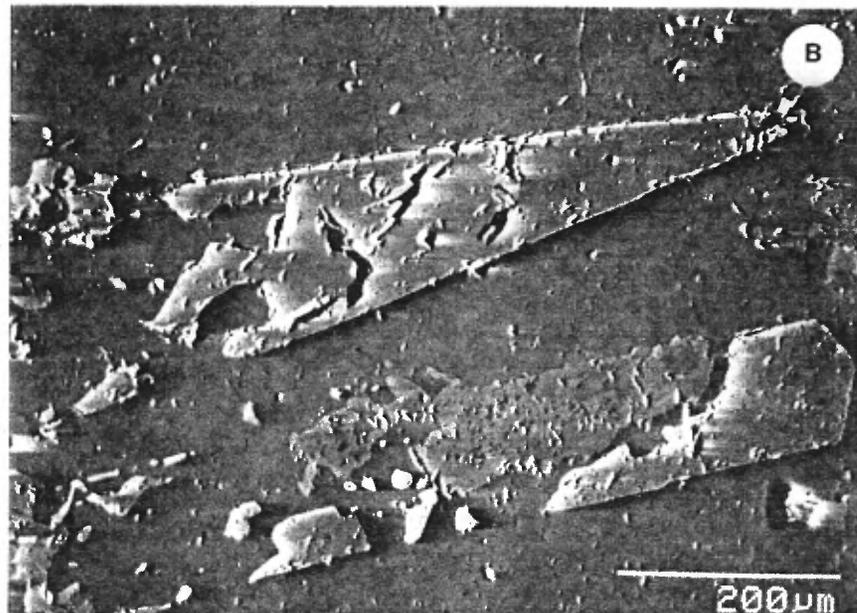
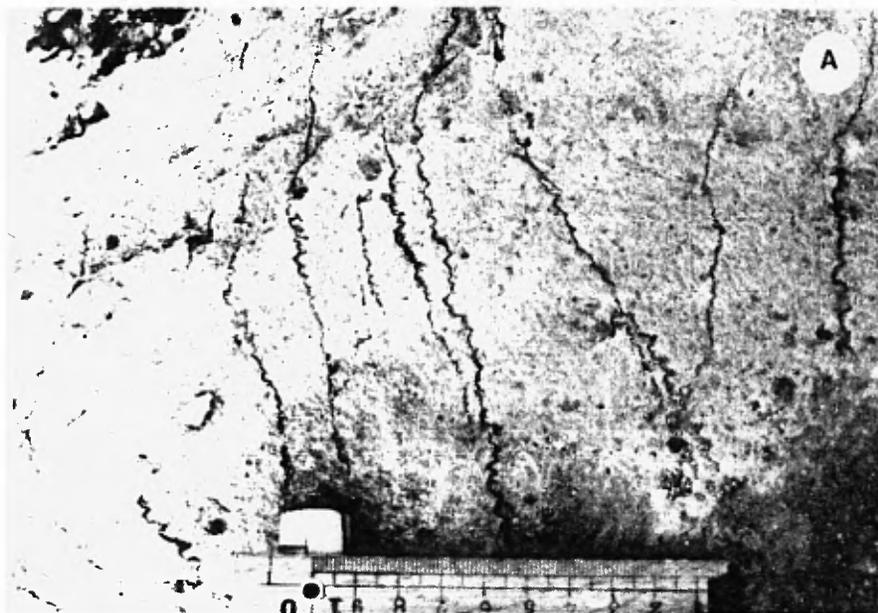
- Photo A: Zone A. Bismuthinite (**Bm**) avec substitution de **Cu** et de **Fe** en proportions variables. Chalcopyrite (**Cp**), tetradymite (**Td**) et bismuth (**Bi**).
- Photo B: Zone **JK**. Pyrite (**Py**) moulée par sphalérite (**Sp**) et chalcopyrite (**Cp**) dans une lentille de quartz-carbonate. La roche finement grenue contient une pyrite très fine.
- Photo C: Zone **JK**. Pyrite (**Py**) automorphe moulée par de la sphalérite (**Sp**) et chalcopyrite (**Cp**).
- Photo D: Zone **LM**. Pyrrhotite (**Po**) et pyrite (**Py**) remplacées par de la marcassite (**Mar**) + chalcopyrite (**Cp**) + galène (**Ga**).



09117

PLANCHE 9: Minéraux de bore

- Photo A: Stylolithes de tourmaline dans les andésites de la Planche 1A.
- Photo B: Cristaux d'axinite transformés en tourmaline + épidote + quartz.
- Photo C: Photo micrométrique montrant les détails texturaux de la dissolution de l'axinite.
- Photo D: Inclusion fluide aqueuse biphasée dans le quartz associé à la tourmaline fissurale.
Zone A



00119