

MB 84-04

ETUDE METALLOGENIQUE DES INDICES DE Cu-Ni-Co DU HAUT PLATEAU DE LA MANICOUAGAN

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



Licence

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

Énergie et Ressources
naturelles

Québec 



ÉNERGIE ET RESSOURCES
Direction de la Recherche géologique

S É R I E D E S M A N U S C R I T S B R U T S

ÉTUDE MÉTALLOGÉNIQUE DES INDICES DE
Cu-Ni-Co DU HAUT PLATEAU DE LA MANICOUAGAN

par
Luc Plante

Rapport intérimaire

Ce document est une reproduction fidèle du manuscrit de l'auteur sauf pour une mise en page sommaire destinée à assurer une qualité convenable de reproduction. Les opinions qu'il contient peuvent cependant différer de celles du ministère; de plus, ses informations pourraient parfois être inexactes.

RÉSUMÉ

La région sous étude, d'une superficie de 38 km², est limitée par les latitudes 51°30' et 51°33' et les longitudes 67°54'45" et 68°02'25". Elle se situe à 183 km au nord-ouest de Sept-Iles et à environ 33 km au sud de Gagnon. Elle est constituée de roches grenvilliennes. Sept unités lithologiques ont été reconnues: gneiss rubané, gneiss felsique, métasédiments (siliceux, carbonatés, alumineux), pyroxénite, orthogneiss noritique, granite à hyperstène, diabase.

L'orientation générale des couches est N-S et les pendages sont en général sub-verticaux. Au moins trois phases de déformation ont été reconnues. La première est isoclinale; les deux autres, perpendiculaires l'une à l'autre, ont engendré un style tectonique en dôme et bassin. Le métamorphisme a atteint le faciès des granulites.

Les principales minéralisations, associées à l'orthogneiss noritique et à la pyroxénite, comprennent de la pyrrhotine, de la pentlandite, de la chalcopryrite et de la pyrite. Elles forment, sur 2.5 km de long, un chapelet de lentilles de sulfures massifs ou semi-massifs orienté N-S. Ces lentilles ont une épaisseur allant de quelques centimètres à environ 1.4 m et semblent s'étendre sur plusieurs mètres. Les teneurs en cuivre et nickel varient en moyenne entre 0.30% et 1.20%; celles du cobalt sont d'environ 0.01%.

Les premières observations de terrain portent à croire que les minéralisations de cuivre-nickel-cobalt sont associées à un niveau particulièrement mafique de l'orthogneiss noritique, comme en témoigne la présence de masses de pyroxénites, et semblent typiques du magmatisme classique.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	4
Localisation, étendue et moyens d'accès	4
Description de la région	4
Travaux antérieurs	4
Méthodes de travail	6
Remerciements	6
GÉOLOGIE GÉNÉRALE	6
Stratigraphie	7
Lithologie	9
Gneiss rubané	9
Gneiss felsique	10
Roches métasédimentaires	10
Pyroxénites	11
Orthogneiss noritique	11
Granite à hypersthène	12
Dykes de diabase	12
Métamorphisme	12
Tectonique	13
GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE	16
Description des indices	16
Textures métamorphiques dans les amas de sulfures massifs	19
CONCLUSION	21
RÉFÉRENCES	21
ANNEXE:	
Analyse de roche pour les éléments mineurs	23
CARTE (1:20 000)	
Etude métallogénique des indices de cuivre-nickel-cobalt du Haut Plateau de la Manicouagan	hors texte

TABLE DES MATIÈRES

3 (3)

	Page
INTRODUCTION	4
Localisation, étendue et moyens d'accès	4
Description de la région	4
Travaux antérieurs	4
Méthodes de travail	6
Remerciements	6
GÉOLOGIE GÉNÉRALE	6
Stratigraphie	7
Lithologie	9
Gneiss rubané	9
Gneiss felsique	10
Roches métasédimentaires	10
Pyroxénites	11
Orthogneiss noritique	11
Granite à hypersthène	12
Dykes de diabase	12
Métamorphisme	12
Tectonique	13
GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE	14
Description des indices	14
Textures métamorphiques dans les amas de sulfures massifs	19
CONCLUSION	21
RÉFÉRENCES	21
ANNEXE:	
Analyse de roche pour les éléments mineurs	23
CARTE (1:20 000)	
Etude métallogénique des indices de cuivre-nickel-cobalt du Haut Plateau de la Manicouagan	hors texte

INTRODUCTION

Durant l'été 1982 nous avons commencé un projet réparti sur deux ans qui a pour but de mettre en évidence des métallotectes pour les minéralisations de cuivre-nickel-cobalt du Haut Plateau de la Manicouagan par le biais d'une cartographie détaillée de zones minéralisées et d'un levé géologique à l'échelle de 1:20 000 des environs de ces indices.

LOCALISATION, ÉTENDUE ET MOYEN D'ACCÈS

La région sous étude se situe à 183 km au nord-ouest de Sept-Iles et à environ 33 km au sud de Gagnon (figure 1). D'une superficie de 38 km², elle est limitée par les latitudes 51°30' et 51°33' et les longitudes 67°54'45" et 68°02'25". L'hydravion est le seul moyen d'accès dans ce territoire qui fait partie des cantons projetés 1852 et 1853.

DESCRIPTION DE LA RÉGION

La région appartient à l'ensemble physiographique que constitue le Haut Plateau de la Manicouagan, d'une altitude moyenne d'environ 900 m. Le mont Loaf y culmine à 1115 m.

Le climat est subarctique et la végétation est surtout représentée par une épaisse mousse (mousse de caribou) couvrant les flancs et les crêtes des collines, dont la direction générale N-S reflète celles des formations géologiques sous-jacentes. Ces collines sont coupées par de petites vallées linéaires où poussent l'épinette noire et quelques arbustes.

TRAVAUX ANTÉRIEURS

Un certain nombre de géologues ont fait des relevés dans la région. Ainsi J. Bérard (1962) a cartographié les terrains adjacents aux lacs Manicouagan et Mouchalagane et L. Kish (1968) a cartographié, à l'échelle de 1:63 360, le territoire compris entre les latitudes 51°31' et 51°45' et les longitudes 68°00' et 68°30'. Murtaugh & Currie (1969) ont produit conjointement un rapport et une carte préliminaire sur la Structure de Manicouagan. Ils ont par la suite publié séparément leurs rapports finaux, Currie pour la Commission géologique (1972) et Murtaugh pour le M.R.N. (1976). Dans le cadre de ce même projet, J.P. Bassaget (1968) cartographiait la région à l'est du lac Manicouagan.

Franconi, Sharma et Laurin (1969) ont effectué un programme de reconnaissance géologique à l'échelle de 1:250 000 dans la province du Grenville. Ce projet couvrait 220 000 km² entre Chibougamau et Natashquan.

En 1975, l'Institut national d'Inspection d'Espagne (I.N.I.) et la SOQUEM entreprirent conjointement une campagne de recherche de gîtes minéraux dans un territoire couvrant une superficie de 32 800 km² compris entre le Grand lac Manicouagan et la rive nord du St-Laurent, et entre Baie-Comeau et Sept-Iles.

Tremblay (1976) a réalisé un levé géochimique des sédiments de ruisseau dans la région du lac Joyel, immédiatement à l'ouest de notre territoire.

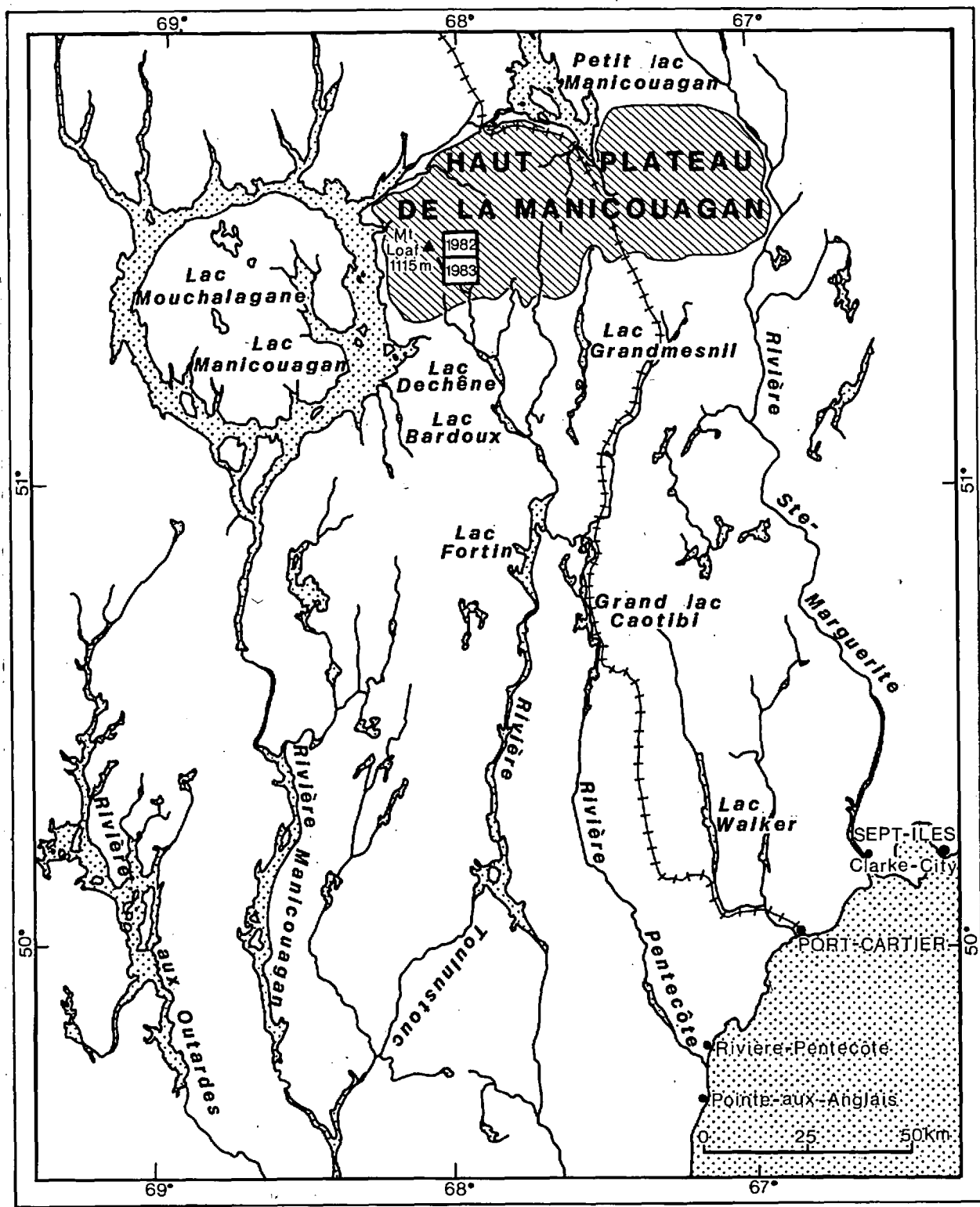


FIGURE 1 - Localisation du Haut Plateau de la Manicouagan.

Clarke (1977) a également effectué des travaux dans la région de Gagnon.

L'exploration dans la région a, en fait, débuté en 1960 avec les travaux de la compagnie Québec Cartier Ltée. Dans le cadre d'une prospection pour le cuivre et le nickel la compagnie Dynamic Ltée a effectué en 1971 un levé géophysique hélicoptère. La compagnie Hudbay Mining Ltd a également effectué, de 1977 à 1979, un levé géophysique hélicoptère, en plus d'implanter une vingtaine de forages.

MÉTHODES DE TRAVAIL

Nous avons couvert la région par des cheminements espacés de 300 m et moins, en plus de suivre systématiquement certains contacts géologiques. Nous avons utilisé un appareil de type EM 16 pour repérer puis examiner au sol les conducteurs électromagnétiques détectés par un relevé aéroporté effectué en mars 1982 par la compagnie Les Relevés Géophysiques Inc. pour le compte du M.E.R. De plus nous avons vérifié tous les affleurements près des indices minéralisés.

Nous avons également prélevé 67 échantillons de roche, dont 20 pour fins d'analyse totale et 47 pour analyse des éléments mineurs. Au moment de la rédaction de ce rapport, seuls les résultats pour les éléments mineurs sont disponibles; ils apparaissent en annexe. Parmi ces échantillons, 39 furent prélevés dans les sédiments, les travaux antérieurs (Kish, 1968) nous portant à croire que la minéralisation se trouvait dans ces derniers; les 8 autres proviennent d'indices minéralisés et sont complémentaires aux analyses totales.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier J. Cimon et L. Kish du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, nos assistants Jean Berger et Yves Demont, ainsi que Michèle Laithier, dessinatrice. Nos remerciements vont également à Michel Gauthier, directeur de notre recherche à l'Université du Québec à Montréal.

GÉOLOGIE GÉNÉRALE

La région étudiée fait partie du Haut Plateau de la Manicouagan lequel se situe dans la partie nord-est de la Province du Grenville. Toutes les roches sont d'âge précambrien. Aucun affleurement n'a permis la détermination de polarités stratigraphiques.

Le Haut Plateau de la Manicouagan est en grande partie composé d'un orthogneiss noritique massif à gneissique comprenant de minces interlits de gneiss, de composition et de texture variables et des interlits de paragneiss de compositions siliceuse, alumineuse et carbonatée.

La région a été métamorphisée au faciès des granulites (Kish 1968; Basaget, 1977; Murtaugh, 1976). Elle a connu au moins deux phases majeures de déformation. Un réseau de dykes et de mylonites associées se trouve au centre de la région et recoupe toutes les autres roches.

La dernière avancée glaciaire n'a laissé que peu de traces sur le Haut Plateau de la Manicouagan. Les seuls témoins sont les collines (dénudées de toute végétation) arrondies et polies par la dernière glaciation et quelques blocs erratiques, vraisemblablement en

provenance du nord (blocs de marbre et de formation de fer du Groupe de Gagnon), brisant la courbure monotone des monticules. Kish (1968) a rapporté des stries placiaires orientées S10°E à S20°E. Enfin, quelques chapeaux de fer, dont un très important, affleurent dans la région.

STRATIGRAPHIE

Comme nous l'avons mentionné plus haut, plusieurs géologues ont travaillé dans la région, chacun produisant son tableau des formations (tableau 1), compte tenu du contexte géologique dans lequel il travaillait. Les différentes conclusions auxquelles ces géologues en sont arrivés démontrent bien que les relations d'âge entre les unités précambriennes sont incertaines dans la région, sauf près de Gagnon où les formations de fer protérozoïques (Groupe de Gagnon) assurent un bon contrôle stratigraphique. Ces

roches métasédimentaires correspondent à celles de la Fosse du Labrador (Gross et al., 1972; voir figure 2).

Dans la partie ouest de la région, près du lac Joyel, se trouve une excellente coupe des roches métasédimentaires. On y remarque une roche carbonatée, pouvant représenter un marbre calcaire ou dolomitique, ainsi qu'un quartzite. Nous croyons que ces deux unités pourraient correspondre aux membres inférieurs du Groupe de Gagnon décrits par Clark (1977): marbre de Duley et quartzite de Wapussakatoo, sous-jacents aux formations de fer.

L. Kish (1968) a décrit, dans les terrains du faciès amphibolite entre notre région et celle de Gagnon, des calcaires cristallins et dolomitiques associés à des quartzites. Ceux-ci sont vraisemblablement du Groupe de Gagnon.

TABLEAU 1 - Tableau comparatif des roches précambriennes de la région de Manicouagan. Modifié de Murtaugh (1976)*.

Murtaugh (1976)	Currie (1972)	Murtaugh & Currie (1969)	Bassaget (1977)	Kish (1968)	Bérard (1962)	Clarke (1977)
Péridotite	Dykes de diabase	Dykes de diabase	Dykes de diabase	Dykes de diabase	Dykes de diabase	
Dykes de diabase	Péridotite; massif du Lac Raudot	Péridotite; massif du Lac Raudot		Roches mafiques et ultramafiques		Orthogneiss (acide, intermédiaire, mafique et ultramafique)
Anorthosite	Groupe de Gagnon	Anorthosite		Gneiss granitique		
Roches mafiques et ultramafiques; massif du Lac Raudot	Gneiss gris	Gneiss melanocrates		Roches anorthositiques (différentes des anorthosites)	Gneiss granitique	Roches granitiques
Groupe de Gagnon	Gneiss mixtes; roches transitaires	Groupe de Gagnon		Massif du Lac Raudot	Anorthosite	
Gneiss granitiques	Gneiss granitiques incluant charnockites granitiques	Gneiss granitiques		Gneiss mixtes	Métagabbro	
Gneiss gris	Roches charnockitiques	Gneiss gris	Roches charnockitiques	Gneiss gris	Roches charnockitiques	
Roches transitaires; gneiss mixtes incluant gneiss melanocrates	Anorthosite	Gneiss mixtes; roches transitaires	Gneiss granitiques	Groupe de Gagnon	Gneiss mixtes	Paragneiss supérieurs
Roches charnockitiques	Gneiss melanocrates	Roches charnockitiques	Métagabbro; roches à faciès granulite dans métagabbro; gneiss gris	Roches charnockitiques	Groupe de Gagnon	Groupe de Gagnon
Métagabbro; roches à faciès granulite dans métagabbro	Métagabbro; roches à faciès granulite dans métagabbro	Métagabbro; roches à faciès granulite dans métagabbro		Métagabbro; roches à faciès granulite dans métagabbro	Gneiss gris	Gneiss inférieur

* Ceci n'est pas un tableau de corrélation stratigraphique. Les noms des unités établies par les différents auteurs ont été changés (sauf ceux de Clarke) par Murtaugh pour correspondre à la description des unités utilisées par celui-ci.

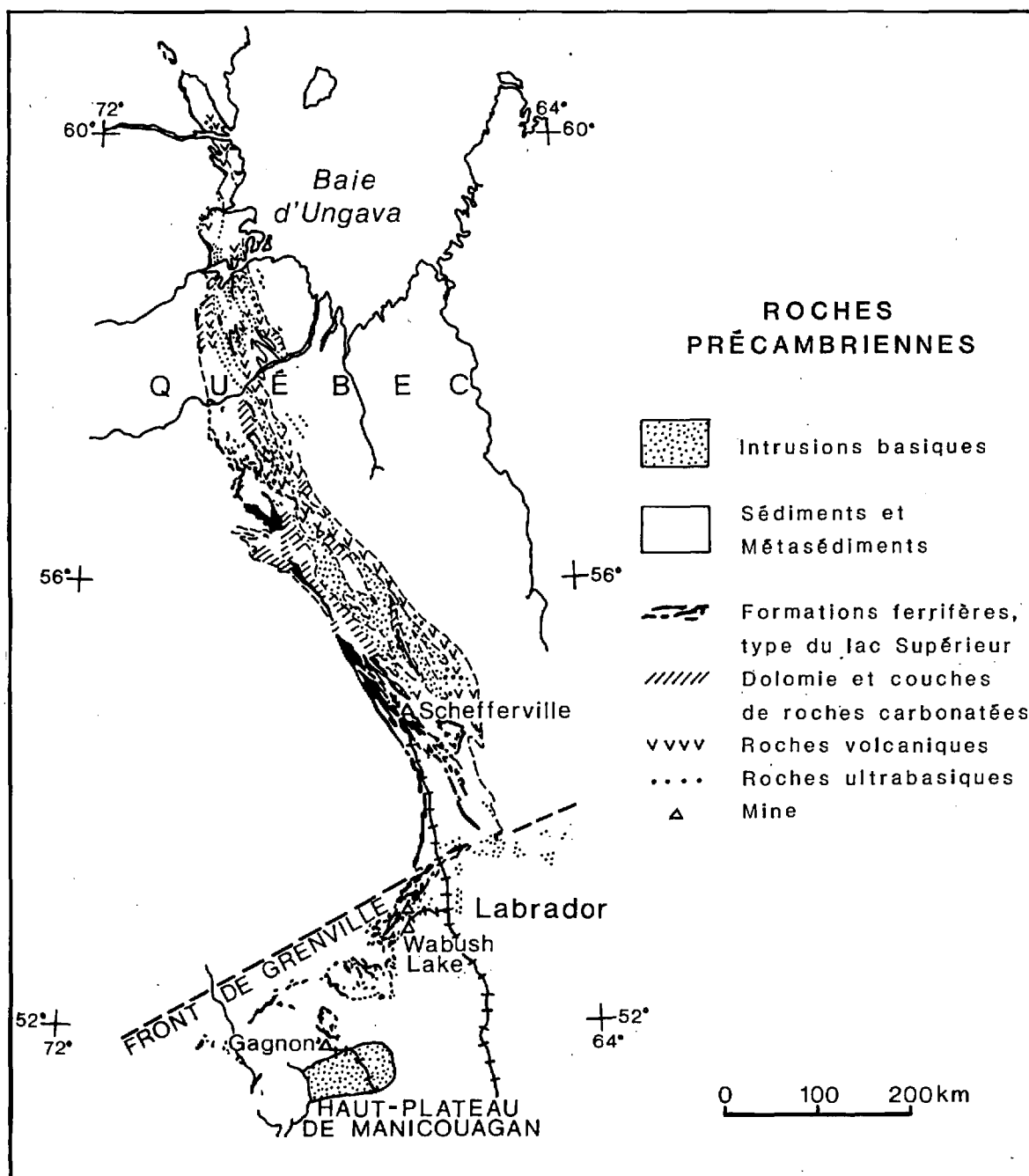


FIGURE 2 - Relations entre les roches du Haut Plateau de la Manicouagan, de Gagnon et de la Fosse du Labrador. Modifié de Gros et al. (1972).

LITHOLOGIE

GNEISS RUBANÉ

Le gneiss rubané affleure surtout au centre de la région. Il forme de grandes bandes allongées qui alternent avec l'orthogneiss noritique et le granite à hypersthène. Son épaisseur moyenne est d'environ 150 m; elle varie de 30 à 300 m et finit en éventail aux limites sud et nord de la région. A ce dernier endroit, le gneiss semble vouloir cerner, à l'extérieur des limites de cartographie, l'orthogneiss noritique pour réapparaître à l'extrémité nord-est de la région. Dans la partie sud de la région, la limite ouest est présumée; l'épaisseur du gneiss est donc incertaine mais il semble néanmoins avoir le même comportement.

Le gneiss rubané a un contact franc avec les unités adjacentes. La roche, résistante à l'érosion, apparaît souvent en relief positif.

Les affleurements ont des teintes variables de gris. La granulométrie varie de fine à grossière; on observe des agrégats de grenat en certains endroits. Le gneiss rubané, tel que décrit à notre localité type, est formé de quatre bandes (3 à 14 cm), toutes à dominance felsique. Les différences entre les bandes sont marquées surtout par des proportions variables de pyroxènes, de grenats, de magnétites et de quartz.

Les quatre bandes du gneiss rubané rencontrées à la localité type sont les suivantes. Une première bande, mafique, est mouchetée blanc et noir en surface, avec une couleur d'altération rouille. En surface fraîche les horizons ferromagnésiens lui donnent une texture foliée. Cette roche est à grains moyens (0.7 mm). Sa composition est celle qui se rapproche le plus, à cause de sa quantité de ferromagné-

siens, de l'orthogneiss noritique. Elle est constituée d'environ 45% d'orthopyroxènes et de clinopyroxènes (les seconds étant en voie de remplacement par une amphibole verte), 30 à 45% de plagioclase, 13% de quartz, 5% de grenat et 2% de magnétite.

Une seconde bande, felsique, est à grenat et magnétite. Cette roche, gris sombre moucheté de rouge et assez bien foliée, est à grains moyens à grossiers. Elle est composée de 45% de plagioclase, de 20 à 25% de grenat (en agrégats à texture poeciloblastique), de 10 à 15% de magnétite interstitielle associée aux grenats et de 5 à 10% de quartz.

Une troisième bande, felsique, a une teinte gris brun en surface altérée. Cette roche possède également une texture mouchetée comme la première bande mais moins prononcée. De grain moyen (0.5 à 1 mm), elle est composée de 60% de feldspaths dont environ 10% sont potassiques (on remarque dans cette bande un début de séricitisation des feldspaths), de 15% de pyroxènes (orthopyroxène et clinopyroxène), de 10% de grenats, à texture poeciloblastique, et de 5% de magnétite associée aux pyroxènes et aux grenats. On note aussi la présence de scapolite et de biotite.

La quatrième bande est une unité quartzofeldspathique gris foncé à brun pâle en surface. La roche, de grain fin (0.3 mm) à moyen (0.7 mm), est légèrement foliée. La foliation est beaucoup moins apparente que dans les autres bandes, étant donné que tous les minéraux ont, grosso modo, les mêmes teintes. La roche est composée de 30% de feldspaths potassiques, de 35% de plagioclases et d'environ 35% de quartz, dont la quantité peut passablement varier. On note une légère séricitisation des feldspaths ainsi que la présence (1%) d'opakes, probablement de la magnétite.

GNEISS FELSIQUE

Cette unité n'affleure que dans la partie centre-sud de la région. Son épaisseur est d'environ 250 m. La roche, de texture typiquement gneissique, montre un rubanement large (quelques mètres à 20 cm) dont la composition semble homogène contrairement au gneiss rubané. Sa couleur est uniforme gris beige à gris bleuté. Les yeux de feldspaths qu'elle contient atteignent facilement 2 cm de longueur dans une matrice beaucoup plus fine (1 à 2 mm). La roche renferme 60 à 70% de plagioclases (avec toute une variété de textures symplectiques), 8 à 10% de feldspaths potassiques (formant souvent des porphyroblastes), 10% de quartz et de 12% d'hypersthène légèrement pléochroïque.

ROCHES MÉTASÉDIMENTAIRES

Ces roches comptent pour moins de 10% des affleurements de la région. Elles sont partout en contact franc avec l'orthogneiss noritique sur lequel elles semblent reposer. Elles forment de minces bandes d'environ 10 m de largeur dans les tiers est et ouest de la région. Ces minces bandes s'amincissent à plusieurs endroits, formant ainsi des boudins ou des lentilles dans l'orthogneiss noritique (voir figure 9). Cette unité, moins résistante que les autres, forme très souvent de petites vallées étroites que l'on peut suivre sur d'assez longues distances sans y voir d'affleurement.

Cette unité se divise en trois sous-unités principales: une roche siliceuse (quartzite), une roche carbonatée (marbre et roche calco-silicatée) et une roche alumineuse (roche à sillimanite ou disthène).

La roche siliceuse comprend un quartzite à grain moyen et un autre plus résistant à grain très fin (méta-

chert). Elle a une teinte généralement gris pâle et prend souvent une couleur rouillée en surface. Elle se présente généralement en minces bandes (6 à 7 cm) dont la composition est en général celle d'un quartzite impur: quartz (60%); plagioclase (15%); grenat (10% et plus); graphite (15% par endroits); pyrite et pyrrhotine (traces). Elle est le plus souvent associée aux autres roches métasédimentaires.

Les roches carbonatées, peu représentées dans la région, sont en général associées au quartzite. Elles ont une teinte blanchâtre à gris pâle. Ce type de roche affleure surtout dans la partie ouest de la région (localité-type) où il a la composition d'un marbre impur (quartz et calcite) et est toujours associé au quartzite (le contraire n'est pas toujours vrai). Giesbrecht (1978) décrit une roche calco-silicatée, que nous avons observée dans un sondage implanté au centre-sud de la région. Cette roche, qui contient autant de calcite que de quartz, correspond vraisemblablement à la même unité.

La roche alumineuse pourrait être décrite à certains endroits comme un quartzite impur à forte concentration de sillimanite (Kish, 1968) ou de disthène. A certains endroits, cette concentration peut atteindre 30% et plus.

A la localité-type, nous avons trouvé de gros agrégats de disthène atteignant quelques centimètres de diamètre (figure 3). En lame mince, le disthène (> 50%) est associé à la biotite (7 à 10%) et au grenat (20%), le reste étant constitué de plagioclase. Le quartz est subordonné.

Une bande felsique à pyroxènes (orthopyroxènes et clinopyroxènes) contenant du grenat et pouvant contenir du graphite marque, dans certaines zones, le contact entre les métasédiments et l'orthogneiss noritique. Cette bande

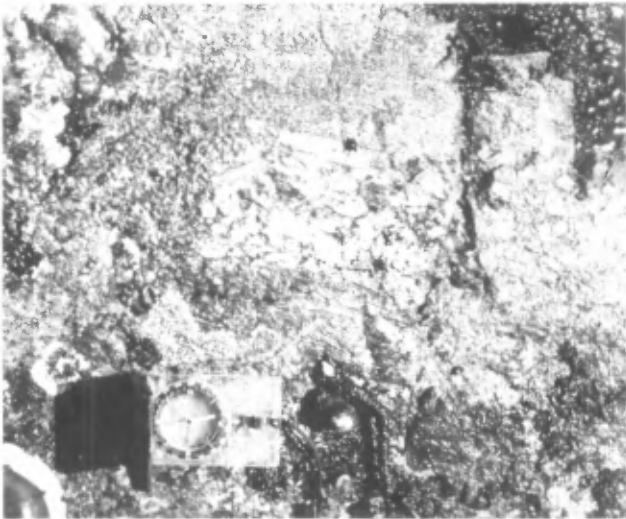


FIGURE 3 - Agrégats de disthène.

peut facilement être confondue avec l'orthogneiss noritique, le contact entre les deux étant diffus. Cette roche prend à certains endroits la couleur blanchâtre typique des roches à feldspaths très altérés.

Les roches métasédimentaires contiennent par endroits de la pyrite et de la pyrrhotine dissimulées, ainsi que du graphite, parfois en quantité importante (30%). Les niveaux graphiteux constituent de bons conducteurs électromagnétiques, parfois difficiles à distinguer des conducteurs associés aux gîtes de cuivre-nickel-cobalt.

PYROXÉNITES

Cette unité affleure dans la partie centre-sud de la région; elle se retrouve aussi dans la partie centrale sous forme d'inclusions dans l'orthogneiss noritique. Ces inclusions, rondes ou ellipsoïdales, varient de quelques centimètres à plusieurs mètres de diamètre. Giesbrecht (1978) a décrit des échantillons de même type provenant de sondages recoupant un des indices minéralisés de la zone 4 (voir **Géologie économique**). Ces échantillons sont essentiellement composés de py-

roxènes (70 à 90%) le reste étant surtout du plagioclase, avec plus ou moins de magnétite et de sulfures.

ORTHOGNEISS NORITIQUE

Kish (1968) a décrit cette unité comme étant un gabbro granulitique; Murtaugh (1976) a estimé qu'il s'agissait plutôt d'un métagabbro; quant aux géologues de la compagnie Hudbay, qui ont oeuvré dans la région en 1977, 1978 et 1979, ils ont employé le terme de norite. Pour notre part, nous utilisons le vocable d'orthogneiss noritique (Plante, 1982) car nous le croyons plus conforme au caractère à la fois igné et métamorphique de la roche. Celle-ci, la plus importante de la région, forme au moins 80% des affleurements. On la retrouve dans les parties est et ouest de la région de même qu'au centre où elle est interlitée entre les différents gneiss et le granite.

L'orthogneiss noritique forme de grands affleurements homogènes, de textures massive à gneissique. C'est dans le centre de la région, près des indices minéralisés, qu'il présente le plus de variations. On y rencontre, plus particulièrement au sud du lac en forme de U, des textures à grains fins, moyens et grossiers, des textures pegmatitiques et des textures gneissiques (figure 4).

L'orthogneiss noritique est en général gris foncé et de grain moyen à grossier. Il présente une texture poivre et sel typique formée par les pyroxènes et les plagioclases. Ceux-ci sont calciques ($AN > 40$) et constituent entre 45 et 60% de la roche. Les pyroxènes (orthopyroxènes et clinopyroxènes) comptent pour 40 à 55% de la roche. L'orthogneiss peut contenir 10 à 15% de magnétite par endroits. Il n'est pas rare d'y observer 10% de grenat, surtout près des zones de mylonites ou près des contacts avec les métasédi-



FIGURE 4 - Orthogneiss noritique présentant une texture à grains grossiers et une texture pegmatitique.

ments (indiquant un enrichissement en aluminium).

L'orthogneiss noritique et la pyroxénite sont les roches hôtes des minéralisations sulfurées de cuivre-nickel et cobalt dans la région (voir *Géologie économique*).

GRANITE À HYPERSTHÈNE

Cette roche ainsi nommée par Kish (1978), affleure dans le centre-sud de la région où elle forme une bande nord-sud d'environ 100 m de largeur. Elle possède une gneissosité due à l'alternance de bandes riches et pauvres en grenat. Cette unité affleure également à l'extrémité est de la région, où elle possède les mêmes caractéristiques, et à l'extrémité ouest, où elle a un aspect plus massif et semble avoir un contact intrusif dans l'orthogneiss noritique. En surface, la roche prend une teinte grisâtre à beige, tachetée de rouge; en cassure, elle devient plus bleutée, légèrement verdâtre. Elle est composée de 40 à 50% de quartz, de 30 à 40% de feldspath (dont environ la moitié est potassique), de 20% de gre-

nat, de 2 à 3% d'orthopyroxène (hypersthène) et d'un peu de biotite.

DYKES DE DIABASE

Un faisceau de dykes de diabase recoupe les roches précédentes. Ces dykes, qui ont en moyenne 2 à 3 m de largeur, ont une orientation E-W à NW-SE. Ils sont souvent associés, surtout dans le centre de la région, à un réseau de failles de direction NW-SE. Ils sont en général de couleur sombre et de grain fin à aphanitique.

MÉTAMORPHISME

Selon Kish (1968) et Murtaugh (1976), le métamorphisme a atteint le faciès des granulites. La caractéristique principale de ce faciès métamorphique est l'apparition à l'échelle régionale de l'assemblage orthopyroxène-clinopyroxène-feldspath-grenat dans les roches de composition adéquate (Winkler, 1976). Selon Kish et Murtaugh l'assemblage typique de ce niveau métamorphique sur le Haut Plateau de la Manicouagan est celui de l'orthogneiss noritique composé de diopside-hypersthène-labradorite, avec plus ou moins de grenat (tableau 2).

Pour notre part, nous avons trouvé à certains endroits (voir localité type) du disthène, ce qui indique un métamorphisme de haute pression. Kish a mentionné la présence d'une unité à sillimanite dans la région mais le fait de retrouver de la sillimanite ou du disthène ne change en rien le caractère granulitique du Haut Plateau de la Manicouagan.

Les textures dans les différentes unités du Haut Plateau sont généralement caractéristiques de ce faciès métamorphique. Elles sont granoblastiques, mylonitiques et flaser. Il existe une extinction roulante généralisée.

TABLEAU 2 - Compositions modales de l'orthogneiss noritique (Murtaugh, 1976).

Echantillons	K-4-3 ^a	K-4-6 ^a	L-52-6 ^a	12B1 ^b	13 x 4 ^c	Moyenne
Minéraux						
Plagioclase	46	38	41	60	28.8(An54)	42.8
Orthopyroxène	28	17	20	16	53.6	26.9
Clinopyroxène	17	16	35	19	17.1	20.8
Grenat	--	11	--	--	--	2.2
Minéraux	4	15	2	5	--	6.5
Produits d'altération	5	3	2	--	--	

a : Kish (1965); b : Bassaget (1968); c : Murtaugh (1976)

Nous avons observé localement des évidences de rétro-métamorphisme (figure 5), telles le remplacement des pyroxènes par des amphiboles. L'apparition de biotite reflète également ce phénomène.

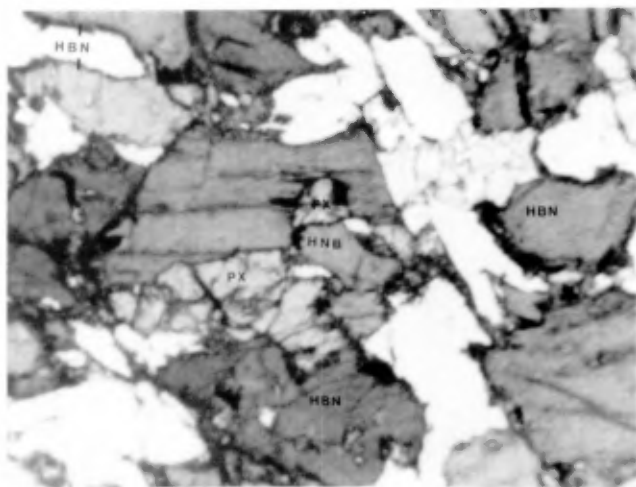


FIGURE 5 - Phénomène de rétro-métamorphisme: la hornblende verte remplace les pyroxènes (PX)

TECTONIQUE

Le patron structural du Haut Plateau de la Manicouagan est difficile à reconnaître en raison de différents facteurs tels que la tectonique polyphasée, un niveau de métamorphisme ré-

gional élevé (incluant une recristallisation) et l'intrusion de roches ignées. Il y a aussi la possibilité (Murtaugh, 1976) d'un impact météoritique, dont témoignerait la Structure de Manicouagan. Néanmoins, il n'est pas impossible de retrouver dans la province de Grenville des horizons marqueurs (Gauthier, 1981) qui permettent d'identifier les différentes phases de déformation. Sur le Haut Plateau de la Manicouagan, nous avons utilisé les roches métasédimentaires, parfois les gneiss rubanés, à de telles fins. Quoique nous n'ayions pas identifié d'horizon repère dans l'orthogneiss noritique, nous avons réussi à y trouver les mêmes indications de déformation que dans les formations susmentionnées.

L'orientation générale des couches dans la région est nord-sud et les pendages sont en général subverticaux. La région a connu au moins trois phases de déformation: une phase isoclinale, antérieure à deux phases, perpendiculaires l'une à l'autre, qui ont engendré un style tectonique en dômes et bassins.

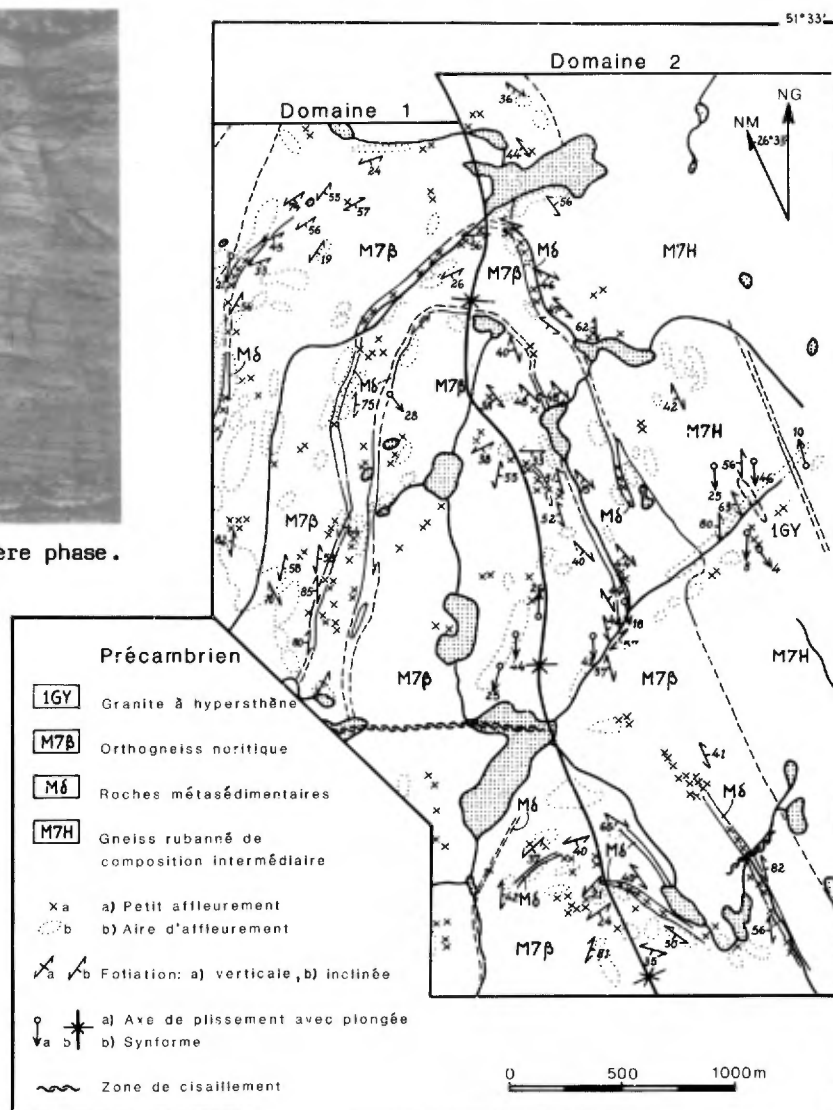
De façon générale, les différents types de gneiss apparaissent dans le centre de la région, où ils forment un dôme structural, alors que l'orthogneiss noritique, sur lequel repose les minces bandes de roches métasédimentaires, se situe de part et d'autre des gneiss, dans des bassins structuraux.

La première phase de déformation, de beaucoup plus importante que la seconde, a produit des plis isoclinaux très serrés. Elle se reconnaît bien dans les roches métasédimentaires et les gneiss (figure 6). La deuxième phase qui a repris la première, a un style beaucoup plus ouvert (figures 7 et 8); elle a produit de grands synformes et antiformes d'une longueur d'onde de 3 à 4 km. Les roches métasédimentaires montrent un étirement évident ca-



FIGURE 6 - Plis isoclinaux de la première phase.

FIGURE 7 - Plis ouverts de la deuxième phase.



ractérisé par du boudinage sur des plis de la deuxième phase (figure 9). Nous croyons que les deux phases sont coaxiales, la première plongeant selon les flancs de la seconde. La troisième phase, perpendiculaire à P_2 , a donné un style en dôme et bassin. Notons ici que plusieurs géologues ont pensé antérieurement que le bassin structural dans le tiers est de la région est un lopolithe.

La partie centrale de la région est fortement mylonitisée. Une faille

senestre importante, soulignée par l'emplacement du bras est du lac en forme de U, traverse du sud-ouest au nord-est le tiers est de la région. La branche ouest du même lac en U, représenterait également une faille de direction nord-ouest. D'autres zones de mylonites, conjuguées à la première faille, ont été cartographiées près des indices minéralisés. Ces zones semblent avoir joué un rôle mineur dans la remobilisation des sulfures (voir **Géologie économique**). A cet endroit, un réseau de dykes de diabase est associé

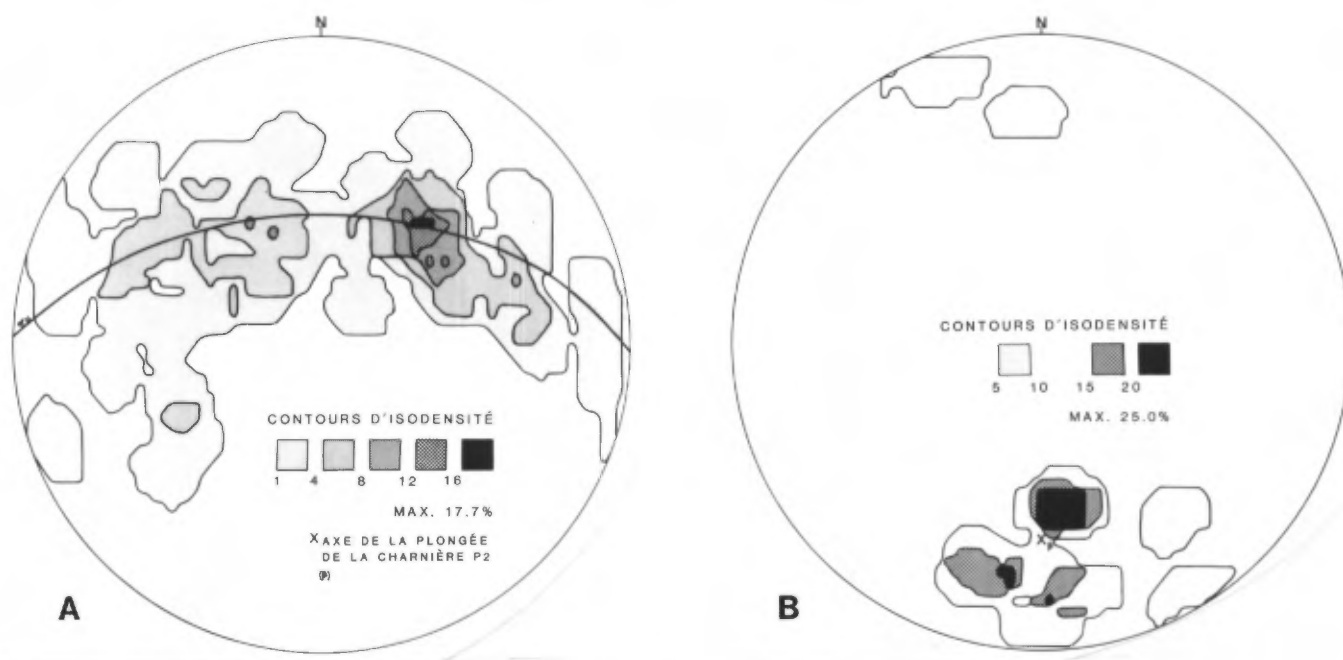


FIGURE 8 - Projections stéréographiques. Méthode Schmidt (surface de projection égale).
A- Foliations, domaines 1 et 2, 62 pôles
B- Linéations, domaines 1 et 2, 12 mesures



FIGURE 9 - Etirement et boudinage dans les roches sédimentaires.

aux mylonites. De plus, nous avons trouvé près de l'indice de la zone 2 une brèche tectonique associée à ce réseau (figure 10).

Cette tectonique polyphasée (plis



FIGURE 10 - Brèche tectonique associée au réseau de dykes de diabase et de mylonite.

isoclinaux serrés repris par une deuxième phase plus ouverte) est répandue dans toute la Province du Grenville (Winne-Edwards, 1972). Elle a été reconnue tant au sud (par Gauthier, 1981 et Morin, 1982) qu'au nord de la Pro-

vince de Grenville, près de notre région, où l'exploration pour les gisements de fer dans la région du lac Jeannine (près de Gagnon), a mis au

jour, d'excellentes coupes décrites par Clark (1977), reflétant le même style tectonique que celui que nous pensons reconnaître dans notre région.

GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE

La Compagnie minière Québec Cartier Ltée a effectué des levés géophysiques (électromagnétismes et magnétismes) et géochimiques en 1960 et des sondages en 1960 et 1961 (Morin, 1971). La compagnie Dynamic Mining Ltd. a effectué en 1971 un levé géophysique héliporté (électromagnétisme et magnétisme) dans le cadre d'une prospection pour le cuivre, le nickel et le cobalt (Morin, 1971). Elle a implanté une vingtaine de forages sur les principaux conducteurs électromagnétiques décelés. Ces forages ont permis de mettre au jour une minéralisation cupro-nickélfère et cobaltifère au centre de notre région, dans un bassin structural tout près du contact avec le dôme structural (voir Tectonique).

DESCRIPTION DES INDICES

Pour faciliter la localisation et la description des indices, nous les avons séparés en zones numérotées 1 à 6 (voir carte). Les principaux indices de cuivre-nickel-cobalt de la région sont localisés le long d'une bande nord-sud, de 2.5 km de long. Des forages effectués par la compagnie Hudbay Mining Ltd. ont révélé un alignement stratoïde de petites lentilles de sulfures massifs ou semi-massifs. Ces lentilles d'une épaisseur variant de quelques centimètres à environ 1.4 m semblent s'étendre sur plusieurs mètres.

Les teneurs en cuivre et en nickel varient en moyenne entre 0.3% et 1.2%, la teneur moyenne en cobalt étant de 0.01% (Giesbrecht, 1978); le rapport Ni:Cu est d'environ 1:1. Un conducteur

électromagnétique coïncide avec ce cha- pelet de lentilles. En repérant ce conducteur au sol avec un appareil de type EM 16, nous avons pu cartographier en détail cette zone et c'est ainsi que nous avons découvert un nouvel indice, celui de la zone 1 (voir carte) en continuité avec cette bande conductrice. Il s'agit ici de sulfures disséminés dont un échantillon choisi (No 82-2700; voir annexe) a donné les valeurs suivantes: 0,32% Ni, 0,29% Cu, 0,03% Co.

Tous les indices des zones 1 à 6 sont associés à l'orthogneiss noritique et aux lentilles de pyroxénite qui s'y trouvent. En effet, Giesbrecht (1978) décrit, à partir d'échantillons de sondages (que nous avons pu observer) provenant des indices de la zone 4, des horizons de pyroxénite ayant un contact graduel avec l'orthogneiss noritique. C'est ainsi qu'il décrit dans le forage No. 10 (1978) une pyroxénite d'au moins 15.8 m d'épaisseur ayant un contact supérieur graduel avec l'orthogneiss noritique (le contact inférieur n'est pas connu, le forage se terminant dans la pyroxénite). L'occurrence de ces horizons de pyroxénite dans les forages est tout à fait en accord avec notre cartographie. Ces horizons se situent en ligne directe avec ceux que nous avons découverts dans la partie centre sud de notre région.

Nous avons observé à l'indice de la zone 2 une injection de sulfures massifs sous forme d'amas dans l'orthogneiss noritique (figures 11 et 12). Cette injection de matériel sulfuré

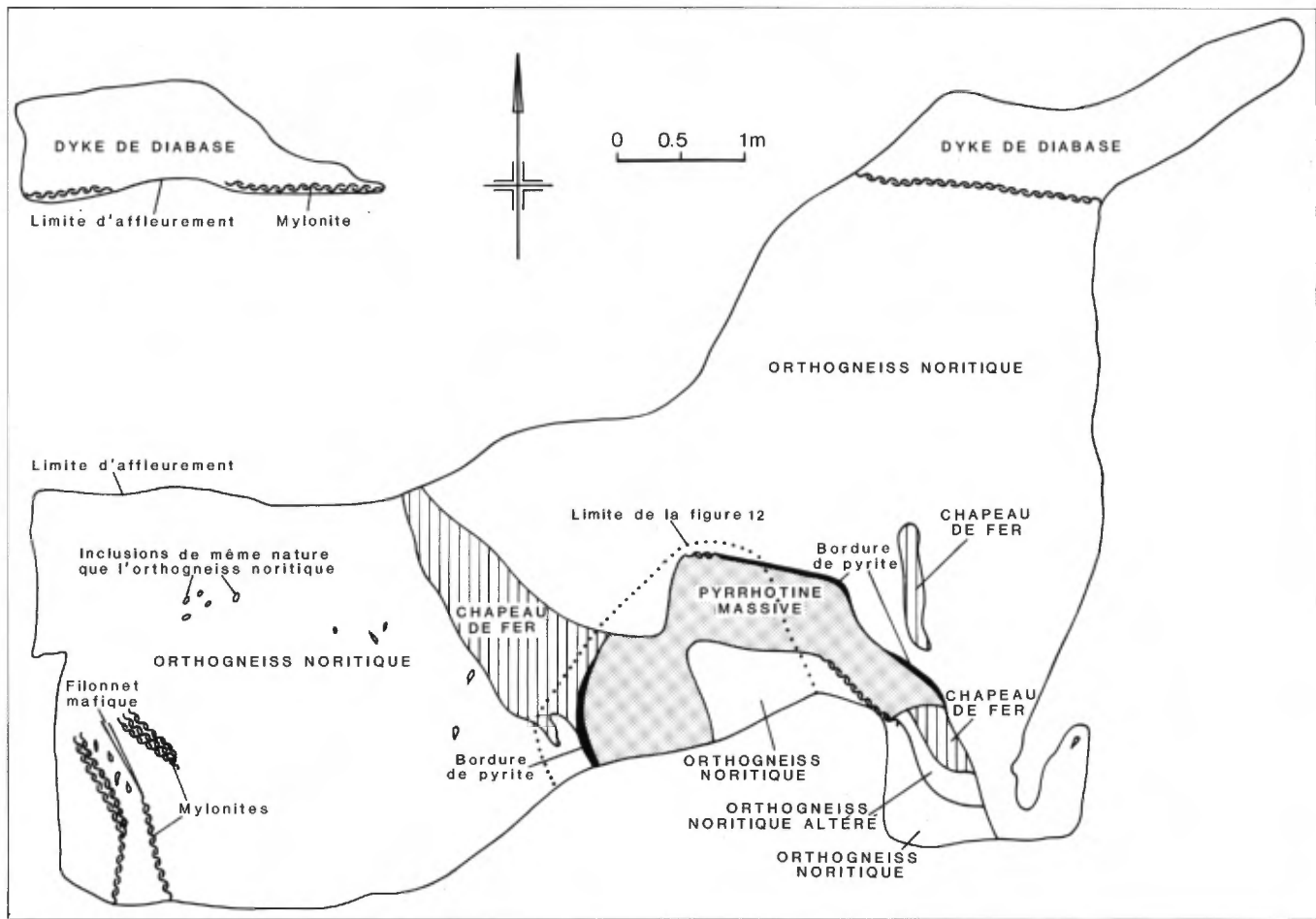


FIGURE 11 - Indice de la zone 2. Anas de sulfures injecté dans l'orthogneiss noritique.

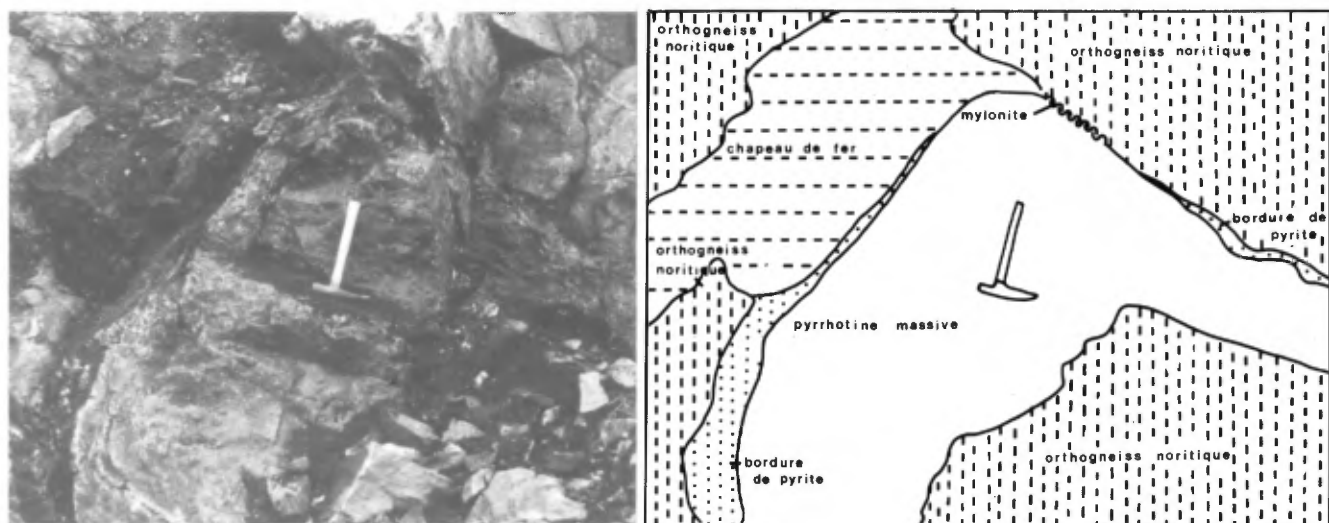


FIGURE 12 - Relation de la minéralisation avec la roche-hôte.

s'est faite dans un plan de fracture relié au réseau associé aux dykes et aux mylonites. Giesbrecht (1978) décrit plusieurs veines de sulfures massifs dans les indices du secteur nord de la zone 4. Celles-ci semblent également reliées au même réseau de dykes et de mylonites.

Un important chapeau de fer semble être associé à l'indice de la zone 5. Le dynamitage effectué par la compagnie Hudbay Ltd. n'a pas réussi à mettre à jour la roche fraîche. Ce chapeau est constitué par un conglomérat à matrice de limonite et de goethite.

Cette même compagnie a implanté un forage à quelques dizaines de mètres au sud-ouest du chapeau de fer. Ce forage a recoupé des sulfures (15 à 20%) dans l'orthogneiss noritique à une profondeur de 38.6 m.

L'assemblage sulfuré sur le Haut Plateau de la Manicouagan est constituée de pyrrhotine, de pyrite, de chalcopryrite et de pentlandite (ce dernier minéral n'étant visible qu'au microscope). Il comprend de la magnétite par endroits mais celle-ci semble être plus abondante dans la roche encaissante. La minéralisation se présente sous formes massive, semi-massive et disséminée (en gouttelettes) de même qu'en veines et veinules (figure 13). Elle est le plus souvent associée à la phase mélancroate de l'orthogneiss noritique, c'est-à-dire qu'elle apparaît plus souvent associée aux pyroxènes qu'aux plagioclases (figure 14).

La **pyrrhotine**, le minéral le plus important de l'assemblage, forme en général de larges grains xénomorphes très altérés montrant parfois des flancs de séparation typiques. Elle possède parfois un magnétisme. La **chalcopryrite**, toujours xénomorphe, occupe le plus souvent une position interstitielle. Sa couleur est jaune mé-

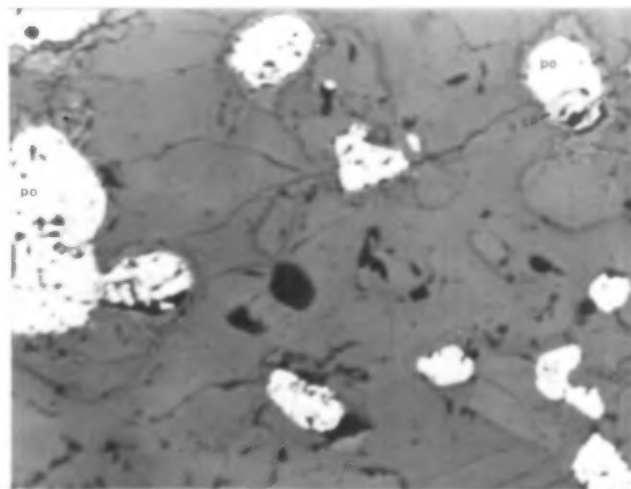


FIGURE 13 - Sulfures disséminés dans l'orthogneiss noritique; chalcopryrite (CP) en gouttelettes. Noter la frange de réaction autour des sulfures.

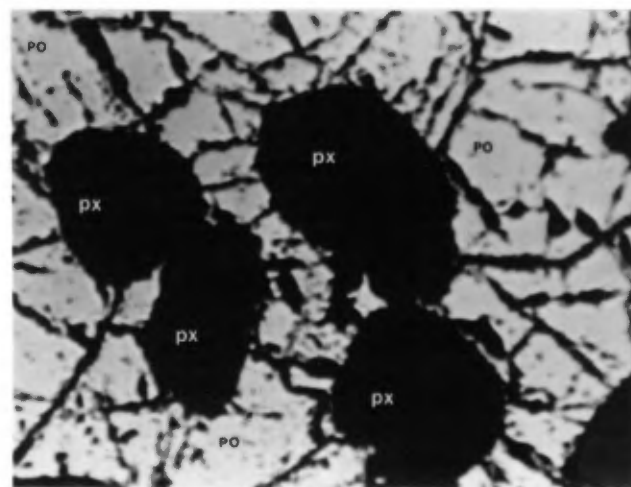


FIGURE 14 - Pyrrhotine (PO) dans laquelle flottent quelques grains de pyroxènes (PX). Noter la forte altération de la pyrrhotine.

tallique typique. Elle entoure généralement la pyrite (texture que l'on peut observer en échantillon mégascopique). La pyrite est porphyroblaste et est toujours automorphe, indiquant ainsi une recristallisation. De plus, le fait qu'elle contienne très souvent, de façon poéciloblastique, de la chalcopryrite, de la pyrrhotine ainsi que des minéraux de gangue favorise cette hypothèse (figure 15). La pentlandite,

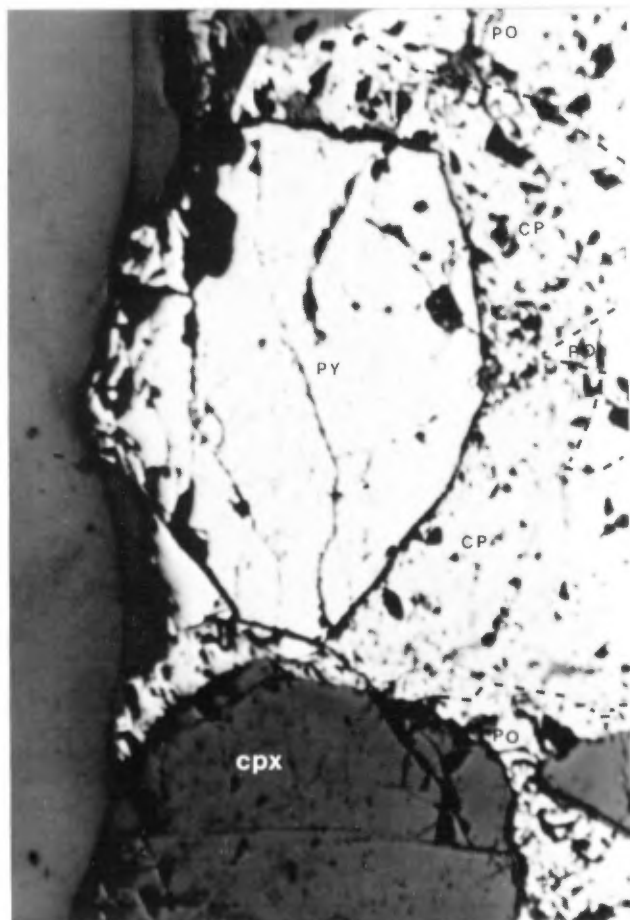


FIGURE 15 - Pyrite (PY) entourée de chalcopyrite xénomorphe (CP), elle-même entourée de pyrrhotine (PO). Noter également un clinopyroxène associé aux sulfures (x56).

d'une couleur jaune pâle crèmeuse, est toujours en association avec la pyrrhotine. Elle est soit en exsolution dans cette dernière ou en petits grains plus ou moins arrondis autour de la pyrrhotine après exsolution (figure 16). Ces textures se retrouvent de façon typique dans le complexe noritique de Sudbury (Hawley, 1962). La **magnétite** en grains arrondis à subautomorphes, est d'un gris moyen. Il est courant d'y observer des exolutions d'ilménite sous forme de lamelles. Elle apparaît le plus souvent dans la phase silicatée plutôt que dans la phase sulfurée. Nous ne connaissons pas encore dans quelles phases sulfurées se situe le cobalt.

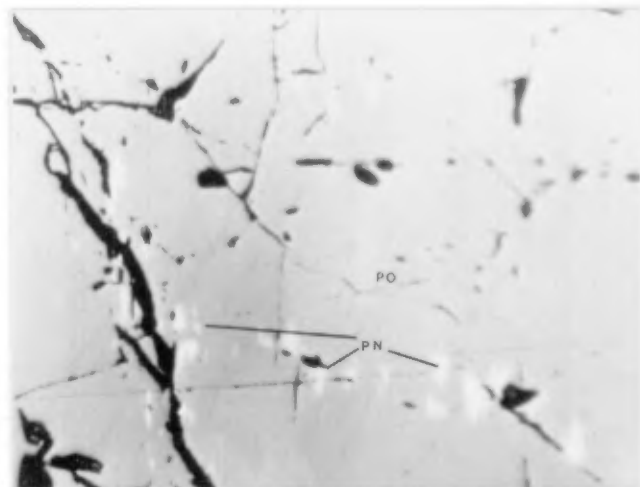


FIGURE 16 - Exsolution (en flamme) de la pentlandite (PN) dans la pyrrhotine (PO). La pentlandite migre vers les zones de fractures de la pyrrhotine.

Un examen à la microsonde électronique devrait prochainement nous permettre d'éclaircir cette question.

TEXTURES MÉTAMORPHIQUES DANS LES AMAS DE SULFURES MASSIFS

La plupart des textures, sinon toutes, sont caractéristiques d'un amas de sulfures massifs métamorphisés (Craig & Vaughan, 1981; Vokes, 1969; Lawrence, 1972; Mookherjee & Suffel, 1968; Wakefield 1976). La première évidence est un accroissement général de la grosseur des grains et la formation de joints triples à 120° (figure 17). Giesbrecht (1978) a rapporté des grains de pyrite de 4 à 6 cm dans la zone 4. Kalliokoski (1965) a trouvé à Ducktown, dans des amas de sulfures massifs métamorphiques, des grains cubiques de pyrite atteignant 30 cm de longueur dans une matrice à grains fins de pyrrhotine. La texture métamorphique la plus fréquemment rencontrée consiste en porphyroblastes de pyrite secondaire, de forme cubique, entourés par la chalcopyrite, elle-même souvent entourée par la pyrrhotine (figure 15). Tel que démontré de façon expérimentale par

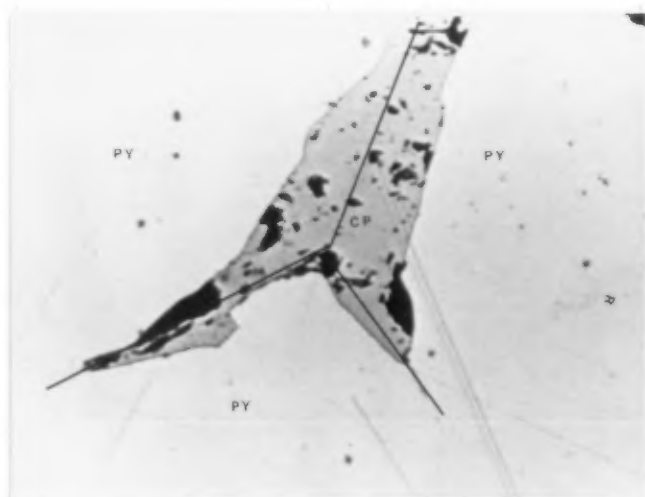


FIGURE 17 - Chalcopyrite (CP) définissant les pourtours d'une pyrite recristallisée (environ 120°)

Kelly & Clark (1975), le fluage de la chalcopryrite et de la pyrrhotine augmente considérablement avec la température (figure 18 et 19). Nous avons trouvé plusieurs textures reflétant des réactions entre les sulfures et les silicates (figure 20; Kullerud & Yoder, 1963; Mookherjee, 1976; McDonald, 1967).

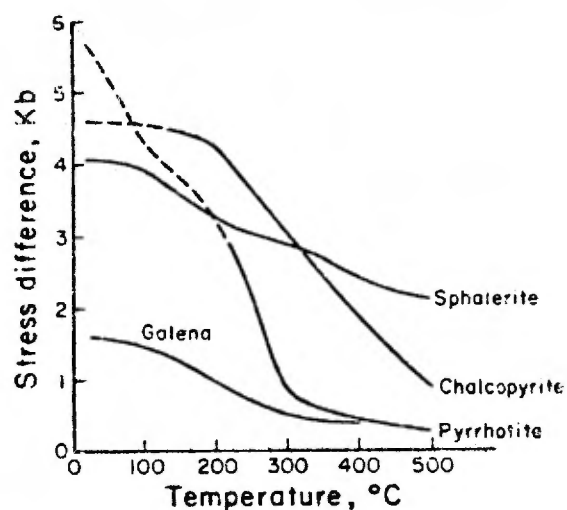


FIGURE 18 - Taux de formation de sulfures en fonction de la température. D'après Kelly & Clark (1975).

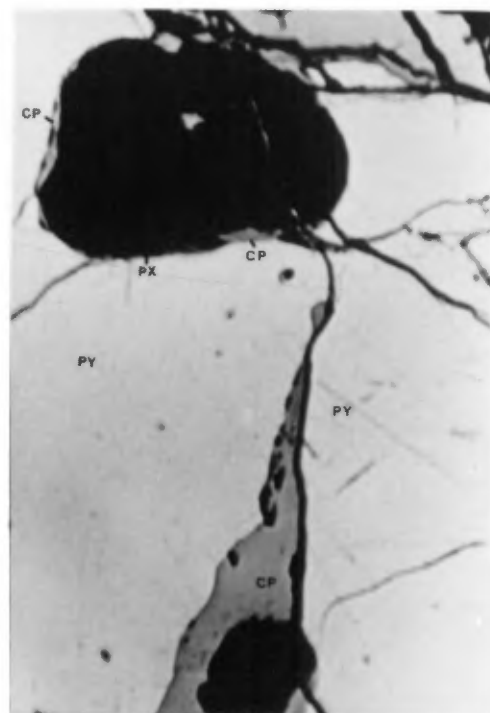


FIGURE 19 - Chalcopyrite (CP) très mobile venant se déposer autour d'un pyroxène (PX) et s'infiltrer dans les fractures de la pyrite (PY).

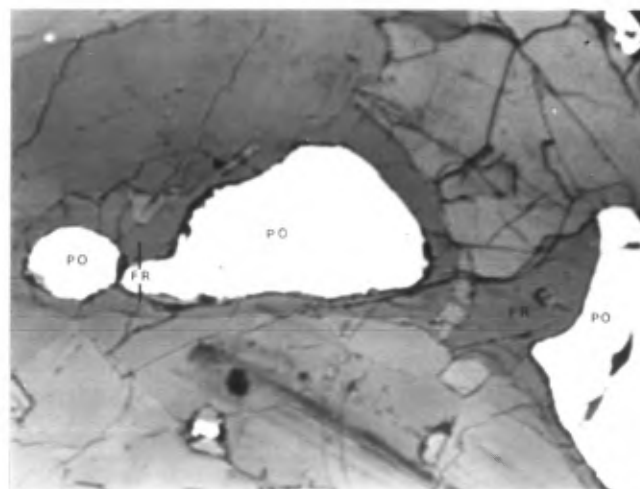


FIGURE 20 - Frange de réaction (F.R.) entre sulfures (PO) et silicates. Noter les macles de plagioclases au bas de la photo.

CONCLUSION

La minéralisation cupro-nickélique et cobaltifère de la région semble être du type magmatique classique. Nos premières observations de terrain portent à croire que les gîtes stratoïdes du Cu-Ni-Co sont associés à un niveau particulièrement mafique de l'orthogneiss noritique, comme peut en témoigner la présence d'horizons de pyroxénite (Plante, 1982).

Le principal facteur contrôlant la minéralisation est le chimisme de la roche initiale (maintenant devenue l'orthogneiss noritique), favorisant l'immiscibilité de deux liquides, l'un silicaté et l'autre sulfuré. Selon la classification de Naldrett (1981), le type de minéralisation sur le Haut Plateau de la Manicouagan serait dans la classe suivante:

Intrusion dans une région cratonique, d'un large complexe lité sans relation avec des coulées basaltiques, n'ayant pas de litage répétitif, dont l'exemple type est le gisement de Sudbury au Canada.

Le deuxième facteur important est celui de la tectonique polyphasée. Le rôle local de cette tectonique est relativement mineur: elle a, par endroits, engendré une injection des sulfures dans des zones de fracture. Son rôle régional est plus important; elle serait responsable du style en dôme et bassin qui a mis au jour une partie plus basale de ce complexe présumément d'origine ignée. Notons ici que les géologues de la compagnie Hudbay Mining Ltd croyaient que ce bassin est un lopolithe alors qu'il s'agit d'un bassin strictement structural.

RÉFÉRENCES

BASSAGET, J.-P., 1977 - Région des Monts Manicouagan. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP-459.

BÉRARD, J., 1962 - Étude géologique sommaire le long des lacs Manicouagan et Mouchalagane. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-489.

CLARKE, P.J., 1977 - Région de Gagnon/Gagnon area. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RG-178.

CURRIE, K.L., 1972 - Geology and petrology of the Manicouagan resurgent caldera, Québec. Commission géologique du Canada; Bulletin 198.

FRANCONI, A.- SHARMA K.M.N. - LAURIN, A.F., 1969 - Région des rivières Betsiamites et Moisie/Betsiamites (Ber-

simis) and Moisie Rivers area. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RG-162.

GAUTHIER, M., 1981 - Métallogénie du zinc dans la région de Maniwaki. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DPV-753.

GIESBRECHT, K. (Hudbay Mining Ltd), 1978-79 - Assessment report on diamond drilling on claims 364859-3, 364859-4, township 1853. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; GM-33555.

GROSS, G.A. et al, 1972 - Les gisements de fer du Labrador et du Québec septentrional. 24^e Congrès géologique international, Montréal, Québec; A-55.

- HAWLEY, J.E., 1962 - The Sudbury ores: their mineralogy and origin. Mineralogical Association of Canada.
- KALLIOKOSKI, J., 1965 - Metamorphic features in North American massive sulfide deposits. *Economic Geology*; 60, pages 485-505.
- KELLY, W.C. - CLARK, B.R., 1975 - Sulfide deformation studies -III: experimental deformation of chalcopyrite to 2000 bars and 500°C. *Economic Geology*; 70, pages 431-453.
- KISH, L., 1968 - Région de la rivière Hart Jaune/Hart Jaune River area. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RG-132.
- KULLERUD, G. - YODER, H.S., 1963 - Sulphide/Silicate relations. Carnegie Institution of Washington; Yearbook 1962-1963, pages 215-218.
- LAWRENCE, L.J., 1972 - The thermal metamorphism of a pyritic sulfide ore. *Economic Geology*; 67, pages 487-496.
- MCDONALD, J.A., 1967 - Metamorphism and its effects on sulphide assemblages. *Mineralium Deposits*; 2, pages 200-220.
- MOOKHERJEE, A., 1976 - Ores and metamorphism: temporal and genetic relationship. IN *Handbook of stratabound and stratiform ore deposits* (K.H. Worlf, éditeur). Elsevier; 4, pages 203-260.
- MOOKHERJEE, A. - SUFFEL, G.G., 1968 - Massive sulfide - Late diabase relationship, Horne mine, Québec: genetic and chronological implications. *Journal canadien des Sciences de la Terre*; volume 5, pages 421-432.
- MORIN, G., 1982 - Métallogénie de la région de Montauban. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 82-12.
- MORIN, M., 1971-Rapport pour la Dynamic Mining Exploration Ltd. - Gagnon copper-nickel project, Saguenay county, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; GM-29923.
- MURTAUGH, J.C., 1976 - Manicouagan impact structure. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-432.
- MURTAUGH, J.C. - CURRIE, K.L., 1969 - Preliminary study of Manicouagan structure. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-583.
- NALDRETT, A.J., 1981 - Nickel sulfide deposits: classification, composition and genesis. *Economic Geology*; 75th Anniversary volume, pages 628-685.
- PLANTE, L., 1982 - Etude métallogénique des indices de cuivre-nichel-cobalt dans la région de la rivière Hart Jaune. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 82-15.
- TREMBLAY, R.L., 1976 - Géochimie des sédiments de ruisseau: région du lac Joyel/Stream sediments geochemistry: Joyel Lake area. Ministère des Richesses naturelles, Québec; ES-24.
- VOKES, F.M., 1969 - A review of the metamorphism of sulphide deposits. *Earth Science Review*; volume 5, pages 99-143.
- WAKEFIELD, J., 1976 - The structural and metamorphic evolution of the Pikwe Ni-Cu sulfide deposit, Selebi-Pikwe, Eastern Bostwana. *Economic Geology*; volume 71, pages 988-1003.
- WINKLER, H.G.F., 1976 - Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer Verlag, New York - Heidelberg - Berlin; 333 pages.
- WYNNE-EDWARDS, H.R., 1972 - The Grenville Province. Geological Association of Canada; Special paper 11- (25th Anniversary volume).

ANALYSES DE ROCHE POUR LES ÉLÉMENTS MINEURS

N° LABORATOIRE	82-2677	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
DOSAGE	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Ti	0,05	0,16	0,16	0,10	0,10	0,11	0,09	0,18	0,51	0,18	0,11	0,05	0,30	0,14	0,35	0,18
Mn	0,07	0,08	0,12	0,14	0,03	0,36	0,03	0,12	0,23	0,09	0,15	0,08	0,16	0,03	0,06	0,06
Fe t.	7,44	4,80	2,57	5,73	3,64	19,0	3,19	7,36	12,8	2,71	15,1	3,16	7,30	1,46	3,72	3,27
											---	---	---	---	---	---
	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t
Au	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pt	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Cu	180	72	18	27	68	270	87	110	310	60	140	60	110	8	45	66
Zn	58	140	70	56	290	80	69	100	140	65	150	41	110	33	170	150
Pb	<0,5	<0,5	2	5	2	<0,5	0,5	1	<0,5	<0,5	<0,5	5	<0,5	<0,5	<0,5	2
Ni	160	41	24	17	72	210	52	72	140	35	160	83	54	14	50	75
Co	49	18	12	16	19	78	23	43	82	13	55	9	43	7	21	27
Cr	240	63	52	15	67	430	22	48	89	34	520	38	56	43	48	54
V	84	210	59	100	190	150	71	180	350	43	210	50	420	18	120	110
Bi	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
W	1	1	1	<1	<1	2	1	<1	1	<1	1	1	<1	1	<1	<1
Sn	1	<1	<1	<1	<1	1	3	3	2	<1	5	<1	3	<1	4	3
Mo	<3	6	<3	<3	9	<3	6	<3	<3	6	9	6	<3	<3	<3	<3
Be	2	0,5	0,5	0,5	0,5	3	0,5	0,3	<0,3	1	0,8	<0,3	0,5	<0,3	2	<0,3
Ga	17	10	6	2	13	36	14	10	19	8	66	10	15	<2	13	10

N° LABORATOIRE	82-2693	94	95	96	97	98	99	82-2700	01	02	03	04	05	06
DOSAGE	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Ti	0,10	0,06	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,14	0,15	0,11	0,16	0,11	0,13	0,04
Mn	0,06	0,05	0,08	0,06	0,06	0,10	0,04	0,19	0,23	0,13	0,14	0,11	0,11	0,05
Fe t.	4,29	3,12	5,57	9,20	11,2	12,2	6,20	19,6	13,6	7,14	7,36	6,46	5,98	37,5
Cu	---	---	---	0,23	---	---	---	0,29	---	---	---	---	---	2,14
Ni	---	---	---	---	---	---	---	0,32	0,14	---	---	---	---	0,96
Co	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,13
	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t
Au	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,7	0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pt	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Cu	52	25	73	990	150	120	180	---	650	230	270	390	100	---
Zn	150	92	230	75	150	100	120	150	160	120	100	73	75	49
Pb	1	4	1	7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	9	4	2	2	<0,5
Ni	60	10	69	---	150	110	39	---	---	470	620	580	250	---
Co	18	11	25	190	50	48	19	360	160	63	75	70	49	---
Cr	69	36	75	240	70	380	55	490	630	320	320	320	310	120
V	160	56	140	130	62	110	46	110	140	78	68	53	65	31
Bi	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
W	1	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	1	<1	<1	<1	1	<1
Sn	<1	<1	4	4	8	6	4	10	2	4	5	<1	<1	22
Mo	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Be	<0,3	<0,3	0,8	<0,3	3	2	3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Ga	11	13	13	19	44	58	34	7	8	10	10	13	15	3

N° LABORATOIRE	82-2707	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
DOSAGE	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Ti	0,16	0,13	0,09	1,03	0,05	0,65	0,21	0,03	1,56	0,20	0,15	0,10	0,10	0,04	0,10	0,13	0,68
Mn	0,11	0,03	0,09	0,15	0,02	0,10	0,09	0,02	0,09	0,14	0,18	0,12	0,06	0,11	0,08	0,03	0,09
Fe t.	4,65	2,52	6,26	9,28	1,82	4,48	3,10	2,89	7,26	4,64	5,07	2,80	2,88	2,88	12,9	2,18	4,34
	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t
Au	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pt	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Cu	20	130	160	39	45	25	4	41	58	19	100	2	60	160	100	33	42
Zn	140	150	89	130	57	98	43	68	130	120	63	26	35	310	62	42	150
Pb	4	6	9	6	5	10	<0,5	6	2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	48	<0,5	<0,5	3
Ni	7	52	83	11	26	4	5	51	42	9	47	17	45	28	140	35	24
Co	9	16	35	12	10	8	10	16	47	18	41	12	15	8	60	9	15
Cr	11	36	92	29	27	10	57	72	38	32	56	59	37	6	420	44	45
V	37	75	46	180	37	56	40	87	330	78	100	56	210	34	140	34	140
Bi	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
W	<1	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	1	1	1	1	1	<1	<1	1	1
Sn	2	1	3	5	2	3	5	<1	4	3	4	4	3	<1	5	3	4
Mo	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	6	6	<3	<3	<3
Be	0,5	0,5	1	0,5	<0,3	1	<0,3	<0,3	0,5	0,8	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	1	<0,3	<0,3
Ga	29	11	20	21	8	18	7	9	24	16	10	8	3	4	52	3	15