

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR
VINCENT JOURDAIN

ANALYSE STRUCTURALE ET STRATIGRAPHIE DE
LA ZONE AURIFERE NORD DU GISEMENT DE MONTAUBAN

DECEMBRE 1987



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

La mine Montauban est le seul gisement aurifère présentement en exploitation dans la Province de Grenville. Une synthèse de la littérature publiée sur la région montre que la position structurale et l'origine du gisement demeurent des éléments de controverse. La présente étude a pour but de déterminer la position structurale de la Zone Aurifère Nord du gisement de Montauban.

Sept unités lithologiques ont été définies informellement à proximité du gisement. Les cinq premières reposent en ordre stratigraphique, ce sont de la base au sommet structural: 1- le gneiss mixte gris, 2- le gneiss à quartz-biotite faiblement rubané, 3- le gneiss à quartz-biotite-grenat comprenant plusieurs membres calcaieux, alumineux et magnésien ainsi que la minéralisation aurifère, 4- le gneiss à quartz-biotite-séricite, 5- les métabasaltes. Les deux autres unités sont intrusives dans la séquence: 6- les dykes d'amphibolite, 7- les dykes de pegmatite.

La Zone Aurifère Nord semble conforme à cette stratigraphie. Elle est déformée par des plis d'entrainement d'amplitude variable, mais montrant toujours le même sens d'assymétrie. Comme la foliation est plissée, ces plis sont considérés appartenir à la déformation "D2"; la déformation "D1" étant responsable de la formation de la foliation. La déformation "D3", peu apparente, a comme effet majeur de disperser les axes de plis de la déformation "D2". Une déformation cassante tardive se traduit par des zones de cisaillement à rejet apparemment directionnel.

La déformation "D2" peut résulter d'une zone de cisaillement normale ou encore représenter les plis d'entrainement d'un synclinal déversé vers l'Ouest dont les métabasaltes occuperaient le coeur. Une cartographie utilisant la même statigraphie et portant une attention particulière au sens d'assymétrie des plis d'entrainement à l'Ouest des métabasaltes serait un moyen efficace de tester la seconde hypothèse.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon directeur de thèse M. Denis W. Roy pour tous les conseils qu'il m'a prodigué et pour toutes les discussions enrichissantes que nous avons eu tout au long de ce travail. De plus, les autres membres de mon comité de thèse MM. Jayanta Guha et Michel Gauthier ont su m'encourager par leurs critiques constructives et me donner de précieux conseils lors de leur visite à la mine.

J'aimerais également remercier les dirigeants des Explorations Muscocho ltée, dont la collaboration a permis de mener à bien ce projet. Ainsi que tout le personnel de la mine Montauban, en particulier M. Jean-Marc Simard qui m'a fait partager son expérience du domaine minier lors de mon séjour à Montauban.

Finalement, je tiens à souligner la coopération de tout le personnel du module des sciences de la terre de l'Université du Québec à Chicoutimi qui fut d'une aide très précieuse.

TABLE DES MATIERES

	page
RESUME.....	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
TABLE DES MATIERES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES PLANCHES.....	viii
INTRODUCTION.....	1
1. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	6
1.1 Géologie régionale.....	6
1.2 Géologie locale.....	11
1.2.1 Zone Aurifère Sud.....	11
1.2.2 Zone Tétrault.....	14
1.2.3 Zone "C".....	14
1.2.4 Zone "A".....	15
1.2.5 Zone Montauban.....	15
1.2.6 Zone Aurifère Nord.....	16
1.2.7 Origine du gisement.....	16
2. GEOLOGIE DE LA ZONE AURIFERE NORD.....	19
2.1 Lithologies.....	19
2.1.1 Gneiss mixte gris.....	19
2.1.2 Gneiss à quartz-biotite faiblement rubanné.....	20

2.1.3 Gneiss à quartz-biotite hétérogène.....	21
2.1.4 Gneiss à quartz-biotite-sillimanite.....	23
2.1.5 Gneiss à quartz-biotite-grenat.....	25
2.1.6 Roche à cordiérite-anthophyllite.....	29
2.1.7 Gneiss à quartz-biotite-séricite.....	29
2.1.8 Métabasaltes.....	31
2.1.9 Amphibolite.....	31
2.1.10 Pegmatite.....	33
2.2 Unités statigraphiques.....	34
2.3 La minéralisation.....	38
2.4 Géométrie du gisement.....	41
3. ANALYSE STRUCTURALE.....	44
3.1 Textures de déformation.....	44
3.2 Eléments structuraux.....	44
3.3 Style de plissement.....	50
3.4 Interprétation structurale.....	50
4. DISCUSSION.....	58
4.1 Position structurale du gisement.....	58
4.2 Evolution Tectono-métamorphique.....	59
4.3 Origine des protolithes.....	62
CONCLUSION.....	63
LISTE DES REFERENCES.....	64
ANNEXE A Historique des travaux miniers.....	67
ANNEXE B Coupes géologiques.....	72

LISTE DES TABLEAUX

	page
TABLEAU 1 Comparaison des unités lithologiques utilisées par différents auteurs.....	10
TABLEAU 2 Répartition des lithologies hôtes dans les diverses zones du gisement.....	17

LISTE DES FIGURES

	page
FIGURE 1 Géologie régionale.....	2
FIGURE 2 Géologie locale.....	12
FIGURE 3 Coupe longitudinale.....	13
FIGURE 4 Coupe stratigraphique.....	35
FIGURE 5 Orientation des pegmatites.....	37
FIGURE 6 Coupe stratigraphique.....	42
FIGURE 7 Orientation des litages et des foliations.....	45
FIGURE 8 Orientation des linéations.....	48
FIGURE 9 Orientation des fractures.....	49
FIGURE 10 Schémas de plis d'entrainement.....	51
FIGURE 11 Orientation des foliations par domaines structuraux.....	54
FIGURE 12 Coupe géologique à travers la Zone Tétrault.....	55
FIGURE 13 Coupe schématique Section 885N.....	56
FIGURE 14 Coupe schématique Section 1095N.....	57

LISTE DES PLANCHES

	page
PLANCHE 1 Gneiss mixte gris.....	22
PLANCHE 2 Générations de biotite.....	22
PLANCHE 3 Gneiss à quartz-biotite-sillimanite.....	24
PLANCHE 4 Tapis de fibrolite.....	24
PLANCHE 5 Grain xénomorphe de kyanite.....	26
PLANCHE 6 Fractures remplies par des sulfures.....	26
PLANCHE 7 Inclusions dans un porphyroblaste de grenat.....	28
PLANCHE 8 Inclusions sulfureuses dans un porphyroblaste de grenat...	28
PLANCHE 9 Amas de cristaux d'anthophyllite.....	30
PLANCHE 10 Pinnitisation de la cordiérite.....	30
PLANCHE 11 Porphyroblaste de muscovite dans le gneiss à quartz- biotite-séricite.....	32
PLANCHE 12 Sulfures dans les clivages et fractures de cristaux d'anthophyllite.....	39
PLANCHE 13 Chalcopyrite et galène dans les clivages et fractures de cristaux d'anthophyllite.....	39
PLANCHE 14 Pyrrhotite moulant les minéraux de gangue.....	40
PLANCHE 15 Plis d'entrainement.....	52

INTRODUCTION

La Province de Grenville est reconnue pour sa complexité structurale. Ainsi Tremblay (1984) reconnaît au moins quatre déformations ductiles dans les paragneiss du secteur de la Galette (comté de Charlevoix) et White (1982) reconnaît trois phases majeures de plissement accompagnées d'un évènement mineur subséquent dans les métasédiments clastiques du Groupe de Flinton (Ontario). Est-il possible de déterminer la position structurale d'une minéralisation aurifère dans un tel contexte? C'est l'objectif du présent travail qui porte sur la Zone Aurifère Nord du gisement de Montauban et qui a été entrepris dans le cadre d'un projet conjoint de recherche entre l'UQAM, l'UQAC et les Explorations Muscocho.

Le gisement de Montauban (Zn, Pb, Au, Ag, Cu) est situé dans le comté de Portneuf à une centaine de kilomètres à l'ouest de la ville de Québec (figure 1). On y accède par les routes 40 et 363.

Ce gisement a été exploité sporadiquement entre 1915 et 1955 produisant principalement du zinc et du plomb. Depuis 1983, la Zone Aurifère Nord est exploitée par les Explorations Muscocho Ltée. (Pour plus de détails sur l'historique des travaux miniers, le lecteur pourra se référer à l'annexe A.)

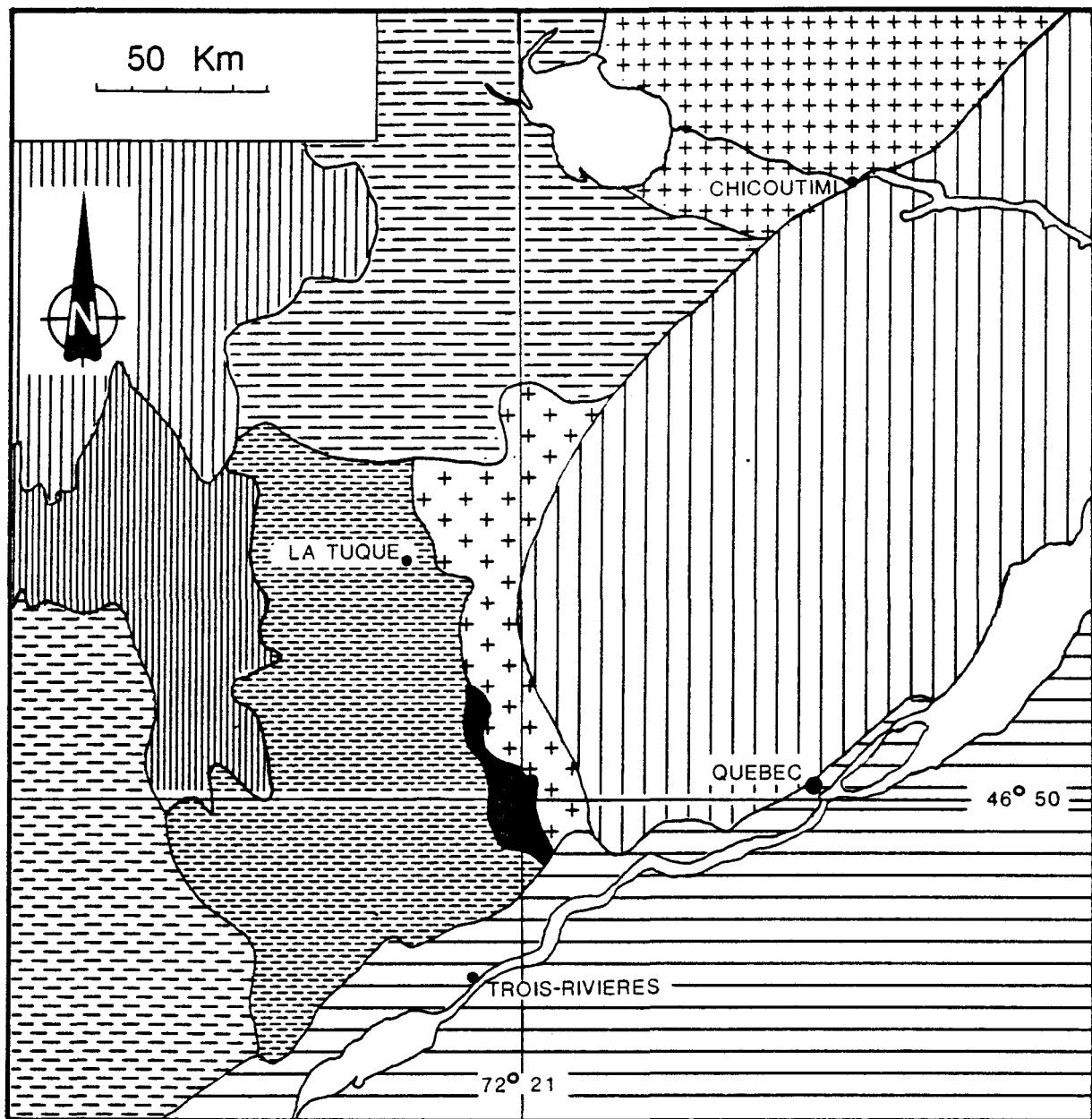


FIGURE 1 Géologie régionale (D'après Rondot 1978)

Légende page suivante

-  Couverture paléozoïque
-  Complexe de La Bostonnais
-  Groupe de Montauban
-  Complexe du Parc des Laurentides
-  Anorthosite du Lac Saint-Jean
-  Groupe de Mékinac
-  Groupe de Grenville
-  Complexe de Chapeau de Paille
-  Complexe de Weymontachingue
-  Groupe de Saint-Félicien

Les coordonnées géographiques indiquent la position du gisement.

FIGURE I (suite). Légende de la figure I (page précédente)

La position structurale du gisement demeure un élément de controverse. Wilson (1939), O'Neill et Osborne (1939), Cornwall (1954) et Rondot (1978) indiquent que le gisement se situe dans le plan axial d'un synclinal. Pour leur part, Smith (1956), Pyke (1966) et Stamatelopoulou-Seymour (1975) affirment qu'il repose sur le flanc Est d'un synclinal déversé vers l'Ouest. Dernièrement, Morin (1984) et Bernier (1985) le placent dans la charnière d'un pli isoclinal de première phase.

Afin de vérifier les interprétations structurales déjà publiées et éventuellement d'en définir une nouvelle, il apparaît nécessaire: a) de mieux définir la forme de la Zone Aurifère Nord ainsi que les éléments structuraux qui contrôlent cette forme, ce qui permettra la construction d'un modèle géométrique. b) d'établir les relations spatiales entre les diverses unités lithologiques ainsi qu'entre les différentes zones minéralisées pour savoir si le modèle géométrique s'applique aussi à la minéralisation. c) de raffiner la stratigraphie entourant le gisement, ce qui fournira un autre outil de vérification du modèle structural.

Pour ce faire, les développements miniers accessibles de la Zone Aurifère Nord pendant l'été 1984 furent cartographiés ainsi que les affleurements de surface aux abords de la zone minéralisée. Tous les forages disponibles sur sept sections différentes furent réexaminés ainsi que toutes les carottes des forages effectués pendant l'automne 1984 et l'année 1985. De plus, une compilation des différents travaux d'exploration entrepris auparavant sur la propriété et dans la région a été effectuée.

Ceci devrait fournir de nouveaux outils pour l'exploration de gisements similaires dans la région et permettre de mieux comprendre l'origine du gisement et contribuer à une meilleure connaissance des déformations complexes ayant affecté la Province de Grenville.

CHAPITRE I

CONTEXTE GEOLOGIQUE

1.1 GEOLOGIE REGIONALE

Les roches de la Province de Grenville peuvent être regroupées en trois catégories importantes: le socle, les roches supracrustales et les intrusifs.

A l'Ouest de la région (figure 1), le Complexe de Chapeau de Paille (Rondot 1978) comprenant principalement des migmatites grises et roses représente le socle. Tandis qu'à l'Est de la région, le Complexe de la Bostonnais formé de roches ignées basiques, tonalitiques et acides intimement mêlées ou intersratifiées avec des gneiss et des migmatites sodiques à grains fins représente les intrusifs.

Ces deux complexes bordent une bande de roches supracrustales de direction Sud-Ouest Nord-Est s'étendant de la région de Shawinigan jusqu'au sud du Lac St-Jean. Rondot (1978) divise cette bande en quatre groupes soit ceux de St-Félicien, de Mékinac, de Grenville et de Montauban (figure 1).

Les roches du Groupe de Montauban n'affleurent que dans une zone étroite de 10 km sur 50 km allant du Lac Hackett aux Basses Terres du St-Laurent. Smith (1956) y distingue les sept lithologies suivantes: les paragneiss à biotite, les quartzites, les paragneiss à sillimanite, les paragneiss métasomatisés (roche à cordiérite-anthophyllite), les gneiss à hornblende, les gneiss à carbonates et calcosilicatés ainsi qu'un gneiss mixte gris.

Pyke (1966) discerne cinq grandes unités: les gneiss à biotite pouvant contenir de la sillimanite, de la cordiérite et de l'anthophyllite, les quartzites, les gneiss à carbonates et calcosilicatés, les gneiss à hornblende dont il distingue une unité de métavolcaniques affleurant à l'Ouest du gisement qu'il fut le premier à identifier grâce à des structures de laves en coussins.

Rondot (1978) reconnaît quatre lithologies distinctes soit les gneiss à biotite qui peuvent présenter des nodules ou être finement stratifiés, les quartzites, les amphibolites et métabasaltes et les roches hôtes de la minéralisation soit les gneiss à carbonates et calcosilicatés ainsi que les gneiss à cordiérite.

Morin (1984) identifie cinq unités majeures: les gneiss à biotite, les quartzites, une amphibolite équivalente aux métavolcaniques de Pyke (1966), les gneiss à hornblende et biotite et les roches reliées à la minéralisation tels les gneiss carbonatés et calcosilicatés, les roches à

cordiérite-anthophyllite ainsi que les gneiss à sillimanite. Il propose l'existence d'un horizon métallifère reliant la plupart des sites minéralisés de la région.

Les différentes stratigraphies retenues par ces divers auteurs proviennent de regroupements différents des lithologies constituant le Groupe de Montauban, du niveau de détail des diverses cartographies et aussi d'interprétations structurales différentes. Le tableau I permet de comparer les diverses stratigraphies proposées.

Morin (1984) détermine un métamorphisme régional au faciès almandin des amphibolites sous-faciès de la sillimanite. Bernier (1985) établit les conditions de température entre 575 et 675 degrés Celsius et les conditions de pression entre 3.5 et 5 Kb.

Cet intense métamorphisme rend difficile l'identification des protolithes des roches de la région. Les structures de coulées identifiées par Pyke (1966) indiquent la nature volcanique d'une unité de gneiss à hornblende-biotite. Stamatelopoulou-Seymour (1975) et Prabhu (1981) confirment cette origine par des études géochimiques et ce dernier démontre la parenté magmatique entre cette coulée et les dykes ou sills d'amphibolite présents dans le gisement.

Pour ce qui est des gneiss, les études géochimiques de Prabhu (1981) et de Stamatelopoulou-Seymour (1975) sont en contradiction. Le premier leur donne une nature sédimentaire, ces gneiss représentant d'anciens grès ou grauwackes, tandis que la seconde leur attribue comme équivalent antémétamorphique des roches volcaniques felsiques, des tuffs, des tufs silicifiés et des sédiments clastiques intercalés.

Dernièrement, Webber et Grice (1986) concluent que la prospection géochimique utilisant les sédiments de ruisseaux serait peu prometteuse puisque ces sédiments proviennent de sols transportés et que les résidus miniers ont contaminé une partie du bassin hydrographique.

TABLEAU I
Comparaison des unités lithologiques
utilisées par divers auteurs

Smith (1956)	Pyke (1966)	Rondot (1978)	Morin (1984)	Présent Travail
-----------------	----------------	------------------	-----------------	--------------------

G h Métavolcaniques	G h Métabasaltes{2}	Amphibolite{2}	G h Amphibolite	*
G b (xy)	G b (xy)	G b (x){3}	G b	Unité 5 Unité 4 Unité 3 Unité 2
carb	carb	carb (y){4}	carb (xy)	(z)
Quartzite	Quartzite	Quartzite{1}	Quartzite	*
G g	∞	∞	∞	Unité 1

G h: Gneiss à hornblende (x): comprend les roches à sillimanite

G b: Gneiss à biotite (y): comprend les roches à cordiérite-anthophyllite

G g: Gneiss mixte gris (z): inclus dans l'unité 3

∞ : inclus dans G b * : pas observé dans la zone d'étude

carb: Gneiss à carbonates et calcosilicatés

Les nombres (Rondot 1978 et présent travail) représentent la stratigraphie proposée par ces auteurs. Ils sont croissants dans le sens de la polarité.

1.2 GEOLOGIE LOCALE

Le gisement de Montauban est une bande minéralisée longue de près de trois kilomètres (figure 2). Elle est constituée de plusieurs zones montrant des contenus métalliques et minéralogiques différents (figure 3). La minéralisation de la Zone Tétreault a été datée à 1 270 millions d'année par Fletcher et Farquhar (1982) en utilisant les rapports $^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ et $^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ mesurés à partir de galènes.

1.2.1 Zone Aurifère Sud

Cette zone représente l'extrême Sud du gisement. Longue de près de 500 mètres, il s'agit d'un feuillet de 2 à 3 mètres d'épaisseur de direction Nord-ouest - Sud-est présentant un pendage constant d'environ 30 degrés vers le Nord-est.

Le minéral, d'une teneur moyenne de 4.69 g/t d'Au et 62.96 g/t d'Ag (Muscocho 1986), est associé à de la pyrrhotite et de la pyrite. Il est contenu dans deux types de roches différentes soit un gneiss à muscovite et un gneiss calcosilicaté (trémolite-diopside).

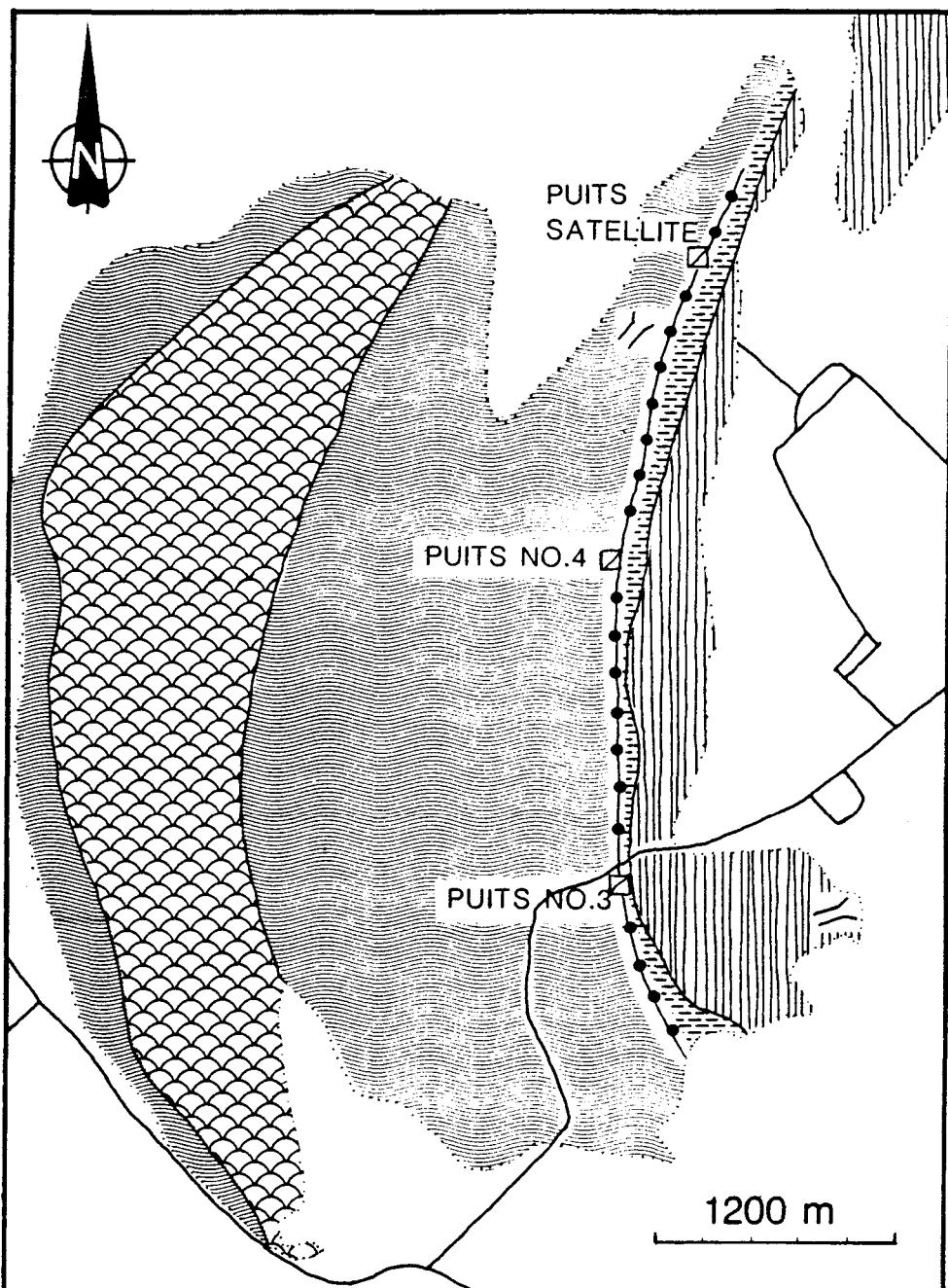
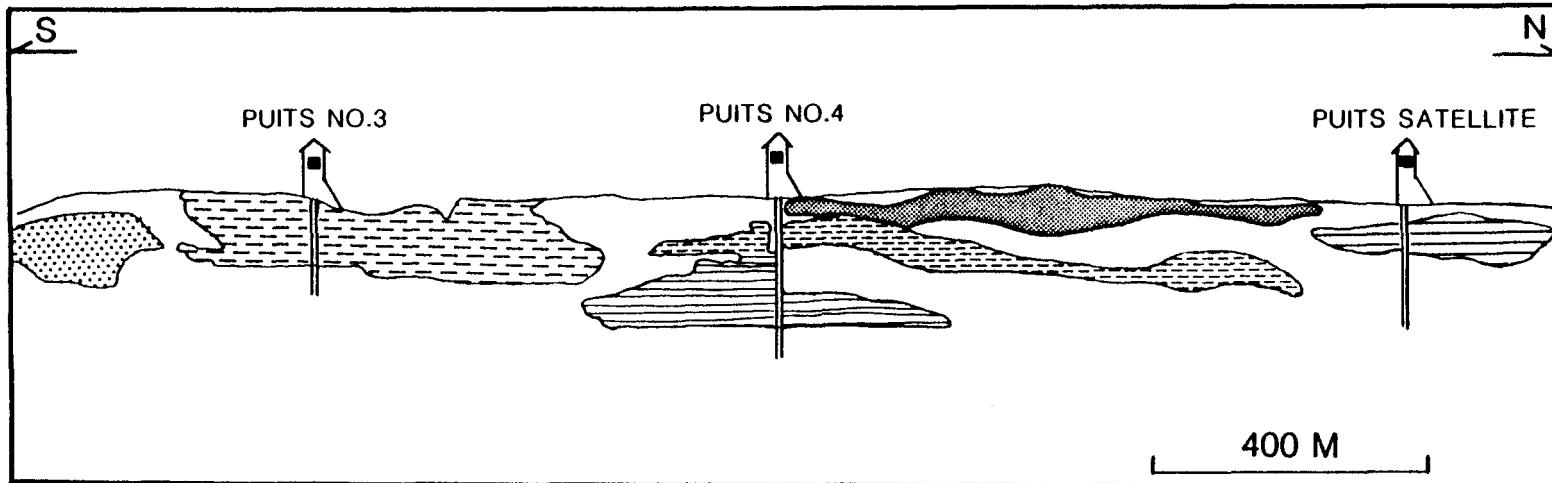


FIGURE 2 Géologie locale (modifié de Smith 1956)

- | | | | |
|--|---------|--|-----------------------|
| | Unité 5 | | Zone minéralisée |
| | Unité 4 | | Limite d'affleurement |
| | Unité 2 | | Route |
| | Unité 1 | | Portail |



ZONES AURIFERES

NORD

SUD

ZONES ZINCIFERES

A

C

TETREAULT

MONTAUBAN

FIGURE 3. Coupe longitudinale

1.2.2 Zone Tétrault

Cette zone exploitée entre 1913 et 1944 a produit 1 281 000 tonnes de minerai donnant 69 820 000 kilogrammes de zinc et 21 550 000 kilogrammes de plomb (Cornwall 1954).

Développée à partir du puits no. 3, cette zone aussi appelée "vieille mine" contenait par ordre décroissant d'abondance les sulfures suivants: sphalérite, galène, pyrrhotite, chalcopyrite, pyrite (Cornwall 1954). La minéralisation est associée de très près au gneiss calcosilicaté soit l'assemblage trémolite-diopside (Cornwall 1954), mais peut aussi être remobilisée dans des joints ou fentes de traction (Cornwall 1954, Smith 1956, Osborne et O'Neill 1939).

En regardant vers le Nord, le minerai et les roches encaissantes épousent la forme de plis en "Z". Ces plis ont une faible plongé vers le Nord dans la plus grande partie des développements (Smith 1956).

1.2.3 Zone "C"

Cette zone repose sur la limite entre les propriétés Anacon et United Montauban. Les réserves exploitées par la "Anacon Lead Mines" étaient estimées à 309 173 tonnes titrant 3.74% zinc, 1.27% plomb, 41.82 g/t d'argent et 0.58 g/t en or (Cornwall 1954). Du côté de United Montauban, les réserves n'ont jamais été exploitées et sont estimées à 236 000 tonnes.

contenant 4.14% zinc, 1.24% plomb, 36 g/t d'argent et 0.51 g/t d'or.

Le mineraï apparaît sous forme de sulfures massifs dans une zone de roche à trémolite, cordiérite et anthophyllite. Encore une fois, en regardant vers le Nord, le mineraï épouse la forme de plis en "Z" (Cornwall 1954).

1.2.4 Zone "A"

Exploitée à partir du puits no. 4, cette zone située sur la propriété Anacon contenait 357 089 tonnes de mineraï montrant une teneur de 3.66% zinc, 1.03% plomb, 72.67 g/t d'argent et 0.24 g/t d'or (Cornwall 1954).

Il s'agit d'une bande de sulfures massifs associés à un gneiss calcosilicaté (diopside-trémolite). Cette bande de direction Nord-Sud montre un faible pendage vers l'Est et n'est pas aussi plissée que les zones "C" et Tétrault.

1.2.5 Zone Montauban

Cette zone, exploitée à partir du puits "Satellite", contenait des réserves de 582 363 tonnes de mineraï titrant 2.91% zinc, 0.89% plomb (Cornwall 1954). La roche hôte est constituée soit de l'assemblage cordiérite-anthophyllite soit de l'assemblage trémolite-diopside. Les sulfures y sont moins massifs présentant un aspect rubané.

1.2.6 Zone Aurifère Nord

Située sur la limite entre les propriétés Anacon et United Montauban, cette zone contient 923 000 tonnes métriques de mineraï à une teneur de 3.8 g/t Au, 13 g/t Ag, 0.3% Zn, 0.2% Pb et 0.3% Cu (Muscocho 1982).

Bernier (1985) présente une étude détaillée de la pétrographie, de la minéralogie et du métamorphisme de cette zone. Il note un enrichissement en magnésium des grenats et de la staurotide zincifère d'Est en Ouest à travers la zone ainsi qu'un enrichissement en zinc de la gahnite et de la staurotide zincifère dans la même direction.

1.2.7 Origine du gisement

Une synthèse de la littérature publiée sur le gisement de Montauban permet de faire ressortir les deux caractéristiques suivantes: a) la présence de deux types de roches hôtes soit les roches calcosilicatées et les roches à cordiérite-anthophyllite. b) La présence de plissements complexes résultants d'une intense déformation.

Les différentes hypothèses émises sur la nature des deux types de roches hôtes ont mené à différentes origines pour le gisement. Ainsi Wilson (1939), O'Neill et Osborne (1939), Cornwall (1954) et Smith (1956) émettent l'hypothèse qu'il s'agit d'un gisement de type "skarn" les roches calcosilicatées et les roches à cordiérite-anthophyllite étant le produit d'un

TABLEAU II
Répartition des lithologies hôtes
dans les diverses zones du gisement

Métaux Exploités Lithologies	Zinc et Plumb	Or et Argent
Roche à Cordiérite- Anthophyllite	Zone "C" Zone Montauban	Zone aurifère Nord
Roche à Diopside- Trémolite	Zone Tétrault Zone "A" Zone "C" Zone Montauban	Zone aurifère Sud
Gneiss à quartz- biotite-grenat		Zone aurifère Nord
Gneiss à quartz- séricite-biotite		Zone aurifère Sud

métasomatisme magnésien pendant lequel les sulfures ont remplacé les carbonates.

Stamatelopoulou-Seymour (1975) propose que ce soit un gisement volcanogène exhalatif typique. La zone de roches calcosilicatées représentant une exhalite proximale exogène et la zone de roches à cordiérite-anthophyllite représentant la "cheminée" altérée rendue presque parallèle au gisement par les intenses déformations.

Prabhu (1981), pour sa part, lui attribue une origine syngénétique, il s'agirait d'un gisement stratiforme dans un environnement typiquement sédimentaire. Les roches calcosilicatées et les roches à cordiérite-anthophyllite étant respectivement le produit du métamorphisme d'un calcaire et d'un sédiment magnésien.

Morin (1984) et Bernier (1985) le disent respectivement de type "sediment hosted" d'après Large (1980) et "sédimentaire exhalatif" d'après Pouit (1984). Les deux types de gisement sont reliés à des activités hydrothermales à l'interface "sédiments- eau de mer" accompagnant l'ouverture d'un rift. Les solutions minéralisantes sont responsables de l'altération magnésienne et de l'augmentation de la température de l'eau de mer permettant le dépôt des carbonates.

CHAPITRE II

GEOLOGIE DE LA ZONE AURIFERE NORD

2.1 LITHOLOGIES

2.1.1 Gneiss mixte gris

Cette lithologie a été définie par Smith (1956) dans diverses parties de la région. Il la décrit comme une alternance de bandes de couleur pâle et de couleur foncée, les contacts entre ces bandes sont graduels sur 0.5 centimètre. Il lui attribue le qualificatif de lit-par-lit et une origine métasomatique.

La description pétrographique de ces bandes permet de bien caractériser cette lithologie. Les bandes de teinte verdâtre pâle sont tachetées par des cristaux d'amphiboles. De granulométrie moyenne (0.5 mm) leur épaisseur varie d'une fraction de centimètre à plus de 30 centimètres (planche 1). Elles sont composées d'oligoclase, de hornblende verte, d'épidote et de quartz. Les minéraux accessoires sont l'apatite, le sphène et des carbonates. Les grandes (0.8 mm) plages de hornblende verte sont également distribuées à l'intérieur de ces bandes. Elles marquent une légère foliation et certaines semblent avoir été altérées en epidote.

Les bandes foncées présentent une granulométrie plus fine (0.3 mm) et montrent une foliation bien développée généralement parallèle aux contacts entre les bandes. Composées de quartz, de biotite, de hornblende verte, d'andésine, de microcline et d'épidote accompagnés de carbonates, de sphène, d'apatite, de zircon et de pyrrhotite, elles montrent une texture lépidoblastique. La foliation est marquée par la biotite et la hornblende verte.

2.1.2 Gneiss à quartz-biotite faiblement rubané

Cette lithologie se présente comme une roche gris foncé finement grenue (0.2 mm) très bien foliée. Elle contient moins de 15% de bandes felsiques concordantes de 2 à 10 centimètres d'épaisseur.

La roche est composée de quartz (20-30%), de plagioclase (20-30%), de biotite (15-25%), d'opales généralement pyrrhotite et pyrite (0-15%) et de grenat (0-5%). Les minéraux accessoires sont la microcline, le sphène, le zircon et des carbonates. La biotite marque une forte foliation donnant une texture lépidoblastique.

Les bandes felsiques sont plus grossièrement grenues (0.5 mm). Elles sont composées de quartz (25-40%), de plagioclase (20-40%), d'épidote (10-20%), de biotite (5-20%), de grenat (5-15%) et de 5 à 10% de pyrrhotite et pyrite. Les minéraux accessoires sont les mêmes que dans la partie foncée. L'assemblage montre une texture granoblastique.

2.1.3 Gneiss à quartz-biotite hétérogène

Cette lithologie se présente sous différents aspects passant d'un gneiss peu folié à un gneiss bien rubané jusqu'à un gneiss très riche en biotite presque schisteux.

Ces variations d'apparence sont reliées à des différences de composition ainsi, en lame mince, on observe l'assemblage suivant: quartz (10-40%), biotite (20-50%), cordiérite (0-30%), muscovite (0-25%) et andésine (0-20%). Les minéraux accessoires sont le grenat, le sphène, l'apatite, le zircon, la chlorite, la staurotide et les sulfures principalement la pyrrhotite.

Les cristaux de quartz présentent une extinction roulante. Les plagioclases sont peu macrés et légèrement séricités. La cordiérite se présente en plages irrégulières fortement craquelées et plus ou moins altérées en pinnite. Une génération de biotite marque une foliation souvent plissotée, une deuxième génération apparaît en position de trace axiale par rapport aux plissotements de la foliation (planche 2). La muscovite est associée aux deux générations de biotite et se retrouve accolée parallèlement aux cristaux de biotite. Les zircons sont à l'origine des halos pléochroïques bruns dans la biotite (planche 4) et jaunes dans la cordiérite.

Les grenats se présentent en porphyroblastes idiomorphes et poeciloblastiques, les inclusions ne sont pas orientées et sont composées le plus souvent de quartz et quelques fois de biotite et de sulfures.

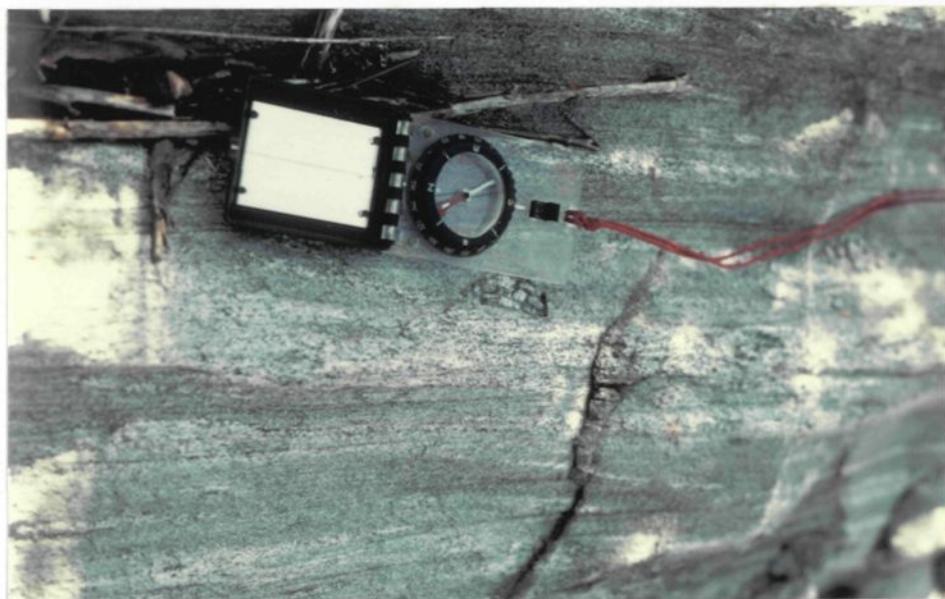
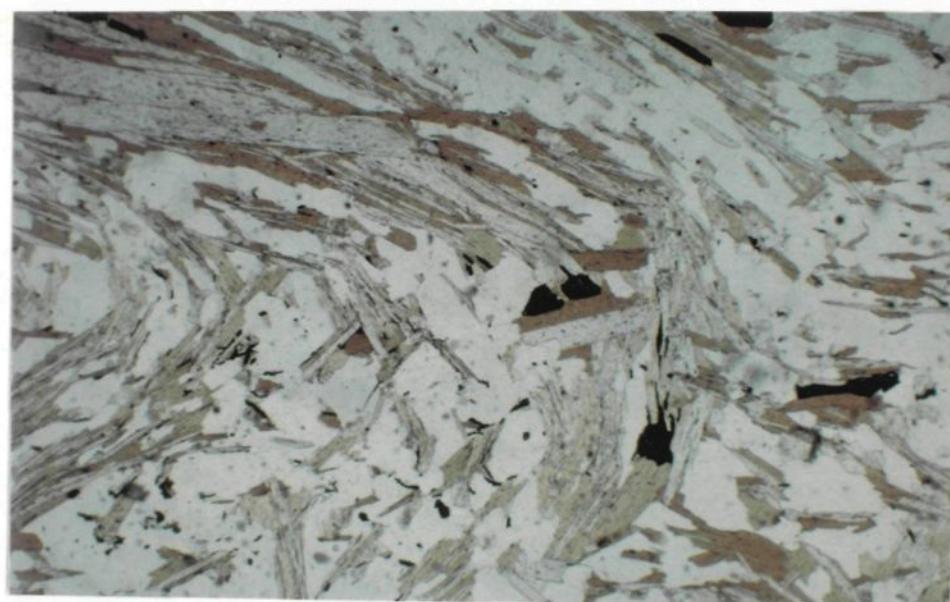


Planche 1: Gneiss mixte gris montrant un rubanement centimétrique.



0.4 mm

Planche 2: Deuxième génération de biotite en position de trace axiale par rapport au plissement affectant la première génération.
(Lumière Naturelle)

La staurotide se présente sous deux formes soit en cristaux xénomorphes plus ou moins altérés en chlorite et muscovite, soit entourée d'une couronne de plagioclases elle-même entourée d'une couronne de cordiérite où s'observent des simplectites de gahnite comme le décrit Bernier (1985).

La chlorite se retrouve sous plusieurs formes soit associée aux cristaux de staurotide comme décrit plus haut soit comme produit d'altération de la biotite, soit en amas radiaux en bordure de zones de cisaillement.

2.1.4 Gneiss à quartz-biotite-sillimanite

Cette lithologie est constituée de deux fractions granulométriques distinctes: la première est composée d'aggrégats blancs de quartz et de sillimanite de forme allongée pouvant atteindre jusqu'à cinq centimètres de longueur (planche 3). En surface altérée, ils apparaissent en relief positif à cause de leur grande dureté. En surface fraîche, ils sont généralement bien définis, mais peuvent présenter un habitus plus flou. Ils reposent parallèlement à la foliation, mais ne forment pas une linéation, ainsi sur une face d'observation on notera des formes allongées dans la trace du plan de foliation et quelques formes circulaires contenues dans ce même plan.



Planche 3: Gneiss à quartz-biotite-sillimanite en surface altérée. Les agrégats de sillimanite apparaissent en relief positif.

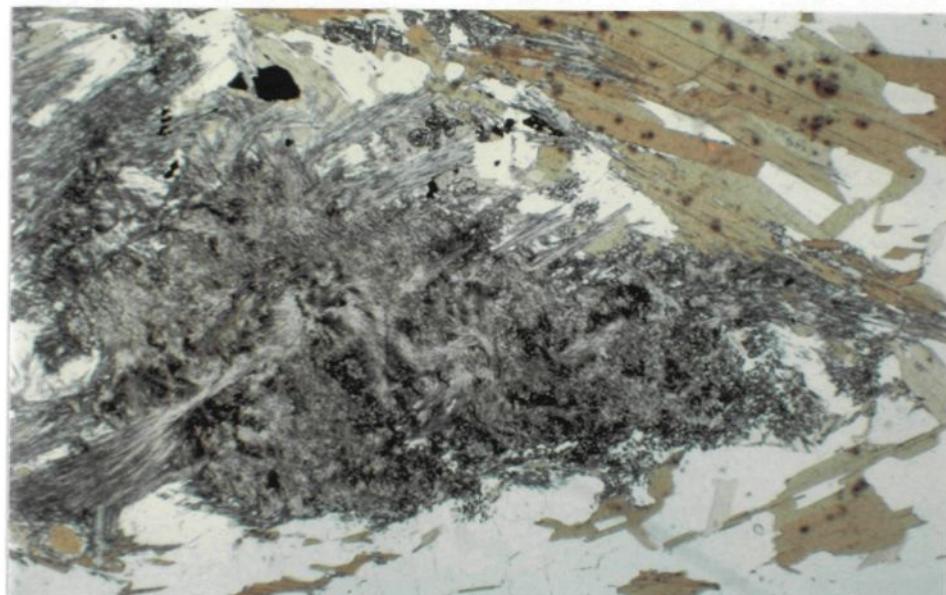


Planche 4: Tapis de fibrolite sans orientation préférentielle. Notez les halos pléochroïques dans la biotite dûs aux zircons.
(Lumière Naturelle)

Au microscope, ces agrégats se révèlent être des tapis de fibrolite (planche 4). Les bâtonnets ne montrent pas d'orientation préférentielle et comme le mentionne Bernier (1985), ils semblent croître à partir de la biotite et montrer des évidences de faibles rotations dues à un cisaillement dans le plan de foliation.

La seconde fraction granulométrique est composée de quartz (30-50%), biotite (20-30%), muscovite (10-15%), cordiérite (0-10%) et plagioclase (5-10%). Les minéraux accessoires sont la sillimanite en bâtonnets allongés dans la foliation, le zircon, le sphène, le grenat, l'apatite, la staurotide et les sulfures qui remplissent des fractures (planche 6) et moulent les grains de silicates. L'échantillon MN-32 contient de la kyanite en grains xénomorphes en contact avec de la sillimanite (planche 5).

Les différents minéraux exhibent les mêmes caractéristiques que dans la lithologie de gneiss à quartz-biotite hétérogène. L'assemblage présente une texture lépidoblastique, la foliation est marquée par la biotite et la muscovite ainsi que par un léger étirement des cristaux de quartz.

2.1.5 Gneiss à quartz-biotite-grenat

Cette lithologie de couleur brun rosâtre se présente sous un aspect très siliceux et montre une faible foliation marquée par la biotite et la muscovite.



Planche 5: Grain xénomorphe de kyanite dans le gneiss à quartz-biotite-sillimanite. Echantillon MN-32. (Lumière Naturelle)

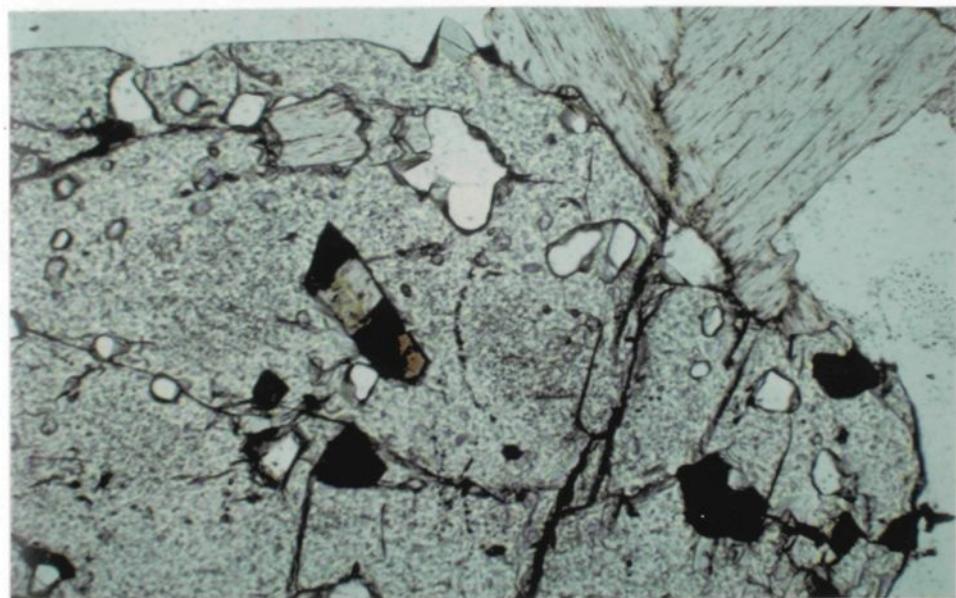


Planche 6: Sulfures remplissant des fractures dans le gneiss à quartz-biotite-sillimanite. (Lumière Naturelle)

Elle est composée de quartz (30-60%), de biotite (15-30%), de grenat (10-20%), de cordiérite (0-20%), de muscovite (0-10%) et de plagioclase (0-10%). La biotite montre un pléochroïsme dans les bruns pâles et Bernier (1985) démontre que ce mica est une phlogopite. Elle marque une foliation souvent plissotée en "kink". Le grenat apparaît en porphyroblastes idioblastiques de 0.5 mm de diamètre en moyenne également répartis dans l'échantillon, mais qui peuvent se concentrer en bandes parallèles à la foliation. Ils contiennent des inclusions généralement non orientées de quartz et quelques fois de biotite ou de sulfures (planches 7 et 8). Le quartz, la cordiérite, la muscovite et les plagioclases présentent le même habitus que dans la lithologie de gneiss à quartz-biotite hétérogène.

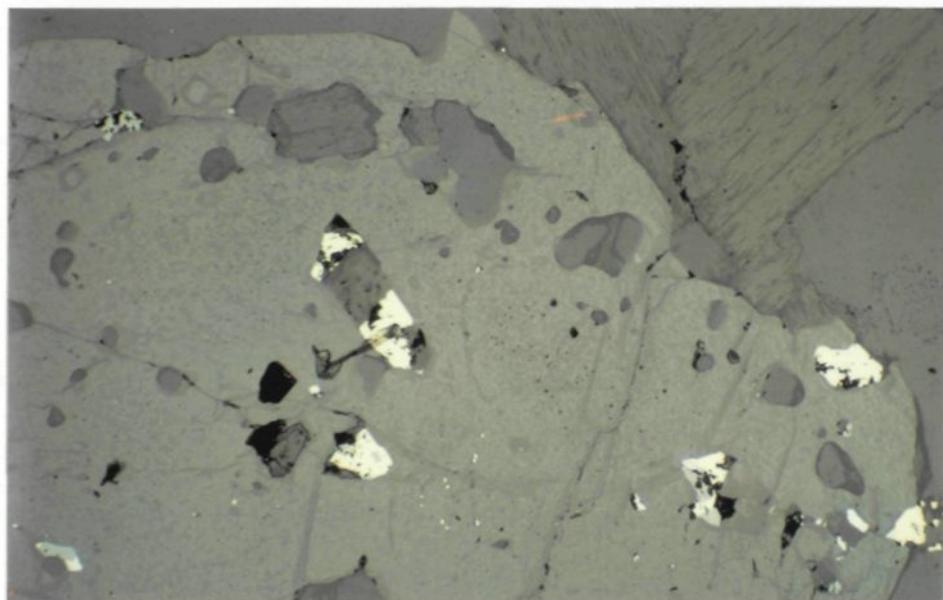
Les minéraux accessoires sont le zircon, l'apatite, la staurolite, le sphène et la chlorite. Ils se présentent eux aussi comme dans la lithologie de gneiss à quartz-biotite hétérogène. Plus rarement, on rencontre de la tourmaline en cristaux à section triangulaire de 1.5 mm de diamètre qui peuvent atteindre 3 à 4 centimètres de longueur.

On retrouve à l'intérieur de cette lithologie des bandes de moins de deux mètres de gneiss à quartz-biotite-sillimanite dont les contacts sont généralement parallèles à la foliation ainsi que des bandes de schiste à biotite de moins d'un mètre d'épaisseur et de faible extension latérale qui présentent souvent une fabrique complexe constituée de nombreux plis en "kink".



0.1 mm

Planche 7: Porphyroblaste de grenat montrant des inclusions de quartz, de biotite et de sulfures. (Lumière Naturelle)



0.1 mm

Planche 8: Idem planche 7 (Lumière Réfléchie)

2.1.6 Roche à anthophyllite-cordiérite

Le contact entre cette lithologie et le gneiss à quartz-biotite-grenat est graduel, ainsi on peut observer toute la suite des transitions entre un gneiss à quartz-biotite-grenat contenant moins de 20% d'anthophyllite et un schiste contenant plus de 80% d'anthophyllite. L'anthophyllite se présente en amas radiaux de cristaux aciculaires ne montrant pas d'orientation préférentielle (planche 9).

Au microscope, la cordiérite se présente en plages irrégulières montrant une altération plus ou moins prononcée en pinnite (planche 10). L'anthophyllite se présente en gerbes de cristaux aciculaires ou en sections prismatiques. Elle montre une altération en talc qui peut être très poussée par endroit donnant à la roche un aspect soyeux. On note la présence de gédrite en quelques endroits.

Cette lithologie présente beaucoup de lentilles de schiste à biotite semblables à celles décrites dans la lithologie précédante.

2.1.7 Gneiss à quartz-biotite-séricite

Cette lithologie est caractérisée par un bon rubanement décimétrique. Les bandes de couleur pâle montrent une faible foliation, de granulométrie moyenne (0.5 mm), elles sont composée de quartz (40-50%), d'oligoclase (10-20%), de microcline (10-15%), de biotite (10-15%) et de muscovite (0-5%). Les bandes de couleur foncée montrent la même

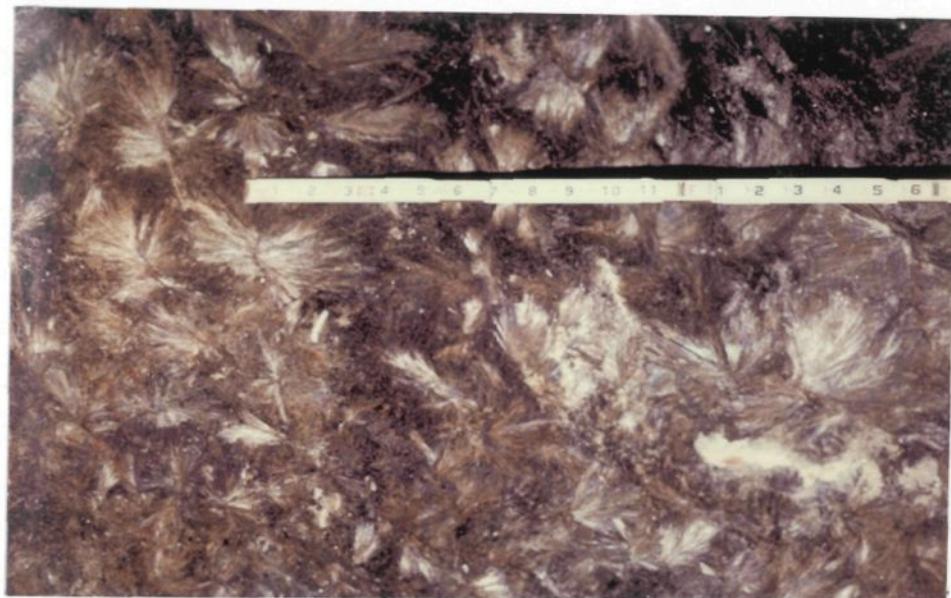


Planche 9: Amas radiaux de cristaux d'anthophyllite ne montrant pas d'orientation préférentielle.

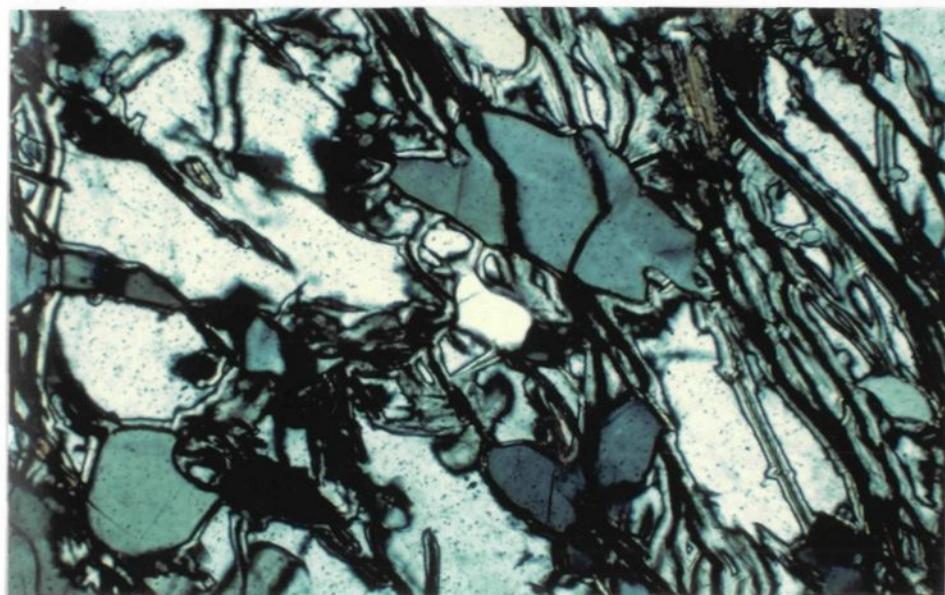


Planche 10: Pinnitisation de la cordiérite débutant en bordure des grains et des fractures. (Lumière Naturelle)

minéralogie, mais sont plus riches en biotite et plus finement grenues (0.3 mm). Elles montrent une bonne foliation généralement parallèle aux contacts entre les bandes.

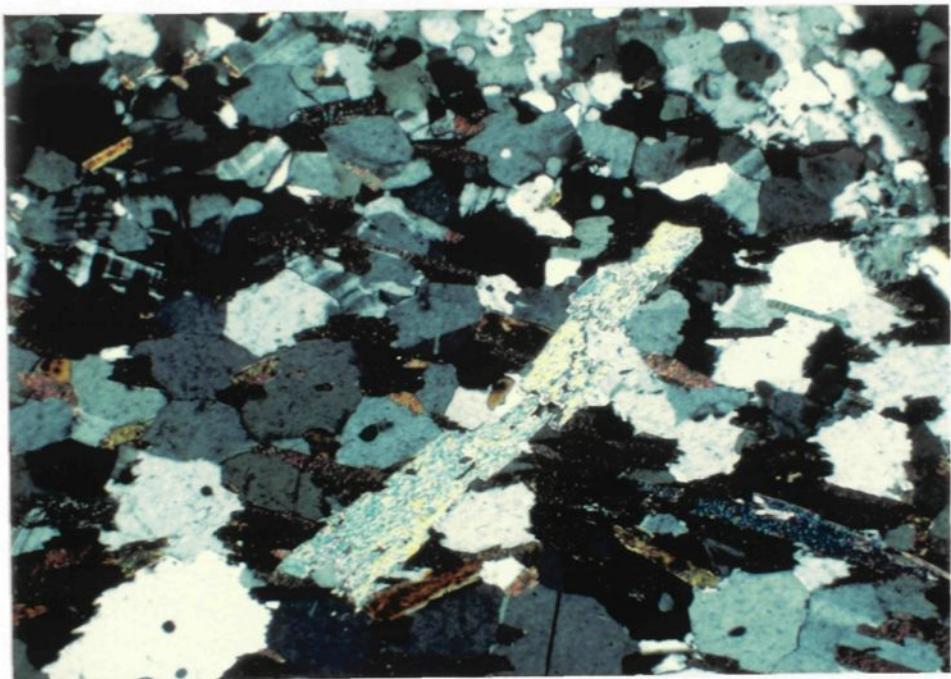
Certaines muscovites se présentent en grands porphyroblastes poeciloblastiques pouvant atteindre 2.5 mm de longueur (planche 11). Ils ne sont pas orientés dans la foliation et ne montrent pas d'orientation préférentielle. Ils sont caractéristiques dans les carottes de forages et sont facilement reconnaissables en affleurement.

2.1.8 Métabasaltes

Affleurant sur une crête élancée à un kilomètre à l'Ouest du gisement, cette lithologie fut décrite par Pyke (1966) comme une roche de couleur gris foncé, de finement à moyennement grenue, d'aspect variable de massif à bien foliée. Elle présente des structures primaires de laves coussinées.

2.1.9 Amphibolite

En affleurement, cette lithologie apparaît sous différents aspects. Elle peut présenter une texture poivre et sel non foliée, une foliation grossièrement parallèle aux contacts, des porphyroblastes de grenat pouvant atteindre un centimètre de diamètre près des contacts ou sur toute l'épaisseur de l'unité.



0.4 mm

Planche 11: Porphyroblaste poeciloblastique de muscovite non-orienté dans la foliation du gneiss à quartz-biotite-séricite.
(Lumière Polarisée)

Elle est composée de 30 à 50% de hornblende verte, 30 à 40% d'andésine, 10 à 15% de biotite, 5 à 15% d'opales, jusqu'à 20% de grenat et 5% de quartz. Les grenats, lorsque présents, sont poeciloblastiques et entourés d'une couronne de plagioclases. Les inclusions rectilignes de quartz ne semblent pas être alignées dans la direction de la foliation. L'ensemble montre une texture nématoblastique.

2.1.10 Pegmatite

Les pegmatites présentes dans les environs du gisement recoupent toutes les autres lithologies. Elles ne montrent pas de foliation et les contacts avec les différents encaissants sont généralement francs. Par endroits, ces contacts sont plissés et la pegmatite montre une foliation en plus de contenir des cristaux broyés de feldspaths. Ces structures s'estompent en s'éloignant du contact.

Leur granulométrie est variable de 1 mm à quelques centimètres. Elles sont composées de microcline (40-60%), de plagioclase (20-40%), de micas (muscovite et biotite) (0-15%), de quartz (0-10%) et de grenat (0-10%). Les minéraux accessoires sont la tourmaline, la magnétite, l'apatite, l'épidote, le zircon et des carbonates. Elles présentent une texture homogranulaire allotriomorphique.

2.2 UNITES STATIGRAPHIQUES

Les lithologies décrites plus haut ont été regroupées en cinq unités statigraphiques et deux unités intrusives (figure 4). L'unité 1 est composée du gneiss mixte gris. Son épaisseur n'a pu être déterminée puisqu'aucun des sondages effectués ne l'a complètement traversée, mais elle atteint plus de cent mètres. L'unité 2 est composée du gneiss à quartz-biotite faiblement rubanné. Son épaisseur maximum est de trente mètres.

Le contact entre l'unité 2 et l'unité 3 est souvent caché par la présence d'une amphibolite, mais l'épaisseur de l'unité 3 varie de quarante à cinquante mètres. Elle est composée de gneiss à quartz-biotite hétérogène passant graduellement au gneiss à quartz-biotite-grenat. Ce dernier contient deux bandes de gneiss à quartz-biotite-sillimanite. La bande Ouest possède une épaisseur de 10 à 15 mètres, elle est plus continue et plus épaisse que la bande Est.

La roche à cordiérite-anthophyllite se présente en lentilles de forme irrégulière et d'extension latérale très variable. Ces lentilles peuvent être observées à tous les niveaux de l'unité 3 et les contacts avec les autres lithologies sont graduels. La section 1005N (annexe B-3) montre que cette unité contient aussi la roche à diopside-trémolite.

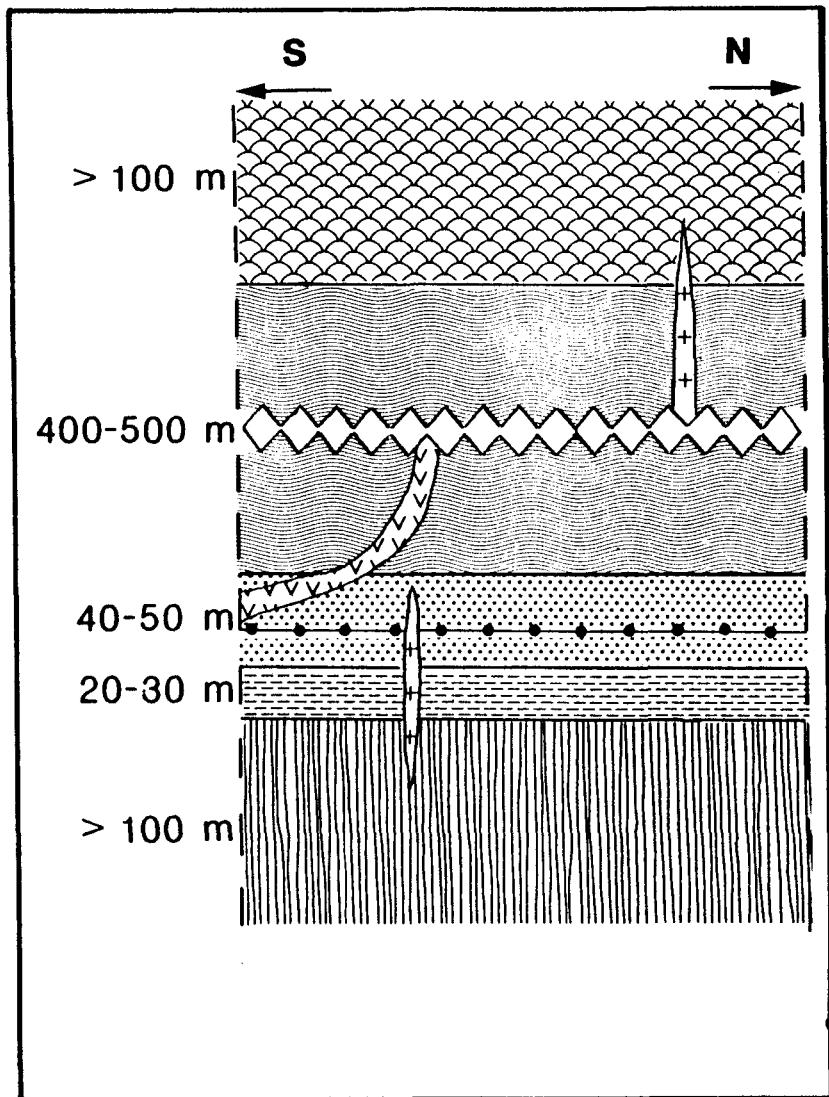


FIGURE 4. Coupe stratigraphique

L'unité 4 est composée du gneiss à quartz-biotite-séricite. Quelques forages ont permis de constater que cette unité se continue sur une épaisseur de plus de 400 mètres jusqu'à l'unité 5 constituée des métabasaltes dont l'épaisseur est d'au moins cent mètres.

Quelques amphibolites recoupent cette séquence stratigraphique. L'une d'elles est située très près de la Zone Aurifère Nord. D'une épaisseur moyenne de quinze mètres, elle a une direction N 020 et un pendage d'environ 45 degrés vers l'Est.

Les pegmatites recoupent toutes les autres lithologies. Elles sont généralement orientées Est-Ouest avec un pendage de 45 degrés vers le Sud (figure 5).

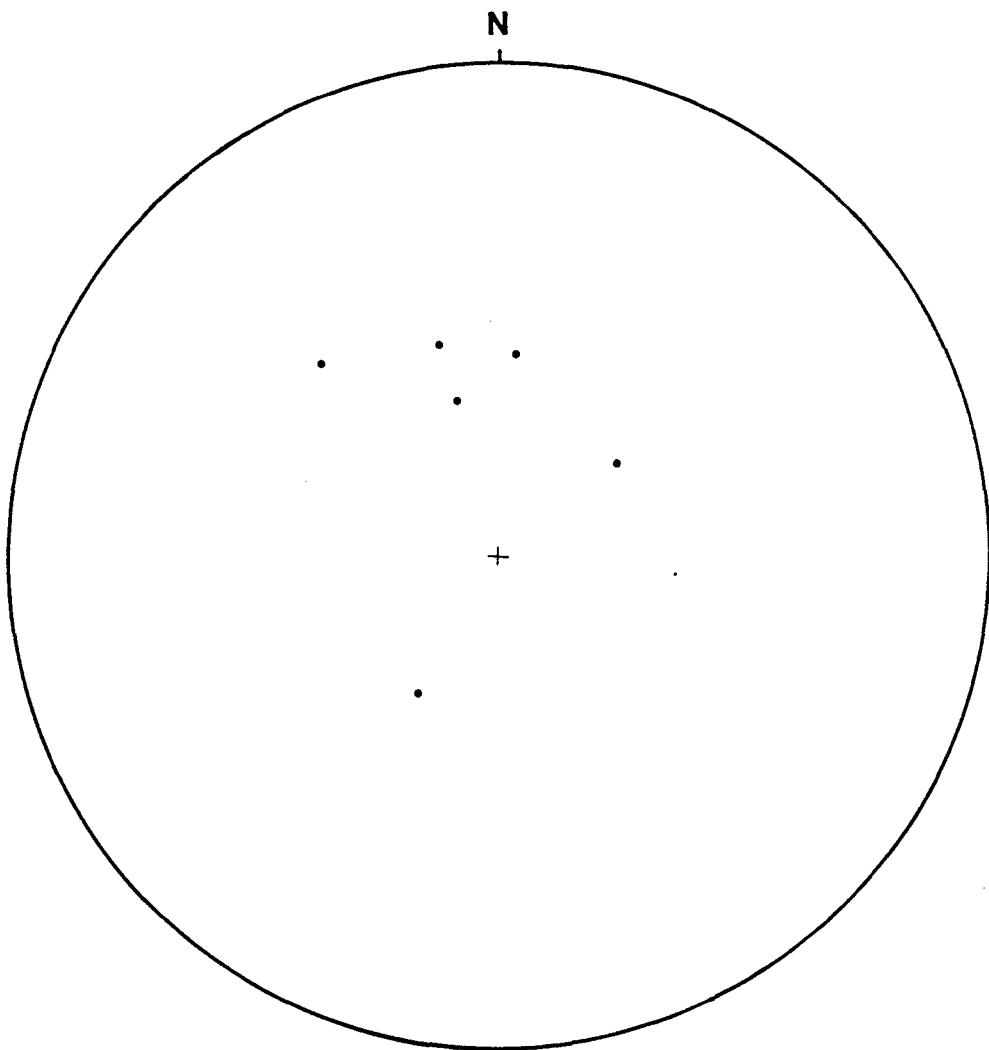


FIGURE 5 Orientation des pegmatites.

Projection stéréographique de Wulff dans l'hémisphère inférieure.

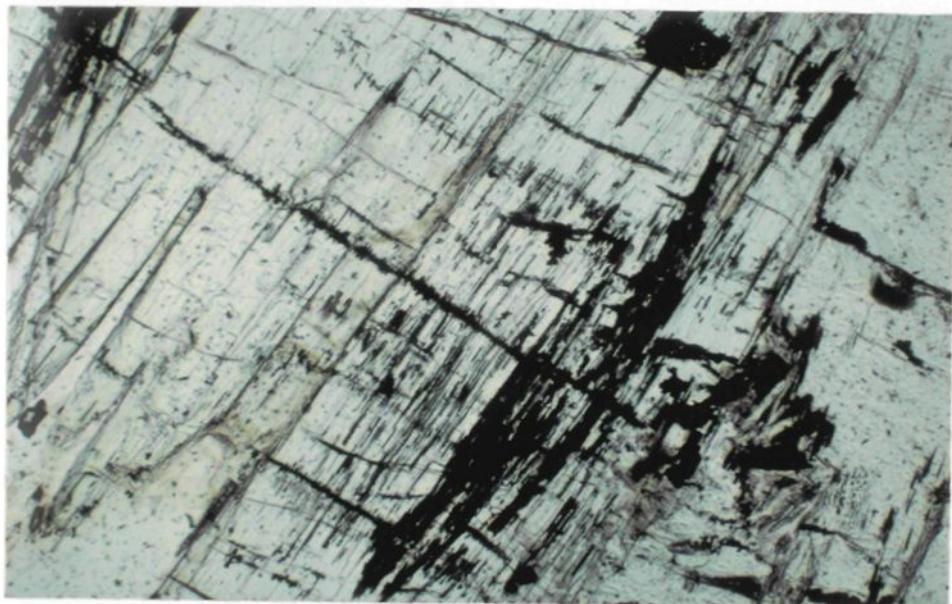
2.3 LA MINERALISATION

Le minéral se retrouve dans deux lithologies différentes soit le gneiss à quartz-biotite-grenat et la roche à anthophyllite-cordiérite. Il se présente sous forme de sulfures disséminés ou en bandes pouvant former jusqu'à 30 et même 50% de la roche par endroit. La minéralisation ne montre pas de différence qu'elle soit dans une ou l'autre des deux lithologies et elle est souvent accompagnée de gahnite.

Les principaux sulfures sont par ordre décroissant d'abondance la sphalérite, la pyrrhotite, la chalcopyrite, la galène et la pyrite. Le contenu aurifère est indépendant de la concentration des sulfures et n'est pas relié non plus à la concentration d'un sulfure en particulier. Ainsi des zones faiblement minéralisées peuvent montrer de forte teneur en or tandis que des zones bien minéralisées peuvent montrer de faible teneur en or.

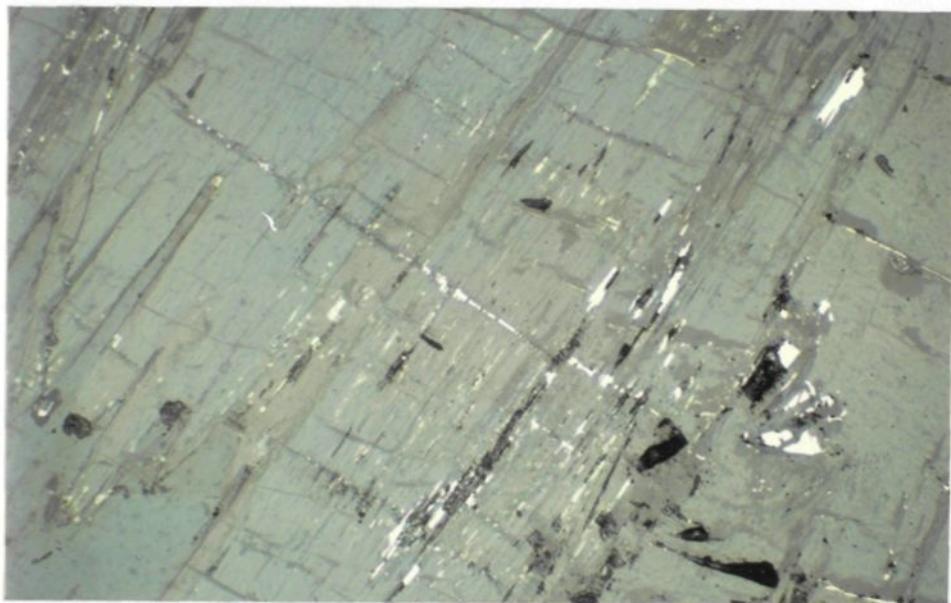
Au microscope, les sulfures montrent une texture généralement granoblastique et allotriomorphique, mais ils sont aussi présents dans des fractures, dans des clivages de certains minéraux tels la biotite et l'anthophyllite (planches 12 et 13) ou encore en inclusions dans les porphyroblastes de grenat (planche 8). Tous les sulfures peuvent être observés en contact entre eux et ils moulent les minéraux de gangue (planche 14).

L'or se retrouve sous forme d'or natif ou d'électrum (Bernier 1985) soit en grains isolés, soit associé aux fractures ou clivages de certains minéraux tels la galène et la biotite.



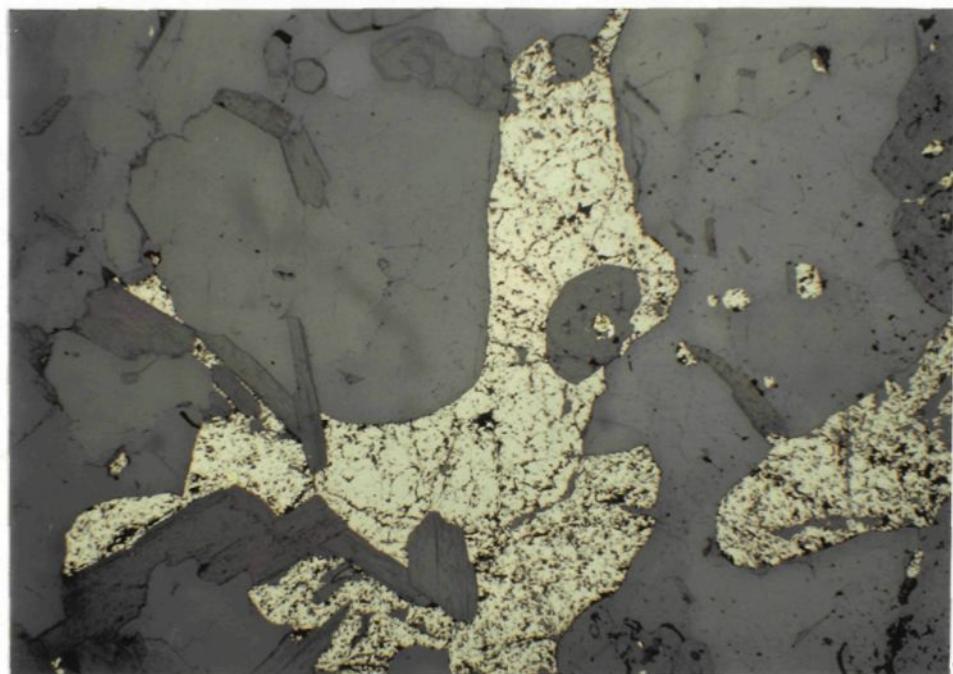
0.1 mm

Planche 12: Présence de sulfures dans les clivages et les fractures de cristaux d'anthophyllite. (Lumière Naturelle)



0.1 mm

Planche 13: Idem planche 12 en lumière réfléchie permettant de distinguer la chalcopyrite et la galène.



0.4 mm

Planche 14: Pyrrhotite moulant les minéraux de gangue. (Lumière Réfléchie)

2.4 GEOMETRIE DU GISEMENT

La Zone Aurifère Nord s'étend en direction presque Nord-Sud sur environ 750 mètres. Elle atteint une profondeur maximale de 70 mètres étant limitée dans sa partie inférieure par les zones zincifères (figure 3). D'une épaisseur moyenne de 2 à 3 mètres, elle peut atteindre jusqu'à 6 mètres. Du Sud vers le Nord, une ondulation d'une trentaine de mètres d'amplitude atteint son point haut en section 1270 N pour redescendre des deux cotés (figure 3).

Le minéral aurifère se retrouve entre les deux niveaux de gneiss à quartz-biotite-sillimanite (figure 6). Les chantiers ont une direction Nord-Sud avec un pendage moyen de 60 degrés vers l'Est. De bas en haut, des déplacements horizontaux de quelques mètres vers l'Est sont observés comme on peut le voir sur la section 1005 N élévation 275 m (annexe B-3), ainsi que des déplacements d'une dizaine de mètres vers l'Est (annexe B-4) et même des endroits où la zone minéralisée montre un pendage vers l'Ouest (annexe B-2). Ces déviations se répètent de section en section et ce approximativement au même niveau.

Observée dans la plupart des chantiers, la transition entre les deux types de lithologies hôtes de la minéralisation se produit toujours dans le même sens, c'est-à-dire que la roche à anthophyllite-cordiérite située à la base du chantier passe graduellement au gneiss à quartz-biotite-grenat vers la surface.

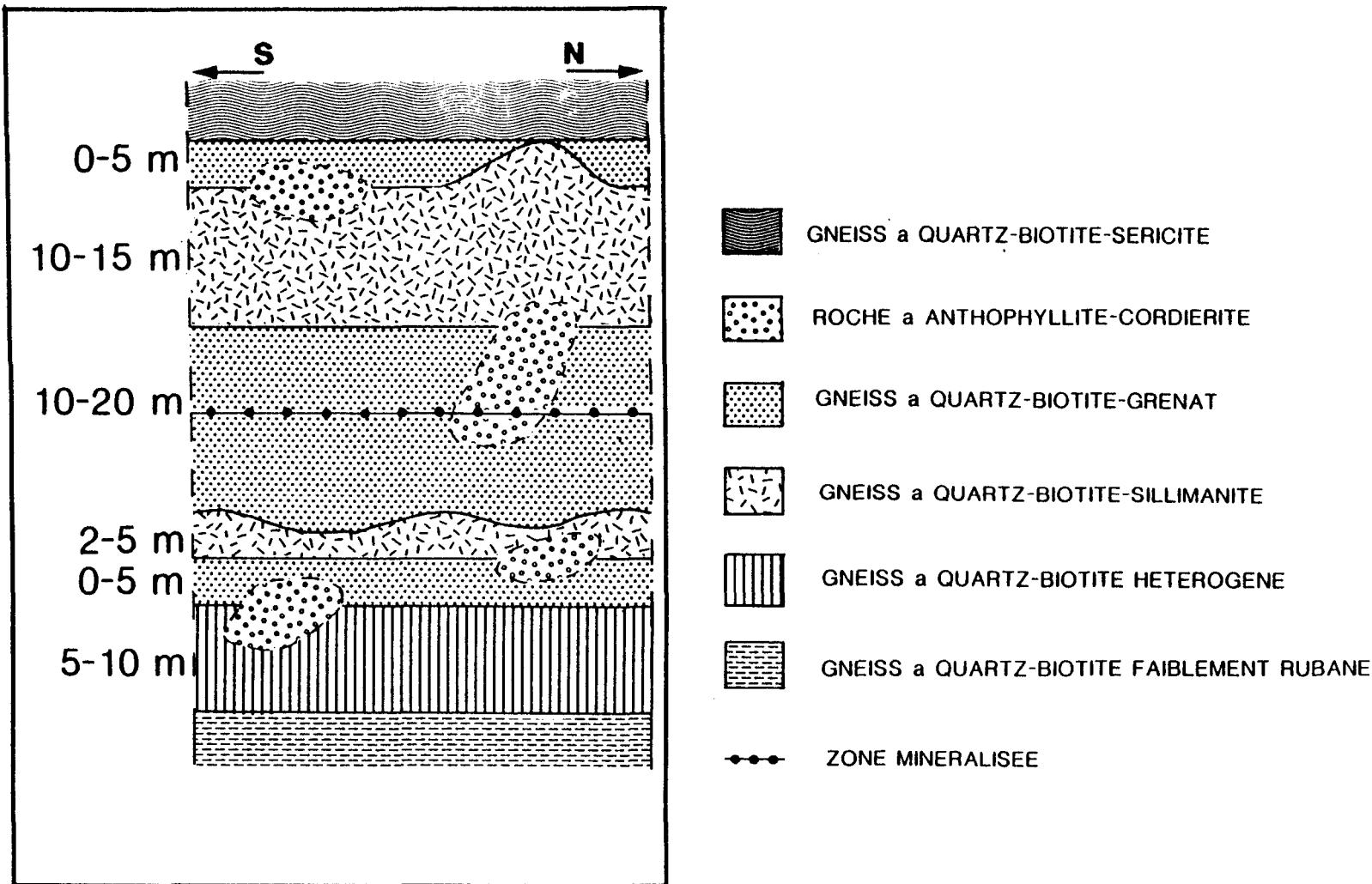


FIGURE 6. Coupe stratigraphique
(Détail de l'unité 3)

Du minerai aurifère est aussi présent dans les lentilles de roche à anthophyllite-cordiérite à l'extérieur du sandwich formé par les bandes de gneiss à quartz-biotite-sillimanite, mais avec des teneurs trop erratiques et des tonnages trop faibles pour être exploité.

Le minerai zincifère de la zone "C" est contenu dans une roche à trémolite-diopside entouré de roche à anthophyllite-cordiérite et ce, au même niveau stratigraphique que la zone aurifère comme nous le montre la section 1005 N (annexe B-3).

CHAPITRE III

ANALYSE STRUCTURALE

3.1 TEXTURES DE DEFORMATION

La majorité des minéraux observés montrent peu de signes de déformation. Le quartz montre une légère extinction roulante, les mâcles des plagioclases sont droites, les cristaux d'anthophyllite sont rarement tordus et ne sont pas orientés dans la foliation, les cristaux de fibrolite ne sont pas orientés et les agrégats ne montrent que de légères rotations. Les grenats montrent des inclusions non-orientées. Le fait que la foliation ne soit pas bien développée dans le gneiss à quartz-biotite-grenat empêche d'observer des relations de rotation de cette dernière autour des porphyroblastes de grenat. Seule la biotite présente quelques grains plissés. La plupart des sulfures semblent être recristallisés et montrent peu de textures de déformation.

3.2 ELEMENTS STRUCTURAUX

Les gneiss présents dans les environs du gisement montrent généralement une bonne foliation. Cette foliation, peu visible dans les chantiers dû à la nature des roches hôtes, est parallèle aux contacts entre les différentes lithologies. La projection stéréographique des mesures prises sur

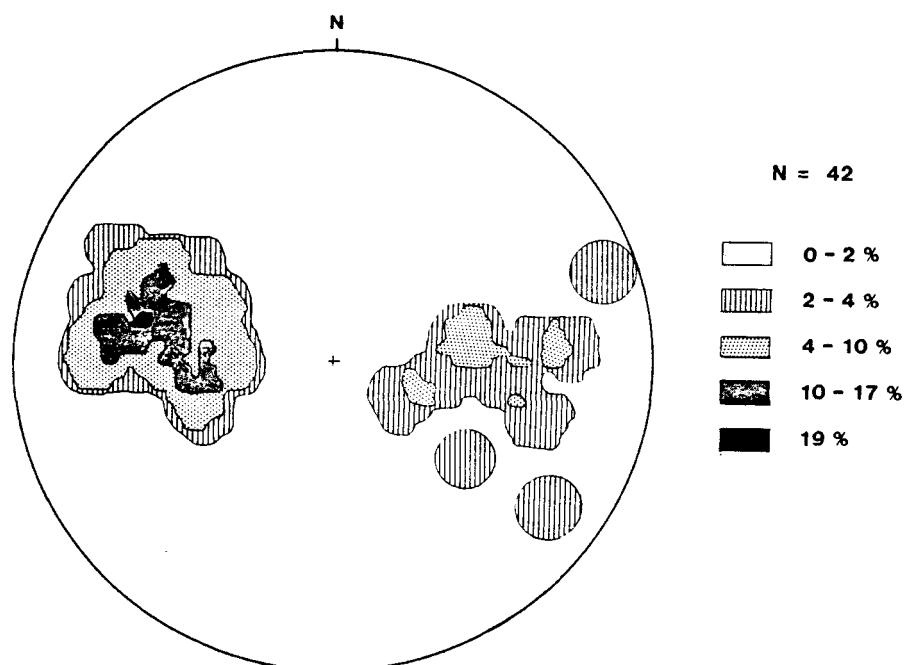


FIGURE 7 a) Orientation des litages
Projection stéréographique de Schmidt.

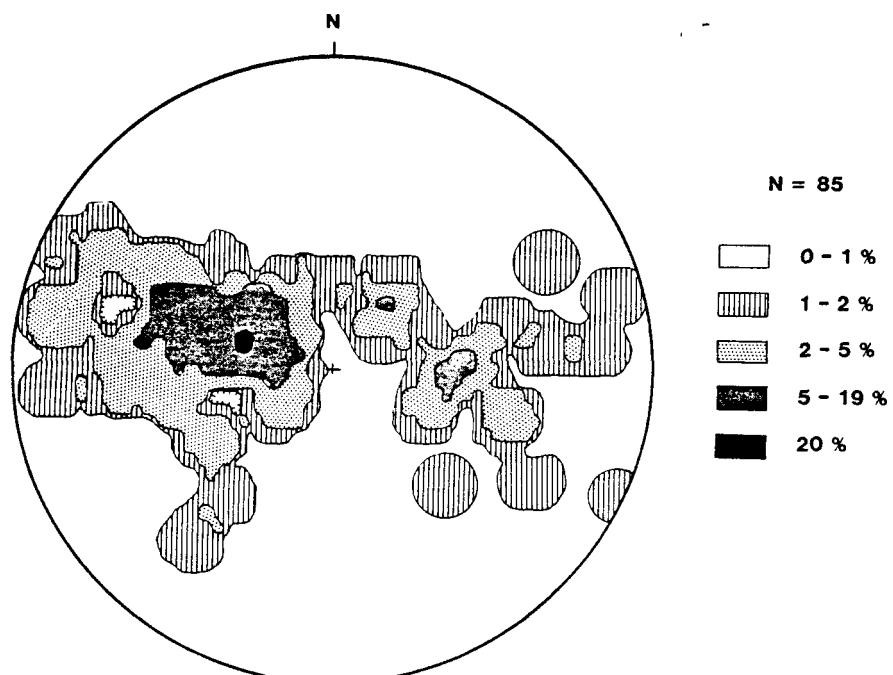


Figure 7 b) Orientation des foliations.
Projection stéréographique de Schmidt.

ces contacts (figure 7-a) montre deux unipôles représentant des plans moyens de pendage intermédiaire en sens opposé et de direction NNE-SSE.

L'intersection de ces deux plans se situe à 188 degrés de direction et 1 degré de plongée avec un écart-type de onze degrés. Le plan à pendage vers l'ESE comporte environ le triple d'observations de l'autre.

La projection des pôles de foliation montre une dispersion en forme d'une large bande autour d'un axe de dispersion orienté approximativement à 190/10 (figure 7-b). Un petit cercle ayant son centre en 005/12 et un angle d'ouverture de 75 degrés permet peut-être de mieux décrire la forme de la bande. La bande contient une concentration à pendage intermédiaire vers l'ESE. Par endroit, la foliation est affectée par des plis présentant une faible plongée soit vers le Sud soit vers le Nord comme le montre la figure 7. C'est pourquoi les formes de pli seront toujours définies en regardant vers le Nord et non dans le sens de la plongée locale.

La projection stéréographique de ces linéations d'axe de plis (figure 8) laisse apparaître une dispersion allongée autour d'une concentration principale d'orientation 024/00. Cette dispersion peut être approximée par un grand cercle de direction 023 à pendage de 22 degrés vers le Sud-Est.

En plus, de nombreux joints de direction Est-Ouest à pendage sub-vertical sont présents dans tout le gisement (figure 9). La surface de ces joints est plaquée par de la calcite, de l'épidote et des plagioclases. Ils sont discontinus, d'une longueur de un à quelques mètres. Ils forment des zones en échelon séparées de quelques décimètres. Ces zones sont espacées de

quelques mètres. Ces joints affectent toutes les différentes lithologies même les pegmatites. Smith (1956) indique que ces fractures ont remobilisé la minéralisation zincifère par endroit dans la zone "Anacon".

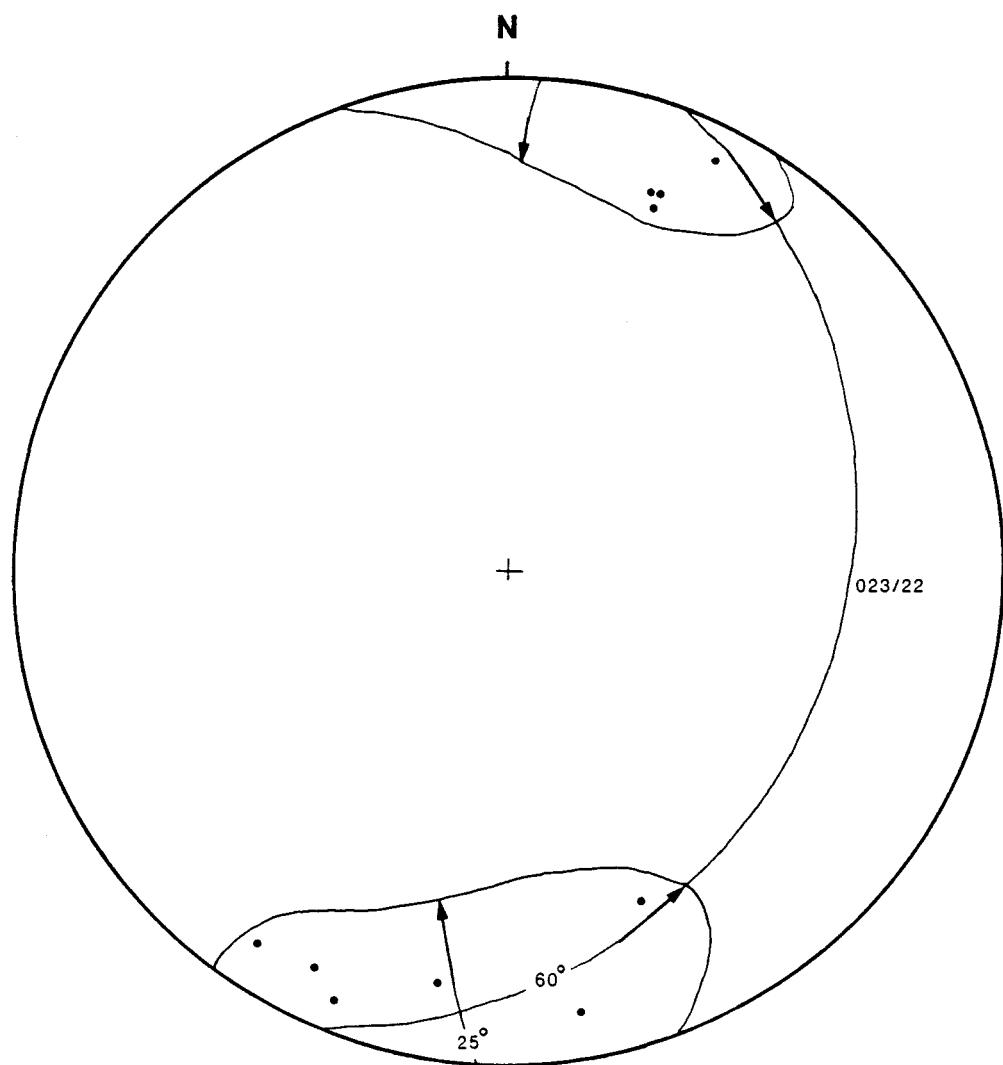


FIGURE 8. Orientation des linéations

Projection stéréographique de Wulff dans l'hémisphère inférieure.

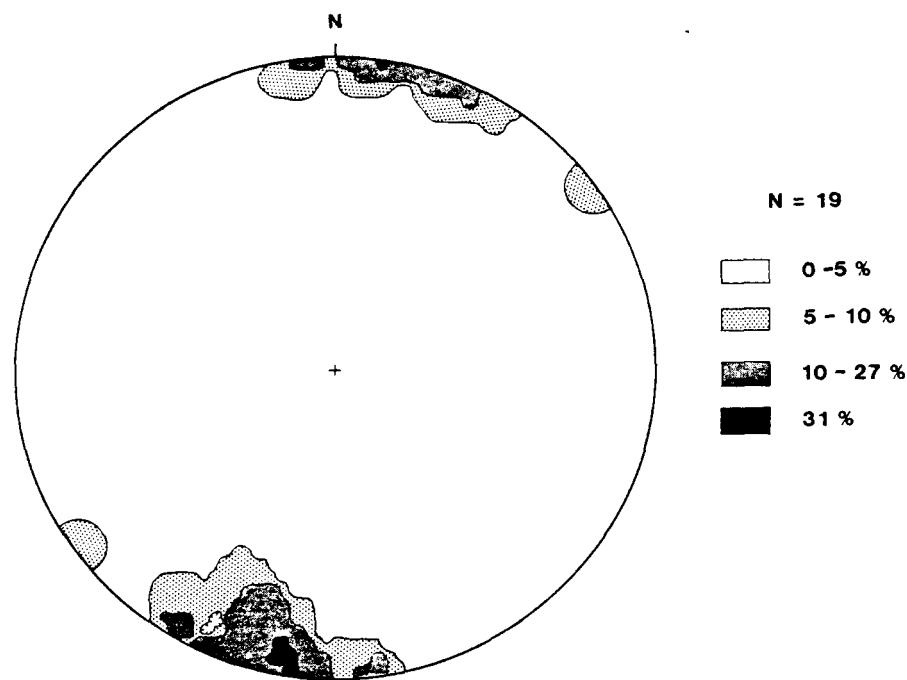


FIGURE 9. Orientation des fractures.
Projection stéréographique de Schmidt.

3.3 STYLE DE PLISSEMENT

La figure 10-a montre le schéma d'un pli d'entrainement en forme de "Z" déversé vers l'Ouest présentant des flancs allongés et une charnière pincée. La projection stéréographique qui lui est associée est aussi illustrée (figure 10-b). On remarque que seule la mesure "e" prise sur le flanc court présente un pendage vers l'Ouest et que les mesures "b", "c" et "f" prises sur les flancs longs montrent une attitude semblable à la majorité des mesures de foliation représentées sur la projection stéréographique de la figure 7-b. Tous les plis d'entrainement observés dans le gisement présentent cette forme en "Z" lorsque l'on regarde vers le Nord. La planche 2 montre une génération de biotite et muscovite en position de trace axiale de ces plis, mais cette schistosité ne se manifeste pas mésoscopiquement.

3.4 INTERPRETATION STRUCTURALE

La figure 10-c et la planche 15 montrent d'autres plis d'entrainement définissant une surface enveloppe pentée à 60 degrés vers l'Est. Si de tels plis sont présents dans la zone minéralisée, mais qu'ils ne sont pas reconnus dû au manque de marqueur adéquat, il s'en suit que les chantiers suivent la surface enveloppe de tels plis ce qui explique pourquoi le pendage des chantiers est plus abrupt que celui de la foliation en général (figure 10-d).

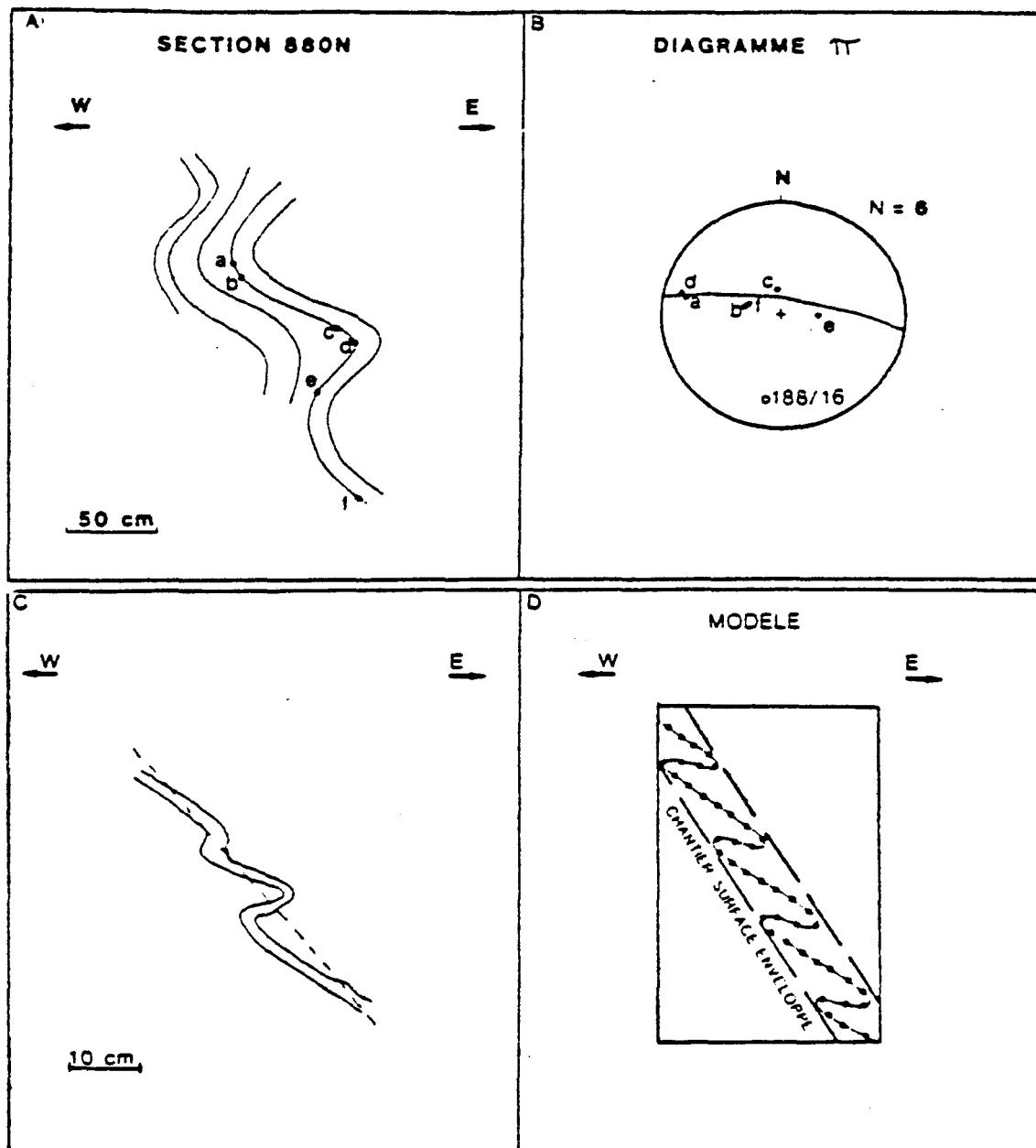


FIGURE 10. Schéma de plis d'entrainement.

- Vue Est-Ouest d'un pli d'entrainement accompagné de
- sa projection stéréographique de Wulff dans l'hémisphère inférieure.
- Vue Est-Ouest d'un pli d'entrainement montrant une surface enveloppe pentée à environ 60 degrés.
- Modèle expliquant la forme des chantiers.



Planche 15: Plis d'entrainements définissant une surface enveloppe pentée à environ 60 degrés vers l'Est. (Vue vers le Nord)

Des plis d'entrainement d'une amplitude de quelques mètres expliquent les petits déplacements vers l'Est que l'on peut observer sur la section 1005 N à l'élévation 275 m (annexe B-3), sur la section 945 N à l'élévation 270 m (annexe B-2) et sur la section 830 N à l'élévation 260 m (annexe B-1) révélant une charnière de pli à faible plongée vers le Sud.

Le grand déplacement d'une dizaine de mètres vers l'Est observé sur la section 1095 N (annexe B-4) nous a permis de constater que la foliation des gneiss tourne autour de la charnière de ce grand pli d'entrainement et ne passe pas au travers. De plus, le même style de plissement en "Z" contrôle la minéralisation zincifère dans la zone "Anacon" comme le montre la figure 12.

La plupart des foliations à pendage vers l'Ouest appartiennent au domaine structural limité par les sections 770 N et 900 N (figure 11) qui correspond au seul développement cartographié passant à travers une charnière de pli (chantier "250-3" entre les sections 770 N et 885 N).

Ce modèle s'applique très bien aux sections présentées par Bernier (1985), ainsi les figures 13 et 14 montrent les résultats des analyses pour l'or sur les sections 885 N et 1095 N, le modèle de plissement que nous proposons y est superposé expliquant l'épaissement de la zone minéralisée en section 885 N à l'élévation 270 m ainsi que son pendage vers l'Ouest près de la surface. Il explique aussi l'épaissement de la zone minéralisée en section 1095 N à l'élévation 290 m puisqu'à cet endroit l'épaisseur de la zone minéralisée est triplée par l'effet du plissement.

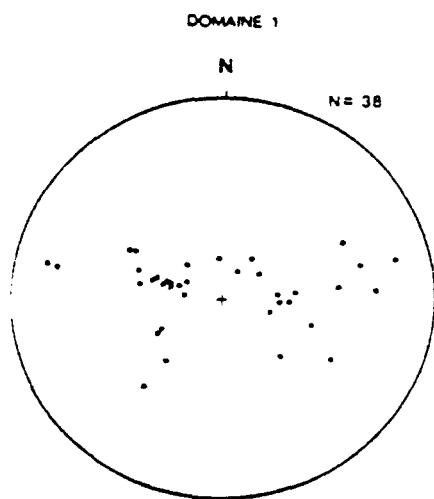


FIGURE 11 a) Orientation des foliations dans le domaine 1.

Projection stéréographique de Wulff dans l'hémisphère inférieure. Le domaine 1 s'étend entre les sections 770N et 900N.

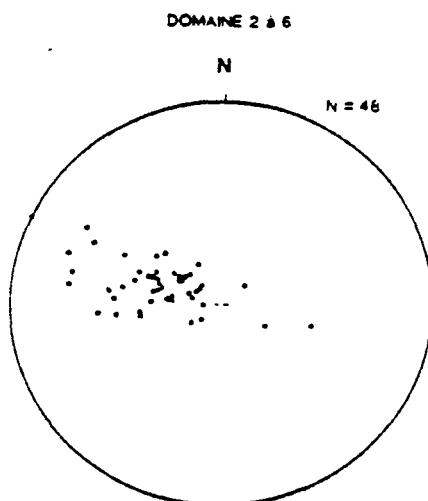
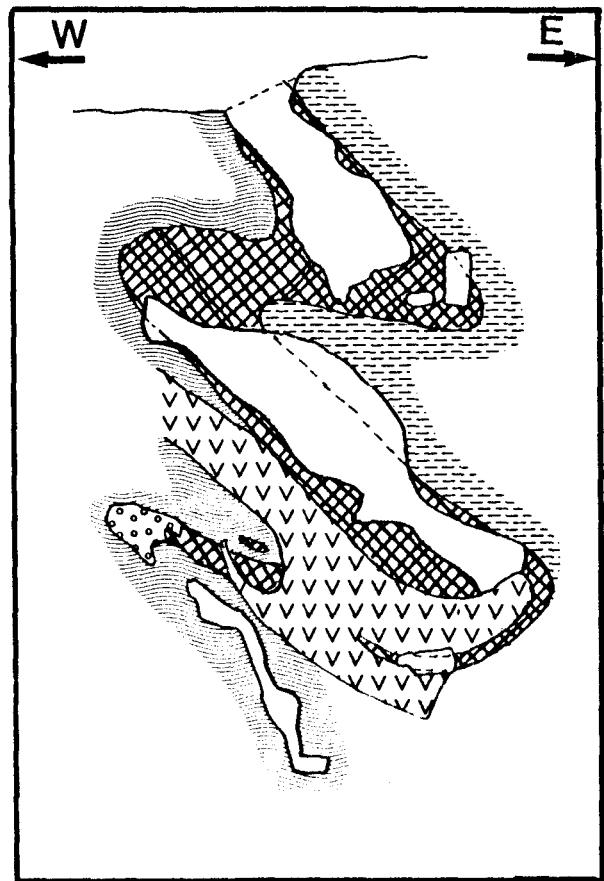


FIGURE 11 b) Orientation des foliations dans les domaines 2 à 6.

Projection stéréographique de Wulff dans l'hémisphère inférieure. Les domaines 2 à 6 s'étendent entre les sections 900N et 1400N.



SECTION 265 N

- [VVV] AMPHIBOLITE
- [Wavy lines] GNEISS a QUARTZ-BIOTITE-SERICITE ?
- [Cross-hatch] ROCHE a DIOPSIDE-TREMOLITE
- [Dotted pattern] ROCHE a ANTHOPHYLLITE-CORDIERITE
- [Horizontal lines] GNEISS a QUARTZ-BIOTITE FAIBLEMENT RUBANE

FIGURE 12 Coupe géologique à travers la zone Tétreault.

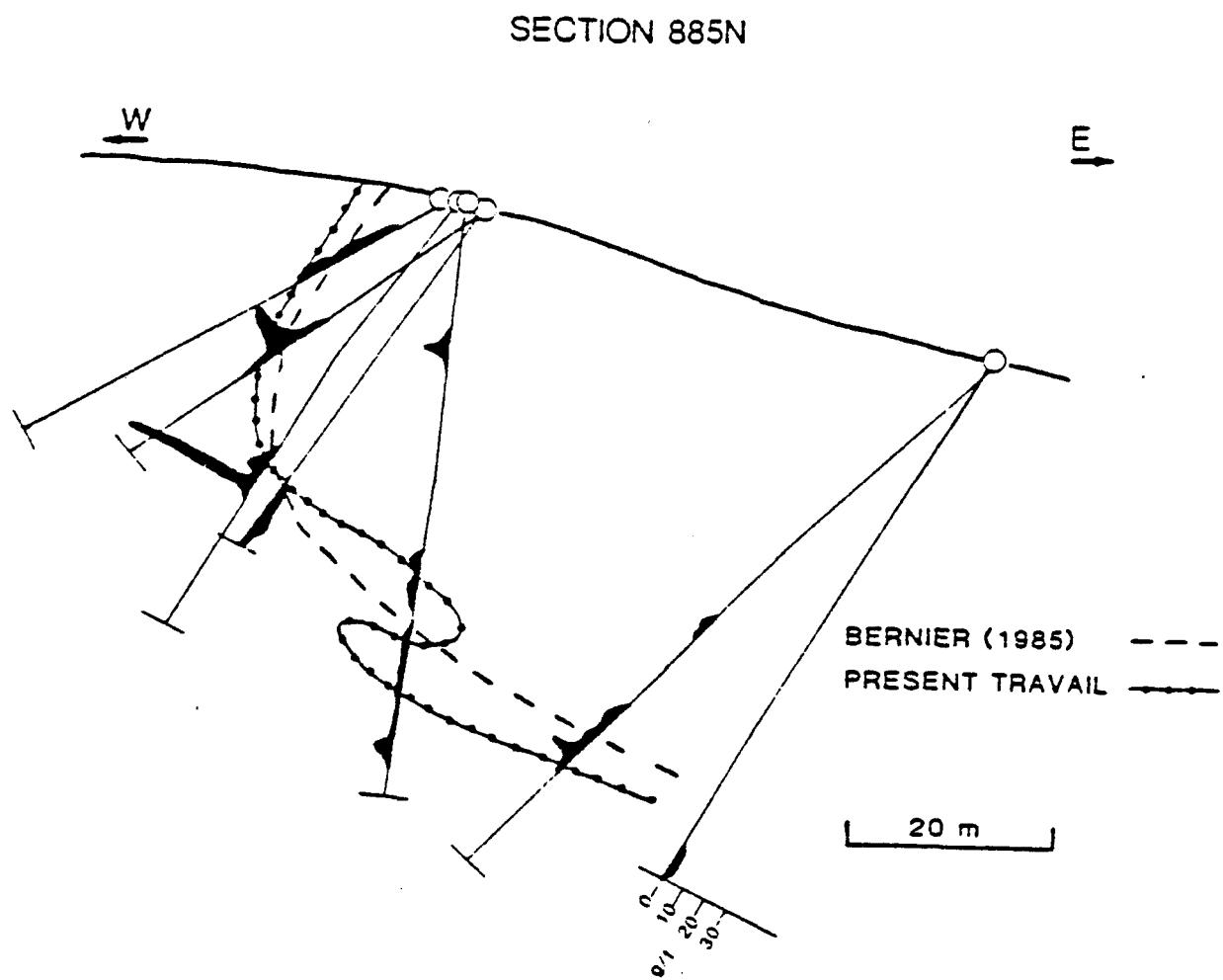


FIGURE 13. Coupe schématique à travers la Zone Aurifère Nord.
Interprétation d'après les teneurs en or dans les sondages.
(modifié de Bernier 1985)

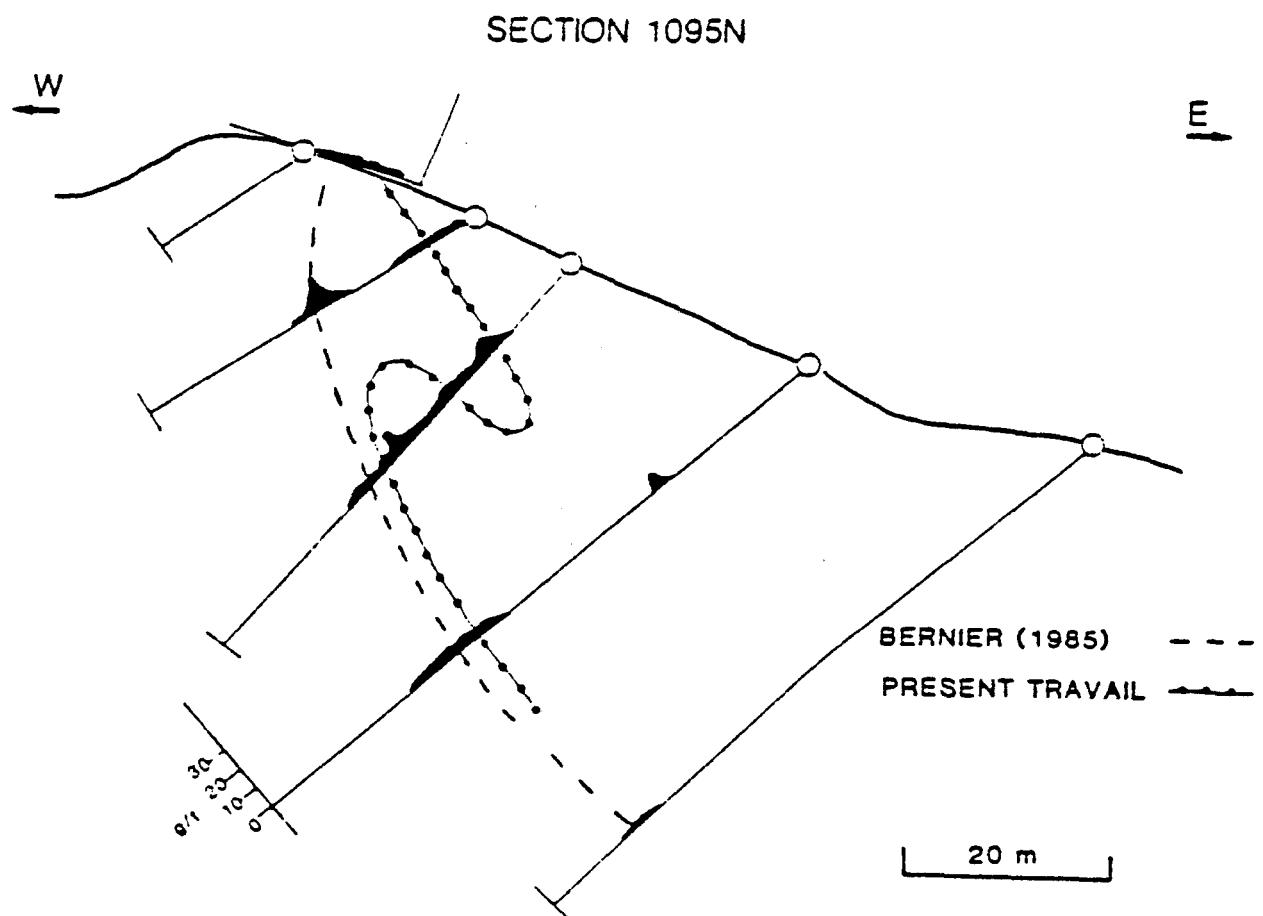


FIGURE 14. Coupe schématique à travers la Zone Aurifère Nord.

Interprétation d'après les teneurs en or dans les sondages.

(modifié de Bernier 1985)

CHAPITRE IV

DISCUSSION

4.1 POSITION STRUCTURALE DU GISEMENT

La forme des plis d'entrainement observés à travers les différentes parties de la zone minéralisé est toujours la même i.e. en forme de "Z" en regardant vers le Nord. Ceci peut s'expliquer de deux façons soit que le gisement se situe sur le flanc Est d'un synforme déversé vers l'Ouest soit que ces plis représentent les plis d'entrainement d'une zone de cisaillement normale.

S'il s'agit d'un pli le fait qu'à l'exception du gneiss à quartz-biotite- sillimanite, aucune autre lithologie ne se répète entre le gneiss mixte gris et les métabasaltes suggère un pli d'une amplitude kilométrique ce qui correspond aux plis cartographiés à l'échelle régionale. De plus, ceci exclu l'hypothèse que le gisement soit situé dans le cœur du pli. Il est donc suggéré que les métabasaltes occupent le cœur du synforme déversé vers l'Ouest. Pour vérifier cette hypothèse, il faudrait savoir si la même statigraphie se retrouve inversée à l'Ouest des métabasaltes et si des plis d'entrainement en forme de "S" sont présents.

Probhu (1981) démontre que les dykes d'amphibolite recoupant le gisement sont génétiquement liés aux métabasaltes. Si ces dykes sont les dykes nourriciers de ces coulées de métabasaltes, il s'en suit que le cœur du synforme serait plus jeune, il s'agirait donc d'un synclinal et la séquence observée près du gisement serait stratigraphiquement inversée. Le gneiss mixte gris serait à la base de la séquence, coiffée par une coulée de métabasaltes.

Rien n'exclu l'hypothèse que ces plis représentent les plis d'entrainement d'une zone de cisaillement normale, mais le gisement présente peu des caractères typiques de ces zones tels une réduction de la granulométrie et la présence de plans "S" et "C". Les éléments pouvant permettre de favoriser l'une des deux hypothèses nécessitent une cartographie plus régionale.

4.2 EVOLUTION TECTONO-METAMORPHIQUE

Morin (1984) démontre que la foliation des gneiss de la région résulte d'une déformation de style isoclinal nommée "D1". Le fait que la dispersion des S0 et des S1 sur une projection stéréographique soit semblable confirme cette observation (figure 7 a et b).

Cette foliation est elle-même reprise par les plis d'entrainement en "Z" résultant de la déformation "D2". plissée dans le gisement. Les pegmatites légèrement déformées se sont probablement introduites à la fin de cette période de déformation et occupent des positions près du plan "AC"

qui est un plan de compression minimale. Le fait que la majorité des minéraux montrent peu de signes de déformation démontre qu'ils ont recristallisés après cette période de déformation. Il est donc suggéré qu'une période de haute température a suivi la période de déformation "D2" permettant le développement de minéraux hors de la foliation tels la muscovite du gneiss à quartz-biotite-séricite et l'anthophyllite. Cette période de recristallisation pourrait être aussi responsable de l'oblitération des caractères typiques d'une zone de cisaillement tel que discuté plus haut.

De plus, il est surprenant de constater que les agrégats de fibrolite sans orientation préférentielle définissent en affleurement des formes prismatiques. Ceci et la présence de kyanite pourraient laisser supposer que la fibrolite représente le produit de remplacement de cristaux tabulaires de kyanite. Le métamorphisme aurait donc évolué du champ de stabilité de la kyanite vers celui de la sillimanite. Une évolution similaire a été démontrée par Martignole (1987) dans la région de Maniwaki.

La grande dispersion des mesures de foliation des gneiss (figure 7-b), la dispersion des linéations (figure 8) et l'ondulation de la zone minéralisée du Sud vers le Nord suggèrent la présence d'une troisième phase de déformation "D3" qui ne se manifeste pas clairement sur le terrain si ce n'est que par la courbure de certains contacts comme celui entre le gneiss à quartz-biotite-séricite et les métabasaltes à l'Ouest du gisement.

Cette déformation serait caractérisée par un plan axial à faible plongée comme le suggère le faible pendage du plan de dispersion des linéations (figure 8). De plus, ce style de déformation rendrait plus facile l'interprétation de certaines sections, mais nous n'avons pu en tenir compte parce que la géométrie de cette phase de déformation n'est pas assez bien documentée.

Finalement, les joints de direction Est-Ouest à pendage sub-vertical sont interprétés comme les manifestations d'une quatrième phase de déformation "D4" plus cassante.

De plus, la pinnitisation de la cordiérite, l'altération en talc de l'anthophyllite, la chloritisation de la biotite et de la staurotide, la séritisation des plagioclases et l'épidotisation des hornblendes vertes du gneiss mixte gris montent que ces roches ont subi un rétromorphisme tardif.

La minéralisation suit le même style de plissement que les roches encaissantes; elle est donc antérieure à la déformation "D2". Le fait que les sulfures se retrouvent dans les clivages de l'anthophyllite montre qu'ils sont demeurés mobiles après la déformation "D2" et la remobilisation des sulfures dans certaines fractures Est-Ouest indique qu'ils furent mobiles pendant la dernière période de déformation "D4". Ceci explique que les relations entre les différentes phases sulfureuses soient contradictoires en certains endroits puisqu'ils auraient subi plusieurs périodes de recristallisation et ceci dans diverses conditions de température et de pression.

4.3 NATURE DES PROTOLITHES

La séquence stratigraphique décrite dans ce travail peut avoir deux origines différentes soit volcano-sédimentaire soit complètement sédimentaire comme le soutiennent respectivement Stamatelopoulou-Seymour (1975) et Prabhu (1981). Une chose est sûre, elle est coiffée par une unité d'origine volcanique.

La minéralisation est située à un niveau précis de cette séquence i.e. à une soixantaine de mètres du contact entre le gneiss mixte gris et le gneiss à quartz-biotite faiblement rubané. Elle est accompagnée de différents phénomènes d'altération développant des roches alumineuses (gneiss à quartz-biotite-sillimanite), des roches magnésiennes (roche à cordiérite- anthophyllite) et des roches calcareuses (roche à diopside-trémolite). La compréhension de ces différents phénomènes est la prochaine étape pouvant nous mener à l'identification de l'origine du gisement.

CONCLUSION

La déformation "D2" contrôle la forme du minerai et des roches encaissantes. Ces plis d'entrainement peuvent résulter d'une zone de cisaillement normale ou bien indiquer que le gisement se situe sur le flanc Est d'un synclinal déversé vers l'Ouest. Une cartographie reprenant les mêmes unités stratigraphiques et portant une attention particulière à la forme des plis d'entrainement à l'Ouest des métabasaltes serait un moyen efficace de vérifier la seconde hypothèse.

La compréhension de la géométrie de la déformation "D2" a permis de faciliter l'exploitation du gisement et de fournir de nouveaux outils pour l'exploration et l'interprétation régionale.

LISTE DES REFERENCES

- 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, Québec." Mémoire de maîtrise, Université de Montréal. 283 p.
- CORNWALL, F.W. 1954. "The Anacon lead mine limited." Quebec Department of Mines. GM-3510, 31p.
- FLANAGAN, J.T. 1982. "The Montauban gold project breaking new ground in geology and financing." Paper presented at the 50th Ann. convention of the Prospectors and Developers Association, Toronto.
- FLETCHER, I.R. & FARQUHAR, R.M. 1982. "The procontinental nature and regional variability of the central metasedimentary belt of the Grenville Province: lead isotope evidence." Canadian Journal of the Earth Sciences 19(2), pp. 239-253.
- GAUTHIER, M. et al. 1985. "Minéralisations aurifères de la partie centrale de la province de Grenville, Bouclier Canadien." C.I.M. Bulletin 78(874), pp. 60-69
- LARGE, D.E. 1980. "Geological parameters associated with sediment-hosted, submarine exhalative Pb-Zn deposits: an empirical model for mineral exploration." Geologische Jarhrbusch D40, pp. 59-129.
- LEDOUX, R. & ASSAD, R. 1979. "La zone minéralisée de Montauban-les-mines, Comté de Portneuf, Québec." Exc. B-42, Annuel meeting of the A.G.C. and A.M.C. 20p.
- MARTIGNOLE, J. 1986. "Some questions about crustal thickening in the central part of the Grenville Province." dans The Grenville Province, GAC Special Paper 31, pp. 327-339.

- McADAM, J. & FLANAGAN, J.T. 1976. "The Montauban gold deposits, related to base metal mineralisation in the Grenville Province." Annual General Meeting of CIMM. April 28, 1976. (Unpublished)
- MORIN, G. 1984. "Géologie de la région de Montauban." Mémoire de maîtrise en sciences de la terre, Université du Québec à Montréal. 142 p.
- O'NEIL, J.E. & OSBORNE, F.F. 1939. "La mine Tétreault, Montauban-les-Mines, Québec." Québec, min. des richesses naturelles, rapport préliminaire 136.
- POUIT, G. 1984. "Les gisements à sulfures massifs exhalatifs sédimentaires: une mise au point sur leur classification et leur méthodologie de recherche." Chronique de recherche minière 476, pp. 31-34.
- PRABHU, M.K. 1981. "Geology, geochemistry and genesis of Montauban lead zinc deposits." Ph.D. Thesis, McGill University. (Unpublished)
- PRABHU, M.K. & WEBBER, G.R. 1984. "Origin of quartzo-feldspathic gneisses at Montauban-les-Mines, Quebec." Canadian Journal of Earth Sciences 21(3), pp. 336-345.
- PYKE, D.R. 1966. "Geology of Montauban, Colbert area." Québec, Dept. of Natural Resource, Preliminary Report 545.
- RAMSAY, J.G. 1967. "Folding and fracturing of rocks." London, McGraw-Hill Book Company. 568 p.
- RONDOT, J. 1978. "Région du Saint-Maurice." Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec. DPV-594, 85 p.
- SMITH, J.R. 1956. "La région de Montauban-les-Mines." Ministère des mines, Québec. Rapport géologique 65. 43 p.
- STAMATELOPOULOU-SEYMOUR, K. 1975. "Metamorphosed volcanogenic Pb-Zn deposits at Montauban, Quebec." M. Sc. thesis, McGill University. (Unpublished)

STAMATELOPOULOU-SEYMOUR, K. & MACLEAN, W.H. 1977. "The geochemistry of possible volcanogenic rocks and their relationship to mineralization at Montauban-les-Mines, Quebec." Canadian Journal of Earth Sciences 14(11), pp. 2440-2452.

TREMBLAY, G. 1984. "Etude des déformations du métakaïtze de la Galette, du comté Charlevoix." Mémoire de maîtrise en sciences de la terre, Université du Québec à Chicoutimi. 128 p.

WEBBER, G.R. and GRICE, R.A. 1986. "Water and stream-sediment composition near Zn-Pb-Au deposits at Montauban, Quebec." Canadian Geology Journal of CIM, Vol. 1, pp. 9-13.

WHITE, J.C. 1982. "Quartz deformation and the recognition of recrystallisation regimes in the Flinton Group conglomerates, Ontario." Canadian Journal of Earth Sciences 19(1), pp. 81-93.

WILSON, N.L. 1939. "An investigation of the metamorphism of the Orijarvi type with special reference to the Zinc-Lead deposits at Montauban-les-Mines, P.Q." Ph. D. thesis, McGill University. 163 p.

ANNEXE A

HISTORIQUE DES TRAVAUX MINIERS

La propriété Muscocho a été constituée de deux propriétés distinctes jusqu'au milieu des années 1970. Pour faciliter la compréhension, elles seront présentées comme la Propriété Anacon et la Propriété United Montauban. La Propriété United Montauban résulte elle-même de la fusion en 1953 des Propriétés United Lead and Zinc et Montauban Mines.

A-1 PROPRIETE ANACON (1910-1974)

C'est un prospecteur de la région, M. Elzéar Gauthier qui découvrit l'occurrence de minéraux zincifères à Montauban-les-Mines en 1910. Un an plus tard, M. Pierre Tétrault acquiert les droits miniers et débute les travaux de mise en valeur en 1912.

En 1914, la "Weedon Mining Company" acquiert les droits miniers et confie l'exploitation de la mine à la "Zinc Company Ltd". Le bail minier expire en 1921, l'exploitation cesse et les droits miniers sont repris par la succession Tétrault qui effectue quelques travaux jusqu'en 1924.

De 1924 à 1929, la "British Metals Corporation Ltd" exploite la mine et traite le minerai par flottation à l'huile. A la fin de cette période, la propriété revient encore une fois à la succession Tétrault qui réussit à opérer la mine entre 1935 et 1937.

Entre les années 1942 et 1944, la propriété est exploitée par la "Siscoe Metals Limited" sous contrat avec la "Wartime Metals Corporation".

En 1948, la propriété est achetée par James Boylen et la compagnie "Anacon Lead Mines Limited" est chargée des opérations. Entre 1949 et 1953, une intensive campagne de forage mène à la découverte de la zone "A", de la zone "C", de la zone Aurifère Nord et de la zone Aurifère Sud.

En 1950, le puits no. 4 est foncé pour permettre l'exploitation du minerai laissé près de la vieille mine et des nouvelles zones "A" et "C". L'exploitation des deux zones aurifères n'est pas entreprise étant donné le faible prix de l'or à cette époque.

En 1956, la "Ghislau Mining Corporation" acquiert les droits miniers sur la propriété et mène une campagne de forage, les travaux se poursuivent jusqu'en 1965 et en 1966 les installations sont démantelées. En 1972, les droits miniers étant révoqués, un permis spécial est accordé à Marcel Poulin.

A-2 PROPRIETE UNITED MONTAUBAN

A-2-1 Propriété United Lead and Zinc (1914-1953)

Les premiers travaux furent effectués en 1914 par la "Montauban Mining Syndicate" soit quelques tranchées et deux petits puits de 10 et 16 mètres.

Entre 1928 et 1930, la "St-Lawrence Lead and Zinc Mines" suivi de la "St-Lawrence Metals Limited" ont entrepris une campagne de forage ainsi qu'un programme d'exploration souterraine fonçant un puits, quelques galeries et un puits-borgne. L'ensemble de ces développements étant connu sous le nom de "Puits Thibeault".

En 1932, la "Yimy Gold and Metals Limited" acquiert les droits sur la propriété. Elle les cède à la "United Metals" qui elle, les cède à la "United Lead and Zinc Mines Limited". Aucun travail d'exploration supplémentaire n'a été entrepris avant la campagne de forage de 1950.

A-2-2 Propriété Montauban Mines (1917-1953)

Jusqu'en 1948, la propriété appartient à la "Shawinigan Mining and Smelting Company". Elle foncé un puits et creuse quelques tranchées sans trouver de minéralisation valable. En 1948, quelques forages montrent la présence de minéralisation plombo-zincifère, c'est alors que la "Montauban Mines" prend la relève et conduit une importante campagne de forage.

Les forages effectués par les deux compagnies entre 1950 et 1952 ont permis d'établir la continuité de la zone "C" et de la zone Aurifère Nord de la propriété "Anacon" ainsi que la présence d'une autre zone appelée "Montauban".

A-2-3 United Montauban Mines (1953-1974)

Les deux compagnies s'associent et forment la "United Montauban Mines" pour exploiter les zones "Montauban" et "C" à l'aide du puits Satellite foncé entre 1951 et 1952. L'exploitation se termine en 1955 dû à la faiblesse du prix du zinc.

A-3 PROPRIETE MUSCOCHO (1974-)

En 1974, "Les Explorations Muscocho Ltée" acquiert de Marcel Poulin les droits miniers de la propriété "Anacon" et un peu plus tard ceux de la "Satellite Metals Mines Ltd". Elle contrôle donc dorénavant l'ensemble du gisement de Montauban. Une campagne de 21 forages est effectuée sur la zone Aurifère Nord ainsi que des relevés géophysiques.

En 1978, la SOQUEM conclut une entente avec "Les Explorations Muscocho Ltée", une nouvelle campagne de forage est implantée, une rampe et quelques galeries sont foncées, mais en 1981, la SOQUEM se dissocie jugeant le gisement aurifère subéconomique.

En 1982, "Les Explorations Muscocho Ltée" conclut une entente avec la "Mining Corporation of Canada" pour l'implantation d'une usine de traitement modulaire. L'exploitation débute au printemps 1983 et le premier lingot d'or-argent est coulé en juin 1983.

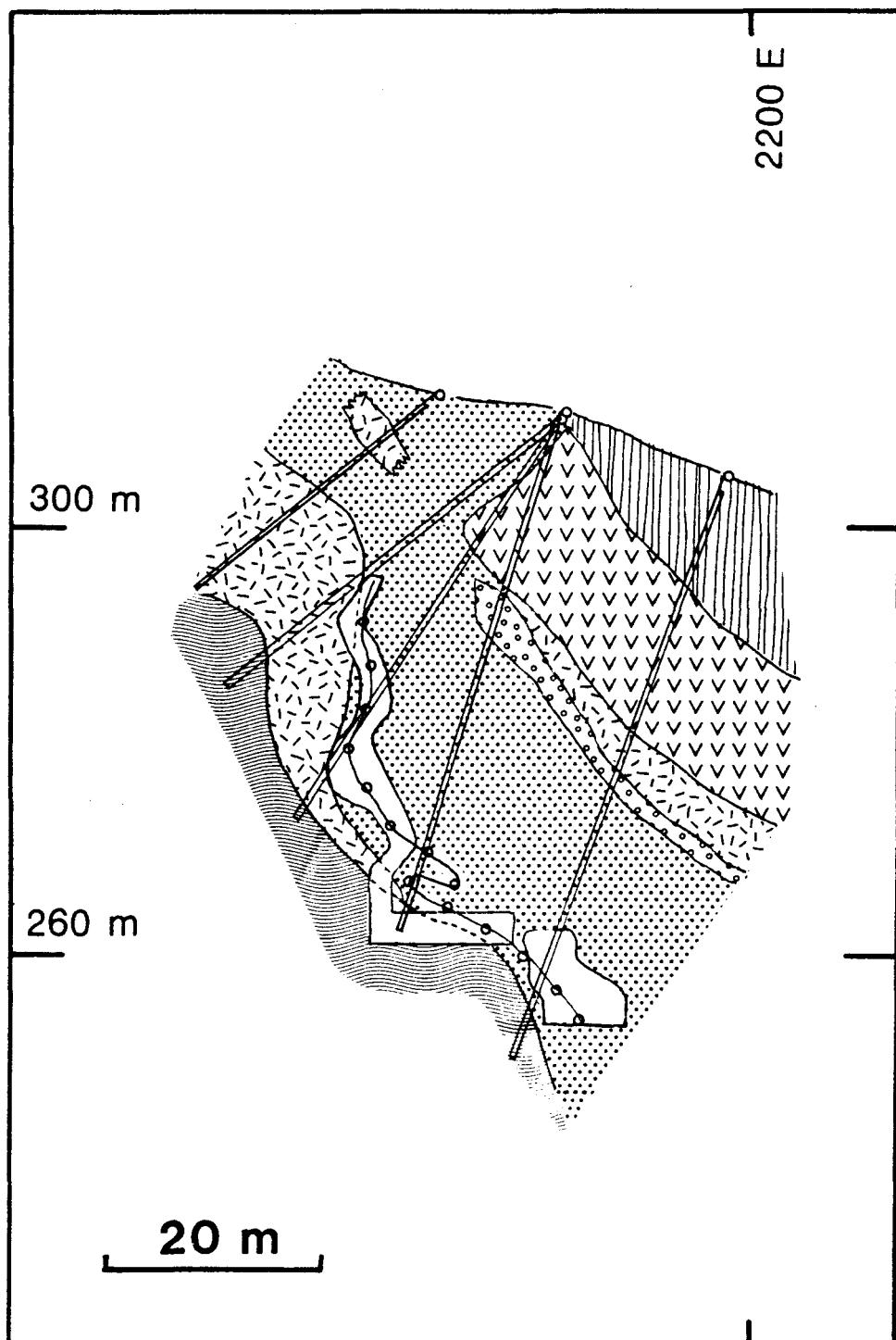
La zone Aurifère Nord est encore en exploitation à ce jour et les travaux de mise en valeur de la Zone Aurifère Sud devraient être complétés dans un avenir prochain permettant le début de son exploitation.

ANNEXE B
COUPES GEOLOGIQUES

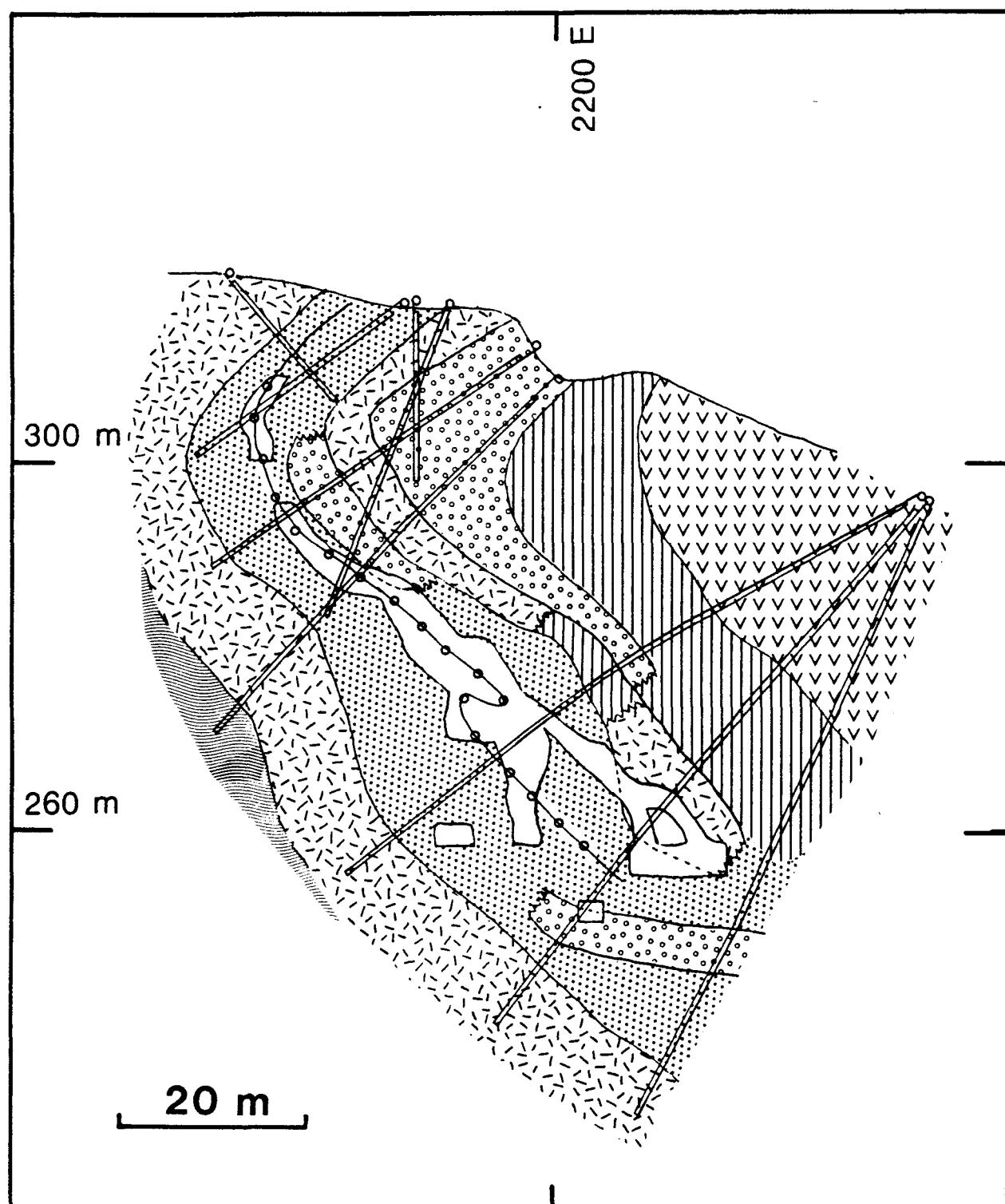
LEGENDE

-  Amphibolite
-  Gneiss à quartz-biotite-séricite
-  Roche à diopside-trémolite
-  Roche à anthophyllite-cordiérite
-  Gneiss à quartz-biotite-grenat
-  Gneiss à quartz-biotite-sillimanite
-  Gneiss à quartz-biotite hétérogène
-  Gneiss à quartz-biotite faiblement rubané
-  Gneiss mixte gris
-  Zone minéralisée

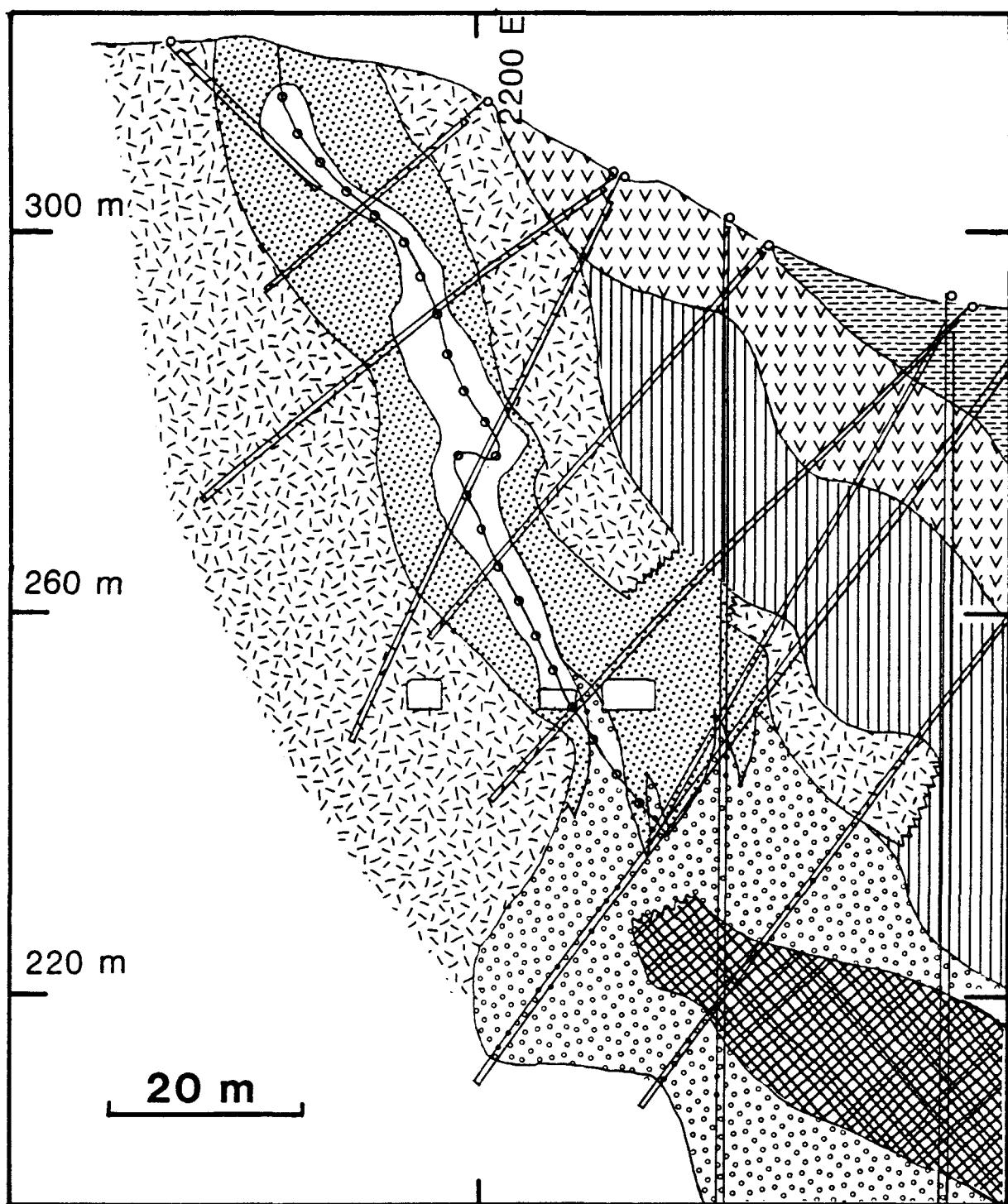
N.B. Les sections sont vues vers le nord.



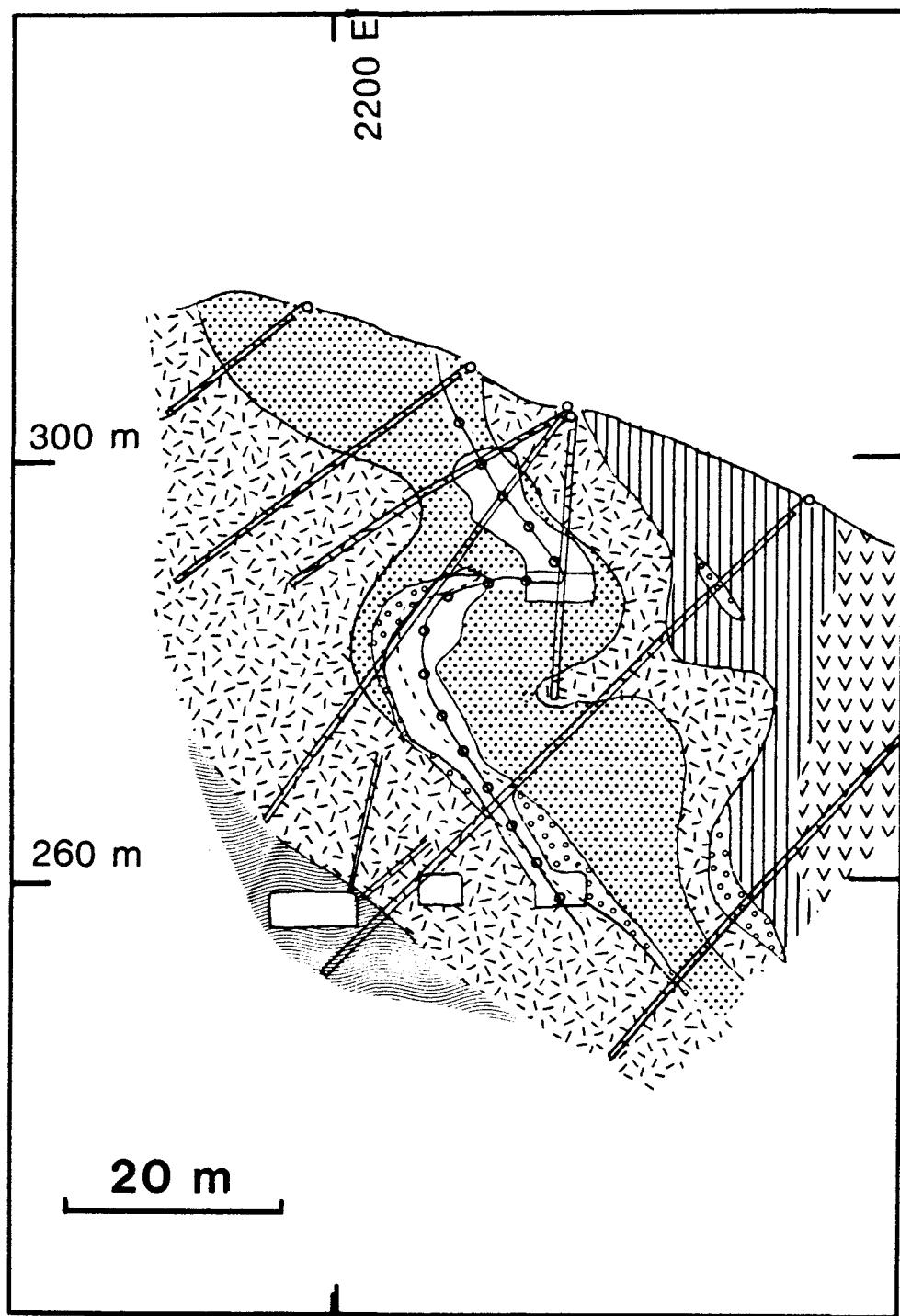
Annexe B-1. Section 830N.



Annexe B-2. Section 945N.



Annexe B-3. Section 1005N.



Annexe B-4. Section 1095N.