

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE

PRESENTÉ A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A CHICOUTIMI

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR

CAROL COTE

LA DISTRIBUTION DE L'OR A LA MINE MONTAUBAN

NOVEMBRE 1989



Mise en garde/Advice

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

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

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

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

RESUME

Le gisement de Montauban est un gîte polymétallique de Zn-Pb-Cu-Au-Ag encaissé dans des gneiss à quartz-biotite du Supergroupe de Grenville. A proximité du gisement on retrouve des amphibolites à l'intérieur desquelles des structures de coussins ont été observées.

Le gisement a une allure tabulaire avec un noyau de sulfures massifs qui fut exploité pour le zinc et le plomb. La minéralisation d'or et d'argent, quoique présente à l'intérieur des zones à métaux de base, se trouve en plus forte concentration en périphérie de celles-ci où les sulfures sont disséminés. La compagnie Muscocho exploite présentement ces zones périphériques.

Même si le minéral est restreint à un horizon de 1 à 10 mètres d'épaisseur, on y retrouve quatre lithologies hôtes, soit les gneiss à quartz-biotite-grenat, à quartz-muscovite-biotite, à cordiérite-anthophyllite et à diopside-trémolite. Les deux premières lithologies ne contiennent que la minéralisation d'or et d'argent, tandis que les deux dernières sont tantôt porteuses de métaux de base et tantôt d'or et d'argent.

L'or et l'argent, dans la zone aurifère nord, se présente surtout sous forme d'électrum. Ce minéral est toujours accompagné de minéraux métalliques, mais une affinité remarquable existe entre l'électrum, la galène, la chalcopyrite et parfois l'arsénopyrite. Dans la partie sud du gisement, la présence d'arsénopyrite avec l'électrum semble plus fréquente. L'électrum accompagné de chalcopyrite, galène, sphalérite, arsénopyrite, pyrrhotite et pyrite ont été observés en inclusions dans du grenat et de la gahnite poeciloblastiques. Ces observations dénotent à la fois la liaison intime entre l'or et les sulfures et que cette association est syn ou anté-métamorphique.

On a observé des zonalités métallifères à l'échelle du gisement. Le gneiss à diopside-trémolite est particulièrement riche en argent, qui se traduit par un faible rapport Au/Ag. Les gneiss à quartz-biotite-grenat et à quartz-muscovite-biotite se distinguent par l'abondance de pyrrhotite. Le gneiss à cordiérite-anthophyllite montre un enrichissement en chalcopyrite.

A Montauban, le haut degré de déformation et de métamorphisme ont masqué et possiblement transformé les structures primaires. Malgré plusieurs ambiguïtés persistantes, il demeure vraisemblable d'attribuer une origine syngénétique à la minéralisation de Montauban.

ABSTRACT

The Montauban deposit is a Zn-Pb-Cu-Au-Ag deposit hosted in quartz-biotite gneiss of the Grenville Supergroup. Amphibolites with pillow structures occur in close proximity to the deposit.

The deposit appears stratiform with a massive sulphide core which was exploited for lead and zinc. The gold and silver mineralization, although present in the base metals, is found in its largest concentration in the peripheral disseminated sulphide zones. The Muscocho company is exploiting these parts of the deposit.

Even though the ore is restricted to a 1 to 10 meter thick horizon, four host lithologies can be found, these are: quartz-muscovite-biotite, quartz-biotite-garnet, cordierite-anthophyllite and diopsid-tremolite gneisses. The first two lithologies contain only gold and silver mineralization, whereas the last two sometimes carry base metals or gold and silver.

Gold and silver occur mostly in the form of electrum in the north gold zone. This mineral is always accompanied by other metallic minerals, and a strong affinity exists between electrum, galena, chalcopyrite and in some cases arsenopyrite. Arsenopyrite in association with electrum is more frequent in the southern part of the deposit. Inclusions of electrum, chalcopyrite, galena, sphalerite, arsenopyrite, pyrrhotite and pyrite have been observed in poikiloblastic garnet and gahnite. These observations show the intimate association between gold and sulphides. Textural observation shows that this association is syn or premetamorphic.

Metal zoning has been observed throughout the deposit. The diopsid-tremolite gneiss is particularly rich in silver yielding a weak Au/Ag ratio. The quartz-biotite-garnet and quartz-muscovite-biotite gneisses are distinguished by the abundance of pyrrhotite whereas the cordierite-anthophyllite gneiss shows a chalcopyrite enrichment.

A better comprehension of the distribution of gold and the host lithologies of the Montauban mine is now available. The strong deformation and metamorphism have masked and transformed the primary structures, making it difficult to define an appropriate metallogenic model, however, more arguments for a syngenetic model have been developed.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon directeur de thèse M. Jayanta Guha pour les conseils qu'il m'a prodigué tout au long de ce travail. J'aimerais également remercier les deux autres membres de mon comité de thèse, M. Michel Gauthier qui n'a jamais hésité à me conseiller en plus de me fournir un espace de travail et un soutien technique; M. E.H. Chown, avec qui les discussions sont toujours constructives.

Je suis redevable envers les employés et dirigeants de la compagnie Muscocho qui, en me permettant un accès à la mine et à toute leur documentation, ont fait montre d'une grande coopération durant la cueillette de données.

J'aimerais également remercier spécialement M. Vincent Jourdain pour l'information qu'il a bien voulu me communiquer au cours des nombreuses rencontres que nous avons eues.

Un merci spécial à M. André Ciesielski pour son aide précieuse durant la rédaction de ce travail. Finalement, je remercie M. Claude Beauchamp qui a effectué le dessin des figures.

TABLE DES MATIERES

	page
RESUME.....	ii
ABSTRACT.....	iii
REMERCIEMENTS.....	iv
TABLE DES MATIERES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES.....	x
1. INTRODUCTION.....	1
1.1 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE.....	2
1.2 TRAVAUX ANTERIEURS.....	2
1.3 HISTORIQUE DES TRAVAUX MINIERS.....	4
2. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	6
2.1 GEOLOGIE REGIONALE.....	6
2.2 GEOLOGIE LOCALE.....	8
2.3 GEOLOGIE DU GISEMENT DE MONTAUBAN.....	8
2.3.1 Subdivisions des lithologies.....	10
2.3.2 Subdivisions des différentes zones.....	12
2.4 GEOLOGIE STRUCTURALE.....	14
2.4.1 Evolution tectonique locale.....	14
2.4.2 Position structurale du gisement.....	15
2.5 METAMORPHISME.....	16
2.6 NATURE DES PROTOLITHES.....	17
2.6.1 Les amphibolites.....	17
2.6.2 Les quartzites.....	18
2.6.3 Le gneiss nodulaire à sillimanite.....	18

2.6.4 Les gneiss quartzofeldspathiques.....	19
2.6.5 Le gneiss à cordiérite-anthophyllite.....	20
2.6.6 Le gneiss à diopside-trémolite.....	21
3. DESCRIPTION DES LITHOLOGIES HOTES DE LA MINERALISATION DANS LA ZONE AURIFERE NORD DE MONTAUBAN.....	22
3.1 INTRODUCTION.....	22
3.2 DESCRIPTIONS PETROGRAPHIQUES.....	24
3.2.1 Gneiss à cordiérite-anthophyllite minéralisé.....	24
3.2.2 Gneiss à cordiérite-anthophyllite stérile.....	25
3.2.3 Gneiss à quartz-biotite-grenat minéralisé.....	26
3.2.4 Gneiss à quartz-biotite-grenat stérile.....	27
3.2.5 Gneiss à diopside-trémolite.....	28
3.2.6 Gneiss à quartz-muscovite-biotite.....	29
3.3 DISCUSSION.....	30
3.3.1 Similitudes et différences entre les gneiss à cordiérite-anthophyllite stérile et minéralisé.....	30
3.3.2 Similitudes et différences entre les gneiss à quartz-biotite-grenat stérile et minéralisé.....	32
3.3.3 Similitudes et différences entre le mineraï à cordiérite-anthophyllite et à quartz-biotite-grenat.....	33
3.3.4 Lien entre les deux lithologies hôtes de la zone aurifère nord.....	34
4. DISTRIBUTION DE L'OR DANS LA ZONE AURIFERE NORD.....	37
4.1 INTRODUCTION.....	37
4.2 PHASES MINERALES PORTEUSES D'OR ET D'ARGENT.....	38
4.3 AFFINITES MINERALOGIQUES ET HABITUS DE L'ELECTRUM.....	39
4.3.1 Relations spatiales électrum-sulfures.....	39
4.3.2 Relations spatiales électrum-silicates.....	40
4.3.3 Mode de présentation sous forme d'agrégats polyminéraliques.....	41
4.3.4 Mode de présentation sous forme de veinules.....	41
4.3.5 Mode de présentation sous forme d'inclusions.....	42

4.3.5.1 Inclusions d'électrum dans les sulfures.....	43
4.3.5.2 Inclusions d'électrum dans les silicates.....	43
4.4 REPARTITION DE L'OR ET L'ARGENT A L'INTERIEUR DE LA ZONE AURIFERE NORD.....	44
4.4.1 Distributition en plan de Au et Ag à l'échelle de la zone aurifère nord.....	45
4.4.2 Répartition de Au et Ag dans la roche encaissante de la zone aurifère nord.....	47
4.4.3 Répartition de Au et Ag à l'échelle de l'échantillon.....	52
4.4.4 Répartition de Au et Ag à l'échelle d'un minéral.....	52
5. EXTRAPOLATION DES RESULTATS DE LA ZONE AURIFERE NORD A L'ENSEMBLE DU GISEMENT DE MONTAUBAN.....	54
5.1 INTRODUCTION.....	54
5.2 REPARTITION DE LA MINERALISATION D'OR, D'ARGENT ET DE METAUX DE BASE DU GISEMENT DE MONTAUBAN.....	54
5.3 PATRON DE DISTRIBUTION DES LITHOLOGIES HOTES DU GISEMENT DE MONTAUBAN.....	57
5.3.1 Patron de répartition des lithologies hôtes en plan.....	58
5.3.2 Patron de répartition des lithologies hôtes en sections.....	58
5.3.2.A Section de la partie nord du gisement...59	
5.3.2.B Section de la partie sud du gisement....62	
6. DISCUSSION.....	63
6.1 INTRODUCTION.....	63
6.2 CARACTERISTIQUES DU GISEMENT DE MONTAUBAN.....	64
6.2.1 Les protolites.....	64
6.2.2 Synchronisme or/métaux de base/minéraux de gangue.....	67
6.2.3 Caractéristiques du minérali.....	70
6.2.3.1 Minéral à métaux de base.....	70
6.2.3.2 Minéral aurifère.....	71
6.2.4 Zonalités minéralogiques.....	73

6.2.4.1 Zonalités associées aux minéraux de gangue.....	73
6.2.4.2 Zonalités métallifères.....	74
6.2.5 Rapports Au/Ag.....	78
6.2.6 Disposition des lithologies hôtes.....	79
6.3 MODELES METALLOGENIQUES.....	82
CONCLUSION.....	86
REFERENCES.....	87
ANNEXE 1: Planches 1 à 7.....	92
ANNEXE 2: Distribution des zones minéralisées du gisement de Montauban.....	100
ANNEXE 3: Carte d'isoteneurs.....	101
ANNEXE 4: Distribution des lithologies hôtes.....	102
ANNEXE 5: Liste du contenu minéralogique des lithologies hôtes.....	101
ANNEXE 6: Liste des résultats d'analyse à la microsonde..	104
ANNEXE 7: Liste des résultats d'intersection pour les trous de forage sélectionnés.....	105

LISTE DE TABLEAUX

	page
TABLEAU 1: Stratigraphie du gisement de Montauban.....	11
TABLEAU 2: Teneurs et tonnage des différentes zones minéralisées de Montauban.....	13
TABLEAU 3: Tableau comparatif des lithologies hôtes de la zone aurifère nord.....	31
TABLEAU 4: Résultats d'analyses de l'or et l'argent et de leur rapport Au/Ag correspondant du trou #11-770-33.....	51

LISTE DES FIGURES

	page
FIGURE 1: Localisation géographique.....	3
FIGURE 2: Géologie régionale.....	7
FIGURE 3: Section géologique type; 90 000mN.....	9
FIGURE 4A: Localisation des trous de forage ayant permis la cueillette d'échantillons.....	23
FIGURE 4B: Localisation des sites d'échantillonnage du minérai.....	23
FIGURE 5: Passage graduel du gneiss à quartz-biotite- grenat au gneiss à cordiérite-anthophyllite....	36
FIGURE 6: Résultats de Au et Ag et de Au/Ag mesurés sur les minéraux d'électrum.....	46
FIGURE 7: Histogramme de Au/Au + Ag x 1 000 mesurés sur différents minéraux.....	49
FIGURE 8: Distribution de Au et Ag en section.....	50
FIGURE 9: Coupe A-B (section Nord).....	59
FIGURE 10: Coupe C-D (section Sud).....	61

CHAPITRE 1
INTRODUCTION

De nombreuses études ont été menées sur le gisement de Montauban, démontrant ainsi son intérêt. La géométrie de la zone minéralisée et la nature de la minéralisation aurifère étaient cependant peu connues. Un projet conjoint impliquant deux mémoires de maîtrise fut entrepris à l'Université du Québec à Chicoutimi. Dans un premier temps, Vincent Jourdain, dans un mémoire intitulé "Analyse structurale et stratigraphie de la zone aurifère nord du gisement de Montauban", a développé un modèle plaçant le gisement de Montauban dans son environnement physique. Possédant un meilleur contrôle sur la géométrie de la zone minéralisée, il devenait plus aisé d'étudier le minerai en détails.

Notre recherche a pour but de mieux comprendre la façon dont se présente la minéralisation aurifère, principalement dans la zone aurifère nord, pour ensuite pouvoir extrapoler ces résultats à l'ensemble du gisement. Cette étude devrait permettre d'établir, dans un contexte de haut degré de métamorphisme et de déformation, dans quelle(s) phase(s) minérale(s) se situe l'or et quels sont les assemblages minéralogiques qui y sont associés. Cette minéralisation

sera également abordée dans un sens plus global pour tenter de mieux comprendre la relation entre le minerai aurifère et les métaux de base.

1.1 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

Le village de Montauban est situé à environ 120 kilomètres à l'ouest de la ville de Québec. On y accède par les routes 138 et 363 (Voir figure 1). Il se situe à l'intérieur du canton de Montauban, dans le comté de Portneuf.

1.2 TRAVAUX ANTERIEURS

Les études de cartographie géologique effectuées dans la région de Montauban comportent par ordre chronologique, des travaux de Bancroft (1915), Smith (1956), Pyke (1966), Rondot (1978) et Morin (1987). Ce sont des travaux de stratigraphie qui, selon différentes approches, ont tenté d'intégrer le gisement de Montauban dans un contexte géologique régional. Des travaux de stratigraphie et de cartographie plus spécifiques au gisement de Montauban ont été le fait de O'Neil et Osborne (1939), Wilson (1939) et Jourdain (1988). Il n'est pas l'objet du présent travail de détailler chacun d'eux et nous porterons une attention particulière à l'étude récente de Jourdain (1988). Il s'agit

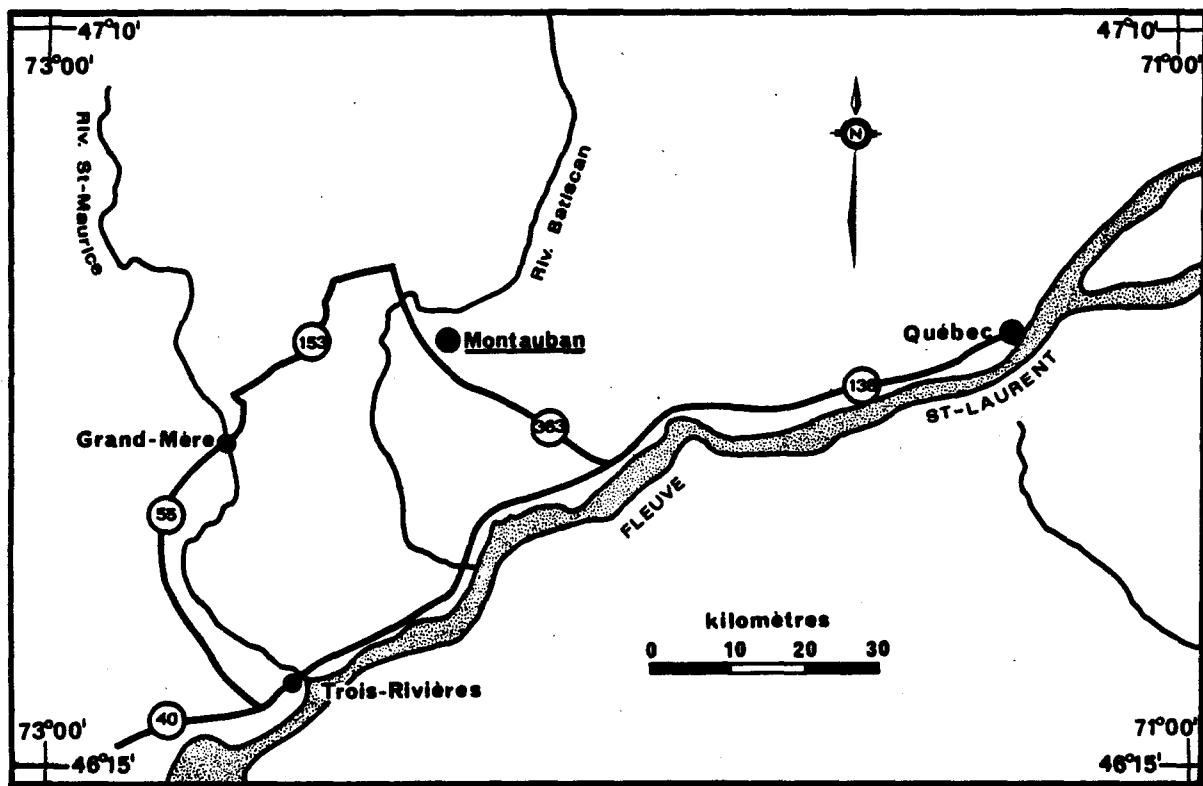


Figure 1: Localisation géographique

d'une synthèse des travaux antérieurs et d'une reconstitution de la stratigraphie se basant à la fois sur une révision de plusieurs trous de forage jumelés à une cartographie de surface et souterraine.

Des études géochimiques ont été effectuées par Stamatelopoulou-Seymour (1975) et Prabhu (1981) afin de caractériser la minéralisation et la roche encaissante. La première a interprété l'environnement géologique de Montauban comme étant d'origine volcanique, tandis que le second privilégie un environnement sédimentaire pour la formation des gneiss quartzofeldspathiques et le gneiss à cordiérite-anthophyllite.

Fletcher et Farquhar (1982), dans une étude isotopique sur des gisements de Plomb-Zinc de la province de Grenville, ont daté le gisement de Montauban à 1 270 Ma et, à l'aide des rapports $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ et $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, proposent que le manteau est la source ultime des métaux.

Bernier (1985) a effectué une étude détaillée de la minéralogie de la zone aurifère nord.

1.3 HISTORIQUE DES TRAVAUX MINIERS

On doit la découverte du gisement de Montauban à M. Elzéar Gauthier, prospecteur de cette région qui, en 1910,

mettait à jour une lentille plombo-zincifère près du village de Montauban.

Entre 1912 et 1956, le gisement fut l'objet d'exploitations intermittentes pour le zinc et le plomb. Durant cette période, plusieurs compagnies se sont succédées pour l'exploitation du minéral. Par ordre chronologique il s'agit de Tétrault, Weedon Mining Company, Zinc Company Ltd, British Metal Corporation, War Time Metal Corporation, Anacon Lead Mines et la United Montauban Mines. Le cours des prix des métaux, les guerres mondiales et l'expiration des baux miniers ont été des facteurs qui ont influencé le rythme d'exploitation du gisement de Montauban (Morin, 1987).

L'intérêt aurifère du gisement est connu depuis le milieu du siècle, mais le prix de l'or étant à 35\$/once à l'époque, l'installation d'une unité de cyanuration à l'intérieur de l'usine de flottaison n'était pas rentable (Morin, 1987). Depuis 1974, Les Explorations Muscocho Ltée détiennent la totalité des droits miniers. Cette compagnie, une des premières à bénéficier des programmes gouvernementaux d'actions accréditives, amorça l'exploitation du minéral aurifère au printemps 1983.

CHAPITRE 2

CONTEXTE GEOLOGIQUE

2.1 GEOLOGIE REGIONALE

A Montauban, l'étude géologique régionale la plus récente a été faite par Rondot (1978). Il y a reconnu trois groupes de roches principaux: le socle, les roches supracrustales et les intrusifs qu'il a respectivement identifié comme le Groupe de Mékinak, le Groupe de Montauban et le complexe de la Bostonnais. La figure 2 illustre l'emplacement de chacun d'eux.

Partie du Supergroupe (ou Série) de Grenville (Gauthier et al. 1985), le Groupe de Montauban est composé de roches supracrustales hélikiennes; ce sont des gneiss variés, des quartzites, des amphibolites, des métabasaltes et des roches calcosilicatées, d'une épaisseur de moins de deux kilomètres. Le gisement de Montauban se situe dans la partie sommitale (Rondot, 1978).

Le groupe de Montauban est bordé à l'est par le Complex de la Bostonnais qui, formé de roches ignées basiques, tonalitiques et acides mêlées, constituent une partie des intrusifs grenvilliens.

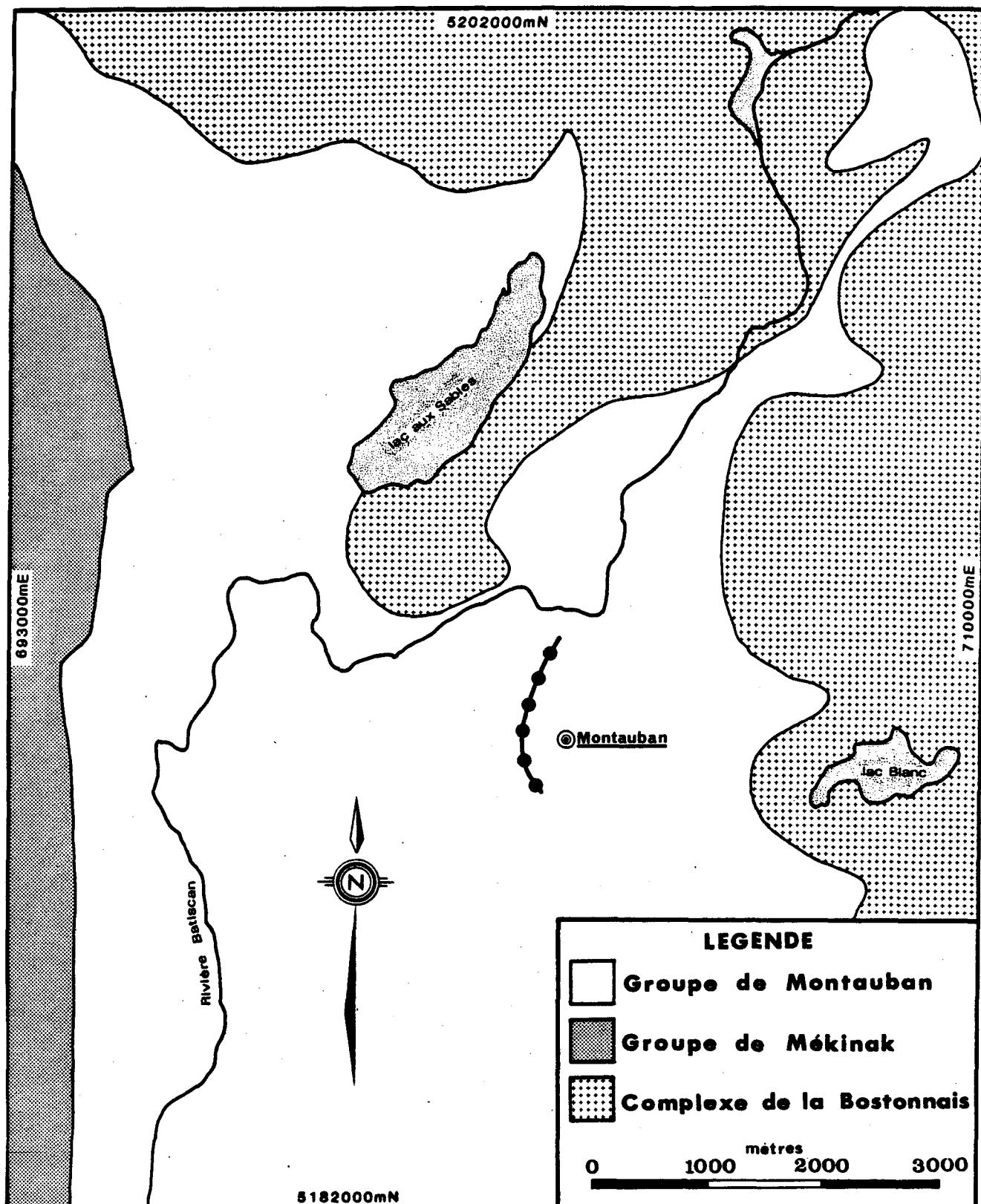


Figure 2: Géologie régionale selon Rondot (1978)

N.B.: La ligne pointillée indique la trace de l'horizon minéralisé de Montauban.

A l'ouest, le Groupe de Montauban est en contact avec le Groupe de Mékinak qui se compose surtout de migmatites charnockitiques. Le Groupe de Mékinak représente le socle grenvillien (Rondot, 1978).

2.2 GEOLOGIE LOCALE

L'information relative à la stratigraphie à proximité du gisement provient du travail de Jourdain (1988), indiquée au Tableau 1 de la page 2 et la Figure 3 de la page 10. Le tableau 1 constitue le résumé des différentes unités présentes près de la mine dans leur ordre stratigraphique. Sur le terrain on les retrouve de façon inversée (figure 3). Le gisement de Montauban se situe à l'intérieur de l'unité 3.

2.3 GEOLOGIE DU GISEMENT DE MONTAUBAN

La bande minéralisée de Montauban peut être suivie sur environ trois kilomètres en surface. Elle se situe à l'intérieur d'un gneiss à quartz-biotite reconnu partout dans la région par Morin, (1987). A l'approche du niveau métallifère, ce gneiss s'enrichit en grenat dont la teneur en manganèse a tendance à augmenter vers le centre du niveau minéralisé (Bernier, 1984).

FIGURE #3
SECTION 90000mN

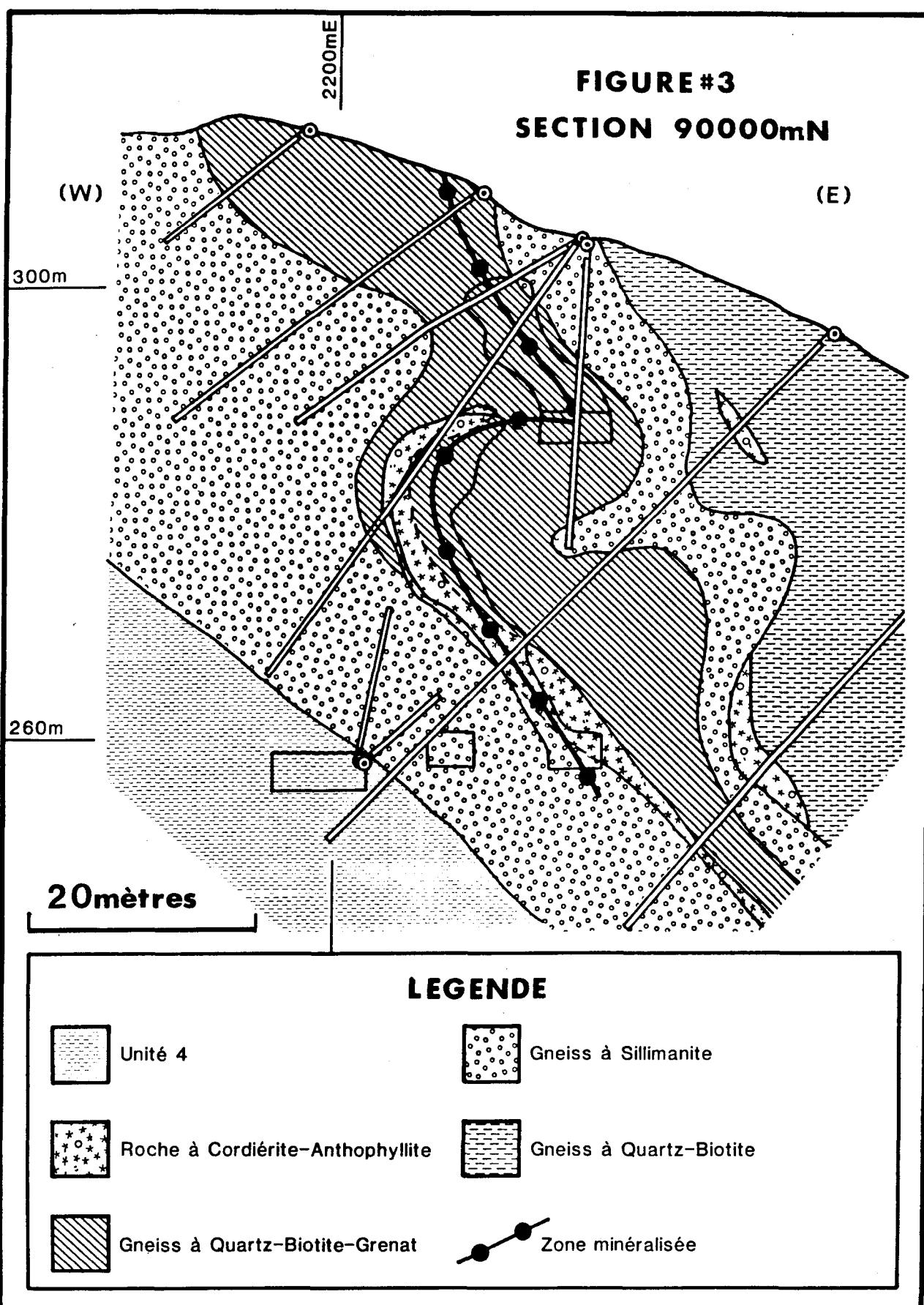


Figure 3 : Section géologique type; 90,000mN

2.3.1 Subdivisions des lithologies

Le gisement de Montauban est encaissé dans des gneiss quartzofeldspathiques. Tel qu'illustré dans la tableau 1, au sommet de l'horizon minéralisé on retrouve un gneiss à quartz-biotite faiblement rubané (Unité 2) et à sa base un gneiss sériciteux (Unité 4).

L'unité 3, dans laquelle se retrouve le minéral, a été subdivisée en plusieurs lithologies dont quatre sont porteuses de minéralisation. Les autres lithologies constituant cette unité sont les gneiss à quartz-biotite hétérogène et le gneiss nodulaire à quartz-biotite-sillimanite qui enve- loppe le minéral dans la zone aurifère nord (Figure 3).

Les quatres lithologies porteuses sont les gneiss à quartz-biotite-grenat, à cordiérite-anthophyllite, à quartz-muscovite-biotite et à diopside-trémolite. De ces quatre roches distinctes, deux contiennent à la fois le minéral de métaux de base et le minéral aurifère: ce sont les gneiss à cordiérite-anthophyllite et à diopside-trémolite. Les deux autres sont caractérisées surtout par leur contenu en or.

TABLEAU 1

STRATIGRAPHIE DU GISEMENT DE MONTAUBAN

<u>Unité</u>	<u>Lithologies correspondantes</u>	<u>Puissance</u>
PEGMATITE		
AMPHIBOLITE		
UNITE 5	Métabasalte	> 100m
UNITE 4	Gneiss à quartz-biotite-séricite	400-500m
	Gneiss à quartz-biotite hétérogène	
	Gneiss à quartz-biotite-sillimanite	
UNITE 3	Gneiss à diopside-trémolite (**)	40-50m
	Gneiss à cordiérite-Anthophyllite(**)	
	Gneiss à quartz-muscovite-biotite(*)	
	Gneiss à quartz-biotite-grenat(*)	
UNITE 2	Gneiss à quartz-biotite faiblement rubané	20-30m
UNITE 1	Gneiss mixte gris	>100m

** Zones de métaux de base et aurifères
 * Zones aurifères

2.3.2 Subdivision des différentes zones

Le minéral de Montauban a été exploité à l'intérieur d'une bande d'environ deux kilomètres de long, 500 mètres de large et épaisse de quelques mètres. Cette bande, au cours de son exploitation, a été subdivisée en plusieurs zones. Le tableau 2 résume le contenu de chacune d'elles et l'annexe 1 représente leur disposition en plan.

Tout comme pour les lithologies hôtes, il est possible de distinguer les différentes zones en fonction de leur contenu métallifère. Les zones avec de bonnes teneurs en or et en argent sont: la zone aurifère nord, la zone aurifère sud, la zone aurifère centrale, la zone "S" et la zone Marcor. Celles caractérisées surtout par leur contenu en zinc et en plomb sont les zones Tétrault, Montauban, "A", "C" de Ghislau et "C" Satellite. Le contenu métallifère de ces zones est indiqué au tableau 2.

Ces zones représentent pas moins de quatre millions de tonnes de minéral. Plus de 350 000 tonnes n'ont pas encore été extraites. Selon M. Frank Johnson (communication écrite), gérant de la mine, les réserves géologiques pour le minéral aurifère étaient évaluées, en 1987, à environ 200 000 tonnes métriques.

TABLEAU 2

Teneurs et tonnage des différentes zones
du gisement de Montauban

NOM DE LA ZONE	Au (g/t)	Ag (g/t)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	TONNAGE (t.mét.)	
Zone aurifère nord	7,75	10,00	0,3	0,2	0,3	923 000	*
Zone aurifère sud	5,34	57,19	---	---	---	216 000	*
Zone Marcor	3,58	3,64	---	---	---	100 400	***
Zone Tétrault	----	----	5,5	1,7	---	1281 000	**
Zone Montauban	1,10	11,84	2,9	0,9	---	582 363	***
Zone "A"	0,24	72,67	3,7	1,0	---	357 000	**
Zone "S"	4,83	6,89	---	---	---	49 900	*
Zone "C" Ghislau	----	39,00	3,9	1,2	---	232 335	*
Zone "C" Satellite	0,51	35,00	4,1	1,2	---	309 173	*
Zone d'or centrale	5,81	23,00	---	---	---	14 000	*

Source des données: *: Les Explorations Muscocho

**: Jourdain (1988)

***: * et **

2.4 GEOLOGIE STRUCTURALE

Le gisement de Montauban se situe dans un horizon légèrement arqué dont l'orientation générale est N-S. Dans la partie nord, le gisement est orienté NNE tandis que dans la partie sud il a une orientation NW. Le gisement est généralement parallèle à la foliation et aux contacts entre les différentes lithologies encaissantes. Le pendage se situe autour de 20 et 30° vers l'est; toutefois dans la zone aurifère nord, la minéralisation a été exploitée dans des chantiers à fort pendage (60°)(Figure 3). A cet endroit, le minerai se situe à l'intérieur d'un pli d'entraînement en Z et le fort pendage observé constituerait l'enveloppe de ce pli (Jourdain, 1988). Les travaux de Smith (1956) ont décrit une même attitude du minerai dans la zone Tétrault, sans que l'auteur fournisse d'explications structurales.

2.4.1 Evolution tectonique locale

Quatre événements tectoniques distincts auraient affecté les roches à Montauban.

La foliation des gneiss de la région résulterait d'une déformation de type isoclinale nommée "D1" (Morin, 1987 dans Jourdain, 1988).

Cette foliation est reprise par une seconde phase de déformation marquée par une réorientation des cristaux de biotite et muscovite (Jourdain, 1988). Un événement thermique de haute température, postérieure à la seconde phase de déformation, expliquerait l'atténuation de la foliation suite à une recristallisation intense.

La courbure de certains contacts entre les principales unités, l'ondulation de la zone minéralisée et la grande dispersion des mesures de foliation et de linéation laisse croire à la présence d'une troisième déformation "D3" (Jourdain, 1988).

Le quatrième événement tectonique est marqué par une déformation cassante favorisant le développement de joints sub-verticaux de direction est-ouest (Jourdain, 1988). Ce stade tectonique aurait permis une migration locale de sulfures et de l'or à l'intérieur de ces fractures.

2.4.2 Position structurale du gisement

Jourdain (1988) propose deux hypothèses pour expliquer la position structurale du gisement: premièrement la bande minéralisée de Montauban se situe sur le flanc est d'un synforme déversé vers l'ouest. Le cœur de ce synforme serait occupé par une amphibolite qui montre, du moins localement, une faible déformation. Les plis en "Z" observés

synforme déversé vers l'ouest. Le cœur de ce synforme serait occupé par une amphibolite qui montre, du moins localement, une faible déformation. Les plis en "Z" observés à plusieurs endroits dans le gisement sont en accord avec ce modèle structural. Deuxièmement il propose que ces plis en "Z" représentent les plis d'entraînement d'une zone de cisaillage.

2.5 METAMORPHISME

Les travaux de Seymour et MacLean (1984) ont permis de préciser le degré de métamorphisme ayant affecté le gisement de Montauban. Ils ont utilisé les paragénèses des minéraux calco-silicatées et des roches à cordiérite ainsi que la composition de la sphalérite associée à la pyrite et à la pyrrhotite. Selon ces auteurs, les associations minéralogiques étudiées correspondent à une température de 630-650°C et une pression de 490 \pm 40 mpa.

L'assemblage fréquemment rencontré dans le gneiss à quartz-biotite (quartz-plagioclase-feldspath potassique-biotite \pm grenat) indiquent que les roches de la région de Montauban ont été métamorphisées jusqu'au faciès amphibolite à almandin (Morin, 1987).

2.6 NATURE DES PROTOLITES

La détermination des protolites en milieu fortement déformé et métamorphisé demeure toujours une sorte de défi. Pourtant, à Montauban, les travaux à ce sujet sont nombreux. Les résultats sont souvent contradictoires et pas toujours concluants. Les lithologies se prêtant particulièrement bien à ce type d'interprétations constituent à la fois la roche encaissante (amphibolites, quartzites, gneiss nodulaire à sillimanite) et la roche hôte (gneiss quartzofeldspathiques, gneiss à cordiérite-anthophyllite et gneiss à diopsidé-trémolite)

2.6.1 Les amphibolites

Les amphibolites contribuent pour une bonne part du volume de roche dans la région. A l'intérieur du gisement, elles recoupent la minéralisation à quelques endroits (Jourdain, 1988). Elles constituent une des seules lithologies de Montauban dont le protolite fasse consensus. La découverte par Pyke (1967) de structures de coulées volcaniques (coussins) dans les amphibolites à l'ouest du gisement a certainement facilité la détermination du protolite. Ces structures ont été reconnues à d'autres endroits par Morin (1984).

Les amphibolites de Montauban sont des métabasaltes et/ou des dykes subvolcaniques à affinité tholéitique qui s'accordent avec un milieu d'arc insulaire incluant l'arc interne (MacLean et al., 1982).

2.6.2 Les quartzites

C'est surtout Morin (1984) qui s'est intéressé à cette lithologie. Il s'est servi de cette unité comme niveau repère pour préciser la stratigraphie et la tectonique de la région. Les analyses qu'il a faites sur plusieurs grenats de différentes localités ont montré que la plupart d'entre eux avaient des teneurs élevées en manganèse. Il en conclut une origine exhalative pour la fraction siliceuse du quartzite.

2.6.3 Le gneiss nodulaire à sillimanite

Cette lithologie est généralement reconnue comme l'équivalent métamorphisé d'une roche localement enrichie en aluminium par lessivage d'éléments plus mobiles (Na, K, etc.) (Bernier, 1985 et Morin, 1984). Cette altération aurait été causée par l'action de saumures hydrothermales ayant produit, à l'origine, des minéraux tels l'alunite, la kaolinite, l'halloysite ou la pyrophyllite.

2.6.4 Les gneiss quartzofeldspathiques

Des résultats contradictoires émanent des différentes recherches faites sur cette lithologie.

La première, celle de Stamatelopoulou-Seymour et Maclean, 1977, s'est basée sur des diagrammes de variation chimique, où les auteurs comparent les gneiss quartzofeldspathiques de Montauban avec d'autres des districts de Bathurst, de Noranda et de Kuroko. Ils déclarent que ceux de Montauban se groupent près des roches d'origine indiscutablement volcanique de Noranda et de Kuroko. Ces roches pourraient être des tufs volcaniques de composition intermédiaire à acide et leurs sédiments associés, communément appelées des leptites lorsque métamorphisés au faciès amphibolite moyen à supérieur.

La seconde étude est celle de Prabhu et Webber (1984). Ils proposent une origine différente, où ces gneiss seraient plutôt d'origine sédimentaire, s'apparentant avec des grès quartzeux ou des grauwackes, ou les deux. Ils soutiennent que le meilleur diagramme de variation pouvant distinguer ce type de roche est celui de Niggli (Si versus Mg). Ils soulignent également que la grande dispersion observée dans les résultats d'analyse est beaucoup plus compatible avec des roches sédimentaires qu'avec des roches ignées ou volcaniques.

2.6.5 Le gneiss à cordiérite-anthophyllite

Le gneiss à cordiérite-anthophyllite fut aussi l'objet d'interprétations diverses. Prabhu (1981), fidèle à son modèle métasédimentaire, propose deux hypothèses quant à l'origine de cette roche. La haute teneur en silice (70% Si et 59% de quartz normatif) élimine l'éventualité de l'altération d'une roche ignée mafique. A partir d'un processus primaire, des lentilles de magnésite en contact avec des sédiments siliceux pourraient produire une telle lithologie. Par processus secondaire, il propose une chloritisation de sédiments gréseux.

Stamatelopoulou-Seymour et MacLean (1977), ont aussi constaté la quantité de quartz contenue dans cette roche. La chloritisation de leptites aurait pu être à l'origine d'un enrichissement en magnésium et d'un lessivage des alcalis. Durant le métamorphisme régional, la chlorite aurait réagi avec le quartz et la muscovite pour produire l'assemblage cordiérite-anthophyllite. Les auteurs estiment que cette altération pourrait correspondre aux pipes d'altération déjà définies dans les gisements volcanogènes de Kuroko et de Noranda qui, à l'instar du gneiss à cordiérite-anthophyllite de Montauban, sont également enrichies en or et en cuivre.

2.6.6 Le gneiss à diopside-trémolite

Les roches calcosilicatées de Montauban ont une origine liée à l'événement minéralisateur, selon tous les auteurs qui se sont penchés sur le sujet. Les travaux les plus récents suggèrent qu'elles pourraient provenir d'un calcaire dolomitique cherteux ou d'une exhalite. Selon Stamatelopoulou-Seymour et MacLean (1977), ce serait sur une exhalite proximale exogène que reposeraient les métaux de base. Morin (1984) suggère que cette roche soit le résultat du métamorphisme de dolomies; c'est le réchauffement de l'eau de mer par l'action des saumures qui serait à l'origine de la précipitation du matériel dolomitique.

CHAPITRE 3

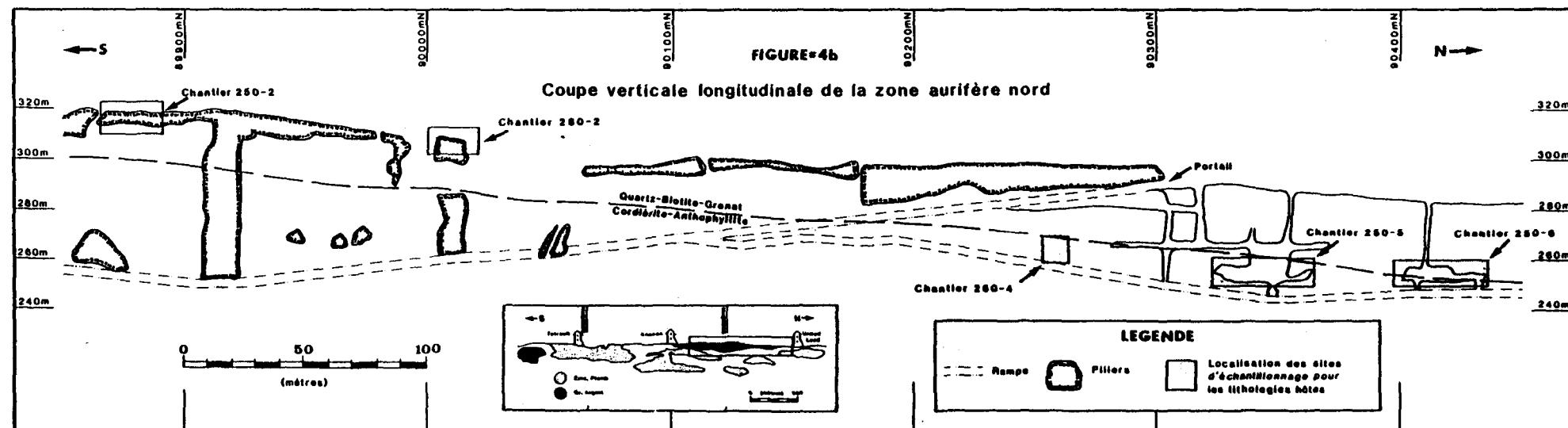
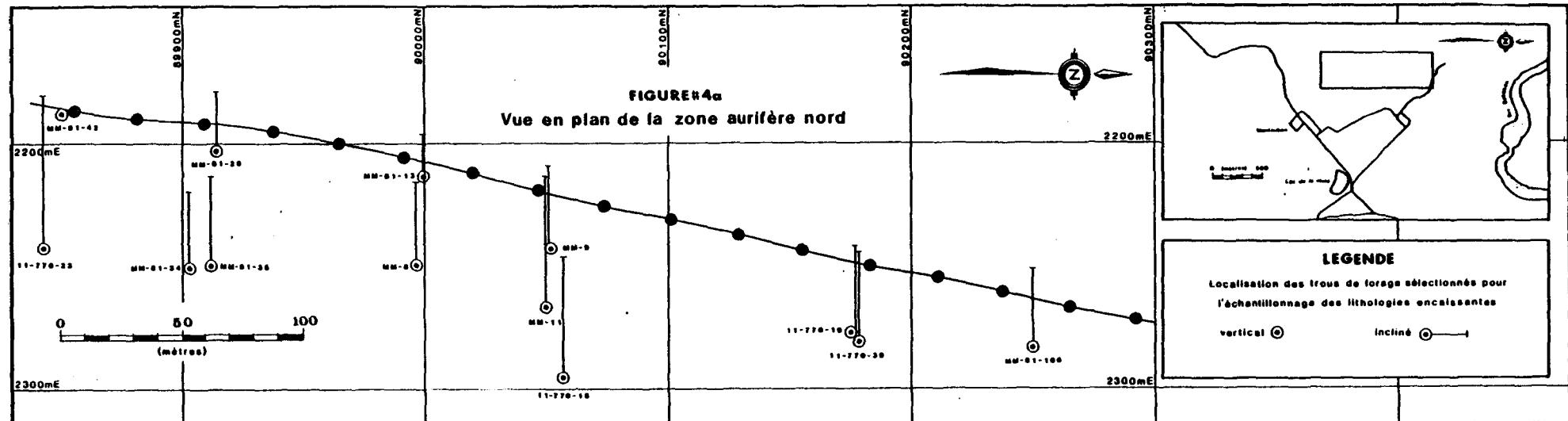
DESCRIPTION DES LITHOLOGIES HOTES DE LA MINERALISATION DANS LA ZONE AURIFERE NORD DE MONTAUBAN

3.1 INTRODUCTION

Des quatre lithologies porteuses de minéralisation à la mine Montauban, seules deux se retrouvent dans la zone aurifère nord, soit les gneiss à cordiérite-anthophyllite et à quartz-biotite-grenat. Une étude détaillée de la pétrographie de ces deux lithologies a été effectuée en les comparant à leur équivalent stérile.

La figure 4a représente la localisation des différents forages à partir desquels ont été sélectionnés les échantillons des lithologies hôtes stériles. La figure 4b indique l'emplacement des sites d'échantillonnage du minéral à partir d'une coupe longitudinale. Le détail des observations microscopiques sont disponibles à l'annexe 5.

Deux autres lithologies sont également porteuses de minéralisation aurifère à Montauban, soient les gneiss à diopsidé-trémolite et à quartz-muscovite-biotite. La description pétrographique de ces dernières est plus sommaire. Leur description mégascopique a été effectuée sur des échantillons cueillis dans



les chantiers actifs de la zone aurifère sud et de la zone Marcor à l'automne 1987. Le résultat des observations microscopiques proviennent d'une étude réalisée par le Centre de Recherche Minérale pour le compte de la compagnie Muscocho.

3.2 DESCRIPTIONS PETROGRAPHIQUES

3.2.1 Gneiss à cordiérite-anthophyllite minéralisé

Le gneiss à cordiérite-anthophyllite se situe uniquement dans la partie nord du gisement (voir annexe 4). Il forme un segment d'environ 200 mètres de largeur et de plus d'un kilomètre de longueur ayant une légère plongée vers le nord. Ce gneiss contient à la fois la minéralisation aurifère et de métaux de base. Seule la partie aurifère sera traitée dans ce chapitre.

Dans la zone aurifère nord, la lithologie hôte à cordiérite-anthophyllite est de teinte sombre, et de couleur bleutée. Elle a un aspect massif où l'enchevêtrement de l'anthophyllite, de la cordiérite et de la phlogopite, les principaux constituants, souligne le caractère isotrope de cette roche (Planche 1A de l'annexe 1). Les minéraux de gangue sont énumérés à l'annexe 5.

Cette roche contient environ 20% de minéraux métalliques qui se retrouvent surtout sous forme de sulfures: la chalcopyrite, la sphalérite et la galène. Les minéraux moins fréquents sont

l'arsénopyrite, la pyrite, la cubanite, la pyrrhotite, la tennantite, la bornite, la molybdénite et l'électrum.

A l'intérieur de cette lithologie, on observe fréquemment des niveaux schisteux où la proportion de phlogopite peut atteindre 90%. Dans les chantiers, le contenu en or et en argent ne semble pas être affecté par ces passages schisteux (Vincent Jourdain, communication personnelle).

3.2.2 Gneiss à cordiérite-anthophyllite stérile

L'équivalent stérile du gneiss à cordiérite-anthophyllite ne se retrouve pas dans le plan minéralisé. Il forme des niveaux discontinus, lenticulaires, qui se situent souvent en retrait de ce plan, comme le montre la figure 3.

Cette lithologie se distingue par sa granulométrie grossière et une teinte pâle, verdâtre ou bleutée. L'anthophyllite peut atteindre six centimètres de longueur, mais excède rarement trois centimètres. La cordiérite est souvent porphyroblastique de dimension pouvant atteindre deux centimètres de diamètre. L'anthophyllite fibroradiale et la cordiérite porphyroblastique de forme ovale sont des habitus qui, comme pour son équivalent minéralisé, démontrent la nature isotropique de cette roche.

De minéralogie fort simple, cette unité se compose essentiellement de cordiérite, d'anthophyllite et de phlogopite;

les minéraux accessoires sont énumérés à l'annexe 5. On y retrouve très peu de sulfures, la pyrrhotite et la pyrite ont été observées à l'occasion.

3.2.3 Gneiss à quartz-biotite-grenat minéralisé

Le gneiss à quartz-biotite-grenat est une lithologie hôte de la minéralisation d'or et d'argent qui se situe uniquement dans la zone aurifère nord. Il forme une bande allongée d'une centaine de mètres de largeur et de près d'un kilomètre de longueur (voir annexe 4). Cette bande longe la surface où elle affleure sur plusieurs centaines de mètres.

La roche à quartz-biotite-grenat a une texture rubanée où alterne des bandes discontinues riches en sulfures (chalcopyrite, sphalérite et galène) auxquelles sont souvent associées la cordiérite et le grenat, et des bandes quartzofeldspathiques riches en biotite, grenat, anthophyllite et cordiérite (planche 1B de l'annexe 1). Dans cette roche, on retrouve également des quantités mineures d'arsénopyrite, bornite, graphite, molybdénite et électrum ainsi que de la gahnite, staurolite, plagioclase, etc. (voir annexe 5).

Une foliation parallèle au rubanement est marquée par l'aplatissement général des minéraux et l'alignement des feuillets de biotite.

3.2.4 Gneiss à quartz-biotite-grenat stérile

Le gneiss à quartz-biotite-grenat peut être inclus à l'intérieur de la sous-unité de quartz-biotite hétérogène de Jourdain (1988), qui localement contient des niveaux grenatifères (voir tableau 1).

Ce gneiss a l'aspect d'une roche quartzofeldspathique banale, dont l'orientation de la biotite marque la foliation. Les quantités variables de biotite et l'association quartz-plagioclase produisent un rubanement caractéristique.

L'étude microscopique détaillée de cette unité révèle une minéralogie beaucoup plus complexe (voir l'annexe 5), à savoir la présence en quantité importante de cordiérite (11%) et d'anthophyllite (3%), qu'on retrouve dans pratiquement toutes les lames minces.

Cette unité se caractérise par une granulométrie fine excédant rarement un millimètre qui, par contre, peut se transformer en horizon porphyroblastique où la cordiérite blanchâtre et le grenat poeciloblastique peuvent atteindre plus d'un centimètre.

Généralement très peu minéralisée, cette unité contient des quantités mineures de pyrrhotite et de pyrite n'excédant que rarement 1% de la roche.

3.2.5 Gneiss à diopside-trémolite

Cette roche n'a pas été étudiée en détail comme le furent les deux lithologies hôtes de la zone aurifère nord. Il est quand même à propos de décrire brièvement cette lithologie car il en sera régulièrement mention dans les deux derniers chapitres.

Le gneiss à diopside-trémolite a été exploité pour le zinc et le plomb durant la première moitié du siècle. Depuis quelques années, la compagnie Muscocho s'intéresse à cette roche qui constitue la lithologie hôte de la zone aurifère sud située dans l'extension méridionale de la zone Tétrault (voir Annexe 2).

Smith (1956) a décrit la roche calco-silicatée de la zone Tétrault: elle est de granulométrie moyenne à grossière, de couleur vert pâle. Le diopside et la trémolite, les principaux constituants, sont disposés en agrégats massifs. On y retrouve régulièrement des lentilles de carbonates. Wilson (1936), a observé occasionnellement de la barite. Les principaux minéraux métalliques sont la sphalérite, la galène, la pyrrhotite et la chalcopyrite. Les minéraux mineurs sont la molybdénite, l'arsénopyrite, la pyrite et la marcasite; la tétraédrite, l'électrum, l'or et l'argent natif et le graphite ont également été observés (Smith, 1956).

Kieller (1987) a étudié deux échantillons en provenance de la zone aurifère sud. Ils sont composés surtout de diopside et de trémolite et la pyrrhotite est le sulfure le plus abondant. L'or et l'argent sont présents dans plusieurs phases minérales: l'allargentum (contenant jusqu'à 2,7% Au), la tétraédrite (22% Ag dans un grain), l'électrum et l'or natif. Des ratios Ag/Au de 7 et 22 ont été calculés dans les deux échantillons (Kieller, 1987).

3.2.6 Gneiss à quartz-muscovite-biotite

Le gneiss à quartz-muscovite-biotite constitue la lithologie hôte du minéral aurifère de la zone Marcor. Il représente également le prolongement en profondeur de l'horizon minéralisé sur toute la longueur du gisement (voir annexe 3).

Tout comme le gneiss à diopside-trémolite, la description de cette roche est essentiellement bibliographique.

Le gneiss à quartz-muscovite-biotite possède une minéralogie simple composée de quartz et de muscovite ainsi qu'une quantité mineure de microcline (Kieller et Wilhelmy, 1987). Il est parfois très schisteux lorsqu'il y a prédominance de minéraux phyllosilicatés, et peut être également très siliceux. La minéralisation, mégascopiquement, est représentée surtout par la pyrrhotite et le graphite (<10%). L'arsénopyrite a été observée

régulièrement et à quatre reprises elle était accompagnée d'électrum (Kieller et Wilhelmy, 1987).

3.3 DISCUSSION

3.3.1 Similitudes et différences entre les gneiss à cordiérite-anthophyllite stérile et minéralisé

Ces deux unités ont été reliées au sein d'une même lithologie puisque la cordiérite, l'anthophyllite et la phlogopite se retrouvent dans des proportions semblables (Tableau 3). La disposition de ces principaux constituants, dont leur croissance semble postérieure à la déformation (Jourdain, 1988), donne un aspect isotrope propre aux deux unités. La granulométrie parfois anormalement grossière dans le cas de l'unité stérile, ainsi que la texture porphyroblastique fréquente impliquant la cordiérite, le plagioclase, la gahnite, la staurotide et l'anthophyllite représentant des réactions métamorphiques (Bernier, 1984), sont deux caractéristiques propres à ces deux lithologies.

TABLEAU 3

TABLEAU COMPARATIF DES LITHOLOGIES HOTES DU GISEMENT DE MONTAUBAN

Cordiérite-Anthophyllite		Quartz-biotite-grenat
Texture	massive, isotrope	rubanée
Minéraux de gangue	présence de gahnite et staurotide	présence de gahnite et staurotide
	cordiérite 18% anthophyllite 21% quartz 5% biotite 28% grenat Tr	cordiérite 5% anthophyllite 6% quartz 41% biotite 18,5% grenat 6%
Minérai	chalcocrite 10,5% sphalérite 3,5% galène 3% pyrrhotite Tr électrum Tr	pyrrhotite 8% sphalérite 3% galène 1% chalcocrite 5% électrum Tr

La différence est d'ordre minéralogique, puisque dans un cas le gneiss minéralisé contient presque toujours plus de 15% de minéraux métalliques et dans l'autre cas, ils ne constituent que les minéraux accessoires. Au point de vue spatial, le gneiss à cordiérite-anthophyllite minéralisé est confiné à un même horizon tandis que celui stérile se situe en retrait, et dont la disposition est sous forme de lentilles ou de "poches" isolées.

3.3.2 Similitudes et différences entre les gneiss à quartz-biotite-grenat stérile et minéralisé

En apparence, ces deux unités ont plusieurs points en commun. Elles possèdent toutes les deux un rubanement qui, dans le cas de l'unité non minéralisée se traduit par une alternance de biotite et de quartz-plagioclase principalement. Toutefois, pour l'unité porteuse de minérai, le rubanement est en plus souligné par les niveaux de minéraux métalliques contenant de la cordiérite et du grenat.

Nonobstant les minéraux métalliques et la gahnite, il n'y a pas de réelles différences de minéralogie entre ces deux unités.

Le gneiss à quartz-biotite-grenat minéralisé est donc l'équivalent d'un gneiss quartzofeldspathique dans lequel on

retrouve environ 20% de sulfures, principalement la pyrrhotite, chalcopyrite-cubanite, sphalérite, galène et électrum ainsi que la présence de la gahnite et la staurolite zincifère dont l'apparition dépend justement de la présence de minéralisation (Bernier, 1984).

3.3.3 Similitudes et différences entre le minéral à cordiérite-anthophyllite et à quartz-biotite-grenat

Les deux lithologies hôtes de la zone aurifère nord, les gneiss à cordiérite-anthophyllite et à quartz-biotite-grenat, sont très distinctes l'une de l'autre.

Il est possible de les distinguer d'un point de vue textural. Dans le cas du gneiss à quartz-biotite-grenat, un rubanement est produit par la concentration des sulfures, de la cordiérite et du grenat en bandes discontinues. Le gneiss à cordiérite-anthophyllite, par contre, ne montre pas de signes de déformation car l'anthophyllite fibroradiée et la cordiérite porphyroblastique témoignent d'une isotropie. D'un point de vue minéralogique, notons que le gneiss à quartz-biotite-grenat est très siliceux, qu'il y a bourgeonnement de fibrolite et que la pyrrhotite est généralement abondante. Le gneiss à cordiérite-anthophyllite présente toujours une minéralogie composée d'anthophyllite, de cordiérite et de phlogopite avec une minéralisation où la chalcopyrite est abondante (voir le tableau comparatif 3).

Malgré certaines distinctions, ces deux lithologies se rejoignent à certains égards. Ils contiennent des quantités de minéraux métalliques semblables auxquels est toujours associé l'électrum. Cette minéralisation, surtout la sphalerite, a produit des minéraux métamorphiques particuliers, soit la gahnite et la staurolite zincifère. Egalelement, la cordiérite et l'anthophyllite sont deux minéraux qui se retrouvent en quantité appréciable dans les deux lithologies.

3.3.4 Lien entre les deux lithologies hôtes de la zone aurifère nord

Le gneiss à quartz-biotite-grenat et celui à cordiérite-anthophyllite qui représentent les lithologies porteuses dans la zone aurifère nord ont été tous les deux observés dans le chantier 250-6 (voir localisation à la figure 4b).

A l'intérieur de ce chantier on retrouve une alternance de roche massive très minéralisée, riche en cordiérite-anthophyllite, avec des niveaux plus schisteux riches en phlogopite. On passe, à l'intérieur d'un mètre, à un gneiss plus siliceux à quartz-biotite-grenat où l'on peut observer des bandes minéralisées très fréquentes, riches en cordiérite et grenat. Ces bandes sont de moins en moins fréquentes en allant vers le haut, pour devenir très dispersées (Figure 5).

Cette description du passage d'une lithologie à l'autre ne suggère pas un contact net, mais plutôt un passage graduel où les quantités de cordiérite et d'anthophyllite s'estompent au profit d'une roche de plus en plus siliceuse riche en grenat et feldspaths.

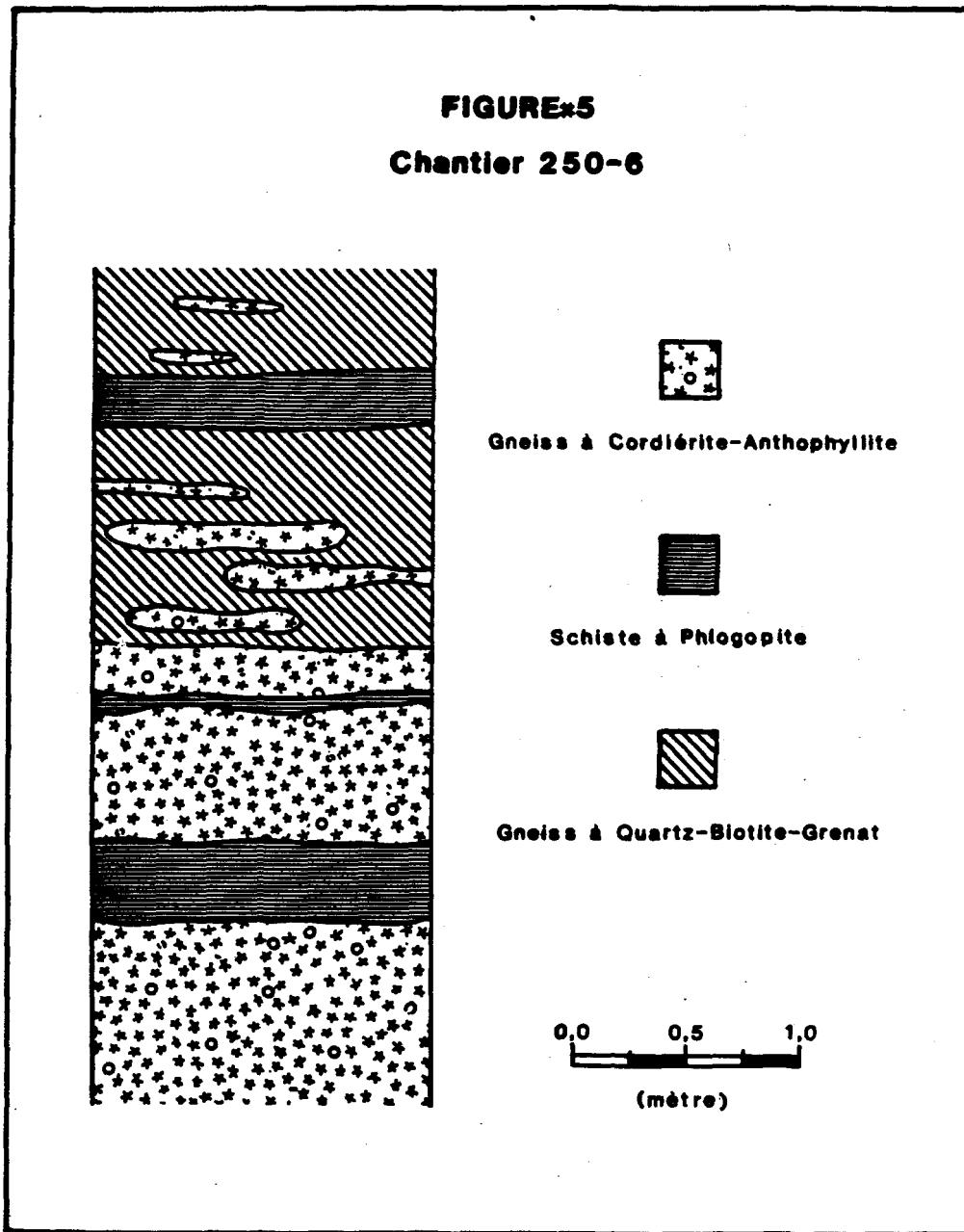


Figure #5: Passage graduel du gneiss à cordiérite-anthophyllite au gneiss à quartz-biotite-grenat

CHAPITRE 4DISTRIBUTION DE L'OR DANS LA ZONE AURIFERE NORD

4.1 INTRODUCTION

L'étude de la distribution de l'or dans la zone aurifère nord de Montauban s'est faite à partir de l'analyse de 43 échantillons sélectionnés dans les deux lithologies hôtes. L'emplacement des sites d'échantillonnage est représenté à la figure 4B. L'étude microscopique a permis de préciser l'environnement minéralogique du minéral aurifère, complété par des analyses à la microsonde électronique. Il en est sorti une identification des phases porteuses d'or, leurs affinités minérales et un regroupement des diverses formes sous lesquelles ces phases ont été observées. Grâce au concours de données disponibles à la mine Montauban, principalement les journaux de sondage, la distribution du minéral aurifère a également été faite dans un contexte plus global.

La minéralisation aurifère sera traitée à partir de son contenu en or et en argent. Ces deux éléments ont été analysés à des échelles différentes, tant au niveau miné-

ralogique que lithologique. Les résultats seront fournis sous forme de ratio Au/Ag ou simplement en valeur réelle: en gramme/tonne ou en ppb.

4.2 PHASES MINERALES PORTEUSES D'OR ET D'ARGENT

L'association entre l'or et l'argent est notable dans les deux lithologies qui composent la zone aurifère nord. C'est sous forme d'électrum que se présente généralement l'or et l'argent. Le terme électrum est utilisé au sens large car la proportion d'or varie de 24,7 à 88,9% dans les différents grains d'électrum tel qu'indiqué à l'annexe 6. L'électrum ne devrait pas contenir plus de 80% d'or (Dana, 1977). Dans deux cas, le terme "or natif" aurait pu être appliqué (échantillon MN-85-62).

Des quantités moindres mais non négligeables d'or et d'argent ont également été relevées à l'intérieur d'autres minéraux. Dans l'échantillon MN-85-06, des valeurs de 2,0% d'Au, 2,5% d'Ag et 2,0% d'Au, 18,0% d'Ag ont été obtenues à l'intérieur d'une chalcopyrite infiltrée avec la cubanite dans les clivages de l'anthophyllite.

Des essais ont été faits sur des grains de chalcopyrite, d'arsénopyrite, de sphalérite, de galène, de pyrrhotite et de tétraédrite, sans toutefois permettre de déceler d'autre présence d'or ou d'argent en quantité significative.

L'électrum est donc responsable de la plupart du contenu en or et en argent des différents échantillons étudiés.

4.3 AFFINITES MINERALOGIQUES ET HABITUS DE L'ELECTRUM

Les associations minéralogiques liées à la présence d'électrum sont regroupées selon les relations spatiales entre l'électrum et les minéraux l'avoisinant et selon les formes (habitus) que prennent ces associations. Des constantes ont été déterminées entre l'électrum et les sulfures et entre l'électrum et les silicates.

4.3.1 Relations spatiales électrum-sulfures

Une affinité minéralogique est fréquemment observée entre l'électrum, la galène et la chalcopyrite (planches 2A et B, 3A et B de l'annexe 1). Cette relation est quasi systématique et demeure constante dans l'une ou l'autre des lithologies hôtes de la zone aurifère nord.

On retrouve également l'électrum en compagnie de l'arsénopyrite, la pyrrhotite, la cubanite, la sphalérite et rarement la bornite. Additionnés à l'électrum, la galène et la chalcopyrite, le regroupement de ces minéraux peut four-

nir une panoplie de combinaisons minéralogiques auxquelles l'électrum est associé, tel qu'illustré à la planche 7A de l'annexe 1.

4.3.2 Relations spatiales électrum-silicates

Les relations spatiales impliquant l'électrum et les silicates sont beaucoup moins évidentes que celles entre l'électrum et les sulfures. Il est quand même assez fréquent de retrouver de l'électrum dans les clivages de l'anthophyllite, dans les fractures de la cordiérite (planche 4 de l'annexe 1) ou encore en inclusion dans le grenat ou la gahnite poeciloblastiques (planches 5A et B, 6A et B de l'annexe 1).

Ces relations ne sont pas systématiques et ne constituent pas un guide pour retracer l'électrum comme c'est le cas pour l'affinité électrum-galène-chalcopyrite. Elles ne constituent pas non plus un caractère distinctif propre aux lithologies hôtes car les minéraux silicatés ci-haut mentionnés peuvent être présents à la fois dans les gneiss à quartz-biotite-grenat et dans le gneiss à cordiérite-anthophyllite.

4.3.3 Mode de présentation sous forme d'agrégats polyminéraliques

Les associations entre l'électrum et les sulfures se font sous différentes formes qui peuvent être regroupées en trois groupes principaux, soit en veinules, en agrégats polyminéraliques ou en inclusions.

Il arrive fréquemment de retrouver l'électrum en agrégats polyminéraliques; l'électrum se présente avec d'autres sulfures de forme plus ou moins sphérique, et ont une géométrie qui implique un processus de recristallisation (planche 7A et B de l'annexe 1). Cette texture de recristallisation caractérisant les sulfures à Montauban a déjà été décrite par Stamatelopoulou-Seymour (1975), mais l'auteure n'y incluait pas l'électrum.

L'affinité électrum-galène-chalcopyrite est évidemment l'assemblage le plus courant dans cet habitus de l'électrum. Toutefois, l'arsénopyrite, la pyrrhotite, la cubanite, la sphalérite et la bornite sont régulièrement présents. Les associations minéralogiques sont donc très variées.

4.3.4 Mode de présentation sous forme de veinules

Les veinules dont il est question ici ne réfèrent pas aux veines tardives associées à la quatrième phase de

déformation, mais à une texture d'échelle minéralogique qui reflète une relation entre les minéraux.

L'électrum associé aux sulfures sous forme de veinules caractérise une partie de la minéralisation dans la zone aurifère nord de Montauban. Ces veinules sont composées d'électrum, de galène, de chalcopyrite, de bornite, de cubanite et de sphalérite, où l'affinité entre l'électrum, la galène et la chalcopyrite est toujours démontrée. Ces veinules peuvent être composées strictement d'électrum (planche 2B de l'annexe 1).

Il est également possible de retrouver des veinules dans les minéraux silicatés. Dans ce cas l'électrum profite du caractère fragile de certains minéraux lorsqu'ils sont soumis à des contraintes, ou encore s'infiltre dans les clivages et les fractures que possèdent certains minéraux. La planche 4 de l'annexe 1 montre l'infiltration de l'électrum dans une fracture de cordiérite. L'anthophyllite contient à l'occasion de l'électrum dans les clivages et fractures.

4.3.5 Mode de présentation sous forme d'inclusions

Le mode de présentation de l'électrum sous forme d'inclusions sera traité selon deux aspects: dans leurs rapports avec les sulfures et leurs relations avec les minéraux silicatés.

4.3.5.1 Inclusions d'électrum dans les sulfures

Les inclusions d'électrum dans les sulfures se rencontrent en majorité dans la galène ou la chalcopyrite (planche 2B, 3B, 6B et 7A de l'annexe 1). Des inclusions d'électrum dans l'arsénopyrite et la cubanite ont été observées.

A l'inverse, il est également possible de retrouver des inclusions de sulfures dans l'électrum.

S'il y a suffisamment d'électrum dans un espace donné, ce minéral englobera les autres phases minérales qui l'accompagnent. Puisque le volume des sulfures est généralement plus important, on aura tendance à voir davantage d'inclusions d'électrum.

Certains minéraux idiomorphes permettent d'accepter les minéraux durant leur cristallisation, comme c'est le cas de l'arsénopyrite ou de la pyrite, mais ce phénomène s'observe surtout au niveau des minéraux silicatés.

4.3.5.2 Inclusions d'électrum dans les silicates

La présence d'inclusions d'électrum dans les silicates est attribuable au caractère poeciloblastique de certains minéraux métamorphiques. Dans la zone aurifère nord plu-

sieurs minéraux contiennent des inclusions dont le grenat, la gahnite, l'anthophyllite et la cordiérite. Ces minéraux, en plus d'englober d'autres silicates, ont incorporé durant leur cristallisation des sulfures et de l'électrum.

Etant donné la quantité relativement faible d'électrum, sa présence sous forme d'inclusions dans les silicates métamorphiques demeure un phénomène peu fréquent. Il a quand même été possible d'en observer à l'intérieur du grenat (planches 6A et B de l'annexe 1) et dans la gahnite (planches 5A et B de l'annexe 1). L'anthophyllite et la cordiérite devrait logiquement en contenir, sans toutefois qu'il ait été possible de l'observer.

4.4 REPARTITION DE L'OR ET DE L'ARGENT A L'INTERIEUR DE LA ZONE AURIFERE NORD

Il a été démontré plus haut dans ce chapitre que l'électrum était responsable de l'essentiel du contenu en or et en argent dans la zone aurifère nord. Dans ce contexte les quantités d'or et d'argent calculées dans l'électrum peuvent être considérées représentatives de la distribution de ces deux éléments dans le minéral qui les contient (Boyle, 1979). Donc ce principe peut être utilisé pour la zone aurifère nord, mais doit s'y restreindre car des minéraux argentifères (allargentum et tétraédrite) ont été identifiés ailleurs dans le gisement, dans le gneiss à diopside-trémolite de la zone aurifère sud (Kieller, 1987).

Par conséquent, différentes méthodes d'analyse peuvent être utilisées, permettant ainsi de recourir à des données déjà disponibles.

4.4.1 Distribution en plan de l'or et de l'argent à l'échelle de la zone aurifère nord

L'usage de la microsonde électronique a permis de récolter 26 résultats d'analyse où la présence d'or et d'argent était en quantité notable, dont 24 sur des grains d'électrum. Le détail des résultats est disponible à l'annexe 6.

La figure 6 permet de visualiser les teneurs en or et en argent à l'intérieur de grains d'électrum et elle est subdivisée pour permettre de distinguer chacune des lithologies hôtes et chacun des échantillons. On y remarque qu'en général le gneiss à cordiérite-anthophyllite semble plus aurifère que le gneiss à quartz-biotite-grenat. Dans un cas, le gneiss à cordiérite-anthophyllite montre des teneurs différentes d'un échantillon à l'autre, et dans l'autre cas les résultats sont carrément hétérogènes à l'intérieur du gneiss à quartz-biotite-grenat. La tendance n'est pas assez importante pour justifier une distinction entre ces deux lithologies.

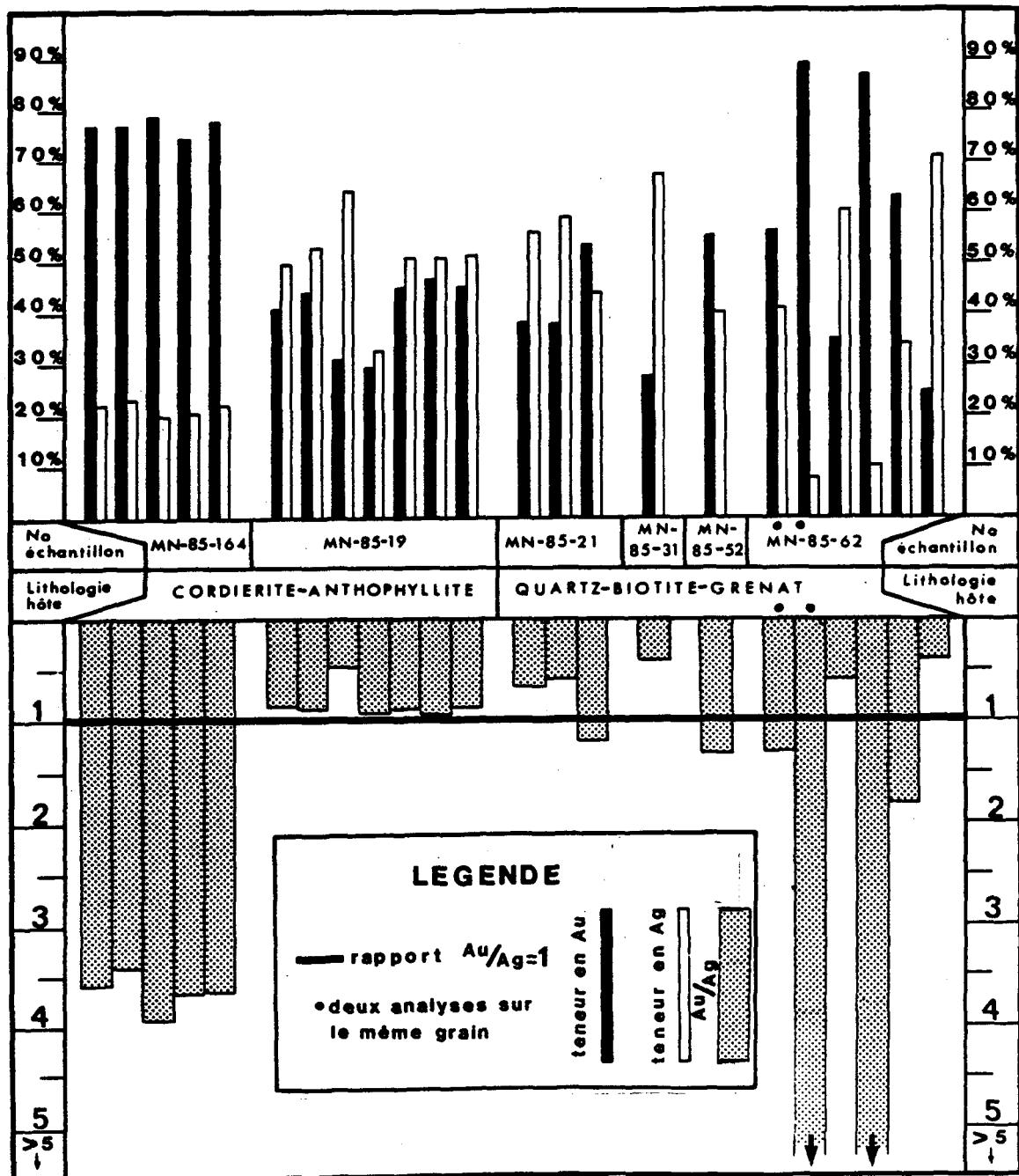


Figure 6: Résultats de Au et Ag et de Au/Ag mesurés sur les minéraux d'électrum.

Les rapports Au/Ag reproduits sur cette même figure suggèrent que la distinction entre ces deux lithologies est toute aussi équivoque.

La figure 7 montre la répartition du ratio Au-Ag sur l'ensemble des minéraux analysés, 26 au total. C'est dans l'intervalle 400-500 que se trouve le plus grand nombre de résultats (8), mais la distribution des colonnes de l'histogramme suggère une légère tendance aurifère pour l'ensemble des analyses effectuées.

4.4.2 Répartition de Au et Ag dans la roche encaissante de la zone aurifère nord

Nous avons employé une approche différente pour étudier la dispersion de l'or et l'argent dans la roche encaissante de la zone aurifère nord. Il a été possible, en se servant d'un trou de forage qui traverse l'horizon minéralisé, d'utiliser des résultats d'analyse préexistants. Il s'agit du trou No 11-770-33 effectué par SOQUEM en 1979. La figure 8 illustre la dispersion en ppb de l'or et l'argent. Le tableau 4 fournit le détail des données utilisées et le rapport Au/Ag correspondant.

D'abord à la figure 8 on peut remarquer qu'il y a démarcation nette entre une zone anomale et deux autres

zones qui le sont beaucoup moins, se situant de part et d'autre. Elle mesure 11,5 mètres de largeur et représente le niveau minéralisé. La zone anomale correspond à des valeurs toujours supérieures à 171 ppb et atteignent leur maximum à 9 257 ppb. Elle est délimitée, en gros, par le passage du gneiss à quartz-biotite-grenat à un gneiss nodulaire à sillimanite.

Les valeurs en argent par contre montrent un bruit de fond beaucoup plus élevé. A l'extérieur du secteur anomale établit par l'or, les teneurs en Ag atteignent à deux reprises plus de 2 500 ppb dans le "plafond" de ce secteur fortement anomale, tandis qu'à la base, les teneurs sont à trois reprises supérieures à 2 000 ppb. Les valeurs en argent délimitent donc un horizon minéralisé plus large que l'or, mais les teneurs d'or et d'argent ont en général une attitude similaire, où l'argent produit des amplitudes beaucoup plus accentuées.

Les rapports Au/Ag présentés au tableau 4, tout comme les valeurs brutes d'or et d'argent exprimées à la figure 8, permettent de délimiter une même zone anomale. Ce secteur constitue une coupure nette entre une portion de la roche où les rapports Au/Ag sont presque toujours supérieurs à 0,1 et deux autres secteurs encaissants dont les rapports sont inférieurs à 0,027. Il y a augmentation de Au/Ag en s'appro-

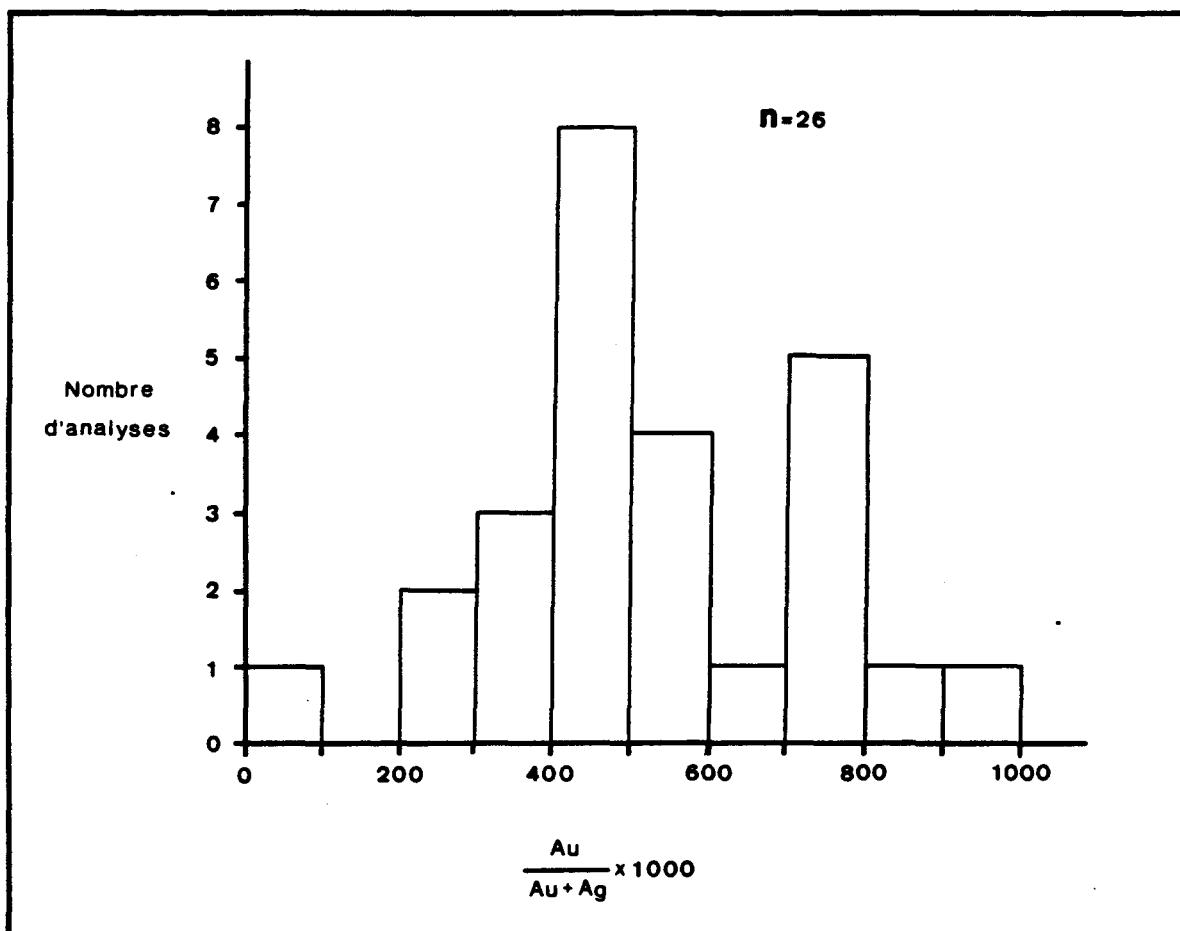


Figure 7: Histogramme de $\text{Au}/(\text{Au} + \text{Ag}) \times 1 000$ mesurés sur différents minéraux.

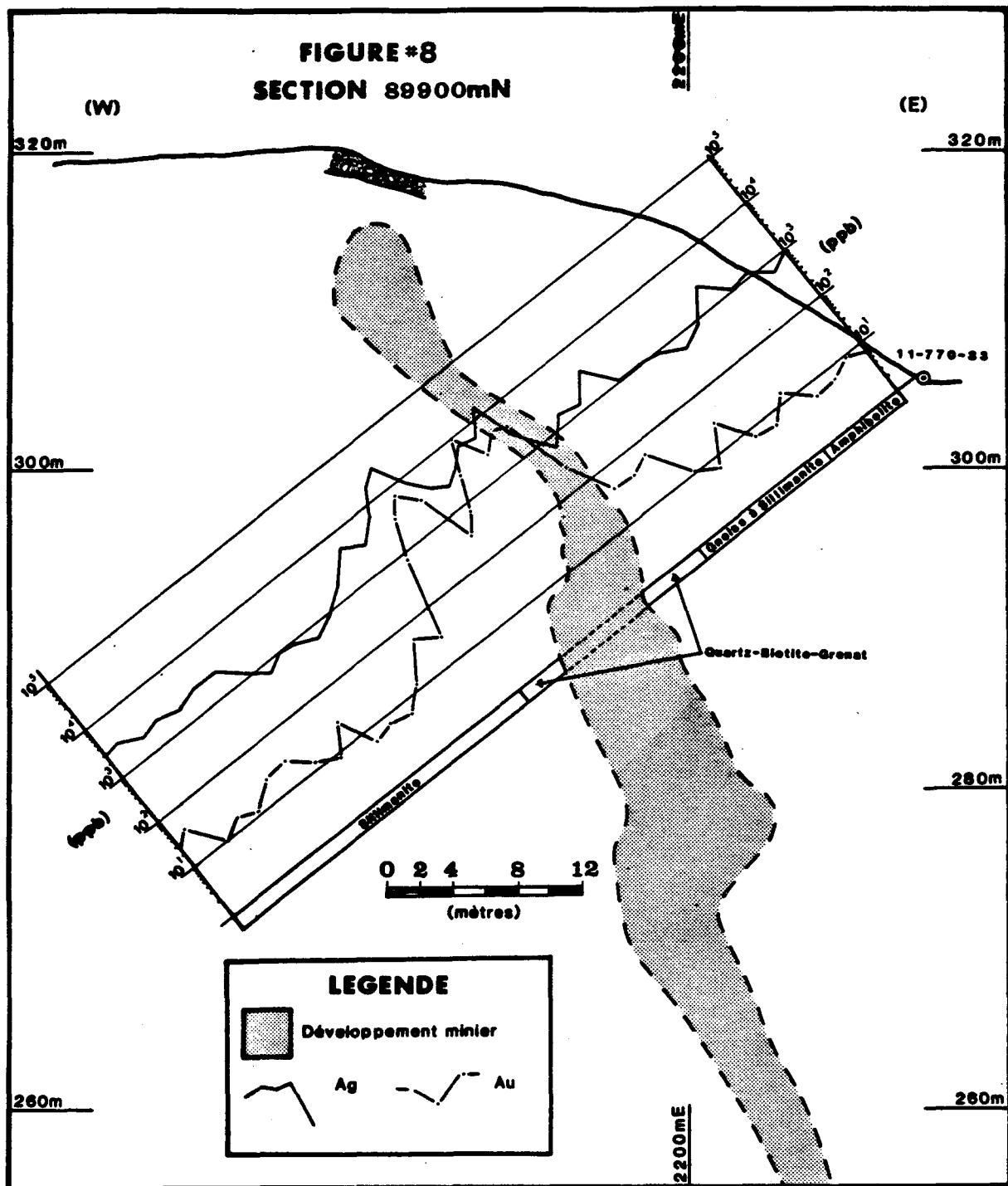


Figure 8: Distribution de Au et Ag en section.

TABLEAU 4

RESULTATS D'ANALYSE DE L'OR ET DE L'ARGENT ET DE LEUR
RAPPORT Au/Ag CORRESPONDANT DU TROU 11-770-33

	Longueur (m)	Au (ppb)	Ag (ppb)	Au/Ag
1.	1,50	7	800	0,008
2.	1,50	9	700	0,013
3.	1,50	6	1 200	0,005
4.	1,50	5	1 000	0,005
5.	1,50	16	2 100	0,008
6.	1,50	6	800	0,008
7.	1,50	7	500	0,014
8.	1,50	20	900	0,022
9.	1,50	7	1 000	0,007
10.	1,50	11	1 000	0,011
11.	1,50	56	2 500	0,022
12.	1,50	34	1 300	0,026
13.	1,50	37	1 600	0,023
14.	1,00	171	700	0,245
15.	0,50	1 371	2 700	0,508
16.	1,00	4 457	16 400	0,272
17.	1,00	2 400	5 800	0,414
18.	1,00	9 257	6 500	1,424
19.	1,00	2 400	3 800	0,631
20.	1,00	686	2 700	0,254
21.	1,00	343	3 800	0,090
22.	1,00	3 428	8 100	0,423
23.	1,00	7 543	20 600	0,366
24.	1,00	3 086	17 800	0,173
25.	1,00	686	7 200	0,095
26.	1,50	20	2 600	0,008
27.	1,50	51	4 900	0,010
28.	1,50	14	1 600	0,009
29.	1,50	7	800	0,009
30.	1,50	8	600	0,013
31.	1,50	7	800	0,009
32.	1,00	22	1 000	0,022
33.	1,08	9	700	0,013
34.	1,50	13	1 400	0,009
35.	1,50	22	2 000	0,011
36.	1,50	20	2 200	0,009
37.	1,50	13	1 000	0,013
38.	1,50	18	2 000	0,009
39.	1,50	11	1 800	0,006
40.	1,70	40	2 200	0,018

N.B. les résultats des échantillons 14 à 25 ont été effectués en once/tonne métrique et transformés en ppb pour uniformiser les données.

chant du centre de l'horizon minéralisé, où la valeur la plus élevée en or (9257 ppb) constitue également le plus haut rapport Au/Ag.

4.4.3 Répartition de Au et Ag à l'échelle de l'échantillon

Même si MN-85-19 et MN-85-21 montrent certaines similitudes, de façon générale, les valeurs d'or et d'argent obtenues dans l'électrum d'un échantillon à l'autre sont très variables (Figure 6). A l'intérieur d'un même échantillon les quantités d'or et d'argent semblent montrer une plus grande constance, quoique l'échantillon MN-85-62 donne des valeurs très hétérogènes.

Les rapports Au/Ag de la figure 6 reflètent sensiblement les mêmes tendances que les valeurs en or et en argent prises séparément.

4.4.4 Répartition de Au et Ag à l'échelle d'un minéral

La figure 6 fournit très peu d'information sur la répartition de l'or et l'argent à l'intérieur d'un grain d'électrum. C'est surtout à l'aide de la microsonde que, par

balayage de plusieurs grains d'électrum, il fut constaté qu'à l'intérieur d'un grain, les quantités d'or et d'argent variaient peu. Les résultats instantanés n'étant que qualitatifs, ils ne peuvent apparaître dans ce travail.

Il a quand même été possible d'observer une variation des quantités d'or et d'argent et du rapport Au/Ag à l'intérieur d'un même grain d'électrum dans l'échantillon MN-85-68 (voir figure 6). Ce phénomène demeure quand même exceptionnel.

CHAPITRE 5

EXTRAPOLATION DES RESULTATS DE LA ZONE AURIFERE NORD A L'ENSEMBLE DU GISEMENT DE MONTAUBAN

5.1 INTRODUCTION

Les chapitres précédents permettent désormais de mieux comprendre la minéralisation de la zone aurifère nord. Il nous apparaît important d'extrapoler ces informations à l'ensemble du gisement. Pour ce faire, une sélection de 56 trous de forage a été faite dans le but de représenter le mieux possible les différentes zones. A partir des journaux de sondage, nous avons retenu les types de lithologies porteuses de minéralisation, la profondeur de l'intersection, les teneurs d'or et d'argent qui avaient été analysées et le rapport Au/Ag correspondant.

5.2 REPARTITION DE LA MINERALISATION D'OR, D'ARGENT ET DE METAUX DE BASE DU GISEMENT DE MONTAUBAN

Nous avons tracé des courbes d'isoteneurs à partir des résultats disponibles dans les journaux de sondage (Annexe 7). Cet exercice nous a permis de visualiser la répartition

des teneurs en or et en argent dans l'ensemble du gisement (Annexe 3). Les contours d'isoteneurs qui sont illustrés à l'annexe 3 ont été tracés à partir d'une valeur appelée "équivalent or" qu'on calcule ainsi:

$$\text{Teneur Au} + \text{Teneur Ag/70} = \text{Équivalent or},$$

où 70 est le rapport entre le prix de l'or et celui de l'argent sur le marché actuel. En ramenant les teneurs d'argent à un équivalent aurifère il est alors possible, grâce à une valeur unique, d'avoir une appréciation rapide du contenu métallifère d'une intersection donnée. Cette méthode est couramment utilisée par la compagnie Muscocho.

Tout en reconnaissant le caractère de "rendement économique" de cette méthode, nous croyons qu'elle fournit des résultats satisfaisants. Elle constitue un compromis valable puisqu'il n'était pas possible d'utiliser toutes les données recueillies depuis le début du siècle dont les différents exploitants de la mine ont eu recours pour faire les calculs de teneurs et de tonnage. Aucune donnée à l'extérieur des zones aurifères n'étant disponible, nous croyions important de maintenir une méthode homogène pour l'ensemble de l'horizon minéralisé.

A l'annexe 3, aux contours d'isoteneurs ont été superposés l'emplacement des différentes zones métallifères

établies précédemment (Annexe 2). Il est ainsi possible d'apprécier la relation qui existe entre les métaux de base et la minéralisation d'or et d'argent. Cette configuration des différentes zones minéralisées suggère que les zones de métaux de base sont centrales par rapport aux zones de métaux nobles. Les zones de sulfures massifs forment une bande longiligne d'environ 1,75 Km et les zones à or-argent se situent plutôt en périphérie.

Il est également intéressant de noter que plusieurs bons résultats d'or et d'argent se retrouvent à l'extérieur des zones enrichies. La vue en plan de l'annexe 3 nous indique qu'il y a présence d'or et d'argent en quantité importante un peu partout dans le gisement, principalement la zone Tétrault et la zone "A". La concentration de ces éléments n'est donc pas limitée spécifiquement aux zones dites aurifères mais également aux zones à sulfures massifs.

A l'annexe 7, soulignons la répartition des valeurs d'or et d'argent et du ratio Au/Ag à l'intérieur des lithologies hôtes. La roche à diopside-trémolite possède souvent des valeurs très riches en argent et par conséquent le rapport Au/Ag correspondant est généralement très faible en comparaison aux autres lithologies hôtes. Des quantités d'argent pouvant atteindre 603,17 g/t.m. sont présentes dans cette unité; aucune valeur n'excède 60,80 g/t.m. dans les autres. Le rapport Au/Ag moyen, non pondéré par rapport à

chacune des épaisseurs rencontrées, est le plus faible (0,098) alors que dans les autres unités il dépasse cette valeur d'au moins deux magnitudes, soit 3,967 pour le gneiss à cordiérite-anthophyllite, 2,820 pour le gneiss à quartz-biotite-grenat et de 1,109 pour le gneiss à quartz-muscovite-biotite. Même s'il est important de garder certaines réserves étant donné le nombre restreint de données, avec un écart d'une telle amplitude, il y a une variation nette du contenu métallifère entre les différentes lithologies hôtes, du moins entre le gneiss à diopside-trémolite et les trois autres.

5.3 PATRON DE DISTRIBUTION DES LITHOLOGIES HOTES DU GISEMENT DE MONTAUBAN

A partir de la même sélection de trous de forage (Annexe 7), une carte a été construite à partir des différentes lithologies qui furent intersectées (Annexe 4). Les zones aurifères et de métaux de base ont encore une fois été superposées aux lithologies dans le but de mieux étudier la correspondance entre le type de minéralisation et les minéraux de gangue associés. Pour établir la relation entre les différentes lithologies hôtes, deux coupes W-E ont été dessinées, une dans la partie nord du gisement et l'autre dans la partie sud (Figures 9 et 10).

5.3.1 Patron de répartition des lithologies hôtes en plan

L'annexe 4 montre de quelle façon se distribuent les quatre lithologies hôtes à l'intérieur de l'horizon minéralisé. Cette carte représente une couche tabulaire vue en plan et elle ne doit pas être perçue comme une carte géologique conventionnelle.

Dans la partie nord du gisement on retrouve les quatre lithologies porteuses. Elles forment quatre bandes disposées côte-à-côte, plongeant légèrement vers le nord.

Vers le centre du gisement, les gneiss à cordiérite-anthophyllite et à quartz-biotite-grenat disparaissent graduellement au-dessus du niveau d'érosion et les gneiss à diopside-trémolite et à quartz-muscovite-biotite sont les seuls à contenir la minéralisation dans la partie sud. Le gneiss à quartz-muscovite-biotite ceinture tout l'horizon minéralisé en profondeur.

5.3.2 Patron de répartition des lithologies hôtes en sections

5.3.2.1 Section de la partie nord du gisement

La coupe A-B de la section 90 000 mN illustre l'allure du niveau minéralisé dans la partie nord du gisement (Figure 9). A cet endroit, la coupe traverse les zones aurifère nord

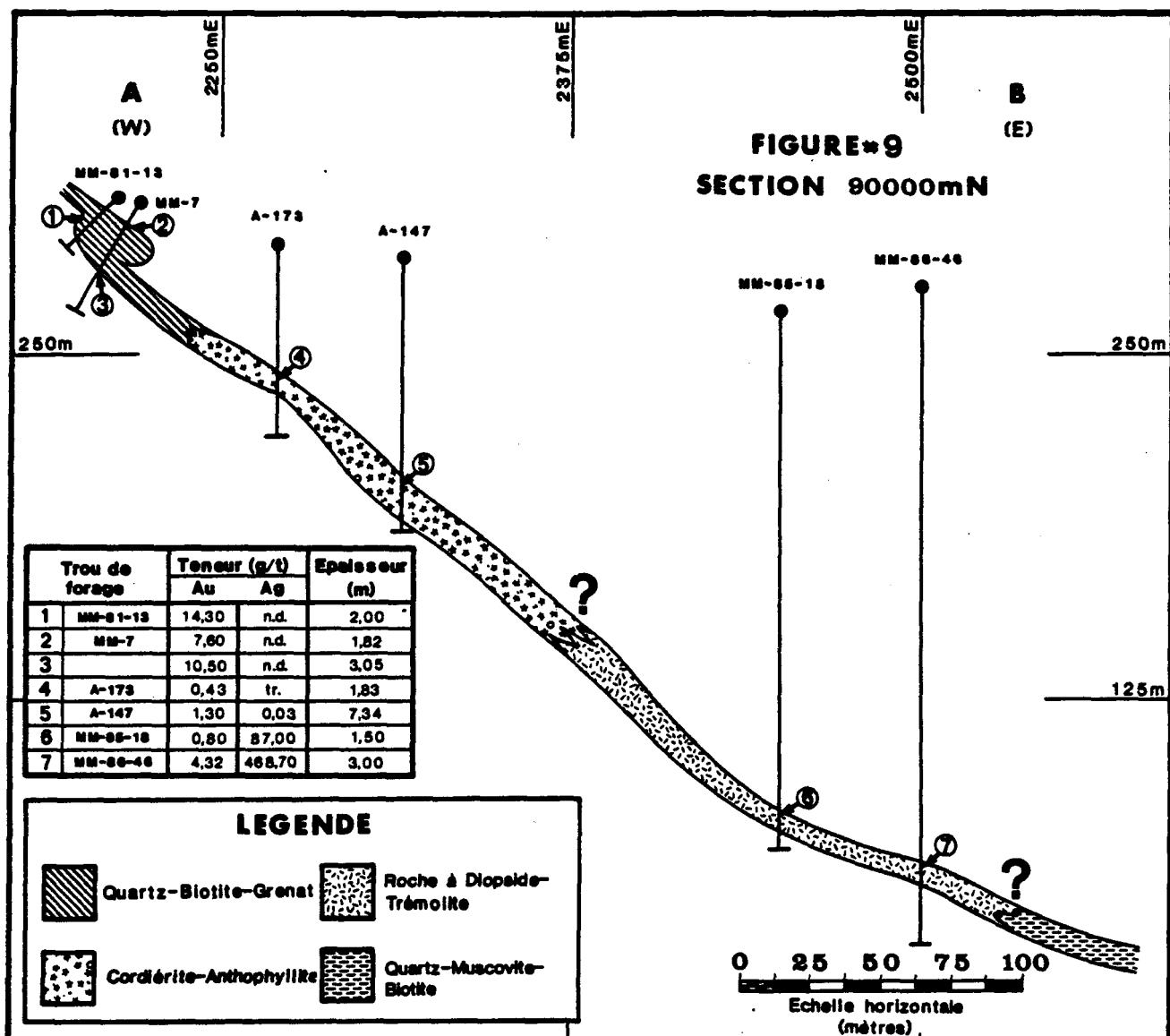


Figure 9: Coupe A-B de la section nord du gisement de Montauban

"S" et "A" et passe entre les deux zones "C". Cette coupe traverse également les quatre lithologies porteuses.

Les lithologies encaissantes ne sont pas illustrées sur la figure 9; toutefois il a été démontré que dans la zone aurifère nord, l'horizon porteur est parallèle à la foliation et aux contacts stratigraphiques (Jourdain, 1988). On peut extrapoler les résultats de Jourdain à l'ensemble des autres zones traversées dans cette section, puisque l'attitude générale du plan minéralisé est en accord avec les mesures de foliation faites autour du gisement; les mesures à pendage intermédiaire se concentrent vers l'ESE (Jourdain, 1988). Le fort pendage de la zone aurifère nord (60°) est dû à la présence d'un pli d'entraînement en "Z" où le minéral suit l'attitude de son enveloppe (Jourdain, 1988). Le pendage de la bande minéralisée s'amenuise graduellement vers l'est pour atteindre en moyenne 25° (Figure 9).

Le lien entre les lithologies hôtes à quartz-biotite-grenat et à cordiérite-anthophyllite se fait graduellement à l'intérieur de l'horizon minéralisé, tel qu'illustré à la figure 5. Ce sont les développements miniers qui ont permis d'observer cette transition. Il n'existe pas d'accès disponibles ayant permis d'étudier les contacts entre les autres lithologies. A la figure 9 les passages entre les différentes roches hôtes sont donc marqués d'un point d'im-

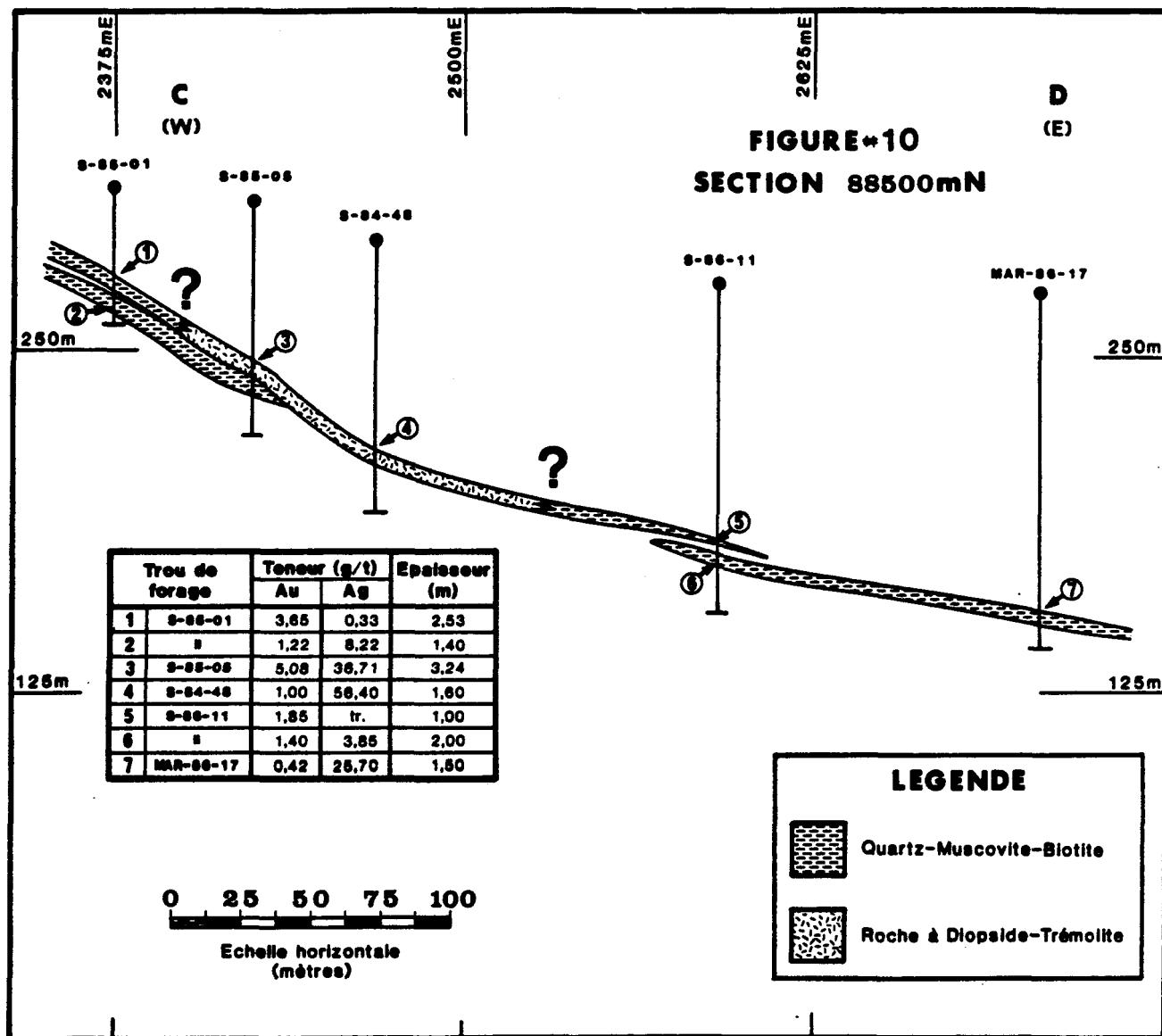


Figure 10: Coupe C-D de la partie sud du gisement de Montauban.

terrogation et constituent une extrapolation du contact observé entre les gneiss de la zone aurifère nord.

5.3.2.2 Section de la partie sud du gisement

Cette section est représentée à la figure 10. Elle constitue une coupe W-E du gisement à la latitude 88 500 mN. Elle traverse les zones aurifères sud et Marcor, toutes les deux exploitées pour leur potentiel en or et en argent.

Dans cette partie du gisement, le plan minéralisé a un pendage plus faible qu'à la section 99 000 mN, soit autour de 10 à 15°. On y retrouve seulement deux lithologies, les gneiss à quartz-muscovite-biotite et à diopside-trémolite.

Ces deux lithologies, figure 10, ont une relation différente de celle observée entre les gneiss minéralisés de la zone aurifère nord. Elles ne semblent pas toujours se trouver sur le même niveau, même si elles sont passablement rapprochées.

Peu d'informations sont disponibles sur cette partie du gisement. Seule une étude détaillée pourrait permettre une meilleure compréhension du lien entre ces deux lithologies.

CHAPITRE 6DISCUSSION**6.1 INTRODUCTION**

La classification d'un gîte minéral doit tenir compte de plusieurs critères spécifiques ainsi que d'un ensemble d'observations (Large, 1980). Les études récentes sur la région de Montauban ont fourni des renseignements précieux qui permettent de nouvelles voies de réflexions mais dont les résultats méritent réévaluation. La première partie de ce chapitre présente les principaux caractères du gisement de Montauban et un regard critique sur les interprétations couramment retrouvées dans les travaux antérieurs; nous mettrons en outre à contribution des exemples pertinents provenant de gisements situés dans d'autres localités. Nous tenterons dans la deuxième partie de voir jusqu'à quel point le gisement de Montauban correspond aux modèles métallogéniques en vigueur.

6.2 CARACTERISTIQUES DU GISEMENT DE MONTAUBAN

6.2.1 Les protolites

A Montauban, il a été démontré clairement que certaines amphibolites avaient une origine volcanique, particulièrement la masse située à l'ouest du gisement (Pyke, 1967, MacLean et al., 1982 et Morin, 1984). Les autres amphibolites qui recoupent le gisement (Smith, 1956 et Jourdain, 1988) et celles qui sont interstratifiées dans les gneiss quartzofeldspathiques sont cogénétiques et leurs compositions s'harmonisent avec celles des basaltes tholéïitiques (MacLean et al., 1982). Les amphibolites de Montauban sont les seules roches qui furent l'objet d'analyses géochimiques pour les éléments traces et les Terres Rares.

Des études détaillées sur les gneiss quartzofeldspathiques n'ont pas permis de trancher entre une origine sédimentaire ou volcanique (voir section 2.6.4). Cette distinction toutefois s'avère essentielle pour discerner entre un gisement exhalatif-sédimentaire ou volcanogène, dans l'hypothèse d'une origine syngénétique (Pouit, 1984).

Morin (1984), en se basant sur le critère du taux de manganèse dans les grenats, suggère que les quartzites de Montauban sont d'origine exhalative. Valliant et Barnett (1982), en se basant sur le même critère, proposent

également une origine exhalative pour le gisement aurifère de Bousquet en Abitibi.

Les gneiss à diopside-trémolite et à cordiérite-anthophyllite sont des roches particulièrement riches en MgO, CaO, et CO₂. Comme cela fut noté à maintes occasions, ces gneiss sont tous les deux porteurs de minéralisation et la plupart des auteurs ayant fait des travaux à Montauban, font un lien entre la mise en place du minéral et la genèse de ces roches. La présence de magnésium, de calcium et de carbonates se retrouve dans les fluides minéralisateurs de gisements de type épigénétique, dans ce cas-ci les gisements de type filonien; on retrouve aussi ces éléments dans les fluides minéralisateurs des gisements syngénétiques, associés à des sulfures massifs parfois riches en or comme les gisements Horne ou Quémont ou à des formations de fer exhalatives (Kerrich, 1983).

Kerrich (1983) note également que pour chacun de ces types de gisement, on retrouve fréquemment des halos de lessivage produisant des minéraux alumineux, qui dans notre cas aurait produit le gneiss nodulaire à sillimanite. Cette hypothèse de lessivage par les fluides minéralisateurs est acceptée par plusieurs auteurs à Montauban (Stamatelopoulou-Seymour, 1975, Bernier, 1985 et Morin, 1984).

Lorsqu'on tente d'établir l'origine de roches ayant subit un métamorphisme élevé, il est important de vérifier si la chimie actuelle de cette roche représente effectivement celle de la roche à l'origine. Plusieurs phénomènes peuvent transformer la chimie initiale de la roche hôte d'un gisement de sulfures massifs durant le métamorphisme (Stanton, 1972). La différence radicale de composition entre le mineraï et la gangue est un facteur qui peut influencer la fugacité du soufre, de l'oxygène, du CO_2 et la conductivité thermique (Rockingham et Hutchinson, 1980). Phillips (1985) suggère que la fuite de volatiles et la fusion partielle sont des mécanismes qui peuvent transformer la chimie originelle de la roche hôte même dans des gisements de sulfures disséminés. Hodgson (1974) a reconnu dix différentes roches hôtes dans le gisement Précamalien de Broken Hill. Ce gîte de Pb-Zn a été métamorphisé au faciès granulite. Selon Hodgson, la variété des roches porteuses serait d'origine métasomatique, où un transfert des composants se serait produit durant la période de déformation et de métamorphisme. Par diffusion, il y aurait libération de Ca, Mn et Fe et également de CO_2 , S, H_2O et des halogènes (Hodgson, 1974). Dans ce cas-ci la grande mobilité des éléments serait rendue possible grâce à l'existence d'une phase fluide présente durant le métamorphisme.

d'expliquer les roches hôtes à chimie exceptionnelle (gneiss à cordiérite-anthophyllite et diopside-trémolite). Ces modèles ne tiennent pas compte de certains autres phénomènes qui peuvent affecter la minéralogie de gangue des sulfures massifs métamorphisés.

La fusion partielle est un phénomène qui n'a jamais été abordé à Montauban. Pourtant, elle pourrait avoir affecté la roche car plusieurs dykes de pegmatite traversent le gisement (Jourdain, 1988) et on retrouve deux masses pegmatitiques assez volumineuses à proximité Est de la mine (Morin, 1984). Toutefois les pegmatites pourraient être simplement d'origine ignée.

6.2.2 Synchronisme or/métaux de base/roche encaissante

Etablir la relation entre la mise en place des métaux et la roche support est un exercice essentiel lorsqu'on caractérise un gisement (Routhier 1963). En terrain métamorphique, il est également essentiel de préciser la chronologie entre l'événement minéralisateur et l'épisode de métamorphisme (Phillips, 1985).

Un ensemble de critères doivent être utilisés pour permettre de préciser la relation entre la minéralisation et la roche hôte.

Dans un contexte où les roches ont été hautement déformées et métamorphisées, les structures primaires sont très affectées par la transposition, et donc complique considérablement l'interprétation de l'emplacement de la minéralisation; un problème similaire se pose pour le gisement aurifère de Big Bell en Australie (Chown et al., 1982).

D'un point de vue textural, Stamatelopoulou-Seymour et MacLean (1984) ont démontré à la fois à partir des paragenèses minérales (minéraux calcosilicatés et gneiss à cordiérite), à l'aide de la sphalérite, la pyrite et la pyrrhotite que les conditions de métamorphisme ayant affecté le gisement de Montauban étaient concordantes avec celles en vigueur dans les roches supracrustales environnantes. Ils soutiennent que les assemblages minéralogiques du minérai sont probablement de même faciès métamorphique que l'encaissant.

Prabhu (1982) note que les sulfures et les silicates montrent une fabrique similaire et que la présence de gahnite suggère une origine pré-métamorphique pour la sphalérite.

Jourdain (1988) a démontré que l'horizon minéralisé de la zone aurifère nord et les petites lentilles qui constituent localement le minérai sont parallèles à la foliation et aux contacts entre les unités. Le minérai a été affecté

par la phase principale de déformation qui, étant caractérisée par un plissement isoclinal (Jourdain, 1988), a provoqué un alignement des structures. Il n'est donc pas possible d'observer de relation de recouplement entre la disposition des métaux et la roche encaissante.

Nous avons démontré dans le chapitre 5 que les zones de métaux de base et aurifères se situaient à l'intérieur d'un même niveau continu. Au chapitre 4, la relation intime entre l'électrum et les sulfures a également été signalée, tant au niveau minéralogique, dans la zone aurifère nord, que dans l'ensemble du gisement. Nous avons noté la présence d'inclusions de sulfures et d'électrum dans le grenat et la gahnite démontrant ainsi une origine pré ou synmétamorphique pour ces métaux.

Nous pouvons affirmer que la mise en place de la minéralisation à Montauban s'est faite pendant ou avant l'épisode principal de métamorphisme.

Par méthode isotopique il est possible de connaître la chronologie de mise en place de la minéralisation en relation avec la roche encaissante. Un âge de 1270 Ma obtenu par Fletcher et Farquhar (1979) a été calculé par méthode Pb/Pb mesuré sur des galènes de Montauban. Selon ces auteurs, cet âge correspond au dépôt des sédiments du super-groupe de Grenville. L'orogénèse grenvillienne et le

métamorphisme élevé l'accompagnant ont été évalués à 1160-970 Ma (Rivers et al, 1989). Ces datations suggèrent une origine pré-métamorphique pour la minéralisation de Montauban.

6.2.3 Caractéristiques du minéral

6.2.3.1 Minéral à métaux de base

Il a été démontré que l'or était intimement lié aux métaux de base autant au niveau des zones aurifères que de métaux de base. Néanmoins, on doit admettre que malgré certaines valeurs d'or très intéressantes rencontrées dans les zones Tétrault et "A" (Annexes 2 et 3), ces zones se distinguent essentiellement par leur contenu en zinc et en plomb. Ce sont des zones de sulfures massifs.

La minéralogie du minéral de zinc et de plomb est plutôt simple, tant du point de vue des minéraux métalliques que des minéraux de gangue (chapitre 3). Dans la zone Tétrault ("old mine") et dans la zone "A" le minéral se situe dans la roche à diopside-trémolite et à l'occasion dans le gneiss à cordiérite-anthophyllite. Le minéral est isotrope et à grains grossiers (Wilson, 1939).

6.2.3.2 Minerai aurifère

Le minerai aurifère de Montauban s'avère beaucoup plus complexe. Ceci s'explique principalement par sa diversité. Situés sur un même horizon continu, les gneiss à cordiérite-anthophyllite, à quartz-biotite-grenat, à diopside-trémolite et à quartz-muscovite-biotite sont les quatre lithologies porteuses. Le chapitre 3 traite en détail chacune des lithologies. Le minerai contenu à l'intérieur de ces roches est presque toujours disséminé et le minerai aurifère est toujours accompagné de sulfures.

La principale phase porteuse d'or est l'électrum, il y a une forte affinité entre l'électrum, la galène et la chalcopyrite et l'électrum possède des textures de recristallisation au même titre que les minéraux qui l'accompagnent.

Le fait qu'on rencontre l'or sous forme d'électrum à Montauban pourrait être relié au type de métaux qui composent le gisement. Kerrich (1983) note que dans les gisements de métaux de base aurifères, le zinc, le cuivre et le plomb sont généralement accompagnés d'or et d'argent. Dans les gisements de sulfures massifs polymétalliques de type Kuroko, l'or se retrouve surtout sous forme d'électrum (Boyle, 1979).

Le gisement d'Agassiz (MacLellan), situé dans la région de Lynn Lake au Manitoba, est en plusieurs points similaire à celui de Montauban (Augsten et al., 1986). Il s'agit d'un gisement de Au, Ag, Pb et Zn riche en Ni et Sb. La minéralisation aurifère se présente essentiellement sous forme d'électrum.

Puisque la présence d'or sous forme d'alliage avec l'argent se retrouve à la fois dans les gisements peu ou pas métamorphisés (Kerrich, 1983) et dans des environnements de fort degré de métamorphisme, il est vraisemblable de croire que l'électrum puisse être conservé à travers un épisode de métamorphisme.

A Montauban il y a une forte affinité électrum-chalcopyrite-galène. Elle s'observe dans les bandes minéralisées parallèles à la foliation dans le gneiss à quartz-biotite-grenat, de façon interstitielle dans le gneiss à cordiérite-anthophyllite et dans les veines tardives associées aux fractures verticales Est-Ouest.

Dans les gisements de sulfures massifs polymétalliques (type Flin Flon-Noranda-Kuroko), Boyle (1979) a observé que dans certains d'entre eux, l'or était souvent associé à la chalcopyrite mais principalement à l'arsenic et que l'argent suivait le plomb et parfois le cuivre. Dans le gisement d'Agassiz, l'électrum est généralement associé à la galène

(Augsten et al, 1986). A Montauban l'affinité entre l'or, l'argent, le cuivre et le plomb pourrait provenir de la précipitation initiale des métaux. A partir du même principe, l'association entre l'électrum et l'arsenopyrite, observé par Kieller (1987) dans la zone aurifère sud pourrait correspondre à un dépôt primaire des métaux.

Il est vraisemblable que cette étroite association soit antérieure au métamorphisme et que tout processus ayant engendré une remobilisation (si tel est le cas), n'a pu dissocier cet assemblage.

6.2.4 Zonalités minéralogiques

6.2.4.1 Zonalités associées aux minéraux de gangue

Le gisement de Montauban est marqué par une variation de la teneur en certains éléments en périphérie de l'horizon minéralisé. Ce halo géochimique a été étudié principalement par Bernier (1985).

La gahnite, qui se retrouve étroitement lié au minéral, possède un rapport $Zn/Zn + MgO$ qui diminue en s'approchant du centre de la zone minéralisée. Le rapport $MgO/MgO + FeO$ dans la cordiérite et la phlogopite montre les mêmes tendances. Les rapports $ZnO/ZnO + FeO + MgO$ et $MnO/MnO + TiO_2$ dans la staurolite sont constants à l'Ouest de l'horizon minéralisé.

lisé, mais diminue en s'éloignant vers l'Est. Le grenat man-ganésifère (spessartine), qui se distribue dans l'ensemble des lithologies, a un rapport $MnO/(MnO + FeO + MgO)$ qui augmente globalement d'Est en Ouest (Bernier, 1985).

Les explications de ces variations sont en fait les mêmes que celles énumérées dans la partie 6.2.1 sur la nature des protolites. Les argumentations ne seront pas reprises ici, mais nous allons quand même rappeler celles de Bernier (1985). Il formule deux hypothèses: ces variations pourraient être attribuables à des changements de fugacité de l'oxygène et du soufre, ou encore à des différences dans la chimie de la roche avant le métamorphisme.

6.2.4.2 Zonalités métallifères

Les variations du contenu métallifère sont connues depuis longtemps à Montauban. Wilson (1939) notait qu'une minéralisation formée de sphalérite, galène et pyrrhotite caractérisait la roche à diopside-trémolite, que le gneiss à cordiérite-anthophyllite était surtout riche en chalco-pyrite, galène et sphalérite, tandis qu'un horizon à bytow-nite-anthophyllite contenait principalement de la pyrrhotite et de la chalcopyrite.

Prabhu (1982) a remarqué qu'il semble y avoir un enrichissement en Cu et Au en profondeur.

Stamatelopoulou-Seymour (1975) mentionne que la roche à cordiérite-anthophyllite est caractérisée par un enrichissement en cuivre.

Bernier (1985) suggère qu'il y a deux patrons de zonation dans la zone aurifère nord. Premièrement le rapport Cu/Cu + Zn + Pb augmente près du centre de l'horizon aurifère tandis que les rapports Zn/Zn + Pb + Cu et Pb/Pb + Cu + Zn sont complémentaires et augmentent de façon générale de part et d'autre du centre de l'horizon aurifère; deuxièmement la quantité de cuivre semble augmenter en profondeur.

Dans la zone aurifère nord, nous avons remarqué que le rapport Au/Ag avait tendance à augmenter en s'approchant de l'horizon minéralisé (tableau 4). En général, les analyses du trou No 11-770-13 suggèrent que plus les teneurs en or sont élevées, plus le rapport Au/Ag l'est également. Nous discuterons de ces variations à la section 6.2.5.

Il fut mention dans ce travail que certaines lithologies hôtes possédaient des variations du contenu métallifère. Dans la zone aurifère nord, la roche à cordiérite-anthophyllite contient une moyenne beaucoup plus élevée de chalcopyrite (10,5%) et de galène (3%) et moins de pyrrhotite (Tr) par rapport au gneiss à quartz-biotite-grenat (chalcopyrite 5%, galène 1% et pyrrhotite 8%). Il a

également été indiqué que, à l'échelle de tout le gisement, le gneiss à diopside-trémolite était beaucoup plus riche en argent que toutes autres lithologies porteuses.

L'argumentation présentée dans la partie 6.2.1 peut s'appliquer ici car elle n'implique pas seulement la mobilité des éléments non métalliques, mais l'ensemble de la chimie de la roche. Toutefois, il est nécessaire d'ajouter quelques précisions.

En se référant à des gisements de sulfures massifs moins déformés et moins métamorphisés, on constate certaines similitudes avec Montauban. L'enrichissement en cuivre dans la roche à cordiérite-anthophyllite observé par Stamate-Iopoulou-Seymour (1975) et dans le présent ouvrage s'accorde remarquablement bien avec les dépôts de sulfures massifs volcanogènes. Que ce soit les gisements de Cu-Zn ou de Zn-Pb-Cu, la zone de griffon, représentant la partie supérieure de la cheminée d'altération, montre généralement un enrichissement en magnésium et en cuivre (Franklin et al., 1981).

La forte concentration d'argent dans le gneiss à diopside-trémolite pourrait être attribuable à la capacité de l'argent à se solubiliser sous forme de carbonate d'argent, spécialement lorsque le CO_2 est en excès (Boyle, 1979). Le fait qu'on y retrouve généralement des quantités beaucoup

moindres d'or (voir annexe 7) serait dû à la diminution de la solubilité et de la mobilité de Au dans les solutions où les courants de diffusion sont enrichis en CO_2 (Boyle, 1979).

Un enrichissement en pyrrhotite a été décelé dans le gneiss à quartz-biotite-grenat de la zone aurifère nord. Au chapitre 3 nous avions également noté que le gneiss à quartz-muscovite-biotite était aussi riche en pyrrhotite (Kieller et Wilhelmy, 1987 et Jourdain, 1988). C'est uniquement dans ces deux lithologies porteuses que le minerai se présente parallèlement à la foliation. Il est largement reconnu que la pyrrhotite, en milieu métamorphique, est produite à partir de la transformation de la pyrite, conséquence d'une désulfurisation (McDonald, 1967, Vokes, 1969 et Mookherjee, 1976). A Montauban Stamatelopoulou-Seymour (1975) et Bernier (1985) ont reconnu ce phénomène. Dans le gisement de Big Bell en Australie, Phillips (1985) suggère que le minerai aurifère, composé essentiellement de pyrrhotite disséminée, pourrait provenir de la désulfurisation qui aurait produit un fluide riche en or et en soufre. Dans le cas de Montauban, puisque ces lithologies se situent en périphérie des zones de sulfures massifs (Annexe 4), une désulfurisation partielle des sulfures massifs pourrait être évoquée et le fluide qui en est résulté aurait pu migrer le long des plans de foliation qui à l'origine était possiblement des plans de stratification.

6.2.5 Rapports Au/Ag

La variation des rapports Au/Ag de différents types de gisements est présentée dans Boyle (1979). Il indique que dans les gisements de sulfures massifs polymétalliques (type Flin Flon-Noranda-Bathurst), les quantités relatives d'or et d'argent sont très variables s'étendant de 0,00002 à 0,60. Dans les veines polymétalliques on retrouve les plus faibles rapports, de <0,0001 à 0,02 (Boyle, 1979). Le gisement polymétallique de Montauban semble avoir plus d'affinités avec les dépôts syngénétiques. Les rapports Au/Ag calculés sur les grains d'électrum sont relativement élevés et variables, voir tableaux 4 et 7.

La figure 7 représente la distribution de la pureté de l'or dans les minéraux qui contiennent un alliage d'or et d'argent (l'électrum essentiellement). Cette méthode est proposée par Boyle (1979), pour donner un aperçu des quantités relatives d'or et d'argent lorsque l'alliage contient d'autres métaux (annexe 6). Elle a également été utilisée par Augsten et al. (1986) pour caractériser le gisement d'Agassiz. En comparant le graphique du gisement d'Agassiz (Augsten et al., 1986) et celui de la zone aurifère nord de Montauban (figure 7), on constate que les deux graphiques sont semblables. Toutefois celui de Montauban est un peu plus riche en or, où la plus grande

quantité d'analyses se situe dans l'intervalle 400-500 tandis qu'à Agassiz elles se situent à 300-400. Le mode de mise en place du gisement d'Agassiz (MacLellan) a été interprété comme stratiforme exhalatif (Augsten et al., 1986).

Dans la partie 4.4.2 de ce travail nous avons étudié la répartition de l'or et l'argent dans la roche encaissante. Il a été démontré que dans la zone aurifère nord, il y a accroissement du rapport Au/Ag en approchant de l'horizon minéralisé. Une dispersion plus étendue de l'argent par rapport à l'or pourrait s'expliquer par la grande mobilité de l'argent (Boyle, 1979).

6.2.6 Disposition des lithologies hôtes

Nous avons abordé la disposition des lithologies hôtes à la section 5.3. Une carte avec vue en plan a été dressée (annexe 4), ainsi que deux coupes Ouest-Est (figures 9 et 10).

La carte est une vue en plan, elle représente une perspective de l'horizon minéralisé sur lequel a été tracé les différents assemblages minéralogiques que contient le minéral. Cet horizon a un pendage moyen de 25° orienté en gros vers l'Est. Ce plan a été affecté par la troisième phase de déformation qui a provoqué des plis d'entraînement

la zone aurifère nord (Jourdain, 1988). Les lithologies porteuses forment des bandes parallèles dont les contacts sont subhorizontaux (annexe 4).

Il est difficile d'expliquer structuralement l'allure de ces contacts, car aucune linéation d'étirement concorde avec cette orientation. Les plis en "Z" décrits par Jourdain (1988), dont les axes de plis sont eux aussi subhorizontaux ne sont pas des éléments structuraux aptes à expliquer un tel redressement. La phase tectonique isoclinale, marquée par une recristallisation postérieure à la déformation (Jourdain, 1988), aurait pu permettre un tel réalignement, dont les éléments structuraux seraient désormais masqués.

Les deux coupes sécantes à l'horizon métallifère fournissent de précieuses indications sur l'allure du plan minéralisé et la relation entre les lithologies hôtes. Dans la partie nord, ce plan est remarquablement régulier (figure 9) et la figure 5 nous indique la nature des contacts, du moins dans la zone aurifère nord.

On observe des passages graduels entre différentes lithologies en milieu hautement métamorphisé. En fait, plusieurs hypothèses peuvent expliquer une telle relation. Ces contacts graduels pourraient refléter une interdigitation de faciès liés au dépôt des métaux, faciès proximaux et distaux et zone de griffon, proposés par

plusieurs auteurs (Stamatelopoulou-Seymour, 1975, Prabhu, 1982, Morin, 1984 et Bernier, 1985). Le remobilisation de fluides reliés à l'épisode de métamorphisme pourrait également être évoquée. Hodgson (1975) a remarqué dans le gisement de Broken Hill que l'altération reliée à la circulation de fluides minéralisateurs tardifs était marquée par la présence de zones de compositions intermédiaires parfois larges d'au moins un mètre. A Montauban, cependant, aucune relation de recouplement n'a été observée.

La disposition des lithologies hôtes avec vue en sections, a été décrite dans la partie 5.3.2. Dans la portion nord du gisement, on remarque l'allure régulière de l'horizon minéralisé, qui semble se maintenir sur un même plan (figure 9). Dans la portion sud, à la figure 10, il y a dédoublement de l'horizon. Ce phénomène a également été rencontré dans la zone Tétrault (annexe 4).

Deux hypothèses peuvent être envisagées pour tenter d'expliquer le dédoublement de l'horizon porteur. Cette répétition pourrait être un effet structural où le plan minéralisé aurait été plissé par la phase isoclinale "D1". On pourrait également envisager la présence de minéralisation sur des niveaux différents: dans un contexte syngénétique, ces niveaux seraient d'origine sédimentaire; dans un contexte épigénétique, le fluide minéralisateur aurait emprunté des voies différentes.

6.3 MODELES METALLOGENIQUES

Depuis qu'on s'intéresse au gisement de Montauban l'interprétation de son origine a progressé: Wilson (1939) lui attribue une origine métasomatique de type skarn; Stamatelopoulou-Seymour donne une origine volcanogène exhalative; Prabhu (1981), Morin (1984) et Bernier (1985) sont en accord avec un gisement sédimentaire de type exhalatif proposé par Large (1980).

Un concensus se dégage depuis le milieu des années '70 autour d'un modèle métallogénique. La minéralisation à Montauban serait d'origine syngénétique. Les études antérieures ont proposé ce modèle grâce à des arguments dont voici une synthèse:

1. La présence de roches volcaniques interstratifiées avec les gneiss quartzofeldspathiques suggère que certaines roches à proximité de Montauban se sont déposées au fond de la mer.
2. Les gneiss quartzofeldspathiques sont vraisemblablement des métasédiments.
3. Le gneiss à cordiérite-anthophyllite pourrait représenter la zone de griffon. Cette roche se caractérise par un enrichissement en magnésium. Le cuivre s'y retrouve également en forte proportion.

4. L'horizon minéralisé, même s'il est difficile d'évaluer l'impact ou l'influence de la transposition tectonique, est parallèle aux contacts stratigraphiques.
5. Le gneiss à diopside-trémolite pourrait être issu de la précipitation de carbonates durant une activité exhalative en milieu marin.

Le présent travail contient plusieurs éléments qui vont permettre d'améliorer les arguments en faveur d'un modèle syngénétique:

1. Toute la minéralisation se situe sur un même niveau stratigraphique. Cet horizon se compose de différentes zones de minerai représentées parfois par des sulfures massifs et parfois par des zones aurifères à sulfures disséminés.
2. Les métaux de base, l'or et l'argent sont antérieurs au métamorphisme principal.
3. Le rapport Au/Ag est relativement élevé.
4. La distribution du rapport Au/Ag mesuré sur les grains d'électrum est similaire au gisement d'Agassiz interprété syngénétique.
5. L'affinité électrum-chalcopyrite-galène est typique des gisements volcanogènes de type Flin Flon- Noranda-Kuroko.
6. En gros, on observe une zonalité métallifère égale-

6. En gros, on observe une zonalité métallifère également typique des gisements volcanogènes. Une zone centrale riche en cuivre (le gneiss à cordiérite-anthophyllite), à proximité on retrouve du minéral riche en zinc et en plomb; en périphérie, le minéral est souvent riche en pyrrhotite.
7. Une large bande de gneiss à diopside-trémolite minéralisé ceinture tout le gisement en profondeur. Les gisements de type exhalatif sont reconnus pour leur grande extension.

Toutefois, le modèle syngénétique n'explique pas tout. Certaines observations évoquées dans le présent ouvrage, sans toutefois remettre en question ce modèle, suggèrent que la disposition minéralogique actuelle pourrait à l'occasion être expliquée par d'autres processus. En particulier, les zonalités pourraient s'expliquer en partie par une mobilité des éléments durant le métamorphisme. Trois observations remettent en question le modèle syngénétique simple:

1. La variation de composition de la roche hôte pourrait, du moins en partie, s'expliquer par une interaction chimique entre les sulfures et les minéraux silicatés; principalement par des variations de l'activité de l'oxygène et du soufre.
2. Les gneiss à quartz-biotite-grenat et à quartz-muscovite-biotite se caractérisent par une minéralisation parallèle à la foliation et riche en pyrrhotite. Cette

minéralisation pourrait provenir d'une migration d'éléments dont l'or, l'argent, le soufre et le fer, qui auraient circulés le long des plans de foliation.

3. Les valeurs croissantes du rapport Au/Ag en s'approchant du niveau minéralisé observées dans le trou No 11-770-33 pourraient correspondre à une migration de ces éléments durant le métamorphisme, différenciées par une mobilité plus grande de l'argent.

Même si certaines ambiguïtés persistent, il doit être admis que les éléments fournis par ce travail ont surtout permis de raffiner les arguments du modèle syngénétique.

Le scénario qui semble désormais le plus valable pour expliquer le gisement de Montauban se déroulerait ainsi: durant le Paléohélikien, une activité exhalative se serait produite à l'interface eau de mer /lithosphère; cet environnement marin aurait permis la mise en place de sédiments, de roches basaltiques, de carbonates, de sulfures massifs et disséminés, riches en or et en argent; durant l'Aphébien, les activités tectonique et métamorphique auraient transformé la minéralogie de la roche initiale et sa disposition; durant ces transformations, il y aurait eu parallélisation des structures primaires et migration des éléments modifiant localement la chimie originale de la roche.

CONCLUSION

La nature des protolites de la zone minéralisée de même que l'origine de la minéralisation demeure des sujets à controverses. Des études géochimiques plus détaillées, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du gisement, permettraient certainement de préciser nos informations.

La contribution concrète et originale de ce travail est: dans la zone aurifère nord, l'identification des phases porteuses d'or, une meilleure compréhension de la distribution du minéral aurifère et du rapport Au/Ag (à l'échelle minéralogique, de l'échantillon et des lithologies hôtes).; dans l'ensemble du gisement de Montauban, une meilleure compréhension de la distribution de l'or et du rapport Au/Ag et de la répartition des lithologies porteuses.

Peu de travaux ont été faits dans le but d'étudier le comportement de l'or durant le métamorphisme. Ce travail a certainement amélioré les connaissances en ce domaine. Nous espérons que cette contribution puisse amener des compagnies à établir une meilleure stratégie d'exploration en milieu hautement déformé et métamorphisé.

REFERENCES

- Augsten, B.E.K., Thorpe, R.I., Harris, D.C., Fedikow, M.A.F., 1986. Ore mineralogy of the Agassiz (MacLellan) gold deposit in the Lynn Lake region, Manitoba. Canadian Mineralogist, 369-377.
- Bernier, L. 1985. Géologie, minéralogie et pétrographie de la zone aurifère nord du gisement métamorphisé de Zn-Pb-Au-Ag-Cu de Montauban-les-Mines, Qué. Thèse de maîtrise inédite, Université de Montréal, 283 pages.
- Bishop, C., Jourdain, V., 1987. Grenville Polymetallics: The Montauban and Grand Calumet Deposits. The Northern Miner Magazine, December 1987, 15-17.
- Boyle, R.W., 1979. The geochemistry of gold and its deposits. Commission Géologique du Canada, Bull. 280, 584 pages.
- Brévart, O., 1985. Les isotopes de plomb en métallogénie. Thèse de doctorat inédite, Université de Paris VII, 175 pages.
- Chown, E.H., Hicks, J., Phillips, G.N., Townend, R., 1982. The disseminated Archaean Big Bell gold deposit, Murchison Province, Western Australia: an example of premetamorphic hydrothermal alteration. Dans Foster, R.P., Ed., Gold '82. A.A. Balkema, Rotterdam, 305-324.
- Cornwall, F.W., 1953. Anacon Lead Mines. Mining Concession №. 374, Montauban Township. Quebec Department of Mines, GM-2403, 5 pages.
- Dana, J.D., 1977. Manual of Mineralogy 19th. Edition John Wiley & Sons. 532 pages.
- Fletcher, I.R., Farquhar, R.M. 1982. The protocontinental nature and regional variability of the central metasedimentary belt of the Grenville province, lead isotope evidence. Journal Canadien des Sciences de la Terre, 19, 239-253.
- Franklin, J.M., Lydon, J.W., Sangster, D.F., 1981. Volcanic Associated Massive Sulphide Deposits. Economic Geology, 75th Anniversary Volume, 485-627.

- Gauthier, M., Morin, G., Marcoux, P., 1985. Minéralisations aurifères de la partie centrale de la Province de Grenville, Bouclier Canadien. Bulletin de l'Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie., 78, N°.874, 60-69.
- Gauthier, M., 1983. Métallogénie du zinc dans la région de Maniwaki-Gracefield, Québec. Ministère de l'Energie et des Ressources, MM 82-03, 107 pages.
- Hannington, M.D., Peter, J.M., Scott, S.D., 1986. Gold in Sea-Floor Polymetallic Sulfide Deposits. Economic Geology, 81, 1867-1883.
- Hodgson, C.J., 1975. The geology and geological development of the New Broken Hill Consolidated Mine, Australia. Part III: Petrology and Petrogenesis. Journal of the Geological Society of Australia, 22, Pt. 2, 195-213.
- Hutchinson, R.W., 1982. Syn-depositional Hydrothermal Processes and Precambrian Sulphide Deposits,. Dans Hutchinson, R.W., Spence, C.P. et Franklin, J.M. Eds, Precambrian Sulphide Deposits. L'association Géologique du Canada, S.P. 25, 761-791.
- Jourdain, V. 1988. Analyse structurale et stratigraphie de la zone aurifère nord du gisement de Montauban. Mémoire de maîtrise inédite, Université du Québec à Chicoutimi, Québec, 77 pages.
- Jourdain, V., Roy, D.W., Simard, J.-M., 1987. Stratigraphy and analysis of the North Gold Zone at Montauban-les-Mines, Quebec. Bulletin de l'Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie, 80, N°. 906, 61-66.
- Kerrich, R. 1983. Geochemistry of Gold Deposits in the Abitibi Greenstone Belt. The Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 27, 75 pages.
- Kieller, B.J., 1987. Minéraphie de l'or dans deux composés de la mine Muscocho. Rapport interne inédit de la Cie Muscocho. Projet # 87-Mi-014, 10 pages.
- Kieller, B.J., Wilhelmy, J.-F., 1987. Pétrographie et minéraphie de la zone Marcor. Rapport interne inédit de la Cie Muscocho. Projet #86-Mi-051, 27 pages.
- Large, D.E., 1980. Geological parameters associated with sediment-hosted, submarine exhalative Pb-Zn deposits: an empirical model for mineral exploration. Geologische Jarhrbuch, D40, 59-129.

- McDonald, J.A., 1967. Metamorphism and its effects on sulphide Assemblages. *Mineralum Deposita* 2, 200-220.
- MacLean, W.H., St. Seymour, K., et Prabhu, M. K. 1982. Sr, Y, Zr, Nb, Ti and REE in Grenville amphibolites at Montauban-les-Mines, Quebec. *Journal Canadien des Sciences de la Terre*, 19, 633-644.
- McAdam, J. et Flanagan, J.T., 1976. The Montauban gold deposits related to base metal mineralization in the Grenville Province, Québec. *Bulletin de l'Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie*. 69, No 767, 87.
- Mookherjee, A., 1976. Ores and metamorphism : temporal and genetic relationship. Dans: K.H. Wolf Ed.. *Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits*, 4: Tectonics and Metamorphism, 203-260.
- Morin, G., 1984. Géologie de la région de Montauban. Mémoire de Maîtrise inédite. Université du Québec à Montréal. 142 pages.
- Morin, G., 1987. Géologie de la région de Montauban. Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec. MM 86-02, 59 pages.
- Osborne, F.F. 1939. The Montauban mineralized zone, Quebec. *Economic Geology*, 34, 712-726.
- Phillips, G.N., 1985. Interpretation of Big Bell/Hemlo-type gold deposits: precursors, metamorphism, melting and genetic constraints. *Transactions of the Geological Society of South Africa*. 88, 159-173.
- Pouit, G. 1984. Les gisements à sulfures massifs exhalatifs-sédimentaires: une mise au point sur leur classification et la méthodologie de leur recherche. *Chronique de la Recherche Minière*, N°476, 31-34.
- Prabhu, M.K. 1981. Geology, geochemistry and genesis of Montauban lead-zinc deposits. Thèse de doctorat inédite. Université McGill, Montréal, Québec, 271 pages.
- Prabhu, M.K., et Webber, G.R. 1984. Origin of quartzofeldspathic gneisses at Montauban-les-Mines, Quebec. *Journal Canadien des Sciences de la Terre*, 21, 336-345.
- Pyke, D.R. 1966. Geology of Montauban-Colbert area, Champlain and Portneuf counties, Quebec. Department of Natural Resources, Preliminary Report 545, 15 pages.

- Rivers, T., Matignole, J., Gower, C.F. et Davidson, A., 1979. New tectonic divisions of the Grenville Province, southeast canadian shield. *Tectonics*, 8, 63-84
- Rockingham, C.J., et Hutchinson, R.W., 1980. Metamorphic textures in Archean copper-zinc massive sulphide deposits: *Bulletin Canadien des Mines et de la Métallurgie*, 73, N°818, 104-112.
- Routhier, P., 1963. *Les gisements métallifères*. Paris. Masson édit., 2 vol., 1 282 pages.
- Rondot, J. 1978. Région du St-Maurice. Ministère des Richesses Naturelles, Gouvernement du Québec, DPV-594, 85 pages.
- Savoie, A., Perrault, G., Fillion, G., 1986. Geological setting of the Doyon Gold Deposits, Bousquet Township, Abitibi, Quebec, Canada. Dans A.J. MacDonald Ed. *Gold '86: An International Symposium on the Geology of Gold Deposits*, Toronto, 97-107.
- Smith, J.R. 1956. La région de Montauban-les-Mines. Ministère des Mines du Québec, Rapport Géologique 65, 43 pages.
- Stamatelopoulou-Seymour, K. 1975. Metamorphosed Pb-Zn deposits at Montauban, Quebec. Thèse de maîtrise inédite, Université McGill, Montréal, Québec, 230 pages.
- Stamatelopoulou-Seymour, K., et MacLean, W.H. 1977. The geochemistry of possible metavolcanic rocks and their relationship to mineralization at Montauban-les-Mines, Quebec. *Journal Canadien des Sciences de la Terre*, 14, 2440-2452.
- Stamatelopoulou-Seymour, K. et MacLean, W.H., 1984. Metamorphosed Volcanogenic Ores at Montauban, Grenville Province, Québec. *Canadian Mineralogist*, 22, 595-604.
- Stanton, R.L., 1972. *Ore Petrology*. Frank Press Ed. McGraw-Hill International Series in the Earth and Planetary Sciences, 713 pages.
- Valliant, R.I. et Barnett, R.L., 1982. Manganiferous garnet underlying the Bousquet gold orebodies Quebec: metamorphosed sediment as a guide to gold ore. *Journal Canadien des Sciences de la Terre*. 19, 993-1018.
- Valliant, R.I. et Hutchinson, R.W., 1982. Stratigraphic distribution and genesis of gold deposits, Bousquet Region, Northwestern Quebec. Dans *Geology of Canadian Gold Deposit*. CIM Spec., 24, 27-40.

Vokes, F.M., 1969. A review of the metamorphism of sulphide deposits. *Earth Sciences Review*. 5, 99-143.

Wilson, N.L. 1939. An investigation of the metamorphism of the Orijarvi type with special reference to the lead-zinc deposits at Montauban-les-Mines, Quebec. *Thèse de doctorat, Université McGill, Montréal, Québec*, 163 pages.

ANNEXE 1

PLANCHE 1



Planche 1A: Echantillon type du gneiss à cordiérite-anthophyllite.

Localisation: Chantier 250-6

No Echantillon: MN-85-06



Planche 1B: Echantillon type du gneiss à quartz-biotite-grenat.

Localisation: Chantier 250-6

No Echantillon: MN-85-62

PLANCHE 2

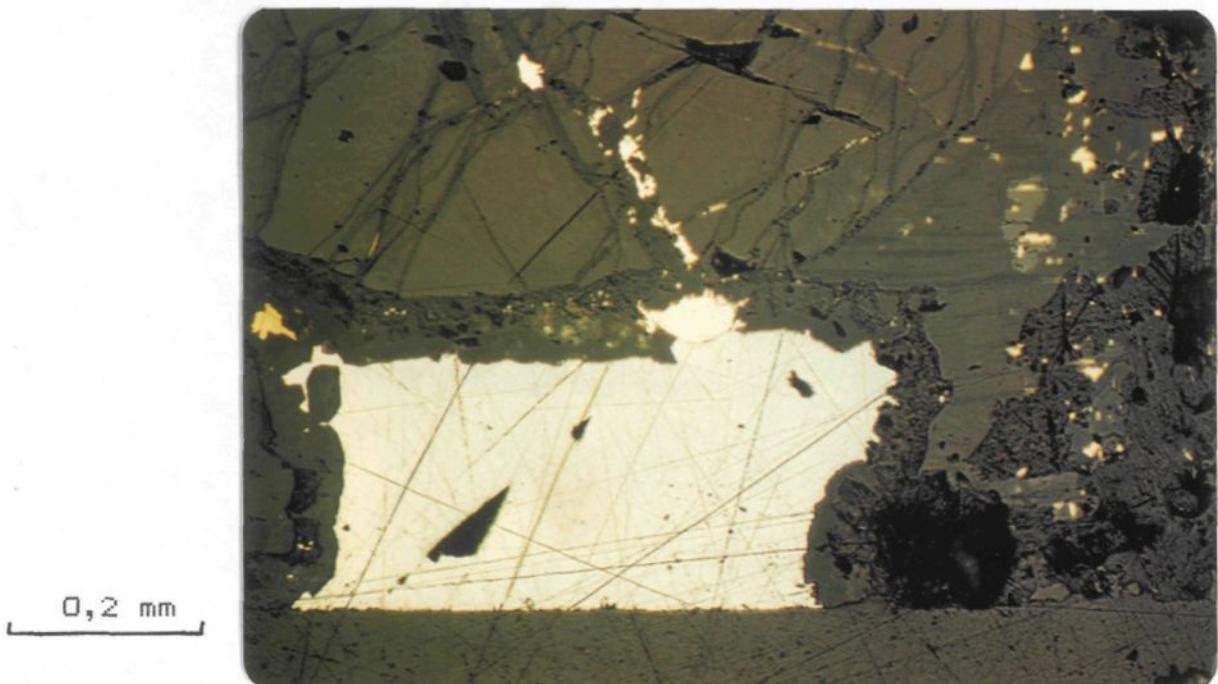


Planche 2A: Electrum (jaune clair) en contact avec la galène (gris clair) et disséminé dans une fracture de cordiérite.

Localisation: Chantier 250-6

No Echantillon: MN-85-23

Lumière réfléchie

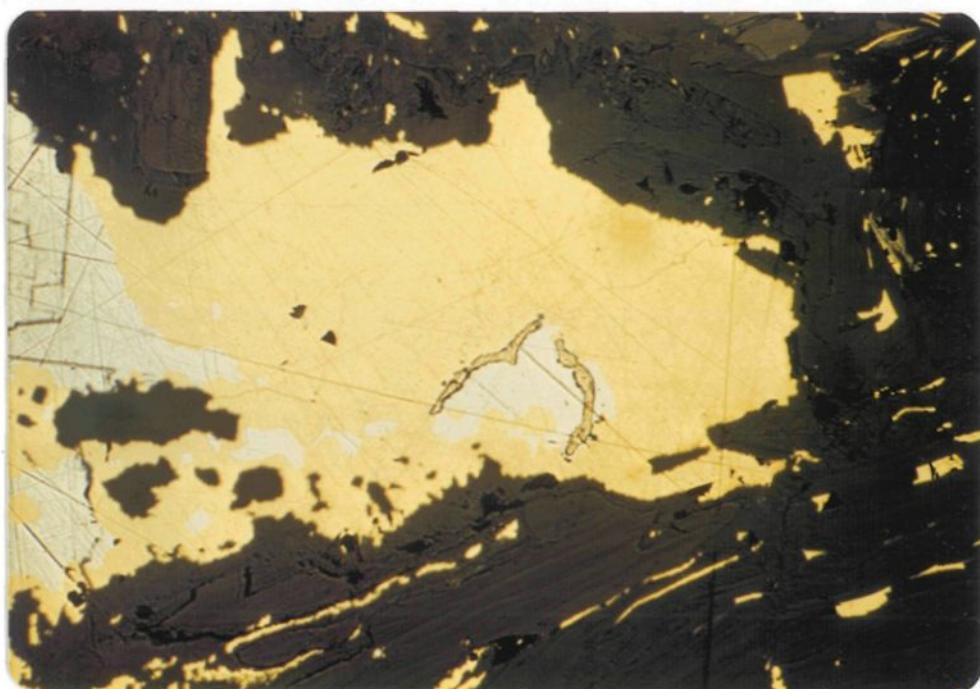


Planche 2B: Relation électrum (petites veinules), galène (gris clair) et chalcopyrite (plage jaune) dans une gangue composée de phlogopite, cordiérite et anthophyllite.

Localisation: Chantier 250-6

No Echantillon: MN-85-23

Lumière réfléchie

PLANCHE 3

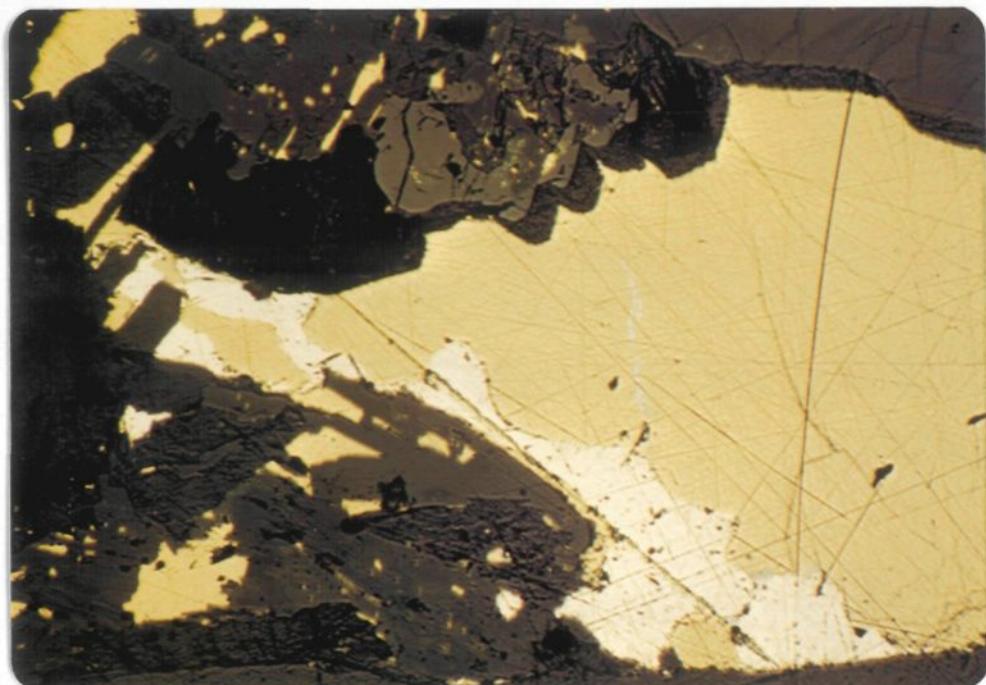


Planche 3A: Association électrum-chalcopyrite et galène (veinules gris clair) dans une gangue constituée de cordiérite et de phlogopite.

Localisation: Chantier 250-6

No Echantillon: MN-85-23

Lumière réfléchie

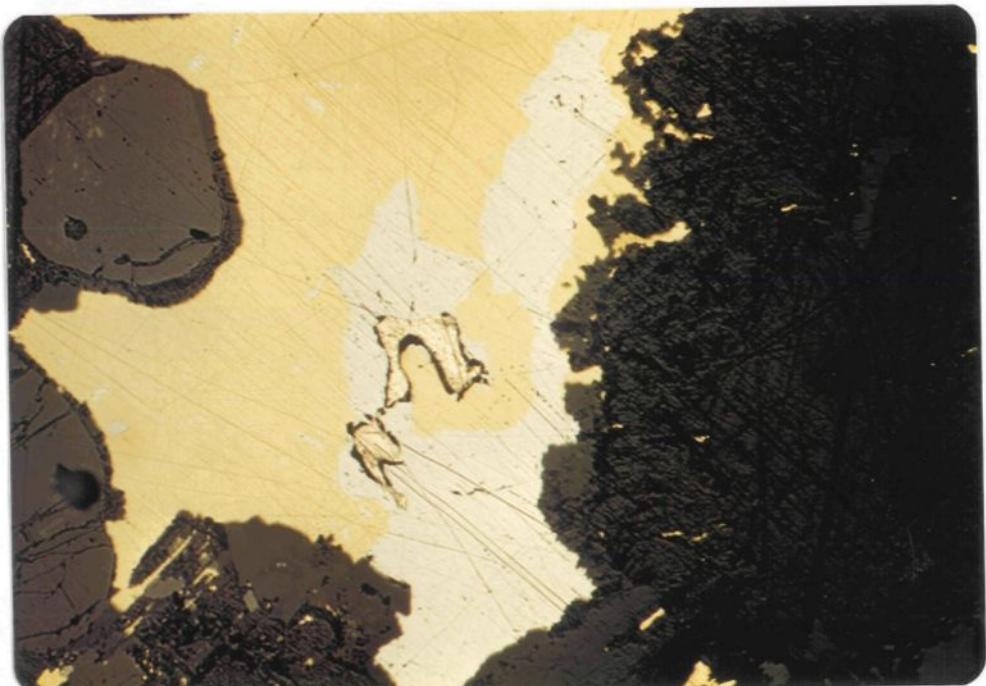


Planche 3B: Association électrum (jaune très clair), galène (gris clair) et chalcopyrite (jaune moyen).

Localisation: Chantier 250-6

No Echantillon: MN-85-23

Lumière réfléchie

PLANCHE 4

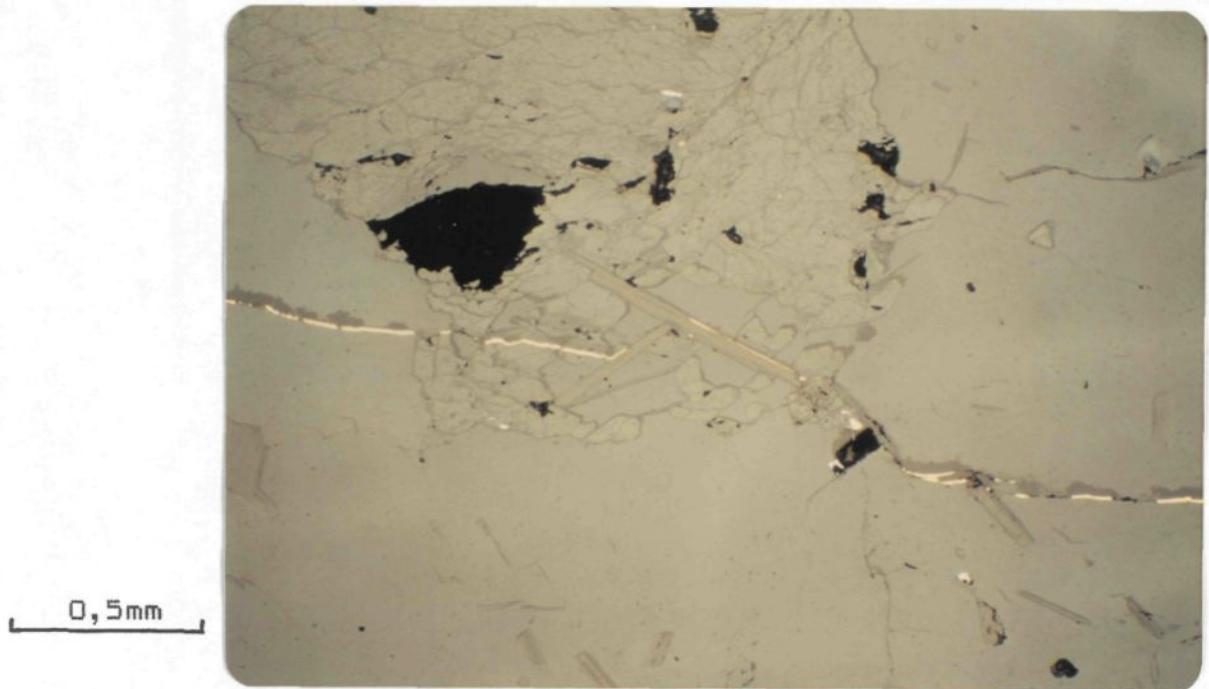


Planche 4: Veinule d'électrum passant à travers des grains de cordiérite (grandes plages homogènes) et d'anthophyllite (clivages à 60°).

Localisation: Chantier 250-2

No Echantillon: E-145

Lumière réfléchie

PLANCHE 5

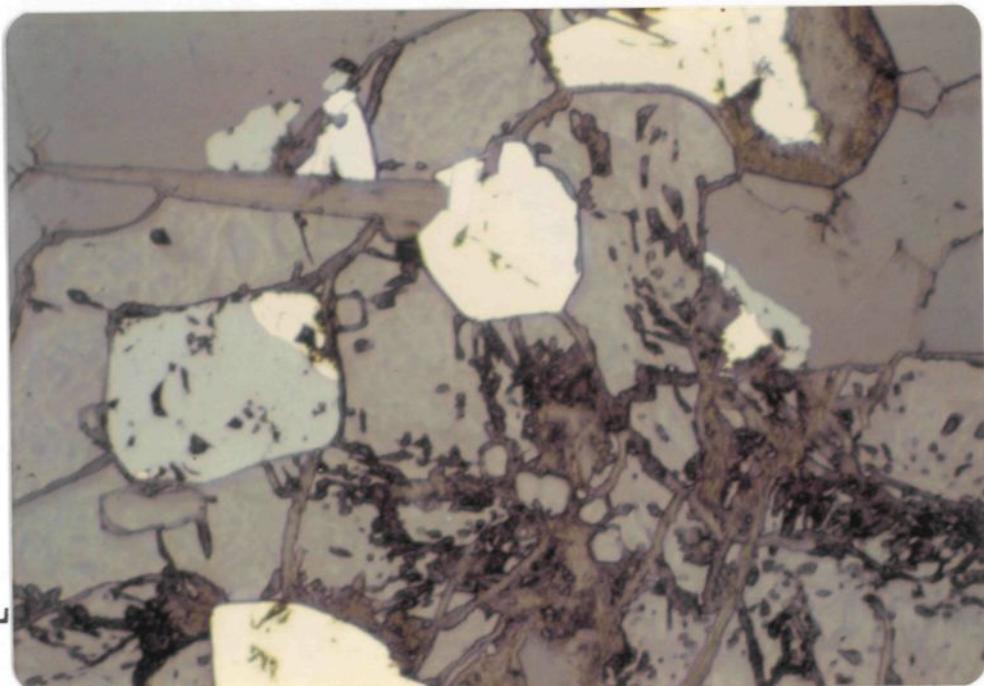


Planche 5A: Inclusions d'électrum, chalcopyrite, sphalérite, arsénopyrite, galène et pyrrhotite dans un porphyroblaste de gahnite.

Localisation: Chantier 250-2

No Echantillon: MN-85-19

Lumière réfléchie



Planche 5B: Grain d'électrum (petit triangle jaune pâle) avec la chalcopyrite, l'arsénopyrite, la sphalérite et la pyrrhotite.

Localisation: Chantier 250-2

No Echantillon: MN-85-31

Lumière réfléchie

PLANCHE 6

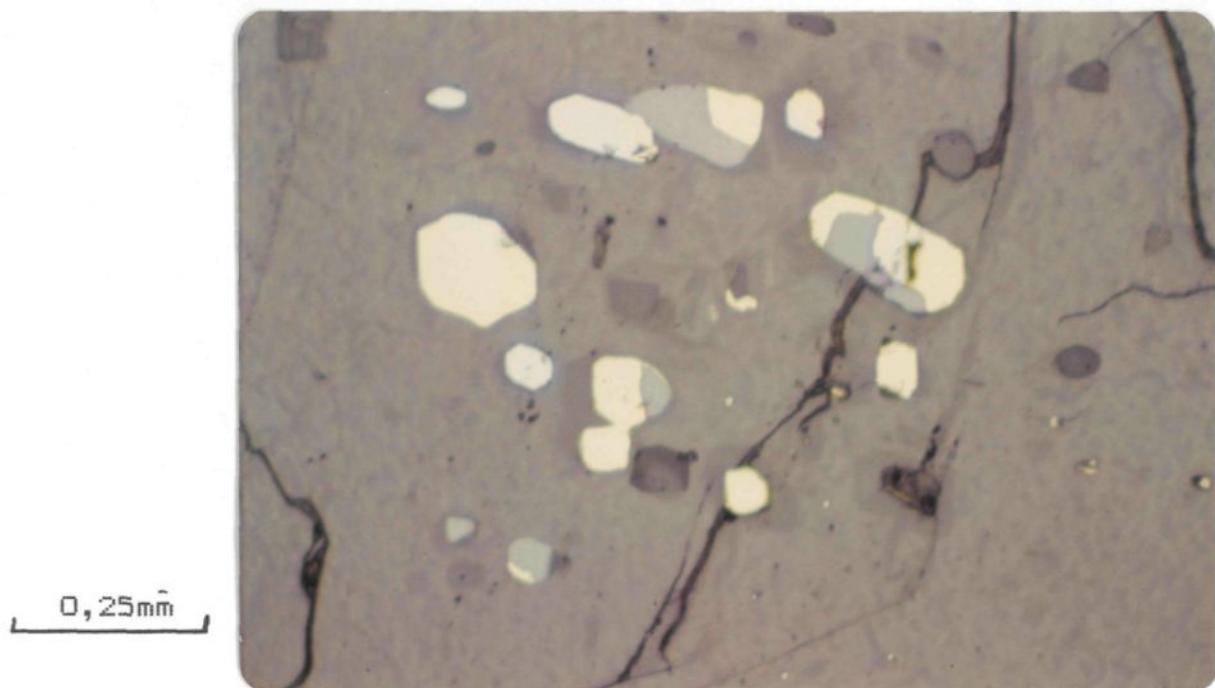


Planche 6A: Inclusions de sulfures (chalcopyrite, sphalérite, galène et pyrrhotite) et de quartz à l'intérieur d'un porphyroblaste de grenat.

Localisation: 250-2

No Echantillon: MN-85-31

Lumière réfléchie

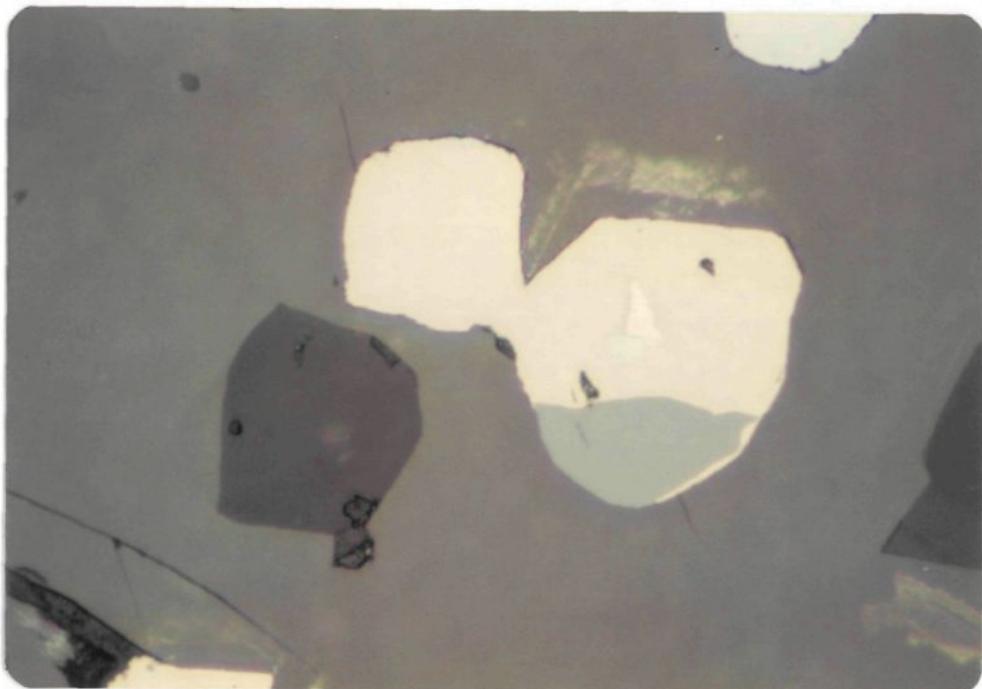


Planche 6B: Un grain d'électrum (petit triangle clair) avec pyrrhotite dans la chalcopyrite.

Localisation: Chantier 250-6

No Echantillon: MN-85-19

Lumière réfléchie

PLANCHE 7

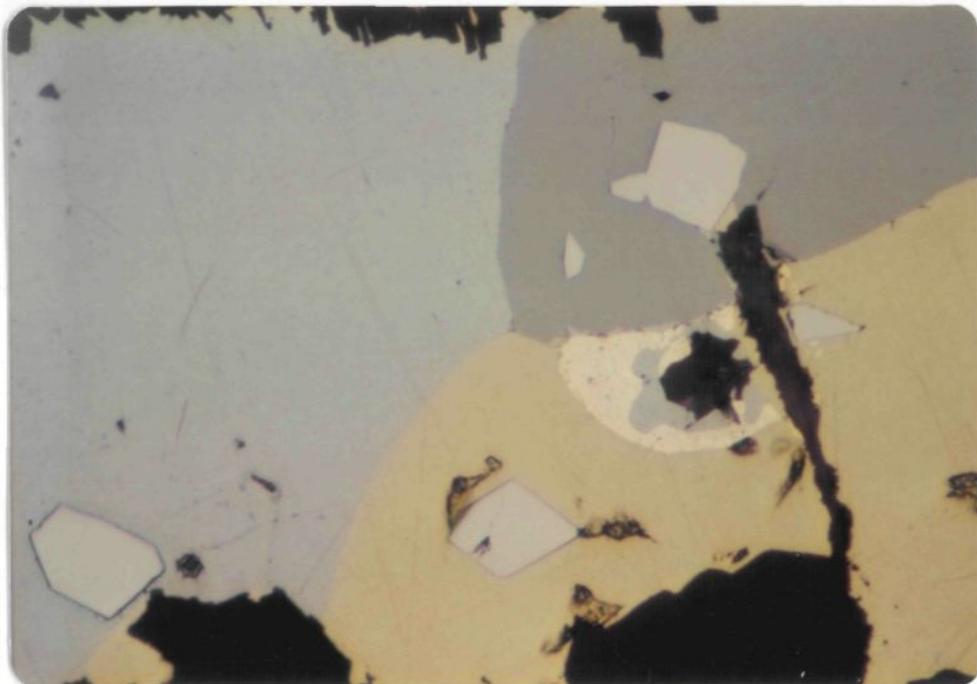


Planche 7A: Association polyminéralique électrum (jaune clair), chalcopyrite, galène (plage gris pâle), arsénopyrite (automorphe) et sphalérite (gris mat).

Localisation: Chantier 250-5

No Echantillon: MN-85-164 Lumière réfléchie

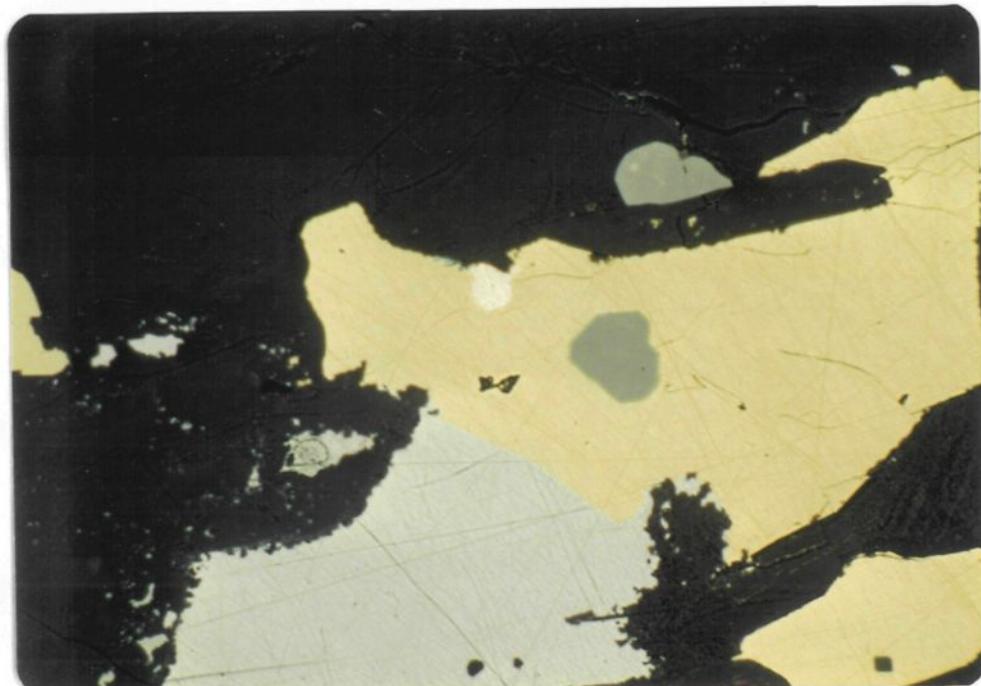


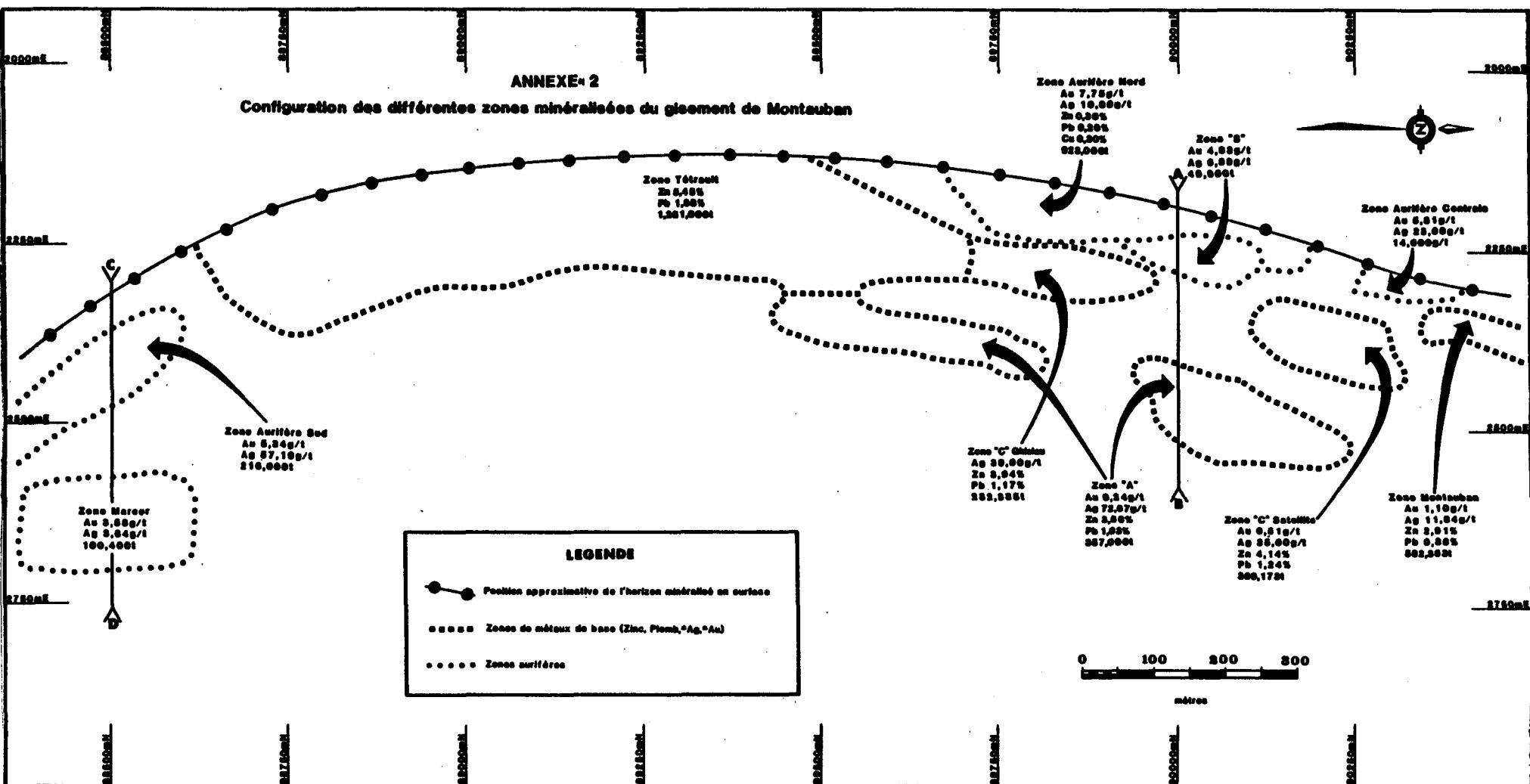
Planche 7B: Association polyminéralique électrum-chalcopyrite-galène-sphalerite (grains verts). Les minéraux de gangue sont la cordiérite et la phlogopite.

Localisation: Chantier 250-6

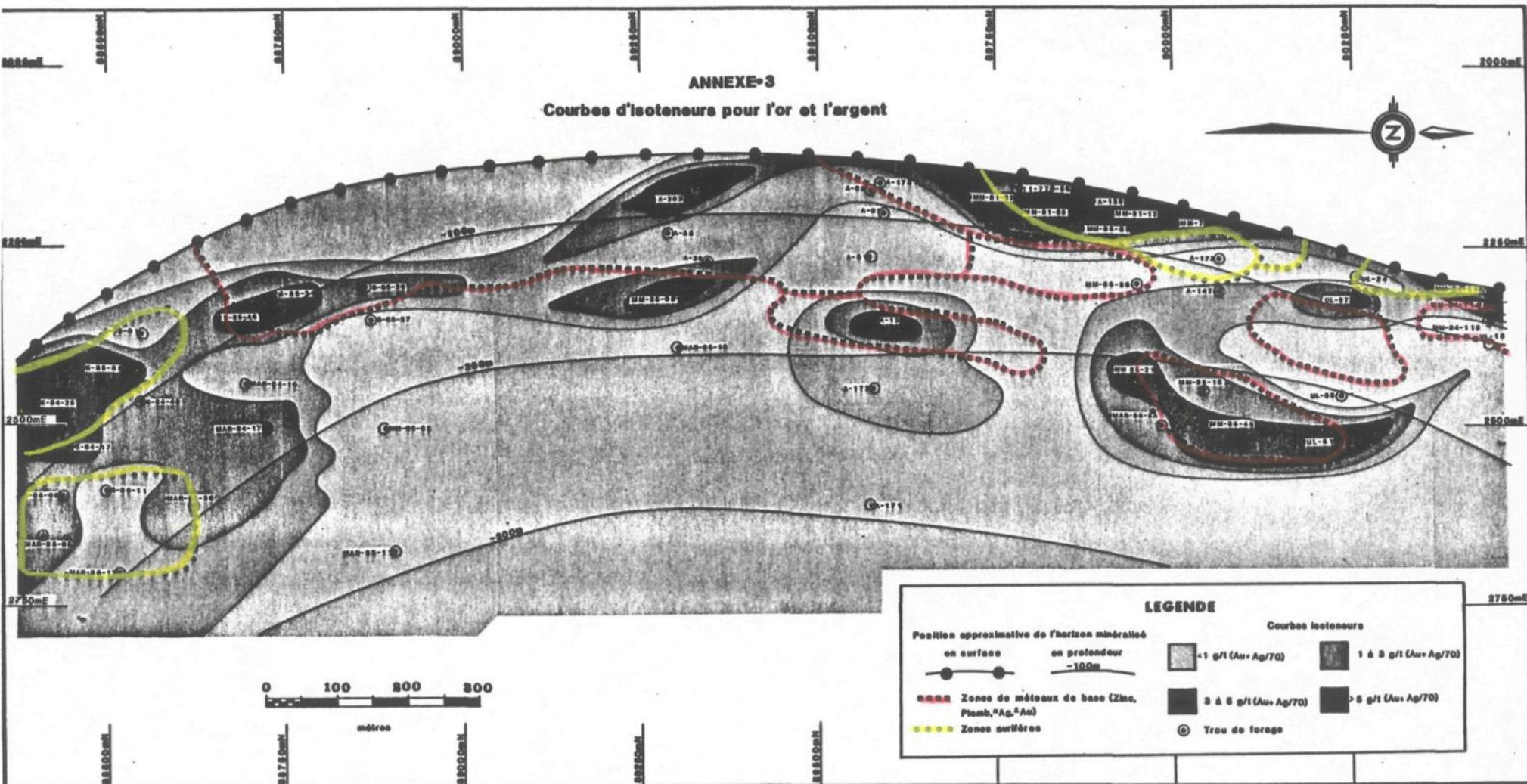
No Echantillon: MN-85-09 Lumière réfléchie

ANNEXE 2

Configuration des différentes zones minéralisées du gisement de Montauban



ANNEXE-3



ANNEXE-4

Carte de répartition des lithologies hôtes



0 100 200 300
mètres

Position approximative de l'horizon minéralisé		Gneiss à Quartz-Biotite-Gneiss	Gneiss à Diopside-Trémolite
en surface	en profondeur -100m		
● ● ● Zones de métaux de base (Zinc, Plomb, Ag, Au)	● ● ● Zones sulfureuses	Gneiss à Cordierite-Anthophyllite	Gneiss à Quartz-Biotite
● Trou de forage		Alternance Diopside-Trémolite et Quartz-Muscovite-Biotite	

ANNEXE 5

Proportion des minéraux à l'intérieur des différentes lithologies de la zone aurifère nord.

	C.A. (*) minéralisé (n=21)	Q.B.G. (**) minéralisé (n=16)	C.A. stérile (n=19)	Q.B.G. stérile (n=16)
Cordiérite	18	5	29	11
Anthophyllite	21	6	19	3
Phlogopite	28	18,5	18	24
Quartz	5	41	19	47
Grenat	1	3	Tr	3
Chalcopyrite	10,5	5	--	--
Pyrrhotite	Tr	8	Tr	Tr
Sphalérite	3,5	3	--	--
Galène	3	1	--	--
Arsénopyrite	1	0,5	--	--
Pyrite	1	1,5	Tr	Tr
Gahnite	1	3	--	--
Muscovite	5	1	7	2
Plagioclase	1	2	3	5
Sillimanite	Tr	Tr	Tr	1
Chlorite	1	1	Tr	1
Zircon	Tr	Tr	1	Tr
Apatite	Tr	Tr	1	Tr
Talc	Tr	--	Tr	Tr
Cubanite	1	2	--	--
Tétraédrite	Tr	--	--	--
Bornite	Tr	Tr	--	--
Molybdénite	--	Tr	--	--
Graphite	Tr	Tr	--	--
Electrum	Tr	Tr	--	--
Staurolite	--	Tr	--	--
	100%	100%	100%	100%

(*) gneiss à cordiérite-anthophyllite

(**) gneiss à quartz-biotite-grenat

ANNEXE 6

LISTE DES RESULTATS D'ANALYSE A LA MICROSONDE SUR DIFFERENTS MINERAUX DE LA ZONE AURIFERE NORD

Echant.	Roche hôte	Nom du minéral	Au	Ag	Fe	Cu	Zn	As	Sb	Pb	S	Total
IN-85-19	C.A.	Electrum	40,3	49,2	0,4	---	3,1	---	---	---	2,2	95,3
IN-85-19	C.A.	Electrum	30,5	63,7	---	---	0,7	---	0,1	---	---	95,0
IN-85-19	C.A.	Electrum	29,6	32,9	13,9	0,1	0,7	23,3	---	---	7,7	108,0
IN-85-19	C.A.	Electrum	46,5	50,5	0,8	---	0,9	---	---	---	---	98,9
IN-85-19	C.A.	Electrum	44,9	50,7	0,7	0,1	1,1	---	---	---	---	97,6
IN-85-19	C.A.	Electrum	45,3	51,3	1,3	0,9	---	---	0,1	0,1	0,2	99,3
IN-85-19	C.A.	Electrum	58,0	39,3	0,1	0,2	0,2	---	---	---	---	97,9
IN-85-164	C.A.	Electrum	43,8	53,0	0,5	0,8	---	---	---	---	---	98,2
IN-85-164	C.A.	Electrum	76,5	21,7	---	0,1	---	---	---	0,1	---	98,6
IN-85-164	C.A.	Electrum	76,5	22,4	0,3	---	1,7	---	---	0,1	---	101,0
IN-85-164	C.A.	Electrum	78,6	20,1	---	0,1	0,3	---	---	---	---	99,3
IN-85-164	C.A.	Electrum	74,2	20,4	1,6	---	---	---	---	2,0	0,4	98,8
IN-85-164	C.A.	Electrum	77,9	21,3	0,5	---	---	---	---	0,1	---	99,3
IN-85-31	Q.B.G.	Electrum	27,5	67,3	1,3	1,3	0,2	---	1,4	---	---	99,2
IN-85-21	Q.B.G.	Electrum	38,1	55,9	0,2	0,2	0,8	---	---	0,2	---	95,7
IN-85-21	Q.B.G.	Electrum	38,0	59,0	0,1	---	---	---	---	0,1	---	97,3
IN-85-21	Q.B.G.	Electrum	53,4	44,1	0,6	0,5	---	---	---	---	---	98,7
IN-85-62	Q.B.G.	Electrum	56,5	40,7	0,1	---	---	---	---	---	---	97,5
IN-85-62	Q.B.G.	Electrum	88,9	8,0	---	0,5	---	---	---	---	---	97,5
IN-85-62	Q.B.G.	Electrum	35,2	60,8	---	---	---	---	0,4	---	---	96,5
IN-85-62	Q.B.G.	Electrum	87,0	10,4	---	1,4	---	---	---	---	---	98,8
IN-85-62	Q.B.G.	Electrum	62,7	34,6	0,1	---	---	---	---	---	---	97,4
IN-85-62	Q.B.G.	Electrum	24,7	71,1	0,4	0,5	---	---	1,1	---	0,7	98,7
IN-85-52	Q.B.G.	Electrum	55,6	40,6	0,8	0,7	---	---	0,2	---	---	97,9
IN-85-19	C.A.	Chalco.	2,2	2,5	27,9	31,3	---	---	---	---	32,6	96,5
IN-85-19	C.A.	Chalco.	2,0	18,0	21,6	23,7	---	---	---	---	24,3	89,7
IN-85-13	C.A.	Chalco.	---	---	29,9	34,2	---	---	---	---	34,9	99,1
IN-85-01	C.A.	Tétraédr.	---	---	1,6	39,9	5,5	4,5	22,9	---	25,8	100,3
IN-85-55A	Q.B.G.	Sphalér.	---	---	7,9	---	54,8	---	---	---	33,9	96,7
N-85-19	C.A.	Galène	---	---	---	---	---	---	---	86,3	13,3	99,7
N-85-06	C.A.	Pyrite	---	---	47,5	0,5	---	---	---	---	52,5	100,6
N-85-06	C.A.	Pyrite	---	---	46,1	---	---	---	---	---	53,1	99,4
N-85-06	C.A.	Pyrite	---	---	44,8	3,7	---	---	0,1	---	50,6	99,2

N.B. Ces résultats sont exprimés en % poids

Le symbole (---) désigne les valeurs inférieures à 0,1%

#Trou	Lithologie	Au (g/t)	Ag (g/t)	Epaisseur de l'intersection	Au/Ag	m	Equivalent or (g/t)
A-82	C.A.	0,15	45,00	2,0	0,003		0,79
MM-86-09	C.A.	9,81	27,60	3,0	0,355		10,20
		10,06	Tr	2,3	10,06		10,06
MM-86-36	C.A.	Tr	2,66	3,0	ind.		0,04
A-147	C.A.	1,30	0,03	7,34	43,33		1,30
A-173	C.A.	0,43	Tr	1,83	ind.	3,967	0,43
UL-97	C.A.	17,02	60,80	2,73	0,280		17,89
MM-84-116	C.A.	6,31	6,19	2,0	1,019		6,40
UL-13	C.A.	0,26	11,31	1,83	0,023		0,32
MM-84-21	C.A.	78,6	Tr	2,0	ind.		78,60
MM-86-10	C.A.	2,95	8,25	2,0	0,356		3,06
		4,25	2,39	2,8	1,78		4,28
MM-86-07	C.A.	4,57	Tr	1,8	ind.		4,57
MM-86-38	C.A.	5,43	Tr	2,9	ind.		5,43
A-138	Q.B.G.	6,15	16,90	4,45	0,364		6,39
MM-7	Q.B.G.	7,61	10,50	1,82	0,725		7,76
		10,50	3,05	3,05	3,443		10,54
MM-81-13	Q.B.G.	14,30	n.d.	2,0	ind.		14,30
MM-84-114	Q.B.G.	4,18	1,40	1,0	2,986		4,20
MM-84-115	Q.B.G.	2,35	0,65	0,65	3,615	2,820	2,36
UL-24	Q.B.G.	0,20	4,50	3,3	0,044		0,25
MM-81-85	Q.B.G.	7,80	n.d.	4,0	ind.		7,80
11-770-59	Q.B.G.	13,55	n.d.	2,0	ind.		13,55
MM-81-82	Q.B.G.	1,75	n.d.	3,0	ind.		1,75
11-770-12	Q.B.G.	7,94	1,30	2,8	6,108		7,96
S-85-21	D.T.	9,72	11,58	2,6	0,839		9,89
S-84-48	D.T.	1,00	56,40	1,2	0,018		1,81
S-85-01	D.T.	5,08	36,71	3,25	0,138		5,60
S-84-25	D.T.	70,53	603,17	2,0	0,117		79,15
MM-85-21	D.T.	4,32	489,60	2,0	0,009		11,31
MM-86-46	D.T.	4,32	468,70	3,0	0,009		11,02
UL-61	D.T.	2,00	350,57	1,5	0,006		7,01
UL-68	D.T.	0,15	5,50	1,8	0,027	0,098	0,23
MM-85-18	D.T.	0,80	87,00	1,5	0,009		2,04
MM-86-57	D.T.	7,66	377,20	3,6	0,020		13,05
MM-86-48	D.T.	4,46	326,40	1,5	0,014		9,12
MM-85-17	D.T.	0,82	85,90	1,6	0,009		2,05
A-13	D.T.	0,70	159,6	5,6	0,004		2,98
S-85-05	D.T.+Q.M.B.	5,05	36,71	3,25	0,138		5,57
A-39	D.T.+Q.M.B.	0,15	45,00	2,0	0,003		0,79
A-171	Q.M.B.	Tr	17,83	4,6	ind.		0,25
A-172	Q.M.B.	0,22	37,33	1,1	0,006		0,77
A-31	Q.M.B.	0,10	15,9	2,7	0,006		0,33
MM-85-16	Q.M.B.	Tr	0,30	2,0	ind.		Tr
MM-85-08	Q.M.B.	11,30	35,12	4,0	0,322		11,80
MAR-85-11	Q.M.B.	Tr	5,50	1,2	ind.		0,08
MM-86-62	Q.M.B.	0,13	11,00	1,5	0,012		0,29
S-85-27	Q.M.B.	Tr	5,57	7,2	ind.		0,08
MAR-85-26	Q.M.B.	2,30	10,30	1,5	0,223		2,45
MAR-84-17	Q.M.B.	2,35	5,32	2,1	ind.	1,109	2,42
MAR-84-10	Q.M.B.	1,45	Tr	2,0	2,583		1,45
S-85-46	Q.M.B.	6,20	2,40	0,5	0,016		6,23
MAR-86-17	Q.M.B.	0,42	25,70	1,5	0,442		0,77
S-86-11	Q.M.B.	1,85	Tr	1,0	ind.		1,85
		1,40	3,85	2,0	0,364		1,45
S-85-01	Q.M.B.	3,65	0,33	2,53	11,061		3,65
		1,22	8,22	1,4	0,148		1,33
MAR-86-08	Q.M.B.	3,59	10,10	1,5	0,355		3,64
S-86-09	Q.M.B.	2,12	3,05	1,5	0,695		2,16
		1,17	4,60	5,0	0,254		1,21
S-84-17	Q.M.B.	7,02	6,70	1,2	1,048		7,12
		2,33	3,60	2,0	0,647		2,38
MAR-85-5A	Q.M.B.	Tr	79,35	1,5	ind.		1,13

LEGENDE

n.d.: résultats non disponibles

ind.: calculs indéterminés

C.A.: gneiss à cordiérite-anthophyllite

Q.B.G.: gneiss à quartz-biotite-grenat

D.T.: gneiss à diopside-trémolite

Q.M.B.: gneiss à quartz-muscovite-biotite