

**ETUDE PETROGRAPHIQUE ET GEOCHIMIQUE
DE L'INDICE RM-NICKEL, ROUYN-NORANDA,
QUEBEC**

par

Michel Gaudreault

**Mémoire présenté dans le cadre du cours
de projet de fin d'études
6SCT604**

Université du Québec à Chicoutimi

Janvier 1990

TABLE DES MATIERES

LISTE DES CARTES, TABLEAUX ET FIGURES.....	II
RESUME	III
INTRODUCTION.....	1
1-GEOLOGIE GENERALE.....	2
1.1-Localisation.....	2
1.2-Géologie locale.....	2
2-PETROGRAPHIE.....	7
2.1-Gabbro.....	7
2.1.1 zone homogène.....	7
2.1.2-zone pegmatitique.....	9
2.2-Volcanites.....	10
2.3-Zones minéralisées.....	11
3-GEOCHIMIE.....	13
3.1-Traitement des données.....	13
3.2-Eléments majeurs et terres-rares.....	14
3.2.1-roches intrusives.....	14
3.2.2-volcanites.....	17
3.3-Eléments du groupe du platine.....	22
3.3.1-gabbro homogène.....	22
3.3.2-gabbro pegmatitique.....	26
3.3.3-volcanites.....	27
3.3.4.-minéralisation.....	27
DISCUSSION.....	32
CONCLUSION.....	34
REMERCIEMENTS.....	35
REFERENCES.....	36

LISTE DES CARTES, TABLEAUX ET FIGURES

Carte 1:	Localisation de l'indice RM-Nickel.....	3
Carte 2:	Indice nord.....	5
Carte 3:	Indice sud.....	6
Tableau 1:	Eléments majeurs en %.....	15
Tableau 2:	Eléments du groupe des terres-rares en ppm.....	15
Tableau 3:	Eléments traces en ppm.....	16
Tableau 4:	Eléments du groupe du platine en ppb.....	16
Fig.1:	Diagramme REE comparatif.....	19
Fig.2a et b:	Cox & al. (1979).....	20
Fig.2c:	Winchester & Floyd (1977).....	21
Fig.3:	Diagramme des champs compositionnels.....	23
Fig.4:	Diagramme EGP du gabbro.....	24
Fig.5:	Diagramme EGP du gabbro pegmatitique.....	24
Fig.6:	Diagramme EGP des volcanites.....	28
Fig.7:	Diagramme EGP de la minéralisation de type I.....	28
Fig.8:	Diagramme EGP de la minéralisation de type II.....	29
Fig.9:	Diagramme EGP de la minéralisation de type III.....	29

RESUME

L'indice RM-Nickel est caractérisé par sa minéralisation riches en EGP.

La minéralisation sous forme de veines, dans une andésite, à proximité d'un contact intrusif avec un gabbro minéralisé. Ce gabbro a une signature tholéïitique, tandis que l'andésite se rapporte au type calco-alcalin. Ceci permet de dire que le gabbro n'est pas syn-volcanique.

La minéralisation dans le gabbro est en l'équilibre avec ce dernier, et constitue la source de la minéralisation. Cependant, l'assemblage minéralogique pyrite-chalcopyrite-millérite suggère qu'elle s'est formée à basse température, i.e. moins de 550°C, donc un processus hydrothermal subséquent aurait affecté cette minéralisation.

Dans les volcanites, la minéralisation se divise en trois types. Le type I est magmatique, le type II est hydrothermal et le type III présente des caractéristiques entre les deux autres. Le modèle de mise en place de cette minéralisation serait le suivant: le type I prend place dans les volcaniques sous forme magmatique, par la suite des fluides hydrothermaux redistribuent les éléments mobiles et forment le type II. Le type III serait donc le résiduel d'un type I ayant subi un lessivage.

INTRODUCTION

L'indice RM-Nickel est situé au contact de volcanites mafiques dans lesquelles s'est mise en place une intrusion gabbroïque. On retrouve plusieurs zones de sulfures massifs et disséminés à l'intérieur des volcanites, dans le périmètre immédiat de l'intrusion.

De nombreux travaux d'exploration ont été réalisés depuis 1947 sur cet indice en raison des teneurs intéressantes en nickel, cuivre et or, mais aucune découverte significative n'a été faite jusqu'à présent. Cependant, l'intérêt s'y est accru suite à la découverte de teneurs intéressantes (dans l'ordre des ppm), en éléments du groupe du platine (EGP).

Des zones minéralisées, sous forme de veines, sont caractérisées par la présence de EGP, ce qui constitue un précédent, car aucun indice de ce genre n'a été documenté jusqu'à présent. Le but de la présente étude est donc de chercher à comprendre comment ces veines se sont enrichies en éléments du groupe du platine.

Le problème sera abordée de la façon suivante:

- 1- décrire la distribution des EGP à travers les différentes lithologies,
- 2- préciser la minéralogie et la géochimie des différentes roches en question (gabbro, volcanites, minéralisation),
- 3-déterminer la composition des magmas présents.

1-GEOLOGIE GENERALE

1.1-LOCALISATION

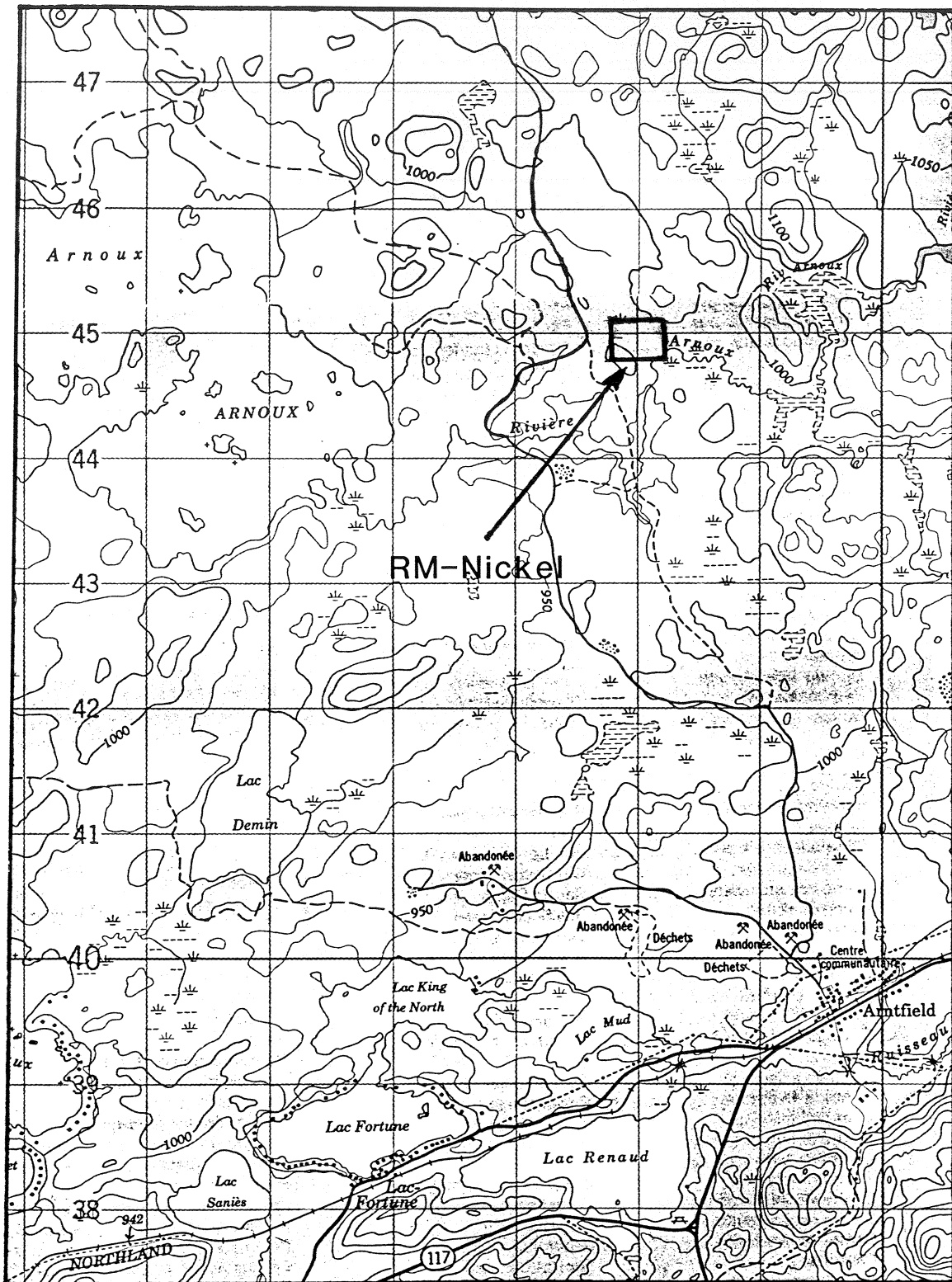
L'indice R.M. Nickel se situe dans le comté de Beauchastel (32D/03-015) à une vingtaine de kilomètres à l'ouest de Rouyn-Noranda (Carte1), plus précisément aux coordonnées UTM (5344980 N, 627770 E). Il fait partie du flanc sud de l'empilement volcanite dômical de Rouyn, et il est constitué principalement de volcanites intermédiaires et de roches intrusives de type Keewatin. Ces dernières appartiennent au Groupe de Black River, d'âge Archéen, et sont métamorphosées au faciès des schistes verts (Fiche de gîte MERQ).

1.2-GEOLOGIE LOCALE

L'indice se divise en deux groupes d'affleurements distants d'une centaine de mètres, soit l'indice nord et l'indice sud (Cartes 2 et 3). Il est composé à la base de volcanites mafiques¹, parfois brèchique dans lesquelles s'est introduite une intrusion mafique² (Robinson 1948). Ces deux lithologies sont recoupées en troisième lieu par un dyke de diabase. Le gabbro se divise en deux lithologies, soit un gabbro dit "homogène" par

¹ Sur les cartes 1 et 2, Tremblay (1988) a cartographié ces roches sous le nom de rhyodacite. D'après les diagrammes pétrochimiques il serait plus exacte de les désigner comme des basalte andésitiques ou andésites.

² Robinson (1948) a cartographié cette roche sous le nom de diorite quartzique. Cependant, à partir de la minéralogie et des analyses chimiques il serait plus exacte de parler de leucogabbro.



Carte 1: Localisation de l'indice

rapport à un autre, pegmatitique, en phase secondaire ou tardive dans le premier. Le gabbro homogène se retrouve sous forme de blocs baignant dans une matrice pegmatitique interstitielle. Ils sont très similaires du point de vue minéralogique, mais le gabbro homogène a une texture ophitique à granulométrie fine, tandis que le second est pegmatitique à granulométrie grossière. On retrouve dans les deux phases de 1 à 10% de minéralisation disséminée, principalement pyrite et chalcopryrite.







L'andésite est homogène, à granulométrie fine et contient du quartz visible mégascopiquement; plusieurs veines et veinules minéralisées la recourent. La minéralisation s'y présente sous forme de zones ou d'amas de sulfures ("poches"), de diamètres variant de un à quatre mètres. La minéralisation est principalement constituée de pyrite et chalcopryrite massives et disséminées. Certains échantillons atteignent jusqu'à 90% de minéralisation.

Carte 2








GÉOLOGIE DE L'INDICE R.M. NICKEL (NORD)
32D/03-015

Par: Christian Tremblay Août 1988

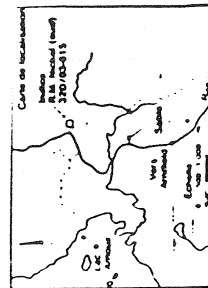
LITHOLOGIE

-  Andésite bréchique
-  Andésite
-  Gabbro
-  Gabbro pegmatitique
-  Zone minéralisée
-  Dyke porphyrique felsique

SYMBÔLES

-  Fractures (Joints)
-  Contact interprété
-  Dyke
-  Zone dynamique
-  Zone cisailée
-  Limite de la zone décapée
-  Limite d'un étang

Echelle
0 1 2 3 4 mètres



Carte 2: Indice nord

GÉOLOGIE DE L'INDICE R.M. NICKEL SUD 32D/03-015

Par: Christian Tremblay Août 1988

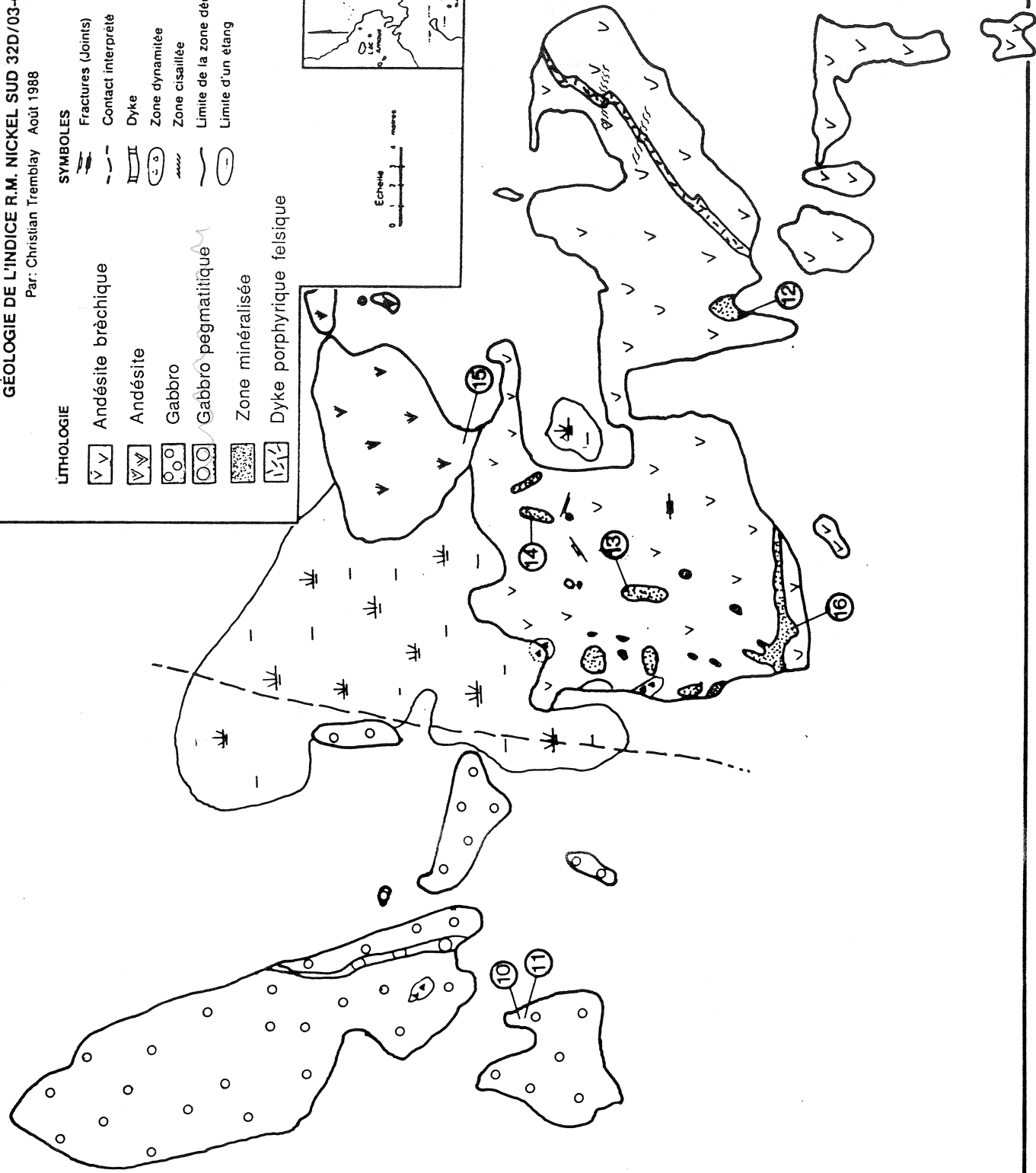
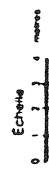
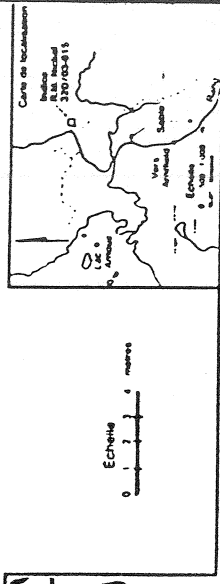
Carte 3

LITHOLOGIE

- Andésite brèche
- Andésite
- Gabbro
- Gabbro pegmatitique
- Zone minéralisée
- Dyke porphyrique felsique

SYMBOLES

- Fractures (Jointis)
- Contact interprété
- Dyke
- Zone dynamitée
- Zone cisailée
- Limite de la zone décapée
- Limite d'un étang



Carte 3: Indice sud

2-PETROGRAPHIE

2.1-GABBRO

Parmi les échantillons RM-2, -8, -9, -10 et -11 recueillis dans le gabbro, seul RM-8 a un degré d'altération assez faible pour permettre une description détaillée de la minéralogie originale. De plus, il est intéressant, car il représente la transition entre les deux zones principales de l'intrusion, soit les zones homogène et pegmatitique. Les autres échantillons sont très fortement altérés, la texture n'est observable qu'en quelques endroits et la minéralogie primaire est masquée par les minéraux d'altération.

2.1.1-Zone homogène

La zone homogène, sur l'échantillon RM-8, est composée de 50 à 60% de plagioclases et de 35% hornblende verte. Le plagioclase est idiomorphe et légèrement altéré(10%) en épidote. La hornblende verte est xénomorphe et altérée en actinote et chlorite à un degré variant du partiel au total. On retrouve aussi de 5 à 10% de calcite comme autre minéral d'altération, tant sur les plagioclases que sur la hornblende, avec lesquels elle présente des contacts nettement pénétrants.

Les grains ont une dimension moyenne de 4 à 6 mm avec bordures et contacts irréguliers interpénétrants produits probablement par l'altération.

La texture est ophitique et elle est particulièrement bien conservée. Mentionnons qu'une grande quantité d'eau et de volatils étaient présents dans le magma lors du refroidissement

comme, en témoigne la phase pegmatitique ce qui suggère que la hornblende serait primaire ou formée par l'altération d'un pyroxène à la fin de la cristallisation.

Les échantillons RM-2, -9, -10 et -11 présentent une granulométrie légèrement inférieure à la précédente et un léger changement de minéralogie causé principalement par une altération plus intense de la roche. La minéralogie initiale est essentiellement la même que RM-8 i.e. 60% plagioclases et 40% de mafiques avec une texture ophitique toujours présente bien qu'elle soit difficilement observable.

La minéralogie d'altération est dominée par l'épidote sur le plagioclase, elle atteint de 60% à 90%, le reste étant muscovite, calcite avec des traces de quartz. La hornblende demeure présente à environ 20% et est principalement altérée par la chlorite et l'actinote avec des traces de calcite.

L'assemblage d'actinote, chlorite, calcite, épidote et muscovite, comme minéraux d'altération secondaire rencontrés dans les différents échantillons, suggère un métamorphisme s'élevant au grade des schistes verts inférieur.

On retrouve de 2% à 10% de minéralisation dans le gabbro. En lumière réfléchie, sur les mêmes sections, cette minéralisation se traduit en moyenne par 70% de pyrite et 20% de chalcopryrite comme phases principales, avec 10% de millérite en phase secondaire. On y retrouve aussi des traces de pyrrhotine et magnétite. Cette minéralisation est répartie aléatoirement sur la section sous forme de plages xénomorphes confinées aux fractures et clivages de certains plagioclases et hornblendes. Elle se retrouve aussi concentrée en plages

interstitielles aux silicates; par endroit elle semble occuper la place d'anciens plagioclases où elle est associée à de l'épidote.

Lorsque les plages sont de l'ordre du demi centimètre, les relations entre celles-ci sont plus facilement observables. La pyrite est hypidiomorphe et présente une forme globulaire donnant une texture particulière (texture "globulaire"). La chalcopyrite est xénomorphe et est interstitielle aux grains de pyrite et de millérite. On la retrouve également dans les fractures et en abondantes inclusions dans ces deux phases. Dans les deux cas, des textures de remplacement de la pyrite par la chalcopyrite caractérisent ces contacts. La relation pyrite-millérite est similaire à celle de pyrite-chalcopyrite, c'est-à-dire une millérite interstitielle à la pyrite. Donc, dans l'ordre apparaissent pyrite, millérite et chalcopyrite. On retrouve aussi, en faible quantité, diverses inclusions de magnétite et pyrrhotine dans les différentes phases.

2.1.2-Zone pegmatitique

La transition de la zone homogène vers la zone pegmatitique s'observe sous trois principaux points soit: la texture, la dimension des grains et le degré d'altération. Pour une composition similaire, la texture devient pegmatitique et les cristaux idiomorphes de plagioclases croissent radialement au contact. La granulométrie moyenne passe de 5 mm à une quinzaine de millimètres de part et d'autre du contact accompagnée d'une augmentation considérable du degré d'altération. Le contact entre les grains devient très irrégulier et très affecté par les minéraux d'altération, toutefois la texture générale y demeure.

La composition initiale, comme dans le cas précédent, demeure 60% de plagioclases et 40% de mafiques. Le plagioclase est complètement altéré en épidote avec un peu de quartz et calcite. On le distingue par sa forme lamellaire. La hornblende ne représente qu'environ 15% du total des minéraux, le reste étant altéré en actinote (20%), chlorite et calcite.

A cette zone pegmatitique se retrouve associée une minéralisation du même type que dans la zone homogène, le pourcentage moyen est de 4% à 5% avec les mêmes proportions de Py, Cpy et Ml.. Cependant la répartition est plus hétérogène, donnant ainsi des proportions extrêmes dépendamment des sections. On y observe les mêmes relations spatiales entre les phases que dans la zone homogène, à savoir: minéralisation occupant les clivages, fractures, textures de remplacement, présence de millérite et plages interstitielles.

2.2-VOLCANITES

L'andésite et l'andésite bréchique sont représentées par les échantillons RM-3, -6 et -15 qui, tout comme ceux du gabbro, sont très mal conservés. Leur minéralogie initiale est dominée par les minéraux d'altération et les textures reliques sont presque inexistantes. En plus d'être l'encaissant de l'intrusion gabbroïque cette roche est l'hôte de différentes zones minéralisées enrichies en cuivre, or, nickel et EGP qui semblent à première vue provenir du gabbro.

On retrouve dans l'andésite environ 45% de minéraux mafiques, 45% de "plagioclases", 10% de quartz ainsi que des reliques suggérant une texture glomérophyrique à fine granulométrie. Le plagioclase est complètement altéré en épidote

avec des traces de muscovite et calcite. La bordure de ces pseudo-plagioclase est très irrégulière mais laisse voir par endroit la forme hypidiomorphe caractéristique de ces cristaux. La partie mafique est constituée de hornblende idiomorphe (15%), chlorite (20%) et actinote(10%).

2.3-ZONES MINERALISEES

Dans les zones minéralisées, la minéralogie de l'encaissant est dominée par la chlorite (30%), la horblende (20%) et le quartz (50%) avec des traces d'épidote. Le pourcentage de minéralisation varie de 30 à 95% dans ces zones.

Les échantillons RM-1, -4, -7, -12, -13, -14, et -16 représentent les principales zones minéralisées de l'indice. Ils se caractérisent par une très bonne consistance de l'un à l'autre et sont similaires du point de vue textural aux échantillons provenant du gabbro. Ils sont composés principalement d'environ 60% de pyrite, 30% de chalcopryrite, 10% de millérite et d'un faible pourcentage de magnétite (<2%) avec une proportion variable de gangue. On y retrouve aussi quelques traces de pyrrhotine et pentlandite en inclusion dans la pyrite et chalcopryrite.

En commençant par la première dans l'ordre d'apparition, les différentes phases se présentent comme suit: la magnétite bien que peu abondante est celle qui a le caractère idiomorphe le plus développé, ses contours hexagonaux ne semblent affectés par aucun remplacement. On la retrouve surtout en contact avec la gangue.

La pyrite se présente sous forme de globules hypidiomorphes donnant la texture "globulaire" typique décrite précédemment. Elle montre des bordures rectilignes principalement lorsqu'elle est en contact avec les fragments de gangue restant; on y observe d'ailleurs différentes reliques de cubes de pyrite. Par contre ces cubes sont altérés par un remplacement de la pyrite par la chalcopyrite partout où ces deux phases sont adjacentes, ce qui produit cette forme globulaire peu commune.

La chalcopyrite est interstitielle aux différentes phases et se présente sous sa forme xénomorphe caractéristique tant dans les interstices entre les phases que dans les multiples fractures. On la retrouve abondamment en inclusions dans les différentes phases ainsi que dans la gangue. Elle est en remplacement surtout dans la pyrite, mais aussi dans la millérite en quelques endroits.

La millérite est moins abondante mais se retrouve ici aussi interstitielle à la pyrite suivie de la chalcopyrite. Il lui arrive de remplacer la pyrite à son tour.

3-GEOCHIMIE

3.1-TRAITEMENT DES DONNEES

Les résultats des analyses chimiques sont présentés sur les tableaux 1 à 4 selon leur groupe respectif, c'est-à-dire: les éléments majeurs avec Ni, Cu, S et perte au feu (L.O.I.) en pourcentage, les éléments du groupe des terres-rares en partie par millions (ppm), les éléments traces en ppm et les éléments du groupe du platine (EGP) en partie par milliard (ppb). Dans ces tableaux, les échantillons sont regroupés par classes lithologiques comme dans la partie pétrographique.

Les oxides majeurs, ainsi que Ni, Cu, S, Ba, Nb, Pb, Rb, Sr, Y, Zn, et Zr furent analysés en Angleterre par Caleb Brett Laboratories Limited avec un appareil XRF (analyse par fluorescence X).

Les éléments du groupe des terres-rares (REE) furent analysés à l'Université du Québec à Chicoutimi par activation neutronique selon la méthode décrite par Bédard et Barnes (soumis pour publication). Les EGP ont d'abord été concentrés dans un bain de sulfure de nickel donnant une pastille. Cette pastille fut ensuite dissoute à l'acide, filtrée et le résidu analysé à l'U.Q.A.C. par activation neutronique.

Le fort pourcentage de soufre présent dans quelques uns des échantillons complique les résultats analytiques des éléments majeurs, car le Fe_2O_3 déterminé par fluorescence X inclut le fer présent sous la forme FeS. Donc la perte au feu inclut la perte de soufre et un gain d'oxygène de la molécule FeS lors du procédé.

Pour palier à ces problèmes, le fer présent dans les sulfures a été recalculé en assumant que les principaux sulfures présent dans la roche sont pyrite , chalcopyrite et millérite. Ce fer est ensuite soustrait au résultat initial. La perte au feu est alors recalculée en faisant la somme des éléments majeurs, Fe(S), S, Ni et Cu que l'on soustrait à 100%.

3.2-ETUDE DES ELEMENTS MAJEURS ET TERRES RARES

3.2.1-Roches intrusives

Les roches intrusives contiennent de 42 à 46% de SiO₂, 2.5 à 3.5% d'alkalins et 20% de Fe₂O₃+MgO ce qui les place dans le champ des gabbros sur le diagramme (fig.1b) des alcalins en fonction de SiO₂ (Wilson 1989). L'échantillon pegmatitique est lui aussi un gabbro mais se retrouve à l'écart des quatres autres échantillons en raison de son contenu plus élevé en Na₂O, K₂O et silice.

Sur le diagramme des éléments terres-rares (fig.2) le profil de la courbe du gabbro est généralement plate avec une anomalie positive d'Europium. Ce profil suggère donc une affinité tholéiitique pour le magma original.

On remarque cependant que le groupe de courbe se situe, sur le diagramme, entre les valeurs 2 et 4 comparativement à un graphe standard qui se situerait aux alentours de 10 à 20 (Wilson 1989). Donc une dilution en éléments terres-rares d'un facteur de près de cinq se serait produite. Cette dilution pourrait s'expliquer par une cristallisation du type cumulat où ces éléments demeurent préférentiellement dans le liquide. De plus, l'anomalie positive en Eu est généralement indicatrice d'un tel processus magmatique et les observation

Tableau 1

ELEMENTS MAJEURS EN %

NO.ECH	SiO2	Al2O3	TiO2	Fe2O3	Fe (S)	MgO	CaO	Na2O	K2O	MnO	P2O5	S	Ni	Cu	L.O.I.
RM-2 Gab.	44.75	21.14	0.31	9.25	0	10.61	11.00	0.90	1.52	0.14	0.08	0.23	0.05	64 ppm	4.72
RM-17	45.57	16.99	0.43	10.85	0	15.29	8.44	0.89	1.16	0.17	0.03	0.12	0.05	39ppm	5.19
RM-9	44.05	18.40	0.44	11.72	1.41	10.49	8.67	1.23	1.10	0.15	0.02	1.67	0.27	0.37	4.79
RM-10	42.34	18.91	0.52	11.69	2.65	8.37	8.19	1.95	1.28	0.19	0.01	3.10	0.40	0.39	6.47
RM-8 G.peg	52.59	13.82	1.51	8.87	0.57	6.67	10.97	3.34	0.37	0.18	0.25	0.65	0.06	0.14	3.59
RM-3 vol.	52.32	17.88	1.00	8.97	0	5.71	8.58	3.92	1.09	0.12	0.15	0.25	0.01	30 ppm	2.75
RM-15	55.60	18.02	1.09	8.83	0	5.06	7.22	2.71	1.00	0.12	0.17	0.17	0.01	36 ppm	3.16
RM-1 m.II	28.16	8.10	1.19	15.5	18.75	4.04	1.00	0.04	0.31	0.14	0.05	20.67	0.46	1.56	6.15
RM-4 I	11.19	3.53	0.42	7.19	30.52	1.10	0.02	0.43	0.01	0.02	0.04	35.92	4.88	4.73	2.56
RM-7 III	26.83	3.78	0.38	7.87	27.70	1.26	0.19	0.13	<LD	0.05	0.04	30.25	0.14	1.36	2.47
RM-12 II	8.95	1.89	0.19	1.12	33.05	1.25	0.31	0.16	<LD	0.04	0.04	40.71	8.61	3.68	1.74
RM-13A III	14.25	3.73	1.01	6.55	32.99	1.33	0.29	0.14	<LD	0.03	0.05	36.19	0.45	2.98	2.18
RM-13B III	16.82	5.19	1.02	10.16	29.72	1.88	0.73	0.03	0.01	0.05	0.03	32.52	0.27	1.57	3.75
RM-14 II	14.94	2.72	0.31	3.86	35.47	1.11	0.08	0.14	<LD	0.02	0.03	38.89	0.46	1.96	0.23
RM-16 I	12.24	2.08	0.30	1.61	37.62	1.09	0.57	0.11	<LD	0.03	0.04	41.79	1.48	1.03	2.38

Note: Fe(S) représente le fer présent dans les sulfures en assumant que ces minéraux sulfureux soient Py, Cpy et milérite.

Tableau 2 ELEMENTS DU GROUPE DES TERRES RARES EN PPM

NO ECH	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Ho	Yb	Lu
RM-2 Gab.	0.88	3.0	<LD	0.435	0.30	0.11	<LD	0.43	0.070
RM-17	0.94	2.7	<LD	0.505	0.23	0.14	<LD	0.53	0.091
RM-9	1.18	3.7	<LD	0.576	0.34	0.13	0.26	0.60	0.094
RM-10	0.70	2.1	<LD	0.520	0.45	0.17	<LD	0.47	0.088
RM-8 G.peg.	12.35	27.8	1.4	3.618	1.27	0.74	0.96	2.69	0.487
RM-3 vol.	10.45	22.3	1.2	2.164	1.16	0.39	0.45	1.46	0.272
RM-15	10.85	22.5	1.5	2.482	1.19	0.43	0.47	1.69	0.300

Tableau 3 ELEMENTS TRACES EN PPM

NO.ECH	Ba	Nb	Pb	Rb	Sr	Y	Zn	Zr
RM-2 Gab.	177	<LD	2	46	213	7.4	83	20
RM-17	151	<LD	2	45	208	8.4	60	27
RM-9	111	<LD	8	32	160	8.4	73	27
RM-10	123	<LD	2	45	173	7.5	88	30
RM-8 G.peg.	87	7	9	12	129	33.2	44	123
RM-3 vol.	176	4	10	31	507	17.5	59	89
RM-15	207	5	7	34	176	20.7	74	91
RM-1 min.II	157	3	3	16	28	11.7	116	61
RM-4 I	18	<LD	28	2	<LD	8.3	137	32
RM-7 III	<LD	<LD	9	3	3	8.2	195	48
RM-12 II	<LD	<LD	<LD	5	7	<LD	85	21
RM-13A III	54	2	39	3	<LD	6.1	223	41
RM-13B III	68	<LD	7	2	11	6.2	223	41
RM-14 II	25	1	<LD	4	3	6.0	76	34
RM-16 I	17	<LD	3	2	9	7.2	87	32

Tableau 4 ELEMENTS DU GROUPE DU PLATINE EN PPB

NO.ECH	Au	Os	Ir	Ru	Pt	Pd	Re	Rh
RM-2 Gab.	0.3	<LD	0.04	<LD	<LD	14	<LD	0.3
RM-17	0.3	<LD	0.08	<LD	6	10	<LD	0.4
RM-9	44.8	18	3.08	11	262	845	2	12.8
RM-10	40.5	27	5.09	10	328	1097	3	21.1
RM-8 G.peg.	18.5	<LD	0.25	11	75	250	3	1.2
RM-3 vol.	1.7	<LD	0.07	3	4	<LD	<LD	0.1
RM-15	0.3	<LD	0.04	<LD	6	4	<LD	0.2
RM-1 min.II	151.0	<LD	0.10	10	698	2621	3	3.2
RM-4 I	65.2	436	95.51	67	298	14191	127	280.6
RM-7 III	61.3	712	142.76	139	463	1252	239	565.7
RM-12 II	753.7	<LD	0.20	<LD	1172	7061	<LD	3.1
RM-13A III	308.5	276	59.60	62	981	1690	101	256.2
RM-13B III	166.5	184	41.04	19	828	1545	73	195.3
RM-14 II	271.5	4	<LD	26	251	609	<LD	<LD
RM-16 I	167.2	70	14.16	<LD	335	2881	75	123.9

péetrographiques, telles que les plagioclases idiomorphes et la texture ophitique du gabbro, aborde aussi en ce sens.

Le gabbro pegmatitique, pour sa part, présente un profil de terres-rares intermédiaire entre tholéitiques et calco-alkalins. Ce profil ne représente pas de type particulier de magma car on le suppose dérivé d'une phase tardive, riche en volatils, du gabbro, mais on remarque cependant qu'il est enrichi en terres rares légers et tend vers celui des roches calco-alkalines.

3.2.2-Volcanites

Les proportions dans les éléments majeurs telles que $\text{SiO}_2 > 50\%$ éléments, MgO de 5 à 7% et alcalins entre 3 et 5%, suggèrent que ces volcanites sont des andésites comme on peut l'observer sur le diagramme de la figure 1b (Wilson 1989).

Le diagramme de Winchester & Floyd (1977) de Zr/TiO_2 en fonction de Nb/Y (fig.1c) suggère de son côté une composition de basalte andésitique pour ces roches volcaniques, mais pour les fins du présent travail, la composition andésitique est ici retenue.

Le profil de la courbe des terres-rares montre une pente beaucoup plus accentuée que celui du gabbro et se situe dans les bornes acceptables i.e. entre 7 et 50. Il suggère une affinité calco-alkaline pour ces roches.

On y observe aussi l'anomalie positive de l'euprium. Cette anomalie suggère un processus de cristallisation par cumulats; cette observation est appuyée par la texture gloméroporphiriques observée sur les plagioclases.

Diagramme REE comparatif

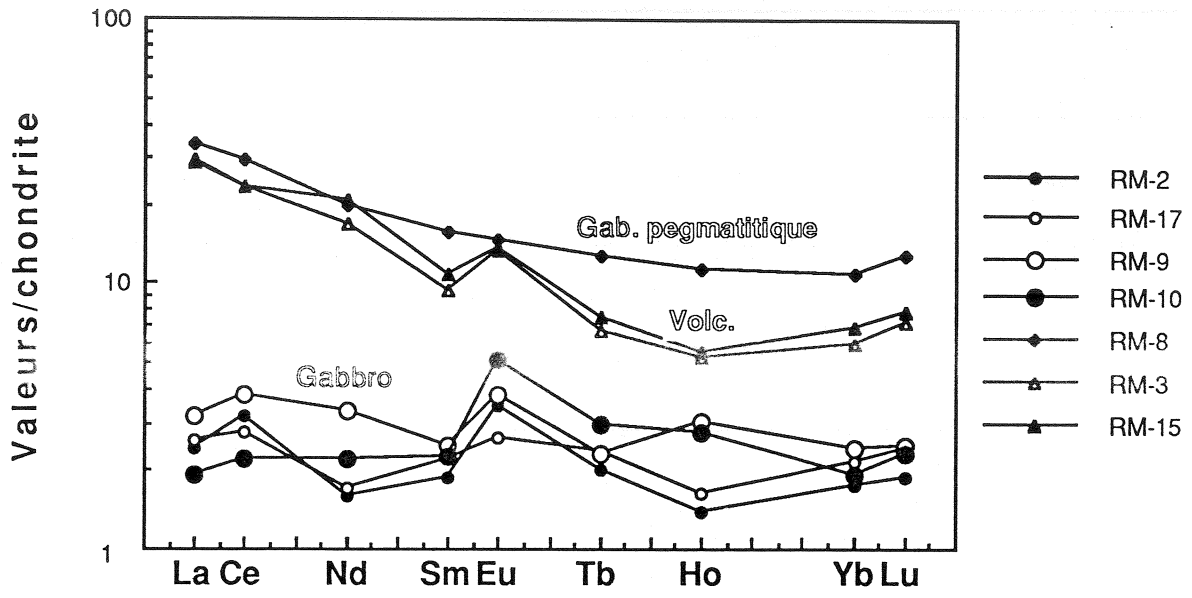


Fig.1

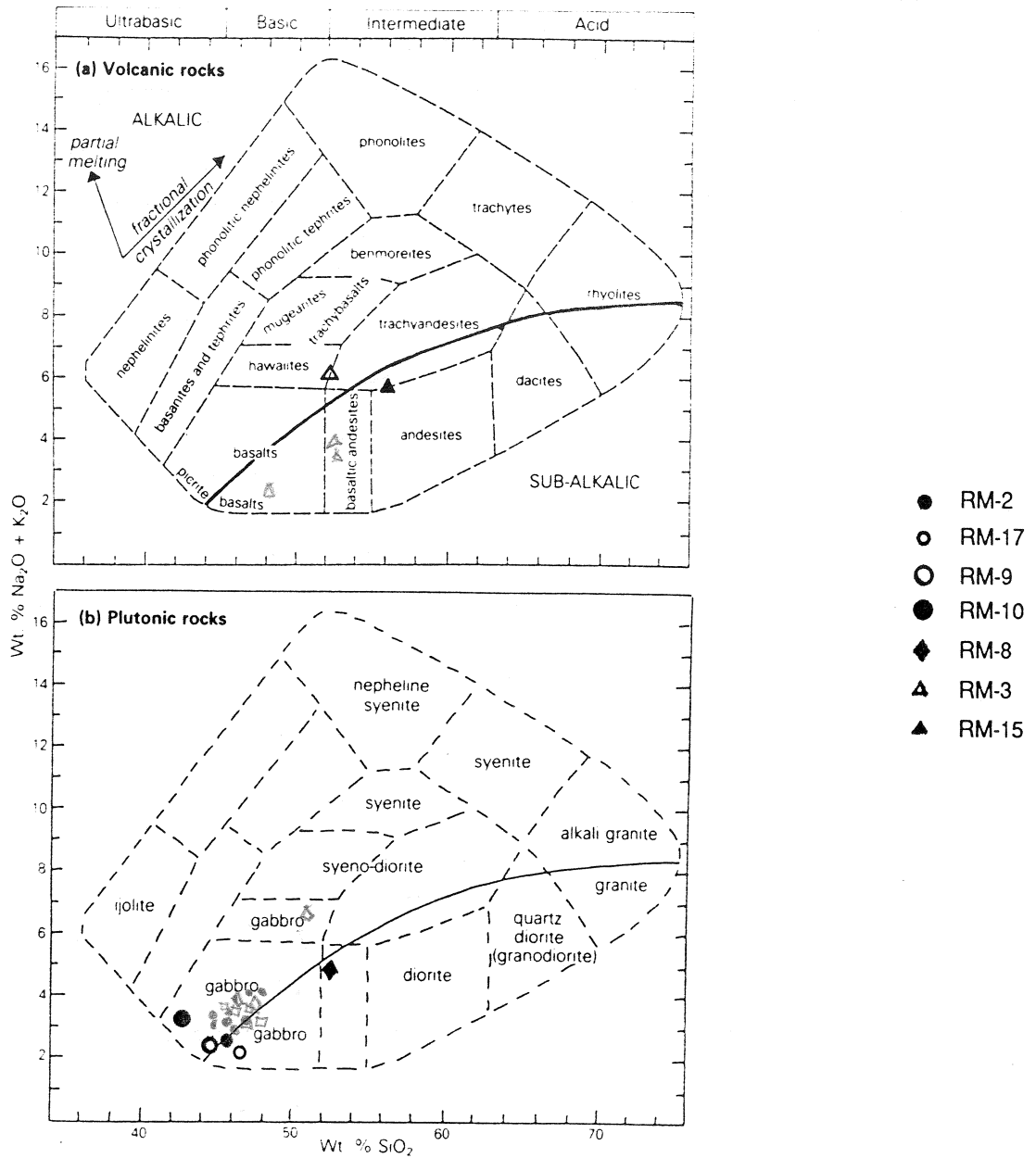


Fig.2a et b: Cox et al. (1979)

Type de magma

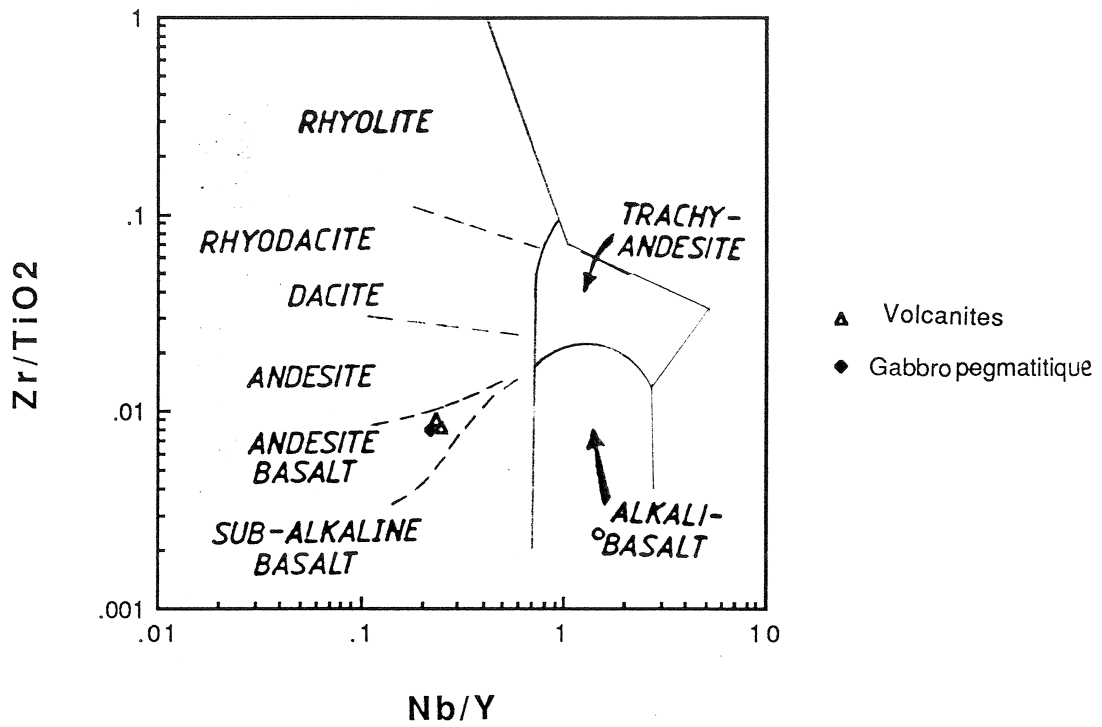


Fig.2c: Winchester & Floyd (1977)

3.3-ETUDE DES ELEMENTS DU GROUPE DU PLATINE (EGP)

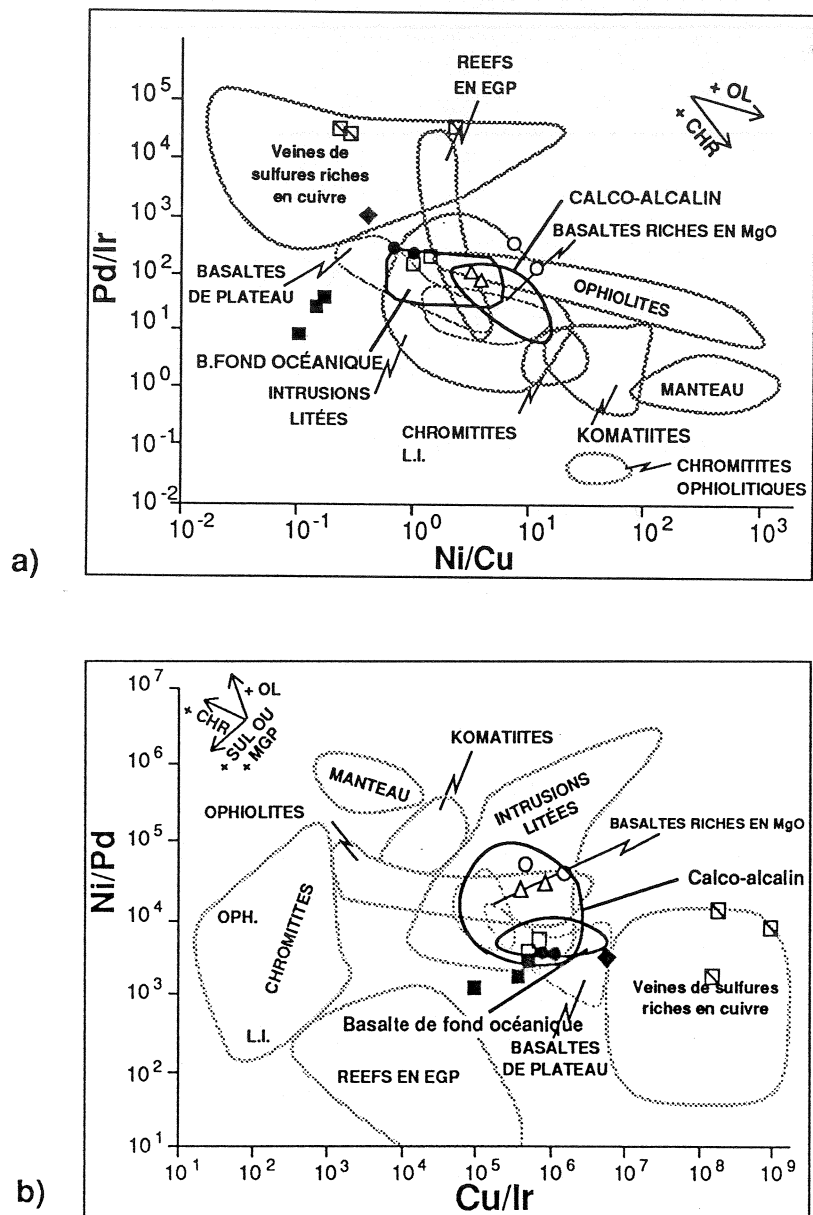
Cette partie permet d'étudier la distribution des éléments du groupe du platine dans les différentes lithologies de l'indice dans le but d'apporter quelques conclusions sur leur origine et mode de mise en place.

3.3.1-Gabbro homogène

Le diagramme des EGP du gabbro (fig.4) a permis de diviser ce dernier en deux nouveaux types, basés sur le contenu en soufre, phénomène qui ne ressortait pas dans les diagrammes précédents. En effet, le gabbro dit "non-minéralisé" (RM-2 et RM-17) contient moins de 1% de sulfures par rapport au gabbro minéralisé. Ce dernier, représenté par les échantillons RM-9 et RM-10, en contient aux alentours de 10%, les proportions étant définies à partir des observations mégascopiques. Ces deux types de gabbro sont ainsi divisés pour démarquer les zones contenant plus ou moins de sulfures, l'une par rapport à l'autre, car aucune division pétrographique n'existe vraiment.

Cette différence s'observe sur le diagramme des EGP normalisés (fig.4) par un enrichissement d'un facteur de près de cent fois la concentration en EGP dans le gabbro minéralisé par rapport à celui non-minéralisé. Malgré ce décalage entre les courbes on constate qu'elles ont exactement le même patron, i.e. une pente négative de Ni à Ir suivie d'une pente moyenne positive et d'une anomalie négative en Au qui s'apparente au type basalte de fonds océaniques défini par Barnes et al. (1988).

Diagrammes des champs compositionnels



Légende

- gabbro minéralisé (10% min.)
- gabbro (<1% min.)
- ◆ gabbro pegmatitique
- △ volcanites
- minéralisation (type I)
- ▣ minéralisation (type II)
- minéralisation (type III)

Fig.3

Gabbro (zone homogène)

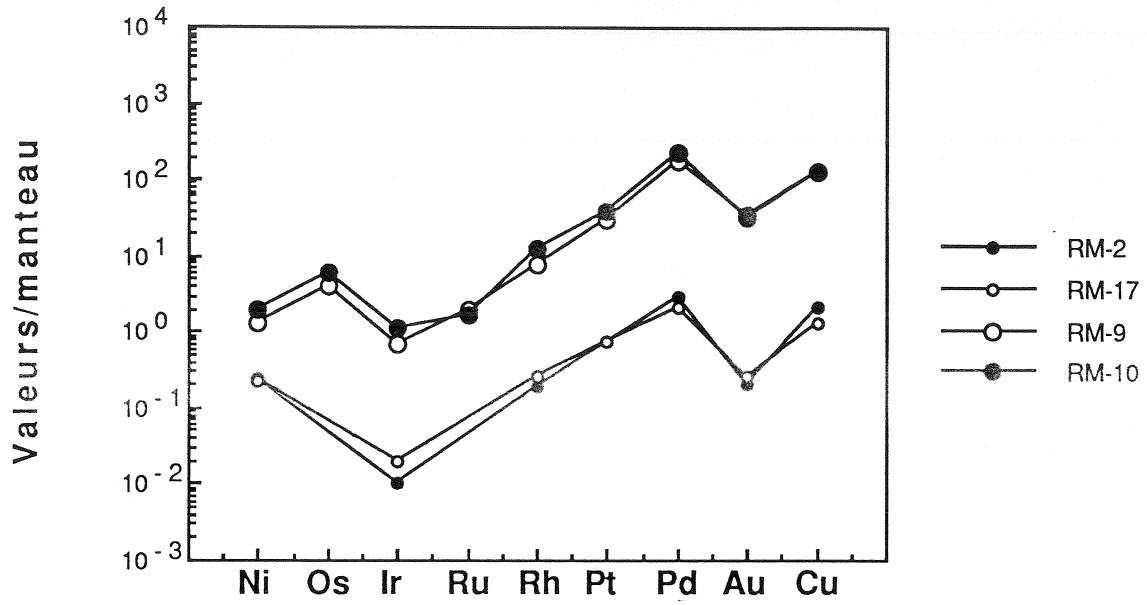


Fig.4

Gabbro (zone pegmatitique)

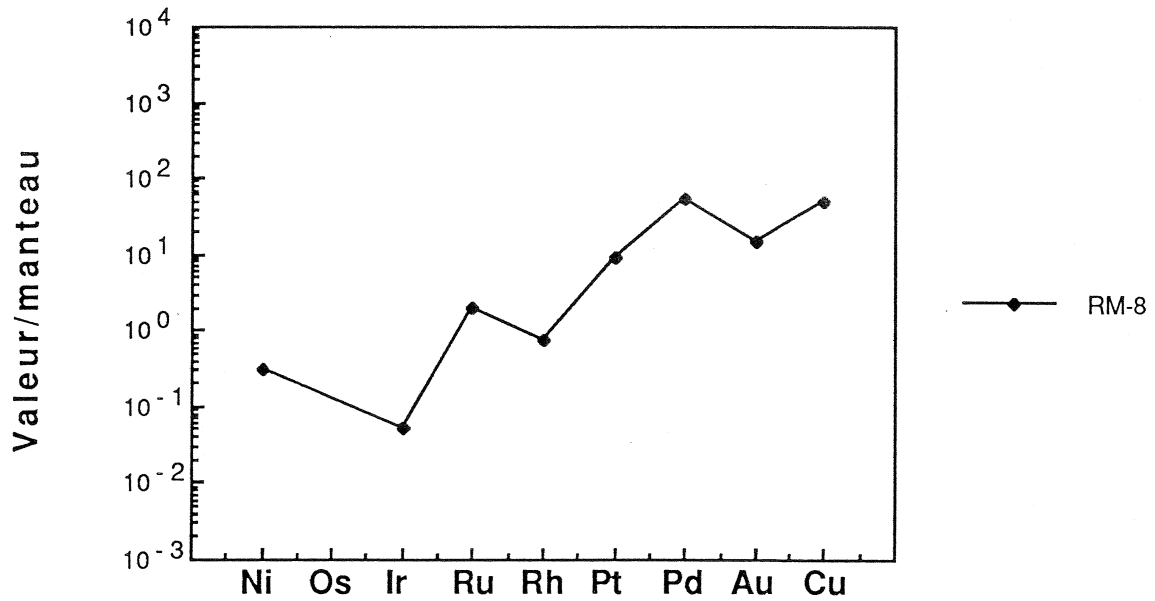


Fig.5

Bien que les rapports Pd/Ir soient similaires (de 100 à 300) pour les échantillons minéralisés et non-minéralisés les rapports Ni/Cu sont différents avec des valeurs respectives de 1 et 10. Cette différence, sur le diagramme des rapports Pd/Ir en fonction de Ni/Cu (fig.3a), place les échantillons minéralisés dans le champ des basaltes de fonds océaniques et ceux non-minéralisés à la bordure du champ des intrusions litées.

La différence entre ces deux rapports peut s'expliquer comme suit: le gabbro minéralisé est constitué de sulfures, d'un cumulat de plagioclase, d'un liquide piégé et de hornblende . Les concentrations de Ni, Cu, et EGP sont contrôlées en majeure partie par les sulfures. Les coefficients de partage du Ni et du Cu dans les sulfures sont très similaires (approximativement 200), donc les sulfures ont le même rapport Ni/Cu que le liquide dont ils proviennent. Les coefficients de partage du Pd et de l'Ir sont eux aussi très similaires (20000) dans les sulfures, donc le rapport Pd/Ir de la partie sulfure sera lui aussi similaire au liquide duquel il provient.

Les échantillons non-minéralisés sont constitués d'un liquide piégé, de hornblende et d'un cumulat de plagioclase. Le fait que le Pd et l'Ir soient tous deux présents dans ce liquide explique la ressemblance du rapport Pd/Ir entre ces échantillons, les basaltes de fonds océaniques et les échantillons minéralisés.

Le Ni est présent dans la phase de cumulat mafique et dans le liquide piégé. Par contre, le cuivre n'est présent que dans le liquide piégé. Donc le rapport Ni/Cu du magma formé du liquide piégé (échantillons non-minéralisés) est plus élevé que celui du magma initial et par conséquent des échantillons minéralisés. Ce qui explique le déplacement vers des

plus hautes valeurs du rapport Ni/Cu des échantillons non-minéralisés relativement aux échantillons minéralisés.

Le fait que les échantillons minéralisés se trouvent dans le champs des basaltes de fonds océaniques indique que le liquide dont ils sont formés était tholéitique. Cette observation est appuyée par le patron géochimique des éléments terres-rares (fig.1). Leur profil plat suggère lui aussi une affinité tholéitique.

3.3.2-Gabbro (zone pegmatitique)

En terme de concentration, le patron du gabbro pegmatitique (fig.5) est presque identique à celui du gabbro homogène. Il se situe, à mi-distance entre les échantillons minéralisés et non-minéralisés. Ce phénomène est probablement causé par un pourcentage de minéralisation se situant lui aussi entre les deux types.

La forme générale du patron est similaire à celle du gabbro homogène (fig.4), c'est-à-dire un enrichissement en Ni par rapport à l'Ir et une anomalie négative en Au par rapport au Cu et au Pd, qui sont à des niveaux similaires.

Cependant, comme on peut remarquer sur le diagramme des champs compositionnels (fig.3), le gabbro pegmatitique présente des rapports Pd/Ir et Cu/Ir plus élevés avec un rapport Ni/Cu plus bas que le gabbro homogène. Ce qui place le gabbro pegmatitique dans le champ des veines riches en Cu.

Pour expliquer ces rapports métalliques, on peut suggérer que la pegmatite se soit formée à partir du produit dérivé d'un magma ayant déjà fourni son Ni et Ir aux phases mafiques lors de la cristallisation.

3.3.3-Volcanites

Les concentrations en EGP, Au et Cu dans les volcanites sont similaires à celles observées dans le gabbro non-minéralisé, alors que la concentration en Ni est quatre fois moindre (Tables 1 et 4). Conséquemment, les patrons des EGP des volcanites (fig.6) seront similaires à ceux du gabbro non-minéralisé (fig.4).

Les volcanites ont des concentrations Pd/Ir et Cu/Ir similaires au gabbro non-minéralisé et des rapports Ni/Cu et Ni/Pd plus faibles en raison des plus faibles concentrations en Ni. Sur le diagramme des champs compositionnels, les volcanites tombent dans le champ des roches calco-alkalines. Ce qui est en accord avec leur patron en éléments terres-rares (fig.1) qui est en pente suggérant, une affinité calco-alkaline. En accord aussi avec les diagrammes des figures 2a, Cox et al.(1979) et 2c, Winchester & Floyd (1977) qui suggèrent des compositions andésitiques ou de basaltes andésitiques.

3.3.4-Minéralisation

L'étude des EGP permet de redéfinir en trois nouveaux types les indices minéralisés, en se basant sur la forme des profils et les diagrammes des champs compositionnels i.e. Pd/Ir vs Ni/Cu et Ni/Pd vs Cu/Ir.

Volcanites

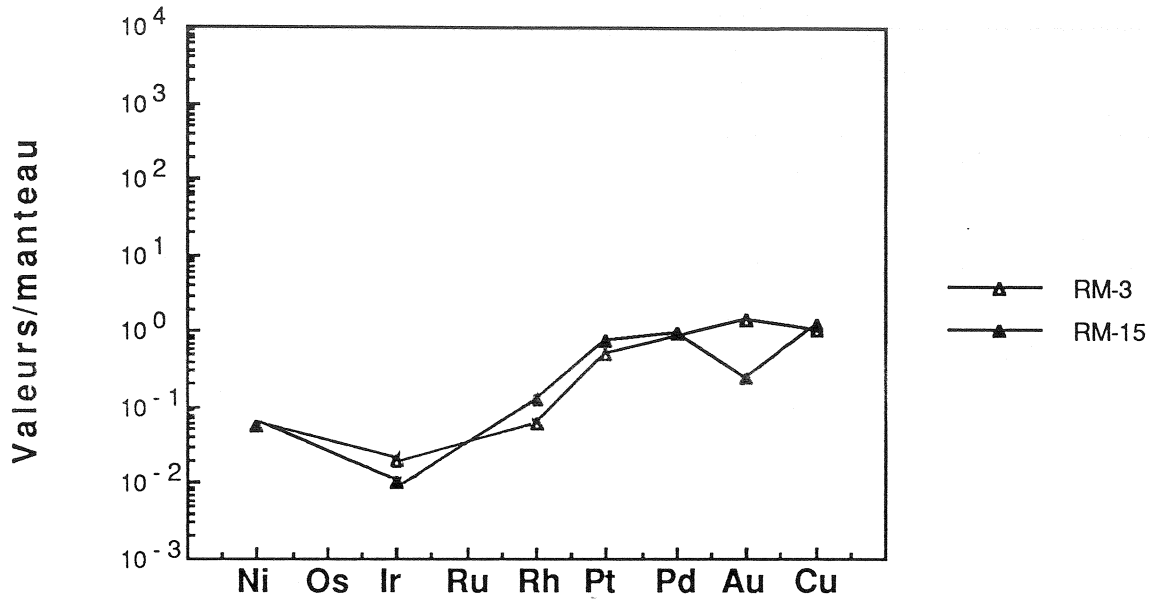


Fig.6

Minéralisation (type #1)

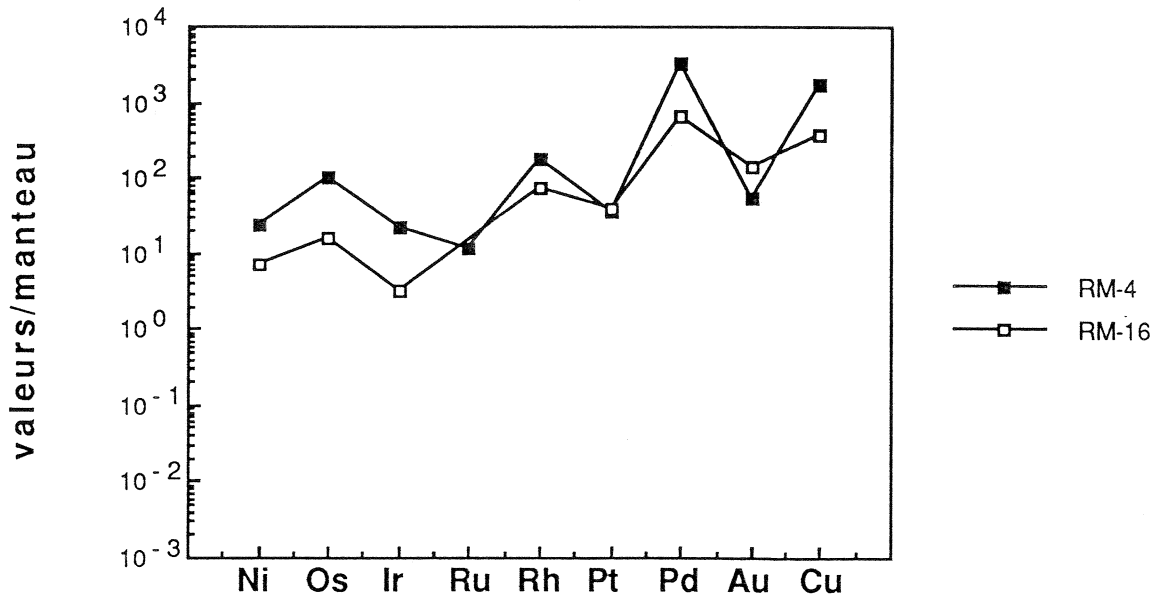


Fig.7

Minéralisation (type #2)

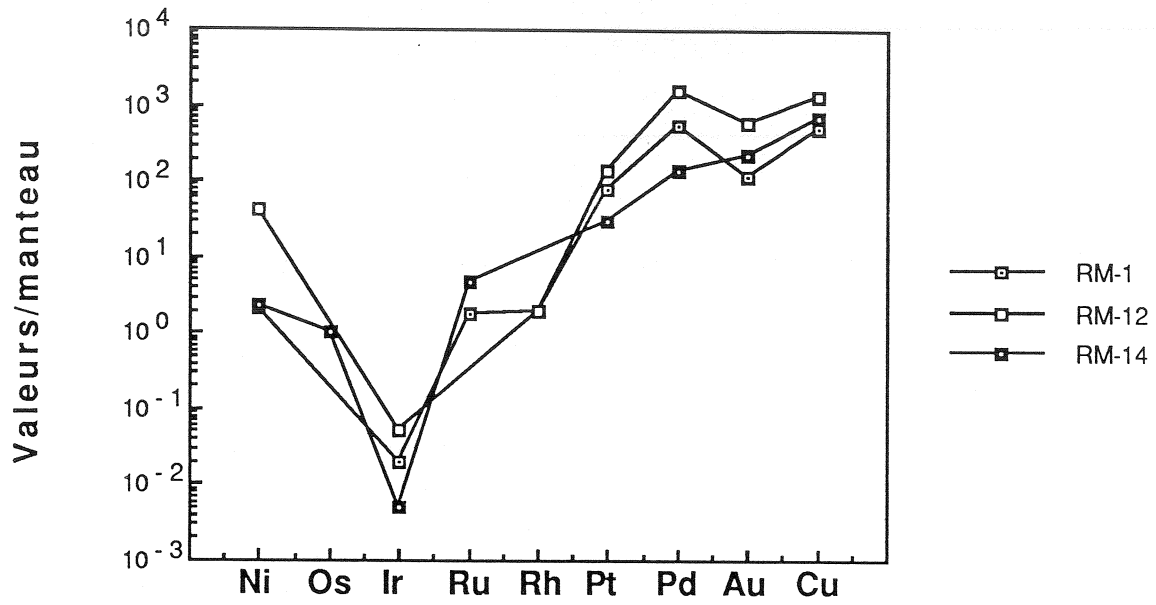


Fig.8

Minéralisation (type #3)

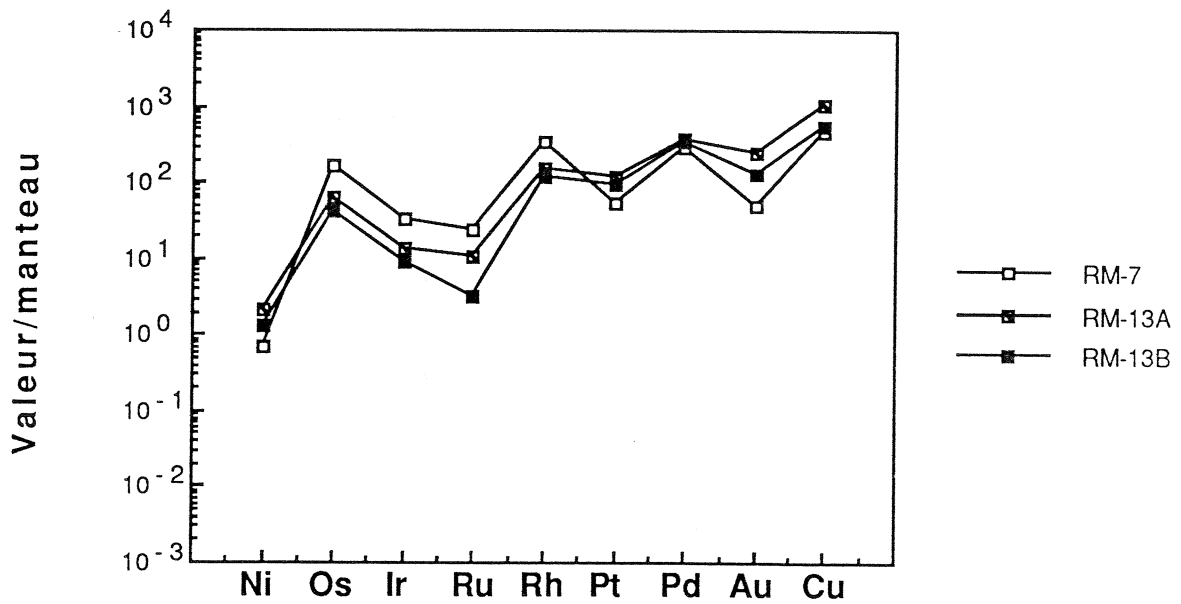


Fig.9

La minéralisation de type I (fig.7) représentée par les échantillons Rm-4 et Rm-16 contient plus de EGP, Au, Ni et Cu que le gabbro minéralisé (Tables 1 et 4), mais les rapports entre éléments sont semblables, donnant ainsi des patrons de EGP très similaires, à l'exception des anomalies d'Au et de Pt dans la minéralisation de type I.

Sur le diagramme des champs compositionnels (fig.3), ces échantillons se placent très près du gabbro minéralisé, dans le champ des basaltes de fonds océaniques. On peut donc suggérer que la minéralisation de type I s'est formée à partir du gabbro par ségrégation de sulfures magmatiques et que les concentrations plus élevées en EGP, Au, Ni et Cu dans la minéralisation sont dûes aux plus fortes concentrations en sulfures de ces échantillons.

La minéralisation de type II (Rm-1,12,14) contient des concentrations similaires en Pd, Pt, Au et Cu mais est appauvrie en Os, Ir, Ru et Rh par rapport au type II, avec des quantités variables de Ni. Cet appauvrissement en éléments mobiles produit des patrons à pentes très abrupte (fig.8) semblables à ceux des veines hydrothermales de Sudbury, Rathburn Lake, Kambalda et Donaldson (Hoffman et al. 1979, Leshner and Keays 1986, Dillon-Leitch et al. 1986, Rowel et al. 1986).

Les faibles valeurs d'Ir et de Ni donnent des rapports Pd/Ir (10000) et Cu/Ir (100000) très élevés, avec des rapports Ni/Cu assez bas; ce qui place ces échantillons à l'extérieur de la région des roches magmatiques normales, dans le champ des veines riches en cuivre.

La minéralisation de type III (Rm-7,13A,13B) a elle aussi, des concentrations en Os, Ir, Ru, Rh, Au et Cu similaires au type I, mais elle est appauvrie en Ni, Pt, et Pd, donnant un patron (fig.9) beaucoup plus plat, avec une forte anomalie négative en Ni.

Sur le diagramme des champs compositionnels (Fig.3), une combinaison des faibles rapports Ni/Cu et Pd/Ir place ces échantillons à l'extérieur de tout champ représenté jusqu'à maintenant.

Lorsqu'on compare les trois types de minéralisation avec la carte de l'indice sud (fig.2), on constate qu'une relation spatiale pourrait exister entre l'appauvrissement en nickel et iridium et la distance des échantillons par rapport à l'intrusion. Ainsi, le type I serait le plus près, suivie du type III et du type II. Toutefois cette relation n'est plus vraie lorsqu'on compare avec la carte de l'indice nord (fig.1) où l'on retrouve les trois types à moins de deux mètres de l'intrusion. Il faut cependant mentionner que la relation n'est observée qu'en deux dimensions, et si cette différence est fonction de la distance absolue que parcourent les éléments, on devrait tenir compte de la troisième dimension.

DISCUSSION

Dans le gabbro, on retrouve des plages de minéralisation interstitielles aux silicates, suggérant une origine magmatique. Cependant, l'assemblage pyrite, chalcopryrite et millérite n'est stable qu'à des températures plus basses que 550°C. De plus, on y observe des textures de remplacement de la pyrite par la chalcopryrite, ce qui suggère une altération hydrothermale subséquente.

Suite à l'étude des EGP, on a pu suggérer que les sulfures présents dans le gabbro se seraient séparés lors d'un processus magmatique, et que le gabbro minéralisé entre dans le champ des intrusions litées.

Les zones minéralisées situées dans les volcanites seraient d'origine hydrothermale. En effet, les différentes relations et textures observées, telles que: magnétite et pyrite quasi-idiomorphes, textures de remplacement, présence de millérite, abondance de quartz par rapport à la roche non-minéralisée et développement de réseaux de veines, suggèrent un tel processus de formation.

Par ailleurs, on y observe le même assemblage pyrite, chalcopryrite, millérite que dans le gabbro et la quantité de soufre présente est trop élevée pour être d'origine magmatique (Tableau 1).

Les patrons des EGP ont permis de diviser ces zones minéralisées en trois types. Ainsi le type I, de par sa ressemblance au gabbro minéralisé, serait de type magmatique. Le type II se situe dans le champ des veines riches en cuivre avec un enrichissement en éléments mobiles tels que Pd, Pt et Au et un appauvrissement en éléments immobiles tels que Os, Ir

Ru et Rh. Le type III ne se situe dans aucun champ connu jusqu'à présent. Il montre lui aussi un enrichissement en éléments mobiles mais il est aussi enrichi en Os et Ir en plus d'être appauvri en Ni.

On peut donc suggérer trois modes de formation possibles pour la minéralisation, soit:

- a) les sulfures sont d'origine magmatique, ils se seraient séparés du magma gabbroïque, puis infiltrés dans l'encaissant, b) ils étaient magmatiques à l'origine et ont subi des modifications suite à l'action de fluides hydrothermaux, possiblement lors du métamorphisme ou de la mise en place de la phase pegmatitique, c) ils sont d'origine hydrothermale, la source de métaux étant le gabbro.

L'hypothèse a) doit être rejetée, en raison des assemblages minéralogiques. De plus, les types II et III ne sont pas magmatiques. On rejette aussi l'hypothèse c), car on a déjà assumé que le type I était magmatique et que cette hypothèse ne permet pas non plus d'expliquer les plus fortes concentrations en éléments immobiles dans le type III.

Donc l'hypothèse b) est ici favorisée, car elle est la seule à pouvoir expliquer les trois types de minéralisation. On peut alors proposer un modèle où des sulfures d'origine magmatique forment la minéralisation de type I, suivie d'un événement hydrothermal qui affecte ensuite la minéralisation, et change la minéralogie pour des formes de basses températures en plus de déplacer les éléments mobiles. Ainsi, le type II découlerait d'éléments remobilisés (Ni, Pt, Pd, Au et Cu) ayant comme sources certaines zones originalement de type I. Le type III serait alors le résiduel de ces zones. Ce mécanisme n'aurait pas affecté toutes les zones au même degré, ce qui explique le fait que le type I est encore présent.

CONCLUSION

Suite à cette première approche de l'indice RM-Nickel, nous arrivons aux conclusions suivantes:

- Deux suite magmatiques ont été définies, soit tholéiitique et calco-alcaline. Cette différence indique que le gabbro n'est pas syn-volcanique.
- La minéralogie des sulfures montre un équilibre possible à de basses températures, suggérant ainsi une origine hydrothermale.
- L'étude de la distribution et des rapports des EGP, Ni, Cu et Au dans les zones minéralisées indique que: a) à proximité du contact, la minéralisation a un caractère magmatique, b) un peu plus loin, elle est appauvrie en Ni, Pt et Pd, et c) les plus distantes sont enrichies en Pt, Pd et Au. L'interprétation possible est que les éléments mobiles, provenant de sulfures magmatiques, aient été remobilisés sous l'effet de fluides hydrothermaux.

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier très sincèrement tous ceux et celles qui ont participé ou aidé de quelque façon à ce projet.

Tout particulièrement Sarah J. Barnes, Christian Tremblay, Réal Daigneault et Adam Nagy de l'Université du Québec à Chicoutimi.

Michel Gaudreault

